



**ЛИНДЕНБРАТЕН Леонид Давидович** - действительный член РАЕН, Почетный член Российской и ряда зарубежных радиологических Ассоциаций, Президент Московского объединения медицинских радиологов, главный редактор журнала «Медицинская радиология и радиационная безопасность». Л.Д.Линденбратен — видный ученый-радиолог, известный врач-клиницист, блестящий лектор, автор более 500 научных публикаций. Основные направления его научной деятельности — общие методологические проблемы медицинской радиологии, рентгенофизиология и функциональная патология печени и желчных путей, синдромная рентгенодиагностика заболеваний легких, ранняя диагностика рака молочной железы. Под руководством Л.Д.Линденбратена защищено 20 докторских и 80 кандидатских диссертаций.



**КОРОЛЮК Игорь Петрович** — заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики с курсом медицинской информатики Самарского государственного медицинского университета. Один из ведущих специалистов страны в области лучевой диагностики, автор более 300 научных работ. Основные направления его научных исследований — радиологическая диагностика заболеваний внутренних органов, научные основы медицинской информатики, компьютерные средства визуализации внутренних органов. Входит в состав Исполкома Российской ассоциации рентгенологов и радиологов, редакционных коллегий журналов «Медицинская радиология и радиационная безопасность», «Визуализация в клинике», «Eida-Electa». Научный советник ВОЗ по диагностической радиологии.



**ВОРОБЬЕВ Юрий Иванович** — профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии Московского медицинского стоматологического института им. Н.А.Семашко, заслуженный деятель науки Российской Федерации. Ю.И.Воробьев является автором 220 научных работ, в том числе «Атласа рентгенограмм зубов и челюстей в норме и патологии» (1968), учебника «Рентгенография зубов и челюстей» (1989) и 5 монографий. Основные направления его научной деятельности — актуальные проблемы лучевой диагностики и лучевой терапии в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Ю.И.Воробьев имеет опыт работы в качестве эксперта ВОЗ.

Учебная литература  
для студентов медицинских вузов

*Л. Д. Линденбратен, И. П. Королюк*

# МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ

(основы лучевой диагностики  
и лучевой терапии)

**Издание второе, переработанное и дополненное**

Рекомендовано Управлением научных и образовательных медицинских учреждений Министерства здравоохранения Российской Федерации в качестве учебника для студентов медицинских вузов



Москва  
"Медицина"  
2000

*by Shtrumpel*

УДК 615.849.1+616-073.75] (075.8)

ББК 53.6

Л159

**Линденбратен Л.Д., Королук И.П.**

Л159 Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии): Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 2000.— 672 с: ил. (Учеб. лит. Для студентов мед. вузов).

ISBN 5-225-04403-4

Во втором издании учебника (первое вышло в 1993 г.) изложены основы лучевой диагностики и лучевой терапии повреждений и заболеваний органов и систем человека, а также информатики и вычислительной техники применительно к задачам медицинской радиологии. Представлены материалы по рентгенологической, ультразвуковой, радионуклидной и термографической диагностике в области кардиологии, пульмонологии, гастроэнтерологии, неврологии, нефрологии, остеопатологии, стоматологии, акушерства и гинекологии, а также сведения о компьютерной и магнитно-резонансной интроскопии и эндоваскулярной рентгенологической хирургии.

ББК S3.6

© Издательство «Медицина», 1993

© Л.Д. Линденбратен,

И.П.Королук, 2000

ISBN 5-225-04403-4

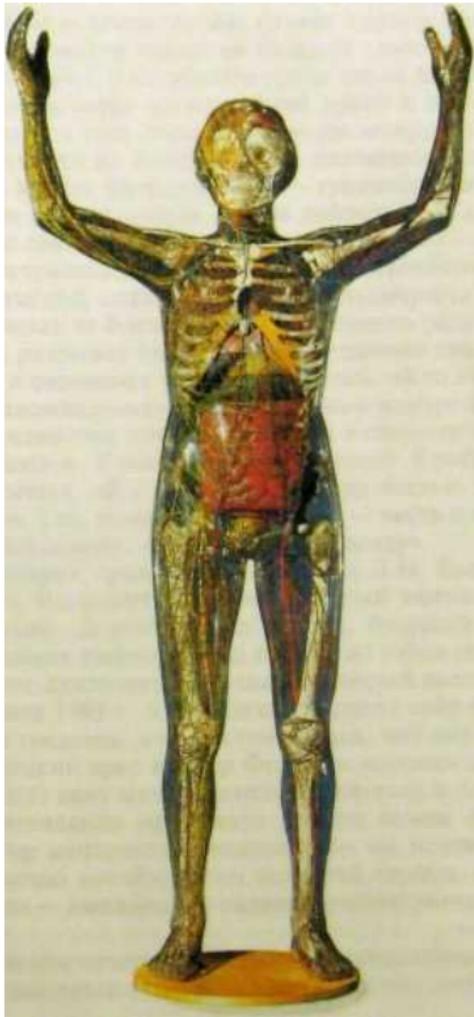
*Все права авторов защищены. Ни одна часть этого издания не может быть занесена в память компьютера либо воспроизведена любым способом без предварительного письменного разрешения издателя.*

"DO UT DES"

"Даю, чтобы ты дал"

*"Ах, если бы можно было сделать тело человека прозрачным, как хрусталь!"*

**"Медицинские сказки" (1885 г. - за 10 лет до открытия В.Рентгена)**



### *Уважаемый читатель!*

Признаемся сразу, что трудно найти главные слова в разговоре с новым поколением медиков. Ведь у каждого поколения — свое. Когда Н.И. Пиров, будущий знаменитый хирург, поступал на медицинский факультет Московского университета, при входе в клинику в стену был вделан крест с надписью по-латыни: «Per sucum ad lucem» («Через религию — к просвещению»). У одного из авторов этой книги в 1940 г. была казарма военно-морского медицинского училища и песня: «Если завтра война...», а у вас — глубокие социально-экономические преобразования общества, телевизионные сериалы, Интернет. Однако есть что-то **главное**, объединяющее различные поколения врачей!

Борис Васильев в повести о своей жизни создал трогательный образ доктора Янсена, который всю жизнь шагал по бедным домам окраинного района Смоленска. Когда он умер, у открытого фоба стоял инвалид-красноармеец Родион Петров, размахивал единственной рукой и прощался «от народа» с доктором Янсенем, а под серым небом на мокрой глинистой почве по всему кладбищу стояли на коленях дети, женщины и мужчины, молясь за доктора Янсена. Может быть, главное — **гуманность и доброта?** «Я не знаю иных признаков превосходства, кроме доброты!» — писал раздраемый своим талантом и своими недугами Бетховен.

...На поле Ватерлоо разгоралась битва между армией Наполеона и войсками союзников. Командующий этими войсками фельдмаршал Веллингтон с холма Сен-Жан наблюдал за боем. Сквозь постепенно расходящийся туман он увидел, что среди разрывов ядер по полю медленно движется пожилой человек с повязкой и оказывает помощь раненым. «Кто этот смельчак?» — воскликнул главнокомандующий. «Это главный хирург Бонапарта Ларей», — ответили ему. Веллингтон приказал отвести в сторону огонь орудий, снял шляпу и поклонился. Стоявший рядом герцог Кембриджский спросил его, кому он кланяется. «Я преклоняюсь перед честью и мужеством!» — ответил Веллингтон. Так, может быть, главное — **честь и мужество?** Недаром гласит народная пословица: «Береги честь смолоду».

Одним из героев, о которых предполагал написать Л.Н. Толстой, был московский врач Илларион Иванович Дуброво, который высосал у больного дифтерийный яд и умер. Другой молодой врач, будущий академик С.И. Спасокукоцкий, отсасывая дифтерийную пленку из горла ребенка, заразился сам и заразил своего единственного сына, который вследствие осложнения потерял слух. 6 мая 1961 г. А.А. Шаткин заразил себя лабораторной культурой возбудителя трахомы, доказав тем самым, что она патогенна для человека. В 1929 г. немецкий врач Вернер Форсман вопреки запрету начальства ввел себе а локтевую вену мочеточниковый катетер и под контролем рентгеновского просвечивания продвинул его по венам в сердце и впрыснул через этот катетер контрастное вещество — он мечтал разработать рентгенологический метод исследования полостей сердца. И добился успеха! Может быть, главное — **ежедневный подвиг, чувство долга, обнаженная совесть?**

Почему мы вспоминаем эти примеры? Ведь мы представляем самую вооруженную медицинскую дисциплину — радиологию. У нас великолепные

рентгеновские установки - с телевизионными экранами и видеоманитофонами со скоростной съемкой и компьютерными устройствами. Гамма-камеры и эмиссионные томографы позволяют следить за судьбой отдельных молекул различных препаратов и веществ, странствующих по организму. Похоже на сказку, не правда ли? В распоряжении радиологов мощные источники излучения вплоть до аппаратов, тонкий луч которых превосходит луч гиперболоида инженера Гарина и способен уничтожить маленькую опухоль в глубине мозга, не повреждая окружающие ткани.

Да потому вспоминаем, что за всем удивительным техническим оснащением современной медицины должно быть главное, о котором великий врач средневековья Парацельс сказал: «**Сила врача - в его сердце**». Именно это делает человека врачом. Именно поэтому А.М. Горький называл врачей «маленькими великими людьми». Именно поэтому Поль де Крюи, написавший прекрасную книгу «Охотники за микробами», утверждал: «Медицина — это любовь, иначе она ничего не стоит».

И пусть вас не удивляет наше вступление. Этот учебник — не для терапевтов, не для радиологов, не для хирургов, не для стоматологов, а для будущего **врача**. Значит, он должен быть шире и глубже одной специальности, должен касаться врача любого профиля.

И вот эта книга — учебник нового типа — перед вами. Авторы поставили перед собой честолюбивую и почти неосуществимую задачу: добиться, чтобы каждый читатель (подумайте только: каждый!) полюбил эту книгу (подумайте только: учебник!), сделал ее на какое-то время своим помощником, а затем сохранил о ней добрую память. И не потому, что книга легка для восприятия. Нет! Перед Вами трудный учебник. Он труден для авторов, так как он первый в своем роде. Такого учебника для студентов еще никто не создавал. Он труден для преподавателей, которым придется отказаться от многих привычных понятий и представлений и стать на путь перестройки учебного процесса по радиологии. И, наконец, он труден для читателя, поскольку требует вдумчивости, настойчивости, сообразительности. А впрочем, стоит ли учиться иначе?

В чем же особенности учебника? Прежде всего — в новизне содержания. Оно отражает величественные и стремительные достижения научно-технического прогресса. В книге немало сведений, которые сегодня неизвестны даже квалифицированным врачам, но завтра станут буднями медицинской практики. Впервые в учебнике с позиций системного подхода описаны все методы лучевой диагностики и вкратце изложены основы лучевой терапии, т.е. клиническая радиология представлена в едином комплексе. Впервые в учебник по радиологии введены сведения по медицинской информатике, без которых невозможно использовать новые технические средства и анализировать выдаваемую ими диагностическую информацию.

В распоряжении современного врача имеется большой набор лучевых, инструментальных и лабораторных методов обследования больного. Их рациональное использование во многих типовых клинических ситуациях обеспечивает быстрое и точное распознавание болезни. Однако непременным условием является продуманный выбор необходимых методов и рациональная последовательность их применения, поэтому в учебнике широко представлены ветвящиеся диагностические программы, т.е. рекомендации относительно **тактики** комплексного лучевого обследования больных с наи-

более часто встречающимися и опасными заболеваниями и клиническими синдромами.

Другой особенностью учебника является его гуманитарная и эмоциональная направленность. Мы не можем одобрить обучение любой медицинской профессии вне связи с высокими нравственными идеалами, вне атмосферы новых идей и, пожалуй, доброго юмора. «К большинству серьезнейших своих достижений человечество пришло под спасительным прикрытием шуток», — писал Герберт Уэллс. Читатель, конечно, почувствует и то, что авторы равнодушны к истории. «История, в том числе древнейшая, — не давно прошедшее вчера, но важнейшее звено живой связи времен...» (А.С. Пушкин). Отголоском этих вещей слов кажется нам стихотворение В. Шефнера:

*Распадаясь на микрочастицы,  
Жизнь минувшая не умерла.  
И когда-то умершие птицы  
Пролетают сквозь наши тела.  
Мир пронизан минувшим. Он вечен.  
Скаждым днем он богаче стократ.  
В нем живут наши давние встречи  
И погасшие звезды горят.*

Однако, может быть, еще более примечательна другая особенность книги. В нее включены учебные материалы двух типов. Во-первых, рассмотрены выходящие за пределы программы типового курса проблемы дисциплين на старших курсах, в интернатуре и клинической ординатуре. Во-вторых, выделен текст, отражающий самые важные положения курса, без знания которых первичный этап обучения основам радиологии нельзя считать завершенным.

Уважаемый читатель! Вам, таким образом, предоставлено право выбора. «В сущности, почти чудо, что современные методы обучения еще не совсем удушили святую любознательность, ибо это нежное растение требует наряду с поощрением прежде всего свободы — без нее оно неизбежно погибает» (А. Эйнштейн). Так вот — Вы свободны в выборе пути! Забирайте из учебника то, что подходит Вам лично. Ведь учебник — это средство индивидуальной работы, это — самоучитель. Однако помните: «В 20 лет можно колебаться перед каким-либо решением, но не отступать, когда решение принято» (А. Мюссе). Мы убеждены, что удача поджидает не на легком, а на верном пути.

*Твой ум уклончивый ведет тебя в обход.  
Ища проторенных тропинок.  
Но ты вступи с ним в поединок:  
Дать радость может только взлет!*

**Эмиль Верхарн**

В учебнике имеется большое количество иллюстраций. За помощь в их подборе мы благодарим преподавателей и сотрудников кафедр лучевой диагностики Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова, Самарского государственного медицинского университета и Самарского диагностического центра.

С любезного разрешения руководителей фирм «Дженерел Электрик», «Сименс» «Филипс» в книге использованы отдельные иллюстрации из их изданий, за что авторы приносят этим фирмам искреннюю благодарность.

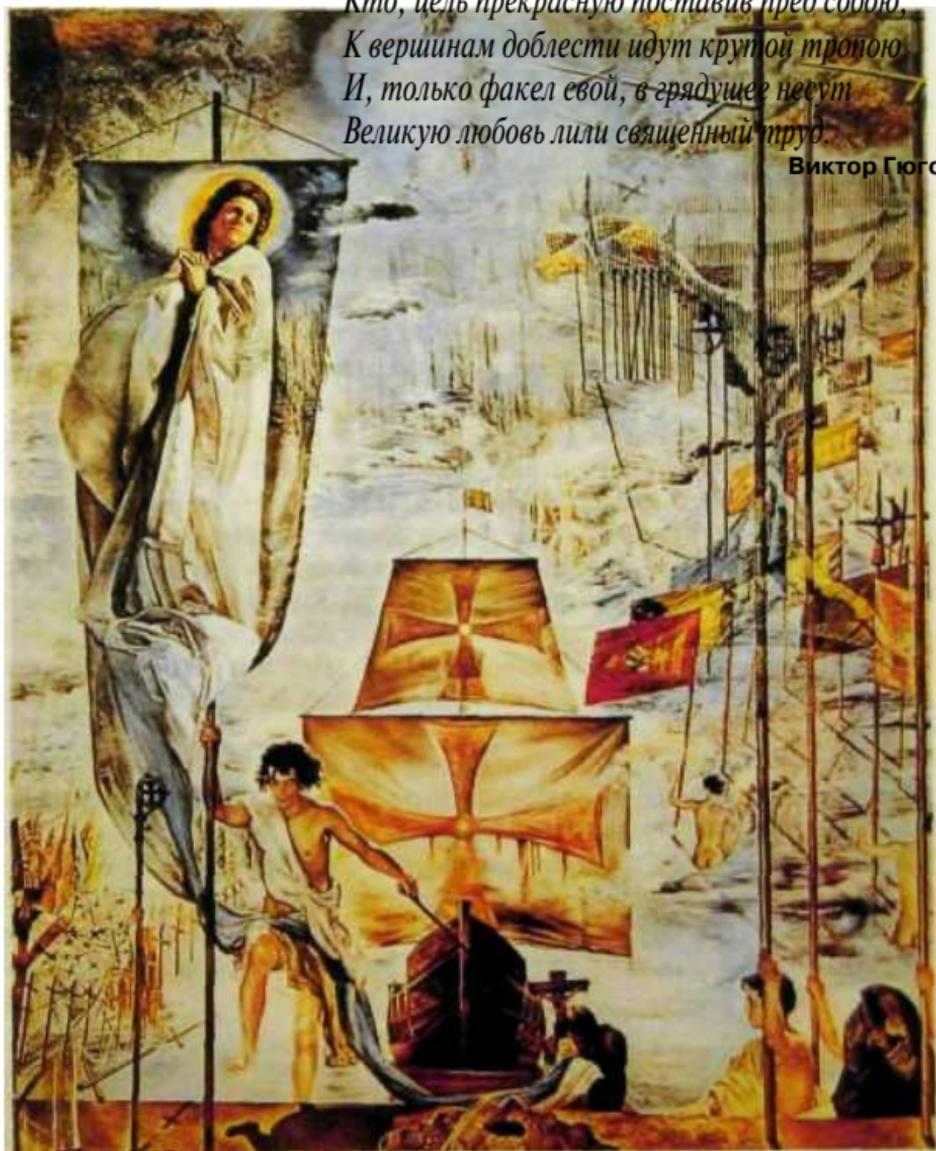
Сейчас Вы все рядом, на старте изучения новой для Вас дисциплины — медицинской радиологии. На финиш Вы придете уже по отдельности — ведь некоторые глубоко изучат книгу, и наши взгляды, быть может, станут частью их собственной системы мышления, а другие лишь мельком просмотрят учебник перед занятиями. Составьте же себе сами «модель потребного будущего». Сегодня нам не нравится многое из того, что было сделано вчера; не стоит распространять подобный опыт на будущее. Нужно наблюдать за меняющимся миром и предвидеть его изменения, чтобы знать, как меняться самим.

Остается добавить, что учебник написан в соответствии с учебной программой по медицинской радиологии, утвержденной Министерством здравоохранения Российской Федерации. Объем и содержание учебника соответствуют современным требованиям к **врачу общей практики**. Учебник предназначен не только для изучающих основы медицинской радиологии, но и для студентов всех курсов, начиная от тех, кто проходит рентгеноанатомию, и кончая обучающимися в интернатуре и клинической субординатуре по радиологии и основным клиническим дисциплинам. Два раздела — глава 12 в части III и глава 7 в части IV — рассчитаны в основном на студентов стоматологического факультета и изложены с учетом специфики этого курса. Они написаны зав. кафедрой рентгенологии и радиологии ММСИ им. НА. Семашко проф. Ю.И. Воробьевым.

# Общие вопросы медицинской радиологии

*Живые борются! И живы только те,  
Чье сердце предано возвышенной мечте,  
Кто, цель прекрасную поставив пред собою,  
К вершинам доблести идут крутой тропой.  
И, только факел евой, в грядущее несут  
Великую любовь лили священный труд.*

Виктор Гюго



«Открытие Америки Христофором Колумбом». Сальвадор Дали, 1958

# 1. ЧТО ТАКОЕ «МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ»

*Определите значение слов, и Вы избавите свет от половины его заблуждений.*

Рене Декарт

Мы — жители планеты Земля. Все живое на ней существует и развивается в постоянном взаимодействии с излучениями и упругими колебаниями. Излучения и жизнь неразрывны!

*Медицинская радиология* — область медицины, разрабатывающая теорию и практику применения излучения в медицинских целях. Медицинская радиология включает в себя две основные медицинские дисциплины: *лучевую диагностику (диагностическую радиологию)* и *лучевую терапию (радиационную терапию)*.

Лучевая диагностика — наука о применении излучений для исследования строения и функций нормальных и патологически измененных органов и систем человека с целью профилактики и распознавания заболеваний.

В состав лучевой диагностики входят *рентгенодиагностика, радионуклидная диагностика, ультразвуковая диагностика* и *магнитно-резонансная визуализация*. К ней также относят такие нечасто применяемые методы исследования, как термография, СВЧ-термометрия, магнитно-резонансная спектрометрия. Еще одно очень важное направление лучевой диагностики — *интервенционная радиология*: выполнение лечебных вмешательств под контролем лучевых исследований.

Роль лучевой диагностики в подготовке врача и медицинской практике непрерывно возрастает. Это связано с созданием в стране диагностических центров, вводом в строй крупных городских, областных и республиканских больниц, оснащенных новейшей аппаратурой, а также быстрым развитием компьютерных технологий, которые создают предпосылки для получения высококачественных изображений внутренних органов, включая объемные (так называемые трехмерные) изображения. Указанные обстоятельства способствуют созданию новой системы медицинской диагностики, объединяющей все существующие способы получения изображения органов человека.

*Лучевая терапия* — это наука о применении ионизирующих излучений для лечения болезней. Лучевая терапия располагает большим набором источников квантового и корпускулярного излучений, обеспечивающих облучение нужного объема тканей в оптимальной лечебной дозе. В связи с этим лучевая терапия стала важнейшей составной частью комплексного лечения злокачественных заболеваний, а лучевые терапии работают в тесном контакте с онкологами, хирургами, химиотерапевтами.

Без радиологии сегодня не могут обойтись никакие медицинские дисциплины. Лучевые методы широко используют в анатомии (*лучевая нормальная и патологическая анатомия*), физиологии (*лучевая физиология и патофизиология*), биохимии (*радиационная биохимия*). Изучением действия

ионизирующих излучений на живые объекты занимается *радиационная биология* - важное направление биологической науки. В связи с развитием ядерных технологий и широким применением излучений в медицинской практике, народном хозяйстве и научных исследованиях все большее значение приобретает *радиационная гигиена*. К смежным специальностям радиологии можно отнести также все основные клинические дисциплины: кардиологию, пульмонологию, остеопатологию, гастроэнтерологию, эндокринологию и т.д. Это и понятно: уже давно не найти области изолированного использования законов и методов патологической анатомии и физиологии, терапии и хирургии, стоматологии и радиологии, есть лишь сфера их взаимного действия.

В этом содружестве дисциплин медицинская радиология занимает обширную территорию. В учебнике мы постарались очертить ее контуры, изложить главные теоретические построения, описать наиболее распространенные методики и тем самым дать Вам, читатель, в руки путеводитель для клинической практики. А уж обходить эту страну — «•Медицинскую радиологию» — Вам придется самостоятельно. Некоторые захотят стать специалистами и заглянут во все углы. Другие будут врачами общей практики, для них главное — сведения по радиологии, необходимые в повседневной деятельности врача. Одним словом, «судьба твоих грядущих дней, мой сын, в твоей отныне воле» (А.С. Пушкин).

## 2. «МИНУВШЕЕ ПРОХОДИТ ПРЕДО МНОЮ...»

*Взобравшись на плечи своих предшественников, мы увидим оттуда, как со сторожевых башен, дальше и яснее.*

Амбруаз Паре

Неторопливо, по нынешним меркам, сменялись столетия и неторопливо развивалась медицина. И во все времена, в продолжение многих веков основой врачевания оставался осмотр больного. «Глаз — тот орган чувств, который приносит нам более всего удовлетворения, ибо позволяет постичь суть природы...» (Аристотель). Великий Гете в старости уже не мог совершать экскурсии на гору Брокен, описанную им в «Фаусте», но зато часами созерцал свою коллекцию минералов. Он писал Шиллеру: «Возникает... мир глаза, который исчерпывается формой и цветом... Если внимательно последить за собой, я мало пользуюсь помощью других органов чувств». Теперь мы знаем, что на зрительный анализатор работают едва ли не три четверти головного мозга.

### 2.1. Открытие странного мира

*Мгновенье длился этот миг,  
Но он и вечность бы затмил.*

Б. Пастернак

Поразительно, но факт: день рождения медицинской радиологии точно обозначен в истории - 8 ноября 1895 г. Вечером этого дня в баварском городе **Вюрцбурге**, в **физической** лаборатории местного университета профессор

И

Вильгельм Конрад Рентген, работая с катодной трубкой, случайно заметил свечение, исходившее от банки с кристаллами платиносинеродистого бария. Он не мог тогда знать, что начинал прорыв научного фронта, прорыв из нашего зримого мира в невидимый мир фантастических скоростей и энергий, исчезающе малых длительностей и необычных превращений, но предчувствие великого, очевидно, охватило ученого. Он не ушел в тот вечер из лаборатории и на ближайшие недели стал ее добровольным узником. В короткий срок с помощью самодельных приборов и остроумных приемов, которые затем были использованы в других областях физики, Рентген настолько полно изучил новое излучение, что до 1908 г. к установленным им данным не было добавлено ничего существенного.

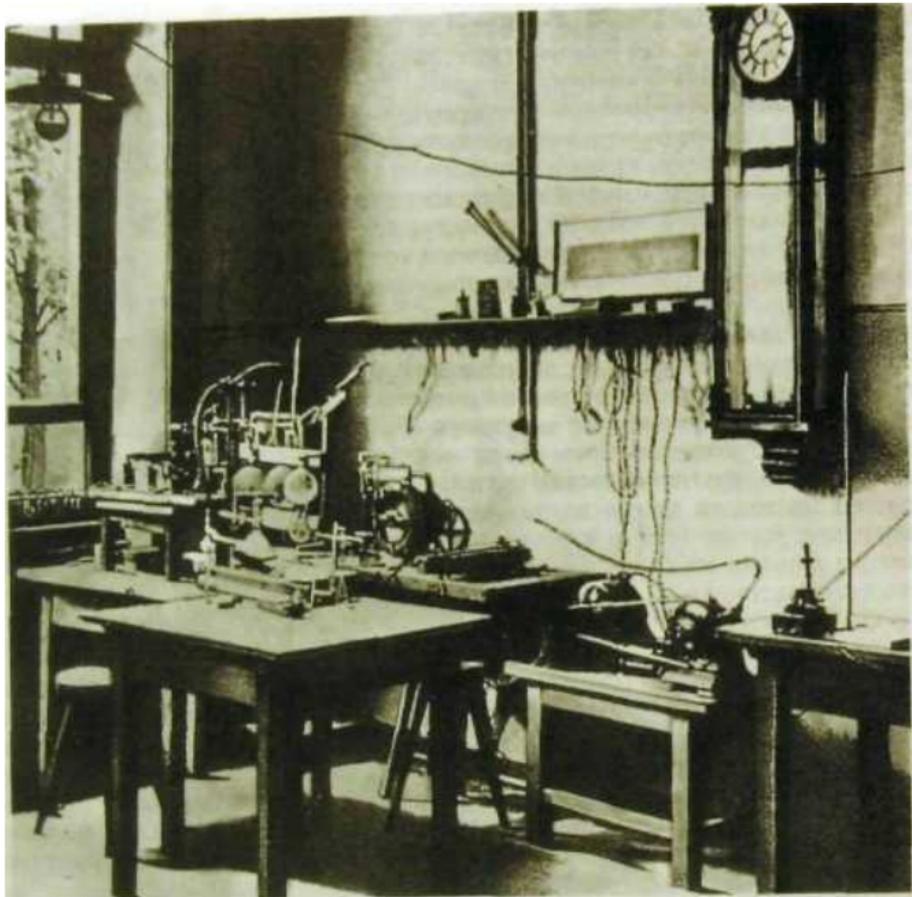


В.К. Рентген (1845-1923)

Остановитесь, читатель, и задумайтесь над происшедшим! Случайны ли крупные открытия? Датский физик Эрстед «случайно» установил взаимосвязь электричества и магнетизма, когда работавший с ним студент заметил отклонение намагниченной стрелки при пропускании тока по проводнику. Майкл Фарадей «случайно» заметил отклонение стрелки прибора и сформулировал закон электромагнитной индукции. Серебряная ложка французского художника Дагерра «случайно» оказалась на полированной металлической поверхности, и полученное изображение назвали дагерротипом (прообраз нынешней фотографии).

И все же прав Луи Пастер: «Случай выбирает подготовленный ум». Многие ученые до Рентгена работали с катодными лучами, замечали свечение экранов и непонятные темные полосы на фотопластинках (например, преподаватель физики Бакинского реального училища Е.С. Каменский, профессор из Праги И.П. Пулюй). Однако открытие совершил Рентген. Объяснение можно найти в воспоминаниях его ученика, в будущем известного российского физика А.Ф. Иоффе. Рентген вышел из блестящей классической школы Кундта в Страсбурге (вот она — роль Учителя!). Воспитанниками этой школы были крупные физики, в том числе замечательный русский ученый П.Н. Лебедев, открывший давление света. В школе Кундта развил свой талант экспериментатора Рентген, здесь он научился тщательному анализу возможных ошибок и строго продуманной постановке опыта, стал лучшим экспериментатором своего времени (рис. 1.1).

Историческая заслуга Рентгена состоит в том, что он не прошел мимо случайно замеченного факта, как многие его коллеги, а подверг его всестороннему анализу и доискался до его причины. Как сказал известный русский физиолог А.А. Ухтомский, «...бесценные вещи и бесценные области реального бытия проходят мимо наших ушей и мимо наших глаз, если не подготовлены уши, чтобы слышать, и не подготовлены глаза, чтобы видеть...».



**Рис. 1.1.** Лаборатория В.К. Рентгена в университете г. Вюрцбурга.

Легенда о «случайном» открытии рентгеновского излучения весьма живуча. Однако ее нетрудно поколебать. В июле 1896 г. Рентген объяснил своему коллеге, почему он использовал экран, покрытый платиносинеродистым барием: «В Германии мы пользуемся этим экраном, чтобы найти невидимые лучи спектра, и я полагал, что платиносинеродистый барий окажется подходящей субстанцией, чтобы открыть невидимые лучи, которые могли бы исходить от трубки».

Любопытно, что общественность узнала об открытии Рентгена из газетной статьи. Рентген представил научному обществу первое сообщение о новых лучах, но доклад ученого был отложен в связи с рождественскими каникулами. Однако он не удержался и вместе с рождественским поздравлением разослал сослуживцам открытки с рентгеновским изображением кошелька с монетами, связки ключей в деревянном ящике и кисти руки. Снимок кисти своей жены Рентген сделал 22 декабря 1895 г. Сохранилось письмо одного из профессоров, получивших поздравление. Он писал:

«Какой фантазер Рентген, мы давно знаем, но теперь он, по-видимому, со всем с ума сошел. Он утверждает, что видел скелет собственной руки». Один предприимчивый молодой человек выпросил эти фотофафии и отвез их в Вену, где его отец был редактором газеты «Die Presse», и 5 января 1896 г. на первой полосе этой газеты появилась большая статья «Сенсационное открытие».

23 января 1896 г. Рентген выступил с докладом на заседании местного научного общества. Он сообщил о своем открытии и тут же сделал рентгеновский снимок кисти председателя заседания — известного анатома А.Р. фон Кёлликера. Подумайте, как символично! Делая этот снимок, Рентген как бы передавал открытие в руки медика. И старик Кёлликер, потрясенный, встал и заявил, что за 48 лет пребывания в научном обществе он впервые присутствует при столь великом открытии. Он провозгласил троекратное «ура» в честь ученого и предложил назвать новые лучи его именем. Небезынтересно, что на этом историческом заседании присутствовал русский студент — народоволец В.И. Яковенко, который впоследствии стал известным земским врачом, а позже — крупным деятелем отечественной медицины.

После сообщения Рентгена разразилась подлинная научная буря. Свыше 1200 публикаций появилось только в 1896 г. История науки еще не знала подобного бума. Имя Рентгена сразу стало известно всему миру, но он не изменил ни своим занятиям, ни своему относительно замкнутому образу жизни. Он отказался от места президента научного общества, звания академика Прусской академии наук, дворянства и различных орденов, а сами лучи до последних лет жизни называл X-лучами. Он не согласился получить патент, предложенный Берлинским всеобщим электрическим обществом, заявив, что его открытие принадлежит всему миру и не может быть закреплено за одним предприятием.

Уместно отметить благородные качества Рентгена, характеризующие его как выдающегося ученого и человека: глубокий ум, тонкую наблюдательность, скромность, отсутствие корыстолюбивых замыслов. В 1901 г. Рентгену была присуждена первая Нобелевская премия по физике. Ее денежную часть — 50 000 крон — Рентген передал Вюрцбургскому университету. Мы можем гордиться тем, что правительство нашей страны первым увековечило имя ученого. 29 января 1920 г. в Петрофаде на маленькой улочке, которая называлась Лицейской, а затем получила имя Рентгена, был открыт первый памятник ученому.

1895 год был весьма примечательным. Вначале А.С. Попов изобрел радио, летом на улицах европейских городов появились первые автомобили, а в декабре в Париже загорелся экран первого кинематофафа братьев Люмьер. Не правда ли, целая серия открытий! Объяснялось это тем, что вторая половина XIX столетия ознаменовалась бурным развитием естественных наук. Открытие Рентгена было одним из звеньев революционной цепи и в свою очередь сыграло революционизирующую роль, показав человечеству путь в атомную эру.

Однако остановимся, читатель. Подобно тому, как Шехерезада при восходе солнца прерывала свой рассказ на самом интересном месте, мы на время отвлечемся от прошлого, чтобы рассмотреть предмет открытия Рентгена — рентгеновское излучение — и напомнить о его свойствах.

## 2.2. Лучи имени Рентгена

*Открытие рентгеновских лучей было первым великим прорывом в область, куда ни один человеческий ум не дерзал проникнуть.*

Артур Кларк

*Рентгеновское излучение* занимает область электромагнитного спектра между гамма- и ультрафиолетовым излучением и представляет собой поток квантов (фотонов), распространяющихся со скоростью света (300 000 км/с). Эти кванты не имеют электрического заряда. Масса кванта составляет ничтожно малую часть атомной единицы массы. Энергию квантов измеряют в *джоулях (Дж)*, но на практике часто используют внесистемную единицу *электрон-вольт (эВ)*.

*Один электрон-вольт — это энергия, которую приобретает один электрон, пройдя в электрическом поле разность потенциалов в 1 вольт. 1 эВ = 1,6 Ю<sup>-19</sup> Дж. Производными являются киэлектрон-вольт (кэВ), равный 1 тыс. эВ, и мегаэлектрон-вольт (МэВ), равный 1 млн эВ.*

Рентгеновское излучение возникает при торможении быстрых электронов в электрическом поле атомов вещества (*тормозное излучение*) или при перестройке внутренних оболочек атомов (*характеристическое излучение*). Тормозное излучение имеет непрерывный спектр, зависящий от анодного напряжения на рентгеновской трубке. Средняя эффективная энергия квантов составляет приблизительно  $1/3$  от максимального напряжения, приложенного к трубке. Например, при максимальном напряжении 50 киловольт (кВ) средняя энергия рентгеновских квантов около 30 кэВ, при 100 кВ — 65 кэВ, при 150 кВ — 100 кэВ. Рентгеновское излучение именно в данном диапазоне энергий используют в рентгенодиагностике.

Рентгеновское излучение обладает рядом свойств, обуславливающих его значительные отличия от видимого света. Оно проникает через тела и предметы, не пропускающие свет; вызывает свечение ряда химических соединений (на этом, кстати, основана методика рентгеновского просвечивания); разлагает галоидные соединения серебра, в том числе находящиеся в фотоэмульсиях, что позволяет получать рентгеновские снимки. Важнейшим свойством рентгеновского излучения является способность вызывать распад нейтральных атомов на положительно и отрицательно заряженные частицы (ионизирующее действие). В связи с этим понятно, что это излучение не безразлично для живых организмов, поскольку обуславливает определенные изменения в биосубстрате.

Рентгеновское излучение широко используют в науке, технике и промышленности, но наибольшее значение приобрело это излучение в медицине, где оно легло в основу одного из ведущих методов клинического обследования. Однако это «уже совсем другая история», как любил повторять датский сказочник Х.Андерсен, и мы вернемся к ней позже.

## 2.3. Звездный час Беккереля

*Как бы ни было разнообразно воображение человека, природы еще в тысячу раз богаче.*

А.Пуанкаре

Стокгольм, 10 декабря 1903 г. В зале Шведской академии наук, на том месте, где 2 года назад стоял Рентген, находился невысокий человек, тоже физик, но из Франции — Анри Беккерель. Король Швеции вручал ему диплом лауреата Нобелевской премии. О чем думал Анри Беккерель в эти минуты душевного волнения, когда перед человеком порой проходит вся его жизнь?

Может быть, в памяти Анри Беккереля возник на мгновение образ деда — члена парижской Академии наук Антуана Беккереля. Красота светящегося ночного моря в Венеции заставила его еще в молодости задуматься над удивительным явлением люминесценции — способности некоторых веществ светиться в темноте после воздействия на них видимого света. С тех пор эта проблема стала чуть ли не фамильным достоянием семьи Беккерелей. Или мысль Анри Беккереля обратилась к тем уже далеким дням, когда вместе с отцом — профессором физики Александром Беккерелем он ставил первые опыты по изучению люминесценции солей урана. Уже тогда он знал, что эти соли светятся в темноте, если их предварительно подвергнуть действию солнечных лучей. А может быть, ему вспомнился период научного поиска и вдохновения, охватившего физиков всего мира после открытия Рентгена и побудившего многих ученых возвратиться к загадочному явлению люминесценции. Научный мир тогда был словно заражен лихорадкой открытий — поиском таинственных излучений. Именно Анри Беккерель вместе с другим французским ученым — физиком, математиком и философом Анри Пуанкаре — предположил, что «X-лучи» могут испускаться фосфоресцирующими веществами.

Для своих опытов Беккерель выбрал кристаллы калийуранилсульфата — одного из наиболее сильных фосфоресцирующих веществ. Беккерель был страстный, но строгий искатель, и даже сильное волнение не могло нарушить педантичность экспериментатора. Проследите за чистотой его опытов! Он ставит исходный эксперимент: в полной темноте берет фотопластинку, заворачивает ее в два слоя черной бумаги, не пропускающей видимый свет, и выставляет в окно: пусть весеннее солнце заливают ее лучами. Затем он проявляет пластинку и убеждается, что она не экспонирована. На следующий день Беккерель повторяет опыт, но сверху на пластинку помещает металлический крест, покрытый солью урана. Под действием солнечных лучей соль должна сильно светиться. Если она, кроме видимого света (фосфоресценции), испускает невидимое излучение, то через несколько часов... Скорее проявим пластинку... Успех! На пластинке получено изображение креста, следовательно, урановая соль дает излучение, проходящее через черную бумагу и разлагающее соли серебра в фотоэмульсии, подобно рентгеновскому излучению. Значит, фосфоресцирующие вещества испускают не только видимый свет, но и невидимое излучение?

24 февраля 1896 г. Анри Беккерель доложил результаты своих опытов на заседании Парижской академии наук. Это было предварительное сообще-

шение казалось бы, подтверждающее предположение А. Беккереля и А. Пуанкаре. Однако дальше события приняли иной оборот. 2 марта должен был состояться основной доклад Беккереля. Готовясь к нему, ученый наметил провести новую серию опытов, но 26 и 27 февраля в Париже было пасмурно и пластинки, подготовленные для эксперимента, пролежали два дня на полке вместе с кристаллами калийуранилсульфата. 1 марта, наконец выглянуло солнце и, хотя это был воскресный день, Беккерель пришел в лабораторию, чтобы закончить опыт. Однако основимся на мгновение, ибо здесь кульминация драмы и торжество мастера! — он не выставляет пластинки в окно, а проявляет их. Ведь они пролежали долгое время вместе с солями урана, а это не соответствует условиям прежних опытов. Вот оно — господство над случаем! Впрочем, Беккерель скажет позднее: «Я сделал новый опыт, который все равно провел бы рано или поздно, когда я систематически изучил бы формы действия и их продолжительность для фосфоресцирующих веществ через непрозрачные тела на фотографическую пластинку». Значит, и случай может быть пойман в ловушку искусного последовательного экспериментатора.

Начал Беккерель с того, что проявил пластинки, полагая, что увидит на них лишь легкую вуаль. Каково же было его удивление, когда оказалось, что пластинки засвечены, причем очень сильно. Что это могло означать? Только то, что соли урана способны самостоятельно, без возбуждения извне засвечивать фотопластинки. Благодаря чему? Очевидно, вследствие того, что они испускают невидимые лучи особого рода, проникающие через черную бумагу. Бесконечной вереницей тянутся новые и новые опыты. Беккерель устанавливает, что источником излучения является сам уран. 23 ноября 1896 г. на заседании Парижской академии наук Беккерель окончательно прощается с мыслью о связи фосфоресценции и открытого им излучения и называет последнее урановыми лучами. Так теоретическая догадка, пусть и не до конца правильная, послужила толчком к познанию неизвестного естественного явления природы. «Гипотезы,— писал В. Гете,— это леса, которые возводят перед зданием и сносят, когда здание готово,— они необходимы для работника: он не должен только принимать леса за здание».

Гипотеза о специфических «урановых лучах» была вскоре развенчана. Оказалось, что способностью испускать проникающее излучение обладает также торий. Об этом сообщили 4 февраля 1898 г. Берлинскому научному обществу Г. Шмидт и 12 апреля того же года Парижской академии наук Мария Склодовская-Кюри. А Резерфорд установил, что так называемые урановые лучи — это на самом деле смесь излучений. Стало известно, что в их состав входят  $\alpha$ -,  $\beta$ -частицы и  $\gamma$ -излучение.

Итак, Беккерель открыл явление *естественной радиоактивности*. Открытие рентгеновского излучения и естественной радиоактивности — звенья одной цепи, первые камни фундамента, на котором были построены и современная ядерная физика, и современная медицинская радиология.

В следующем разделе мы познакомимся со свойствами  $\gamma$ -излучения,  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц.

## 2.4. Что скрывалось за «беккерелевыми лучами»?

*Глаза, вы видели так много прекрасных мгновений... Скажите, что краше всего? — Шаг вперед — без сомнений*

Расул Гамзатов

Излучение, открытое Рентгеном, было названо рентгеновским, поэтому излучение, обнаруженное Беккерелем, стали первоначально именовать беккерелевыми лучами. Однако, возможно, к неудовольствию Беккереля, это название скоро было оставлено. Оказалось, что новое излучение неоднородно и представляет собой смесь трех излучений, которым дали новые «имена» — по первым трем буквам греческого алфавита:  $\alpha$ -частица,  $\beta$ -частица и  $\gamma$ -излучение.

*Альфа-частица* ( ${}^4_2\text{He}$ ) — как бы голое ядро атома гелия, состоящее из двух протонов (р) и двух нейтронов (п). Следовательно, она имеет двойной положительный заряд и относительно большую массу, равную 4 атомным единицам массы. Эта частица возникает при  $\alpha$ -распаде естественных радиоактивных элементов. В тканях человеческого тела  $\alpha$ -частицы пробегают лишь несколько десятков микрон.

*Бета-частица* — это либо электрон ( $e^{-}$ ), либо позитрон ( $e^{+}$ ). Каждая  $\beta$ -частица обладает одним элементарным электрическим зарядом: электрон — отрицательным, позитрон — положительным. Масса  $\beta$ -частицы невелика, всего  $1/1840$  массы ядра атома водорода. Позитроны образуются при распаде некоторых искусственных радионуклидов. Происхождение электронов может быть двойным. С одной стороны, они могут возникать при распаде радионуклидов. В этом случае энергетический спектр  $\beta$ -излучения непрерывный с максимумом до 2 МэВ. В мягких тканях человека такие электроны распространяются всего на несколько миллиметров. С другой стороны, электроны могут быть получены в ускорителях заряженных частиц в результате термоэлектронной эмиссии. Такие электроны не принято называть  $\beta$ -частицами. Их энергия может достигать 50—100 МэВ, и они обладают большим пробегом в тканях.

*Гамма-излучение* — электромагнитное излучение, испускаемое при радиоактивном распаде и ядерных реакциях. В отличие от тормозного излучения спектр  $\gamma$ -излучения дискретный, так как переход ядра атома из одного энергетического состояния в другое осуществляется скачкообразно. Свойства  $\gamma$ -излучения, как и других электромагнитных излучений, определяются длиной волны ( $\lambda$ ) и энергией квантов (E). Энергия  $\gamma$ -квантов находится в пределах от десятков кэВ до десятков МэВ, поэтому они характеризуются высокой проникающей способностью и выраженным биологическим действием.

Излучение, содержащее  $\alpha$ -,  $\beta$ -частицы и  $\gamma$ -лучи, испускают естественные радионуклиды — уран, радий, торий, актиний, радон, поэтому на заре радиологии их использовали в качестве радиоактивных препаратов для лечения больных. Впрочем, их биологическое действие не сразу было оценено. В апреле 1902 г. Беккерель по просьбе Пьера Кюри подготовил пре-

парат радия для демонстрации его свойств на конференции. Он положил стеклянную трубочку с радием в карман жилета, где она находилась почти 6 ч. Спустя 10 дней на коже под карманом появилась эритема, а еще через несколько дней образовалась язва, которая долго не заживала. Встретившись с Пьером и Марией Кюри, Беккерель сказал: «Я очень люблю радий, но я на него в обиде».

Шутка Беккереля не была случайной. Остроумие находится в родстве с научной мыслью. Юмор свойствен ученым, в том числе физикам и медикам-радиологам. «Веселый куплет может опрокинуть трон и низвергнуть богов»,— говорил Анатоль Франс.



### Ученые шутят

Рентген не был лишен чувства юмора. Однажды он получил письмо, автор которого просил выслать ему «несколько рентгеновских лучей» и инструкцию, как ими пользоваться. В прошлом он был ранен револьверной пулей, но для поездки к Рентгену у него, видите ли, не было времени. Рентген ответил так: «К сожалению, в настоящее время у меня нет X-лучей. К тому же пересылка их — дело очень сложное. Поступим проще: пришлите мне вашу грудную клетку».

## 2.5. Наступление продолжается. Врачи следуют за физиками

*Самое большое достоинство хорошо выполненной работы в том, что оно открывает путь другой, еще лучшей работе... Цель научно-исследовательской работы — продвижение не ученого, а науки.*

А.Лоуэлл

В течение полувека после открытия рентгеновского излучения и естественной радиоактивности стремительно развивалось наступление физиков на тайны микромира. Одно открытие влекло за собой другое. Сообщение А. Беккереля определило научную судьбу Марии Склодовской-Кюри. Она установила странный факт: урановая и ториевая руды оказались более «радиоактивными» (предложенный ею термин), чем чистый уран или торий. М.Склодовская-Кюри предположила, что в урановой руде должны содержаться очень радиоактивные примеси.

В оборудованной на собственные средства примитивной лаборатории М. Склодовская-Кюри и ее муж Пьер Кюри в продолжение 2 лет с поразительным упорством вели работу по выявлению этих примесей. «В этом скверном сарае,- вспоминала М. Склодовская-Кюри,- прошли лучшие, счастливые годы нашей жизни, целиком посвященные работе. Часто я тут же готовила себе и Пьеру что-нибудь поесть, чтобы не прерывать опытов. К вечеру я падала от усталости». Урановая руда была получена супругами Кюри в небольшом чешском городке Якимово. Она имела сложный состав

и содержала большое количество элементов: серебро, висмут, барий, свинец и др. Каково же было изумление ученых, когда выяснилось, что выделенные ими из руды фракции бария и висмута также были радиоактивными, хотя чистый барий и висмут такими свойствами не обладают. Дальнейшую гигантскую работу супругов Кюри историки охарактеризовали как величайший научный подвиг. Переработав около 7 т руды, они получили около 1 г нового элемента, который оказался в 1 млн раз активнее урана. Этот элемент был назван ими «радий», что в переводе на русский язык означает «лучистый». Открытие радия и исследование его излучения явились новым этапом в развитии атомной физики. «Великий революционер — радий», — так называли его ученые в начале XX в. Супруги Кюри были удостоены Нобелевской премии по физике. Затем ими был открыт элемент, испускавший еще более интенсивное излучение, чем уран (в 10 млрд раз). Он был назван полонием в честь Польши — родины М. Склодовской-Кюри. В 1911 г. ей была присуждена вторая Нобелевская премия, на этот раз по химии. В последующие годы были обнаружены все другие элементы, способные к самопроизвольному распаду. Они были названы *естественными радиоактивными веществами*.

А следом за авангардом физиков продвигался фронт врачей, инженеров и конструкторов, пытавшихся использовать новейшие достижения теории для практических медицинских целей. Применение в медицине рентгеновского излучения, как уже указывалось выше, началось в 1896 г. Первоначально рентгеновские снимки производили главным образом для распознавания металлических инородных тел, переломов и болезней костей. В дальнейшем были разработаны способы рентгенологического исследования сердца, легких, желудка и других органов. Одновременно исследователи приступили к глубокому изучению биологического действия рентгеновского излучения и излучения радиоактивных веществ. В 1896—1899 гг. появились первые сообщения об успешном применении рентгеновского излучения для эпиляции (удаления волос) и лечения некоторых дерматозов, а также о попытках провести рентгенотерапию опухолей различных внутренних органов.

Дальнейшие физические и радиобиологические изыскания открыли новые возможности для развития медицинской радиологии. Исключительное значение имели работы Э. Резерфорда. В 1919 г. путем бомбардировки ядер атомов азота  $\alpha$ -частицами он добился превращения их в ядра атомов кислорода, т.е. превращения одного химического элемента в другой. Получая, полусерьезно мы можем назвать Э. Резерфорда алхимиком XX в. Ученик Э. Резерфорда академик П.Капица вспоминал, что его шефа прозвали крокодилом. По-видимому, потому, что он всегда целеустремленно продвигался вперед и не мог, как и крокодил, двигаться назад. В 1920 г. Э. Резерфорд на заседании Британской ассоциации содействия развитию наук высказал предположение, которое, как это нередко случается в науке, не было понято и оценено современниками. Ученый предположил, что в созданной им модели ядра атома существует некая гипотетическая частица, которая по массе равна протону (протон тоже был открыт Э. Резерфордом), но в отличие от него не имеет заряда. Эту частицу Э. Резерфорд предложил назвать нейтроном. В эксперименте нейтрон обнаружил Д. Чедвик — ученик Э. Резерфорда. Открытие нейтрона позволило немецкому ученому В. Гейзенбергу и независимо от него российскому ученому Д.Д. Иваненко

создать теорию строения ядра, которую в течение многих лет использовали в физике и радиологии.

Поворотным пунктом в развитии ядерной физики явилось открытие *искусственной радиоактивности* супругами Ирен и Фредериком Жолио-Кюри. С целью получения нейтронов они облучали  $\alpha$ -частицами различные элементы. При облучении алюминия было установлено, что наряду с нейтронами он испускает еще одну частицу - позитрон. Последующие опыты показали, что при облучении ряда элементов  $\alpha$ -частицами рождаются новые химические элементы, которые обладают радиоактивностью. Впервые появилась возможность получать радиоактивные элементы искусственным путем. В 1934 г. супругам Жолио-Кюри за открытие искусственной радиоактивности была присуждена Нобелевская премия по химии.



Кстати, о роли юмора и случайности в науке. Академик А.С. Боровик-Романов рассказывал: «...Долгое время не удавалось напылить франций на германий. Тогда нидерландский физик Хендрик Казимир предложил в качестве промежуточного слоя использовать рений. Логика его предложения состояла в том, что... между Францией и Германией в качестве «скрепляющего» природного элемента протекает река Рейн. Результат превзошел все ожидания». Добавим, что эта работа способствовала открытию сверхпроводимости при относительно высоких температурах.

Еще один важный шаг на пути становления радиологии сделал американский физик Э.Лоуренс. В 30-е годы он предложил использовать ускорение элементарных частиц для придания им высоких энергий. Вскоре Э. Лоуренс воплотил эту идею в жизнь, построив циклотрон, за что был удостоен в 1939 г. Нобелевской премии<sup>1</sup>. Циклотрон стал одним из основных источников получения искусственных радиоактивных элементов и генерации электромагнитных излучений высоких энергий. Появились даже специальные циклотроны медицинского назначения.

Другой физик - итальянец Э. Ферми предложил эффективный способ получения радиоактивных элементов посредством облучения стабильных элементов нейтронами. Удостоенный за это открытие Нобелевской премии аФерми вынужден был эмигрировать из фашистской Италии в США, где в 1944 г. запустил первый в мире атомный реактор. В настоящее время многие радионуклиды получают в атомных реакторах.

<sup>1</sup> гаавиоп<sup>0</sup>»^^^тм<sup>10</sup> интс Р<sup>СНО</sup> у<sup>знать</sup>. что на золотой Нобелевской медали вы- рТЛНТотк^ иямиГ^ НасЛажденис тм^"" -еловеческую жизнь, облаго-

## 2.6. Два рождения отечественной радиологии

*Будущее всегда зависит от прошедшего: это следствие уже положенных оснований, жатва того, что было посеяно прежде, воздаяние за дела прошедшие.*

Н. Добролюбов

В первых рядах физиков и врачей, применивших рентгеновское излучение и лучи радия для диагностики и лечения болезней, были русские ученые. Они встретили открытие Рентгена с энтузиазмом. Уже 6 января 1896 г. в Риге и 12 января в Петербургском университете были сделаны первые снимки кисти. 16 января Н.Г. Егоров произвел аналогичный снимок в Медико-хирургической академии, а П.Н. Лебедев — на кафедре физики Московского университета. Одновременно А.С. Попов — изобретатель радио — изготовил первую в России рентгеновскую установку и выполнил исследование раненного дробью.

В первых числах февраля Рентген получил телеграмму из Петербурга: «Петербургская студенческая молодежь, собравшаяся в Физической лаборатории СПб. Ун-та на блестящую демонстрацию рентгеновых лучей проф. Боргманом и его ассистентами Гершуном и Скобельцыным, горячо приветствует проф. Рентгена с его открытием». Рентген ответил студентам благодарственным письмом. В феврале 1896 г. начались систематические рентгенологические исследования больных в Медико-хирургической академии в Петербурге, а несколько позднее — на медицинском факультете Московского университета (рис. 1.2).

Проф. А.И. Лебедев выступил 1 февраля 1896 г. на заседании Петербургского медико-хирургического общества и поставил вопрос о применении рентгенологического метода в акушерстве и гинекологии. Он продемонстрировал рентгенограмму препарата, полученного при выполнении операции по поводу внематочной беременности. 13 февраля того же года в Медико-хирургической академии молодой врач В.Н. Тонков доложил о результатах рентгенологического изучения роста костей. Ему принадлежат вещи слова: «...до открытия Рентгена анатомия была наукой о строении мертвых элементов. В свете рентгеновских лучей она стала анатомией на живом для живого». Большое значение для радиационной биологии и лучевой терапии имели работы И.Р. Тарханова, Е.С. Лондона,



Рис. 1.2. Рентгенограмма кисти с изображением иглы в мягких тканях, выполненная в 1897 г. на медицинском факультете Московского университета.

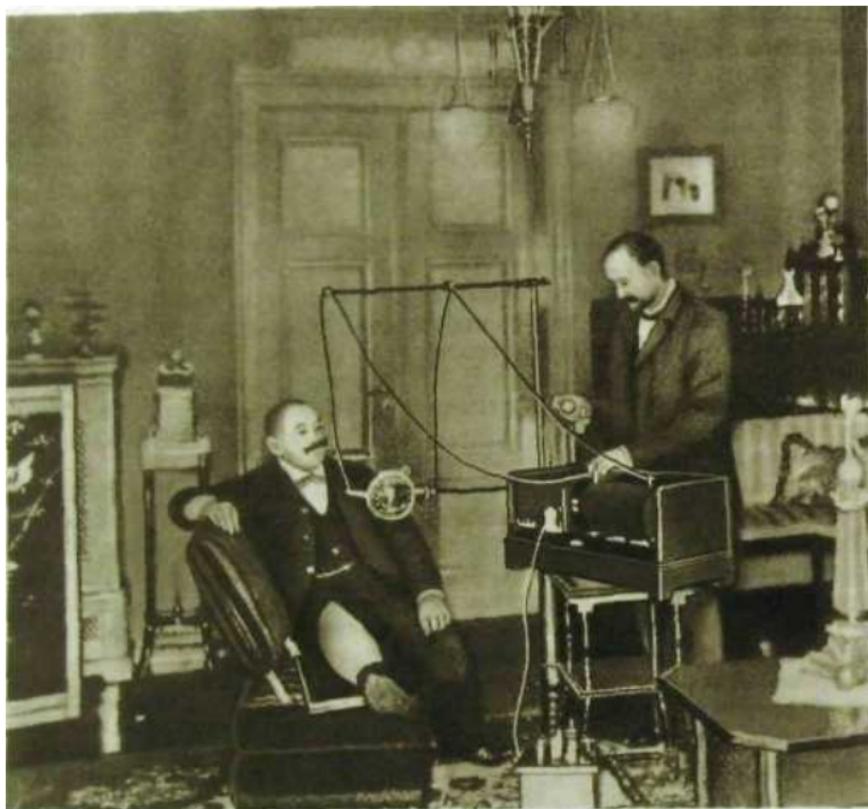


Рис. 1.3. Первые «рентгеновские кабинеты» нередко были составной частью консультативной комнаты врача (фото 1900 г.).

М.Н. Жуковского, С.В. Гольдберга, изучавших биологическое действие ионизирующих излучений.

К сожалению, в те годы в России не было условий для развития медицинской радиологии: электротехнической промышленности практически не существовало. Рентгеновские кабинеты были оснащены примитивным оборудованием, причем меры защиты от излучения не применялись (рис. 1.3). Во всей стране было лишь несколько десятков врачей-рентгенологов. Становление медицинской радиологии как самостоятельной научной и клинической дисциплины произошло только после первой мировой войны. Радиологи рассматривают это как второе ее рождение.

В начале 1918 г. рентгенолог Женского медицинского института в Петрограде М.И. Неменов обратился к народному комиссару просвещения А.В. Луначарскому с предложением об организации научно-исследовательского рентгенологического и радиологического института. «Бурное революционное время,— писал впоследствии М.И. Неменов.— Время от времени где-то потрескивают выстрелы. Кабинет народного комиссара по просве-



М.И. Неменов (1880-1950)



С.А. Рейнберг (1897-1966)

щению на Чернышевском переулке. Я делаю краткий десятиминутный доклад о жалком положении рентгенологии в России и о той роли, которую она должна играть для советской науки, для советской медицины. Я выхожу из кабинета А.В. Луначарского с принципиальным постановлением об организации в Петрограде крупного научно-исследовательского института, посвященного вопросам рентгенологии и радиоактивности, первого научно-исследовательского учреждения, созданного Советской властью». Добавим, что при новом институте была создана первая в мире рентгенологическая клиника. Из темных сырых подвалов, где ютилась рентгенология в русских больницах и клиниках, она перешла, по образному выражению М.И. Неменова, «в свой собственный дворец».

Началась радостная и тревожная юность радиологии, совпавшая с годами гражданской войны и восстановления народного хозяйства. В 1919 г. в Институте усовершенствования врачей в Петрограде была учреждена первая кафедра рентгенологии, которую возглавил А.К. Яновский. С 1920 г. стал выходить журнал «Вестник рентгенологии и радиологии». В последующие годы были организованы институты рентгенологии в Москве, Киеве, Харькове, Одессе, Ереване, Тбилиси и других городах, созданы заводы рентгеноаппаратостроения. Отечественная рентгенология уже в свои молодые годы сумела занять лидирующее положение в остеологии и остеопатологии, рентгеноанатомии, рентгенофизиологии и экспериментальной рентгенологии. Важнейшей особенностью российской рентгенологии явилась ее профилактическая и клиническая направленность. В развитии этих направлений особую роль сыграл выдающийся клиницист-рентгенолог С.А. Рейнберг. Рентгенология внесла живую струю в клиническую медицину и явилась важным фактором технической реконструкции здравоохранения.

Заканчивалась молодость отечественной рентгенологии, она вступала в пору зрелости, но вероломное нападение фашистской Германии прервало ее мирное развитие. Лучшие силы рентгенологии были отданы фронту. Родилась военно-полевая рентгенология как новая организационно-тактическая система. Рентгенологи достойно выполнили свой патриотический долг на фронте и в тылу.

Послевоенные годы ознаменовались быстрым развитием рентгеновской службы, созданием специализированных радиологических отделений, немалыми успехами в совершенствовании лучевых методов диагностики и лечения болезней. В 60-80-е годы эра традиционной рентгенодиагностики стала постепенно сменяться эрой комплексных лучевых технологий. В медицинскую практику начали внедрять новые методы лучевого исследования: ангиографию, радионуклидную и ультразвуковую диагностику, компьютерную рентгеновскую томографию. Наступил новый период в развитии отечественной медицинской радиологии, утверждающий ее роль одного из лидеров диагностической медицины. Открылись удивительные перспективы, о которых мы расскажем в последующих главах. А пока нам предстоит познакомиться с некоторыми сведениями о физических свойствах и биологическом действии излучений.

### **3. ИЗЛУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ, ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ**

*Современная рентгенорадиология служит связующим звеном между так называемыми точными естественными науками и медико-биологическими дисциплинами... Через рентгенорадиологические каналы в медицину проникают те замечательные новейшие достижения физики и техники, которыми вправе гордиться человеческий гений.*

С.А. Рейнберг

Богат арсенал современной медицинской радиологии. При посредстве разнообразных технических устройств радиолог имеет возможность использовать целый набор излучений различной природы и энергии. С их помощью удастся получить изображение любого органа и изучить его структуру (лучевую морфологию), можно наблюдать и регистрировать функцию любого органа в нормальных и патологических условиях (лучевая физиология и лучевая функциональная патология). Лучевые методы позволяют исследовать элементный состав органов и тканей и содержание в них биологически активных веществ, что следует назвать прижизненной лучевой биохимией. Многие излучения оказывают выраженное биологическое действие, что можно использовать в лечебных целях (лучевая терапия).

#### **3.1. Группировка излучений, применяемых в радиологии**

Все излучения, используемые в медицинской радиологии, делят на две большие группы: *неионизирующие* и *ионизирующие*. Как показывает само наименование, первые в отличие от вторых при взаимодействии со

средой не вызывают ионизации атомов, т.е. их распада на противоположно заряженные частицы — ионы.

К числу *неионизирующих излучений* принадлежат *тепловое (инфракрасное — ИК)* излучение и *резонансное*, возникающее в объекте (тело человека), помещенном в стабильное магнитное поле, под действием высокочастотных электромагнитных импульсов. Кроме того, к неионизирующим излучениям условно относят *ультразвуковые волны*, представляющие собой упругие колебания среды.

*Инфракрасное излучение* испускают все тела, температура которых выше абсолютного нуля. Интенсивным источником такого излучения являются ткани человеческого тела. Как известно, инфракрасные волны относятся к электромагнитным излучениям. По длине они занимают промежуточное положение между видимым светом и радиоволнами. Диапазон ИК-лучей — от 0,76 до 1000 мкм. Интенсивность ИК-излучения пропорциональна 4-й степени температуры тела, т.е. возрастание температуры тела в 2 раза приведет к увеличению интенсивности ИК-излучения в 16 раз. Максимальное излучение тела человека лежит в области длинноволнового ИК-излучения и составляет в среднем 9,6 мкм. Энергия ИК-лучей меньше, чем световых, поэтому они не действуют на фотоматериалы.

*Ультразвук* представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц упругой среды. В зависимости от частоты колебаний звуковые волны делят на инфразвук — до 20 колебаний в секунду — 20 герц (Гц), собственно звук — от 20 Гц до 20 килогерц (кГц) и ультразвук — свыше 20 кГц. В медицинской диагностике применяют ультразвук частотой от 0,8 до 15 млн герц (МГц).

Общим свойством ионизирующих излучений является их способность ионизировать атомы окружающей среды, в том числе атомы, входящие в состав тканей человека. Все эти излучения делят на две группы: *квантовые* (т.е. состоящие из фотонов) и *корпускулярные* (состоящие из частиц).

Это деление в значительной мере условно, так как любое излучение имеет двойственную природу и в определенных условиях проявляет то свойства волны, то свойства частицы. Однако в радиологической практике это деление по ряду соображений удобно.

К *квантовым ионизирующим излучениям* относят *тормозное* (в частности, рентгеновское) излучение и *гамма-излучение*. К *корпускулярным излучениям* причисляют пучки электронов, протонов, нейтронов, мезонов и других частиц.

Различают естественные и искусственные источники ионизирующих излучений. Первым естественным источником является космическое излучение, приходящее на Землю из Вселенной. В его состав входят протоны, нейтроны, атомные ядра и другие частицы. Они нередко обладают исключительно высокой энергией, но благодаря наличию атмосферы (кстати, ее

масса составляет около 5 000 000 млрд т) тратят эту энергию главным образом, а взаимодействие с атомами воздуха. На поверхности «» ««-сивность космического излучения сравнительно мала. Вторым естественным источником ионизирующих излучений являются радиоактивные элементы распределенные в земных породах, воздухе, воде, живых организмах в том числе в тканях человека. Все указанные источники определяют радиоактивность окружающей среды - *естественный (природный) радиационный фон*.

Искусственными источниками ионизирующего излучения являются различные технические устройства, созданные человеком.

### **3.2. Источники ионизирующих излучений, применяемых в радиологии**

Источниками ионизирующих излучений, используемых для медицинских целей, являются рентгеновские трубки, радиоактивные нуклиды и ускорители заряженных частиц.

*Рентгеновская трубка* представляет собой вакуумный стеклянный сосуд, в концы которого впаяны два электрода — катод и анод. Последний выполнен в виде тонкой вольфрамовой спирали, вокруг которой при ее нагревании образуется облако свободных электронов (термоэлектронная эмиссия). Под действием высокого напряжения, приложенного к полюсам рентгеновской трубки, они разгоняются и фокусируются на аноде. Последний вращается с огромной скоростью — до 10 тыс. оборотов в 1 мин, чтобы поток электронов не попадал в одну точку и не вызвал расплавления анода из-за его перегрева. В результате торможения электронов на аноде часть их кинетической энергии превращается в электромагнитное излучение.

Исторически сложилось так, что это излучение было впервые обнаружено Рентгеном и получило название «рентгеновское». Таким образом, рентгеновское излучение — это разновидность тормозного излучения.

Другим источником ионизирующих излучений, используемых для медицинских целей, являются *радиоактивные нуклиды*. Их получают в атомных реакторах, на ускорителях заряженных частиц или с помощью генераторов радионуклидов.

*Ускорители заряженных частиц* — это установки для получения заряженных частиц высоких энергий с помощью электрического поля. Частицы движутся в вакуумной камере. Управление их движением осуществляется магнитным или, реже, электрическим полем. В зависимости от траекторий движения частиц различают циклические и линейные ускорители, а по характеру ускоряемых частиц — ускорители электронов (бетатрон, микротрон, линейный ускоритель электронов) и тяжелых частиц — протонов и др. (циклотрон, синхрофазотрон) Ускорители являются источником не только заряженных частиц но и вторичных частиц - нейтронов, мезонов, а также тормозного электромагнитного излучения. Быстрые нейтроны генерируют на циклотроне.

В лучевой терапии ускорители заряженных частиц используют как источники электромагнитного излучения высоких энергий, реже — электронов и исключительно редко — протонов и нейтронов. В радионуклидной диагностике ускорители применяют для получения радионуклидов преимущественно с коротким и ультракоротким периодом полураспада.

### 3.3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом

Проходя через любую среду, в том числе через ткани организма человека, все ионизирующие излучения действуют в принципе одинаково — передают свою энергию атомам этих тканей, вызывая их возбуждение и ионизацию. Распределение возникающих ионов по пути следования частиц или фотонов различно, так как оно зависит от их природы и энергии.

Протоны и особенно  $\alpha$ -частицы имеют большую массу, заряд и энергию, поэтому они движутся в тканях прямолинейно, образуя густые скопления ионов, т.е. отмечается большая линейная потеря энергии этих частиц в тканях. Длина же их пробега зависит от исходной энергии частицы и характера вещества, в котором она перемещается. *Линейная потеря энергии (ЛПЭ) =  $E/P$ , где  $E$  — энергия частицы;  $P$  — пробег ее в данной среде.*

Путь электрона в ткани извилист, так как последний имеет небольшую массу и изменяет направление движения под действием электрических полей атомов. Однако электрон способен вырвать орбитальный электрон из системы встречного атома, т.е. производить ионизацию вещества. Только образующиеся пары ионов распределены по пути следования электрона гораздо менее густо, чем при движении протонного пучка или  $\alpha$ -частиц.

Быстрые нейтроны теряют энергию главным образом в результате столкновений с ядрами водорода. Эти ядра вырываются из атомов и сами создают в тканях густые скопления ионов. После замедления движения нейтроны захватываются атомными ядрами, что может сопровождаться выделением гамма-квантов или протонов высокой энергии, которые в свою очередь образуют плотные скопления ионов. Часть ядер, в частности ядра атомов натрия, фосфора и хлора, вследствие взаимодействия с нейтронами становятся радиоактивными, поэтому после облучения человека потоком нейтронов в его теле остаются радионуклиды, являющиеся источником излучения (так называемая наведенная радиоактивность).

Таким образом, в результате взаимодействия заряженных и нейтральных частиц с атомами тканей организма человека происходит ионизация их вещества. При этом для каждого вида излучения характерно определенное микрораспределение ионов (энергии) в тканях.

Поток фотонов уменьшается в любой среде, в том числе в биосубстрате, за счет двух факторов: рассеяния фотонов в пространстве и их взаимодействия с атомами среды. Пространственное рассеивание происходит так же, как ослабление лучей видимого света: чем дальше от источника, тем в большем объеме рассеиваются фотоны и тем меньшее количество их при-

холится на единицу облучаемой поверхности. Интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника излучения (закон «обратных квадратов»).

Типы взаимодействия фотонов с атомами среды известны читателю из курса физики. При низких энергиях фотонов (5-50 кэВ) и для веществ с небольшим порядковым номером имеет значение фотоэффект. Фотон вырывает орбитальный электрон из атома и придает ему определенную энергию. Выбитый электрон вызывает ионизацию окружающих атомов. При более высоких энергиях фотонов преобладающее значение получает второй тип взаимодействия — неупругое рассеяние электронов на атомах. В этом случае как сам фотон, так и образуемые им электроны отдачи также вызывают ионизацию вещества. Однако и при фотоэффекте, и при комптоновском неупругом рассеянии все фотоны с энергией до 1 МэВ обуславливают максимум поглощения энергии в самом поверхностном слое тканей (до 0,5 см), так как именно в этом слое образуется наибольшее количество вторичных электронов.

Фотоны с энергией выше 1 МэВ вызывают максимум актов ионизации в глубине тканей — тем глубже, чем больше их энергия. При высоких энергиях фотонов приобретает значение третий тип взаимодействия — образование электронно-позитронных пар. Сам фотон исчезает, давая жизнь паре элементарных частиц — электрону и позитрону. Последний быстро теряет энергию и объединяется с встречным электроном. При этом обе частицы тоже исчезают (так называемая аннигиляция), а взамен возникают два фотона, которые расходятся в противоположные стороны. Энергия каждого из этих фотонов вдвое меньше энергии исходного фотона.

Таким образом, при основных типах взаимодействия тормозного излучения и  $\gamma$ -излучения с веществом часть их энергии превращается в кинетическую энергию электронов, которые осуществляют ионизацию среды. Процесс ионизации обуславливает биологические эффекты излучений.

*Дозиметрия ионизирующих излучений* — специальный раздел радиационной физики и техники. Дозиметрический анализ предполагает: а) измерение активности источника излучения; б) определение качества и количества испускаемых им излучений, т.е. создаваемого им поля излучения (лучевого поля); в) определение величины и распределения энергии, поглощенной в любом объекте, находящемся в сфере действия данного источника (внесенном в лучевое поле). С характеристикой источника радиолог знакомится по паспорту установки или радиоактивного препарата.

*Единицей активности радионуклида в системе единиц СИ является беккерель (Бк): 1 Бк равен 1 ядерному превращению за 1 с. На практике еще используют внесистемную единицу кюри (Ки): 1 Ки=3,7·10<sup>10</sup> ядерных превращений за 1 с, кратную единицу мекюри (МКи): 1 МКи = 1/10<sup>6</sup> Ки, и дальние 1, Тi4~ <sup>миллион</sup> Р<sup>и</sup> ( <sup>Ки</sup> У- 1МКWi. 10~> Ки; микрокюри (мкКи): 1 мкКи = <sup>Ки</sup> <sup>миллион</sup> Р<sup>и</sup> № / · / нКи = 1.10~» Ки = 37 ядерных превращений за 1 с. Нетрудно подсчитать, что 1 Бк равен 0,027 нКи.*

Характеристику поля излучения получают расчетным путем (по таблицам) или с помощью измерительных приборов. Их приемной частью - де-

текторами — служат ионизационные камеры, газоразрядные и сцинтилляционные счетчики, полупроводниковые кристаллы или химические системы. Однако решающее значение для оценки возможного биологического действия излучения имеет характеристика его поглощения в тканях. *Величина энергии, поглощенной в единице массы облучаемого вещества, называется дозой, а та же величина, отнесенная к единице времени, — мощностью дозы излучения.*

Поглощенная доза (Д) — основная дозиметрическая единица. Она равна отношению средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме. Единицей поглощенной дозы в СИ является грей (Гр):  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Поглощенную дозу определяют расчетным путем (используя для этой цели компьютеры и математические программы) или посредством введения миниатюрных датчиков излучения в облучаемые ткани и полости тела.

При рентгенологической и радионуклидной диагностике, а также при терапевтическом облучении больного поглощенная энергия в его теле всегда распределена неравномерно, поэтому для более точной характеристики дозного поля введены дополнительные величины. Это, во-первых, интегральная доза — общее количество энергии, поглощенной в организме человека; во-вторых, — гонадная, костномозговая дозы и доза в «критическом органе». Как показывают эти термины, речь идет о дозах энергии, поглощенной в половых органах, костном мозге и в органе, который подвергается наиболее сильному облучению (при радионуклидной диагностике — это орган, в котором создается наиболее высокая концентрация радионуклида).

— Никак не могу найти себе помощника, — пожаловался однажды Эдисон Эйнштейну. — Каждый день заходят молодые люди, но ни один не подходит.

— А как Вы определяете их пригодность? — поинтересовался Эйнштейн.

Эдисон показал ему листок с вопросами:

— Кто на них ответит, тот и станет моим помощником.

«Сколько миль от Нью-Йорка до Чикаго?» — прочел Эйнштейн и ответил: «Нужно заглянуть в железнодорожный справочник». — Из чего делают нержавеющую сталь?» — «Об этом можно узнать в справочнике по металлургии...». Пробежав глазами остальные вопросы, Эйнштейн сказал:

— Не дожидаясь отказа, свою кандидатуру снимаю сам.

(ФИЗИКИ ШУТИТ. — М.: Мир, 1966)

«Сказка — ложь, но в ней намек. ». Читатель, надеюсь, сам поймет и не будет увлекаться зазубриванием ряда справочных материалов, приведенных в учебнике.



### 3.4. Биологическое действие излучений

Все излучения, как неионизирующие, так и ионизирующие, способны вызывать изменения в живых организмах, т.е. характеризуются биологическим действием, которое является результатом поглощения энергии излучения элементами биоструктур.

Однако энергия ультразвуковых волн и высокочастотных электромагнитных колебаний, используемых в диагностике, значительно ниже энергии, которая сопровождается механической и химической реакцией тканей. В настоящее время продолжается изучение биологического действия ультразвука, стабильного магнитного поля и высокочастотных радиоволн, но существенных вредных последствий от ультразвуковых и магнитно-резонансных исследований не зарегистрировано.

Совсем иное дело — ионизирующие излучения. Их биологическое действие стало известно вскоре после открытия рентгеновского излучения. В частности, И.Р. Тарханов в 1896 г. на основании результатов экспериментов на лягушках, домашних мухах и бабочках установил влияние рентгеновского облучения на ряд систем организма и прозорливо предсказал, что «...в недалеком будущем лучами этими будут пользоваться с лечебной целью». Родоначальником радиационной биологии считают Е.С. Лондона. Он изучил действие  $\gamma$ -излучения радия на ферменты, токсины и различные ткани животных объектов и показал высокую чувствительность к облучению кроветворной системы и половых желез. Е.С. Лондону принадлежит первая в мире монография по радиобиологии «Радий в биологии и медицине» (1911). В 1925 г. Г.С. Филиппов и Г.А. Надсон впервые в мире установили влияние излучений на наследственность. Эта работа явилась предтечей радиационной генетики.

Первый этап биологического действия ионизирующих излучений представляет собой физический процесс взаимодействия излучения с веществом. Все излучения непосредственно или опосредованно вызывают возбуждение либо ионизацию атомов биосистем. В результате этого в тканях появляются возбужденные и ионизированные атомы и молекулы, обладающие высокой химической активностью. Они вступают во взаимодействие друг с другом и с окружающими атомами, при этом под влиянием облучения возникает большое количество высокоактивных свободных радикалов и перекисей. Поглощение энергии излучения и первичные радиационно-химические реакции совершаются практически мгновенно — и течение миллионных долей секунды.

Затем за тысячные доли секунды радиационно-химический процесс приводит к изменению расположения и структуры молекул и, следовательно, к нарушению биохимии клеток. Морфологические и функциональные изменения клеток проявляются уже в первые минуты и часы после облучения. Последнее воздействует на все компоненты клеток, но в первую очередь, особенно при сублетальных и летальных дозах излучения, поражаются ядерные структуры — ДНК, дезоксирибонуклеопротеиды и ДНК-мембранные комплексы. Прекращаются рост и деление клетки, в ней обнаруживаются дистрофические изменения вплоть до гибели клетки. Изменения в хромосомном аппарате клетки отражаются на ее наследственных свойствах — приводят к радиационным мутациям. Они могут развиваться в соматических

клетках, обуславливая снижение жизнеспособности их потомства или появление клеток с новыми качествами. Полагают, что эти новые популяции клеток могут быть источником рака и лейкоза. Мутации, развившиеся в половых клетках, не отражаются на состоянии облученного организма, но могут проявиться в следующих поколениях, а это может вести к увеличению числа наследственных болезней, которых и без того много в человеческой популяции.

Разумеется, биологические последствия облучения отнюдь не сводятся только к клеточным и тканевым реакциям — они лишь лежат в основе сложных процессов нарушения деятельности нервной, кроветворной, эндокринной, иммунной и других систем организма.

Биологический эффект в первую очередь определяется величиной поглощенной дозы и распределением ее в теле человека. При равной дозе наиболее значительные последствия наблюдаются при облучении всего тела, менее выражена реакция в случае облучения его отдельных частей. При этом не все равно, какие части облучены. Облучение живота, например, дает гораздо более выраженный эффект, чем воздействие в той же дозе на конечности. Вместе с тем биологический эффект зависит от радиочувствительности облученных тканей и органов.

*Радиочувствительность* — очень важное понятие в медицинской радиологии. Она определяется выраженностью лучевого повреждения клеток и тканей и способностью их к восстановлению после облучения.

Чувствительность клетки к облучению зависит от многих факторов: вида излучения (энергии квантов или частиц), стадии митотического цикла, степени оксигенации, функционального состояния клетки в момент облучения. Особенно значительно поражаются клетки, которые в этот момент находились в состоянии повышенной активности (например, в периоде синтеза ДНК). Большую роль играют внешние условия: температура, содержание воды, кислорода и т.д.

Степень лучевых реакций тесно связана с парциальным напряжением кислорода в биосубстрате. Это явление получило название «кислородный эффект». Чем меньше кислорода в клетке, тем меньше лучевое повреждение.

Лучевые повреждения ярко проявляются в активно пролиферирующих тканях (лимфоидная, кроветворная и т.д.) и гораздо менее выражены и возникают в более отдаленные сроки в мало обновляющихся тканях (костная, хрящевая, мышечная, жировая). Малодифференцированные клетки более чувствительны к облучению. Рассматривая вопрос о тканевой радиочувствительности, нужно учитывать, что гибель части клеток компенсируется деятельностью систем клеточного обновления, а она зависит от общего числа стволовых клеток, интенсивности клеточной пролиферации, состояния кровотока и оксигенации клеток. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен в главах, посвященных лучевой терапии опухолей.

Мы лишь вкратце описали биологическое действие ионизирующих излучений. Подробнее с этой проблемой читатель может познакомиться в руко-

волстве С П Ярмоненко «Радиобиология человека и животных» (М.: Высш<sup>^</sup> школа, 1985) На данном этапе для нас важно подчеркнуть следующее.

При любом медицинском применении ионизирующих излучений необходимо соблюдать правила радиационной безопасности и противо-лучевой защиты пациентов и персонала лучевых отделении.



### 3.5. Осторожно, радиация!

В связи с появлением ядерных технологий и широким использованием ионизирующих излучений в медицинской практике, народном хозяйстве и научных исследованиях увеличилась вероятность облучения человека в дозе, превышающей естественный радиационный фон. При этом наибольшее значение имеет медицинское облучение: оно обуславливает примерно 90 % лучевой нагрузки на население, т.е. 90 % популяционной дозы. Основной вклад в эту нагрузку вносит рентгенология.

Техника безопасности и охрана труда при работе с ионизирующими излучениями регламентированы Федеральным законом *«О радиационной безопасности населения»*, *«Нормами радиационной безопасности (НРБ-96)»* и рядом официальных инструкций, изданных Министерством здравоохранения РФ.

В упомянутом законе указано: «Радиационная безопасность населения — состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения». «Нормы радиационной безопасности (НРБ-96)» предусматривают обеспечение безопасности человека при всех уровнях воздействия на него искусственного или природного ионизирующего излучения. Контроль за выполнением инструкций осуществляют органы санитарно-эпидемиологического надзора. Однако многие положения должны быть известны каждому врачу, поскольку он устанавливает показания к радиологическим исследованиям, а нередко и участвует в них.

*Первое обязательное требование заключается в том, что всякое лучевое исследование должно быть оправданно, т.е. проводить его следует по строгим показаниям.* Главным аргументом должна стать необходимость получения важной диагностической информации. При равной информативности нужно отдавать предпочтение тем исследованиям, которые не связаны с облучением больного или сопровождаются меньшим облучением.

С особой осторожностью подходят к проверочным (профилактическим) лучевым исследованиям. Проверочные рентгенологические исследования не проводят беременным и детям до 14 лет, а радионуклидные процедуры — детям до 16 лет, беременным и кормящим матерям. Детям до 1 года радионуклидные исследования вообще не выполняют, если нет жизненных показаний. Радионуклидные, а также рентгенологические исследования, связанные с относительно большим облучением гонад (исследования кишечника, почек, поясничного отдела позвоночника, таза и др.), женщинам в детородном возрасте рекомендуется проводить в течение первой недели после менструации.

*Второе обязательное требование — соблюдение правил радиологического обследования больных.* Его должны проводить только лица, имеющие специальную подготовку по радиационной безопасности. Терапевты, пульмонологи, кардиологи, хирурги, урологи и врачи других специальностей, не прошедшие такую подготовку, не имеют права самостоятельно выполнять радиологические процедуры. Ответственность за обоснованность, планирование и проведение исследования несет врач-радиолог.

Все работники радиологических отделений, лица, находящиеся в смежных помещениях, а также больные, подвергающиеся исследованию или лечению, должны быть защищены от действия ионизирующих излучений.

*Защитой называют совокупность устройств и мероприятий, предназначенных для снижения физической дозы излучения, воздействующей на человека, ниже предельно допустимой дозы (ПДД).*

Установлены следующие категории облучаемых лиц: 1) персонал, т.е. лица непосредственно работающие с техногенными источниками (группа А) или в связи с условиями работы находящиеся в сфере их воздействия (группа Б); 2) все остальное население (группа В)<sup>1</sup>. Для категорий А и Б установлены основные дозовые пределы (табл. 1.1).

Приведенные в табл. 1.1 дозы указаны в *зивертах*. Эта единица была введена для того, чтобы оценивать радиационную опасность воздействия любого вида ионизирующего излучения.

*Зиверт (Зв) — доза ионизирующего излучения любого вида, производящая такое же биологическое действие, как и доза рентгеновского или  $\gamma$ -излучения в 1 Грей (Гр).*

<sup>1</sup> К данной категории относят также медицинский персонал, в связи с условиями работы периодически находящийся в сфере воздействия ионизирующего излучения, например эндоскописты, травматологи и другие специалисты, производящие манипуляции под рентгенологическим контролем.— *Прим. ред.*

**Таблица 1.1. Основные дозовые пределы излучения**

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	группа А'	группа Б
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике, коже*, кистях и стопах, мЗв	150 500 500	15 50 50

\*Дозы облучения (как и все остальные допустимые производные уровни для персонала группы Б) не должны превышать 1/4 значений для персонала группы А.  
 \*Относится к среднему значению в слое толщиной 5 мг/см<sup>2</sup> под покровным слоем толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя 40 мг/см<sup>2</sup>.

Противолучевая защита обеспечивается рядом факторов. К ним относятся правильное размещение радиологических кабинетов в медицинских учреждениях и наличие стационарных и нестационарных защитных устройств. Стационарными устройствами являются неподвижные сооружения, изготовленные из соответствующих материалов (кирпич, баритобетон, свинец, свинцовое стекло и др.). Эти сооружения — стены, перекрытия, защитные двери, смотровые окна — обеспечивают защиту от прямого и рассеянного излучения всех лиц, находящихся в помещениях, смежных с тем, в котором находится источник излучения. Нестационарными устройствами называют перемещаемые приспособления, предназначенные для защиты персонала и больных, находящихся в тех же кабинетах, в которых расположены источники излучения. К таковым принадлежат разнообразные защитные ширмы, кожухи, в которые заключены рентгеновские трубки, сейфы для хранения радиоактивных препаратов, контейнеры для размещения и транспортировки радионуклидов, защитные стерилизаторы.

В рентгеновских кабинетах обязательным является использование *средств индивидуальной защиты* — фартуков и перчаток из просвинцованной резины. Участки тела больного, которые не должны подвергаться облучению, также покрывают просвинцованной резиной. В радионуклидных лабораториях все сотрудники тоже обязаны применять средства индивидуальной защиты — спецодежду, фартуки, бахилы, перчатки, а также использовать дистанционный инструментарий. При работе с открытыми источниками излучения используют пневмокостюмы, пластиковые полубомбинезоны, фартуки, нарукавники, респираторы, перчатки, обувь, очки, халаты.

Существенным фактором противолучевой защиты является рациональное расположение рабочих мест персонала с максимальным удалением их от источников излучения — так называемая защита расстоянием (вспомните, что интенсивность облучения снижается обратно пропорционально квадрату расстояния от источника до облучаемой поверхности).

Во всех медицинских учреждениях, где имеются источники ионизирующих излучений, организован радиационный контроль. Его осуществляет служба радиационной безопасности учреждения или специально выделенное должностное лицо, а также соответствующие ведомственные службы с применением дозиметрических приборов.

Учитывая существование профессиональной вредности у персонала рентгенологических кабинетов, трудовое законодательство предусматривает ряд льгот: сокращенный рабочий день, удлиненный отпуск, надбавку к заработной плате, более ранний уход на пенсию. К работе в рентгенологическом отделении не допускаются лица моложе 18 лет, а также беременные. Существует, кроме того, перечень заболеваний, при которых не разрешается работа в сфере действия ионизирующего излучения.

## 4. ЭЛЕМЕНТЫ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

Революция в вычислительной технике оказала огромное влияние на все сферы человеческой деятельности — общественной и профессиональной. Благодаря низкой стоимости, компактности и «дружелюбию» по отношению к потребителю эта техника стала центром рабочего места инженера и техника, физика и математика, бухгалтера, экономиста и многих других специалистов. С помощью ЭВМ осуществляют руководство хозяйством страны, составляют планы развития отраслей экономики. На базе ЭВМ основаны полеты в космос, авиационная навигация, планирование работы наземного и водного транспорта.

В последние годы ЭВМ широко внедряют в гуманитарные области знаний: медицину и биологию, генетику, психологию, науковедение. Применение компьютеров в корне изменило обмен информацией — сделало его быстрым, точным и поистине всеобъемлющим. Исключительно важную роль играет вычислительная техника в медицине и здравоохранении. Возникло новое научное направление — *медицинская информатика*.

Медицинская информатика — это наука, изучающая законы и методы применения вычислительной техники в медицине, а также теорию оценки информативности диагностических методов исследования.

Особое влияние оказала медицинская информатика на развитие медицинской радиологии. За одно-два десятилетия ее активного использования, в частности применения вычислительной техники, возникли принципиально новые методы исследования, изменившие медицинскую науку и врачебную деятельность. На ее базе были созданы такие прогрессивные диагностические технологии, как *компьютерная, магнитно-резонансная и эмиссионная томография, практически вся ультразвуковая и радионуклидная диагностика, высокотехнологические способы получения рентгеновских изображений — цифровая рентгенография, флюорография, ангиография*. С помощью ЭВМ осуществляют планирование лучевой терапии и облучение пациента. Компьютеры значительно изменили образовательный процесс, обусловив доступность, открытость и оперативность получения учебного материала.



В медицинских институтах и университетах основы вычислительной техники изучают на специальном курсе, который включают в блок фундаментально-гуманитарных дисциплин. Здесь же мы остановимся лишь на тех аспектах медицинской информатики, которые затрагивают интересы медицинской радиологии и рентгенологии.

Основными областями применения компьютеров в медицинской радиологии являются следующие.

1. *Получение изображения внутренних органов* с помощью специальных методов исследования, основанных на компьютерной технологии. К ним относятся дигитальные рентгеновские методы — цифровая рентгенография, флюорография, ангиография, радионуклидная сцинтиграфия, ультразвуковая визуализация органов — сонография и доплеровское картирование, послойное исследование органов — томография: рентгеновская, магнитно-резонансная, радионуклидная.

2 *«Дигитализация»*, т.е. оцифровка уже существующих медицинских изображений, например рентгенограмм, с целью получения более качественной диагностической информации.

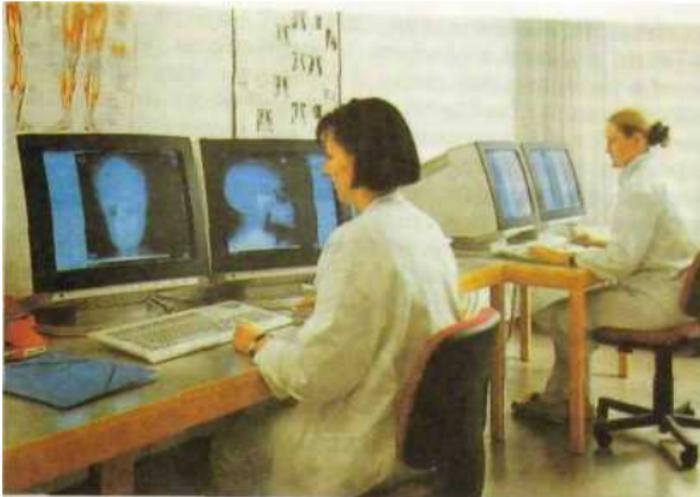


Рис. 1.4. Автоматизированное рабочее место врача.

3. Автоматизация сбора, хранения и анализа данных, благодаря чему эти процедуры стали более точными, надежными и высокопроизводительными.

4. Создание компьютерных информационных баз данных с их неограниченной емкостью памяти, быстрым и рациональным доступом к хранящейся в них информации.

5. Создание на базе персонального компьютера индивидуального автоматизированного рабочего места (АРМ) врача, что в значительной степени повышает эффективность его работы (рис. 1.4).

6. Создание автоматизированной системы управления отделениями лучевой диагностики, благодаря которой значительно увеличивается производительность лечебного учреждения в целом.

7. Создание полностью (или в значительной части) компьютеризованных отделений лучевой диагностики, связанных с внутрибольничной компьютерной сетью.

8. Использование компьютеров в обучении и тестировании знаний.

9. Применение компьютера как терминала для выхода в локальные, национальные и международные компьютерные сети (Интернет) для обеспечения оперативного доступа к мировым информационным ресурсам в области медицинской радиологии и общечеловеческих знаний в целом.

#### 4.1. Как устроен компьютер

При рассмотрении данного раздела учебника следует учитывать два важных обстоятельства, накладывающих отпечаток на все его последующее содержание.

Первое. Прогресс в компьютерных технологиях необычайно стремителен. Производительность компьютеров возрастает в среднем на 10 % ежемесячно<sup>^</sup>). При этом стоимость их снижается ежегодно на 25—30 %(!). Пол-

ное обновление технологической базы компьютера происходит каждые 18 мес(!) Таким образом, сказанное о компьютерах сегодня уже через короткое время в значительной степени устареет, становясь через 2-3 года вообще анахронизмом. Такова плата человечества за амортизацию компьютерных знаний. Еще в далеком 1982 г. американские ученые Х. Лунг и А. Гупта привели следующее яркое сравнение для иллюстрации прогресса в компьютерных технологиях: «Если бы за последние 25 лет авиационная промышленность развивалась столь же стремительно, как и вычислительная техника, то Боинг-767 можно было бы приобрести за 500 долларов и облететь на нем земной шар за 20 минут, израсходовав при этом всего 19 литров горючего». Естественно полагать, что в наше время этот прогресс еще более стремителен.

Второе. Любой компьютер, где бы он ни был изготовлен, является сто-процентным американским продуктом, и как таковой он несет в себе идеологию, культуру и язык этой страны. За всю историю развития компьютерных технологий никто, ни Европа, включая Россию, ни Азия, включая Японию, не внесли в нее ничего существенного. Как ни печален этот факт, но он таков, и его нельзя не учитывать. Конечно, компьютеры, в том числе медицинского назначения, собирают во многих странах, в частности в России. Однако это в основном «отверточная технология», хотя и достаточно качественная. Важно другое: все программное обеспечение компьютеров, с помощью которого человек общается с ними, в большинстве случаев выполняется на английском языке (точнее — американском, а это не одно и то же).

Правда, существует достаточно число удачных русифицированных программных приложений, но они относятся главным образом к программам общего назначения, например текстовому редактору или элементарным графическим пакетам. Что же касается узкоспециализированных медицинских программ, особенно управляющих высокими медицинскими технологиями, то они русских вариантов, как правило, не имеют. В полной степени это относится и к медицинской радиологии. Из этого факта вытекает важное следствие: *врач, если он хочет быть грамотным специалистом в области медицинской информатики, обязан знать основы английского языка*. Без этого трудно полноценно использовать Интернет, предоставляющий врачу огромный массив информации. Однако успокоим читателя: отечественные программисты в настоящее время все чаще обращают свои взоры к медицине, вследствие чего рождаются отдельные достаточно привлекательные медицинские программные продукты. Из изложенного следует еще один важный вывод: компьютерный лексикон чрезвычайно насыщен английскими терминами, которые на русский язык обычно не переводятся и употребляются в исходной транскрипции.

При рассмотрении компьютерной технологии нужно выделить две составляющие ее части: *аппаратную* и *программную*. Первая (англ. *hardware* — «твердое изделие», иногда на компьютерном сленге ее называют просто «железо») содержит сведения об устройстве компьютера его структуре и характеристике отдельных составляющих его частей. Вторая часть — программная (англ. *software* — «мягкое изделие», или сокращенно «софт»), ее содержанием являются программы общего и специального назначения.

Существует большое число видов компьютеров, различающихся сложностью устройства, функциональными возможностями и областью применения. По производительности и габаритам компьютеры условно можно разделить на *»КР»-ЭВМ, мини-ЭВМ (мейнфрейм), супермини-ЭВМ, большие ЭВМ и супер-ЭОМ*. Однако нужно отметить, что стоимость и производительность вычислительных машин всех перечисленных классов варьируют в широких пределах, а нередко по ряду показателей пересекаются между собою. Наибольшее значение для медицинской радиологии, как и для медицины в целом, имеют микро-ЭВМ. Их в свою очередь подразделяют на *многопользовательские микро-ЭВМ, автоматизированные рабочие места, встроенные ЭВМ и персональные ЭВМ (персональный компьютер, или ПК)*.

У микро-ЭВМ в лучевой диагностике два назначения. *Встроенные в диагностические аппараты микро-ЭВМ (специализированные ЭВМ)* позволяют выполнять компьютеризованный сбор, хранение и обработку диагностической информации. В частности, такими машинами оснащены специальные аппараты для послойного исследования органов человека, рентгеновские и магнитно-резонансные компьютерные томографы, радионуклидные, ультразвуковые, а также некоторые другие диагностические аппараты. Архитектура этих ЭВМ строго определена заводом — изготовителем диагностического аппарата, их программы имеют узкоспециализированную направленность, и большинство из них прочно «зашиито» в память компьютера. Универсальные микро-ЭВМ предназначены для решения общих, текущих задач службы лучевой диагностики и лучевой терапии.

Большое распространение в медицинской радиологии (и не только в ней, но и во всей современной человеческой информационной культуре) получил *персональный компьютер — ПК*<sup>1</sup> (рис. 1.5). Его достоинствами являются децентрализация работы с вычислительной техникой, возможность решения широкого круга информационных, логических, научных и самых разнообразных прикладных задач, простота конструкции и низкая стоимость, возможность работы с обширным периферийным оборудованием.

В противоположность встроенным микро-ЭВМ персональные компьютеры имеют, во-первых, открытую архитектуру, т.е. их можно модифицировать, подбирать на свой вкус в зависимости от решаемых задач; во-вторых, модульный характер, т.е. состоят из отдельных блоков — модулей, которые можно менять и надстраивать («производить апгрейд» — от англ. upgrade — подъем).

Программы для этих компьютеров преимущественно универсальные, т.е. предназначены для решения широкого круга задач, как медицинских, так и немедицинских. Таким образом, обращаясь к ПК, пользователь вправе избрать оптимальный вариант, исходя из стоящих перед ним задач и, естественно, стоимости вычислительной машины.

Среди персональных компьютеров выделяют *серверы, рабочие (графические) станции, настольные и портативные модели* — так называемые *ноутбуки* (от англ. notebook — записная книжка; рис. 1.6). *Сервер* — это компьютер, встроенный в компьютерную сеть и управляющий ее ресурсами, при этом он предоставляет свои вычислительные ресурсы в коллективное поль-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Борзенко А. IBM PC: устройство, ремонт, модернизация. М: Компьютер-пресс, 1997.



Рис. 1.5. Персональный компьютер.



Рис. 1.6. Портативный компьютер.

зование. *Рабочая станция* — компьютер, играющий роль терминала в компьютерной сети. *Графические станции* представляют собой разновидность рабочих станций. Это, как правило, высокопроизводительные компьютеры с мощными вычислительными ресурсами и большим набором сервисных программ, которые позволяют эффективно работать с графикой, в том числе с медицинскими изображениями.

*Настольные модели* в свою очередь можно разделить на машины для корпоративных пользователей (например, одного отделения больницы) и однопользовательские компьютеры для дома и рабочего места врача. Последние иногда метко называют *SOHO-компьютер* (Small Office, Home Office — маленький офис, домашний офис). Небезынтересно отметить, что интенсивная миниатюризация компьютерной техники позволила создать сверхпортативные персональные модели (карманные компьютеры): *palm-top* (от англ. palm — ладонь) и *Wallet PC* (от англ. wallet — бумажник). Последний, по мнению его создателей, должен заменить калькулятор, кредитную карту, пейджер и карманный компьютер с модемом.

Персональный компьютер может обеспечить выполнение многих функций в работе врача. Главными из них являются следующие.

1 • *ПК — универсальная база данных*. В процессе своей деятельности врач получает огромное количество информации. В настоящее время медицине известно около 10 тыс. болезней и около 100 тыс. симптомов. Еще есть справочники лекарств, радиофармпрепаратов, большое количество инструкций, приказов и т.д. Держать эту информацию в голове невозможно, пользоваться многочисленными справочниками — трудно и долго. Эту рутинную работу по поиску нужной информации может взять на себя ПК.

Другими вариантами специализированных баз данных являются: 1) «*записная книжка*», в которую удобно вносить и из которой при необходимости можно получить нужные адреса и телефоны, расписание текущих дел, списки больных, которым нужно провести исследование, и др.; 2) «*рабочая тетрадь*» с конспектами прочитанных книг и лекций, черновиками или окончательными вариантами писем, отчетов, статей и др.; 3) « *лабора-*

*торный журнал*, в который удобно заносить текущие материалы научных исследований, списки обследованных больных, полученные данные и т.д.

2. *ПК - текстовый процессор*, позволяющий редактировать тексты готовить различные документы: статьи, справки, отчеты и др.

3. *ПК - средство для выполнения различных графических работ*, в том числе для обработки диагностических изображений (рентгеновских ультразвуковых, радионуклидных и др.), а также для решения задач по их архивированию, транспортировке на другие компьютеры и изготовления их твердых копий (обычно на бумаге).

4. *ПК — средство для решения научно-исследовательских задач*: анализа данных, в том числе диагностических изображений, статистической обработки результатов, построения графических изображений и др.

5. *ПК — средство для решения издательских задач*: подготовки, редактирования, макетирования и даже окончательного тиражирования научных публикаций, отчетов, методических рекомендаций, брошюр и даже книг.

6- *ПК — помощник руководителя*. Он позволяет проанализировать большие массивы информации, определить направление развития и возникающие трудности, подготовиться к совещаниям, конференциям, включая производство иллюстративного материала для лекций, докладов и презентаций — слайдов, графиков, рисунков, «проиграть» различные ситуации и варианты. В последние годы появились специальные проекционные системы — микропроцессорные проекторы, позволяющие иллюстрировать доклады перед аудиторией непосредственно из памяти компьютера (без изготовления слайдов), включая анимацию (с показом движущихся изображений — своеобразного «компьютерного кинофильма»).

7. *ПК — обучающее средство*. Он позволяет лучше представить суть изучаемого явления, создать «среду обитания» изучаемого процесса. В настоящее время существует большое количество электронных версий учебников, в том числе по медицинской радиологии, которые рассчитаны на интерактивное обучение с применением ПК. Через Интернет широко распространяются различные учебные материалы, в частности касающиеся медицинской радиологии.

8. *ПК — средство общения врачей между собою*. Подключаясь к общегородской, общегородской, национальной или международной (глобальной) компьютерной сети, ПК помогает врачу оперативно получать от своих коллег точную информацию по всем интересующим его вопросам, связаны ли они с лечебным процессом, научными исследованиями или организационными мероприятиями, через Интернет принимать активное и непосредственное участие в телеконференциях по различным интересующим его проблемам. Имея «электронный почтовый ящик», врач может оперативно получать всю направляемую ему корреспонденцию, как официальную, так и частного порядка, как текстовую, так и изобразительного характера, и одновременно отправлять корреспонденцию в любую точку планеты, где есть телефон и соответствующим образом оборудованный ПК.

9. *ПК - средство для выхода в Интернет* - всемирную компьютерную сеть (Всемирную Паутину). При этом врачу становятся доступны все мировые информационные ресурсы: культурные, профессиональные, научные, просветительские и др.

В зависимости от производительности и цены ПК различают компьютеры начального уровня (low end) и высокопроизводительные модели (High

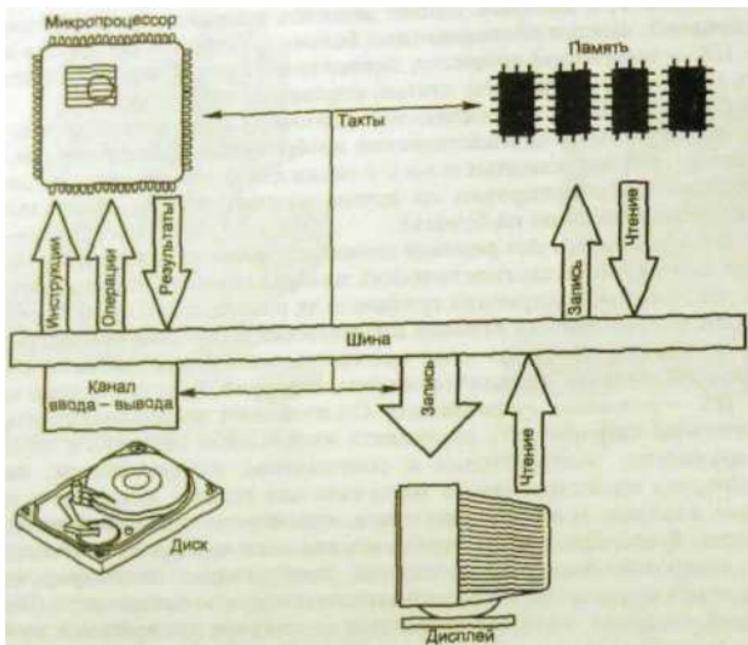


Рис. 1.7. Принципиальная схема устройства компьютера.

end). Все компьютеры, независимо от их назначения и типа, имеют одинаковую архитектуру и включают в себя *микропроцессор, память, шину, каналы ввода-вывода информации, диск и дисплей*. Эти элементы являются обязательными, так как в случае отсутствия хотя бы одного из них компьютер перестает быть самим собою. В компьютере обычно имеются клавиатура, «мышь» и другие вспомогательные аксессуары, которые можно менять или дополнять в зависимости от назначения и области применения компьютера.

Схема действия компьютера представлена на рис. 1.7. *Микропроцессор* получает из памяти информацию в виде инструкций, которые предписывают ему, что нужно делать. Затем из оперативной памяти он извлекает заложенные в них данные, обрабатывает их и отправляет обратно в эту память и далее, если необходимо, — во внешнюю память или на дисплей. Все эти операции выполняются циклами с определенной тактовой частотой, обусловленной особенностью устройства микропроцессора и пропускной способностью шины. Частоту работы микропроцессора определяют в мегагерцах — МГц (обычно от 100 до 300 МГц и даже выше). Тип микропроцессора, тактовая частота его работы и разрядность «прокачки» информации по шинам в основных чертах определяют производительность компьютера и таким образом обуславливают сферу его применения в медицине. Современные компьютеры могут выполнять до нескольких сотен миллионов и даже миллиардов операций в секунду, что позволяет использовать их во всех сферах деятельности человека, в том числе медицинской.

Для врача, особенно специалиста в области лучевой диагностики, важное значение имеет *тип процессора*. Дело в том, что по исторически сложившейся традиции существует два основных стандарта компьютеров которые имеют различные основные программные средства (так называемые платформы) и вспомогательные, или прикладные, программные средства (приложения). Подавляющее большинство применяемых в мире, особенно в России, компьютеров относится к типу *IBM-совместимых*, называемых так по имени индустриального компьютерного гиганта - International Business Machines, впервые наладившего массовый выпуск высокопроизводительных машин и до сих пор удерживающего лидирующие позиции в этом секторе рынка. Компьютеры этого типа характеризуются исключительно большим диапазоном возможностей (а следовательно, и цен), начиная от наиболее простых и доступных для всех пользователей, к которым можно отнести и врача, и кончая супермощными ЭВМ, например типа «Deer Blue», обыгравшей недавно чемпиона мира по шахматам Г. Каспарова.

IBM-совместимые компьютеры составляют значительную часть — до 80 % — компьютерного парка нашей страны.

Однако есть еще один компьютерный стандарт — фирмы «Apple». Это компьютеры «Макинтош» («Macintosh»), или сокращенно «Мае», которые даже при их серийном изготовлении отличаются большим набором функций, прекрасной графикой, удобным интерфейсом, но они существенно дороже, чем IBM-совместимые компьютеры. На их платформе собирают графические станции, издательские системы, терминалы для обработки изображений, получаемых с помощью средств лучевой диагностики. Примечательно, что именно в медицинской радиологии доля этих компьютеров значительно выше — до 30 %, чем в среднем по России, благодаря их высоким графическим возможностям. В последнее время созданы программы, в равной степени пригодные для работы на обеих названных выше платформах.

Рассмотрим основные составляющие части компьютера, не вдаваясь в сложные технические детали и обращая внимание при этом лишь на те из них, которые непосредственно влияют на потребительские качества машины в целом.

Центральным узлом любого персонального компьютера является *микروпроцессор* (или просто *процессор*). Для IBM-совместимых ПК, а именно о них пойдет речь в дальнейшем, такими процессорами являются Pentium, Pentium II, Pentium Pro, Кб. Иногда в название процессора включают его тактовую частоту (в МГц), например Pentium-233. Понятно, что чем она выше, тем выше производительность компьютера в целом.

Следующее важное устройство (или, точнее, группа устройств, определяющих потребительские свойства компьютера) — это *память*. Выделяют три вида памяти: *постоянную, оперативную и внешнюю (хранилище)*.

Единицей памяти (как и информации) в компьютере является *1 бит*, т.е. двоичный разряд, который может принимать значение 0 или 1. Восемь битов составляют *1 байт*, в нем можно закодировать значение одного символа (цифры, буквы) из 256 возможных. 1024 байт составляют *1 килобайт (кбайт)*. Один *мегабайт (Мбайт)* равен 1024 кбайт, *1 гигабайт (Гбайт)* - 1024 Мбайт.

В *постоянной памяти* хранится такая информация, которая не меняется в ходе выполнения программ компьютером. Информация в ней «защита» навсегда на заводе-изготовителе и сохраняется даже в отключенном компьютере, т.е. является энергонезависимой. Ее иногда называют также *ROM (Read Only Memory — память только для считывания)*, т.е. она работает только в режиме считывания и хранения.

Большой интерес для врача представляет *оперативная память*, или *КАМ (Random Access Memory ~ память со свободным доступом)*. В ней хранится вся информация, с которой работает процессор: операционная система, пользовательские прикладные программы, промежуточные и окончательные результаты работы. В отключенном компьютере она пуста и начинает заполняться одновременно с включением прибора, т.е. является энергонезависимой. Необходимую для работы информацию она черпает из внешней памяти. Чем больше оперативная память, тем выше производительность компьютера. Существующие в настоящее время прикладные программы, в том числе медицинские, начинают работать лишь при объеме оперативной памяти не менее 4 Мбайт. Однако оптимальный объем оперативной памяти для медицинских целей составляет 16—32 Мбайт.

На производительность компьютера влияет также наличие дополнительного, но весьма существенного блока памяти, находящегося между процессором и оперативной памятью. Этот блок носит название «*кэш-память*» (от англ. cache — тайник). Ее назначение — ускорить обмен данными между быстро работающим процессором и более медленно функционирующей оперативной памятью. Кэш-память старается как бы предвосхитить запросы процессора и забирает из оперативной памяти те данные, которые потребуются процессору в ближайшее время. Объем такого «акселератора» может достигать 512 кбайт. Для того чтобы еще больше ускорить работу компьютера, вводят еще одну дополнительную память — кэш-память второго уровня, которую встраивают между кэш-памятью первого уровня и оперативной памятью.

*Внешняя память* компьютера многообразна. Это прежде всего встроенный в системный блок *жесткий диск*, или *винчестер*, — основная кладовая информации компьютера. На одном диске хранятся все программы, с которыми работает компьютер, — операционная система, вспомогательные системные продукты (драйверы, утилиты и пр.), прикладные программы, все промежуточные и окончательные результаты — тексты, рисунки, медицинские изображения органов, протоколы и т.д. К достоинствам жесткого диска следует отнести большую емкость хранимой в нем информации (современные диски имеют емкость памяти до 10 Гбайт — это около 1 млн страниц печатного текста), возможность сохранения информации при отключенном питании компьютера, невысокую стоимость хранения информации.

Накопители на *магнитных дисках* позволяют переносить информацию с одного компьютера на другой, делать архивные копии информации, содержащейся на жестком диске. Емкость дискеты диаметром 3,5 дюйма составляет 1,44 Мбайт, т.е. около 100-150 страниц печатного текста. Преимущество у дискеты одно — ее портативность.

Потребность в переносе с компьютера на компьютер большого количества информации, например рисунков, профессиональных изображений (в медицине — рентгенограмм, томограмм и др.), каждое из которых обычно

занимает объем памяти от одного до нескольких мегабайт, обусловила необходимость создания новых технологий переносных накопителей на магнитных дискетах с повышенным объемом памяти - от 100 Мбайт до 1 Гбайт. Такую технологию хранения информации иногда называют *Iomega Zip* (по названию фирмы, производящей эти накопители). Для специалиста в области лучевой диагностики такие диски очень удобны: на одном диске диаметром всего 3,5 дюйма можно перенести (по существу в кармане) сразу несколько десятков рентгенограмм или книг такого объема, как та, которую вы держите в руках.

В качестве переносных носителей внешней памяти применяют также *оптические компакт-диски (Compact Disk ROM, или сокращенно CD-ROM)*. Благодаря небольшим размерам (их диаметр 5,25 дюйма), большой емкости (640 Мбайт), надежности и долговечности хранимой на этих дисках информации они стали одним из наиболее часто используемых портативных носителей информации. На них записывают все системные и прикладные программы, в том числе медицинские, электронные версии книг и учебников и даже полноформатные документальные и художественные кинофильмы. К недостаткам оптических компакт-дисков можно отнести невозможность повторной записи (или перезаписи) информации (отсюда и его название ROM — Read Only Memory — память только для чтения). Этот недостаток отсутствует у *магнитно-оптических компакт-дисков*, на которых информацию можно перезаписывать многократно, как на магнитную дискету или винчестер. Емкость магнитно-оптических дисков около 2 Гбайт.

Общение человека с компьютером происходит, как известно, с помощью *монитора*, и его характеристика имеет для врача большое значение. Особую роль качество монитора играет в лучевой диагностике, где работа с изображением составляет значительную часть профессиональной деятельности врача.

В компьютерах, за исключением портативных, в которых используют жидкокристаллические дисплеи, как правило, применяют мониторы на базе электронно-лучевых трубок. Их соединяют с компьютером с помощью *видеоадаптера SVGA* — наиболее прогрессивного в настоящее время видеостандарта. Из всех характеристик монитора для врача наиболее важны: 1) *диаметр экрана* (не менее 15 дюймов); 2) *частота вертикальной развертки луча* (не менее 75 Гц); 3) *размер между точками люминофора* (не более 0,25 мм); 4) *разрешение* (не менее 1024x768 точек при 256-цветном режиме). В заключение отметим, что в настоящее время используют только LR-Мониторы (Low Radiation), которые имеют очень низкий уровень излучения, поэтому дополнительный защитный экран не требуется.

Говоря о мониторе, следует коснуться некоторых санитарных правил, которых нужно придерживаться при работе с компьютером. Дело в том, что даже при исключительно низком радиационном выходе современных мониторов, практически исключая какое-либо вредное электромагнитное облучение, имеется определенная опасность его нежелательного воздействия на орган зрения, в основном из-за мерцания (хотя и неосознаваемого) видеоэкрана. Напомним, что частота смены кадров в современных мониторах составляет в среднем 75 Гц, поэтому наиболее качественные (но и наиболее дорогие) мониторы имеют более высокую частоту кадров — до 100 Гц. Небезынтересно отметить, что все изложенное относится также к бытовым телевизорам. И все же, невзирая на высокую частоту кадров

развертки рекомендуется после каждых 50 мин работы за экраном делать перерывы продолжительностью 10 мин. Кстати, это положение, касающееся работы на персональных компьютерах, в некоторых отраслях хозяйства России (например, на Аэрофлоте) закреплено законодательно.

Еще одна опасность при работе с компьютером - утомление кистей рук. Иногда оно даже переходит в повреждение связочного аппарата кистей, вплоть до развития артрозов. Об этом обязательно нужно помнить и давать рукам, так же как и глазам, периодически отдыхать.

*Видеокарта*, или *видеоадаптер*, - это своеобразный буфер, который управляет монитором; он «захватывает» изображение из процессора, обрабатывает его, например редактирует, раскрашивает, а затем подает на монитор. Качество видеокарты измеряют в единицах памяти — мегабайтах. Хорошие карты могут иметь память до 4—8 Мбайт. Напомним, что емкость одной страницы печатного текста составляет около 10—20 кбайт, а одного рисунка или диагностического изображения, например рентгенограммы, — в среднем 1—5 Мбайт. В последнее время в ПК начали применять дополнительные видеокарты — так называемые 3D-акселераторы (трехмерные ускорители). Они позволяют значительно улучшить компьютерную графику, в частности дают возможность работать с трехмерными (объемными) изображениями, которые постепенно входят в компьютерную практику, в том числе в области лучевой диагностики.

В последнее время появилось понятие *'мультимедийный компьютер'*, или сокращенно *«мультимедиа»*. Эта технология позволяет объединить в одном компьютере текстовые данные, звук, графические изображения и даже их анимацию. Это обеспечивается либо программно, либо, что гораздо лучше, аппаратно с помощью дополнительно присоединяемой к процессору микросхемы MMX. Для создания звукового сопровождения программ в компьютере дополнительно устанавливают *звуковую карту*. *Основное назначение мультимедийных компьютеров в лучевой диагностике — озвучивание учебных фильмов и обучающих программ.*

К системам ввода информации в компьютер относятся клавиатура, «мышь» и некоторые другие электромеханические средства. Отметим, что в последнее время появились модели компьютеров с речевым вводом информации, т.е. они работают «с голоса» пользователя. Специфическим устройством ввода информации в компьютер являются аналого-цифровые преобразователи, или АЦП. Их задача — превратить аналоговый сигнал, например изображение, получаемое на гамма-камере, или электрокардиографическую кривую, в упорядоченный набор цифр, с тем чтобы их можно было использовать в вычислительной технике.

Теперь попробуем расшифровать информацию о компьютере, который находится, например, на Вашем рабочем столе: Pentium-233 MMX/PCI/ 16 Mb RAM/512 KB cache/8 Gb HDD/FDD 3,5"/12xCD-ROM/2 MB/15" 0,25/SB 16. В этом компьютере установлен процессор Pentium с мультимедийным расширением MMX, работающий на частоте 233 МГц, имеются 32-разрядная шина PCI, оперативная память 16 Мбайт, кэш-память 512 кбайт, жесткий диск емкостью 8 Гбайт, магнитный накопитель для дискет диаметром 3,5 дюйма, 16-скоростной привод для компакт-дисков, видеокарта на 2 Мбайта, а также 16-разрядная звуковая карта Sound Blaster. Компьютер оснащен 15-дюймовым монитором с размером ядер люминофора 0,25 мм. Отметим, что приведенная конфигура-

-50



Рис. 1.8. Лазерный принтер.

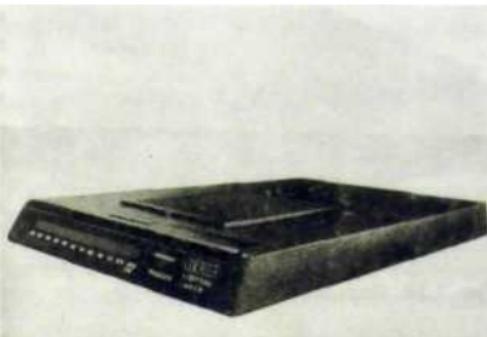


Рис. 1.9. Модем.

ция компьютера оптимальна для работы врача — специалиста в области лучевой диагностики.

Для вывода информации на бумагу применяют различные типы печатающих устройств — *принтеров*. Печатающая головка *матричного принтера* оснащена 24 или 48 иглами. Обычная печать — черно-белая. Скорость печати — одна страница за 10—40 с. Недостатком принтера является высокий уровень шума, преимуществами — низкая стоимость, надежность и простота в обслуживании.

*Струйные принтеры* более комфортны в работе, так как работают абсолютно бесшумно. Изображение в них формируется с помощью микрокапельниц, выдувающих специальные чернила с помощью сопел, количество которых варьирует от 12 до 64. Печать, которая может быть черно-белой или цветной (достаточно просто сменить картридж принтера), отличается высоким качеством, скорость печати — одна страница за 20—30 с.

*Лазерные принтеры* (рис. 1.8) обеспечивают наиболее высокое качество печати, соизмеримое с качеством типографской печати, но они и самые дорогие. В этих принтерах используется принцип ксерографии: первоначально изображение получается на специальном барабане путем его электризации лазерным лучом по команде с компьютера, откуда оно затем переносится на бумагу. Обычно применяют черно-белые принтеры, однако в лучевой диагностике для выполнения цветных изображений можно использовать цветные принтеры. Стоимость их, однако, чрезвычайно высока.

*Модем* — это устройство, сопрягающее компьютер с линией связи, например телефонной сетью (рис. 1.9), путем преобразования цифровой информации компьютера в аналоговую (электрическая модуляция). В таком виде информация передается по телефонным сетям в любую точку больницы, города, страны или за ее пределы. На другом конце телефонной линии модем работает в обратном режиме — демодуляции: аналоговый сигнал преобразуется в цифровой, после чего подается на принимающий компьютер. Одновременно модем может выполнять сжатие и декомпрессию пересылаемой информации, а также заниматься поиском и исправлением ошибок, которые нередко возникают при преобразовании информации и передаче ее по



Рис. 1.10. Планшетный сканер.

*Сканер* — это устройство, предназначенное для считывания графической или текстовой информации и передачи ее в компьютер. Сканеры бывают настольные (планшетные или барабанные) и ручные. Для врача наиболее приемлем настольный планшетный сканер, желательно цветной (рис. 1.10). Качество сканера определяется его пространственным разрешением, измеряемом количеством точек на 1 дюйм — *dpi* (*dot per inch*). Хорошим считается сканер с разрешением не менее 400 dpi. Для того чтобы ввести в компьютер рентгеновское изображение, т.е. рентгенограмму, необходим специальный сканер — *транспарентный*.

## 4.2. Программное обеспечение компьютеров

Для того чтобы компьютер работал, нужны, как известно, *программы* (*software*). Их можно условно разделить на две большие группы — *системные* и *прикладные*. Есть еще так называемые *инструментальные*, но они интересны только для специалистов в области программирования.

*Системные программы* сами по себе не решают никаких пользовательских задач. Их назначение — управлять компьютером. К системным программам относятся *операционные системы*, *драйверы* и *утилиты*. Центральное место в системных программах, естественно, отводится операционной системе. Среди них длительное время, вплоть до конца 80-х годов, главной была программа *MS-DOS*. Затем на смену этой операционной системе пришли другие, более развитые и функциональные.

*Драйвер* (от англ. *drive* — управлять) — это программа, обеспечивающая связь между операционной системой и различными периферийными устройствами (принтером, клавиатурой, «мышью» и др.) и управление ими, а также регулирующая поток данных, проходящий через эти устройства. Если к компьютеру подключают какое-нибудь новое устройство, необходимо одновременно установить и новый, соответствующий этому устройству драйвер. С некоторыми оговорками можно считать драйвер частью операционных систем, тем более что в некоторых из них обязательно имеется большой пакет готовых к употреблению драйверов для наиболее распространенного периферийного оборудования. *Утилита* — это также вспомогательная программа, позволяющая пользователю выполнять манипуляции с различными периферийными устройствами, например форматировать диски, оценивать состояние отдельных частей компьютера и т.д. Как и

драйвер, наиболее распространенные утилиты входят в состав многих операционных систем.

В операционной системе MS-DOS врачу работать очень неудобно: для того чтобы выполнить на компьютере какие-либо действия, например напечатать протокол диагностического исследования, необходимо набрать на клавиатуре ряд слов — имена команды, файла, каталога, их путь. Это все нужно помнить, поэтому были созданы специальные *программы-оболочки*, которые позволяют просто с помощью клавиатуры или «мыши» выбрать определенное место на экране, и компьютер начнет выполнять желаемые действия. Одной из наиболее распространенных подобных оболочек стала программа *Norton Commander*, разработанная американским ученым P. Norton.

В 1990 г. американская компания «Microsoft» под руководством ее создателя В. Gates выпустила новый программный продукт — *графический интерфейс Windows* (окна)<sup>1</sup>, который значительно облегчил работу с компьютером, сделал ее доступной для самого широкого круга людей. Операционная среда Windows стала поистине всенародной. За короткий отрезок времени сменилось несколько версий Windows. Последними из них являются Windows-95 и Windows-98; в настоящее время разрабатывается Windows-2000. Под их управлением работает большинство прикладных программ — как общего назначения, так и медицинских. С созданием операционной системы Windows-95 (именно уже *системы*, а не оболочки) осуществилась мечта о полном «дружеском отношении» между человеком и компьютером. При этом значительно упростилась процедура подключения к компьютеру различных периферийных устройств (принтеров, сканеров и др.). Подобная концепция получила меткое название — *«plug and play»* («включай и работай»).

Профессиональным вариантом данной операционной системы является *Windows-NT*, которым оснащаются сложные вычислительные комплексы, серверы, в том числе используемые в медицине. Главными преимуществами Windows стали не только его простота и доступность, но и многозадачность, т.е. возможность работать одновременно с несколькими программными приложениями (рис. 1.11). Каждой выполняемой программе в Windows отводится одно окно. Все компоненты окон стандартизованы, окна могут свободно перемещаться по экрану с помощью «мыши» (технология «drag and drop» — «тащи и бросай»), занимать весь экран, часть его или вообще сворачиваться, освобождая тем самым рабочую поверхность экрана для других приложений. Обычно окно содержит несколько стандартных элементов: заголовок с именем приложения или документа, строку меню, содержащую перечень основных направлений работы с компьютером. Каждый пункт меню определяет подменю, в котором содержится набор раскрывающихся по команде диалоговых окон. Каждое из окон предназначено для выполнения определенного приложения — подготовки документа, таблицы, рисунка и др.

Обычными элементами экрана являются панели, содержащие набор кнопок для выполнения отдельных задач, например печати, копирования, запоминания и др. Таких панелей около десятка, например стандартная па-

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Ахметов К. Windows для всех* — М.: Компьютер-пресс, 1996.

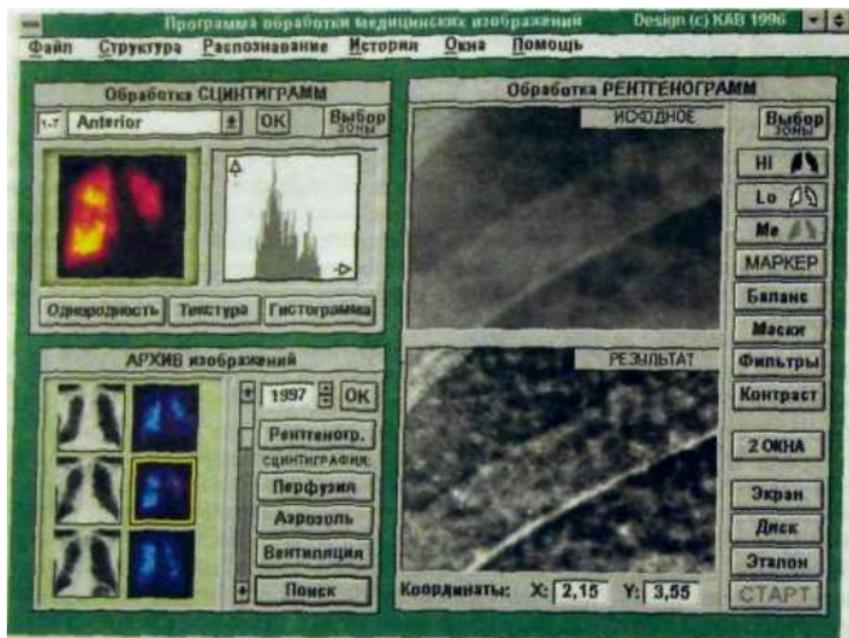


Рис. 1. II. Обработка медицинских изображений на автоматизированном рабочем месте врача.

нель, панель для форматирования текста, рисования, создания базы данных и др. Управлять кнопками очень просто: нужно лишь нажать на них курсором «мыши». Кроме окон и панелей, на «рабочем столе» монитора имеются мнемонические картинки (или иконки) для управления программами. Нажав на иконку, можно вызвать соответствующее ей *Windows-приложение*. Все изложенное делает работу на компьютере не только простой и удобной, но и весьма приятной.

Существует набор наиболее важных и распространенных Windows-приложений, которые объединены в так называемый офисный пакет Microsoft office . в него входит прежде всего *текстовый процессор Word* Эта программа предназначена для работы с текстом; с ее помощью можно создавать все виды документов, например истории болезни, письма, служебные заметки  
 тм т Т £ Документы, п Р ичсм оче нь сложные, состоящие одновременно из  
 по едн ^ ^ Г ^ 08, Та Ц, рисунков - Программа электронных таблиц Excel  
 TZ пп 2 об^к К работки числовых данных, при этом она дает возмож-  
 Х П Ть рематические расчеты любой сложности. Программа  
 ш сложGe^0,;и\*пп П т е ш Т и PoWer Poyl пмво т м ет превращать текс-  
 ви^ьные Iплж. " Табличные даинные 8 Удобны, е Для восприятия  
 визуальные формы - картинки, слайды, оформлять их для показа зрителям

юя<sup>с</sup> 1996: КиИКОФ Ш MICROSOFT Омск: Пер с англ - М : Компьютер

База данных Access предназначена для сортировки и организации больших объемов данных, при этом можно оперировать любыми, сколь угодно обширными массивами информации, например результатами обследования больных за год или десятилетие. Наконец, программа электронной почты *Internet-Mail* служит для отправки и приема электронной почты через компьютерную сеть. Дополнительно к офисному пакету может быть приложен один из графических редакторов, например PhotoShop, который позволяет работать с рисунками и медицинскими изображениями, подвергая их всевозможной обработке: изменять форму и содержание отдельных их частей, характер контуров и фона, раскрашивать и т.д. Имеется ряд других интересных для врача программ-приложений. Например, программа распознавания текста *FineReader* дает возможность, отсканировав печатный текст (книгу, статью и т.д.), перевести его сразу же в электронный формат для дальнейшего редактирования на компьютере. При этом не нужно пользоваться утомительным набором этого текста посредством клавиатуры.

Кроме названных, существует большое число прикладных программ, предназначенных для других видов работ: *статистической обработки данных, книгоиздания, проектирования* и др. Следует отметить, что наряду с Windows применяют другие операционные системы, в частности OS/2 и Unix. Они отличаются более широким спектром предоставляемых пользователю программных услуг, но одновременно и более сложным характером работы на компьютере под их управлением. Для компьютеров Macintosh создана специальная операционная система MacOS.

В медицине, в частности в лучевой диагностике, применяют *специализированные программы*: для обработки рентгенограмм, радионуклидных изображений, ведения деловой документации и др. Обычно их объединяют по родственному признаку в отдельные пакеты специализированных программ — сокращенно ППП (пакет прикладных программ).

Набор пакетов составляет *библиотеку программ*. От того, насколько богат ассортимент пакетов и насколько рационально их используют, зависят в конечном счете качество диагностического исследования и эффективность работы всей службы компьютеризированной лучевой диагностики.

Наиболее важным информационным прорывом последнего десятилетия стала *Всемирная Сеть (Интернет<sup>1</sup>)* — своего рода обширное сообщество взаимосвязанных сетей и отдельных компьютеров, предоставляющих информацию для общего пользования. При этом каждый компьютер имеет уникальный адрес, позволяющий идентифицировать и находить его в неоглятной Всемирной Сети. Посредством *провайдера* — организации, ведающей распределением информационных ресурсов в отдельно взятом регионе, — компьютер осуществляет связь с Интернетом. Когда говорят об *адресах в Интернете*, обычно имеют в виду *IP-адрес (Internet Protocol адрес)*, состоящий из набора цифр - от 4 до 12. Однако запоминать эти цифры достаточно сложно, поэтому была создана система адресов, состоящая из

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Пайк М. Интернет в подлиннике: Пер. с англ. - СПб.: ВНУ, 1996; Синицын ВЕ., Тимонина Е.А. Интернет для врача. WWW: медицинская визуализация и кардиология— М.: ВИДАР, 1998.*

слов имеющих логический смысл (например, имя или фамилия пользователя' местонахождение компьютера в государстве и городе). Эти адреса являются уникальными, т.е. отдельно взятый адрес присваивается только одному компьютеру (как почтовый адрес). Под этим адресом понимается, конечно не географическое месторасположение компьютера, а локализация его в глобальной компьютерной сети. Такие адреса получили названия *URL* (от англ. Universal Resource Locator - универсальный указатель ресурсов).

Пробриться сквозь необозримые лабиринты информационных ресурсов компьютеру позволяют специальные программы.

Для удобства навигации по Интернету, т.е. поиска интересующей информации, служит особая структура большинства находящихся в нем документов. Эта структура получила название формата *гипертекста*. Суть его состоит в том, что отдельные ключевые слова текста или наиболее важные ключевые детали изображений специально выделены (цветом, шрифтом или рамкой). При обращении к этому выделению курсором «мышь» пользователь автоматически попадает в другой документ, который тематически соответствует выделенному слову или части рисунка и полностью раскрывает его содержание.

К основным ресурсам Всемирной Сети относятся:

- *Электронная почта (E-mail)*. Она служит для отправки и получения различных сообщений. Каждый абонент электронной почты имеет свой уникальный адрес, написанный в стандартной форме, общепринятой в Интернете, например *ivanov@med.samara.ru*, где *ivanov* — имя пользователя, *@* — условный разделительный знак, *med.samara.ru* — условное обозначение Самарского медицинского университета.
- *Протокол переноса файлов (FTP)*. Эта услуга Интернета предусматривает перенос информации с одного компьютера на другой. Такой информацией могут быть тексты, компьютерные программы, видеофильмы, различные изображения, в том числе медицинские.
- *Листы рассылки (Discussion lists) и Группы новостей (USENET)*. Листы рассылки предусматривают получение пользователем компьютера материалов по интересующей его и заранее заявленной проблеме (например, по проблеме компьютерной томографии или язвенной болезни желудка). Такая рассылка осуществляется автоматически с помощью почтового робота. Группы новостей обслуживаются отдельными предназначенными для этих целей серверами (новостные серверы). Они распределены по тематике и построены по иерархическому принципу — от общих (корневых) вопросов к более частным, специальным. Например, можно обратиться к серверу «Наука», от него перейти к серверу «Медицина», далее — к серверу «Лучевая диагностика» и в заключение — к серверу «Компьютерная томография». Эта же система позволяет всем пользователям Интернета участвовать в групповых дискуссиях, так называемых *телеконференциях*; на которых обсуждаются различные вопросы.
- *Всемирная паутина (WWW- World Wide Web)* относится к наиболее распространенным ресурсам Интернета. WWW дает возможность работать с документами, содержащими текст, графические иллю-

страции, звуковые фрагменты и даже анимацию. Все это делает такие документы очень выразительными. В них есть гипертекстовые ссылки на другие, близкие по смыслу документы. В необозримых просторах Всемирной Паутины помогают ориентироваться специальные программы - *Web-браузеры*. В настоящее время наиболее распространены два браузера - Netscape Navigator (NN) и MS Internet Explorer (IE). С помощью браузеров можно выбрать интересующий пользователя сервер и отыскать на нем необходимую информацию по отдельным областям науки, образования, культуры.

Крупные области информационных данных разделены по их назначению. Эти области называют *доменами*. Крупных доменов (первого, или верхнего, уровня) несколько. Это — либо домены общего характера — com (коммерческий), edu (образовательный), gov (правительственный), .mil (военные учреждения), .net (сетевые организации), .org (прочие организации), либо домены, относящиеся к отдельно взятым государствам, — .ru (Россия), .uk (Великобритания), .ca (Канада) и т.д.

Каждый из доменов первого уровня включает огромную сеть доменов второго уровня, относящихся к различным городам, территориям, областям знаний и др. Домены второго уровня в свою очередь содержат сеть доменов третьего уровня и т.д. Таким образом, Интернет, хотя и не упорядочен полностью, но все же содержит вполне понятную архитектуру, состоящую из нескольких древовидно делящихся стволов. Примером Web-адреса может служить следующая запись: <http://www.rad.washington.edu>, где http — протокол передачи данных (*протокол* — совокупность правил, по которым информация передается по компьютерной сети), www — символ Всемирной Паутины, rad.washington.edu — сервер, принадлежащий радиологическому обществу Вашингтона (США), который относится к образовательным ресурсам Интернета (.edu).

Внутри лечебного учреждения ряд компьютеров может соединяться в *общепольничную локальную компьютерную сеть* — *Эзернет (Ethernet)*. Применительно к больницам ее называют сокращенно *HIS (Hospital Intercommunication System)*, а применительно к отделениям лучевой диагностики и лучевой терапии — *RfS (Radiology Information System)* (рис. 1.12). Поскольку обмен информацией в этих системах происходит без модуляции, т.е. в цифровом виде, скорость передачи данных по ним достаточно высока — до 10 Мбит/с. Недостатком таких сетей является открытость информации, т.е. возможность несанкционированного доступа к ней, что в ряде случаев, например при наличии у больного злокачественного заболевания, требует определенных ограничений на передачу такой информации либо введения в систему элементов криптографии — специальной программы засекречивания данных.

В лучевой диагностике в последние годы начинает распространяться *телерадиология* — обмен изобразительной информацией между отдельными лечебными учреждениями, находящимися в пределах одного региона, отдельной страны или даже между разными странами. Такой обмен позволяет оперативно и коллективно решать сложные диагностические задачи, проводить научные совещания, не тратя время и деньги на дорогу (рис. 1.13).



Регистрация



Исследование I



Исследование II



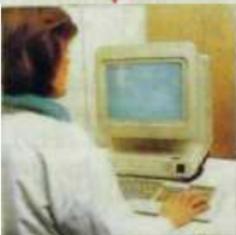
Научная работа



Исследование III



Машинное бюро



Секретариат



Диагноз

Рис. 1.12. Радиологическая информационная система «Симедос».

### 4.3. Оценка эффективности диагностических исследований<sup>1</sup>

Лучевая диагностика, в распоряжении которой широкий ассортимент методов исследования — дешевых и дорогостоящих, инвазивных и необременительных для больного, высокоинформативных и ограниченной информативности,— ставит врача-диагноста перед выбором: как обеспечить наиболее высокую эффективность диагностического процесса, каким методам отдать предпочтение, в какой комбинации и последовательности их применить. Очевидно, что подходы к диагностике будут значительно различаться в зависимости от того, имеет место острое или хроническое заболе-

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Власов ВВ. Эффективность диагностических исследований — М: Медицина, 1988.*



Рис. 1.13. Структура телекоммуникационной радиологической сети.

вание, проводят плановое обследование или оказывают неотложную медицинскую помощь, выполняют детальное и углубленное обследование или организуют скрининг, охватывающий значительную часть населения. Во всех этих ситуациях необходимо уметь правильно оценивать эффективность метода диагностики, причем сделать это нужно на объективной, научной основе.

Для оценки эффективности диагностических исследований существует большое число критериев. Многие из них универсальны, т.е. применимы во всех областях клинической медицины, другие, характеризующие медицинские изображения, имеют специфическое для лучевой диагностики значение.

*Под диагностической эффективностью метода исследования следует понимать способность данного метода (теста) выявить заболевание и охарактеризовать состояние организма при экономической доступности метода.*

*В лучевой диагностике выделяют качественную, или описательную, и количественную характеристики результатов. Последняя включает в себя различные виды измерений: радиоактивности биологических проб, величины органов, изображенных на экране дисплея, рентгеновской пленке, компьютерной томограмме и др. Все эти измерения, как бы точны они ни были, обязательно имеют некоторую степень погрешности. Это связано как с ограниченной точностью инструментов, с помощью которых проводят*

измерения (линейка, электронный прибор или другие технические средства) так и с вариабельностью измеряемого объекта: колебаниями биологических параметров человека во время исследования, флюктуациями радиоактивного распада, неоднородностью потока электромагнитных квантов

Перечисленные выше погрешности имеют случайный характер. Их влияние на точность измерения может быть уменьшено, если увеличить количество измерений объекта исследования или увеличить продолжительность каждого измерения. Погрешности такого рода называют *случайными*, или *рандомизированными, ошибками*.

Погрешности другого типа возникают при неправильной работе аппаратуры, калибровке лабораторного оборудования, технологии приготовления радиофармпрепаратов или химических растворов, вследствие ошибок, допущенных в расчетах. Конечные результаты подобных измерений во всех случаях оказываются либо завышенными, либо заниженными, т.е. всегда однозначно искаженными. Подобные погрешности носят название «систематические ошибки». Единственный способ избежать этих погрешностей — тщательно контролировать качество технических средств лучевой диагностики, следить за правильностью проведения диагностических процедур, корректно выполнять расчеты.

*Для оценки эффективности методов измерения в лучевой диагностике, как и в других разделах медицины и биологии, применяют ряд критериев, главными из которых являются:*

- *точность измерения* — соответствие результатов измерения истинному значению определяемой величины. Высокая точность измерения достигается при минимальных случайных и систематических погрешностях;
- *правильность измерения*. Это качество измерения характеризует величину систематических погрешностей. Чем они меньше, тем более правильным оказывается измерение;
- *сходимость измерений*. Данное качество измерений характеризует величину случайных ошибок. Чем они меньше, тем лучше сходимость измерений. Этот критерий показывает, насколько близки друг к другу измерения, выполненные в одинаковых условиях, т.е. в одной и той же лаборатории и на одном и том же приборе;
- *воспроизводимость измерений*. Этот критерий показывает, насколько близки между собой результаты измерений, выполненных в различных условиях, т.е. в разных лабораториях и на разных аппаратах.

*Для того чтобы оценить диагностическую эффективность лучевого метода исследования, сравнивают его информативность, т.е. способность распознавать заболевание, с так называемым референтным, или эталонным, диагнозом. Этот диагноз устанавливают на основании результатов гистологического исследования или вскрытия либо с учетом точных биохимических или клинических признаков болезни. Патологоанатомические данные иногда называют «золотым стандартом» при верификации диаг-*

Для оценки информативности метода результаты его применения у определенной группы пациентов сводят в таблицу, называемую матрицей **решений** (табл. 1.2). При этом в зависимости от **совпадения результатов** луче-

вого исследования и фактического наличия заболевания, т.е. референтного диагноза, ответ может оказаться правильным или неправильным. Возможны следующие варианты результатов оценки метода:

- интерпретация «положительный» у больных с наличием заболевания — *истинно положительные случаи*;
- интерпретация «отрицательный» у пациентов без заболевания (здоровые лица) — *истинно отрицательные случаи*;
- интерпретация «положительный» у пациентов, не имеющих заболевания, — *ложноположительные случаи* (ошибки первого типа, или ошибки гипердиагностики, или «ложные тревоги»);
- интерпретация «отрицательный» у больных с заболеванием — *ложноотрицательные случаи* (ошибки второго типа, или ошибки гиподиагностики, или «пропуски»).

Ложноположительные и ложноотрицательные ошибки представляют собой потери системы диагностики, они снижают диагностическую эффективность исследования.

**Таблица 1.2. Матрица решений для вычислений операционных характеристик методов диагностики**

Результаты теста	Заболевание имеется (больные)	Заболевание отсутствует (здоровые)	Всего
Положительные	Истинно положительные (TP)	Ложноположительные (FP)	T+
Отрицательные	Ложноотрицательные (FN)	Истинно отрицательные (TN)	T-
Итог о...	D+	D-	N

В медицине информативность диагностических исследований оценивается следующими основными критериями.

*Чувствительность (SJ* — вероятность положительного результата теста у лиц с заболеванием:

$$\text{Чувствительность, \%} = \frac{\text{Число пациентов с данным заболеванием и положительным результатом теста}}{\text{Число всех пациентов с данным заболеванием, подвергшихся тесту}} \times 100.$$

Определив чувствительность метода, можно априори предположить, какова будет доля больных, у которых данное исследование даст положительный результат, т.е. будет выявлен признак болезни. Чем выше чувствительность метода, тем чаще с его помощью выявляют патологические изменения, тем, следовательно, он более эффективен. В то же время если такой высокочувствительный тест отрицателен, то наличие заболевания маловероятно, поэтому высокочувствительные тесты в медицинской диагностике называют идентификаторами, или тестами на исключение заболевания.

Высокочувствительные тесты эффективны на первом этапе диагностики, когда врачу необходимо отбросить массу первоначальных предположений. Эти тесты рекомендуется использовать при массовых проверочных исследованиях, особенно при выявлении социально опасных заболеваний.

Недостатком высокочувствительных методов является то, что при их использовании допускают значительное количество ложноположительных ошибок (ложные тревоги). В связи с этим возникает необходимость выполнять большое число дополнительных исследований, вследствие чего усложняется диагностический процесс и увеличиваются экономические затраты, особенно при массовых исследованиях. Вот почему в медицинской диагностике следует стремиться не к максимальной, а к разумно достижимой чувствительности метода.

*Специфичность* ( $S_p$ ) — вероятность отрицательного результата у лиц без заболевания:

$$\text{Специфичность, \%} = \frac{\text{Число пациентов без данного заболевания с отрицательным результатом теста}}{\text{Число всех пациентов без данного заболевания, подвергшихся тесту}} \times 100$$

Определив специфичность метода, можно априори предположить, какова будет доля здоровых лиц, у которых данное исследование даст отрицательный результат. Чем выше специфичность метода, тем надежнее с его помощью подтверждается заболевание, т.е. он более эффективен. Высокоспецифичные диагностические тесты называют дискриминаторами; они эффективны на втором этапе диагностики, когда круг предполагаемых заболеваний сужен и необходимо с уверенностью доказать наличие болезни.

*Точность* ( $\epsilon$ ) — пропорция правильных результатов (положительных и отрицательных) среди всех обследованных:

$$\text{Точность} = \frac{\text{Число истинных решений}}{\text{Общее число обследованных}}$$

Иногда этот критерий называют показателем диагностической эффективности.

*Все три критерия — чувствительность, специфичность и точность — отражают априорную вероятность результатов диагностического исследования — положительных и отрицательных. Они носят название «операционные характеристики метода диагностики».* Применяя операционные характеристики метода на практике, врач должен учитывать особенности обследуемых больных. Если метод применяют при обследовании больных с клинически выраженным заболеванием, то операционные характеристики его будут высокими, и наоборот, в начальных и особенно доклинических стадиях болезни чувствительность и специфичность метода окажутся пониженными. Следовательно, для каждой стадии болезни будут свои операционные характеристики метода исследования.

Для правильной оценки диагностической эффективности методов исследования важное значение имеют критерии апостериорной вероятности - *прогностичность положительного (PV+)* и *отрицательного (PV-)* результатов. Именно эти критерии показывают, какова вероятность заболевания (или его отсутствия) при известном результате исследования. Нетрудно понять, что апостериорные показатели имеют большее практическое значение, чем априорные.

*Критерий PV+* показывает, насколько велика вероятность болезни при положительных результатах исследования, а критерий PV—насколько велика вероятность отсутствия болезни при отрицательных результатах.

Прогностичность положительного результата возрастает с увеличением частоты заболевания. Это означает, что один и тот же метод лучевого исследования, у которого определены операционные характеристики, будет по-разному «работать» в различных лечебных учреждениях: общего профиля, специализированных (с высокой частотой заболевания) и в условиях скрининга (низкая частота заболевания). Из сказанного следует важнейшее правило диагностики: *эффективность диагностического исследования необходимо оценивать только с учетом частоты выявляемого заболевания, т.е. конкретных условий применения данного метода исследования.* Например, информативность рентгенографии грудной клетки будет различной в зависимости от того, где и с какой целью ее проводят: при массовых проверочных исследованиях, в лечебном учреждении общего профиля или в онкологическом диспансере.

Давая оценку диагностической эффективности метода исследования, обычно указывают на общее количество ошибочных заключений: чем их меньше, тем эффективнее метод. Однако, как уже отмечалось, одновременно уменьшить количество ложноположительных и ложноотрицательных ошибок нереально, поскольку они связаны между собой. Кроме того, принято считать, что ошибки первого типа — ложноположительные — не так опасны, как ошибки второго типа — ложноотрицательные. Это особенно относится к выявлению инфекционных и онкологических заболеваний: пропустить болезнь во много раз опаснее, чем диагностировать ее у здорового человека.

В тех случаях, когда результаты диагностического исследования выражают количественно, их классифицируют на норму и патологию условно (рис. 1.14). Часть значений теста, принимаемых за норму, будет наблюдаться у больных, и, наоборот, в зоне патологии окажутся некоторые изменения у здоровых. Это и понятно: ведь граница между здоровьем и начальной стадией болезни всегда условна. И все же в практической работе, анализируя цифровые показатели диагностического исследования, врач вынужден принимать альтернативные решения: отнести данного пациента к группе здоровых либо больных. При этом он пользуется разделительным значением применяемого теста.

Изменение границы между нормой и патологией всегда сопровождается изменением операционных характеристик метода. Если к методу предъявляются более жесткие требования, т.е. граница между нормой и патологией устанавливается на высоких значениях теста, увеличивается число



**Рис. 1.14.** Распределение вероятностей нормы и патологии.

$\alpha$  - ложноположительные решения;  $\beta$  - ложноотрицательные решения,  $\chi$  - граница между нормой и патологией

ложноотрицательных заключений (пропусков заболеваний), что приводит к повышению специфичности теста, но одновременно к снижению его чувствительности. Если целесообразно смягчить требования к тесту, границу между нормой и патологией сдвигают в сторону нормальных значений, что сопровождается увеличением числа ложноположительных заключений (ложных тревог) и одновременно уменьшением числа ложноотрицательных (пропусков заболеваний). При этом повышается чувствительность метода, но снижается его специфичность.

Таким образом, проводя диагностические исследования и оценивая их результаты количественно, врач всегда находится в условиях выбора: то жертвует чувствительностью, чтобы повысить специфичность, то, наоборот, отдает предпочтение специфичности за счет снижения чувствительности. Как правильно поступать в каждом конкретном случае, зависит от многих факторов: социальной значимости заболевания, его характера, состояния больного.

Из изложенного следует важнейший для современной медицинской диагностики, в том числе лучевой, вывод: *количественный математический метод, каким бы совершенством ни отличались математический аппарат и используемые технические средства, всегда имеет ограниченное, прикладное значение, подчиняясь логическому мышлению врача и соотносясь с конкретной клинической и социальной ситуацией.*

Для того чтобы оценить диагностическую эффективность метода с учетом последствий ложных решений, используют характеристические кривые, отражающие взаимную зависимость ложноположительных и истинно положительных результатов. Полное название таких кривых — «*операционные характеристические кривые наблюдателя*» (*Receiver operating characteristic curve, сокращенно ROC-curve*), поэтому часто такие кривые называют *ROC-кривыми*, а выполняемые для их построения действия — *ROC-анализом*.

С целью построения характеристических кривых результаты обследования верифицированной группы больных и здоровых распределяют в несколько групп. Если эти результаты имеют количественный характер, то их ранжируют по значению точки разделения на норму и патологию. Качественные же результаты применения изучаемого метода (например, описание рентгенологической или скинтиграфической картины) ранжируют по степени уверенности врача в диагнозе. Полученные таким образом данные сводят в таблицы и по ним строят характеристические кривые — ROC-кривые (рис. 1.15). Чем больше изгиб характеристической кривой, т.е. чем ближе к верхнему левому углу системы координат она расположена, тем выше эффективность диагностического метода. Приближение же ROC-кривой к диагонали, проходящей через начало координат, свидетельствует о низкой эффективности метода исследования.

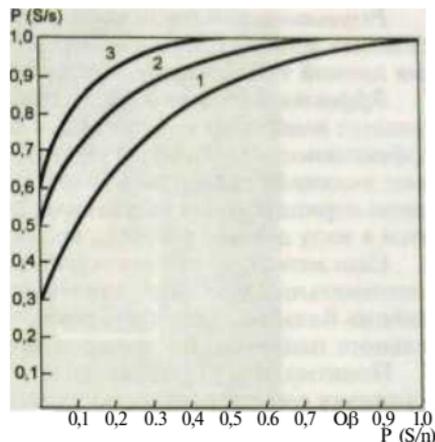


Рис. 1.15. ROC-кривые (1—3) трех серий опытов.

$P(S/s)$  — истинно положительные случаи;  $P(S/n)$  — ложноположительные случаи. Наиболее информативен опыт 3.

Характеристические кривые позволяют наглядно сопоставить диагностическую эффективность различных методов исследования при обнаружении одного и того же поражения. Кроме того, с их помощью можно оценить качество средств визуализации: рентгеновских экранов, дисплеев, твердых копий медицинских изображений (рентгенограмм, скинтиграмм и др.). С этой целью организуют группу экспертов — специалистов в области лучевой диагностики, которым предъявляют для анализа серию верифицированных медицинских изображений. Ответы экспертов кодируют по указанной выше 5-балльной системе и на основании полученных данных строят характеристические кривые каждого изучаемого метода. *Тот метод, у которого ROC-кривая имеет больший изгиб и расположена ближе к верхнему левому углу системы координат, имеет более высокую диагностическую эффективность.*

Интересно, что метод ROC-анализа и построение ROC-кривых дают возможность оценить профессиональные навыки и квалификацию специалистов. С этой целью врач предъявляет для опознания верифицированный архив медицинских изображений (рентгенограмм, скинтиграмм и др.). Так же как и в предыдущем случае, ответы врача соответствующим образом ранжируют и по полученным данным строят характеристические кривые. У квалифицированного специалиста ROC-кривая имеет крутой изгиб, она вплотную приближена к верхнему левому углу системы координат.

Для того чтобы оценить вклад лучевой диагностики, как и диагностики вообще, в медицинскую практику, используют следующие комплексные критерии.

*Результативность метода* - это вероятность получения у отдельного пациента или популяции в целом положительного результата от применения данной технологии в усредненных условиях.

*Эффективность метода* - оценка мастерства врача, с которым он использует имеющиеся ресурсы для решения данной проблемы. В частности, эффективность процедуры получения диагностического изображения считают высокой если наибольшее число истинно положительных и/или истинно отрицательных результатов получено при наименьших затратах (имеются в виду деньги, ресурсы, время).

*Сила метода* — это способность диагностического теста, примененного в оптимальных условиях, влиять на решение врача, касающееся диагноза и ведения больного (лечение, реабилитацию), т.е. влиять на здоровье как отдельного пациента, так и населения в целом.

Понятно, что результативность метода всегда будет ниже, чем его сила, поскольку она зависит от мастерства специалиста, обеспечивающего получение диагностического изображения, а также потому, что инфраструктура в усредненных условиях отнюдь не соответствует таковой в оптимальных условиях.

#### **4.4. Медицинская информация как объект обработки на компьютере**

При обработке материалов клинического, лабораторного и лучевого исследований на компьютере возникает необходимость решить ряд задач, постановка которых должна корректно отражать исходные данные и, главное, соответствовать требованиям, предъявляемым к их компьютерной обработке с помощью прикладных универсальных или специализированных программ. Все медико-биологические данные, учитываемые при лучевой диагностике, могут быть классифицированы следующим образом.

*Качественные признаки:* однородность изображения органа, форма тени (например, тени сердца на рентгенограмме), ее интенсивность и др., а также такие клинические признаки, как наличие боли, желтушность кожного покрова и пр.

*Количественные признаки:* интенсивность тени на компьютерной томограмме по шкале Хаунсфилда, показатели радиоактивности введенного в организм радиофармпрепарата, рост и масса тела пациента, концентрация биологически активных веществ в крови и т.п.

*Динамическая регистрация физиологических функций:* кривые, записанные при радионуклидном исследовании, доплеровском картировании кровотока, электрокардиографии и др.

*Статические изображения:* рентгенограммы, томограммы, сонограммы скинтиграммы и т.п.

*Серия изображений в динамике,* динамическая скинтиграфия (рис. 1.16); рентгенокино съемка, наблюдение при рентгеноскопии и т.д.

Приведенная группировка условна, поскольку одна и та же характеристика зависит от методики обследования разных групп пациентов. Данные скинтиграфии, например, могут иметь вид то статических, то динамических картин. Серия скинтиграмм может быть обработана таким образом,

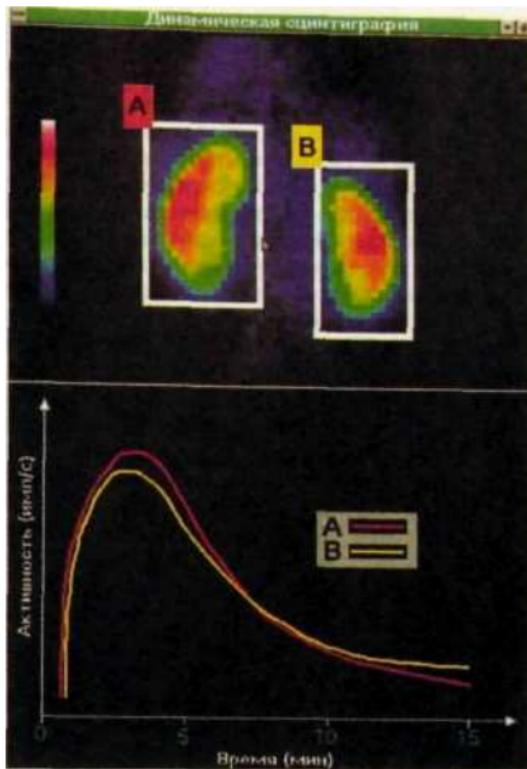


Рис. 1.16. Сцинтиграфия почек. Выделение «зон интереса» и построение кривых функции почек (гистограмм). А — правая почка; В — левая.

чтобы получилась кривая прохождения радиофармпрепарата по органу (см. рис. 1.16). Наконец, та же сцинтиграмма может быть оцифрована и представлена как набор количественных показателей.

При рассмотрении медико-биологических данных следует различать понятия «признак» и «параметр». *Признак* — это характеристика пациента, имеющая только два значения: наличие или отсутствие. Признаком является наличие боли, припухлости, тени очага на рентгенограмме, дефекта накопления радиофармпрепарата на сцинтиграмме и др. *Параметр* — это величина, характеризующая свойство процесса, явления или системы в абсолютных либо относительных величинах. Параметрами являются температура тела, показатели артериального давления, концентрация отдельных веществ в крови.

Деление характеристик пациента на признаки и параметры, конечно, в определенной степени условно. Признак может перейти в разряд параметра, если определять рассматриваемое свойство по условной шкале. Например, выраженность припухлости можно оценить в баллах: 1 балл, 2 балла и

тд Аналогичным образом параметр может стать признаком, если оценка его будет производиться альтернативно: отсутствие или наличие повышения артериального давления.

Информацию вводят в компьютер либо с *периферийного оборудования* — клавиатуры, магнитных накопителей, речевого ввода, либо с *терминала диагностического аппарата* — рентгеновского, ультразвукового, магнитно-резонансного, радионуклидного. Во втором случае для получения единого формата данных предпочитают использовать терминалы в стандарте DICOM. При этом процедура введения информации с терминала в компьютер может иметь двоякий характер. В *автономном режиме (off-line)* диагностическая информация из оперативной памяти компьютера переносится на какой-либо промежуточный магнитный носитель и уже потом, после окончания исследования, ее обрабатывают на процессоре. В *неавтономном (диалоговом) режиме (on-line)* информация, находясь в оперативной памяти, сразу же обрабатывается процессором. В лучевой диагностике по техническим соображениям чаще применяют автономный режим работы с информацией.

Хранение информации (закодированных изображений, результатов работы, списков больных и пр.) в компьютере осуществляется на жестком диске или внешних магнитных носителях — дискетах, лентах.

*Каждая порция (массив, набор) информации, записываемая на магнитный носитель, называется файлом (от англ. file — досье, картотека).* Управление файлами обеспечивает *файловая система*, являющаяся частью *операционной системы* компьютера. Каждый файл имеет свой *идентификатор*: ему присваивают имя, которое регистрируют в каталоге файлов; обычно указывают также объем файла и дату его создания. Перечень (каталог) файлов носит название «*директорий*». Просматривая директорий на экране дисплея, можно найти в каталоге интересующий файл и вызвать его из памяти компьютера.

При записи информации на магнитную ленту, что обычно осуществляется в *архивах долговременного хранения*, операционная система располагает файлы последовательно один за другим по мере их поступления. Для того чтобы найти нужный файл, необходимо, как в кассетном магнитофоне, просмотреть последовательно все файлы. Несмотря на автоматизм такого поиска, на него затрачивается определенное время (иногда оно исчисляется минутами). Такие системы записи файлов называют *системами с последовательным доступом*.

В случае записи на диски (магнитные, оптические, магнитно-оптические) операционная система ведет учет свободного места на диске, записывает файл на свободное место по частям (блоками), осуществляет их поиск, считывание и пересылку в оперативную память компьютера. Время доступа к искомому файлу при этом составляет всего несколько миллисекунд. Подобные системы называют *системами с произвольным доступом*. Их используют в диагностических терминалах, на автоматизированных рабочих местах, в архивах недолгосрочного (промежуточного) хра-

*й науках же и в искусствах... все должно шуметь новыми работами и дальнейшим продвижением вперед.*

Френсис Бэкон

На лекции по лучевой диагностике один из авторов обратился к студентам с просьбой высказать пожелания по поводу нового учебника. Поднялся студент 3-го курса и предложил, чтобы в учебнике были рекомендации по научно-исследовательской работе студентов. Это заставило нас задуматься. Ведь учебник пишут и издают несколько лет. За это время конкретные научные темы стареют. Да и нужны ли всем студентам подобные рекомендации?

Итальянская поговорка гласит: «Вторая мысль всегда лучше». Сомнения быстро оставили нас. И в первом издании этого учебника после каждой главы появился раздел «Молодому исследователю». Да, мы убеждены, что все студенты должны заниматься научными исследованиями. Прежде всего потому, что врач должен уметь мыслить. Коэффициент полезного действия нашего мозга, увы, крайне низок. Из 10–14 млрд нейронов, как полагают, мы обычно используем 4 %. Мы можем только догадываться о возможностях мозга по тем высотам, которых временами достигает человеческая мысль (Ломоносов, Гегель, Эйнштейн). Поразительный факт — нас почти не учат мыслить. Нас учат правилам хорошего тона (нередко без особого успеха), учат писать и считать, танцевать и плавать, перкутировать и накладывать швы, делать рентгеновские снимки, но очень мало учат технологии мышления. Так вот: одним из главных способов обучения мышлению является самостоятельная научная работа под руководством серьезного наставника. Наука учит человека мыслить, сопоставлять и взвешивать факты. Она приучает его к непрерывному труду, пытливости и сосредоточенности. Она наполняет жизнь творческим содержанием, своеобразной романтикой — романтикой научного поиска. Врач должен быть умным, потому что перед ним стоят трудные задачи, от решения которых зависят здоровье и жизнь людей.

Жизнь молодого человека должна быть полнокровной. Нелегко соединить учебу, физическую культуру, научную работу, искусство, дружбу, любовь и для всего найти место. Требуется продуманная организация своей жизни и определенные усилия.

*...Усилья, усилья, усилья.  
Спина — будто натертая солью.  
А вдруг это —  
крылья, крылья  
Проклеваются с болью ?!*

В. Шефнер

Привлекаем мы Вас к научной работе не призывами. Мы лишь формулируем некоторые общие проблемы, над которыми стоит задуматься, а некоторые из них, кто знает, сделать затем главным содержанием своей профессиональной деятельности.

Проблема первая. XX век был преимущественно веком диагностики болезней. XXI век должен стать веком диагностики и охраны здоровья, веком

превентивной медицины. Ее основой будет определение у каждого члена общества всех необходимых показателей его генетической, биохимической, иммунологической, морфологической организации и распределение их в пространстве признаков. Отклонение любого признака за пределы поля допуска в любой период развития индивидуума — от внутриутробного до старческого — будет сигналом для медицинского воздействия. Анализ всех показателей должен быть основанием для выработки индивидуального плана охраны здоровья индивидуума (индивидуального маршрута здоровья).

Проблема вторая. Развитие превентивной медицины ставит комплекс социальных, экономических, этических и медицинских вопросов и неизбежно приведет к реструктуризации здравоохранения. Понадобятся специальные службы превентивной медицины. Резко увеличится значение санитарного просвещения населения с помощью всех средств массовой информации.

## часть и I Методы и средства лучевой диагностики

*С каждым шагом методики вперед мы как бы поднимаемся ступенью выше, с которой открывается нам более широкий горизонт, с невидимыми раньше предметами.*

**И.П.Павлов**



•Меланхолия, урановая идиллия». Сальвадор Дали, 1945

Медицинская диагностика основана на выявлении патологических изменений в органах и системах человека и установлении связи обнаруженного комплекса симптомов с определенным заболеванием. Эта задача не из легких ввиду очень большого числа болезней и крайней вариативности их проявлений у отдельных больных. Выдающийся русский терапевт С.П. Боткин с грустью отмечал, что он был бы рад, если бы ему в 30 % случаев удалось добиться полного совпадения клинического и патологоанатомического диагнозов. С тех пор уткло много воды и диагностика сделала поистине гигантский шаг вперед. Это произошло в первую очередь потому, что врач смог дополнить клинический осмотр больного многочисленными исследованиями, из которых наибольшее значение приобрели лучевые. Существующие методы лучевой диагностики можно сгруппировать следующим образом.

- *Рентгенологический метод.*
- *Радионуклидный метод.*
- *Магнитно-резонансный метод.*
- *Ультразвуковой метод.*

## 1. ВЕЛИКИЙ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

*Вдруг стало видимо далеко во все концы света.*

Н.В. Гоголь

*Рентгенологический метод* — это способ изучения строения и функции различных органов и систем, основанный на качественном и количественном анализе пучка рентгеновского излучения, прошедшего через тело человека.

### 1.1. Получение рентгеновского изображения

Современная рентгеновская установка — сложное техническое устройство. Оно включает элементы телеавтоматики, электроники, компьютерной техники. Многоступенчатая система защиты обеспечивает полную радиационную и электрическую безопасность персонала и обследуемых больных.

Рентгенодиагностические аппараты принято делить на универсальные (*общего назначения*), позволяющие производить рентгеновское просвечивание и рентгеновские снимки всех частей тела, и аппараты специального назначения (*специализированные*). Последние предназначены для выполнения рентгенологических исследований в неврологии, стоматологии, урологии, маммологии, ангиологии. Созданы также специализированные аппараты для обследования детей, проведения массовых проверочных исследований (флюорографии), исследований в палатах и операционных.

*В состав типового рентгенодиагностического аппарата входят питающее устройство, излучатель (рентгеновская трубка), устройство для коллимации пучка, рентгеноэкспозиметр и приемники излучения (рис. III). У некоторых аппаратов имеется дополнительный компьютерный терминал.*

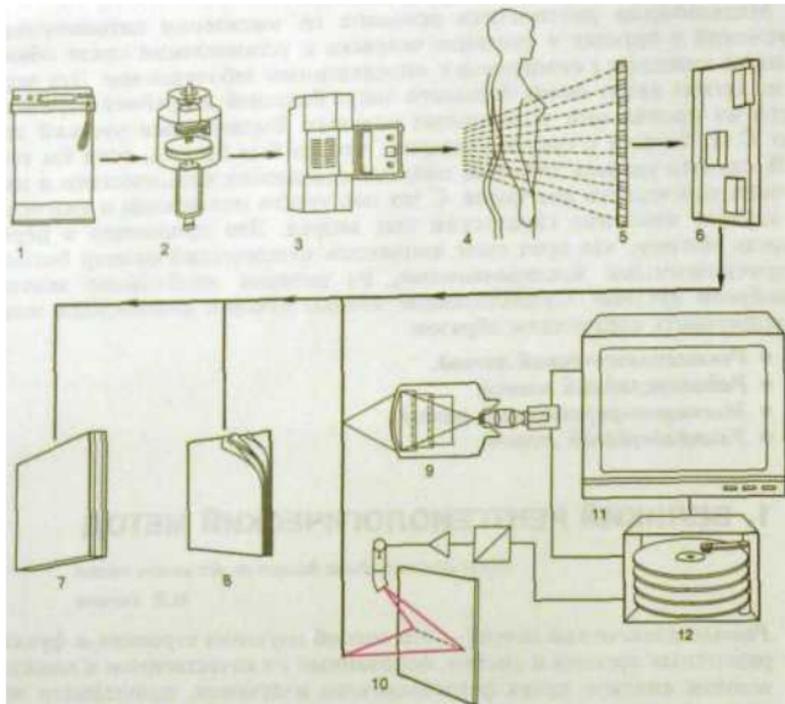


Рис. П.1. Принципиальная схема рентгенодиагностической установки.

1 — питающее устройство; 2 — излучатель (рентгеновая трубка); 3 — устройство для коллимации пучка излучения; 4 — пациент; 5 — отсеивающая решетка; 6 — рентгеноэкспонетр; 7 — рентгеновая кассета; 8 — рентгеновая пленка в комбинации с усиливающими экранами; 9 — электронно-оптический усилитель; 10 — люминесцентная пластина для цифровой рентгенографии; 11 — дисплей; 12 — магнитный накопитель изображений.

Рентгеновский аппарат питается от городской сети переменным током напряжением 220 или 380 В. Питающее устройство преобразует это напряжение в высокое — порядка 40—150 кВ. Пульсацию напряжения доводят до минимальной; в некоторых аппаратах с высокочастотным генератором это напряжение практически постоянное. От величины напряжения зависит качество рентгеновского пучка, в частности его проникающая способность.

Рентгенодиагностический аппарат общего назначения (рис. П.2) включает поворотный стол-штатив, на котором располагается обследуемый. Врач-рентгенолог находится либо поблизости, у экрана монитора, либо в соседнем помещении, если штатив имеет телеметрическое управление. Существуют аппараты, предназначенные только для выполнения рентгенограмм — в рентгеновском кабинете, операционной, палате (рис. П.3). Управлять аппаратом несложно, так как выбор и регулировка технических условий осуществляются, как правило, автоматически с помощью микропроцессорной техники.



Рис. 11.2. Рентгенодиагностический аппарат.

При прохождении через тело человека пучок рентгеновского излучения ослабевает. Тело человека представляет собой неоднородную среду, поэтому в разных органах излучение поглощается в неодинаковой степени ввиду различной толщины и плотности ткани. При равной толщине слоя излучение сильнее всего поглощается костной тканью, почти в 2 раза меньшее количество его задерживается паренхиматозными органами и свободно проходит через газ, находящийся в легких, желудке, кишечнике. Из изложенного нетрудно сделать простой вывод: чем сильнее исследуемый орган поглощает излучение, тем интенсивнее его тень на приемнике излучения, и наоборот, чем больше лучей пройдет через орган, тем прозрачнее будет его изображение.

Поясним это положение на примере. На рис. 11.4 представлено изображение органов грудной полости, каким его видит врач на экране рентгеновского дисплея. На изображении четко выделяются ключицы и ребра, поскольку костная ткань задерживает большое количество рентгеновского излучения. Органы средостения — сердце с находящейся в нем кровью, клетчатка, пищевод, лимфатические узлы — поглощают меньше рентгеновского излучения, однако из-за большой общей массы этих органов их тень на рентгенограмме также кажется интенсивной. По бокам от средостения видны светлые легочные поля. Легочная ткань содержит много воздуха и мало мягких тканей в единице объема, поэтому слабее задерживает рентге-



**Рис. 11.3.** Рентгенография с помощью передвижного рентгеновского аппарата

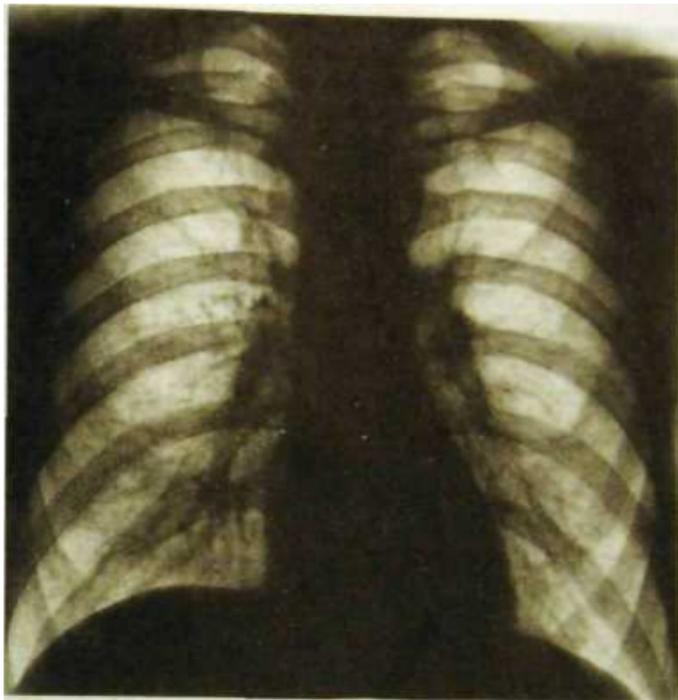


Рис. П.4. Обзорная рентгенограмма органов грудной полости.

новское излучение. Таким образом, полученное изображение объективно отразило степень поглощения рентгеновского излучения в разных тканях и органах грудной полости.

## 1.2. Искусственное контрастирование органов

Обратитесь вновь к рис. И.4. На нем легко различить изображения сердца и легких, так как они в разной степени поглощают излучение. Они обладают, как принято говорить в рентгенодиагностике, *естественной контрастностью*. Однако на снимке не различимы бронхи, поскольку они, как и легочная ткань, содержат воздух. Не видны также полости сердца, потому что они заполнены кровью, которая задерживает излучение в той же степени, что и сердечная мышца.

Для того чтобы получить дифференцированное изображение тканей, примерно одинаково поглощающих излучение, применяют искусственное контрастирование. С этой целью в организм вводят вещества, которые поглощают рентгеновское излучение сильнее или, наоборот, слабее, чем мягкие ткани, и тем самым создают достаточный контраст с исследуемыми органами. Вещества, задерживающие больше излучения,

чем мягкие ткани, называются *рентгенопозитивными*. Они созданы на основе тяжелых элементов - бария или йода.

В качестве же *рентгеногативных* контрастных веществ используют газы - закись азота, углекислый газ. Основные требования к рентгеноконтрастным веществам очевидны: создание высокой контрастности изображения, безвредность при введении в организм больного, быстрое выведение из организма.

Существуют два принципиально различных способа контрастирования органов. Один из них заключается в прямом механическом введении контрастного вещества в полость органа — в пищевод, желудок, кишечник, слезные или слюнные протоки, желчные пути, полость матки, кровеносные сосуды или полости сердца.

Второй способ контрастирования основан на способности некоторых органов поглощать из крови введенное в нее контрастное вещество, концентрировать и выделять его. Этот принцип — концентрации и выведения — используют при рентгенологическом исследовании мочевыделительной системы и желчных путей.

В рентгенологической практике в настоящее время применяют следующие контрастные средства.

1. *Препараты сульфата бария (BaSO<sub>4</sub>)*. Водная взвесь сульфата бария ~ основной препарат для исследования пищеварительного канала. Она не растворима в воде и пищеварительных соках, безвредна. Применяют в виде суспензии в концентрации 1:1 или более высокой — до 5:1. Для придания препарату дополнительных свойств (замедление оседания твердых частиц бария, повышение прилипаемости к слизистой оболочке) в водную взвесь добавляют химически активные вещества (танин, цитрат натрия, сорбит и др.), для увеличения вязкости — желатин, пищевую целлюлозу. Существуют готовые официальные препараты сульфата бария, отвечающие всем перечисленным требованиям.

2. *Йодсодержащие растворы органических соединений*. Это большая группа препаратов, представляющих собой главным образом производные некоторых ароматических кислот — бензойной, адипиновой, фенилпропионовой и др. Препараты используют для контрастирования кровеносных сосудов и полостей сердца. К ним относятся, например, урографин, тразограф, триомбрат и др. Эти препараты выделяются мочевыводящей системой, поэтому могут быть использованы для исследования чашечно-лоханочного комплекса почек, мочеточников, мочевого пузыря.

В последнее время появилось новое поколение йодсодержащих органических соединений — *неионные* (сначала *мономеры* — омнипак, ультравист, затем *димеры* — йодиксанол, йотролан). Их осмолярность значительно ниже, чем ионных, и приближается к осмолярности плазмы крови (300 мОсм). Вследствие этого они значительно менее токсичны, чем ионные мономеры.

Ряд йодсодержащих препаратов улавливается из крови печенью и выводится с желчью, поэтому их применяют для контрастирования желчных путей. С целью контрастирования желчного пузыря применяют йодистые препараты, всасывающиеся в кишечнике (холевид).

3. *Йодированные масла*. Эти препараты представляют собой эмульсию йодистых соединений в растительных маслах (персиковом, маковом). Они

завоевали популярность как средства, используемые при исследовании бронхов, лимфатических сосудов, полости матки, свищевых ходов. Особенно хороши ультратонкие йодированные масла (липоидол) которые характеризуются высокой контрастностью и мало раздражают ткани.

Йодсодержащие препараты, особенно ионной группы, могут вызывать аллергические реакции и оказывать токсическое воздействие на организм. Общие аллергические проявления наблюдаются со стороны кожи и слизистых оболочек (конъюнктивит, ринит, крапивница, отек слизистой оболочки гортани, бронхов, трахеи), сердечно-сосудистой системы (снижение кровяного давления, коллапс), центральной нервной системы (судороги, иногда параличи), почек (нарушение выделительной функции). Указанные реакции обычно преходящи, но могут достигать высокой степени выраженности и даже привести к смертельному исходу. В связи с этим перед введением в кровь йодсодержащих препаратов, особенно высокоосмолярных из ионной группы, необходимо провести биологическую пробу: осторожно вливают внутривенно 1 мл рентгеноконтрастного препарата и выжидают 2—3 мин, внимательно наблюдая за состоянием больного. Лишь в случае отсутствия аллергической реакции вводят основную дозу, которая при разных исследованиях варьирует от 20 до 100 мл.

При малейших признаках реакции на введение пробной дозы исследование прекращают. С большой осторожностью прибегают к рентгеноконтрастным исследованиям у лиц с аллергическими заболеваниями: бронхиальной астмой, сенной лихорадкой, аллергическим назофарингитом и др. В рентгеновском кабинете всегда хранятся средства для предотвращения и устранения аллергических и токсических реакций. Еще раз подчеркнем, что благодаря введению в клиническую практику контрастных препаратов неионной группы значительно уменьшилось количество и выраженность неблагоприятных реакций. Однако их высокая стоимость пока сдерживает повсеместный переход только на эти рентгеноконтрастные вещества.

4. *Газы* (закись азота, углекислый газ, обычный воздух). Для введения в кровь можно применять только углекислый газ вследствие его высокой растворимости. При введении в полости тела и клетчаточные пространства также во избежание газовой эмболии используют закись азота. В пищеварительный канал допустимо вводить обычный воздух.

В некоторых случаях рентгенологическое исследование проводят с двумя рентгеноконтрастными веществами — рентгенопозитивным и рентгено-негативным. Это так называемое *двойное контрастирование*. Чаще таким приемом пользуются в гастроэнтерологии, когда при исследовании пищеварительной трубки одновременно вводят сульфат бария и воздух.

### 1.3. Рентгенография

*Рентгенография (рентгеновская съемка) - способ рентгенологического исследования, при котором фиксированное рентгеновское изображение объекта получают на твердом носителе, в подавляющем большинстве случаев на рентгеновской пленке. В цифровых рентгеновских аппаратах это изображение может быть зафиксировано на бумаге, в магнитной или магнитно-оптической памяти, получено на экране дисплея.*



Рнс. Н.5. Подготовка к рентгенографии предплечья.

*Пленочную рентгенографию* выполняют либо на универсальном рентгеновском аппарате, либо на специальном штативе, предназначенном только для этого вида исследования. Исследуемая часть тела располагается между рентгеновским излучателем и кассетой (рис. П.5). Внутренние стенки кассеты покрыты усиливающими экранами, между которыми и помещается рентгеновская пленка.

*Усиливающие экраны* содержат люминофор, который под действием рентгеновского излучения светится и, таким образом воздействуя на пленку, усиливает его фотохимическое действие. Основное назначение усиливающих экранов — уменьшить экспозицию, а значит, и радиационное облучение пациента.

В зависимости от назначения усиливающие экраны делят на *стандартные, мелкозернистые* (у них мелкое зерно люминофора, пониженная светоотдача, но очень высокое пространственное разрешение), которые применяют в остеологии, и *скоростные* (с крупными зёрнами люминофора, высокой светоотдачей, но пониженным разрешением), которые используют при проведении исследования у детей и быстро движущихся объектов, например сердца.

Исследуемую часть тела помещают максимально близко к кассете, чтобы уменьшить проекционное искажение (в основном увеличение), которое возникает из-за расходящегося характера пучка рентгеновских лучей.

Кроме того такое расположение обеспечивает необходимую резкость изображения. Излучатель устанавливают так, чтобы центральный пучок проходил через центр снимаемой части тела и был перпендикулярен пленке. В некоторых случаях, например при исследовании височной кости, применяют наклонное положение излучателя.

Рентгенографию можно выполнять в вертикальном, горизонтальном или наклонном положении больного, а также в положении на боку. Съемка в разных положениях позволяет судить о смещаемости органов и выявлять некоторые важные диагностические признаки, например растекание жидкости в плевральной полости или наличие урвней жидкости в петлях кишечника.

Снимок части тела (голова, таз и др.) или целого органа (легкие, желудок) называют обзорным. Снимки с изображением интересующей врача части органа в проекции, оптимальной для исследования той или иной детали, именуют прицельными. Их нередко производит сам врач под контролем просвечивания. Снимки могут быть одиночными или серийными. Серия может состоять из 2—3 рентгенограмм, на которых зафиксированы разные состояния органа (например, перистальтика желудка). Однако чаще под серийной рентгенографией понимают изготовление нескольких рентгенограмм в течение одного исследования и обычно за короткий промежуток времени. Например, при артериографии (контрастный исследование сосудов) с помощью специального устройства — сериографа — производят до 6—8 снимков в секунду.

Из вариантов рентгенографии заслуживает упоминания съемка с прямым увеличением изображения, которого обычно достигают, отодвигая рентгеновскую кассету от объекта съемки на 20—30 см. В результате этого на рентгенограмме получается изображение мелких деталей, не различимых на обычных снимках. Эту технологию можно использовать только при наличии специальных трубок, в которых фокусное пятно имеет очень небольшие размеры — порядка 0,1—0,3 мм<sup>2</sup>. Для изучения костно-суставной системы оптимальным считается увеличение в 5—7 раз (рис. 11.6).

На рентгенограммах можно получить изображение любой части тела. Некоторые органы хорошо различимы на снимках благодаря естественной контрастности (кости, сердце, легкие). Другие органы достаточно четко отображаются только после их искусственного контрастирования (bronхи, сосуды, желчные протоки, полости сердца, желудок, кишечник). В любом случае рентгенологическая картина формируется из светлых и темных участков. Почернение рентгеновской пленки, как и фотопленки, происходит вследствие восстановления металлического серебра в ее экспонированном эмульсионном слое. Для этого пленку подвергают химической и физической обработке: проявляют, фиксируют, промывают, сушат. В современных рентгеновских кабинетах весь процесс обработки пленки автоматизирован благодаря наличию проявочных машин. Применение микропроцессорной техники, высокой температуры и быстродействующих химических реактивов позволяет уменьшить время получения рентгенограммы до 1—1,5 мин.

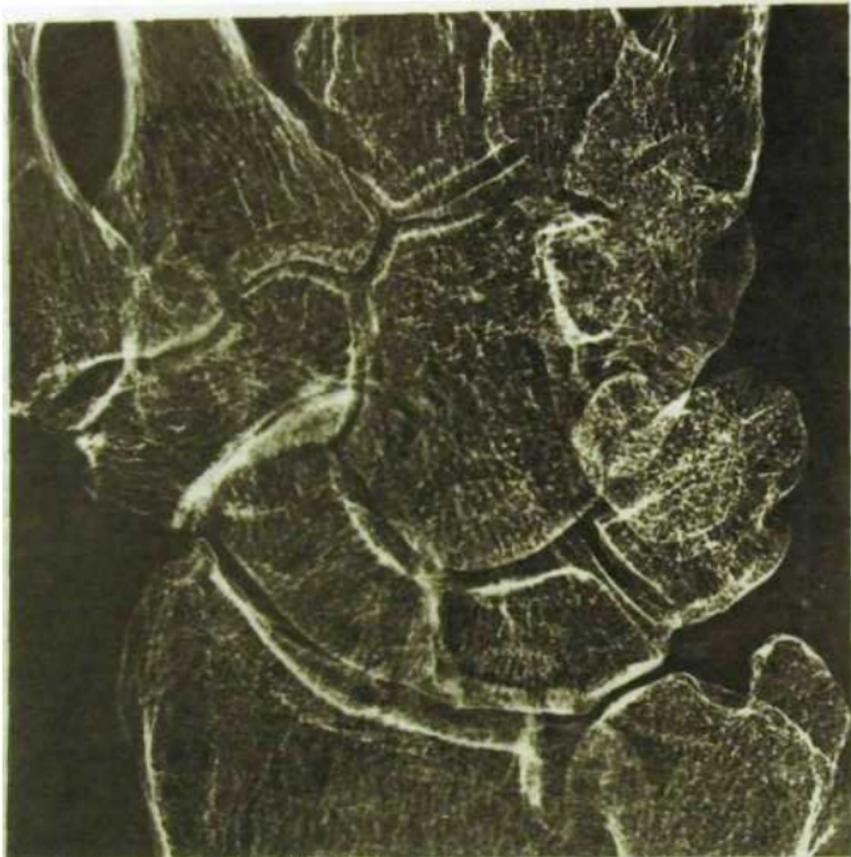


Рис. П.6. Рентгенограмма костей запястья с увеличением изображения.

Следует помнить, что рентгеновский снимок является негативом по отношению к изображению, видимому на флюоресцентном экране при просвечивании, поэтому прозрачные для рентгеновских лучей участки тела на рентгенограммах получаются темными («затемнения»), а более плотные — светлыми («просветления»)!. Однако главная особенность рентгенограммы заключается в другом. Каждый луч при прохождении через тело человека пересекает не одну точку, а огромное количество точек, расположенных как на поверхности, так и в глубине тканей. Следовательно, каждой точке на снимке соответствует множество действительных точек объекта, которые проецируются друг на друга, поэтому рентгеновское изображение является суммационным, плоскост-

<sup>1</sup> По существующим правилам все рентгенограммы в учебнике воспроизводятся в позитивном отображении, идентичном изображению на флюоресцентном экране.

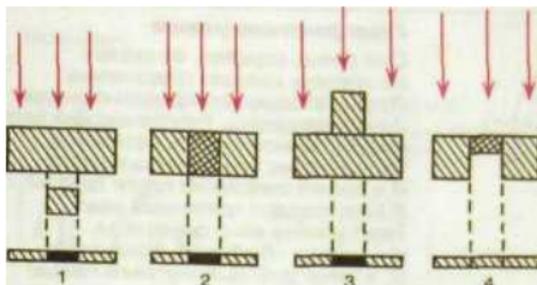


Рис. П.7. Различные виды суммации (1-3) и вычитания (4) теней на рентгено-

вым. На рис. П.7 показано, что это обстоятельство приводит к потере изображения многих элементов объекта, поскольку изображение одних деталей накладывается на тень других. Из этого вытекает основное правило рентгенологического исследования: рентгенограммы любой части тела (органа) должны быть произведены как минимум в двух взаимно перпендикулярных проекциях — прямой и боковой. В дополнение к ним могут понадобиться снимки в косых и аксиальных (осевых) проекциях.

Рентгенограммы изучают в соответствии с общей схемой анализа лучевых изображений<sup>1</sup>.

Рентгенографию применяют повсеместно. Она может быть выполнена во всех лечебных учреждениях, проста и необременительна для пациента. Снимки можно производить в стационарном рентгеновском кабинете, палате, операционной, реанимационном отделении. При правильном выборе технических условий на снимке отображаются мелкие анатомические детали. Рентгенограмма является документом, который можно хранить продолжительное время, использовать для сопоставления с повторными рентгенограммами и предъявлять для обсуждения неограниченному числу специалистов.

Показания к рентгенографии весьма широки, но в каждом конкретном случае должны быть обоснованы, так как рентгенологическое исследование сопряжено с лучевой нагрузкой. Относительными противопоказаниями служат крайне тяжелое состояние или сильное возбуждение больного, а также острые состояния, при которых требуется экстренная хирургическая помощь (например, кровотечение из крупного сосуда, открытый пневмоторакс).

В качестве приемника рентгеновского изображения ранее применяли селеновые пластины, которые перед экспонированием заряжали на специальных аппаратах. Затем изображение переносили на писчую бумагу. Метод получил название *электрорентгенографии*. Однако в дальнейшем этот метод себя не оправдал из-за большого числа артефактов, высокой лучевой нагрузки и искажения рентгеновских изображений.

<sup>1</sup> Подробно см.: *Линденбратен Л.Д.* Методика изучения рентгеновских снимков.— М.: Медицина, 1971.



### **Гимн рентгенограмме**

Она тонка, стройна, ее скелет  
Из хрупких кальция соединений  
Лучей катодных всепроникновеньем  
Воссоздан здесь. Рентгеновский портрет  
Рисует гармоничность позвонков,  
Стряхнувших эпидермиса покров.  
И в дымке очертаний плоти слабой  
Я вижу сердца трепетный овал;  
Твою улыбку взор дорисовал,  
И я шепчу: «Любимая, я раб твой.  
О, жемчуг рта! О, полутеней гамма!  
Любовь и страсть моя, рентгенограмма».  
Лоренс Рассел

Прогресс компьютерной техники открыл возможность разработки *дигитальных (цифровых) способов получения рентгеновского изображения* (от англ. digit — цифра). Для этих способов характерно представление рентгеновского изображения в цифровом варианте. Такие изображения формируются с помощью различных устройств. Соответственно различают следующие системы цифровой рентгенографии: 1) *электронно-оптическая цифровая рентгенография*; 2) *сканирующая цифровая рентгенография*; 3) *цифровая люминесцентная рентгенография*; 4) *цифровая селеновая или силиконовая рентгенография (прямая цифровая рентгенография)*.

При *электронно-оптической цифровой рентгенографии* рентгеновское изображение, полученное в телевизионной камере, после усиления поступает на аналого-цифровой преобразователь (рис. П.8). Все электрические сигналы, несущие информацию об исследуемом объекте, превращаются в череду цифр. Иными словами, создается цифровой образ объекта. Цифровая информация поступает затем в компьютер, где обрабатывается по заранее составленным программам. Программу выбирает врач, исходя из задач исследования. С помощью компьютера можно улучшить качество изображения, повысить его контрастность, очистить от помех, выделить интересующие врача детали или контуры.

В системах, в которых использована *техника сканирования объекта*, через него пропускают движущийся узкий пучок рентгеновских лучей, т.е. последовательно «просвечивают» все его отделы. Прошедшее через объект излучение регистрируется детектором и преобразуется в электрический сигнал, который после оцифровки в аналого-цифровом преобразователе передается на компьютер для последующей обработки.

Быстро развивается *цифровая люминесцентная рентгенография*, при которой пространственный рентгеновский образ воспринимается «запоминающей» люминесцентной пластиной, способной сохранять скрытое в ней изображение в течение нескольких минут. Затем эта пластина сканируется специальным лазерным устройством, а возникающий при этом световой поток преобразуется в цифровой сигнал.

Особенно привлекает внимание *прямая цифровая рентгенография*, основанная на прямом преобразовании энергии рентгеновских фотонов в свободные электроны. Подобная трансформация происходит при действии рентгеновского пучка, прошедшего через объект, на пластины из аморфного селена или аморфного полукристаллического силикона. По ряду сообра-

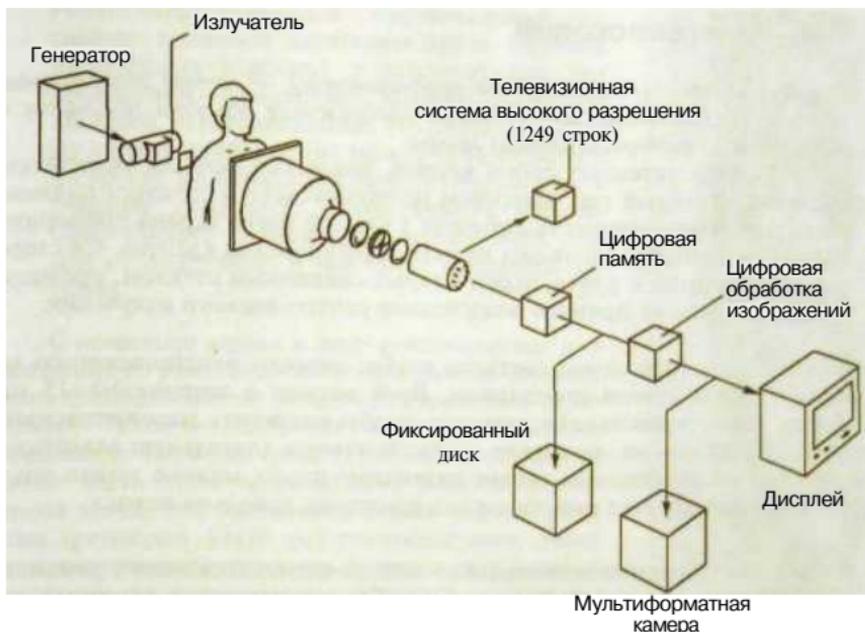


Рис. П.8. Электронно-оптическая цифровая система для рентгенографии и рентгеноскопии.

жений такой метод рентгенографии пока используют только для исследования грудной клетки.

Независимо от вида цифровой рентгенографии окончательное изображение при ней сохраняется на различного рода магнитных носителях (дискеты, жесткие диски, магнитные ленты) либо в виде твердой копии (воспроизводится с помощью мультиформатной камеры на специальной фотопленке), либо с помощью лазерного принтера на писчей бумаге.

К достоинствам цифровой рентгенографии относятся высокое качество изображения, пониженная лучевая нагрузка и возможность сохранять изображения на магнитных носителях со всеми вытекающими из этого последствиями: удобство хранения, возможность создания упорядоченных архивов с оперативным доступом к данным и передачи изображения на расстояния — как внутри больницы, так и за ее пределы.

Знаменитого математика Давида Гильберта (1862—1943) спросили об одном из его бывших учеников. — Ах, этот-то? — вспомнил Гильберт. — Он стал поэтом. Для математики у него было слишком мало воображения.

*{физики шутят. — М.: Мир, 1966}*



## 1.4. Рентгеноскопия

*Рентгеноскопия (рентгеновское просвечивание) — метод рентгенологического исследования, при котором изображение объекта получают на светящемся (флюоресцентном) экране.*

Экран представляет собой картон, покрытый особым химическим составом, который под влиянием рентгеновского излучения начинает светиться. Интенсивность свечения в каждой точке экрана пропорциональна количеству попавших на него рентгеновских квантов. Со стороны, обращенной к врачу, экран покрыт свинцовым стеклом, предохраняющим врача от прямого воздействия рентгеновского излучения.

Флюоресцентный экран светится слабо, поэтому рентгеноскопию выполняют в затемненном помещении. Врач должен в течение Ю—15 мин привыкать (адаптироваться) к темноте, чтобы различить малоинтенсивное изображение. И все же, несмотря на сколь угодно длительную адаптацию, изображение на светящемся экране различимо плохо, мелкие детали его не видны, лучевая нагрузка при таком исследовании довольно велика.

В качестве усовершенствованного метода рентгеноскопии применяют *рентгенотелевизионное просвечивание*. Его выполняют с помощью *усилителя рентгеновского изображения (УРИ)*, в состав которого входят рентгеновский электронно-оптический преобразователь (РЭОП) и замкнутая телевизионная система.

РЭОП представляет собой вакуумную трубку, внутри которой с одной стороны расположен рентгеновский флюоресцирующий экран, а с противоположной — катодно-люминесцирующий экран, между ними — электрическое ускоряющее поле с разностью потенциалов около 25 кВ. Световой образ, возникающий при просвечивании на флюоресцентном экране, на фотокатод преобразуется в поток электронов. Под воздействием ускоряющего поля и в результате фокусировки (повышения плотности потока) энергия электронов значительно — в несколько тысяч раз — возрастает. Попадая на катодно-люминесцентный экран, электронный поток создает на нем видимое, аналогичное исходному, но очень яркое изображение, которое через систему зеркал и линз передается на телевизионную трубку — видикон. Возникающие в ней электрические сигналы поступают в блок телевизионного канала, а затем — на экран дисплея. При необходимости изображение можно фиксировать с помощью видеоманитофона.

*Таким образом, в УРИ осуществляется такая цепочка преобразования образа исследуемого объекта: рентгеновский — световой — электронный (на этом этапе происходит усиление сигнала) — вновь световой — электронный (здесь возможно исправление некоторых характеристик образа) — вновь световой.*

Рентгеновское изображение на дисплее, как и обычное телевизионное изображение, можно рассматривать при обычном видимом свете. Благодаря УРИ рентгенология совершила скачок из царства темноты в царство света. Как остроумно заметил один ученый, «темное прошлое рентгенологии позади».

Рентгенотелевизионное просвечивание не требует темновой адаптации врача. Лучевая нагрузка на персонал и пациента при его проведении значительно меньше, чем при обычной рентгеноскопии. По телевизионному каналу изображение может быть передано на другие мониторы (в комнату управления, в учебные комнаты). Телевизионная техника обеспечивает возможность записи всех этапов исследования, в том числе движений органов.

С помощью зеркал и линз рентгеновское изображение из рентгеновского электронно-оптического преобразователя может быть введено в кинокамеру. Такое исследование носит название *рентгенокинематографии* (рис. 11.9). Это изображение может быть также направлено на фотокамеру, которая позволяет выполнить серию малоформатных (размером 10x10 см) рентгенограмм. Наконец, рентгенотелевизионный тракт дает возможность ввести дополнительный модуль, оцифровывающий изображение (аналого-цифровой преобразователь), и выполнить серийную цифровую рентгенографию, которая уже рассмотрена ранее, а также цифровую рентгеноскопию, при которой еще больше снижается лучевая нагрузка, улучшается качество изображения и, кроме того, имеется возможность ввести изображение в компьютер для последующей обработки.

Следует отметить один принципиально важный момент. В настоящее время рентгеновских аппаратов без УРИ уже не выпускают, и применение так называемой обычной рентгеноскопии, т.е. исследование больного с помощью только светящегося в темноте экрана, допустимо лишь в исключительных условиях.

Любому рентгеноскопическому исследованию, как с УРИ, так и без него, свойствен ряд недостатков, из-за которых сужается сфера его применения. Во-первых, при этом исследовании, несмотря на ряд рассмотренных ранее усовершенствований, лучевая нагрузка остается достаточно высокой, намного выше, чем при рентгенографии. Во-вторых, пространственное разрешение метода, т.е. возможность выявлять мелкие детали в рентгенологической картине, довольно низкое. Вследствие этого ряд патологических состояний легких может остаться незамеченным, например милиарный туберкулез или карциноматоз легких,

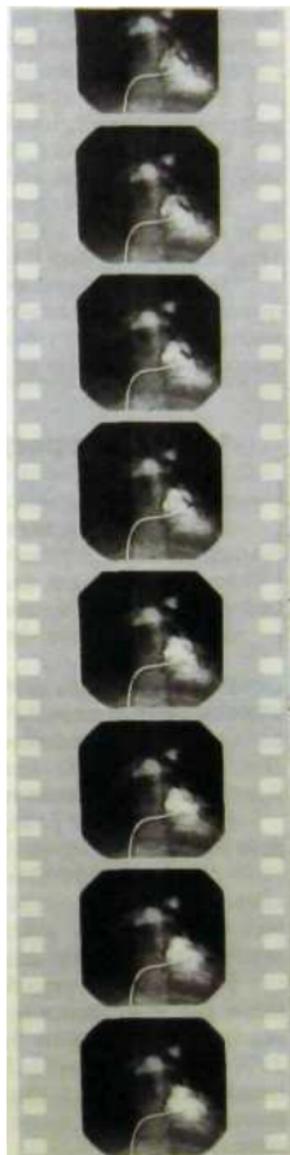


Рис. 11.9. Рентгенокинематография контрастированного сердца.

лимфангит некоторые пылевые поражения и др. В связи с изложенным использование рентгеноскопии как проверочного (профилактического) исследования запрещено официальным предписанием Правительства РФ.

В настоящее время круг решаемых в диагностике задач, стоящих перед рентгеноскопией, может быть сведен к следующему:

- 1) контроль над заполнением органов пациента контрастным веществом, например при исследовании пищеварительного канала;
- 2) контроль над проведением инструментария (катетеры, иглы и др.) при выполнении инвазивных рентгенологических процедур, например катетеризации сердца и сосудов;
- 3) исследование функциональной активности органов или выявление функциональных симптомов заболевания (например, ограничения подвижности диафрагмы) у больных, которым по каким-либо причинам ультразвуковое исследование не может быть выполнено.

## 1.5. Флюорография

*Флюорография — метод рентгенологического исследования, заключающийся в фотографировании изображения с флуоресцентного рентгеновского экрана (что применяется чаще), экрана электронно-оптического преобразователя или систем, предназначенных для последующей оцифровки изображений, на фотопленку небольшого формата — обычно 110x110 мм, 100\*100 мм или, что менее желательно, 70 x 70 мм.*

Важнейшим качеством флюорографии, проистекающим из низкой стоимости рентгенограмм малого формата, является возможность проводить с ее помощью массовые проверочные (профилактические) исследования. Это и определило место флюорографии в рентгенодиагностике, а если брать шире — то и во всей медицине.

При наиболее распространенном способе флюорографии уменьшенные рентгеновские снимки получают на специальном рентгеновском аппарате — флюорографе. В этом аппарате имеются флуоресцентный экран и механизм автоматического перемещения рулонной пленки. Фотографирование изображения осуществляется с помощью фотокамеры на рулонную ленту с получением кадров указанных выше размеров (рис. 11.10).

При другом способе флюорографии, уже упомянутом в начале настоящего раздела, фотосъемку производят на пленку того же формата, но с экрана **УРИ** (такой метод регистрации изображения иногда называют **УРИ-флюорографией**). Методика особенно показана при исследовании пищевода, желудка и кишечника, так как обеспечивает быстрый переход от просвечивания к выполнению рентгеновских снимков, причем большими сериями.

Шагом вперед явилась разработка *цифровой флюорографии*. В цифровом флюорографе в отличие от экранно-пленочной техники (с **УРИ** или без него) энергия рентгеновских фотонов, прошедших через объект исследования (тело человека), воспринимается одной из систем для оцифровки изображения (как в цифровой рентгенографии). Затем с помощью лазерного принтера получают изображение на обычной писчей бумаге. Преимущества цифровой флюорографии очевидны: низкая стоимость получения фотокад-

ра, пониженная — в 20 раз — лучевая нагрузка на пациента, в связи с чем такую флюорографию часто называют *низкодозовой*.

В нашей стране флюорография в качестве метода рентгенологического исследования органов грудной полости сложилась как *составная часть комплексной программы раннего выявления туберкулеза легких*. Естественно, что попутно обнаруживали и другие легочные заболевания, в первую очередь онкологические. Однако вследствие невысокой чувствительности и специфичности метода было много противников его использования. Так, за рубежом пошли по другому пути — пути развития альтернативных методов диагностики туберкулеза, в частности цитологического исследования мокроты. К недостаткам флюорографии как массового проверочного исследования следует отнести и определенную лучевую нагрузку на популяцию страны в целом (не путать с радиобиологическим воздействием на отдельного индивидуума: оно невелико и никакой опасности для здоровья исследуемого не представляет!), а также громоздкость и достаточно высокую стоимость флюорографических исследований в масштабах страны в целом.

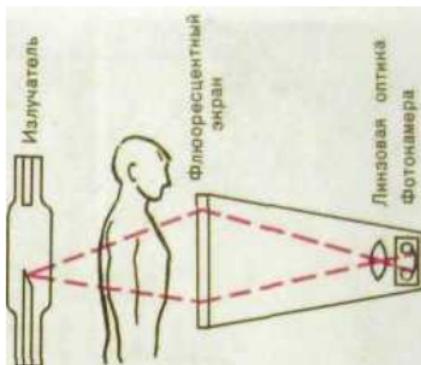


Рис. НЛО. Принцип флюорографии.

И все же, несмотря на ряд присущих флюорографии недостатков, в настоящее время в нашей стране она является *основным методом раннего распознавания туберкулеза (а также рака) легких*. В соответствии с существующими положениями и регламентациями флюорографию проводят не поголовно, как было раньше, а *дифференцированно, у ограниченной группы лиц из группы высокого риска развития легочных заболеваний и с учетом местных условий, в первую очередь эпидемиологической обстановки по туберкулезу, но обязательно у лиц, достигших 15-летнего возраста. У всех лиц, относимых к так называемой декретированной группе (работники лечебных учреждений, детских дошкольных учреждений и школ, общепита и др.), флюорографию проводят обязательно не реже одного раза в год.*

## 1.6. Томография

**Томография** (от греч. *tomos* — *слой*) — метод послойного рентгенологического исследования.

На обычной рентгенограмме получается суммационное изображение всей толщи исследуемой части тела. Изображение одних анатомических структур частично или полностью накладывается на изображение других. Вследствие этого теряется очень много важных структурных элементов органов. Томография служит для получения изолированного изображения структур, расположенных в одной плоскости, т.е. как бы расчленения суммационного изображения на составляющие его изображения отдельных слоев объекта.

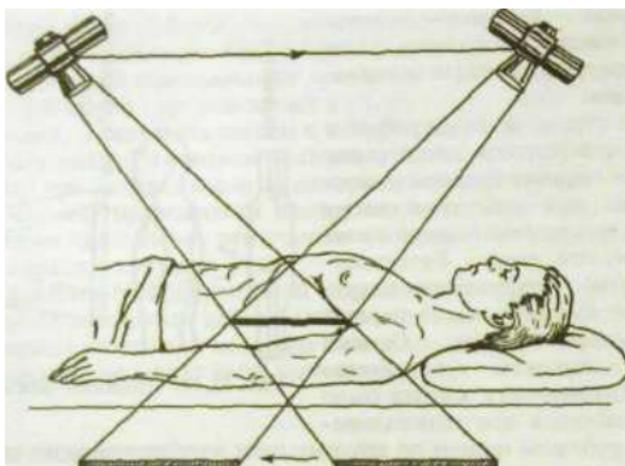


Рис. 11.11. Принцип традиционной (линейной) томографии.

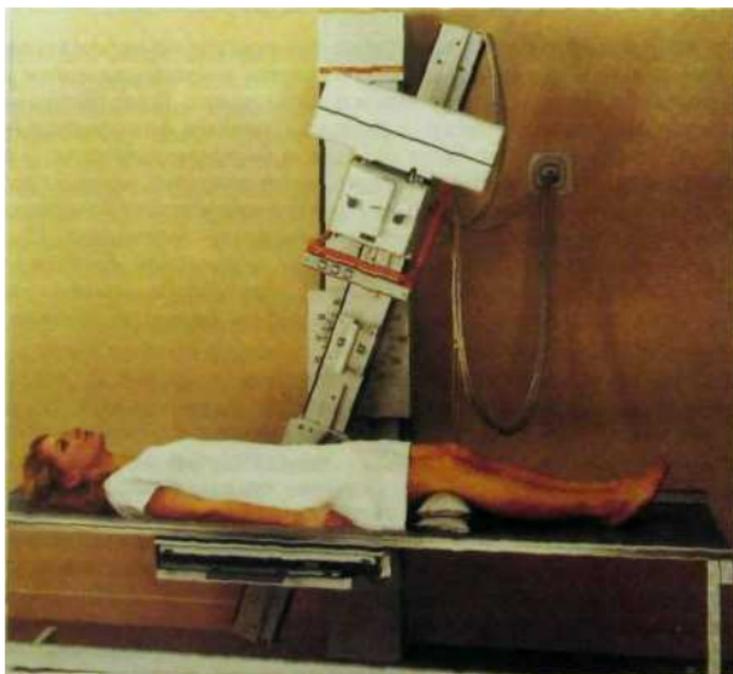


Рис. 11.12. Штатив для линейной томографии.

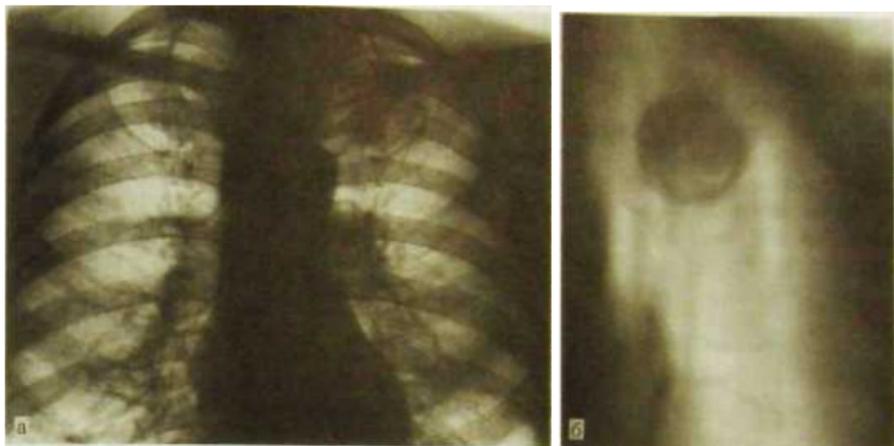


Рис. Н. 13. Большая туберкулема с распадом в верхней доле левого легкого, а — рентгенограмма, б — томограмма.

Эффект томографии достигается благодаря непрерывному движению во время съемки двух из трех компонентов рентгеновской системы излучатель—пациент—пленка. Чаще всего перемещаются излучатель и пленка, в то время как пациент остается неподвижным. При этом излучатель и пленка двигаются по дуге, прямой линии или более сложной траектории, но обязательно в противоположных направлениях (рис. 11.11). При таком перемещении изображение большинства деталей на рентгенограмме оказывается нечетким, размазанным, а резким получается изображение только тех образований, которые находятся на уровне центра вращения системы излучатель—пленка.

Конструктивно томографы выполняют в виде дополнительных штативов (рис. 11.12) либо специального приспособления к универсальному поворотному штативу. Если на томографе изменить уровень центра вращения системы излучатель—пленка, то изменится уровень выделяемого слоя. Толщина выбираемого слоя зависит от амплитуды движения упомянутой выше системы: чем она больше, тем тоньше будет томографический слой. Обычная величина этого угла от 20 до 50°. Если же выбирают очень малый угол перемещения, порядка 3—5°, то получают изображение толстого слоя, по существу целой зоны. Этот вариант томографии получил название *зонографии*<sup>1</sup> (не путать с *сонографией* — методом ультразвукового исследования).

Показания к томографии достаточно широки, особенно в учреждениях, в которых нет компьютерного томографа. Наиболее широкое распространение томография получила в пульмонологии. На томограммах получают изображение трахеи и крупных бронхов, не прибегая к их искусственному контрастированию. Томография легких очень ценна для выявления полосчатых распадов на участках инфильтрации или в опухолях (рис. 11.13), а также

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Королюк ИМ. Зонография легких* - М.: Медицина, 1984.

для обнаружения гиперплазии внутригрудных лимфатических узлов. Она также дает возможность изучить структуру околоносовых пазух, гортани, получить изображение отдельных деталей такого сложного объекта, каким является позвоночник.

Описанное выше послойное рентгенологическое исследование проводится без применения компьютеров. Этот метод называют *линейной*, или *конвенциональной, томографией*. Однако в лучевой диагностике существует ряд методик послойной визуализации органов с помощью компьютерных технологий. Об одном из них, компьютерной томографии, пойдет речь в следующем разделе.

## 1.7. Компьютерная томография

*Мы живем в эпоху, когда расстояние от самых безумных фантазий до совершенно реальной действительности сокращается с невероятной быстротой.*

М. Горький

*Компьютерная томография — это послойное рентгенологическое исследование, основанное на компьютерной реконструкции изображения, получаемого при круговом сканировании объекта (ОТ англ. scan — бегло просмотреть) узким пучком рентгеновского излучения.*

Компьютерная томография (КТ) буквально «взорвала» не только лучевую, но и вообще медицинскую диагностику. Впервые за всю историю развития медицины у врача появилась уникальная возможность изучить у живого человека неинвазивным методом анатомические структуры внутренних органов диаметром всего несколько миллиметров.

Идея компьютерной томографии родилась в далекой Южно-Африканской Республике у физика А. Кормака. В Кейптаунской больнице Хроте Схюр его поразило несовершенство технологии исследования головного мозга. Он рассчитал взаимодействие узкого пучка рентгеновского излучения с веществом мозга и в 1963 г. опубликовал статью о возможности компьютерной реконструкции изображения мозга. Спустя 7 лет этим вопросом занялась группа инженеров английской фирмы электромusыкальных инструментов во главе с Г. Хаунсфилдом. Время сканирования первого объекта (мозг, консервированный в формалине) на созданной ими экспериментальной установке составило 9 ч. Как робки были первые шаги КТ и далеки первые результаты исследований от нынешних блестящих успехов! Однако мы не случайно рассказываем об истории создания нового метода. Для молодых исследователей она поучительна и дерзким замыслом первых исследователей, и не меньшей смелостью фирмы, предоставившей средства для создания прибора, весьма далекого от ее основной продукции. Уже в 1972 г. была произведена первая томограмма женщине с опухолевым поражением мозга. 19 апреля 1972 г. на конгрессе Британского радиологического института Г. Хаунсфилд и врач Дж. Амброус выступили с сенсационным сообщением «Рентгенология проникает в мозг». А в 1979 г. А. Кормаку и Г. Хаунсфилду была присуждена Нобелевская премия. В настоящее время в мире функционируют десятки тысяч компьютерных томографов, что соизмеримо с числом классических рентгеновских аппаратов.

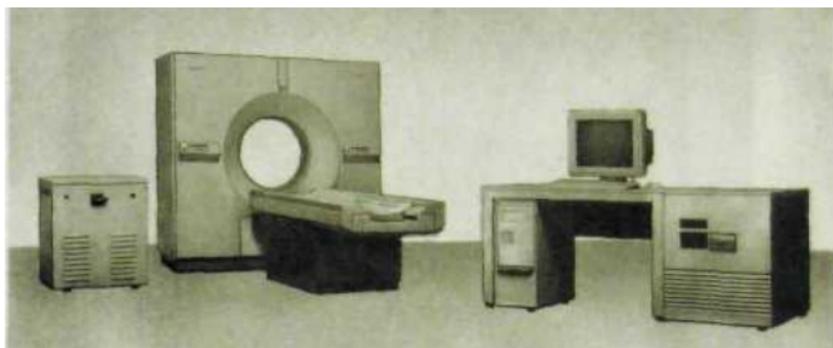


Рис. 11.14. Рентгеновский компьютерный томограф.

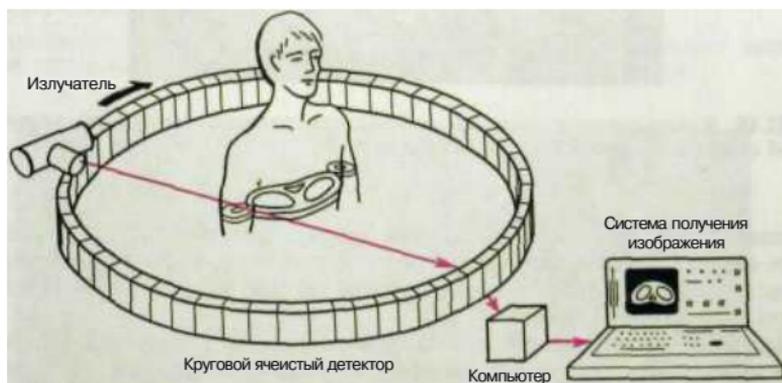
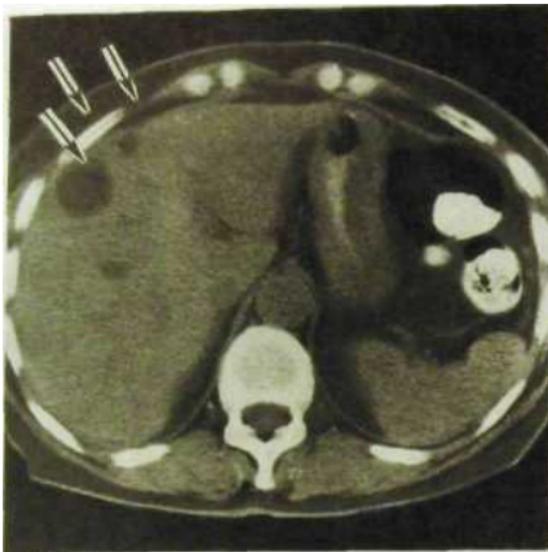


Рис. 11.15. Принцип компьютерной томографии.

*Компьютерный томограф* представляет собой чрезвычайно сложное устройство, при создании которого были использованы наиболее прогрессивные компьютерные, электронные и механические технологии (рис. 11.14).

Схема получения компьютерных томограмм представлена на рис. 11.15. Узкий пучок рентгеновского излучения сканирует человеческое тело по окружности. Проходя через ткани, излучение ослабляется соответственно плотности и атомному составу этих тканей. По другую сторону от пациента установлена круговая система датчиков рентгеновского излучения, каждый из которых (а их количество может достигать нескольких тысяч) преобразует энергию излучения в электрические сигналы. После усиления эти сигналы преобразуются в цифровой код, который поступает в память компьютера. Зафиксированные сигналы отражают степень ослабления пучка рентгеновских лучей (и, следовательно, степень поглощения излучения) в каком-либо одном направлении.

Вращаясь вокруг пациента, рентгеновский излучатель «просматривает» его тело в разных ракурсах, в общей сложности под углом  $360^\circ$ . К концу

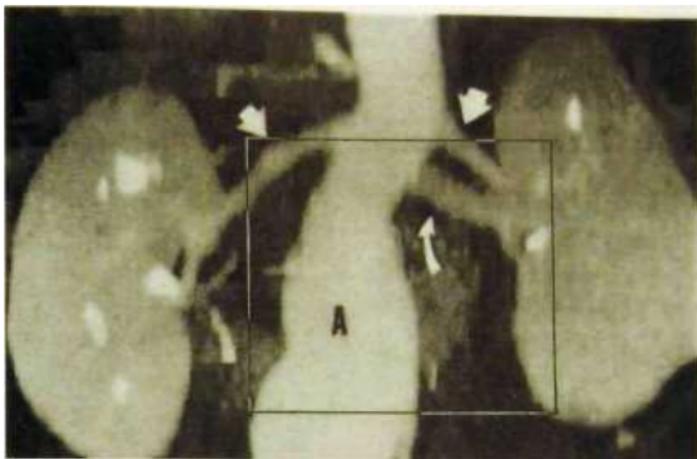


**Рис. 11.16.** Компьютерная томограмма брюшной полости. Метастазы злокачественной опухоли в печени (указаны стрелками).

вращения излучателя в памяти компьютера оказываются зафиксированными все сигналы от всех датчиков. Продолжительность вращения излучателя в современных томографах очень небольшая, всего 1–3 с, что позволяет изучать движущиеся объекты.

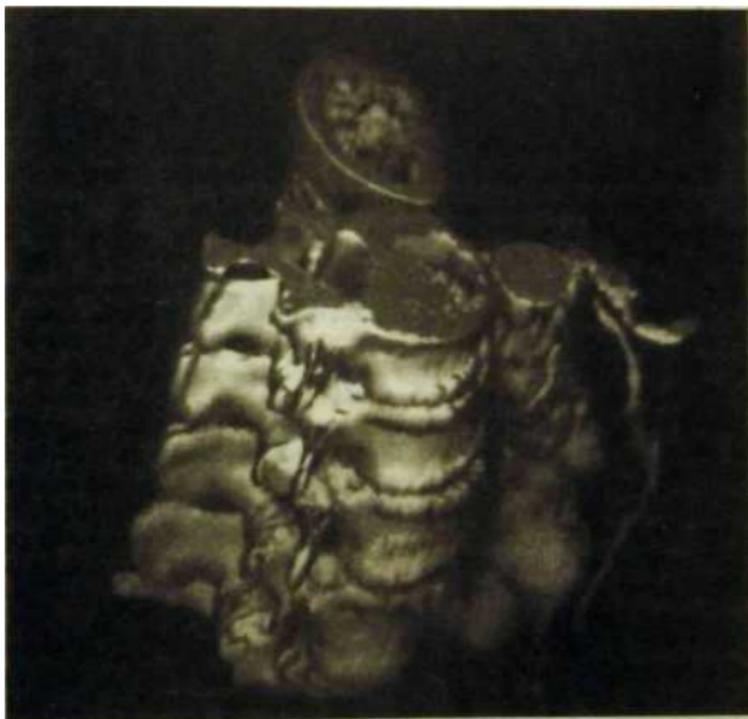
При использовании стандартных программ компьютер реконструирует внутреннюю структуру объекта. В результате этого получается изображение тонкого слоя изучаемого органа, обычно порядка нескольких миллиметров, которое выводится на дисплей, и врач обрабатывает его применительно к поставленной перед ним задаче: может масштабировать изображение (увеличивать и уменьшать), выделять интересующие его области (зоны интереса), определять размеры органа, число или характер патологических образований (рис. 11.16).

Попутно определяют плотность ткани на отдельных участках, которую измеряют в условных единицах — единицах Хаунсфилда (НУ). За нулевую отметку принята плотность воды. Плотность кости составляет +1000 НУ, плотность воздуха равна -1000 НУ. Все остальные ткани человеческого тела занимают промежуточное положение (обычно от 0 до 200–300 НУ). Естественно, такой диапазон плотностей отобразить ни на дисплее, ни на фотопленке нельзя, поэтому врач выбирает ограниченный диапазон на шкале Хаунсфилда — «окно», размеры которого обычно не превышают нескольких десятков единиц Хаунсфилда. Параметры окна (ширина и расположение на всей шкале Хаунсфилда) всегда обозначают на компьютерных томограммах. После такой обработки изображение помещают в долговременную память компьютера или сбрасывают на твердый носитель — фотопленку. Добавим, что при компьютерной томографии выявляются самые



**Рис. 11.17.** Спиральная компьютерная томограмма (ангиограмма).

А — расширенная брюшная аорта. Стрелками показаны почечные артерии. К левой почке идет добавочная артерия (указана изогнутой стрелкой).



**Рис. 11.18.** Компьютерная томограмма поясничных позвонков (трехмерная реконструкция изображения).

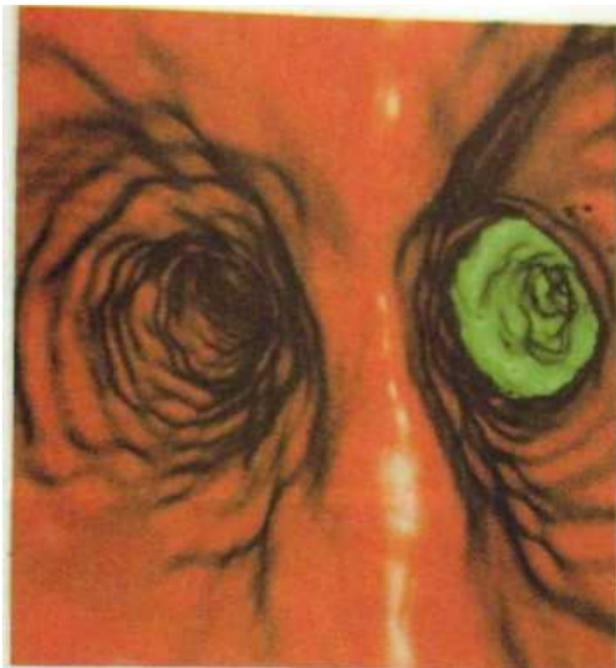


Рис. 11.19. Компьютерная томограмма (виртуальная эндоскопия). Наружный вид трахеи, бронхов и увеличенных лимфатических узлов.

незначительные перепады плотности, около 0,4—0,5 %, тогда как обычная рентгенограмма может отобразить плотностной градиент только в 15—20 %.

Обычно при компьютерной томографии не ограничиваются получением одного слоя. Для уверенного распознавания поражения необходимо несколько срезов, как правило, 5—10, их выполняют на расстоянии 5—10 мм друг от друга. Для ориентации в расположении выделяемых слоев относительно тела человека на этом же аппарате производят обзорный цифровой снимок изучаемой области — *рентгенотопограмму*, на которой и отображаются выделяемые при дальнейшем исследовании уровни томограмм.

В настоящее время сконструированы компьютерные томографы, в которых в качестве источника проникающего излучения вместо рентгеновского излучателя используют вакуумные электронные пушки, испускающие пучок быстрых электронов. Сфера применения таких *электронно-лучевых компьютерных томографов* пока ограничена в основном кардиологией.



**Рис. 11.20.** Компьютерная томограмма (виртуальная эндоскопия, выполненная у того же больного — см. рис. 11.19). Изображение бифуркации трахеи. Эндобронхиальный рак правого главного бронха.

В последние годы бурно развивается так называемая *спиральная томография*, при которой излучатель движется по спирали по отношению к телу пациента и захватывает, таким образом, за короткий промежуток времени, измеряемый несколькими секундами, определенный объем тела, который в последующем может быть представлен отдельными дискретными слоями. *Спиральная томография инициировала создание новых, чрезвычайно перспективных способов визуализации — компьютерной ангиографии* (рис. 11.17), *трехмерного (объемного) изображения органов* (рис. 11.18) и, наконец, так называемой *виртуальной эндоскопии* (рис. 11.19; 11.20), которая стала венцом современной медицинской визуализации.

Специальной подготовки больного к КТ органов головы, шеи, грудной полости и конечностей не требуется. При исследовании аорты, нижней полой вены, печени, селезенки, почек больному рекомендуется ограничиться легким завтраком. На исследование желчного пузыря пациент должен явиться натощак. Перед КТ поджелудочной железы и печени необходимо принять меры для уменьшения метеоризма. Для более четкого дифференцирования желудка и кишечника при КТ брюшной полости их контрастируют путем дробного приема внутрь пациентом до исследования около 500 мл 2,5 % раствора водорастворимого йодистого контрастного вещества.

Следует также учесть, что если накануне проведения КТ больному выполняли рентгенологическое исследование желудка или кишечника, то

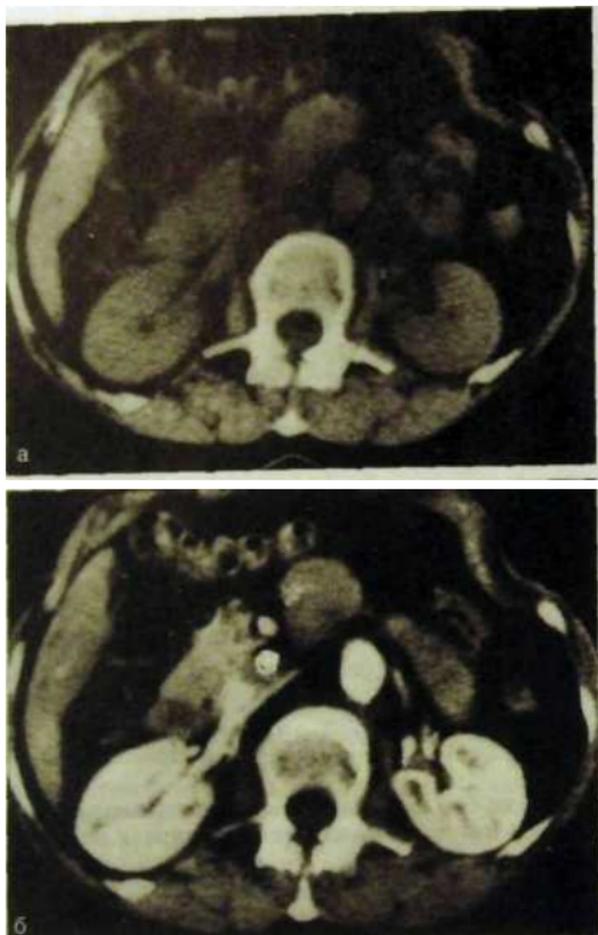


Рис. 11.21. Методика «усиления» при компьютерной томографии, а — томограмма брюшной полости до введения контрастного вещества; б — после внутривенного введения рентгеноконтрастного вещества: усиление тени аорты, сосудов и почек.

скопившийся в них барий будет создавать артефакты на изображении. В связи с этим не следует назначать КТ до полного опорожнения пищеварительного канала от этого контрастного вещества.

Разработана дополнительная методика выполнения КТ — *усиленная КТ* (рис. 11.21). Она заключается в проведении томографии после внутривенного введения больному водорастворимого контрастного вещества. Этот прием способствует увеличению поглощения рентгеновского излучения в связи с появлением контрастного раствора в сосудистой сис-

теме и паренхиме органа. При этом, с одной стороны, повышается контрастность изображения, а с другой - выделяются сильно васкуляризованные образования, например сосудистые опухоли, метастазы некоторых опухолей. Естественно, на фоне усиленного теневого изображения паренхимы органа в ней лучше выявляются малососудистые или вовсе бессосудистые зоны (кисты, опухоли).

Некоторые модели компьютерных томографов снабжены *кардиосинхронизаторами*. Они включают излучатель в точно заданные моменты времени — в систолу и диастолу. Полученные в результате такого исследования поперечные срезы сердца позволяют визуально оценить состояние сердца в систолу и диастолу, провести расчет объема камер сердца и фракции выброса, проанализировать показатели общей и регионарной сократительной функции миокарда.

Значение КТ не ограничивается ее использованием в диагностике заболеваний. Под контролем КТ производят пункции и прицельную биопсию различных органов и патологических очагов. КТ играет важную роль в контроле эффективности консервативного и хирургического лечения больных. Наконец, КТ является точным методом определения локализации опухолевых поражений, что используют для наводки источника радиоактивного излучения на очаг при проведении лучевой терапии злокачественных новообразований.

## 1.8. Ангиография

На обычных рентгенограммах не получается изображение артерий, вен и лимфатических сосудов, поскольку они поглощают рентгеновское излучение так же, как окружающие их ткани. Исключением являются артерии и вены легких, которые вырисовываются как ветвящиеся темные полоски на фоне светлых легочных полей. Кроме того, у больных атеросклерозом, преимущественно пожилого и старческого возраста, наблюдается отложение извести в стенках сосудов, и эти известковые бляшки хорошо видны на снимках.

*Ангиографией называют рентгенологическое исследование кровеносных сосудов, производимое с применением контрастных веществ.*

Для искусственного контрастирования в кровяное и лимфатическое русло вводят раствор органического соединения йода, предназначенного для этой цели. В зависимости от того, какую часть сосудистой системы контрастируют, различают *артериографию, венографию (флебографию) и лимфографию*.

Ангиографию выполняют только после общеклинического обследования и лишь в тех случаях, когда с помощью неинвазивных методов не удается диагностировать болезнь и предполагается, что на основании картины сосудов или изучения кровотока можно выявить поражение собственно сосудов или их изменения при заболеваниях других органов. Однако нужно помнить, что ангиография — инвазивное исследование, связанное с возможностью осложнений и с довольно значительной лучевой нагрузкой.

Основные задачи ангиографии ясны из изложенного ранее. Ее применяют для исследования гемодинамики и выявления собственно сосудистой патологии, диагностики повреждений и пороков развития органов, распознавания воспалительных, дистрофических и опухолевых поражений, вызывающих нарушение функции и морфологии сосудов. Ангиография является необходимым этапом при проведении *эндоваскулярных операций* (см. далее).

Противопоказаниями к ангиографии служат крайне тяжелое состояние больного, острые инфекционные, воспалительные и психические заболевания, выраженная сердечная, печеночная и почечная недостаточность, повышенная чувствительность к препаратам йода.

Возможность идиосинкразии к йоду выясняют во время опроса больного до исследования, а также путем проведения пробы на чувствительность к йодистому препарату, который собираются использовать. Для этого больному вводят внутривенно 1–2 мл контрастного вещества. Признаками аллергической реакции считают головную боль, тошноту, кожный зуд, крапивницу, конъюнктивит, ринит, нарушение сердечного ритма.

Перед исследованием врач должен разъяснить пациенту необходимость и характер процедуры и получить его согласие на ее проведение. Вечером накануне ангиографии назначают транквилизаторы. Утром отмечают завтрак. В области пункции выбривают волосы. За 30 мин до исследования выполняют премедикацию (антигистаминные препараты, транквилизаторы, анальгетики).

Артериографию производят путем пункции сосуда или его катетеризации. Пункцию применяют при исследовании сонных артерий, артерий и вен нижних конечностей, брюшной аорты и ее крупных ветвей. Однако *основным способом ангиографии в настоящее время является, безусловно, катетеризация сосуда, которую выполняют по методике, разработанной шведским врачом Сельдингером.*

Излюбленным местом для катетеризации служит область бедренной артерии. Больного укладывают на спину. Операционное поле обрабатывают и ограничивают стерильными простынями. Прощупывают пульсирующую бедренную артерию. После местной паравазальной анестезии 0,5 % раствором новокаина делают разрез кожи длиной 0,3–0,4 см. Из него тупым путем прокладывают узкий ход к артерии. В проделанный ход с небольшим наклоном вводят специальную иглу с широким просветом. Ею прокалывают стенку артерии, после чего колющий стилет удаляют. Подтягивая иглу, локализируют ее конец в просвете артерии. В этот момент из павильона иглы появляется сильная струя крови. Через иглу в артерию вводят металлический проводник, который затем продвигают во внутреннюю и общую подвздошную артерии и аорту до избранного уровня. Иглу удаляют, а по проводнику в необходимую точку артериальной системы вводят рентгеноконтрастный катетер. За его продвижением наблюдают на дисплее. После удаления проводника свободный (наружный) конец катетера присоединяют к адаптеру и катетер сразу же промывают изотоническим раствором натрия хлорида с гепарином.



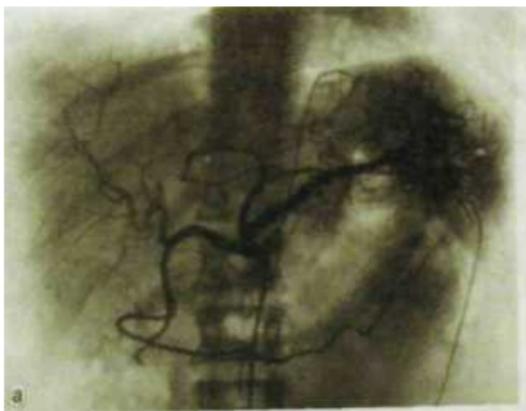
**Рис. 11.22.** Рентгенооперационная для проведения ангиографии и внутрисосудистых вмешательств.

Все манипуляции при ангиографии осуществляют под контролем рентгенотелевидения. Участники катетеризации работают в защитных фартуках, поверх которых надеты стерильные халаты. В процессе ангиографии ведут постоянное наблюдение за состоянием больного (рис. 11.22).

Через катетер в исследуемую артерию автоматическим шприцем (инъектором) под давлением вводят контрастное вещество. В тот же момент начинается скоростная рентгеновская съемка. Ее программа — число и время выполнения снимков — установлена на пульте управления аппаратом. Снимки немедленно проявляют. Убедившись в успехе исследования, катетер удаляют. Место пункции прижимают на 8—10 мин для остановки кровотечения. На область пункции на сутки накладывают давящую повязку. Больному на тот же срок предписывается постельный режим. Спустя сутки повязку заменяют асептической наклейкой. За состоянием больного постоянно следит лечащий врач. Обязательны измерение температуры тела и осмотр места оперативного вмешательства.

Наиболее частое осложнение ангиографии — развитие гематомы в области катетеризации, где появляется припухлость. Ее лечат консервативно. Тяжелое, но, к счастью, редкое осложнение — тромбоэмболия периферической артерии, о возникновении которой свидетельствует ишемия конечности.

*«Артериография» — общее название контрастного рентгенологического исследования любой артерии.* На практике нередко используют частные термины: в зависимости от цели и места введения контрастного вещества различают



**Рис. П.23.** Контрастирование чревного ствола и его ветвей

а — ранняя артериальная фаза: видны артерии печени, левая желудочная артерия, селезеночная артерия, желудочно-двенадцатиперстная артерия; б — поздняя артериальная фаза и начало паренхиматозной фазы: определяется тень стенки желудка и селезенки; в — венозная фаза: **выделяется тень воротной** вены и ее ветвей в печени.

ют *аортографию, коронарографию, каротидную и вертебральную ангиографию, целиакографию, мезентерикографию и т.д.* Для выполнения всех этих видов ангиографии конец рентгеноконтрастного катетера вводят в исследуемый сосуд. После инъекции контрастного вещества оно заполняет основной ствол и крупные ветви, затем переходит в ветви среднего и малого калибра. Далее контрастное вещество накапливается в капиллярах, отчего интенсивность тени органов, снабжаемых исследуемым сосудом, возрастает. Наконец, контрастное вещество появляется в венозных путях оттока.

При введении контрастного вещества в артерию на ангиограммах в норме последовательно отражаются закономерные фазы кровотока: артериальная, капиллярная (паренхиматозная), венозная. Это позволяет судить о регионарной гемодинамике (рис. 11.23).

*Венография* может быть выполнена прямым и непрямым способами. При прямой венографии контрастное вещество вводят в кровь путем венопункции или веносекции, в ряде случаев с применением катетеризации по методу Сельдингера (рис. 11.24).

Непрямое контрастирование вен осуществляют одним из трех способов: 1) введением контрастного вещества в артерию, из которых оно через систему капилляров достигает вен (иными словами, используют венозную фазу ангиографии для получения изображения вен); 2) инъекцией контрастного вещества в костномозговое пространство, из которого оно поступает в соответствующие вены; 3) введением контрастного вещества в паренхиму органа путем пункции, при этом на снимках отображаются вены, отводящие кровь от данного органа. Таким образом, например, получают изображение селезеночной и воротной вен, вводя контрастное вещество в паренхиму селезенки (спленопортография).

К венографии есть ряд специальных показаний: хронический тромбоз, тромбоз, посттромбофлебитические изменения вен, подозрение на аномалию развития венозных стволов, различные нарушения венозного кровотока, в том числе из-за недостаточности клапанного аппарата вен, ранение вен, состояния после оперативных вмешательств на венах.

Методика венографии зависит от области исследования и будет описана в соответствующих главах III части учебника. Здесь необходимо подчерк-



Рис. 11.24. Контрастирование нижней полой вены (кавография) через катетер, введенный в правую подвздошную вену.

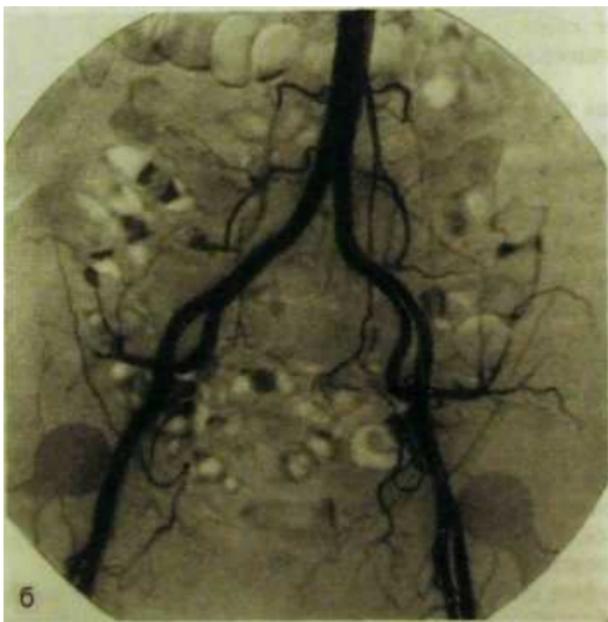


Рис. П.25. Дигитальная субтракционная ангиография.

а — каротидная артериограмма головного мозга; б — абдоминальная аортограмма.

нуть, что к числу противопоказаний к исследованию относится острый тромбофлебит. По окончании флебографии в вену вводят изотонический раствор натрия хлорида. Место пункции прижимают указательным пальцем. После остановки кровотечения накладывают асептическую повязку. Если появляется боль по ходу вены, повышается температура тела и наступает пастозность конечности, ноге придают возвышенное положение, делают повязку с бальзамическим линиментом по А.В. Вишневскому и внутривенно капельно вливают гепарин — 5000 ЕД в 250 мл изотонического раствора натрия хлорида. Производят тугое бинтование конечности.

Новой методикой рентгенологического исследования сосудов является *дигитальная субтракционная ангиография (ДСА)*. В основе ее лежит принцип компьютерного вычитания (субтракции) двух изображений, записанных в памяти компьютера, — снимков до и после введения контрастного вещества в сосуд.

Благодаря компьютерной обработке итоговая рентгенологическая картина сердца и сосудов отличается высоким качеством, но главное — на ней можно вышелить изображение сосудов из общего изображения исследуемой части тела, в частности убрать мешающие тени мягких тканей и скелета и количественно оценить гемодинамику (рис. 11.25). Существенным преимуществом ДСА по сравнению с другими методиками является уменьшение необходимого количества рентгеноконтрастного вещества, поэтому можно получить изображение сосудов при большом разведении контрастного вещества. А это означает (внимание!), что можно ввести контрастное вещество внутривенно и на последующей серии снимков получить тень артерий, не прибегая к их катетеризации. В настоящее время почти повсеместно обычную ангиографию заменяют на ДСА.

Необходимо отметить, что в связи с развитием других, альтернативных методов визуализации сосудов, в частности *компьютерной, магнитно-резонансной и ультразвуковой ангиографии и доплеровского картирования* (см. соответствующие разделы), значительно уменьшилась частота выполнения ангиографии в клинической практике.

Для выполнения *лимфографии* контрастное вещество вливают непосредственно в просвет лимфатического сосуда. В клинике в настоящее время проводят главным образом лимфографию нижних конечностей, таза и забрюшинного пространства (рис. 11.26). Контрастное вещество — жидкую



Рис. П.26. Лимфограмма. Контрастное вещество заполнило лимфатические сосуды бедра и таза. По ходу сосудов видны контрастированные бедренные и подвздошные лимфатические узлы.

масляную эмульсию йодистого соединения - вводят в сосуд со скоростью 0,25—0,5 мл/мин. Рентгенограммы лимфатических сосудов делают спустя 15—20 мин, а рентгенограммы лимфатических узлов — через 24 ч.

Показания к лимфографии сравнительно узки. К ней прибегают при системных и опухолевых заболеваниях для уточнения локализации, степени и характера поражения лимфатических узлов. В частности, такая необходимость может возникнуть при планировании лучевой терапии у онкологических больных. Однако благодаря развитию компьютерной томографии, позволяющей получить четкое изображение лимфатических узлов, в настоящее время применение лимфографии в онкологической клинике ограничено.

## 2. РАДИОНУКЛИДНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

*Наше проникновение в мир атомов можно сравнить с великими, полными открытий кругосветными путешествиями и дерзкими исследованиями астрономов, проникших в глубины мирового пространства.*

Нильс Бор

Удручающе длинной казалась дистанция между физическими лабораториями, где ученые регистрировали треки ядерных частиц, и будничной клинической практикой. Сама мысль о возможности использования ядерно-физических феноменов для обследования больных могла показаться если не сумасбродной, то сказочной. Однако именно такая идея родилась в опытах венгерского ученого Д.Хевеши, впоследствии лауреата Нобелевской премии. В один из осенних дней 1912 г. Э.Резерфорд показал ему гряду хлорида свинца, валявшуюся в подвале лаборатории, и сказал: «Вот, займитесь этой кучей. Постарайтесь из соли свинца выделить радий D».

После множества опытов, проведенных Д.Хевеши совместно с австрийским химиком А.Панетом, стало ясно, что химическим способом разделить свинец и радий D невозможно, так как это не отдельные элементы, а изотопы одного элемента — свинца! Они различаются только тем, что один из них радиоактивный. Распадаясь, он испускает ионизирующее излучение. Значит, радиоактивный изотоп — радионуклид — можно применять как метку при изучении поведения его нерадиоактивного близнеца.

Перед врачами открылись заманчивые перспективы: вводя в организм больного радионуклиды, наблюдать за их местонахождением с помощью радиометрических приборов. За сравнительно короткий срок радионуклидная диагностика превратилась в самостоятельную медицинскую дисциплину. За рубежом радионуклидную диагностику в сочетании с лечебным применением радионуклидов называют *ядерной медициной*.

*Радионуклидный метод* — это способ исследования функционального и морфологического состояния органов и систем с помощью радионуклидов и меченных ими индикаторов. Эти индикаторы — их называют *радиофармацевтическими препаратами (РФП)* — вводят в организм больного, а затем с помощью различных приборов определяют скорость и характер перемещения, фиксации и выведения их из органов и тканей.

Кроме того, для радиометрии могут быть использованы кусочки ткани, кровь и выделения больного. Несмотря на введение ничтожно малых количеств индикатора (сотые и тысячные доли микрограмма) не оказывающих влияния на нормальное течение жизненных процессов, метод обладает исключительно высокой чувствительностью.

*Радиофармацевтическим препаратом называют разрешенное для введения человеку с диагностической целью химическое соединение, в молекуле которого содержится радионуклид. Радионуклид должен обладать спектром излучения определенной энергии, обуславливая минимальную лучевую нагрузку и отражать состояние исследуемого органа.*

В связи с этим РФП выбирают с учетом его фармакодинамических (поведение в организме) и ядерно-физических свойств. Фармакодинамику РФП определяет то химическое соединение, на основе которого он синтезирован. Возможности же регистрации РФП зависят от типа распада радионуклида, которым он помечен.

Выбирая РФП для исследования, врач должен прежде всего учесть его физиологическую направленность и фармакодинамику. Рассмотрим это на примере введения РФП в кровь. После инъекции в вену РФП первоначально равномерно распределяется в крови и транспортируется по всем органам и тканям. Если врача интересуют гемодинамика и кровенаполнение органов, то он выберет индикатор, который длительное время циркулирует в кровеносном русле, не выходя за пределы стенок сосудов в окружающие ткани (например, альбумин человеческой сыворотки). При исследовании печени врач предпочтет химическое соединение, которое избирательно улавливается этим органом. Некоторые вещества захватываются из крови почками и выделяются с мочой, поэтому они служат для исследования почек и мочевых путей. Отдельные РФП тропны к костной ткани, в связи с чем они незаменимы при исследовании костно-суставного аппарата (рис. 11.27). Изучая сроки транспортировки и характер распределения и выведения РФП из организма, врач судит о функциональном состоянии и структурно-топографических особенностях этих органов.

Однако недостаточно учитывать лишь фармакодинамику РФП. Нужно обязательно принимать во внимание ядерно-физические свойства входящего в его состав радионуклида. Прежде всего он должен иметь определенный спектр излучения. Для получения изображения органов применяют только радионуклиды, испускающие  $\gamma$ -лучи или характеристическое рентгеновское излучение, так как эти излучения можно регистрировать при наружной детекции. Чем больше  $\gamma$ -квантов или рентгеновских квантов образуется при радиоактивном распаде, тем эффективнее данный РФП в диагностическом отношении. В то же время радионуклид должен испускать по возможности меньше корпускулярного излучения — электронов, которые поглощаются в теле пациента и не участвуют в получении изображения органов. С этих позиций предпочтительны радионуклиды с ядерным превращением по типу изомерного перехода —  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{113m}\text{In}$ .

Радионуклиды, период полураспада которых — несколько десятков дней, принято считать *долгоживущими*, несколько дней — *среднеживущими*, несколько часов — *короткоживущими*, несколько минут — *ультракороткоживущими*. По понятным соображениям стремятся использовать короткоживущие радионуклиды. Применение среднеживущих и тем более долгоживу-



**Рис. 11.27.** Сцинтиграммы скелета после введения остеотропного РФП.

*полувыведения* ( $T^{1/2}$ ). Время, за которое активность препарата, введенного в организм, снижается наполовину за счет его выведения, именуют *периодом биологического полувыведения*. Время, в течение которого активность введен-

ных радионуклидов связано с повышенной лучевой нагрузкой, использование ультракороткоживущих радионуклидов затруднено по техническим причинам.

Существует несколько способов получения радионуклидов. Часть из них образуется в реакторах ( $^{23}\text{C}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{125}\text{I}$ ), часть — в ускорителях ( $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{23}\text{C}$ ,  $^{113}\text{I}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{11}\text{N}$ ). Однако наиболее распространенным способом получения радионуклидов является генераторный, т.е. изготовление радионуклидов непосредственно в лаборатории радионуклидной диагностики с помощью генераторов. Таким образом получают самый распространенный радионуклид —  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , а также  $^{113\text{m}}\text{In}$ .

Очень важный параметр радионуклида — энергия квантов электромагнитного излучения. Кванты очень низких энергий задерживаются в тканях и, следовательно, не попадают на детектор радиометрического прибора. Кванты же очень высоких энергий частично пролетают детектор насквозь, поэтому эффективность их регистрации также невысока. Оптимальным диапазоном энергии квантов в радионуклидной диагностике считают 70–200 кэВ.

Важным требованием к РФП является минимальная лучевая нагрузка при его введении. Известно, что активность введенного радионуклида уменьшается вследствие действия двух факторов: распада его атомов, т.е. физического процесса, и выведения его из организма — биологического процесса. Время распада половины атомов радионуклида называют *физическим периодом*

ного в организм **РФП** уменьшается наполовину вследствие **физического** распада и выведения, называют *эффективным периодом полувыведения (Тм.)*

Для радионуклидных диагностических исследований стремятся выбрать **РФП** с наименее продолжительным  $T^{\wedge}$ . Это и понятно, ведь от данного параметра зависит лучевая нагрузка на больного. Однако очень короткий физический период полураспада также неудобен: нужно успеть доставить **РФП** в лабораторию и провести исследование. Общее же правило таково:  $T_{\text{фр}}$  препарата должен приближаться к продолжительности диагностической процедуры.

Как уже отмечалось, в настоящее время в лабораториях чаще используют генераторный способ получения радионуклидов, причем в 90—95 % случаев — это радионуклид  $^{99m}\text{Tc}$ , которым метят подавляющее большинство **РФП**. Кроме радиоактивного технеция, иногда применяют  $^{24}\text{C}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ , очень редко — другие радионуклиды.

Ниже приведены **РФП**, наиболее часто используемые в клинической практике.

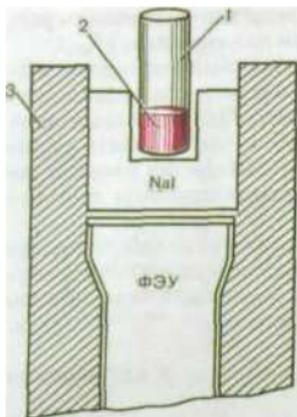
<i>РФП</i>	<i>Область применения</i>
$^{99m}\text{Tc}$ -альбумин	Исследование кровотока
$^{99m}\text{Tc}$ -меченные эритроциты	Исследование кровотока
$^{99m}\text{Tc}$ -коллоид (технифит)	Исследование печени
$^{99m}\text{Tc}$ -бутил-ИДА (бромезида)	Исследование желчевыведительной системы
$^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфат (технифор)	Исследование скелета
$^{99m}\text{Tc}$ -МАО	Исследование легких
$^{133}\text{Xe}$	Исследование легких
$^{67}\text{Ga}$ -цитрат	Туморотропный препарат, исследование сердца
$^{99m}\text{Tc}$ -сестамиби	Туморотропный препарат
$^{99m}\text{Tc}$ -моноклональные антитела	Туморотропный препарат
$^{201}\text{Tl}$ -хлорид	Исследование сердца, головного мозга, туморотропный препарат
$^{99m}\text{Tc}$ -DMSA (технемек)	Исследование почек
$^{131}\text{I}$ -гиппуран	Исследование почек
$^{99m}\text{Tc}$ -ДТРА (пентатех)	Исследование почек и сосудов
$^{99m}\text{Tc}$ -МАГ-3 (технемаг)	Исследование почек
$^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат	Исследование щитовидной железы и слюнных желез
$^{18}\text{F}$ -DG	Исследование головного мозга и сердца
$^{123}\text{I}$ -MIBG	Исследование надпочечников

Однажды во время своего обучения в Геттингене Нильс Бор плохо подготовился к коллоквиуму и его выступление оказалось слабым. Однако Бор не пал духом и в заключение с улыбкой сказал: «Я выслушал здесь столь плохие выступления, что прошу рассматривать мое нынешнее как месть».

(ФИЗИКИ ШУТЯТ. — М.: Мир, 1966)



Для выполнения радионуклидных исследований разработаны разнообразные диагностические приборы. *Независимо от их конкретного назначения все эти приборы устроены по единому принципу: в них есть де-*



**Рис. 11.28.** Детектор с колодезным кристаллом йодида натрия

1 — счетная пробирка; 2 — радиоактивная проба; 3 — коллиматор. ФЭУ — фотоэлектронный умножитель.

задач исследования. В коллиматоре имеется одно большое или несколько мелких отверстий, через которые радиоактивное излучение проникает в детектор. В принципе, чем больше отверстие в коллиматоре, тем выше чувствительность детектора, т.е. его способность регистрировать ионизирующее излучение, но одновременно ниже его разрешающая способность, т.е. свойство различать мелкие источники излучения. В современных коллиматорах имеется несколько десятков мелких отверстий, положение которых выбрано с учетом оптимального «видения» объекта исследования!

В приборах, предназначенных для определения радиоактивности биологических проб, применяют сцинтилляционные детекторы в виде так называемых колодезных счетчиков (рис. 11.28). Внутри кристалла имеется цилиндрический канал, в который помещают пробирку с исследуемым материалом. Такое устройство детектора значительно повышает его способность улавливать слабые излучения биологических проб. Для измерения радиоактивности биологических жидкостей, содержащих радионуклиды с мягким  $\beta$ -излучением, применяют жидкие сцинтилляторы.

Все радионуклидные диагностические исследования делят на две большие группы: исследования, при которых **РФП** вводят в организм пациента, — исследования *in vivo*, и исследования крови, кусочков ткани и выделений больного — исследования *in vitro*.

При выполнении любого исследования *in vivo* требуется психологическая подготовка пациента. Ему необходимо разъяснить цель процедуры, ее значение для диагностики, порядок проведения. Особенно важно под-

тектор, преобразующий ионизирующее излучение в электрические импульсы, блок электронной обработки и блок представления данных. Многие радиодиагностические приборы оснащены компьютерами и микропроцессорами.

В качестве детектора обычно используют **сцинтилляторы** или, реже, газовые счетчики. Сцинтиллятор — это вещество, в котором под действием быстро заряженных частиц или фотонов возникают световые вспышки — сцинтилляции. Эти сцинтилляции улавливаются фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), которые превращают световые вспышки в электрические сигналы. Сцинтилляционный кристалл и ФЭУ помещают в защитный металлический кожух — коллиматор, ограничивающий «поле видения» кристалла размерами органа или изучаемой части тела пациента.

Обычно у радиодиагностического прибора имеется несколько сменных коллиматоров, которые подбирает врач в зависимости от

черкнуть безопасность исследования. В специальной подготовке как правило, нет необходимости. Следует лишь предупредить пациента о его поведении во время исследования. При исследованиях *in vivo* применяют различные способы введения РФП в зависимости от задач процедуры. В большинстве методов предусматривается проведение инъекции РФП преимущественно в вену, гораздо реже в артерию, паренхиму органа, другие ткани. РФП применяют также перорально и путем вдыхания (ингаляция).

Показания к радионуклидному исследованию определяет лечащий врач после консультации с радиологом. Как правило, его проводят после других клинических, лабораторных и неинвазивных лучевых процедур, когда становится ясна необходимость радионуклидных данных о функции и морфологии того или иного органа.

Противопоказаний к радионуклидной диагностике нет, имеются лишь ограничения, предусмотренные инструкциями Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Среди радионуклидных методов различают: методы радионуклидной визуализации, радиографию, клиническую и лабораторную радиометрию.

Термин «*визуализация*» образован от английского слова *vision* (зрение). Им обозначают получение изображения, в данном случае с помощью радиоактивных нуклидов. *Радионуклидная визуализация* — это создание картины пространственного распределения РФП в органах и тканях при введении его в организм пациента. Основным методом радионуклидной визуализации является *гаммасцинтиграфия* (или просто *сцинтиграфия*), которую проводят на аппарате, называемом *гамма-камерой*. Вариантом сцинтиграфии, выполняемой на специальной гамма-камере (с подвижным детектором), является *послойная радионуклидная визуализация* — *однофотонная эмиссионная томография*. Редко, главным образом из-за технической сложности получения ультракороткоживущих позитронизлучающих радионуклидов, проводят *двухфотонную эмиссионную томографию* также на специальной гамма-камере. Иногда применяют уже устаревший метод радионуклидной визуализации — *сканирование*; его выполняют на аппарате, называемом *сканером*.

*Сцинтиграфия* — это получение изображения органов и тканей пациента посредством регистрации на гамма-камере излучения, испускаемого инкорпорированным радионуклидом.

Физиологической сущностью сцинтиграфии является органотропность РФП, т.е. способность его избирательно накапливаться в определенном органе — накапливаться, выделяться или проходить по нему в виде компактного радиоактивного болюса.

*Гамма-камера* (рис. 11.29) представляет собой сложное техническое устройство, насыщенное микроэлектроникой и компьютерной техникой. В качестве детектора радиоактивных излучений применяют сцинтилляционный кристалл (обычно йодид натрия) больших размеров - диаметром до 50 см. Это обеспечивает регистрацию излучения *одномоментно* над



Рис. 11.29. Гамма-камера «Эльцинг».

всей исследуемой частью тела. Исходящие из органа гамма-кванты вызывают в кристалле световые вспышки. Эти вспышки регистрируются несколькими ФЭУ, которые равномерно расположены над поверхностью кристалла. Электрические импульсы из ФЭУ через усилитель и дискриминатор передаются в блок анализатора, который формирует сигнал на экране дисплея. При этом координаты светящейся на экране точки точно соответствуют координатам световой вспышки в сцинтиляторе и, следо-

вательно, расположению радионуклида в органе. Одновременно с помощью электроники анализируется момент возникновения каждой сцинтилляции, что дает возможность определить время прохождения радионуклида по органу.

Важнейшей составной частью гамма-камеры, безусловно является *специализированный компьютер*, который позволяет производить разнообразную компьютерную обработку изображения: выделять на нем заслуживающие внимания поля — так называемые *зоны интереса* — и проводить в них различные процедуры: измерение радиоактивности (общей и локальной), определение размеров органа или его частей, изучение скорости прохождения РФП в этом поле. С помощью компьютера можно улучшить качество изображения, выделить на нем интересующие детали, например питающие орган сосуды.

При анализе сцинтиграмм широко применяют математические методы, системный анализ, камерное моделирование физиологических и патологических процессов. Естественно, все полученные данные не только отображаются на дисплее, но также могут быть перенесены на магнитные носители, переданы по компьютерным сетям.

Заключительным этапом сцинтиграфии обычно является создание твердой копии изображения на бумаге (с помощью принтера) или пленке (посредством фотокамеры).

В принципе каждая сцинтиграмма в той или иной степени характеризует функцию органа, так как РФП накапливается (и выделяется) преимущественно в нормальных и активно функционирующих клетках, поэтому *сцинтиграмма — это функционально-анатомическое изображение*. В этом уникальность радионуклидных изображений, отличающая их от получаемых при рентгенологическом и ультразвуковом исследованиях, магнитно-резонансной томографии. Отсюда вытекает и основное условие для назначения сцинтиграфии — исследуемый орган обязательно должен быть хотя бы в ограниченной степени функционально активным. В противном случае сцинтиграфическое изображение не получится. Вот почему бессмысленно назначать радионуклидное исследование печени при печеночной коме.

Сцинтиграфию широко применяют практически во всех разделах клинической медицины: терапии, хирургии, онкологии, кардиологии, эндокринологии и др.— там, где необходимо «функциональное изображение» органа. В том случае, если выполняют один снимок, то это *статическая сцинтиграфия*. Если же задачей радионуклидного исследования является изучение функции органа, то выполняют серию сцинтиграмм с различными временными интервалами, которые могут измеряться в минутах или секундах. Такую серийную сцинтиграфию называют *динамической*. Проанализировав на компьютере полученную серию сцинтиграмм, выбрав в качестве «зон интереса» весь орган или его часть, можно получить на дисплее кривую, отображающую прохождение РФП через этот орган (или его часть). Такие кривые, построенные на основании результатов компьютерного анализа серии сцинтиграмм, именуют *гистограммами*. Они предназначены для изучения функции органа (или его части). Важным достоинством

гистограмм является возможность обрабатывать их на компьютере: сглаживать, выделять отдельные составляющие части, суммировать и вычитать, оцифровывать и подвергать математическому анализу.

При анализе скинтиграмм, в основном статических, наряду с топографией органа, его размерами и формой определяют степень однородности его изображения. Участки с повышенным накоплением РФП называют *горячими очагами*, или *горячими узлами* (рис. П.30). Обычно им соответствуют избыточно активно функционирующие участки органа — воспалительно измененные ткани, некоторые виды опухолей, зоны гиперплазии. Если же на скинтиграмме выявляется область пониженного накопления РФП, то, значит, речь идет о каком-то объемном образовании, заместившем нормально функционирующую паренхиму органа, — так называемые *холодные узлы* (рис. П.31). Они наблюдаются при кистах, метастазах, очаговом склерозе, некоторых опухолях.

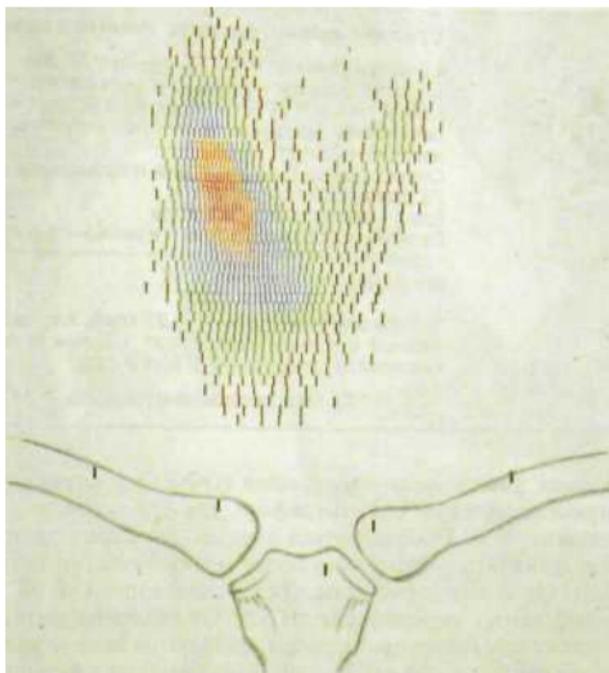
Синтезированы РФП, избирательно накапливающиеся в опухолевой ткани, — *туморотропные РФП*, которые включаются преимущественно в клетки, обладающие высокой митотической и метаболической активностью. Вследствие повышенной концентрации РФП опухоль будет вырисовываться на скинтиграмме в виде горячего очага. Такую методику исследования называют *позитивной скинтиграфией*. Для нее создан ряд РФП (см. ранее).

Скинтиграфия с мечеными моноклональными антителами носит название *иммуноскинтиграфии*.

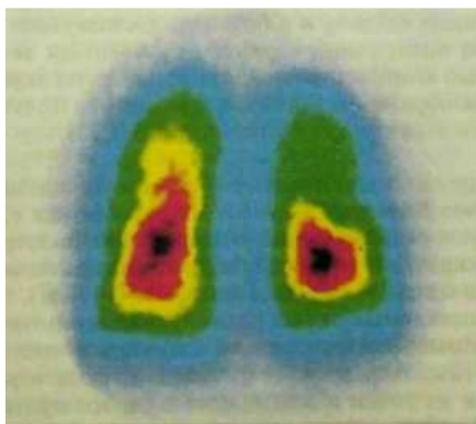
Разновидностью скинтиграфии является *бинуклидное исследование*, т.е. получение двух скинтиграфических изображений с использованием одновременно вводимых РФП. Такое исследование проводят, например, для более отчетливого выделения мелких паразитовидных желез на фоне более массивной ткани щитовидной железы. С этой целью одновременно вводят два РФП, один из которых —  $^{201}\text{Tl}$ -хлорид — накапливается в обоих органах, другой —  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетат — только в щитовидной железе. Затем с помощью дискриминатора и компьютера из первого (суммарного) изображения вычитают второе, т.е. выполняют процедуру *субтракции*, в результате чего получают итоговое изолированное изображение паразитовидных желез.

Существует особый тип гамма-камер, предназначенный для *визуализации всего тела пациента*. При этом датчик камеры перемещается над обследуемым пациентом (или, наоборот, пациент перемещается под датчиком). Получаясь при этом скинтиграмма будет содержать информацию о распределении РФП во всем теле больного. Таким путем получают, например, изображение всего скелета, выявляя при этом скрытые метастазы.

Для исследования сократительной функции сердца применяют гамма-камеры, снабженные специальным устройством — триггером, который под управлением электрокардиографа включает скинтилляционный детектор камеры в строго заданные фазы сердечного цикла — систолу и диастолу. В результате этого после компьютерного анализа полученной информации на экране дисплея появляются два изображения сердца — систолическое и диастолическое. Совместив их на дисплее, можно изучить сократительную функцию сердца.



**Рис. 11.30.** Сканограма щитовидной железы. В правой доле определяется зона повышенного накопления РФП — «горячий» очаг.



**Рис. 11.31.** Сцинтиграмма легких. Отсутствие РФП в верхней зоне левого легкого.



## Среднее время, которое ученый отдает работе

Среднее время жизни человека— 60 лет  
Детство (школа, колледж, университет)—24 года  
Сон (8 часов в сутки; сон во время научных дискуссий, лекций и семинаров не учитывается)— 20 лет  
Отпуск (плюс выходные дни и праздники, 73 дня в год)— 12 лет  
Еда (1 час в день)— 2,5 года  
Прочие потребности (0,5 ч в день)— 1,5 года

Итого... —59,75 года

Чистое рабочее время — 0,25 года, т.е. около 90 дней.  
Ученый в среднем работает 1,5 дня в год или, если исключить детство,— 2,5 дня в год.

(Физики продолжают шутить.— М.: Мир, 1968)

*Однофотонная эмиссионная томография (ОФЭТ)* постепенно вытесняет обычную статическую сцинтиграфию, так как позволяет с таким же количеством того же РФП добиться лучшего пространственного разрешения, т.е. выявлять значительно более мелкие участки поражения органа — горячие и холодные узлы. Для выполнения ОФЭТ применяют специальные гамма-камеры (рис. 11.32). От обычных они отличаются тем, что детекторы (чаще два) камеры вращаются вокруг тела больного. В процессе вращения сцинтилляционные сигналы поступают на компьютер из разных ракурсов съемки, что дает возможность построить на экране дисплея послойное изображение органа (как при другой послойной визуализации — рентгеновской компьютерной томографии).

ОФЭТ предназначена для тех же целей, что и статическая сцинтиграфия, т.е. для получения анатомо-функционального изображения органа, но отличается от последней более высоким качеством изображения. Она позволяет выявить более мелкие детали и, следовательно, распознать заболевание на более ранних стадиях и с большей достоверностью. При наличии достаточного числа поперечных «срезов», полученных за короткий период времени, с помощью компьютера можно построить на экране дисплея трехмерное объемное изображение органа, позволяющее получить более точное представление о его структуре и функции (рис. 11.33).

Существует еще один вид послойной радионуклидной визуализации — *позитронная двухфотонная эмиссионная томография (ПЭТ)*. В качестве РФП используют радионуклиды, испускающие позитроны, в основном ультракороткоживущие нуклиды, период полураспада которых составляет несколько минут,—  $^{11}\text{C}$  (20,4 мин),  $^{13}\text{N}$  (10 мин),  $^{15}\text{O}$  (2,03 мин),  $^{18}\text{F}$  (ПО мин). Испускаемые этими радионуклидами позитроны аннигилируют вблизи атомов с электронами, следствием чего является возникновение двух гамма-квантов — фотонов (отсюда и название метода), разлетающихся из точки аннигиляции в строго противоположных направлениях. Разлетающиеся кванты регистрируются несколькими детекторами гамма-камеры, располагающимися вокруг обследуемого.



**Рис. 11.32.** Ротационная гамма-камера для эмиссионной томографии.

Основным достоинством ПЭТ является то, что используемыми при ней радионуклидами можно метить очень важные в физиологическом отношении лекарственные препараты, например глюкозу, которая, как известно, активно участвует во многих метаболических процессах. При введении в организм пациента меченой глюкозы она активно включается в тканевый обмен головного мозга и сердечной мышцы. Регистрируя с помощью ПЭТ поведение этого препарата в названных органах, можно судить о характере метаболических процессов в тканях. В головном мозге, например, таким образом выявляют ранние формы нарушения кровообращения или развития опухолей и даже обнаруживают изменение физиологической активности мозговой ткани в ответ на действие физиологических раздражителей — света и звука (рис. 11.34). В сердечной мышце определяют начальные проявления нарушения метаболизма.

Распространение этого важного и весьма перспективного метода в клинике сдерживается тем обстоятельством, что ультракороткоживущие радионуклиды производят на ускорителях ядерных частиц — циклотронах. Ясно, что работать с ними можно только в том случае, если циклотрон расположен непосредственно в лечебном учреждении, что, по понятным причи-

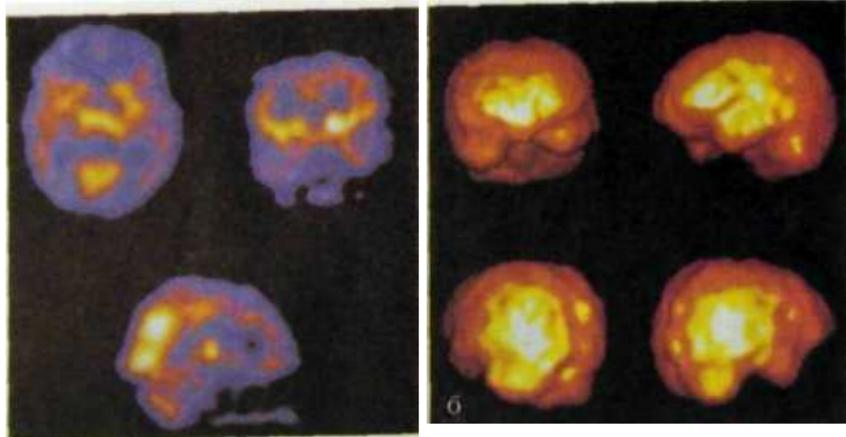


Рис. 11.33. Эмиссионная томография головного мозга.

а - томограммы в трех проекциях; б - объемная реконструкция изображения мозга.

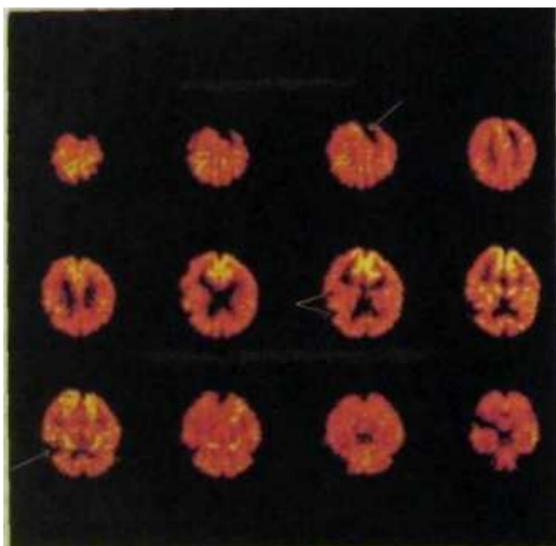


Рис. 11.34. Серия томограмм (позитронная двухфотонная эмиссионная томография). Очаги инфаркта в головном мозге (указаны стрелками).

нам, доступно лишь ограниченному числу медицинских центров, в основном крупным научно-исследовательским институтам.

*Сканирование* предназначено для тех же целей, что и скинтиграфия, т.е. для получения радионуклидного изображения. Однако в детекторе сканера имеется сцинтилляционный кристалл сравнительно небольших размеров,

несколько сантиметров в диаметре, поэтому для обзора всего исследуемого органа приходится перемещать этот кристалл последовательно строка за строкой (например, как электронный пучок в электронно-лучевой трубке). Движения эти медленные, вследствие чего продолжительность исследования составляет десятки минут, иногда 1 ч и более. Качество получаемого при этом изображения низкое, а оценка функции — лишь приближительная. По этим причинам сканирование в радионуклидной диагностике применяют редко, в основном там, где отсутствуют гамма-камеры.

Для регистрации функциональных процессов в органах — накопления, выведения или прохождения по ним РФП — в некоторых лабораториях применяют радиографию. Радиограф имеет один или несколько сцинтилляционных датчиков, которые устанавливают над поверхностью тела пациента. При введении в организм больного РФП эти датчики улавливают гамма-излучение радионуклида и преобразуют его в электрический сигнал, который затем записывается на диаграммной бумаге в виде кривых.

Однако простота устройства радиографа и всего исследования в целом перечеркивается весьма существенным недостатком — низкой точностью исследования. Дело в том, что при радиографии в отличие от сцинтиграфии очень трудно соблюсти правильную «геометрию счета», т.е. расположить детектор точно над поверхностью исследуемого органа. В результате подобной неточности детектор радиографа часто «видит» не то, что нужно, и эффективность исследования оказывается низкой.

Под *клинической радиометрией* понимают измерение радиоактивности всего тела или его части после введения в организм РФП. Обычно в клинической практике используют гамма-излучающие радионуклиды. После введения в организм РФП, содержащего такой радионуклид, его излучения улавливаются сцинтилляционным детектором, расположенным над соответствующей частью тела пациента. Результаты исследования обычно представляются на световом табло в виде количества импульсов, зарегистрированных за определенный промежуток времени, либо в виде скорости счета (в импульсах в минуту). В клинической практике данный метод не имеет большого значения. Обычно его используют в тех случаях, когда необходимо выявить и оценить инкорпорацию радионуклидов при случайном их попадании в организм человека — по неосторожности, при катастрофах.

Более интересный метод — *радиометрия всего тела*. При ее проведении человека помещают в специальную низкофоновую камеру, содержащую несколько специально ориентированных сцинтилляционных детекторов. Это позволяет регистрировать радиоактивное излучение всего тела, причем в условиях минимального влияния естественного радиоактивного фона, который, как известно, в некоторых областях поверхности Земли может быть весьма высоким. Если во время выполнения радиометрии закрыть свинцовой пластиной какую-либо часть тела (орган), то можно оценить вклад именно этой части тела (или располагающегося под пластинкой органа) в общую радиоактивность организма. Таким путем удается изучить метаболизм белков, витаминов, железа, определить объем внеклеточной воды. Этот метод применяют также при обследовании людей со случайной инкорпорацией радионуклидов (вместо обычной клинической радиометрии).



Рис. 11.35. Аппаратура для радиоиммунологического анализа.

Для *лабораторной радиометрии* используют автоматизированные радиометры (счетчики проб; рис. 11.35). В них на конвейере располагаются пробирки с радиоактивным материалом. Под управлением микропроцессора пробирки автоматически подаются к окну колодезного счетчика; после выполнения радиометрии происходит автоматическая смена пробирок. Результаты измерения подсчитываются в компьютере, и после соответствующей обработки они поступают на печатающее устройство. В современных радиометрах в автоматическом режиме производятся сложные расчеты, и врач получает готовую информацию, например о концентрации в крови гормонов и ферментов с указанием точности выполненных измерений. Если объем работы по лабораторной радиометрии невелик, то применяют более простые радиометры с ручным перемещением пробирок и выполнением радиометрии вручную, в неавтоматическом режиме.

Радионуклидная диагностика *in vitro* (от лат. *vitrum* — стекло, поскольку все исследования проводят в пробирках) относится к микроанализу и занимает пограничное положение между радиологией и клинической биохимией. Она позволяет обнаружить присутствие в биологических жидкостях (кровь, моча) различных веществ эндогенного и экзогенного происхождения, находящихся там в ничтожно малых или, как говорят химики, исчезающих концентрациях. К таким веществам относятся гормоны, ферменты, лекарственные препараты, введенные в организм с лечебной целью, и др.

При различных заболеваниях, например при раке или инфаркте миокарда, в организме появляются вещества, специфические для этих заболеваний. Их называют маркерами (от англ. *mark* — метка). Концентрация маркеров столь же ничтожно **мала**, как и гормонов: буквально единичные молекулы в 1 мл крови.

Все эти уникальные по своей точности исследования могут быть выполнены с применением *радиоиммунологического анализа*, разработанного в 1960 г. американскими исследователями С. Берсоном и Р. Ялоу, которым впоследствии за эту работу была присуждена Нобелевская премия. Широкое внедрение его в клиническую практику ознаменовало собою революционный скачок в микроанализе и радионуклидной диагностике. Впервые врачи получили возможность, причем весьма реальную, расшифровывать механизмы развития многих заболеваний и диагностировать их на самых ранних стадиях. Наиболее зримо ощутили значение нового метода эндокринологи, терапевты, акушеры, педиатры<sup>1</sup>.

Принцип радиоиммунологического метода состоит в конкурентном связывании искомого стабильных и аналогичных им меченых веществ со специфической воспринимающей системой.

Для выполнения такого анализа выпускают стандартные наборы реагентов, каждый из которых предназначен для определения концентрации какого-либо одного конкретного вещества.

Схема радиоиммунологического исследования представлена на рис. 11.36. Как видно на рисунке, связывающая система (чаще всего это специфические антитела или антисыворотка) вступает во взаимодействие одновременно с двумя антигенами, один из которых искомым, другой — его меченый аналог. В качестве метки по ряду соображений наиболее часто используют гамма-излучатель  $^{125}\text{I}$ , реже — бета-излучатель  $^3\text{H}$ . Применяют растворы, в которых меченого антигена содержится всегда больше, чем антител. В этом случае разыгрывается настоящая борьба меченого и немеченого антигенов за связь с антителами. Последние относятся к иммуноглобулинам класса G.

Они должны быть узкоспецифическими, т.е. реагировать только с исследуемым антигеном. Антитела акцептируют на своих открытых связывающих местах (сайтах) лишь специфические для них антигены, причем в количествах, пропорциональных количеству антигенов. Этот механизм образно описывают как феномен «замка и ключа»: чем больше исходное содержание искомого антигена в реагирующих растворах, тем меньше радиоактивного аналога антигена будет захвачено связывающей системой и тем большая его часть останется несвязанной.

Одновременно с определением концентрации искомого вещества в крови пациента в тех же условиях и с теми же реагентами проводят исследование стандартных сывороток с точно установленной концентрацией искомого антигена. По соотношению радиоактивностей прореагировавших компонентов строят калибровочную кривую, отражающую зависимость радиоактивности пробы от концентрации исследуемого вещества. Затем, сопоставляя радиоактивность проб материала, полученного от пациента, с калибровочной кривой, определяют концентрацию искомого вещества в пробе.

<sup>1</sup> Подробнее см.- *Гринин Л. С., Рыбаков С.С.* Радиоиммунологический анализ.- М.: Энергоатомиздат, 1984; *Ткачева Г.Л., Балаболкин М.И., Ларичева И.М.* Радиоиммунологические методы исследования.— М: Медицина, 1983; *Чард I.* Радиоиммунологический анализ: Пер. с англ.— М.: Мир, 1981.

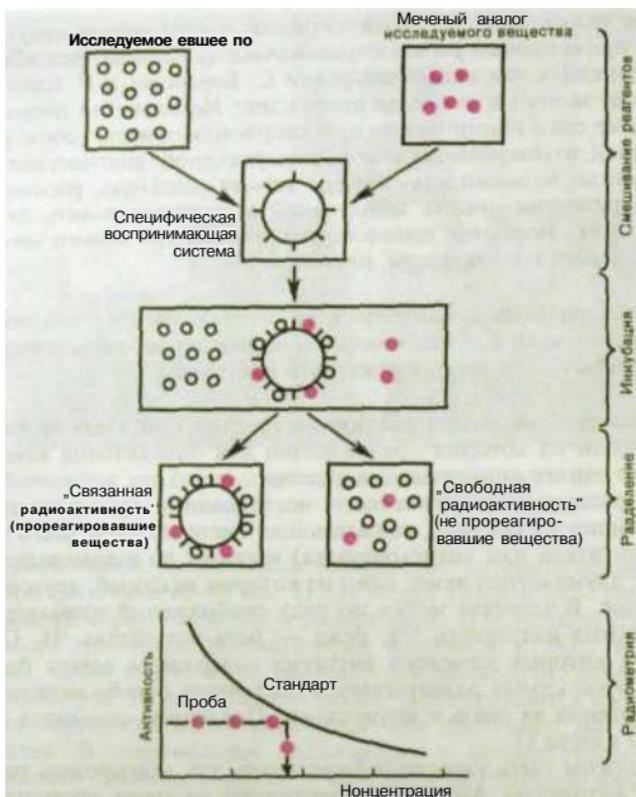


Рис. Н.36. Схема выполнения радиоиммунологического анализа.

Радионуклидный анализ *in vitro* стали называть *радиоиммунологическим*, поскольку он основан на использовании иммунологических реакций антиген—антитело. Однако в дальнейшем были созданы другие близкие по целям и методике, но различающиеся по деталям виды исследования *in vitro*. Так, если в качестве меченой субстанции применяют антитело, а не антиген, анализ называют *иммунорадиометрическим*; если же в качестве связывающей системы взяты тканевые рецепторы, говорят о *радиорецепторном* анализе.

Радионуклидное исследование в пробирке состоит из 4 этапов (рис. 11.37).

*Первый этап* — смешивание анализируемой биологической пробы с реагентами из набора, содержащего антисыворотку (антитела) и связывающую систему. Все манипуляции с растворами проводят специальными полуавтоматическими микропипетками, в некоторых лабораториях их осуществляют с помощью автоматов.

*Второй этап* — инкубация смеси. Она продолжается до достижения динамического равновесия: в зависимости от специфичности антигена ее



Рис. П.37. Этапы радиоиммунологического анализа.

а — смешивание реактивов; б — инкубация; в — разделение ингредиентов реакции; г — радиометрия; д — построение калибровочных кривых и определение концентрации искомого вещества.

длительность варьирует от нескольких минут до нескольких часов и даже суток.

*Третий этап* — разделение свободного и связанного радиоактивного вещества. С этой целью используют имеющиеся в наборе сорбенты (ионообменные смолы, уголь и др.), осаждающие более тяжелые комплексы антиген—антитело.

*Четвертый этап* - радиометрия проб, построение калибровочных кривых, определение концентрации искомого вещества. Все эти работы выполняются автоматически с помощью радиометра, оснащенного микропроцессором и печатающим устройством.

Как видно из изложенного, радиоиммунологический анализ основан на использовании радиоактивной метки антигенов. Однако принципиально в качестве метки антигена или антитела можно использовать другие вещества, в частности ферменты, люминофоры или высокофлюоресцирующие молекулы. На этом основаны новые методы микроанализа: *иммуоферментный, иммунолюминесцентный, иммунофлюоресцентный*. Некоторые из них весьма перспективны и составляют конкуренцию радиоиммунологическому исследованию.

### 3. УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

*Сювом: наша речь о там,  
Как он сделался царем.*

И.П. Ершов

Ультразвуковые волны — это упругие колебания среды с частотой, превышающей частоту колебания слышимых человеком звуков,— свыше 20 кГц. В ультразвуковой диагностике используют продольные ультразвуковые волны, которые обладают высокой проникающей способностью и проходят через ткани организма, не пропускающие видимый свет. Они относятся к числу неионизирующих излучений и в применении в диагностике диапазоне не вызывают выраженных биологических эффектов. Средняя интенсивность их энергии не превышает при использовании коротких импульсов  $0,01 \text{ Вт/см}^2$ , поэтому противопоказаний к исследованию нет. Процедура ультразвуковой диагностики непродолжительна, безболезненна, может быть многократно повторена. Ультразвуковой аппарат занимает мало места и может быть использован для обследования как стационарных, так и амбулаторных больных.

*Ультразвуковой метод* — способ дистантного определения положения, формы, величины, структуры и движения органов и тканей, а также патологических очагов с помощью ультразвукового излучения.

Он позволяет зарегистрировать даже незначительные изменения плотности биологических сред. Благодаря перечисленным выше достоинствам ультразвуковой метод стал одним из наиболее популярных и доступных исследований в клинической медицине. В некоторых ее разделах, например

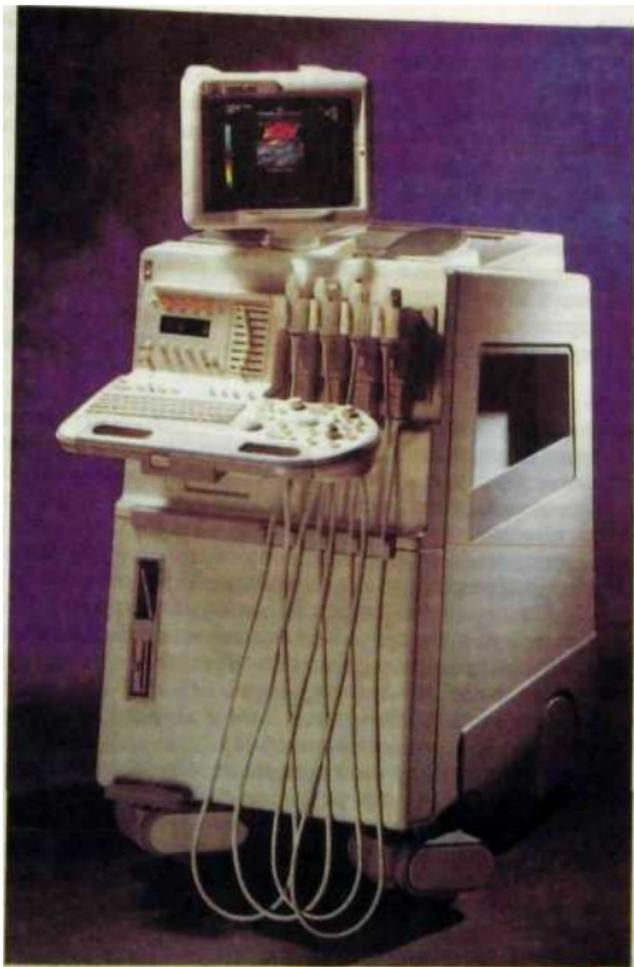


Рис. 11.38. Ультразвуковой диагностический аппарат.

акушерстве, педиатрии, он стал основным, а иногда единственным методом диагностической визуализации<sup>1</sup>.

Аппарат для ультразвукового исследования представляет собой сложное и вместе с тем достаточно портативное устройство, выполняемое в стационарном или переносном варианте (рис. 11.38). Датчик аппарата, называемый также *трансдюсером*, включает в себя ультразвуковой пре-

<sup>1</sup> Подробнее см.: Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике/Под ред. ММ Митькова. Т.1. — М.: ВИДАР, 1996; Под ред. ММ. Митькова и МВ. Медведева. Т.2.- М.: ВИДАР, 1996; т.3 - М.: ВИДАР, 1997.

образователь. основной частью которого является пьезокерамический кристалл. Короткие электрические импульсы, поступающие из электронного блока прибора, возбуждают в нем ультразвуковые колебания — *обратный пьезоэлектрический эффект*. Применяемые для диагностики колебания характеризуются небольшой длиной волны, что позволяет формировать из них узкий пучок, направленный на исследуемую часть тела. Отраженные волны («эхо») воспринимаются тем же пьезоэлементом и преобразуются в электрические сигналы — *прямой пьезоэлектрический эффект*. Последние поступают в высокочастотный усилитель, обрабатываются в электронном блоке прибора и выдаются пользователю в виде одномерного (в форме кривой) или двухмерного (в форме картинки) изображения. Первое называют *эхограммой*, а второе — *сонограммой* (синонимы: *ультрасонограмма*, *ультразвуковая сканограмма*).

*Таким образом, ультразвуковой преобразователь выполняет следующие функции: 1) преобразует электрические сигналы в ультразвуковые колебания; 2) принимает отраженные эхосигналы и преобразует их в электрические; 3) формирует пучок ультразвуковых колебаний необходимой формы; 4) обеспечивает (в ряде систем) перемещение пучка ультразвуковых волн в исследуемой области.*

Ультразвуковые датчики представляют собой сложные устройства. Их подразделяют на предназначенные для *медленного* и *быстрого* — в реальном времени — сканирования. Датчики для медленного сканирования, как правило, *одноэлементные*, для быстрого — *механические* или *электронные* (механическое или электронное сканирование). Механические датчики в большинстве случаев содержат два-три элемента, реже — один элемент. При этом изображение на экране получается в виде сектора (секторные датчики). Датчики для электронного сканирования всегда *многоэлементные*, выполнены в виде линеек различной длины и формы. В зависимости от формы получаемого изображения различают *секторные*, *линейные* и *концевые (выпуклые)* датчики.

Частоту ультразвуковых волн подбирают в зависимости от цели исследования. Для глубоко расположенных структур применяют более низкие частоты, для поверхностных — более высокие. Например, для изучения сердца используют волны с частотой 2,2—5,0 МГц, для эхографии глаза — 10—15 МГц. На современных установках сонограммы подвергают компьютерному анализу по стандартным программам. Расчетатка информации производится в виде картинка — изображения исследуемой области либо, при одномерном исследовании, в виде кривых или ряда цифр.

Все ультразвуковые установки, кроме основанных на эффекте Допплера (см. ниже), работают в режиме импульсной эхолокации: излучается короткий импульс и воспринимается короткий сигнал. В зависимости от задач исследования применяют разные виды датчиков. Одни из них предназначены для сканирования с поверхности тела. Другие датчики соединены с эндоскопическим зондом, их используют при внутрисосудистом исследовании, в том числе в комбинации с эндоскопией. Эти датчики, а также созданные для ультразвуковой локации на операционном столе, можно стерилизовать. *Биопсийные*, или *пункционные*, датчики применяют для точного наведения биопсийных, или пункционных, игл.

По принципу действия все ультразвуковые датчики делят на две группы: *эхомпульсные* и *доплеровские*. Приборы первой группы служат для определения анатомических структур, их визуализации и измерения Доплеровские датчики позволяют получать кинематическую характеристику быстро протекающих процессов - кровотока в сосудах, сокращений сердца. Однако такое деление условно. Многие установки дают возможность одновременно изучать как анатомические, так и функциональные параметры.

Для исследования головного мозга, глаза, щитовидной, слюнных и молочной желез, сердца, почек, обследования беременных со сроком более 20 нед специальной подготовки не требуется. При изучении органов брюшной полости, особенно поджелудочной железы, следует тщательно подготовить кишечник, чтобы в нем не было скопления газа. Больной должен явиться в ультразвуковой кабинет натощак. Исследование органов таза рекомендуется проводить при наполненном мочевом пузыре.

Большого обследуют при разном положении тела и датчика. При этом врач обычно не ограничивается стандартными позициями, а, меняя положение датчика, стремится получить возможно полную информацию о состоянии органов. Для улучшения контакта с датчиком кожу над исследуемой областью тела хорошо смазывают пропускающим ультразвук специальным акустическим гелем.

Ослабление ультразвука в среде определяется так называемым *импедансом* — ультразвуковым сопротивлением. Величина его зависит от плотности среды и скорости распространения в ней ультразвуковых волн. Достигнув границы двух сред с разным импедансом, пучок этих волн претерпевает изменения: часть его продолжает распространяться в новой среде, а часть отражается. Коэффициент отражения зависит от разности импеданса соприкасающихся сред, т.е. от степени акустической неоднородности граничащих тканей: чем выше различие в импедансе, тем больше волн отражается. Кроме того, степень отражения зависит от угла падения волн на граничащую плоскость: наибольшее отражение отмечается при прямом угле падения. Из-за почти полного отражения ультразвуковых волн на границе некоторых сред при ультразвуковом исследовании приходится сталкиваться со «слепыми» зонами: это наполненные воздухом легкие, кишечник (при наличии в нем газа), участки тканей, расположенные за костями. На границе мышечной ткани и кости отражается до 40 % волн, а на границе мягких тканей и газа — практически 100 %, поскольку газ не проводит ультразвуковые волны. При необходимости ультразвуковое исследование проводят с применением контрастных средств. К их числу относятся, в частности, микропузырьки газа, растворенные в галактозе.

*Наибольшее распространение в мимической практике нашли три метода ультразвуковой диагностики: одномерное исследование (эхография), двухмерное исследование (сонография, сканирование) и доплерография. Все они основаны на регистрации отраженных от объекта эхосигналов.*

Различают два варианта одномерного ультразвукового исследования: *A-* и *M-методы*. Принцип *A-метода* показан на рис. 11.39, а. Датчик находится в фиксированном положении для регистрации эхосигнала в направлении излучения. Эхосигналы представляются в одномерном виде как амплитудно-временная кривая.

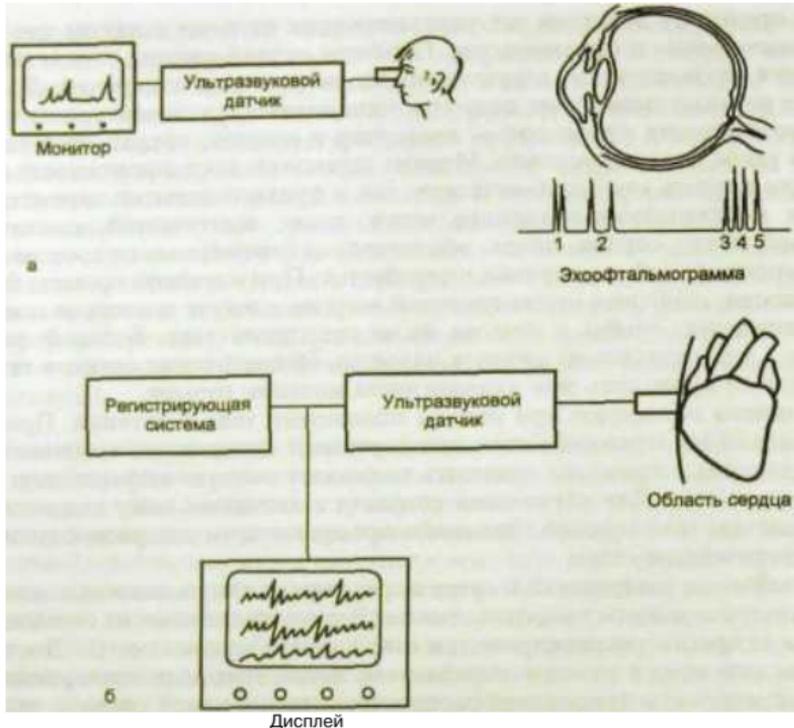


Рис. 11.39. Одномерное ультразвуковое исследование.

а — А-метод эхографии (на примере исследования глазного яблока): пики на эхоофтальмограмме образованы роговией (1), хрусталиком (2), сетчаткой (3), склерой (4), ретробульбарной жировой клетчаткой (5); б — М-метод ультразвукового сканирования сердца (эхокардиография).

литудные отметки на оси времени. Отсюда, кстати, и название метода (от англ. amplitude — амплитуда). Иными словами, отраженный сигнал образует на экране индикатора фигуру в виде пика на прямой линии. Количество и расположение пиков на горизонтальной прямой соответствуют расположению отражающих ультразвук элементов объекта. Следовательно, одномерный А-метод позволяет определить расстояние между слоями тканей на пути ультразвукового импульса. *Основное клиническое применение А-метода — офтальмология и неврология.* При исследовании глаза с помощью этого метода можно определить состояние глазного яблока, выявить помутнение стекловидного тела, отслойку сетчатки или сосудистой оболочки, опухоль или инородное тело в глазнице. В неврологии А-метод позволяет определить локализацию серповидного отростка и тем самым установить наличие объемного процесса в мозге: кровоизлияния, опухоли. Следует отметить, что, несмотря на наличие в настоящее время более сложных, наглядных и точных методов изучения головного мозга, А-метод ультразвуковой биолокации по-прежнему достаточно широко применяют в клинике, так как его отличают простота, дешевизна и мобильность исследования.

**М-метод** (от английского *motion* — движение) также относится к одномерным ультразвуковым исследованиям (рис. 11.39, б). Он предназначен для исследования движущегося объекта — сердца. Датчик также находится в фиксированном положении. Частота посылки ультразвуковых импульсов очень высокая — около 1000 в 1 с, а продолжительность импульса очень небольшая, всего 1 мкс. Таким образом, датчик лишь 0,1 % времени работает как излучатель, а 99,9 % — как воспринимающее устройство. Отраженные от движущихся стенок сердца эхосигналы записываются на диаграммную бумагу. По форме и расположению зарегистрированных кривых можно составить представление о характере сокращений сердца. Данный метод ультразвуковой биолокации получил также название «*эхокардиография*» и, как следует из его описания, применяется в *кардиологической клинике*. Как и А-метод, М-метод благодаря его простоте и доступности достаточно широко используют в клинической практике, преимущественно на первичном, доклиническом этапе обследования.

**Ультразвуковое сканирование** позволяет получать *двухмерное изображение органов (сонография)*. Этот метод известен также под названием «*В-метод*» (от англ. *bright* — яркость). Сущность метода заключается в перемещении ультразвукового пучка по поверхности тела во время исследования. Этим обеспечивается регистрация сигналов одновременно или последовательно от многих объектов. Получаемая серия сигналов служит для формирования изображения. Оно возникает на дисплее и может быть зафиксировано на бумаге. Это изображение можно подвергнуть математической обработке, определяя размеры (площадь периметр, поверхность и объем) исследуемого органа.

При ультразвуковом сканировании яркость каждой светящейся точки на экране индикатора находится в прямой зависимости от интенсивности эхосигнала. Сигналы разной силы обуславливают на экране участки потемнения различной степени (от белого до черного цвета). На аппаратах с такими индикаторами плотные камни выглядят ярко-белыми, а образования, содержащие жидкость, — черными (рис. 11.40).



**Рис. 11.40.** Сонограмма желчного пузыря при холелитиазе. В полости пузыря определяется одиночный камень ( ++ ), за ним видна акустическая «дорожка».

Большинство ультразвуковых установок позволяет производить сканирование пучком волн относительно большого диаметра и с большой частотой кадров в секунду, когда время перемещения ультразвукового луча намного меньше периода движения внутренних органов. Это обеспечивает прямое наблюдение на дисплее за движением органов (сокращениями и расслаблениями сердца, перемещениями органов при дыхании и т.д.). О таких исследованиях говорят, что их проводят в *режиме реального времени*.

Важнейшим элементом ультразвукового сканера, обеспечивающим использование режима реального времени и серой шкалы, является блок промежуточной цифровой памяти. В нем ультразвуковое изображение преобразуется в цифровое и накапливается по мере поступления сигналов от датчика. Одновременно осуществляется считывание изображения из памяти специальным устройством и представление его с необходимой скоростью на дисплее. У промежуточной памяти есть еще одно назначение: благодаря ей изображение имеет полутоновый характер, такой же, как на рентгенограмме. Однако диапазон градаций серого цвета на рентгенограмме не превышает 15—20 уровней, тогда как в ультразвуковой установке он достигает 64. Промежуточная цифровая память позволяет остановить изображение движущегося органа, т.е. сделать *стоп-кадр*, и внимательно изучить его на экране дисплея. При необходимости с этого стоп-кадра может быть сделана твердая копия на бумаге, можно записать движение органов на магнитные носители — диск или ленту.

*Допплерография* — одна из самых изящных инструментальных методик. Она основана на *эффекте Допплера*, названном так по имени австрийского ученого — физика и астронома. Этот эффект состоит в изменении длины волны (или частоты) при движении источника волн относительно принимающего их устройства. Он характерен для любых волн (свет, звук и т.д.). При приближении источника к приемнику длина волны уменьшается, а при удалении — увеличивается. На эффекте Допплера основана работа целого класса ультразвуковых диагностических приборов. Более того, в настоящее время доплерографию можно выполнять с помощью приборов для двухмерной ультразвуковой биолокации.

*Существуют два вида доплерографических исследований — непрерывный (постоянноволновой) и импульсный.* При первом генерация ультразвуковых волн осуществляется непрерывно одним пьезокристаллическим элементом, а регистрация отраженных волн — другим. В электронном блоке прибора производится сравнение двух частот ультразвуковых колебаний: направленных на большого и отраженных от него. По сдвигу частот этих колебаний судят о скорости движения анатомических структур. Анализ сдвига частот может производиться акустически или с помощью самописцев.

*Непрерывная доплерография* — простой и доступный метод исследования. Он наиболее эффективен при высоких скоростях движения крови, например в местах сужения сосудов. Однако у этого метода имеется существенный недостаток: частота отраженного сигнала изменяется не только вследствие движения крови в исследуемом сосуде, но и из-за любых других движущихся структур, которые встречаются на пути падающей ультразвуковой волны. Таким образом, при непрерывной доплерографии определяется суммарная скорость движения этих объектов.

От указанного недостатка свободна *импульсная доплерография*. Она позволяет измерить скорость в заданном врачом участке контрольного объе-

ма. Размеры этого объема невелики - всего несколько миллиметров в диаметре, а его положение может произвольно устанавливаться врач в соответствии с конкретной задачей исследования. В некоторых аппаратах скорость кровотока можно определять одновременно в нескольких (до 10) контрольных объемах. Такая информация отражает полную картину кровотока в исследуемой зоне тела пациента. Укажем, кстати, что изучение скорости кровотока иногда называют ультразвуковой *флоуметрией*.

*Результаты импульсного доплерографического исследования могут быть представлены врачу тремя способами: в виде количественных показателей скорости кровотока, в виде кривых и аудиально, т.е. тональными сигналами на звуковом выходе аппарата.* Звуковой выход позволяет на слух дифференцировать однородное, правильное, ламинарное течение крови и вихревой турбулентный кровоток в патологически измененном сосуде. При записи на бумаге ламинарный кровоток характеризуется тонкой кривой, тогда как вихревое течение крови отображается широкой неоднородной кривой.

Большое значение в клинической медицине, особенно в ангиологии, получила *ультразвуковая ангиография*, или *цветное доплеровское картирование* (рис. 11.41, 11.42). Метод основан на *кодировании в цвете среднего значения доплеровского сдвига излучаемой частоты*. При этом кровь, движущаяся к датчику, окрашивается в красный цвет, а от датчика — в синий. Интенсивность цвета возрастает с увеличением скорости кровотока. Иногда для усиления контрастирования в кровь вводят перфузат с микрочастицами, имитирующими эритроциты.

Дальнейшим развитием доплеровского картирования стал так называемый *энергетический доплер*. При этом методе в цвете кодируется не средняя величина доплеровского сдвига, как при обычном доплеровском картировании, а интеграл амплитуд всех эхосигналов доплеровского спектра. Это дает возможность получать изображение кровеносного сосуда на значительно большем протяжении, визуализировать сосуды даже очень небольшого диаметра (ультразвуковая ангиография). На ангиограммах, полученных с помощью энергетического доплера, отражается не скорость движения эритроцитов, как при обычном цветовом картировании, а плотность эритроцитов в заданном объеме. Благодаря своим диагностическим возможностям ультразвуковая ангиография методом энергетического доплера в ряде случаев может заменить более инвазивную рентгеновскую ангиографию (рис. 11.43).

Доплеровское картирование используют в клинике для изучения формы, контуров и просвета кровеносных сосудов. С помощью этого метода легко выявляют сужения и тромбоз сосудов, отдельные атеросклеротические бляшки в них, нарушения кровотока. Кроме того, введение в клиническую практику энергетического доплера позволило этому методу выйти за рамки чистой ангиологии и занять достойное место при исследовании различных паренхиматозных органов с диффузными и очаговыми поражениями, например у больных циррозом печени, диффузным или узловым зобом, пиелонефритом и нефросклерозом и др., чему способствует появление класса контрастных веществ для ультразвукового исследования.

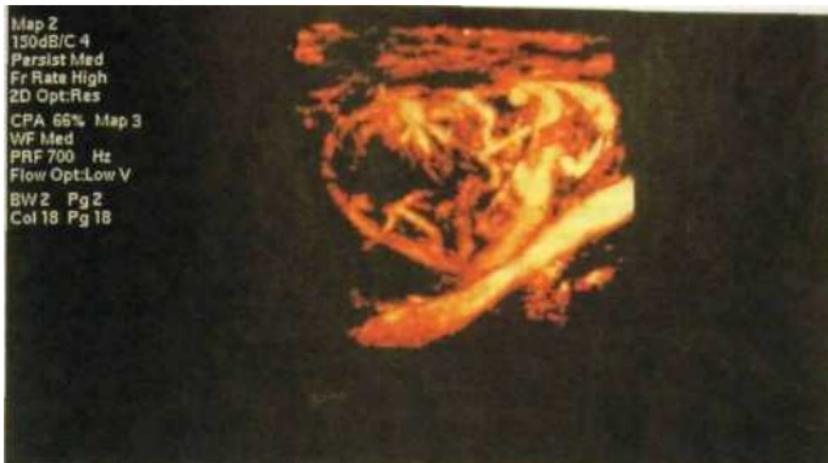
Еще один вид доплеровского картирования — *тканевый доплер*. Он основан на *визуализации нативных тканевых гармоник*. Они возникают как



**Рис. 11.41.** Допплерограмма брюшной аорты (поперечное сканирование). Аневризма аорты.



**Рис. 11.42.** Цветное картирование нормальной почки в режиме энергетического доплера-



РНС. 11.43. Ультразвуковая ангиограмма (цветная доплерограмма) подчелюстного лимфатического узла, пораженного метастазом рака. Четко видны сосуды опухоли.

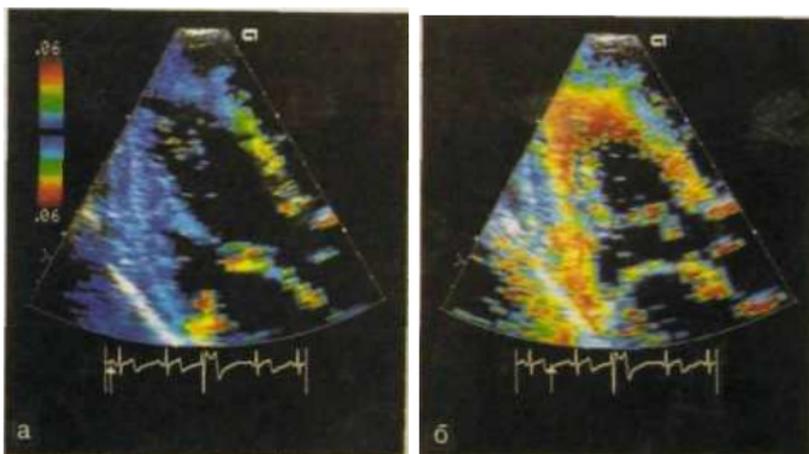


Рис. И.44. Изображение сердца в фазах диастолы (а) и систолы (б) при исследовании в режиме тканевого доплера.

дополнительные частоты при распространении волнового сигнала в материальной среде, являются составной частью этого сигнала и кратны его основной (фундаментальной) частоте. Регистрируя только тканевые гармоники (без основного сигнала), удастся получить изолированное изображение сердечной мышцы без изображения содержащейся в полостях сердца крови. Подобная визуализация сердечной мышцы, выполненная в фиксированные фазы сердечного цикла — систолу и диастолу, позволяет неинвазивным путем оценить сократительную функцию миокарда (рис. 11.44).



Рис. 11.41. Допплерограмма брюшной аорты (поперечное сканирование). Аневризма аорты.



Рис. 11.42. Цветное картирование нормальной почки в режиме энергетического доплера.

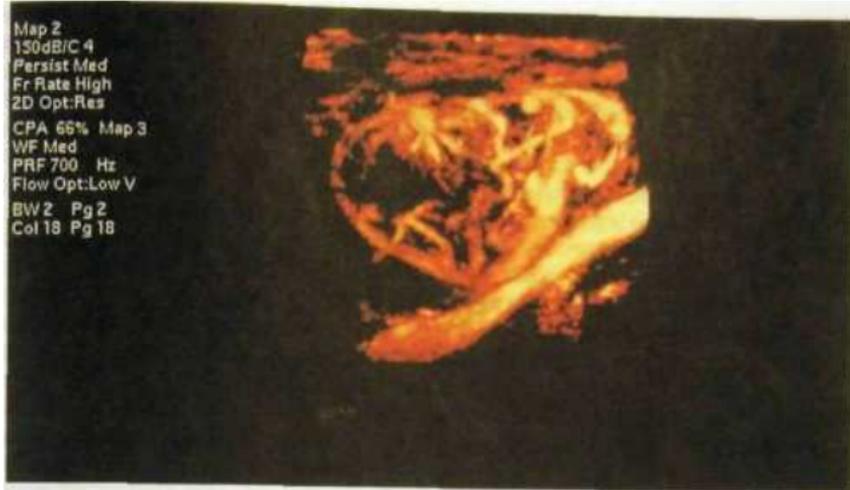


Рис. 11.43. Ультразвуковая ангиограмма (цветная доплерограмма) подчелюстного лимфатического узла, пораженного метастазом рака. Четко видны сосуды опухоли.

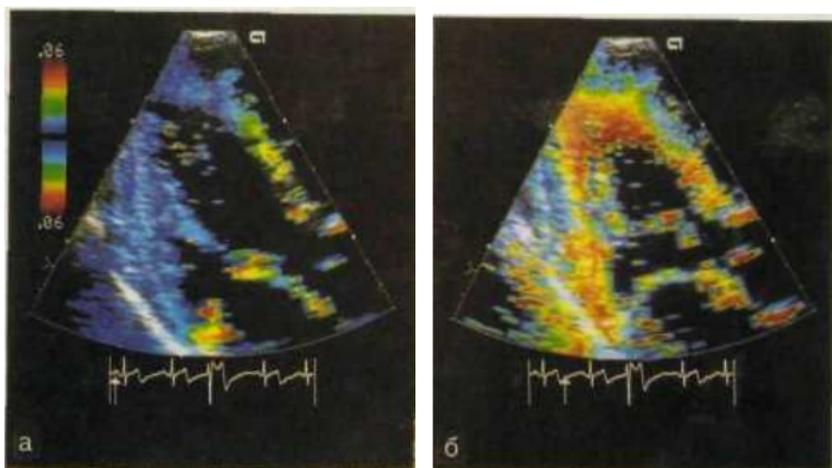


Рис. 11.44. Изображение сердца в фазах диастолы (а) и систолы (б) при исследовании в режиме тканевого доплера.

дополнительные частоты при распространении волнового сигнала в материальной среде, являются составной частью этого сигнала и кратны его основной (фундаментальной) частоте. Регистрируя только тканевые гармоники (без основного сигнала), удастся получить изолированное изображение сердечной мышцы без изображения содержащейся в полостях сердца крови. Подобная визуализация сердечной мышцы, выполненная в фиксированные фазы сердечного цикла — систолу и диастолу, позволяет неинвазивным путем оценить сократительную функцию миокарда (рис. 11.44).

Большие диагностические возможности открываются перед ультразвуковым методом исследования при сочетанном применении сонографии и доплерографии — так называемая *дуплексная сонография*. При ней получают как изображение сосудов (анатомическая информация), так и запись кривой тока в них (физиологическая информация). Возникает возможность прямого неинвазивного исследования с целью диагностики окклюзионных поражений различных сосудов с одновременной оценкой кровотока в них. Таким образом следят за кровенаполнением плаценты, сокращениями сердца у плода, направлением кровотока в камерах сердца, определяют обратный ток крови в системе воротной вены, вычисляют степень стеноза сосуда.

Логическим итогом совместного развития двух методов исследования — ультразвукового и эндоскопического — стала *эндоскопическая сонография* (рис. 11.45). При ней ультразвуковой датчик закрепляют на конце световода, вводимого в полость исследуемого органа, например желудка или кишечника. Предварительно в исследуемую полость вводят около 100 мл воды, что улучшает визуализацию стенки органа. При этом удается не только получить изображение стенки органа на всю ее глубину, но и установить наличие в ней патологических изменений, в первую очередь опухолей, и степень их распространения.

*Данные ультразвукового исследования (сонография) анализируют с учетом анамнеза и клинической картины болезни и в соответствии с общей схемой изучения лучевых изображений* (см. с. 159). Что же касается конкретных деталей, то первоначально определяют тип сканограммы (линейная, секторная) и положение датчика (оно указано на сонограмме специальной меткой). Затем устанавливают проекцию, в которой выполнено исследование, и элементы сканограммы: координатную сетку, изображение различных структур. Потом тщательно оценивают положение, форму и размеры исследуемого органа.

Большинство мягкотканых органов (щитовидная железа, печень, почки и т.д.) вырисовываются на сканограммах как темные поля, в которых в виде светлых полосок выделяются сигналы от элементов стромы (кровеносных сосудов, желчных протоков и др.).

При развитии в органе неоднородных по отношению к паренхиме структур на сонограммах появляются светлые сигналы от них в виде штрихов, очагов, разнообразных полос. Весьма демон- Рис. П.45. Эндоскопическая сонограмма желудка.



1 — слизистая оболочка (эхогенная); 2 — глубокий слой слизистой оболочки (гипоэхогенный); 3 — подслизистый слой (эхогенный); 4 — мышечная оболочка (гипоэхогенная); 5 — серозная оболочка и адвентициальный слой (эхогенный).

стративна картина кисты, заполненной жидкостью: она обуславливает округлое однородное темное поле, окруженное светлым ободком плотной ткани. Если содержимое полости неоднородно (например, абсцесс с обрывками некротизировавшей ткани в гное), то на темном фоне полости обнаруживаются светлые участки. Воспалительный инфильтрат выделяется как светлый участок неправильной формы с расплывчатыми контурами. Опухолевое образование, наоборот, чаще имеет более правильную форму и более резкие очертания. Самые яркие светлые очаги соответствуют конкрементам. За ними иногда прослеживается длинная темная полоса — «симптом кометы». При диффузных поражениях органа (распространенная инфильтрация, полнокровие, разрастание соединительной ткани) изображение его становится неоднородным — темные и светлые участки чередуются в различных сочетаниях. Чем плотнее ткань, тем светлее ее отображение.

## 4. МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

*Иногда физические принципы некоторых технологий, используемых человеком с большой эффективностью, настолько запутаны и туманны, что проходят многие годы, прежде чем люди четко осознают законы и принципы, на которых эти технологии основаны.*

М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури  
(Основы менеджмента, — М.: «Дело», 1992)

История создания *магнитно-резонансной томографии* (МРТ) весьма любопытна. В 1946 г. группы исследователей в Стэнфордском и Гарвардском университетах независимо друг от друга открыли явление, которое было названо ядерно-магнитным резонансом (ЯМР). Суть его состояла в том, что ядра некоторых атомов, находясь в магнитном поле, под действием внешнего электромагнитного поля способны поглощать энергию, а затем испускать ее в виде радиосигнала. За это открытие F. Bloch и E. Purcell в 1952 г. были удостоены Нобелевской премии. Новый феномен вскоре научились использовать для спектрального анализа биологических структур (ЯМР-спектроскопия). В 1973 г. Пауль Лаутербур впервые показал возможность получать изображения с помощью ЯМР-сигналов: он представил изображение двух наполненных водой капиллярных трубочек. Так родилась ЯМР-томография, которая в дальнейшем получила название **МРТ**. Первые томограммы были продемонстрированы в 1982 г. на Международном конгрессе радиологов в Париже.

*МРТ* основана на явлении ядерно-магнитного резонанса. Если тело, находящееся в постоянном магнитном поле, облучить внешним переменным магнитным полем, частота которого точно равна частоте перехода между энергетическими уровнями ядер атомов, то ядра начнут переходить в вышележащие по энергии квантовые состояния. Иными словами, наблюдается избирательное (резонансное) поглощение энергии электромагнитного поля. При прекращении воздействия переменного электромагнитного поля возникает резонансное выделение энергии (рис. 11.46).

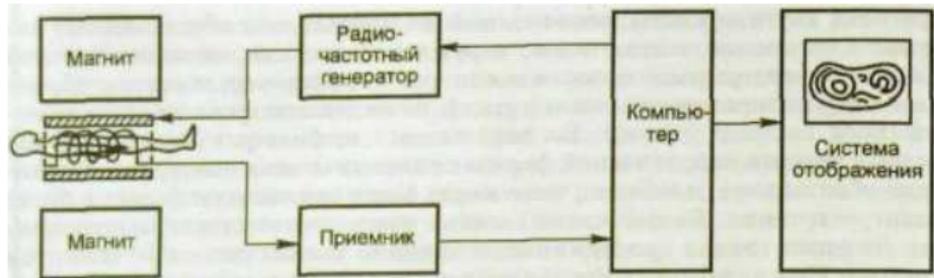


Рис. 11.46. Принцип магнитно-резонансной томографии.

*Магнитно-резонансное исследование основано на способности ядер некоторых атомов вести себя как магнитные диполи. Этими свойствами обладают ядра, которые содержат нечетное количество нуклонов и обладают магнитным моментом, в частности  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{19}\text{F}$  и  $^3\text{P}$ .*

*Современные МР-томографы «настроены» на ядра водорода, т.е. на протоны. Протон постоянно вращается. Следовательно, вокруг него тоже образуется магнитное поле, которое имеет магнитный момент, или спин. При помещении вращающегося протона в магнитное поле возникает прецессирование протона. Прецессией называется движение оси вращения протона, при котором она описывает круговую коническую поверхность наподобие оси вращающегося волчка. Например, в магнитном поле напряженностью 1 Т (тесла) резонансная частота протона равна 42,57 МГц.*

Обычно дополнительное *радиочастотное поле* действует в виде импульса, причем в двух вариантах: более короткого, который поворачивает протон на  $90^\circ$ , и более продолжительного, поворачивающего протон на  $180^\circ$ . Когда радиочастотный импульс заканчивается, протон возвращается в исходное положение (наступает его релаксация), что сопровождается излучением порции энергии.

Каждый элемент объема исследуемого объекта (т.е. каждый *воксел* — от англ. volume — объем, cell — клетка) за счет релаксации распределенных в нем протонов возбуждает электрический ток («МР-сигналы») в приемной катушке, находящейся вне объекта. *Магнитно-резонансными характеристиками объекта служат 3 параметра: плотность протонов, время  $T_1$  и время  $T_2$ .  $T_1$  называют спин-решетчатой, или продольной, релаксацией, а  $T_2$  — спин-спиновой, или поперечной.* Амплитуда зарегистрированного сигнала характеризует плотность протонов или, что то же самое, концентрацию элемента в исследуемой среде. Что же касается времен  $T_1$  и  $T_2$ , то они зависят от многих факторов (молекулярной структуры вещества, температуры, вязкости и др.).

В принципе для МРТ можно использовать не только ядра водорода, но и ядра других атомов, способные генерировать МР-сигналы. Однако их концентрация в тканях значительно ниже, вследствие чего чувствительность метода и качество изображения ухудшаются. МРТ позволяет получить изображение любых слоев тела человека.

Система для МРТ состоит из сильного магнита, создающего статическое магнитное поле. Магнит полый, в нем имеется туннель, в котором располагается пациент (рис. 11.47). Стол для пациента имеет автомати-

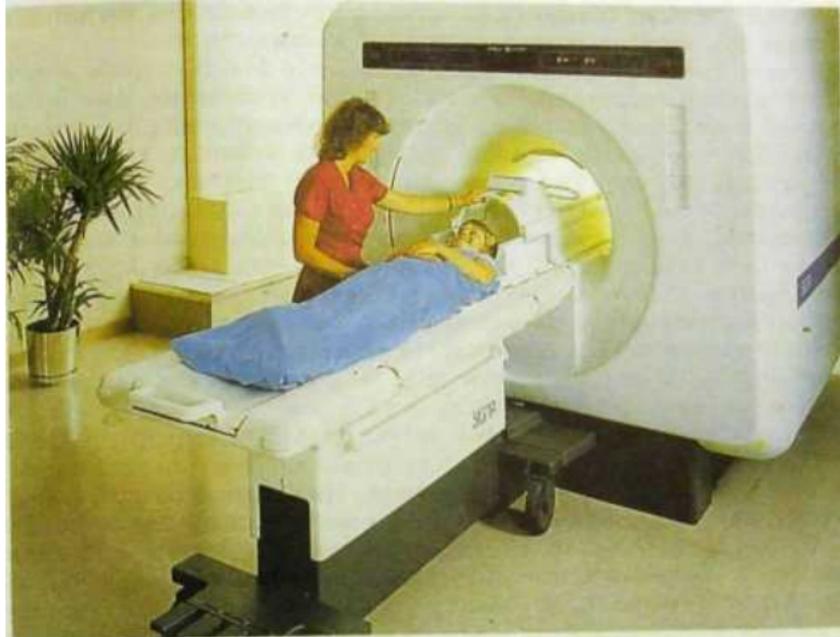


Рис. 11.47. Подготовка к исследованию на магнитно-резонансном томографе.

ческую систему управления движением в продольном и вертикальном направлениях. Для радиоволнового возбуждения ядер водорода дополнительно устанавливают высокочастотную катушку, которая одновременно служит для приема сигнала релаксации. С помощью специальных градиентных катушек накладывается дополнительное магнитное поле, которое служит для кодирования МР-сигнала от пациента, в частности оно задает уровень и толщину выделяемого слоя.

При воздействии радиочастотных импульсов на прецессирующие в магнитном поле протоны происходит их резонансное возбуждение и поглощение энергии. При этом резонансная частота пропорциональна силе приложенного статического поля. После окончания импульса происходит релаксация протонов: они возвращаются в исходное положение, что сопровождается выделением энергии в виде МР-сигнала. Этот сигнал подается на ЭВМ для анализа. МР-установки включают в себя мощные высокопроизводительные компьютеры.

В зависимости от напряженности статического магнитного поля выделяют следующие категории МР-томографов: приборы с ультраслабым полем — ниже 0,02 Т, со слабым полем — между 0,1 и 0,5 Т, средним полем — между 0,5 и 1 Т, с сильным полем — свыше 1 Т. Аппараты с напряженностью менее 0,5 Т, как правило, имеют в основе резистивные магниты и имеют небольшие размеры, что позволяет разместить их примерно в таком же помещении, как обычный рентгеновский кабинет. Аппараты с

полями 0,5 Т и выше создаются на основе сверхпроводящих магнитов, работающих в условиях глубокого охлаждения жидким гелием.

Добавим, что к размещению высокопольного МР-томографа в лечебном учреждении предъявляются очень строгие требования. Необходимы отдельные помещения, тщательно экранированные от внешних магнитных и радиочастотных полей. Обычно процедурная комната, где находится МР-томограф, заключена в металлическую сетчатую клетку (клетка Фарадея), поверх которой нанесен отделочный материал (пола, потолка, стен).

*Характер МР-изображений определяется тремя факторами: плотностью протонов (т.е. концентрацией ядер водорода), временем релаксации  $T_1$  (спин-решетчатой) и поперечной релаксации  $T_2$  (спин-спиновой).* При этом основной вклад в создание изображения вносит анализ времени релаксации, а не протонной плотности. Так, серое и белое вещества головного мозга по концентрации воды различаются всего на 10 %, в то время как по продолжительности релаксации протонов в них — в 1,5 раза.

Существует несколько способов получения МР-томограмм, различающихся порядком и характером генерации радиочастотных импульсов, методами компьютерного анализа МР-сигналов. Наибольшее распространение получили два способа. При использовании одного из них анализируют главным образом время релаксации  $T_1$  ( $T_1$ -взвешенное изображение). Различные ткани (серое и белое вещества головного мозга, цереброспинальная жидкость, опухолевая ткань, хрящ, мышцы и т.д.) имеют в своем составе протоны с разным временем релаксации  $T_1$ . От продолжительности  $T_1$  зависит величина МР-сигнала: чем короче  $T_1$ , тем сильнее МР-сигнал и светлее данное место изображения на дисплее. Жировая ткань на МР-томограммах белая, менее светлое изображение дают головной и спинной мозг, плотные внутренние органы, сосудистые стенки и мышцы. Воздух, кости, кальцификаты практически не дают МР-сигнала, поэтому их (ШораженИя"черного цвета.  $T_1$  мозговой ткани также неоднородное: ^ белого и серого вещества"разное.  $T_1$  опухолевой ткани отличается от  $T_1$  одноименной нормальной ткани. Указанные различия во времени релаксации  $T_1$  создают предпосылки для визуализации нормальных и измененных тканей на МР-томограммах.

При другом способе МРТ интенсивность ответного сигнала *зависит* от продолжительности  $T_2$  ( $T_2$ -взвешенное изображение): чем короче  $T_2$ , тем слабее сигнал и, следовательно, ниже яркость свечения экрана дисплея (рис. 11.48).

При МРТ можно применять *искусственное контрастирование тканей*. С этой целью используют химические вещества, обладающие магнитными свойствами и содержащие ядра с нечетным числом протонов и нейтронов, например соединения фтора, или же парамагнетики, которые изменяют время релаксации воды и тем самым усиливают контрастность изображения на МР-томограммах. Одним из наиболее распространенных контрастных веществ, используемых в МРТ, является *соединение гадолиния ~ Gd-DTPA*.

МРТ — исключительного ценный метод исследования. Она позволяет получать изображение тонких слоев тела человека в любом сечении (рис. 11.49) — фронтальном, сагитальном, аксиальном (как известно, при рентгеновской компьютерной томографии, за исключением спиральной КТ, может быть использовано только аксиальное сечение). Исследование необременительно для больного, абсолютно безвредно, не вызывает осложнений.

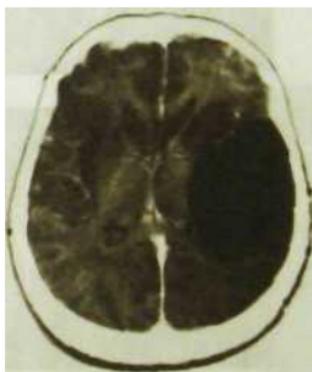
На МР-томограммах лучше, чем на рентгеновских компьютерных томограммах, отображаются мягкие ткани: мышцы, хрящи, жировые прослойки. При МРТ можно получить изображение сосудов, не вводя в них контрастное вещество. С помощью специальных алгоритмов и подбора радиочастотных импульсов современные высокопольные МР-томографы позволяют получать двухмерное и трехмерное (объемное) изображения сосудистого русла — *магнитно-резонансная ангиография* (рис. 11.50, 11.51). Крупные сосуды и их разветвления среднего калибра удается достаточно четко визуализировать на МР-томограммах без дополнительного введения контрастного вещества. Для получения изображения мелких сосудов дополнительно вводят препараты гадолиния. Разработаны ультравысокоскоростные МР-томографы, позволяющие наблюдать движение сердца и крови в его полостях и сосудах и получать матрицы повышенной разрешающей способности для визуализации очень тонких слоев.

С целью предотвращения развития у пациентов клаустрофобии (боязни закрытых пространств) освоен выпуск так называемых открытых МР-томографов (рис. 11.52). В них нет длинного магнитного туннеля, а постоянное магнитное поле создается путем размещения магнитов сбоку от больного. Подобное конструктивное решение не только позволило избавить пациента от необходимости длительное время находиться в относительно замкнутом пространстве, но и создало предпосылки для проведения инструментальных вмешательств под контролем МРТ (см. следующий раздел).

При направлении на МРТ следует учитывать некоторые ограничения применения этого метода. В частности, препятствием для проведения дан-



а



б

Рис. П.48. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга, выполненные на основе измерения  $T_1$  (а) и  $T_2$  (б). Большая опухоль в правой теменной области.

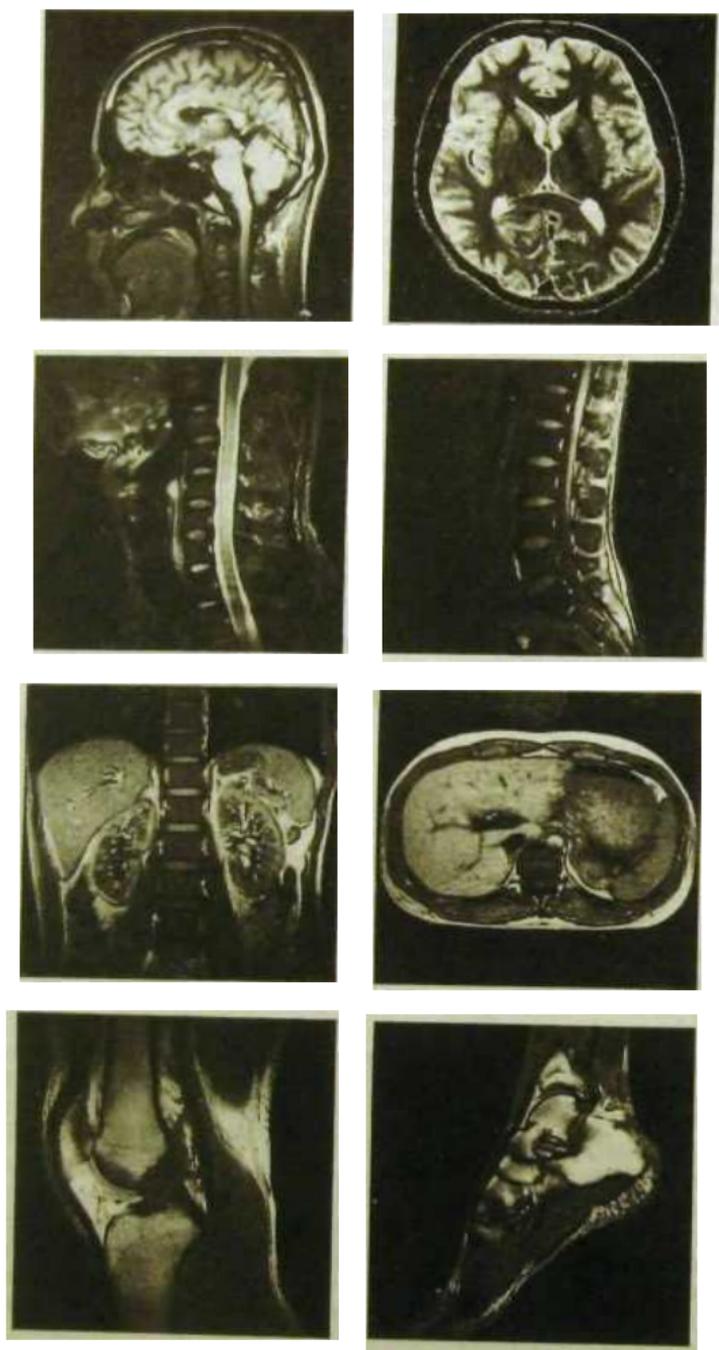


Рис. 11.49. Магнитно-резонансные томограммы различных органов.

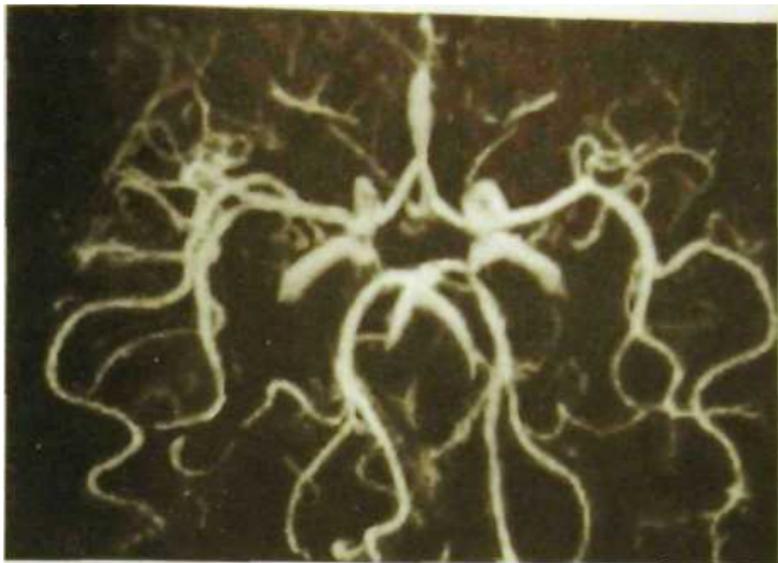


Рис. 11.50. Магнитно-резонансная ангиограмма головного мозга.

ного исследования служит наличие металлических инородных тел в тканях пациента (металлические клипсы после операции, водители сердечного ритма, электрические нейростимуляторы). Кроме того, МРТ не проводят в первые 3 мес беременности.

*МР-спектроскопия*, как и МРТ, основана на явлении ядерно-магнитного резонанса. Обычно исследуют резонанс ядер водорода, реже — углерода, фосфора и других элементов. Сущность метода состоит в следующем. Исследуемый образец ткани или жидкости помещают в стабильное магнитное поле напряженностью около 10 Т. На образец воздействуют импульсными радиочастотными колебаниями. Изменяя напряженность магнитного поля, создают резонансные условия для разных элементов в спектре магнитного резонанса. Возникающие в образце МР-сигналы улавливаются катушкой приемника излучений, усиливаются и передаются в компьютер для анализа. Итоговая спектрограмма имеет вид кривой, для получения которой по оси абсцисс откладывают доли (обычно миллионные) напряжения приложенного магнитного поля, а по оси ординат — значения амплитуды сигналов. Интенсив-



Рис. 11.51. Магнитно-резонансная ангиограмма дуги аорты и брахиоцефальных сосудов (трехмерная реконструкция изображения).

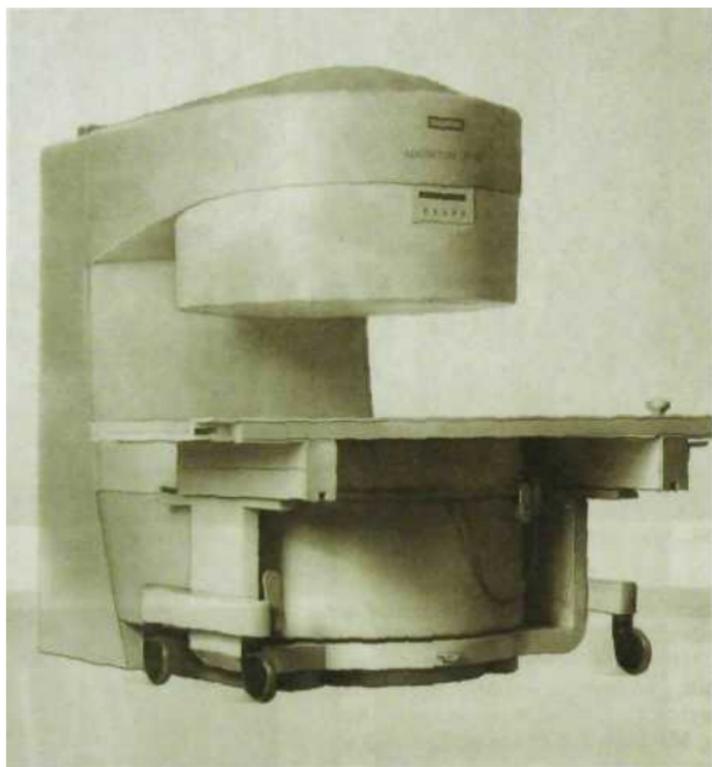


Рис. И.52. Открытый магнитно-резонансный томограф.

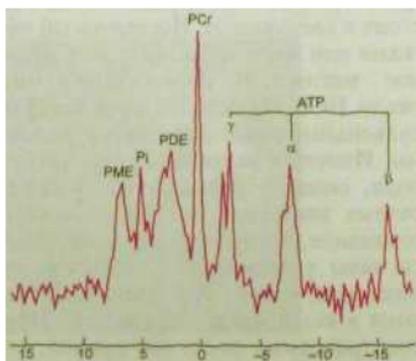


Рис. И.53. Магнитно-резонансная спектрограмма головного мозга и схема к ней.

ность и форма ответного сигнала зависят от плотности протонов и времени релаксации. Последняя определяется местоположением и взаимоотношением ядер водорода и других элементов в макромолекулах

Разным ядрам свойственны различные частоты резонанса поэтому МР-спектроскопия позволяет получить представление о химической и пространственной структуре вещества. С ее помощью можно определить структуру биополимеров, липидный состав мембран и их фазовое состояние, проницаемость мембран. По виду МР-спектра удается дифференцировать зрелые и незрелые опухолевые клетки, оксигенированные и гипоксические ткани, свободную и связанную воду в протоплазме клеток, получить другие важные для биологии и медицины сведения.

Исключительный интерес представляет *прижизненная МР-спектроскопия* (МР-спектрография) тканей человеческого тела. Для ее проведения используют сложные высокопольные МР-установки с напряженностью магнитного поля не менее 1,5 Т. Анализ получаемых на таких аппаратах спектрограмм дает возможность определить содержание ряда элементов в органах и тканях живого человека (рис. 11.53).

## 5. ТЕРМОГРАФИЯ

*И в какой части тела является жар или холод, там и болезнь.*

Гиппократ

*Холодно... холодно... тепло... горячо!*

(Из детской игры)

Все тела, температура которых выше абсолютного нуля, испускают радиоволны сплошного спектра частот (тепловое радиоизлучение). Интенсивность теплового излучения пропорциональна температуре тела.

*Медицинская термография* — метод регистрации естественного теплового излучения тела человека в невидимой инфракрасной области электромагнитного спектра. При термографии определяется характерная «тепловая» картина всех областей тела. У здорового человека она относительно постоянна, но при патологических состояниях меняется. Термография — объективный, простой и абсолютно **безвредный** метод, к применению которого нет противопоказаний.

Подготовка пациента предусматривает отмену лекарственных средств, влияющих на кровообращение и метаболические процессы. На поверхности тела не должно быть масел и косметики. Пациенту запрещают курить за 4 ч до исследования. Это особенно важно при изучении периферического кровотока. Термографию органов брюшной полости проводят натощак. В кабинете поддерживают постоянную температуру (18—20 °С) и влажность (55—65 %). Исследуемую часть тела обнажают, после чего пациент адаптируется к температуре помещения 10–15 мин, а при исследовании кистей и стоп — 30 мин. В зависимости от задач исследования термографию выполняют в разных положениях пациента и проекциях.

Термография позволяет точно и быстро оценить интенсивность ПК-излучения от поверхности тела человека, обнаружить изменения теплопро-

дукции и теплопереноса в различных областях тела и тем самым выявить нарушения кровотока и иннервации, симптомы развивающихся воспалительных, онкологических и некоторых профессиональных болезней.

Температуру тела человека принято считать постоянной. Однако это постоянно относительно. Температура внутренних органов выше, чем температура на поверхности тела. При изменениях окружающей среды температура меняется в зависимости от физиологического состояния организма.

В связи с чрезвычайно развитой сосудистой сетью в коже и подкожной клетчатке показатели поверхностного кровотока — важный индикатор состояния внутренних органов: при развитии в них патологических процессов происходит рефлекторное изменение поверхностного кровотока, которое сопровождается изменением теплоотдачи. Таким образом, основной фактор, определяющий температуру кожи, — *интенсивность кровообращения*.

Второй механизм теплообразования — *метаболические процессы*. Степень выраженности обмена веществ в ткани обусловлена интенсивностью биохимических реакций: с их усилением увеличивается продукция тепла.

Третий фактор, обуславливающий тепловой баланс в поверхностных тканях, — их *теплопроводность*. Она зависит от толщины, структуры, расположения этих тканей. В частности, теплоотдача тела человека определяется состоянием кожи и подкожной жировой клетчатки: их толщиной, развитостью основных структурных элементов, гидрофильностью.

В норме каждая область поверхности тела имеет характерный тепловой рельеф. Над крупными кровеносными сосудами температура выше, чем в окружающих областях. Средние значения температуры кожи — 31–33 °С, но она различна в разных частях тела — от 24 °С на большом пальце до 35 °С в стерильной ямке. Однако при этом температура кожи, как правило, одинакова на симметричных участках тела, разница здесь не должна превышать 0,5–0,6 °С. Физиологическая асимметрия на конечностях колеблется от 0,3 до 0,8 °С, а на передней брюшной стенке не превышает 1 °С. У женщин наблюдаются периодические изменения температурного рельефа некоторых частей тела (молочных желез, области живота) в связи с менструальным циклом, поэтому термографию указанных областей у них рекомендуется выполнять на 6–8-й день цикла. Существенные изменения температурного рельефа возникают при многих патологических состояниях. При этом появляются зоны гипер- или гипотермии, нарушается нормальный рисунок сосудов, регистрируется термоасимметрия на теле или конечности.

*Рамичают три способа термографии: жидкокристаллическую термографию, инфракрасную термографию и радиотермографию (СВЧ-термографию).*

*Жидкокристаллическая термография* основана на свойстве жидких кристаллов изменять цвет в зависимости от изменения температуры. Разработаны специальные устройства, в которых экран покрыт жидкокристаллическим составом. В процессе термографии экран приближают к исследуемой части тела. По цветному окрашиванию изображения с помощью калориметрической линейки судят о температуре поверхностных тканей.

*Инфракрасная термография* — самый распространенный метод термографии. От позволяет получить изображение теплового рельефа поверхности тела и измерить температуру на любом участке поверхности тела с точностью до десятых долей градуса. Инфракрасную термографию осуществляют с помощью специальных приборов — термографов (тепловизоров).

Каждый участок исследуемой поверхности в зависимости от его температуры представлен на экране термографа более светлой или более темной областью либо имеет условный цвет. Изображение можно рассматривать на экране (термоскопия) или зафиксировать на фотохимической бумаге и получить термограмму. С помощью градуированной шкалы и теплового контрольного излучателя («черное тело») можно бесконтактным способом определять абсолютную температуру на поверхности кожи или разность температур на различных участках тела, т.е. выполнять термометрию.

Анализ термограмм на качественном уровне заключается в общем осмотре изображения, изучении температурного рельефа и распределения горячих и холодных зон. При таком визуальном анализе обращают особое внимание на выявление зон гипер- и гипотермии и нарушения структуры сосудистого рисунка, оценивают протяженность участка гипер- или гипотермии (ограниченный, протяженный, диффузный), его локализацию, размеры, форму, очертания. Нарушения сосудистого рисунка проявляются изменением количества, расположения и калибра сосудистых ветвей.

Количественный анализ дает возможность уточнить результаты визуального анализа термограммы и определить разность температур исследуемого участка и окружающих тканей или симметричного участка. У здорового человека термограмма каждой области тела имеет характерный вид. При воспалительных процессах определяется зона гипертермии, соответствующая области инфильтрации, имеющая неоднородную структуру, при этом отмечается разница температур с окружающими тканями  $0,7-1^{\circ}\text{C}$  при хроническом воспалении,  $1-1,5^{\circ}\text{C}$  при остром и свыше  $1,5-2^{\circ}\text{C}$  — при гнойно-деструктивном процессе. В частности, термография полезна при оценке активности артрита и бурсита, определении границ ожогового поражения или зоны отморожения (рис. 11.54).

Для злокачественной опухоли характерна **зона интенсивной гипертермии** (на  $2-2,5^{\circ}\text{C}$  выше температуры симметричной области). Структура участка гипертермии при этом однородна, контуры его сравнительно чет-



Рис. 11.54. Термограмма нижних конечностей при артрите правого коленного сустава. Зона гипертермии над пораженным суставом.

line, видны расширенные сосуды. При нарушении артериального кровообращения (ангиоспазм, сужение или полный стеноз сосуда) определяется зона гипотермии, которая по расположению, форме и размерам соответствует области снижения кровотока. При венозном тромбозе, тромбофлебите, посттромбофлебитическом синдроме, наоборот, в соответствующей области обычно отмечается зона повышенной температуры. Кроме того, при расстройствах кровотока наблюдается изменение обычного сосудистого рисунка, свойственного данному анатомическому региону.

*Радиотермометрия — измерение температуры внутренних органов и тканей по собственному их излучению.* Давно известно, что человек является источником радиоизлучения. Впервые регистрацию этого излучения для медицинской диагностики применили А. Баррет и П. Майерс в 1975 г.

При радиотермометрии производят измерение температуры ткани на разной глубине с помощью микроволнового радиометра. Если известна температура кожи в данной области, то можно вычислить температуру на любой глубине. Этого также можно добиться, регистрируя температуру на двух разных длинах волн. Ценность метода подкрепляется тем, что температура глубоко расположенных тканей, с одной стороны, постоянна, а с другой — почти моментально меняется под влиянием некоторых лекарственных средств, в частности сосудорасширяющих препаратов. Это дает возможность проводить функциональные исследования, например, при решении вопроса об уровне ампутации при окклюзии сосудов конечностей.

## 6. ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ

*Надо видеть мир таким, какой он есть, и делать его таким, каким он должен быть.*

Даниил Гранин

Медицина давно перестала быть созерцательной дисциплиной. Ее задачами являются управление системами жизнеобеспечения организма, активное вмешательство в морфологию и функцию органов с целью быстрейшего исправления «поломов». Эта тенденция в последние годы отчетливо и блистательно проявилась в медицинской радиологии.

*На стыке лучевой диагностики и хирургии возникло новое клиническое направление — интервенционная радиология. Сущностью интервенционной радиологии является сочетание в одной процедуре диагностических, в данном случае лучевых, и лечебных мероприятий.*

На первом этапе радиолог путем лучевого исследования определяет характер и объем поражения. На втором этапе, обычно не прерывая исследования, он выполняет необходимые лечебные манипуляции.

Основные направления интервенционной радиологии следующие:

- эндоваскулярные,
- эндобронхиальные,
- эндобилиарные,
- эндоуринальные,

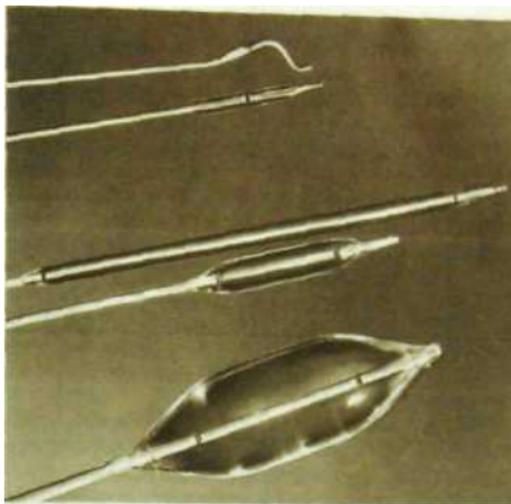


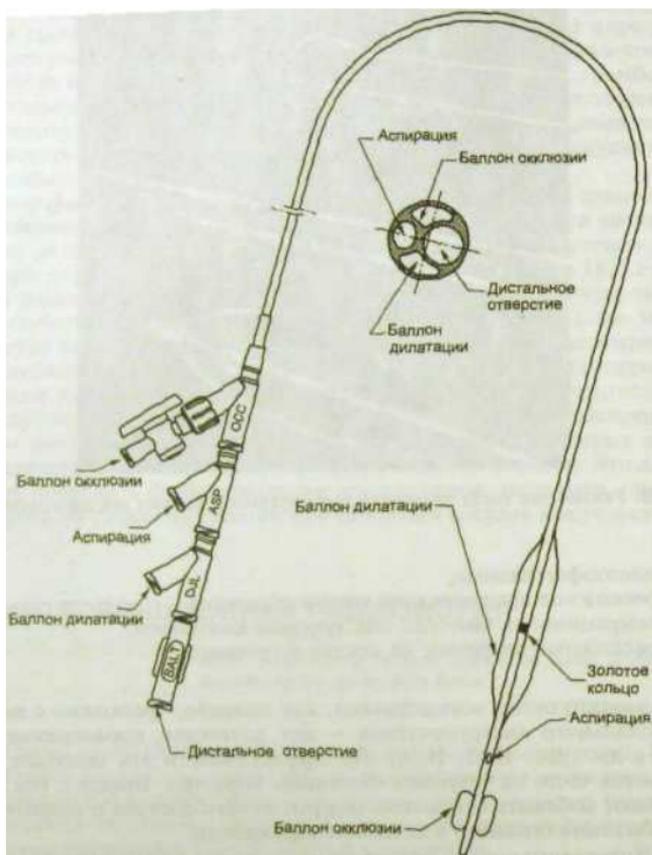
Рис. 11.55. Различные типы катетеров для внутрисосудистых вмешательств.

- эндоэзофагеальные,
- чрескожное дренирование кист и абсцессов,
- аспирационная биопсия под лучевым контролем,
- чрескожные операции на костях и суставах.

Все манипуляции осуществляют, как правило, чрескожно с помощью специального инструментария — игл, катетеров, проводников, стилетов и др. (рис. 11.55, П 56). По эффективности эти шадящие вмешательства часто не уступают «большой» хирургии. Вместе с тем они позволяют избежать открытого хирургического доступа и сократить срок пребывания больного в лечебном учреждении.

Интервенционную процедуру выполняют под контролем лучевого метода в режиме реального времени. Контроль может быть осуществлен с помощью рентгенологического, ультразвукового методов, компьютерной рентгеновской или магнитно-резонансной томографии.

Первоначально интервенционная радиология развивалась главным образом на базе рентгенологических исследований. Успехи интервенционной рентгенологии были подготовлены всем ходом научно-технического прогресса. Для того чтобы осуществлять вмешательства на кровеносных сосудах, пищеварительном тракте, желчных и мочевыводящих путях, понадобилось создать мощные рентгеновские установки со скоростной съемкой, телевизионной и регистрирующей аппаратурой. Необходимо было пройти долгий путь развития и совершенствования ангиографии и конструирования ряда специальных приспособлений для катетеризации сосудов, желчных протоков, мочеточников, прицельных пункций и биопсии глубоко расположенных органов.



**Рис. 11.56.** Устройство баллона для ангиопластики.

*Рентгеноинтервенционные процедуры* выполняет специально подготовленный врач-рентгенолог в рентгенодиагностическом кабинете, оборудованном для проведения оперативных вмешательств и ангиографических исследований (см. рис. 11.22). Естественно, при этом полностью соблюдаются правила асептики и антисептики. В кабинете имеются все средства — инструментальные и лекарственные — для оказания неотложной помощи и реанимации больного. Подготовка и премедикацию больного проводят так же, как при ангиографии.

*Рентгеноэндоваскулярными вмешательствами называют внутрисосудистые чрескатетерные диагностические и лечебные манипуляции, проводимые*

под рентгенологическим контролем. Основные виды рентгеноэндоваскулярных вмешательств сложились к середине 80-х годов<sup>1</sup>, однако разработка их началась значительно раньше. В 1964 г. Ч. Доггер и М. Джадкинс впервые произвели катетерное расширение подвздошно-бедренных артерий суженных в результате атеросклероза. Впоследствии Ч. Доггер за эти исследования был удостоен Нобелевской премии. Соответствующий тип вмешательства получил название *транслюминальная ангиопластика*, или *эндоваскулярная дилатация сосудов*. В 1969 г. В.А. Хилько посредством транскаротидного доступа произвел закупорку сосудов гемангиомы кожного покрова черепа, введя в них полистероловые шарики. Вмешательства такого рода именуют *рентгеноэндоваскулярной окклюзией*.

Эндоваскулярная дилатация, или ангиопластика, — один из наиболее эффективных способов лечения ограниченных сегментарных поражений сосудов — стенозов и окклюзии (рис. 11.57, 11.58).

Вопрос о том, проводить конкретному больному дилатацию или реконструктивное оперативное вмешательство, решают совместно хирург и рентгенолог. Круг показаний к дилатации за последние годы значительно расширился. Ее выполняют при атеросклеротических сужениях коронарных сосудов и брахиоцефальных ветвей аорты, стенозе почечных артерий, сопровождающемся реноваскулярной гипертензией, и артерий пересаженной почки, сужении висцеральных ветвей брюшной аорты, различных окклюзионных процессах в подвздошных артериях и сосудах нижних конечностей.

Процедура дилатации начинается с введения в пораженный сосуд стандартного ангиографического катетера. Через него вводят контрастное вещество для точного определения топографии, степени выраженности и характера стеноза. Затем в просвет диагностического катетера вводят терапевтический двухпросветный катетер с баллончиком. Конец катетера устанавливают перед суженным участком сосуда. Ангиографический катетер удаляют, проводник терапевтического катетера осторожно продвигают в зону стеноза. После этого шприцем, снабженным манометром, в баллончик вливают разбавленное контрастное вещество, в результате чего баллончик равномерно растягивается и оказывает давление на стенки суженного отдела сосуда. Вследствие этого возникают небольшие разрывы интимы и происходит растяжение средней оболочки сосуда; может повреждаться и раздавливаться атероматозная бляшка. Дилатацию повторяют несколько раз, после чего катетер удаляют.

Для того чтобы предотвратить повторное сужение сосуда (рестеноз), часто выполняют *рентгеноэндоваскулярное протезирование*. С этой целью в расширенный баллончиком участок сосуда вводят металлический (например, нитиноловый) протез (так называемый *стент*). Попутно заметим, что стентирование в настоящее время применяют не только при ангиопластике, но и для предотвращения сужения пищевода при его раковом поражении, канала привратника, желчных протоков, трахеи и крупных бронхов, мочеточника, носослезного канала.

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Рабки ИХ, Матевосов АЛ., Гетман Л.Н. Рентгеноэндоваскулярная хирургия*, — М.: Медицина, 1987.

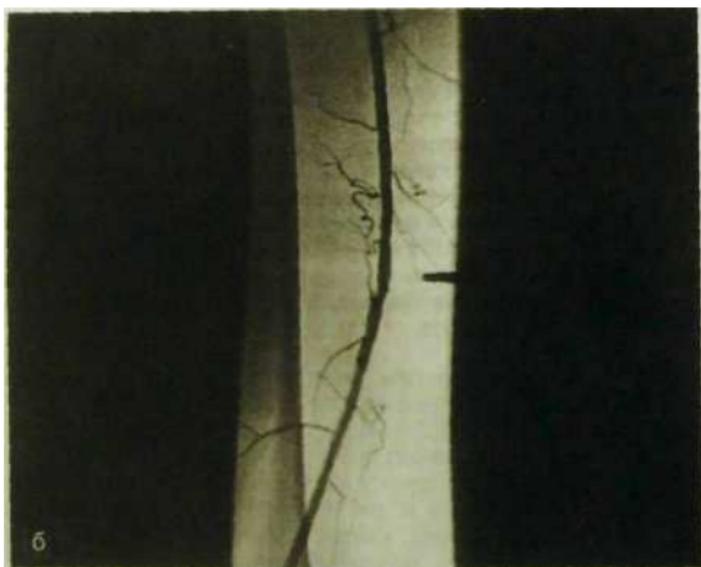
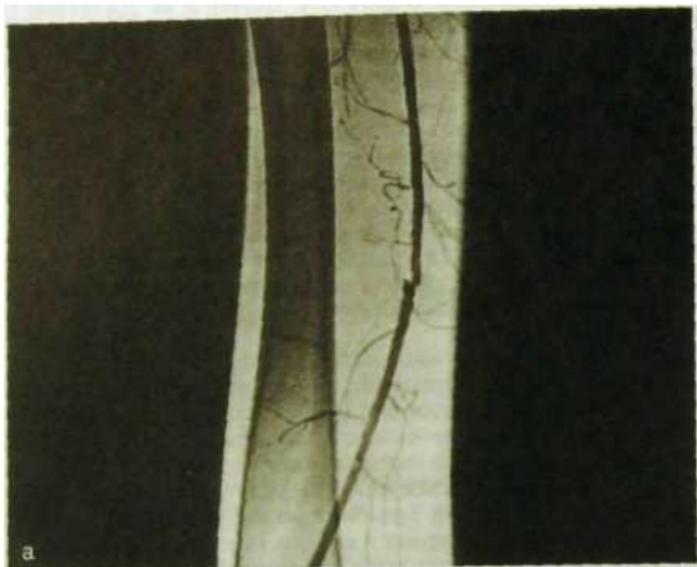
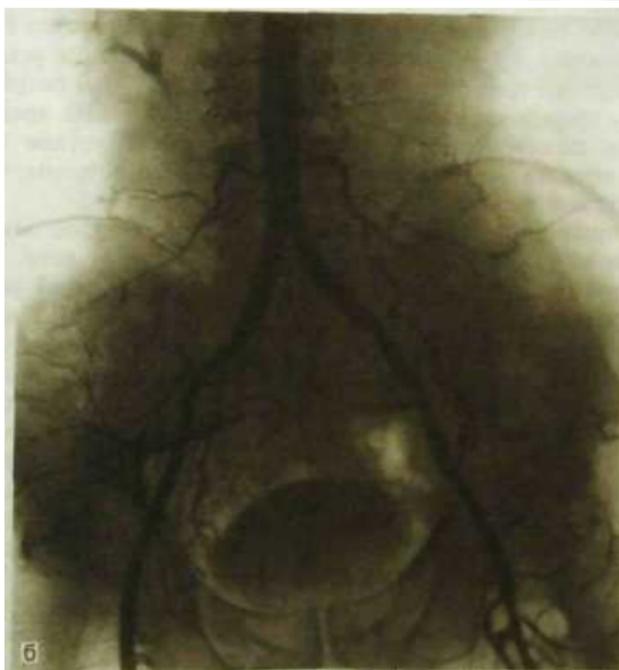


Рис. 11.57. Ангиограммы до (а) и после (б) баллонной ангиопластики при стенозе бедренной артерии (наблюдение В.И. Прокубовского).



**Рис. 11.58.** Ангиограммы до (а) и после (б) баллонной ангиопластики при выраженном атеросклеротическом поражении брюшной аорты и подвздошных артерий (наблюдение В.И. Прокубовского).

*Рентгеноэндоваскулярная окклюзия* — чрескатетерная закупорка сосуда, его эмболизация. Для этого через катетер вводят эмболизирующий материал, который временно или постоянно обтурирует просвет сосуда. В зависимости от калибра сосуда и цели процедуры используют микрочастицы платины, микросферы с ферромагнетиками, гемостатическую желатиновую губку, металлические спирали, масляные эмульсии. Рентгеноэндоваскулярную окклюзию производят для остановки кровотечения (например, легочного, желудочного, кишечного), тромбирования аневризм, разобщения врожденных и приобретенных артериовенозных соустьев. Эмболизация внутренней подвздошной артерии является средством остановки тяжелых кровотечений при травме таза. К рентгеноэндоваскулярной окклюзии прибегают перед некоторыми оперативными вмешательствами, например при нефрэктомии по поводу рака почки, что способствует «бескровности» операции и облегчает удаление новообразования.

К числу рентгеноэндоваскулярных вмешательств относятся многие другие манипуляции: чрескожное закрытие незаросшего артериального (боталлова) протока и дефекта в перегородке сердца, чрескатетерная эмболизация, чрескатетерное удаление инородных тел из сердца и легочной артерии. Получили распространение методы селективного введения лекарств и радиоактивных лечебных препаратов в различные отделы сосудистой системы. Их применяют при химиотерапии опухолей, неокклюзионной мезентериальной ишемии, для растворения сгустков в просвете сосуда (медикаментозный тромболитизис) и лечения острого тромбоза. Большие успехи достигнуты при проведении тромболитической терапии большим острым инфарктом миокарда, с тромбоемболией легочной артерии, а также чрескатетерной терапии острых панкреатитов и панкреонекрозов. Местное воздействие лекарственных средств часто оказывается более эффективным, чем внутривенное или внутримышечное.

Всеобщее признание получили два новшества. Первое заключается в *чрескатетерном введении специального фильтра в полую вену*. Через вены верхней конечности фильтр устанавливают в верхней полой вене, а через бедренную вену его проводят в нижнюю полую вену. Фильтр является эффективным средством профилактики тромбоемболии легочной артерии (например, при тромбофлебите). Второе новшество связано с введением через катетер *гибкого зонда-световода*, который используют для лазерного разрушения атероматозных бляшек или тромбов (так называемая *лазерная тоннелизация*), или прибора для механической ретракции сгустка.

В сферу интервенционной радиологии входят не только эндоваскулярные, но и разнообразные *экстравазальные (внесосудистые)* манипуляции. Под рентгенологическим контролем выполняют *катетеризацию бронхов* с целью получения материала путем биопсии недоступных для бронхоскопа участков бронхиального дерева, *выполняют чрескожные трансторакальные пункции внутрилегочных и медиастинальных образований*. Усиленно разрабатываются *эндобилиарные рентгенохирургические вмешательства*. Посредством чрескожной пункции и катетеризации желчных протоков осуществляют декомпрессию при обтурационной желтухе, создают временный или постоянный отток желчи (наружное или внутреннее дренирование желчных



**Рис. 11.59.** Баллонное расширение мочеточника.

а — сужение мочеточника в верхней трети; б — в суженном участке раздут баллон; в — значительное уменьшение стеноза после дилатации.

путей), вводят препараты для растворения желчных камней, удаляют мелкие камни, устраняют стриктуры желчных протоков, расширяют анастомоз между общим желчным протоком и пищеварительным трактом.

Следует упомянуть о *рентгеноэндоуринальных вмешательствах*. Основой их чаще всего являются чрескожная пункция и катетеризация почечной лоханки при непроходимости мочеточника. Через искусственно созданный ход дробят и удаляют почечные камни, не подлежащие *литотрипсии* — волновому дроблению. Таким же путем производят нефростомию, вводят лекарственные препараты, осуществляют биопсию, рассечение стриктуры и баллонное расширение мочеточника (рис. 11.59)

Баллонную дилатацию осуществляют также для устранения *стриктуры пищевода IIV желудка*. Немалую роль в клинике играет такое интервенционное вмешательство, как *аспирационная биопсия* под рентгенологическим контролем. Ее используют для установления природы внутригрудных и абдоминальных образований и инфильтратов, что избавляет многих больных от пробной торакотомии или лапаротомии, для пункционной биопсии щитовидной железы, лимфатических узлов, почек, печени, селезенки. Эту же манипуляцию с успехом применяют для *идентификации непальпируемых образований молочной железы*. С помощью пункции осуществляют чрескожное дренирование кист и абсцессов, что составляет в ряде случаев альтернативу оперативным вмешательствам.

Помимо *рентгенотелевизионного просвечивания*, в ряде случаев в качестве контроля используют *компьютерную томографию*, особенно часто при проведении направленной пункции патологических образований, построении стереотаксических координат в случае выполнения стереотаксических операций на головном мозге.

В качестве направляющего, контролирующего исследования, помимо рентгенологического, все чаще применяют *ультразвуковое*. Вследствие отсутствия неблагоприятного воздействия ионизирующего излучения сонография позволяет более продолжительно следить за проведением в организм пациента микрохирургических инструментов и отслеживать все этапы интервенционных вмешательств. Для выполнения таких процедур современные ультразвуковые аппараты обязательно оснащаются специальными *пункционными датчиками*.

В последнее время в качестве контролирующего метода начинают использовать *магнитно-резонансную томографию*, которая становится доступной при использовании МР-томографа открытого типа.

## **7. МЕДИЦИНСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ КАК ОБЪЕКТ ИНФОРМАТИКИ**

Главным источником диагностической информации, получаемой с помощью средств лучевой диагностики, являются *медицинские изображения органов (medical images)*. Многообразные *медицинские образы независимо от способа их получения* — рентгенологического, ультразвукового, радионуклидного или магнитно-резонансного — могут быть объединены в две основные группы: *аналоговые и цифровые (дигитальные)*; имеется также *промежуточный вариант — аналого-цифровые*.

К *аналоговым изображениям* относят такие, в которых заключена информация непрерывного характера. Подобные изображения являются основными при восприятии человеком окружающего его мира. Эти изображения предъявляют врачу для распознавания заболеваний. Всем аналоговым изображениям, включая медицинские, свойствен ряд недостатков. В частности, затруднены их компактное хранение, обработка в соответствии с потребностями диагностики, передача от пользователя к пользователю. В них всегда много лишних сигналов, или шумов, которые ухудшают их качество.

Все этих недостатков лишены *дигитальные (цифровые) медицинские изображения*. Они имеют в своей основе ячеистую структуру (матрицу), содержащую информацию (в виде цифр) об органе, которая поступила из датчиков диагностического аппарата. С помощью компьютера из хранящихся в матрице сигналов по сложным алгоритмам создается (реконструируется) изображение органов. Дигитальные изображения характеризуются высоким качеством, отсутствием посторонних сигналов (шумов). Их легко сохранять на различных магнитных, оптических и магнитно-оптических цифровых носителях, легко обрабатывать на компьютере и пересылать на большие расстояния по сетям телекоммуникации.

*Аналого-цифровые изображения* имеют сложную «историю». Первоначально они создаются как аналоговые, затем в процессе передачи от детектора до дисплея оцифровываются и на этом этапе как всякие дигитальные изображения имеют все перечисленные выше достоинства. Вместе с тем наличие обязательного аналогового этапа неизбежно обуславливает все уже отмеченные недостатки, характерные для изображений такого рода.

Необходимо отметить, что аналоговые изображения могут быть преобразованы в матричные и, наоборот, матричные — в аналоговые. Оцифровку аналоговых изображений и ввод их в память компьютера осуществляют с помощью специальных считывающих устройств — сканеров.

Ниже сгруппированы медицинские изображения и методы лучевой диагностики, с помощью которых их получают.

#### *Аналоговые изображения:*

- традиционная пленочная рентгенография, в том числе линейная томография,
- традиционная рентгеноскопия,
- сонография (некоторые разновидности).

#### *Аналого-цифровые изображения:*

- цифровая рентгенография (вторичная оцифровка рентгенограмм),
- цифровая рентгеноскопия,
- цифровая субтракционная ангиография,
- сонография (некоторые разновидности),
- скинтиграфия.

#### *Цифровые изображения:*

- первично-цифровые методы рентгенографии,
- компьютерная томография,
- магнитно-резонансная томография,
- эмиссионная томография (одно- и двухфотонная),
- доплеровское картирование.

Представление диагностических изображений на дисплее может иметь двоякий характер. *Векторные* изображения состоят из набора элементарных линий и кривых, описываемых математическими формулами в виде математических объектов, называемых *векторами*. Последние имеют графическую характеристику и могут изменяться врачом в соответствии с выбранными программами без ухудшения качества изображения.

*Матричные* изображения имеют в своей основе растр, состоящий из большого числа ячеек — *пикселей* (от англ. picture — картина, cell — клетка, наименьший визуальный элемент на экране дисплея). Пространственное разрешение матричных изображений тесно связано с количеством содержащихся в них пикселей. Вследствие этого при обработке такого изображения, связанной с изменением его размеров (всего или отдельных деталей), распечаткой на принтере с разрешающей способностью, отличающейся от таковой на экране, оно может в значительной степени деформироваться — появится зубчатость контуров, исчезают детали изображения. Матричные изображения формируются на растровом дисплее аналогично тому, как это происходит на экране телевизора, т.е. путем сканирования электронным лучом по строкам. Тем самым создается режим восприятия изображения в реальном времени. Для создания матричного изображения применяют специальный дисплейный процессор, который через систему связи (интерфейс) подключен к оперативной памяти компьютера.

Каждому из элементов матрицы изображения на экране дисплея соответствует определенный участок адресуемой памяти. Таким образом, вся ПЛОЩАДЬ растрового дисплея содержит совокупность пикселей, имеющую свою размерность. В лучевой диагностике экранная площадь дисплея обычно формируется в виде следующих матриц: 64x64, 128x128, 256x256, 512x512, 1024x1024 пикселей. Чем больше число пикселей, на которое разбивается экранная площадь дисплея, тем выше разрешающая способность системы отображения. Чем крупнее матрица изображения, тем более фрагментарным оно представляется наблюдателю (рис. 11.60).

Каждый пиксел изображения формируется в памяти дисплейного процессора различным числом бит — от 1 до 24. Чем большим количеством бит информации представлен каждый пиксел изображения, тем богаче изображение по своим зрительным свойствам и тем больше информации об исследуемом объекте оно содержит. Так, 2-битный пиксел содержит всего  $2^2=4$  уровня передачи изображения, 8-битный (однobaйтный) — 256, 24-битный пиксел имеет свыше 16 млн вариантов. *Количество бит, содержащихся в одном пикселе, называют его глубиной.* Чем больше глубина пиксела, тем качественнее изображение. Оптимальным вариантом черно-белого изображения является *однobaйтный пиксел*, который содержит 256 градаций серого цвета (от белого — 0 до черного — 256), — так называемая *стандартная серая шкала*.

При изображении в цвете наилучшим вариантом является *трехбайтный* пиксел, который содержит 16,7 млн цветов (*стандарт RGB — Red, Green, Blue — красный, зеленый, голубой*). Однако такая палитра цветов требует большого объема памяти компьютера, поэтому в медицинской практике чаще применяют упрощенный, так называемый *индексированный, цвет — однobaйтный*, который содержит 256 цветов. Он несколько хуже по качеству, зато намного рациональнее расходует память компьютера. Кроме того, он быстрее и проще передается по линиям компьютерной связи. И все же



**Рис. 11.60.** Влияние величины матрицы на качество изображения.

а — матрица размером 64x64; б - 128x128; в — 256x256; г — 512x512 пикселей.

для ускорения передачи изображений и более рационального хранения в компьютерной памяти их *сжимают* (т.е. производят их компрессию) специальными программами в несколько раз, или *архивируют*. При обратном процессе — *разархивировании* — качество изображения восстанавливается практически до исходного. Для передачи изображений от компьютера к компьютеру их рекомендуется переводить в один из стандартных форматов, наиболее универсальным из которых является TIFF (Target-Image File Format — целевой файловый формат изображения).

В *ультразвуковой диагностике* чаще используют 6-битный пиксел, у которого  $2^6=64$  оттенка серого цвета (от черного до белого). В *радионуклидной диагностике* применяют преимущественно 8-битный пиксел (байтная система формирования пиксела), в котором  $2^8=256$  вариантов оценок, т.е. уровней серой шкалы или цвета. Нетрудно подсчитать, что матричное изображение размером 64x64 пикселей в радионуклидной диагностике требует

4096 байт памяти, а изображение размером 128x128 пикселей — 16 384 байт, т.е. около 16 Кбайт (приблизительно столько, сколько занимает одна страница машинописного текста).

Более совершенные системы радионуклидной диагностики имеют изображение размером 256x256, 512x512 и даже 1024x1024 пикселей. Для формирования таких образов при соответствующем 8-битном пикселе нужно занять в памяти компьютера соответственно 64, 256 и около 1000 Кбайт (1 Мбайт) памяти. Увеличение объема памяти неизбежно приводит к снижению скорости обмена информацией, что сопровождается увеличением времени, необходимого для построения каждого кадра изображения. В связи с этим мелкие растры (256x256 и 512x512) применяют преимущественно для получения статических изображений с высоким пространственным разрешением, т.е. в диагностике очаговых поражений в органах, тогда как крупные матрицы (64x64 и 128x128) используют главным образом для динамических исследований.

В *компьютерной томографии* используют 2-байтные пиксели (16-битные). При размерах матрицы 512x512 на получение одной компьютерной томограммы будет затрачиваться 412 кбайт памяти компьютера. Приблизительно такой же объем памяти необходим для получения МР-томограммы.

В *цифровой рентгенографии и рентгеноскопии* применяют дисплей с очень мелкой матрицей — 1024x1024 пикселей. Такое изображение практически неотлично от обычного полутонового аналогового. Однако для получения этого изображения нужно свыше 1 Мбайт памяти компьютера. Еще больший объем компьютерной памяти — свыше 2 Мбайт — необходим для построения одного кадра в *цифровой субтракционной ангиографии*.

Для работы *цветных дисплеев*, наиболее широко применяемых в радионуклидной диагностике и доплеровском картировании, требуется память компьютера, в 3 раза большая, чем для черно-белых, по количеству основных цветов (*стандарт RGB*). Понятно, что для реализации такой задачи нужны высокопроизводительные компьютеры с большим объемом дисковой и оперативной памяти и развитым программным обеспечением.

*Все медицинские изображения в лучевой диагностике могут существовать в двух вариантах: в виде твердых копий — рентгенограмм, отпечатков на бумаге, фотобумаге — и в электронном виде — на экране дисплея, магнитных носителях, оптических дисках и пр.* Здесь уместно еще раз напомнить, что емкость одной стандартной трехдюймовой дискеты составляет 1,44 Мбайта, оптического диска CD-ROM — 640 Мбайт, магнитно-оптического диска — 2 Гбайт, жесткого диска (винчестера) персонального компьютера — несколько Гбайт. Скорость передачи информации по современным коммуникационным системам в настоящее время обычно не превышает 1200–3600 бит/с. Таковы «взаимоотношения» медицинских изображений и современных цифровых способов их хранения и передачи.

Одним из важнейших направлений в визуализации органов является получение функциональных изображений. При этом можно выделить 3 типа таких изображений: характеризующие двигательную активность органов (сократительную, эвакуаторную и др.) - I тип; характеризующие экскреторную функцию органа — II тип; отражающие активность метаболических процессов в органе — III тип.

Получить *функциональное изображение I типа, т.е. исследовать двигательную активность органов*, можно на экране рентгенодиагностического 158

аппарата или дисплее аппарата для ультразвуковой диагностики. С целью регистрации функциональных изображений I типа применяют кино съемку видеоманитофонную запись, регистрацию на магнитных носителях компьютера. Для того чтобы исследовать эвакуаторную функцию органов в них предварительно вводят специальные вещества - рентгеноконтрастные при рентгенологическом методе исследования и радионуклидные - при радионуклидном. Наблюдая с помощью аппаратов для лучевой диагностики за выведением контрастного вещества из органа, судят об его эвакуаторной функции. Применение с этой целью компьютерной технологии позволяет оценить функцию органа в количественных показателях.

*Функциональные изображения II типа получают для изучения экскреторной функции органа.* С этой целью применяют радиофармпрепараты и рентгеноконтрастные вещества, избирательно и быстро захватываемые из крови исследуемыми органами. Таким путем изучают, например, функцию печени, почек, желчевыделительной системы.

*Функциональные изображения III типа — метаболические.* Их применяют преимущественно в радионуклидной диагностике. С этой целью в организм пациента вводят РФП, включающийся в обмен веществ в исследуемом органе. Так, например, в сердечной мышце активно поглощается и утилизируется меченая глюкоза, поэтому интенсивность изображения сердечной мышцы на скинтиграммах после введения в организм этого РФП будет отражать перфузию миокарда и метаболическую активность сердечной мышцы. Этот же РФП активно метаболизируется мозговой тканью, в связи с чем он может быть использован для получения функциональных изображений головного мозга.

Существенным преимуществом дигитальных изображений является возможность их компьютерной обработки. *Первый этап такой обработки — предварительный.* Его осуществляют во время сбора информации, т.е. в момент получения самого изображения. С этой целью проводят коррекцию изображения с целью «выпрямления» технических дефектов детекторов излучений, например неоднородности в чувствительности по полю большого скинтиляционного кристалла гамма-камеры или линейки ультразвуковых датчиков. На этом же этапе осуществляют коррекцию физиологических факторов, ухудшающих изображение. Например, при радионуклидном исследовании почек исключают влияние радиоактивности, находящейся в кровеносных сосудах и окружающих мягких тканях, при исследовании печени необходимо учесть и исключить динамическую нерезкость, вызванную ее дыхательными перемещениями.

*Следующий этап обработки изображений — аналитический.* Его проводят во время анализа изображений. Так, с целью улучшения качества изображения можно провести *процедуру сглаживания*, т.е. выравнивание неоднородностей, *контрастирование органов путем отсеечения окружающего орган фона*, который мешает зрительному восприятию исследуемого органа. Можно выполнить также *дополнительное раскрашивание* отдельных участков изображения, что также улучшит качество его восприятия.

Для того чтобы улучшить выявление патологических очагов в органе, проводят *изосчетные кривые*, т.е. линии, соединяющие точки изображения с одинаковым накоплением РФП или одинаковой оптической плотностью. Иногда целесообразно построить *профилограмму* — горизонтальную линию, проходящую через весь исследуемый орган. Такая линия покажет распре-

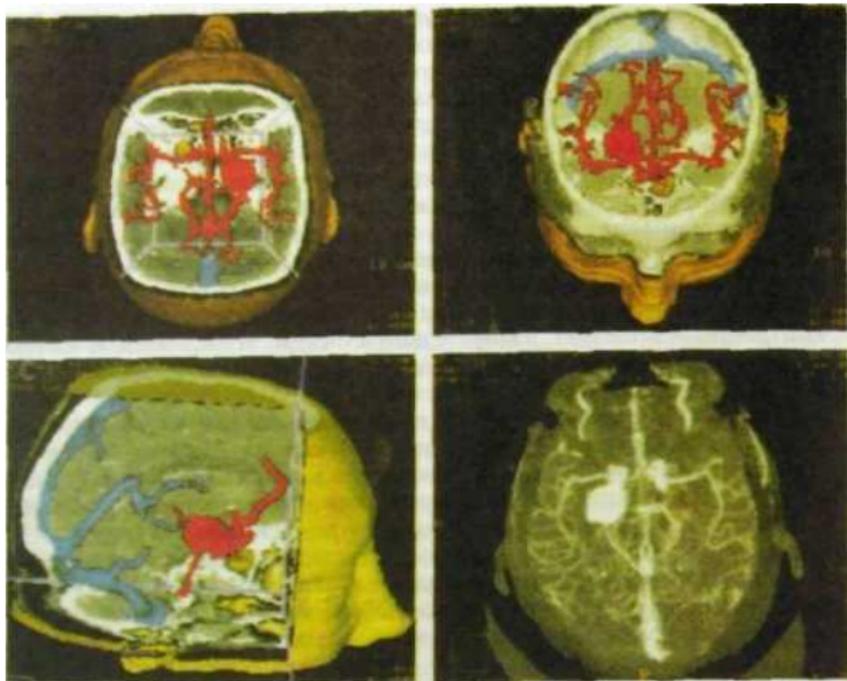


Рис. 11.61. Компьютерное совмещение изображений сосудистой системы головного мозга, полученных с помощью магнитно-резонансной и компьютерной рентгеновской томографии (так называемые спаянные изображения).

ление РФП вдоль горизонтальной или вертикальной оси, т.е. получится как бы срез органа по этой линии. С помощью специальных алгоритмов можно построить *аксонометрическое*, или *псевдообъемное, изображение* органа. Естественно, все указанные выше преобразования выполняют с помощью компьютера по заложенным в него прикладным программам.

Своеобразной формой обработки изображения является *"алгебра кадров"*: сложение или вычитание нескольких изображений органа с помощью компьютера. Таким путем, например, получают изолированное изображение сосудов при цифровой субтракционной ангиографии или изображение парашитовидных желез при сцинтиграфии.

Аналогичный прием используют для повышения контрастности изображения опухолей и «привязки» его к анатомическим ориентирам. При этом складывают два кадра — изображения опухоли и того участка тела, где эта опухоль выявлена. Новое направление обработки изображений — совмещение изображений, полученных посредством разных методов исследования, например компьютерно-томографического и магнитно-резонансного (рис 11.61). Такие суммарные изображения носят название «спаянные».

С помощью компьютера можно *обрабатывать кривые*, полученные при анализе медицинских изображений. Можно, например, *сгладить (аппрокси-*

мировать) эти кривые, т.е. сделать их визуально более наглядными. Специальные прикладные программы позволяют провести на компьютере *математическое моделирование изучаемых функций*, что помогает выявить патологические изменения и оценить степень их выраженности.

Выделение «зон интереса» — один из основных этапов обработки диагностических изображений на компьютере. «Зона интереса» — это участок изображения органа (рентгенологического, ультразвукового, магнитно-резонансного, радионуклидного), который представляет наибольший интерес для диагностики.

«Зоной интереса» может быть весь орган или его часть. На одном изображении возможно несколько «зон интереса», например исследуемый орган, окружающие его ткани, пучок питающих орган сосудов, соседние органы. Применительно к отдельному органу такими «зонами интереса» могут быть, в частности, кортикальный слой и выделительная система органа (например, у почки — см. рис. 1.16).

Форму, размеры и количество «зон интереса» врач выбирает произвольно в зависимости от вида исследования и конкретных задач диагностики; делается это с помощью *курсора* на экране дисплея либо *автоматически* по специальным программам обработки изображений. Выбранную «зону интереса» изучают отдельно или же во взаимосвязи с другими. В этой зоне с помощью компьютера можно проследить прохождение рентгеноконтрастного вещества или РФП. Построенные на основании результатов такого анализа кривые — *гистограммы* отражают функцию органа (или его части). В «зонах интереса» можно определить оптическую плотность изображения органа, выявить и оценить степень неоднородности его ткани.

Перспективным направлением использования компьютера для анализа медицинских изображений является их *автоматизированный анализ*. Особенно эффективна такая обработка при *массовых проверочных исследованиях*, например при флюорографии грудной полости или маммографии. С помощью особо сложных компьютерных систем, состоящих из нескольких десятков и даже сотен высокопроизводительных процессоров (так называемые *нейрокомпьютеры*), удастся автоматизировать процесс распознавания заболеваний. Для этого такие системы предварительно длительное время «обучают» на большом клиническом материале, т.е. создают «базу знаний» по данному предмету.

Вычислительную технику все шире используют в медицинской практике. *В некоторых клиниках более половины информации о больном поступает к врачу после компьютерной обработки.* Это не только медицинские изображения, но и электронная система документооборота, локальные внутрибольничные, региональные и мировые компьютерные сети. Все большее распространение получает телемедицина как средство общения и профессиональной деятельности. Традиционная система *врач—больной* заменяется на более сложную: *больной — компьютер — врач*. В связи с этим уже на студенческой скамье чрезвычайно важно овладеть основами медицинской информатики и компьютерной техники, научиться использовать компьютерную технологию в повседневной врачебной деятельности.

Конечно, компьютеризация медицины ни в коей мере не умаляет роли врача. *Это была, есть и будет гуманитарная специальность!* Никогда — ни

сейчас, ни в будущем — компьютер не заменит врача у постели больного, хотя бы потому, что он лишен важнейшего свойства человеческой личности — сострадания! Как остроумно заметил один ученый: «Отвечать на вопросы, которых никто не задавал, — это то, чего не может машина, а человеческий мозг может». Более того, умелое применение вычислительной техники подчеркивает значение деонтологии, гуманизм врача. В компьютерный век только от него зависит, сколько останется «человеческой» медицины. Политику в лучевой диагностике должен определять врач: «Но о главном не забудь: ты владыка, в этом суть!» (Г. Абашидзе).

## МОЛОДОМУ ИССЛЕДОВАТЕЛЮ

*Медицинские научные деятели происходят из всей массы медицинского сословия: всякий практический врач, раз он обладает умом, энергией и талантом, может проявить свое участие в общей медицинской науке и сложиться в постоянного и крупного медицинского деятеля.*

И.П. Павлов

Как-то Владимир Маяковский не без иронии заметил, что книги пишут для того, чтобы случилось что-нибудь новое, а редакторы существуют для того, чтобы ничего не случилось. Почему нам вспомнились эти слова? Потому что мы опасались, что рецензенты учебника (а от них зависит решение о его издании) предложат нам отказаться от данного раздела во второй части книги. С мягкой укоризной они укажут, что для разработки и усовершенствования методов и средств исследования требуются глубокие знания предмета и наивно предлагать соответствующие задания студентам.

Тогда мы на очередной лекции, рассказав об основных способах получения лучевых изображений, предложили студентам 3-го курса тут же придумать новые методы, которые можно было бы использовать для этой цели. Из всех полученных в ответ записок приведем три (без изменения стиля авторов).

1. «Почему бы органы не зазвучали? Пропускаем узкий пучок электромагнитных волн. Меняя частоту, достигаем резонанса в той или иной ткани, органе и т.д. Регистрируя резонансное излучение, преобразуем электромагнитные волны в звуковые. Сравниваем с эталоном (лучше всего для парных органов). Любовь — мелодия, жизнь — серенада, пусть болезнь станет симфонией!».

2. «Для диагностики новообразований. Слабый электрический ток проходит сквозь тело. Опухоль имеет большее сопротивление. Экран с помощью осциллографа регистрирует».

3. «А что если сделать радионуклидное исследование отдельной клетки, сравнивая с электронограммой и радионуклидной сканограммой нормальной клетки. При таком способе мы сможем проникнуть не только в отдельные структурные компоненты клетки, выделяя какие-то патологические процессы в ней, но и еще глубже. Но насколько это технически осуществимо?»

Заметьте, что эти записки были получены нами более 15 лет назад, до выхода первого издания данного учебника! Поэтому мы смело выдвигаем несколько проблем и в заключение второй части учебника.

*Первое и главное предложение:* не на ходу или во время лекции, а после глубокого обдумывания попытайтесь отыскать идею принципиально нового метода получения лучевых изображений. Сумел же это сделать А. Кормак (идея компьютерной томографии) или Пауль Лаутербур (идея магнитно-резонансного изображения).

*Второе предложение:* изучение экономики лучевых исследований. В России этой проблемой долгое время никто не интересовался. Только в связи с развитием страховой медицины появились расчеты стоимости рентгенологических, ультразвуковых, радионуклидных и других процедур. Однако, во-первых, эти расчеты далеко не просты и не всегда корректны. Во-вторых, не проведено сопоставление экономичности разных лучевых методик в зависимости от их эффективности при конкретных патологических состояниях.

*Третье предложение:* необходимо, исходя из теории массового обслуживания, определить потребность во всех видах лучевой диагностики в различных регионах страны, в лечебных учреждениях разного типа и т.д.

Разумеется, все это — крупные проблемы, но ведь «великая энергия рождается для великих целей». Однако важно решать и частные задачи. Их в данной области неисчислимое количество. Речь идет об отдельных изобретениях и рационализаторских предложениях по усовершенствованию существующих лучевых методик. В качестве примера укажем некоторые направления таких исследований: 1) улучшение подготовки больных, в частности для рентгенологических и ультразвуковых процедур; 2) усовершенствование средств защиты пациентов и персонала при рентгенологических исследованиях; 3) повышение качества и надежности детекторов излучения; 4) разработка способов обработки материалов лучевых исследований для повышения их информативности; 5) разработка оптимальных средств и способов передачи лучевых изображений по локальным и национальным сетям.

# Лучевая диагностика повреждений и заболеваний

*От недр черной грезы до высшей точки стояния Сатурна  
Я разрешил все трудности Вселенной.  
Я ускользнул от оков всех хитростей и уловок.  
Каждый узел стал развязан, кроме узла смерти.*

Абу Али Ибн Сина



"Джоконда и «лучи». Фернан Леже, 1930

# 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

*Проблемы заболевания являются более сложными и трудными, чем любые другие, которые приходится решать тренированному уму.*

В. Ослер

Величественный и бесконечный мир расстилается вокруг. И каждый человек - тоже мир, сложный и неповторимый. Разными путями стремимся мы исследовать этот мир, понять основные принципы его строения и регуляции, познать его устройство и функции. Научное познание опирается на следующие исследовательские приемы: морфологический метод, физиологический эксперимент, клиническое исследование, лучевые и инструментальные методы. Однако *научные знания — лишь первая основа диагностики*. Эти знания — все равно, что ноты для музыканта. Однако, используя одни и те же ноты, разные музыканты при исполнении одного и того же произведения достигают разного эффекта. *Вторая основа диагностики — искусство и личный опыт врача* «Наука и искусство так же связаны между собой, как легкие и сердце, так что если один орган извращен, то другой не может правильно действовать» (Л.Толстой).

Все это подчеркивает исключительную ответственность врача: ведь каждый раз у постели больного он принимает важное решение. Постоянное повышение знаний и стремление к творчеству — вот черты настоящего врача. «Мы любим все — и жар холодных числ, и дар божественных видений...» (А. Блок).

С чего начинается любая диагностика, в том числе лучевая? С глубоких и твердых знаний о строении и функциях систем и органов здорового человека во всем своеобразии его половых, возрастных, конституциональных и индивидуальных особенностей. «Для плодотворного анализа работы каждого органа необходимо прежде всего знать его нормальную деятельность» (И.П. Павлов). В связи с этим все главы III части учебника начинаются с краткого изложения лучевой анатомии и физиологии соответствующих органов.

Мечта И.П. Павлова охватить величественную деятельность головного мозга системой уравнений еще далека от воплощения. При большинстве патологических процессов диагностическая информация столь сложна и индивидуальна, что выразить ее суммой уравнений пока не удастся. Тем не менее повторное рассмотрение сходных типовых реакций позволило теоретикам и клиницистам выделить типовые синдромы повреждений и заболеваний, создать некоторые образы болезней. Это — важная ступень на диагностическом пути, поэтому в каждой главе после описания нормальной картины органов рассмотрены симптомы и синдромы болезней, наиболее часто выявляемые при лучевой диагностике. Добавим лишь, что именно здесь ярко проявляются личные качества врача: его наблюдательность и способность в пестром калейдоскопе симптомов разглядеть ведущий синдром поражения. Можно поучиться у наших далеких предков. Мы имеем в виду наскальные рисунки времен неолита, в которых удивительно точно отражена общая схема (образ) явления.

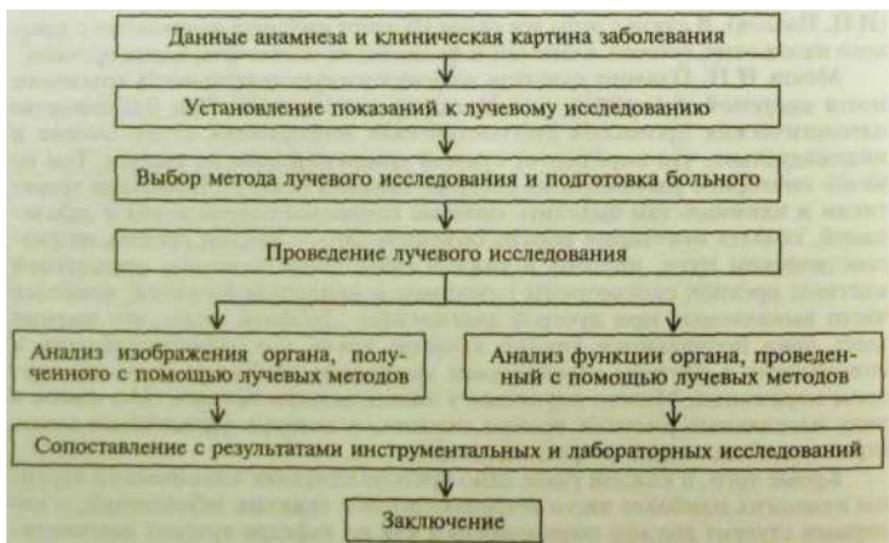
Кроме того, в каждой главе дано краткое описание клинической картины немногих наиболее часто встречающихся и тяжелых заболеваний, с которыми студент должен познакомиться как на кафедре лучевой диагности-

ки и лучевой терапии, так и в процессе курирования больных в терапевтических и хирургических клиниках на старших курсах.

Собственно диагностика начинается с обследования больного, и очень важно правильно выбрать программу его проведения. Ведущим звеном в процессе распознавания болезней, конечно, остается квалифицированное клиническое обследование, но оно уже не сводится только к осмотру больного а представляет собой организованный целенаправленный процесс, который начинается с осмотра и включает применение специальных методов среди которых видное место занимают лучевые.

В этих условиях работа врача или группы врачей должна основываться на четкой программе действий, которая предусматривает порядок применения различных способов исследования, т.е. каждый врач должен быть вооружен набором стандартных схем обследования больных. Эти схемы призваны обеспечить высокую надежность диагностики, экономию сил и средств специалистов и пациентов, приоритетное применение менее инвазивных вмешательств и уменьшение лучевой нагрузки на больных и медицинский персонал. В связи с этим в каждой главе приведены схемы лучевого обследования при некоторых клинических и рентгенологических синдромах. Это лишь скромная попытка наметить путь комплексного лучевого обследования при наиболее часто встречающихся клинических ситуациях. Дальнейшая задача состоит в переходе от этих ограниченных схем к подлинным диагностическим алгоритмам, которые будут содержать все данные о больном.

На практике, увы, выполнение программы обследования сопряжено с определенными трудностями: различно техническое оснащение лечебных учреждений, неодинаковы знания и опыт врачей, состояние больного. «Острословы говорят, что оптимальной траекторией называется та траектория, по которой ракета никогда не летает» (Н.Н. Моисеев). И тем не менее врач должен для конкретного больного выбрать наилучший путь обследования. Отмеченные этапы входят в общую схему диагностического исследования пациента.



Для того чтобы эффективно проводить лучевую диагностику и грамотно оценивать результаты лучевых исследований, необходимо придерживаться строгих методологических принципов.

**Первый принцип:** всякое лучевое исследование должно быть обосновано. Главным аргументом в пользу выполнения лучевой процедуры должна быть клиническая необходимость получения дополнительной информации, без которой полный индивидуальный диагноз установить невозможно.

**Второй принцип:** при выборе метода исследования необходимо учитывать лучевую (дозовую) нагрузку на больного. В инструктивных документах Всемирной организации здравоохранения предусмотрено, что рентгенологическое исследование должно обладать несомненной диагностической и прогностической эффективностью; в противном случае оно является напрасной тратой средств и представляет опасность для здоровья вследствие неоправданного применения радиации. При равной информативности методов нужно отдать предпочтение тому, при котором не происходит облучения больного или оно наименее значительное.

**Третий принцип:** при проведении лучевого исследования нужно придерживаться правила «необходимо и достаточно», избегая излишних процедур. Порядок выполнения необходимых исследований — от наиболее щадящих и необременительных к более сложным и инвазивным (от простого к сложному). Однако не нужно забывать, что иногда приходится сразу выполнять сложные диагностические вмешательства ввиду их высокой информативности и важности для планирования лечения больного.

**Четвертый принцип:** при организации лучевого исследования нужно учитывать экономические факторы («стоимостная эффективность методов»). Приступая к обследованию больного, врач обязан предвидеть затраты на его проведение. Стоимость некоторых лучевых исследований столь велика, что неразумное применение их может отразиться на бюджете лечебного учреждения. На первое место мы ставим пользу для больного, но при этом не имеем права игнорировать экономику лечебного дела. Не принимать ее во внимание означает неправильно организовывать работу лучевого отделения.

Наука есть лучший современный способ удовлетворения любопытства отдельных лиц за счет государства.

Л.А. Арцимович

К знаменитому терапевту Сидегаму обратился медик с просьбой посоветовать, какие книги читать, чтобы стать хорошим врачом.

— Читайте, мой друг, «Дон Кихота Сервантеса — это прекрасная книга, которую я сам часто перечитываю.

(Е.А. Вагнер. *Раздумья о врачебном долге.* - Пермь, 1986)

Одно из своих писем в 1885 г. А.П. Чехов шуточно написал: «Хирург патологии А. Чехов». Как известно, великий русский писатель по образованию был врач: он закончил медицинский факультет Московского университета.



## 2. ЛЕГКИЕ

*...Самое устройство человеческого тела по своей художественности далеко превосходит все, что только было создано человеческим искусством.*

Бенедикт Спиноза

Легкие — один из самых частых объектов лучевого исследования. О важной роли рентгенолога в изучении морфологии органов дыхания и распознавании патологических процессов свидетельствует тот факт, что принятые классификации многих заболеваний, например пневмоний, туберкулеза, саркоидоза, пневмоконйозов, злокачественных опухолей, в большой мере основаны на рентгенологических данных. Известно также, что скрыто протекающие поражения легких выявляют при проверочных флюорографических обследованиях населения.

С развитием компьютерной томографии значение рентгенологического метода в диагностике болезней легких еще более возросло. С ее помощью удается выявить самые ранние изменения в органах грудной полости. Важное место в оценке функциональной патологии легких, в частности нарушений капиллярного кровотока в них, занял радионуклидный метод.

Показания к рентгенологическому исследованию легких весьма широки: повышение температуры тела, кашель, выделение мокроты, одышка, боли в груди, кровохарканье и многие другие патологические состояния.

### 2.1. Лучевая анатомия легких

На обзорной рентгенограмме в прямой проекции (рис. III.1) почти на всем протяжении вырисовываются верхние 5—6 пар ребер. У каждого из них можно выделить *тело, передний и задний концы*. Нижние ребра частично или полностью скрыты за тенью средостения и органов, расположенных в поддиафрагмальном пространстве. Изображение передних концов ребер обрывается на расстоянии 2—5 см от фудины, так как реберные хрящи не дают различимой тени на снимках. У лиц старше 17—20 лет в этих хрящах появляются отложения извести в виде узких полосок по краю ребра и островков в центре хряща. Их, разумеется, не следует принимать за уплотнения легочной ткани. На рентгенограммах легких имеется также изображение костей плечевого пояса (ключиц и лопаток), мягких тканей фудной стенки, молочных желез и органов, расположенных в фудной полости (легкие, органы средостения).

Оба легких на обзорной прямой рентгенограмме видны раздельно; они образуют так называемые *легочные поля*, которые пересекаются тенями ребер. Между легочными полями находится интенсивная тень средостения. Легкие здорового человека заполнены воздухом, поэтому на рентгенограмме представляются очень светлыми. Легочные поля имеют определенную структуру, которую называют *легочным рисунком*. Он образован тенями артерий и вен легких и в меньшей степени окружающей их соединительной тканью. В медиальных отделах легочных полей, между передними концами II и IV ребер, вырисовывается тень *корней легких*. Главным признаком нормального корня является неодно-

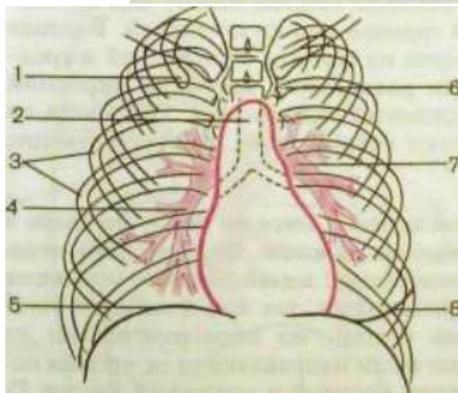
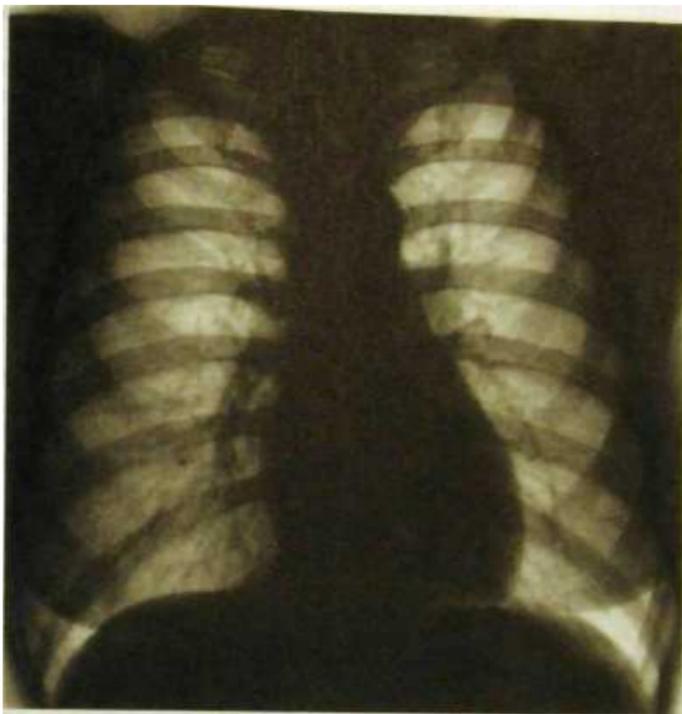


Рис. П1.1. Передняя обзорная рентгенограмма органов грудной полости и схема к ней.

1 — передний конец ребра; 2 — трахея и главные бронхи; 3 — тело ребра; 4 — правая нижнедолевая артерия; 5 — диафрагма; 6 — задний конец ребра; 7 — корень левого легкого; 8 — контур левой молочной железы.

родность его изображения: в нем можно различить тени отдельных крупных артерий и бронхов. Корень левого легкого расположен немного выше корня правого, его нижняя (хвостовая) часть скрывается за тенью сердца.

Легочные поля и их структура видны только потому, что в альвеолах и бронхах содержится воздух. У плода и мертворожденного ребенка ни легочные поля, ни их рисунок на снимке не отражаются. Только при первом

вдохе после рождения воздух проникает в легкие, после чего появляется изображение легочных полей и рисунка в них.

Легочные поля делят на *верхушки* — участки, расположенные выше ключиц, *верхние отделы* — от верхушки до уровня переднего конца II ребра, *средние* — между II и IV ребрами, *нижние* — от IV ребра до диафрагмы. Снизу легочные поля ограничены *тенью диафрагмы*. Каждая половина ее при исследовании в прямой проекции образует плоскую дугу, идущую от бокового отдела грудной стенки до средостения. Наружный отдел этой дуги составляет с изображением ребер острый реберно-диафрагмальный угол, соответствующий наружному отделу реберно-диафрагмального синуса плевры. Наиболее высокая точка правой половины диафрагмы проецируется на уровне передних концов V—VI ребер (слева — на 1—2 см ниже).

На боковом снимке изображения обеих половин грудной клетки и обоих легких накладываются друг на друга, но структура ближайшего к пленке легкого выражена резче, чем противоположного. Четко выделяются изображение верхушки легкого, тень грудины, контуры обеих лопаток и тени **Thin—Thix** с их дугами и отростками (рис. III.2). От позвоночника к грудины в косом направлении вниз и вперед идут ребра.

В легочном поле на боковом снимке выделяются два светлых участка: *позадигрудинное (ретростернальное) пространство* — область между грудиной и тенью сердца и восходящей аорты, а также *позадисердечное (ретрокардиальное) пространство* — между сердцем и позвоночником. На фоне легочного поля можно различить рисунок, образованный артериями и венами, которые направляются в соответствующие доли легких. Обе половины диафрагмы на боковом снимке имеют вид дугообразных линий, идущих от передней грудной стенки до задней. Высшая точка каждой дуги находится примерно на границе ее передней и средней третей. Вентральнее этой точки расположен короткий передний скат диафрагмы, а дорсальнее — длинный задний скат. Оба ската со стенками грудной полости составляют острые углы, соответствующие реберно-диафрагмальному синусу.

*Междолевыми щелями легкие делятся на доли: левое на две — верхнюю и нижнюю, правое на три — верхнюю, среднюю и нижнюю.* Верхняя доля отделяется от другой части легкого *косой междолевой щелью*. Знание проекции междолевых щелей очень важно для рентгенолога, так как позволяет устанавливать топографию внутрилегочных очагов, но непосредственно на снимках границы долей не видны. Косые щели направляются от уровня остистого отростка **Thin** к месту соединения костной и хрящевой частей IV ребра. Проекция *горизонтальной щели* идет от точки пересечения правой косой щели и средней подмышечной линии к месту прикрепления к грудины IV ребра (рис. II 1.3).

Более мелкой структурной единицей легкого является *bronхолегочный сегмент*. Это участок легкого, вентилируемый отдельным (сегментарным) бронхом и получающий питание от отдельной ветви легочной артерии. Согласно принятой номенклатуре, в легком выделяют 10 сегментов (в левом легком медиальный базальный сегмент часто отсутствует). Проекция сегментов на обзорные снимки показана на рис. III.3.

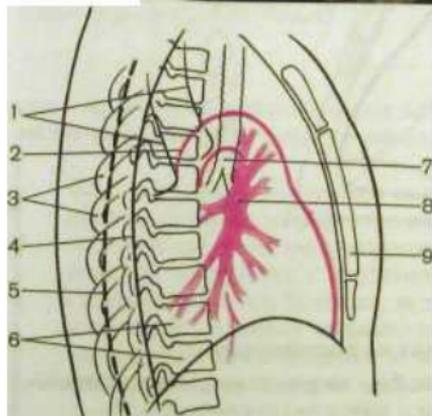


Рис. П1.2. Обзорная рентгенограмма органов грудной полости в боковой проекции и схема к ней.

1 — край лопатки (спереди — правой, сзади — левой); 2 — нисходящая часть аорты; 3 — тела ребер левой стороны; 4 — задняя поверхность правого легкого; 5 — задняя поверхность левого легкого; 6 — тела позвонков; 7 — бифуркация трахеи; 8 — сосуды в корне легкого; 9 — грудина в профиль.

*Элементарной морфологической единицей легкого является ацинус — совокупность разветвлений одной концевой бронхиолы с альвеолярными ходами и альвеолами.* Несколько ацинусов составляют легочную дольку. Границы нормальных долек на снимках не дифференцируются, но их изображение появляется на рентгенограммах и особенно на компьютерных томограммах при венозном полнокровии легких и уплотнении интерстициальной ткани легкого.

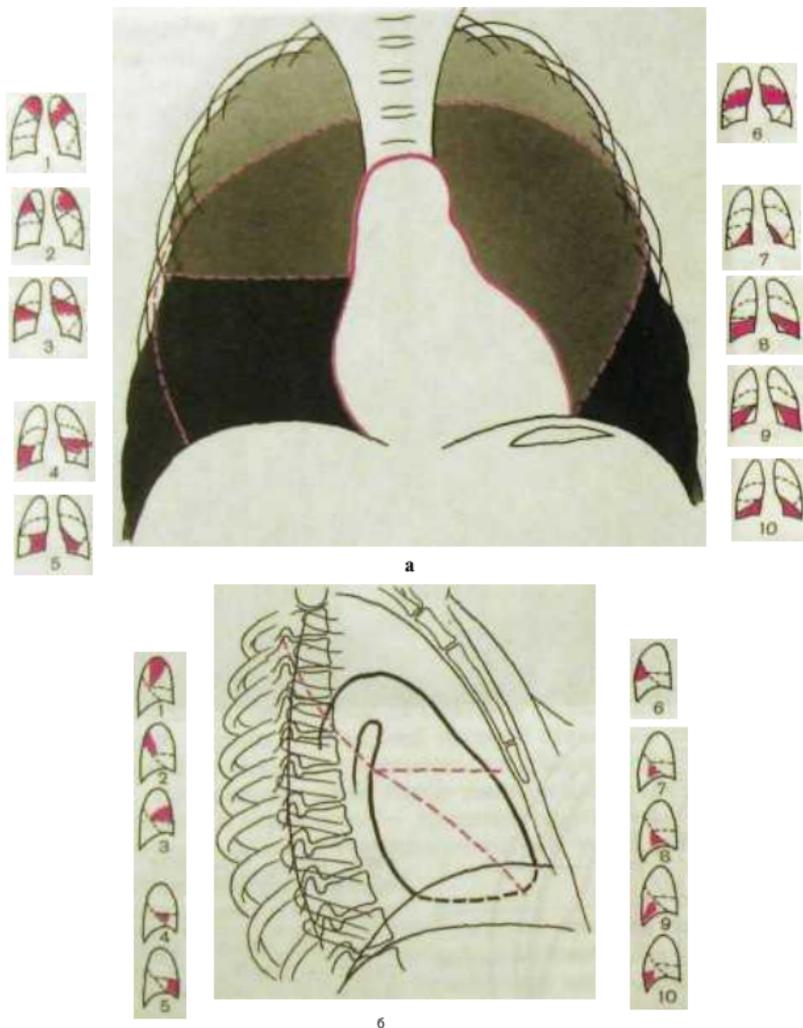


Рис. Ш.3. Проекция долей и сегментов легких на рентгенограмме.  
 а — на рентгенограммах в прямой проекции; б — на рентгенограммах в боковой проекции.  
 Цифрами обозначены номера бронхолегочных сегментов.

На обзорных рентгенограммах получается суммационное изображение всей толщи тканей и органов грудной клетки — тень одних деталей частично или полностью наслаивается на тень других. Для более углубленного изучения структуры легких применяют рентгеновскую томографию.

Как уже указывалось, различают два типа рентгеновской томографии: *линейную* и *компьютерную (КТ)*. Линейная томография может быть выпол-

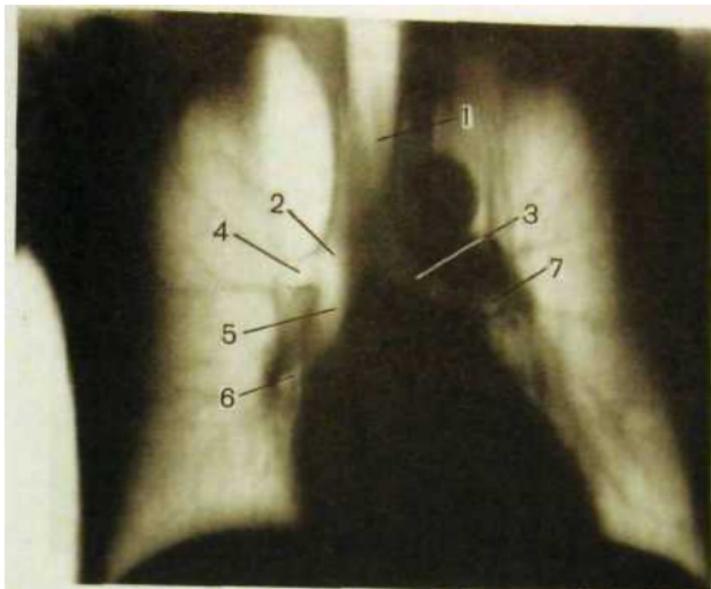


Рис. III.4. Томограмма на уровне срединной фронтальной плоскости грудной клетки.

1 — трахея; 2 — правый главный бронх; 3 — левый главный бронх; 4 — правый верхнедолевой бронх; 5 — промежуточный бронх; 6 — среднедолевой бронх; 7 — левый верхнедолевой бронх.

нена во многих рентгеновских кабинетах. Благодаря доступности и дешевизне она пока еще широко распространена.

*На линейных томограммах* получается резкое изображение тех образований, которые находятся в исследуемом слое. Тени структур, лежащих на иной глубине, на снимке нерезкие («размазанные») (рис. III.4). Основные показания к линейной томографии следующие: изучение состояния крупных бронхов, выявление участков распада или отложений извести в легочных инфильтратах и опухолевых образованиях, анализ структуры корня легкого, в частности определение состояния лимфатических узлов корня и средостения.

Более ценные сведения о морфологии органов грудной полости позволяет получить *компьютерная томография*. В зависимости от цели исследования врач выбирает «ширину окна» при анализе изображения. Тем самым он делает упор на изучение структуры либо легких, либо органов средостения (рис. III.5).

В нормальных условиях плотность легочной ткани, по данным денситометрии, колеблется от  $-650$  до  $-850$  Н. Такая низкая плотность объясняется тем, что 92 % легочной паренхимы составляет воздух и лишь 8 % — мягкие ткани и кровь в капиллярах. На компьютерных томограммах определяются

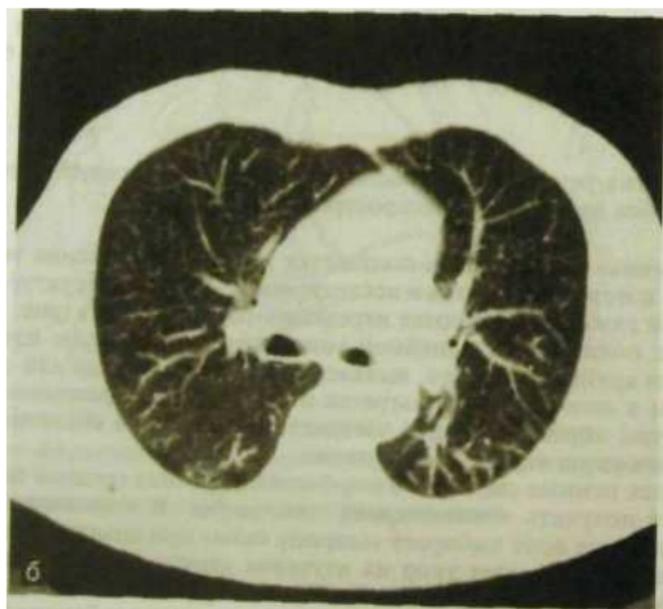
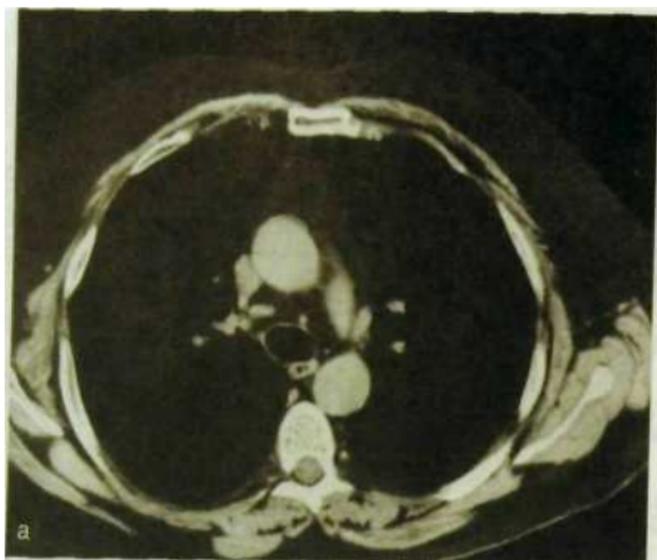


Рис. III.5. Компьютерные томограммы легких одного и того же пациента, выполненные при разных технических условиях.  
а — для исследования органов средостения; б — для исследования легочной ткани.

тени легочных артерий и вен, четко дифференцируются главные долевые и сегментарные бронхи, а также межсегментарные и междолевые перегородки.

Фоном для медиастинальных органов является жировая клетчатка средостения. Ее плотность колеблется от 70 до 120 НУ. В ней могут быть заметны лимфатические узлы. В норме они круглой, овальной или треугольной формы. Если величина узла превышает 1 см, то его считают патологически измененным. С помощью срезов на разной глубине получают отображение „ре- и паратрахеальных лимфатических узлов, узлов в аортопульмональном окне», в корнях легких и под бифуркацией трахеи. КТ играет важную роль в оценке состояния органов средостения: она позволяет изучить тонкие детали морфологии легочной ткани (оценка состояния долек и перидольковой ткани, выявление бронхоэктазий, участков бронхиолярной эмфиземы, мелких очагов воспаления и опухолевых узелков). КТ часто необходима для установления отношения обнаруженного в легком образования к пристеночной плевре, перикарду, ребрам, крупным кровеносным сосудам.

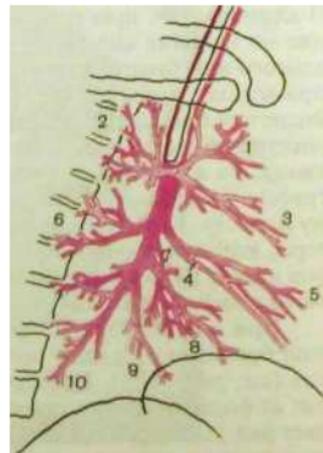
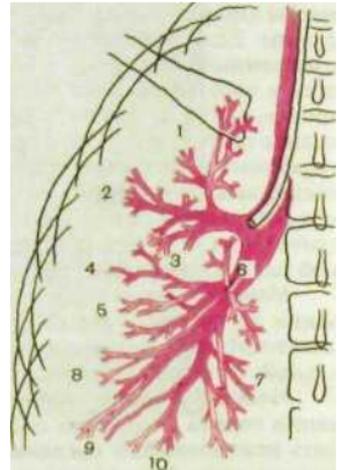
*Магнитно-резонансную томографию* пока реже используют при исследовании легких из-за низкого сигнала, который дает легочная ткань. Достоинство МРТ — возможность выделения слоев в разных плоскостях (аксиальной, сагиттальной, фронтальной и др.).

*Ультразвуковое исследование* приобрело большое значение при исследовании сердца и крупных сосудов грудной полости, но оно позволяет получить немаловажные сведения также о состоянии плевры и поверхностного слоя легкого. С ее помощью небольшое количество экссудата плевральной полости выявляют раньше, чем при рентгенографии.

В связи с развитием КТ и бронхоскопии значительно сузились показания к специальному рентгенологическому исследованию бронхов — бронхографии. *Бронхография* заключается в искусственном контрастировании бронхиального дерева рентгеноконтрастными веществами (рис. III.6). В клинической практике показанием к ее выполнению является подозрение на наличие аномалии развития бронхов, а также внутреннего бронхиального или бронхоплеврального свища. В качестве контрастного вещества применяют *пропилийодон* в виде масляной взвеси или водорастворимый йодистый препарат. Исследование проводят преимущественно под местной анестезией дыхательных путей с помощью 1 % раствора дикаина или лидокаина, но в отдельных случаях, главным образом при выполнении бронхографии у маленьких детей, прибегают к внутривенному или ингаляционному наркозу. Контрастное вещество вводят через рентгеноконтрастные катетеры, которые хорошо видны при рентгеноскопии. Некоторые типы катетеров имеют систему управления концевой частью, что позволяет вводить катетер в любые участки бронхиального дерева.

При анализе бронхограмм идентифицируют каждый контрастированный бронх, определяют положение, форму, калибр и очертания всех бронхов (см. рис. III.6). Нормальный бронх имеет конусовидную форму, отходит от более крупного ствола под острым углом и под такими же углами отдает ряд последующих ветвей. В начальной части бронхов II и III порядков нередко отмечаются неглубокие циркулярные перетяжки, соответствующие местам расположения физиологических сфинктеров. Контур тени бронха ровный или слегка волнистый.

Кровоснабжение легких осуществляется *легочными и бронхиальными артериями*. Первые составляют малый круг кровообращения; они выполняют



Ряс. Ш.6. Бронхограммы правого легкого и схемы к ним

а — прямая проекция; б — боковая проекция; 1 — верхушечный бронх, 2 — задний, 3 — передний, 4 — наружный, 5 — внутренний, 6 — верхний нижней доли, 7 — нижневнутренний, 8 — нижнепередний, 9 — нижненааружный, 10 — нижнезадний.

функцию газообмена между воздухом и кровью. Система бронхиальных артерий относится к большому кругу кровообращения и обеспечивает питание легких. Бронхиальные артерии на рентгенограммах и томограммах не дают изображения, но ветви легочной артерии и легочные вены вырисовываются довольно хорошо. В корне легкого выделяется тень ветви *легочной артерии* (соответственно правой или левой), а от нее радиально отходят в легочные поля их долевые и далее сегментарные разветвления. *Легочные вены* не исходят из корня, а пересекают его изображение, направляясь к левому предсердию.



Рис. III.7. Дигитальная субтракционная ангиопульмонограмма.

Лучевые методы позволяют исследовать морфологию и функцию кровеносных сосудов легких. С помощью *спиральной рентгеновской томографии* и *магнитно-резонансной томографии* можно получить изображение начальной и проксимальных частей легочного ствола, его правой и левой ветвей и установить их взаимоотношения с восходящей аортой, верхней полой веной и главными бронхами, проследить ветвление легочной артерии в легочной ткани вплоть до самых мелких подразделений, а также обнаружить дефекты наполнения сосудов при тромбозмболии ветвей легочной артерии.

По специальным показаниям проводят рентгенологические исследования, связанные с введением контрастного вещества в сосудистое русло, — *ангиопульмонографию, бронхиальную артериографию, венокавографию*.

Под *ангиопульмографией* понимают исследование системы легочной артерии (рис. III.7). После катетеризации вены локтевого сгиба или бедренной вены конец катетера проводят через правое предсердие и правый желудочек в легочный ствол. Дальнейший ход процедуры зависит от конкретных задач: если необходимо контрастировать крупные ветви легочной артерии, то контрастное вещество вливают непосредственно в легочный ствол или его главные ветви, если же изучению подлежат мелкие сосуды, то катетер продвигают в дистальный направлении до желаемого уровня.

*Бронхиальная артериография* — это контрастирование бронхиальных артерий. Для этого тонкий рентгеноконтрастный катетер через бедренную артерию вводят в аорту, а из нее — в одну из бронхиальных артерий (их, как известно, несколько с каждой стороны).

Показания к ангиопульмонографии и бронхиальной артериографии в клинической практике не очень широки. Ангиопульмонографию производят при подозрении на аномалию развития артерии (аневризма, стеноз, артериовенозный свищ) или тромбозмболию легочной артерии. Бронхиальная артериография оказывается необходимой при легочном кровотечении (кровохарканье), природу которого не удалось установить посредством других исследований, в том числе при фибробронхоскопии.

Термином *\*кавография* обозначают искусственное контрастирование верхней полой вены. Изучение подключичной, безымянной и верхней полой вен облегчает выбор венозного подхода к рациональному размещению катетеров, установке фильтра в полой вене, определению уровня и причины обструкции венозного кровотока.



### Как заниматься научной работой

...Предлагаем очень полезный метод, позволяющий публиковаться чаще. Нужно предугадать результаты эксперимента и опубликовать их заранее. Это здорово сокращает время. Таким способом можно даже избавить себя от труда заканчивать эксперимент; поскольку статья опубликована, можно заняться чем-нибудь другим. Эта уловка в сочетании с хорошо развитым воображением позволяет опубликовать большое число экспериментальных статей, не проводя вообще никаких экспериментов, и тем самым сэкономить кучу государственных средств.

А.Б. Мишакм и др. /Физики продолжают шутить.- М.: Мир, 1978)

## 2.2. Лучевое исследование функции легких

Функциональная система дыхания состоит из множества звеньев, среди которых особое значение имеют системы легочного (внешнего) дыхания и кровообращения. Усилиями дыхательной мускулатуры вызываются изменения объема грудной клетки и легких, обеспечивающие их вентиляцию. Выдыхаемый воздух благодаря этому распространяется по бронхиальному дереву, достигая альвеол. Естественно, нарушения бронхиальной проходимости ведут к расстройству механизма внешнего дыхания. В альвеолах происходит диффузия газов через альвеолярно-капиллярную мембрану. Процесс диффузии нарушается как при поражении стенок альвеол, так и при нарушении капиллярного кровотока в легких.

По обычным рентгенограммам, произведенным в фазы вдоха и выдоха, и при рентгеноскопии можно составить ориентировочное представление о механике дыхательного акта и вентиляции легких. При вдохе передние концы и тела ребер поднимаются, межреберные промежутки расширяются, диафрагма опускается (особенно за счет ее мощного заднего ската). Легочные поля увеличиваются, а прозрачность их возрастает. При необходимости все эти показатели могут быть измерены. Более точные данные получают при КТ. Она позволяет определить размеры грудной полости на любом уровне, вентиляционную функцию легких в целом и в любых их отделах. По компьютерным томограммам можно измерить поглощение рентгеновского излучения на всех уровнях (произвести денситометрию) и тем самым получить суммарные сведения о вентиляции и кровенаполнении легких.

Нарушения проходимости бронхов вследствие изменения их тонуса, накопления мокроты, отека слизистой оболочки, органических сужений наглядно отражаются на рентгенограммах и компьютерных томограммах. *Различают три степени нарушения бронхиальной проходимости — частичное,*

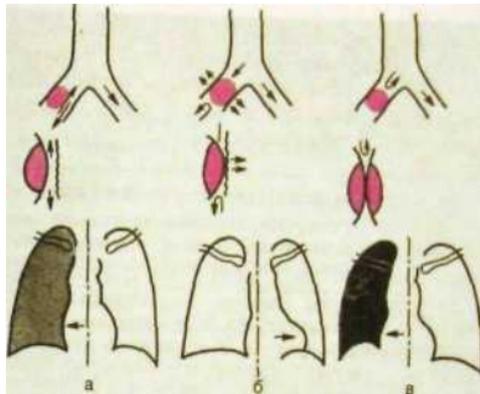


Рис. III.8. Типы нарушения бронхиальной проходимости и связанные с ними изменения в легких.

а — частичное закрытие правого главного бронха и гиповентиляция правого легкого; б — частичное вентильное закрытие и обтурационная эмфизема легкого; в — полное закрытие и ателектаз легкого.

клапанное, полное и соответственно три состояния легкого — гиповентиляцию, обтурационную эмфизему, ателектаз (рис. III.8). Небольшое стойкое сужение бронха сопровождается снижением содержания воздуха в вентилируемой этим бронхом части легкого — гиповентиляцией. На рентгенограммах и томограммах данная часть легкого слегка уменьшается, становится менее прозрачной, рисунок в ней усиливается вследствие сближения сосудов и полнокровия. Средостение на вдохе может немного смещаться в сторону гиповентиляции.

При обтурационной эмфиземе воздух во время вдоха, когда бронх расширяется, проникает в альвеолы, но при выдохе не сразу может выйти из них. Пораженная часть легкого увеличивается и становится светлее окружающих отделов легкого, особенно в период выдоха. Наконец, при полном закрытии просвета бронха возникает полная безвоздушность — ателектаз. Воздух уже не может проникнуть в альвеолы. Оставшийся в них воздух подвергается рассасыванию и частично заменяется отечной жидкостью. Безвоздушный участок уменьшается и обуславливает интенсивную однородную тень на рентгенограммах и компьютерных томограммах.

При закупорке главного бронха возникает ателектаз всего легкого. Закупорка долевого бронха ведет к ателектазу доли. Непроходимость сегментарного бронха завершается ателектазом сегмента. Субсегментарные ателектазы обычно имеют форму узких полосок в разных отделах легочных полей, а дольковые — округлых уплотнений диаметром 1 — 1,5 см.

Однако основным лучевым способом исследования физиологии и выявления функциональной патологии легких стал *радионуклидный метод — сцинтиграфия*. Она позволяет оценить состояние вентиляции, перфузии и легочного капиллярного кровотока, причем получить как

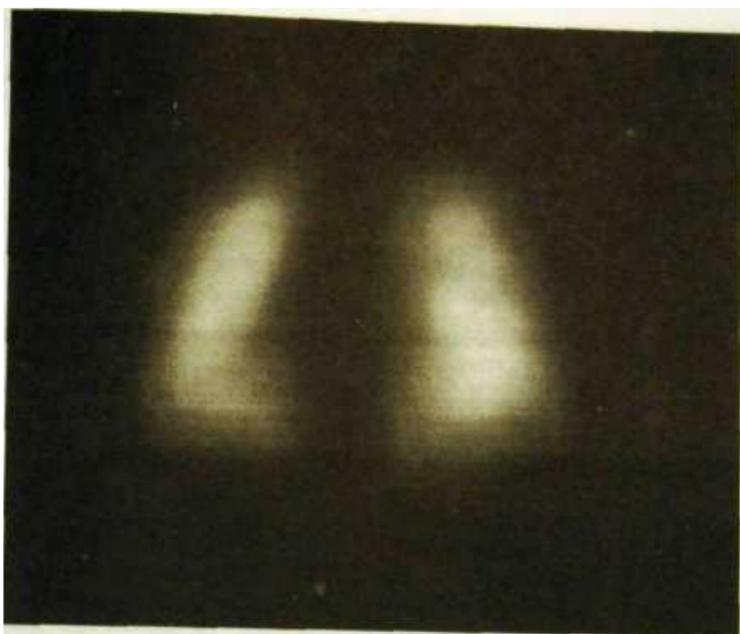
качественные, так и количественные показатели, характеризующие поступление газов в легкие и их выведение, а также обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью в легочных капиллярах.

С целью исследования кашиллярного легочного кровотока производят *перфузионную сцинтиграфию, вентилляции и бронхиальной проходимости — ингаляционную сцинтиграфию*. При обоих исследованиях получают радионуклидное изображение легких (рис. III.9, III.10). Для выполнения *перфузионной сцинтиграфии* пациенту внутривенно вводят меченные  $^{99m}\text{Tc}$  частицы *ОГ* бумина (*микросферы или макроагрегаты*). Попадая в кровоток, они уносятся в правое предсердие, правый желудочек и затем в систему легочной артерии. Размер частиц 20—40 мкм, что препятствует прохождению их через капиллярное русло. Практически 100 % микросфер застревают в капиллярах и испускает гамма-кванты, которые регистрируют с помощью гамма-камеры. Исследование не оказывает влияния на самочувствие пациента, поскольку из кровотока выключается лишь незначительная часть капилляров. У человека в легких имеется приблизительно 280 млрд капилляров, тогда как для исследования вводят всего 100—500 тыс. частиц. Через несколько часов после инъекции белковые частицы разрушаются энзимами крови и макрофагами.

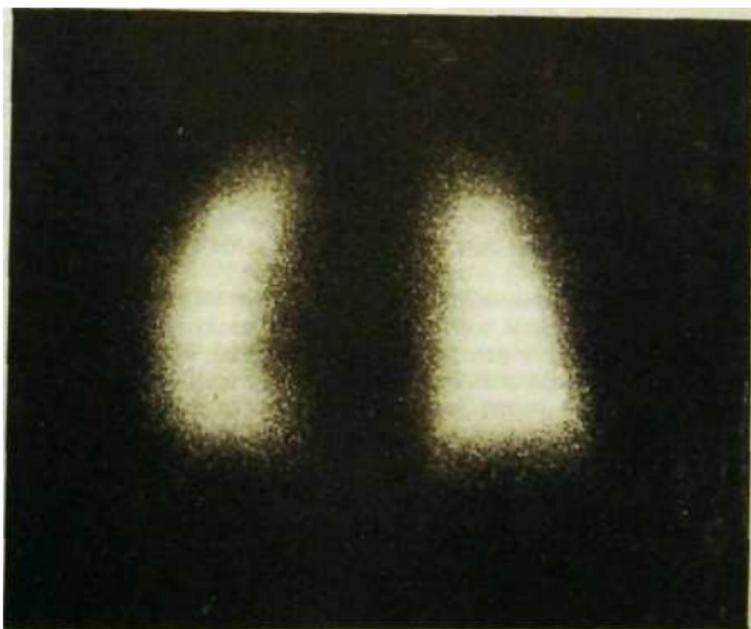
С целью оценки перфузионных сцинтиграмм проводят *качественный и количественный анализ*. При *качественном анализе* определяют форму и размеры легких в 4 проекциях: передней и задней прямых, правой и левой боковых. Распределение РФП по легочным полям должно быть равномерным. При *количественном анализе* оба легочных поля на экране дисплея делят на три равные части: верхнюю, среднюю и нижнюю. Суммарное накопление РФП в обоих легких принимают за 100 %. На компьютере рассчитывают относительную радиоактивность, т.е. накопление РФП в каждом отделе легочного поля, отдельно левого и правого. В норме соответственно правому легочному полю регистрируется более высокое накопление — на 5—10 %, причем концентрация РФП по полю увеличивается сверху вниз. Нарушения капиллярного кровотока сопровождаются изменением указанных выше соотношений в накоплении РФП по полям и отделам легких.

*Ингаляционную сцинтиграфию* проводят с использованием *инертных газов* —  $^{85}\text{Xe}$  или  $^{133}\text{Xe}$ . В закрытую систему спирографа вводят воздушно-кислородную смесь. Используя загубник и носовой зажим, создают замкнутую систему спирограф — пациент. После достижения динамического равновесия на гамма-камере записывают сцинтиграфическое изображение легких и затем проводят его качественную и количественную обработку так же, как перфузионного. Участки нарушения вентилляции легких соответствуют местам сниженного накопления РФП. Это наблюдается при обструктивных поражениях легких: бронхите, бронхиальной астме, локальном пневмосклерозе, раке бронха и др.

Для ингаляционной сцинтиграфии применяют также *аэрозоли*  $^{99m}\text{Tc}$ . При этом 1 мл РФП активностью 74—185 МБк вводят в распылитель ингалятора. Динамическую регистрацию производят со скоростью 1 кадр в 1 с в течение 15 мин. Строят кривую активность — время. На первом этапе исследования определяют состояние бронхиальной проходимости и вентилляции, при этом можно установить уровень и степень обструкции. На втором этапе, когда РФП диффундирует в кровяное русло через альвеолярно-капиллярную мем-



**Рис. III.9.** Перфузионная сцинтиграмма легких. Равномерное распределение РФП.



**Рис. III.10.** Ингаляционная (вентиляционная) сцинтиграмма легких. Равномерное распределение РФП.

**брану, оценивают** интенсивность капиллярного кровотока и состояние мембраны. Измерение региональной легочной перфузии и вентиляции можно выполнить и путем внутривенного введения радиоактивного ксенона, растворенного в изотоническом растворе натрия хлорида, с последующей регистрацией **очистения легких** от ксенона на гамма-камере.



Молодой аспирант профессору:

— Наши шкафы на кафедре переполнены. Нужно уничтожить всю корреспонденцию, которой более 5 лет.

— Займитесь этим, — отвечает профессор, — но сначала снимите копии с документов, подлежащих уничтожению.

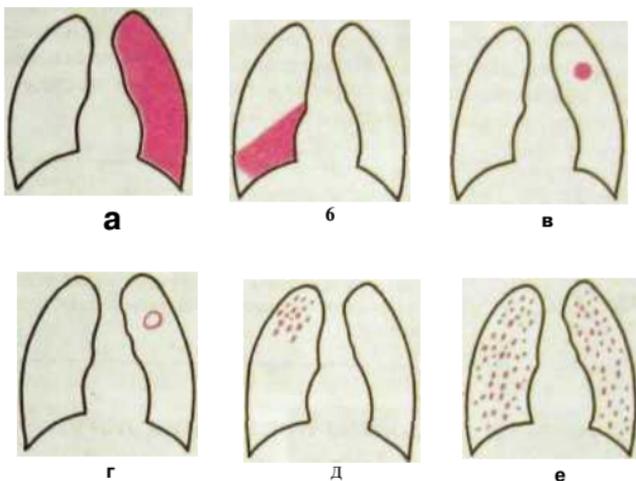
## 2.3. Лучевые синдромы поражения легких

Лучевая диагностика повреждений и заболеваний легких очень трудна. Не случайно даже сформулирован афоризм: «Ох, нелегкие эти легкие!». Сотни болезней в разных фазах своего развития создают многообразные рентгенологические и радионуклидные картины, и их бесконечные вариации кажутся порой неповторимыми. Тем не менее опытный врач, опираясь на результаты изучения анамнеза и клинической картины, знание нормальной и патологической анатомии, с завидной легкостью разбирается в типовых ситуациях и приходит к правильному заключению. Это происходит потому, что он научился определять морфологический субстрат рентгенологических симптомов. Конечно, рентгенологических признаков легочной патологии множество, но среди них выделяются три главных: затемнение легочного поля или его части, просветление легочного поля или его части, изменения легочного и корневого рисунка.

### 2.3.1. Затемнение легочного поля или его части

^ Большинство заболеваний легких сопровождается уплотнением легочной ткани, т.е. снижением или отсутствием ее воздушности. Уплотненная ткань сильнее поглощает рентгеновское излучение. На фоне светлого легочного поля появляется тень или, как принято говорить, затемнение. Положение, величина и форма затемнения зависят, естественно, от объема поражения. Различают несколько типовых вариантов затемнения (рис. III.11). Если патологический процесс захватил все легкое, то на рентгенограмме в той или иной степени затемнено все легочное поле. Этот синдром обозначают термином «*обширное затемнение легочного поля*». Обнаружить его не составляет труда - он бросается в глаза при первом взгляде на снимок (рис. III.12). Однако нужно сразу же определить его субстрат. Затемнение всего легочного поля чаще всего вызывается *закупоркой главного бронха и ателектазом соответствующего легкого*.

*Ателекташированное легкое* безвоздушно, поэтому тень его однородна. Кроме того, оно уменьшено, поэтому органы средостения смещены в сто-



**Рис. IIII** Основные варианты затемнения легочного поля, а — обширное или тотальное затемнение; б — ограниченное затемнение; в — круглая тень; г — кольцевидная тень; д — очаговые тени; е — рассеяние (диссеминация) очагов в легких.

**рону затемнения.** Этих двух признаков достаточно, чтобы распознать ателектаз легкого и с помощью томографии и фибробронхоскопии точно установить его происхождение (опухоль главного бронха, его повреждение, инородное тело). Схожая картина может быть получена после удаления легкого (пневмонэктомии), но такой вариант ясен из анамнеза.

Другим патологическим процессом, при котором органы средостения смещены в сторону обширного затемнения, является *фиброторакс с циррозом легкого*. Однако при этой патологии затемнение никогда не бывает однородным: на его фоне различимы участки сохранившейся легочной ткани, вздутые дольки, иногда полости, грубые фиброзные тяжи и т.д.

*Воспалительная инфильтрация* очень редко распространяется на все легкое. Если это все же произошло, то также наблюдается обширное затемнение легочного поля. Его отличают от ателектаза не только по клинической картине, но и по рентгенологическим симптомам. Органы средостения при пневмонии остаются на месте, а на фоне затемнения можно уловить просветы бронхов, заполненных воздухом.

Наконец, очень важно указать, что затемнение легочного поля может быть обусловлено не только уплотнением легочной ткани, но и *жидкостью, скопившейся в плевральной полости*. При большом выпоте затемнение становится обширным и однородным, как при ателектазе, но органы средостения при этом смещены в противоположную сторону! Как видите, столь «лаконичному» синдрому, как обширное затемнение легочного поля, вполне возможно дать морфологическую интерпретацию.

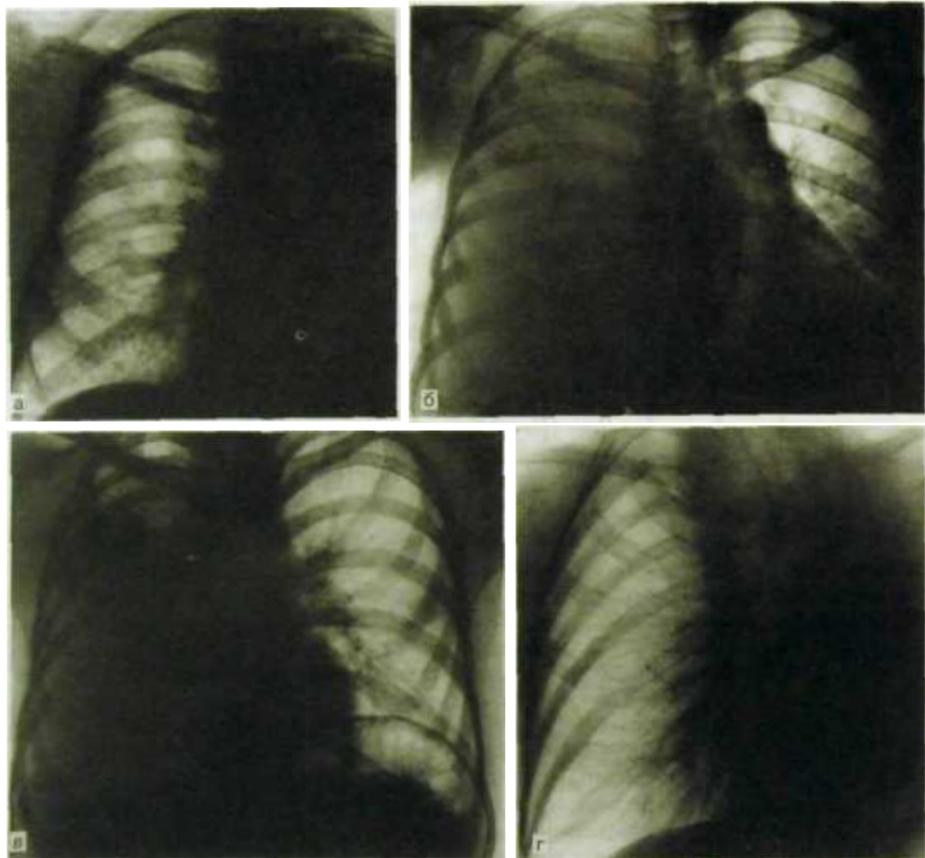


Рис. III. 12. Обширное (тотальное) затемнение легочного поля при разных патологических состояниях.

а — ателектаз левого легкого; б — правосторонний выпотной плеврит; в — воспаление правого легкого; г — фиброторакс при циррозе левого легкого.

Неизмеримо чаще патологический процесс поражает не все легкое, а только долю, часть доли, сегмент или даже субсегмент. На рентгенограммах обнаруживают тень, по положению, величине и форме совпадающую с измененной долей, сегментом или субсегментом. Этот синдром получил наименование «ограниченное затемнение легочного поля» (см. рис. III. 11). Субстратом его являются *инфильтрация легочной ткани (накопление любого экссудата в альвеолах), ателектаз или склероз легочной ткани, опухолевое разрастание.*

Обнаружив ограниченное затемнение на рентгенограммах, нужно прежде всего установить его топографию, т.е. определить, какая доля, сегмент или субсегмент уплотнен. Задача по существу простая, если имеются снимки в двух проекциях, поскольку каждая доля и каждый сегмент зани-

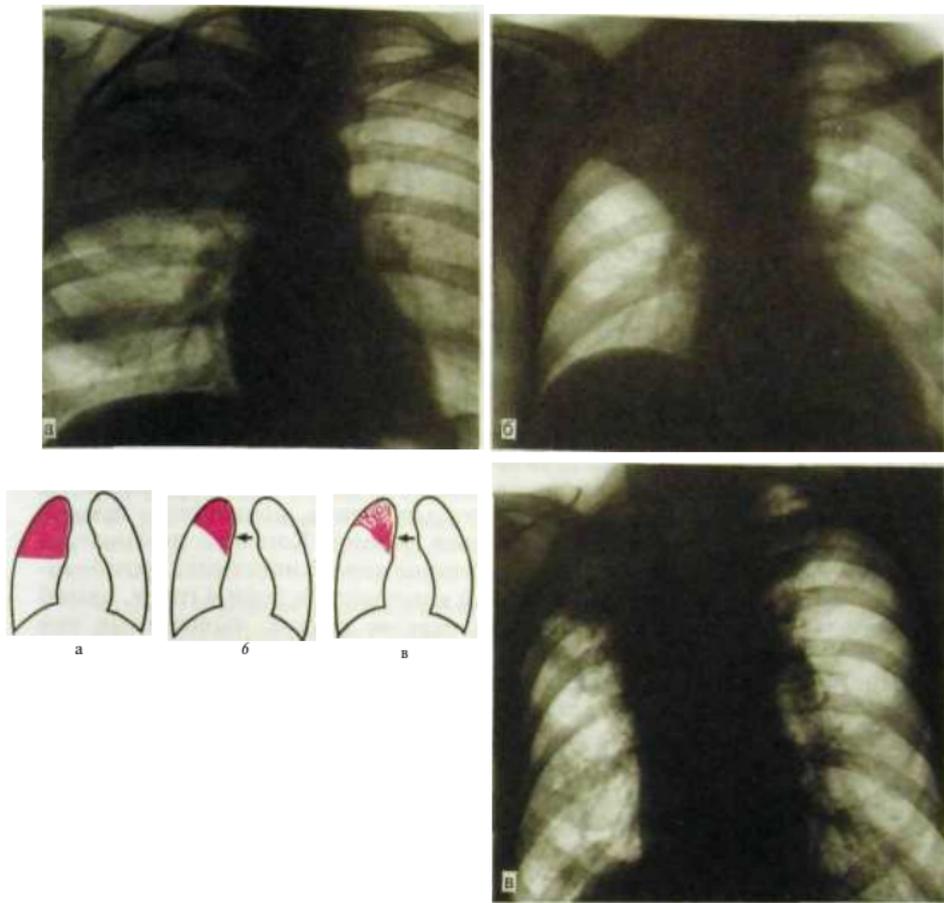


Рис. III.13. Ограниченное затемнение правого легочного поля при поражении верхней доли.

а — воспаление; б — ателектаз; в — цирроз.

мают определенное место в грудной полости (см. рис. III.3). Сложнее установить субстрат затемнения. Разумеется, данные анамнеза, результаты клинического и лабораторного исследований нередко проливают свет на природу уплотнения легочной ткани. Однако, учитывая клинические сведения, рентгенолог всегда составляет собственное мнение, руководствуясь рядом соображений. Их удобно перечислить на примере поражения верхней доли правого легкого. На рис. III.13 представлены симптомы наиболее часто выявленных патологических состояний этой доли.

При *пневмонической инфильтрации* затемнение по размерам соответствует доле, имеет четкую прямую или выпуклую книзу границу, отделяющую ее от средней доли (междолевая плевра). На фоне затемнения могут

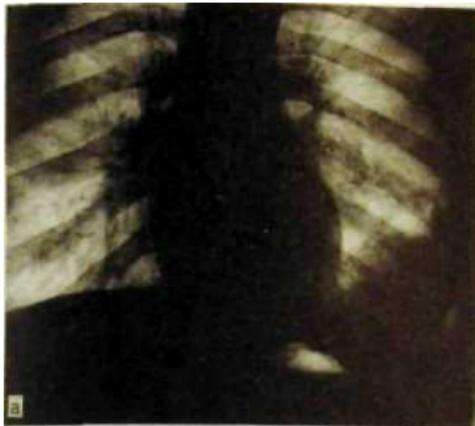
быть видны просветы бронхов. Положение средостения не изменено. При *ателектазе* доля уменьшена, нижняя граница втянута, тень однородна, а средостение слегка смещено в сторону затемнения. При *пневмосклерозе* доля также уменьшена, а средостение перетянута в ее сторону, но затемнение неоднородно: на его фоне видны просветления, соответствующие вздутым участкам сохранившейся легочной ткани или полостям, а также переплетающиеся темные полосы фиброзной ткани. В отличие от ателектаза проходимость бронхов сохранена, что прекрасно отображается на томограммах.

Приведенные соображения по дифференциальной диагностике полностью относятся к внутрислоевым сегментарным патологическим процессам. Однако чем меньше объем поражения, тем обычно труднее разгадать его природу. Наиболее общие соображения здесь таковы. *Пневмоническая и туберкулезная инфильтрация* имеет вид разлитых или очаговых затемнений с нерезкими очертаниями (подробнее см. ниже). Об *опухолевом разрастании* свидетельствует более или менее отграниченная тень с неровными контурами. В ней не прослеживаются просветы бронхов, могут быть видны увеличенные лимфатические узлы в корне легкого. Уплотнение, обусловленное крупным *инфарктом легкого*, дает треугольную тень, основанием примыкающую к грудной стенке или междолевой границе. Конечно, диагностике инфаркта помогают такие факты, как наличие явного источника тромбоэмболии (например, тромбофлебит нижней конечности), боли в груди, одышка, кровохарканье, перегрузка правых отделов сердца, выявляемые при электрокардиографии и.

Читателю, вероятно, уже известно, что затемнение части легочного поля совсем не обязательно связано с уплотнением легочной ткани: опухоль, растущая из ребра или плевры, плевральная шварты и плевральный выпот также вызовут затемнение легочного поля, поскольку они тоже поглощают большое количество рентгеновского излучения. Однако с помощью рентгенограмм в разных проекциях и тем более компьютерных томограмм всегда можно установить краевую локализацию поражения, вне легочной ткани.

*Ограниченное затемнение* части легочного поля может быть обусловлено *диафрагмальной грыжей*, т.е. выходом органов брюшной полости в грудную полость через дефект в диафрагме. В этом случае затемнение неотделимо от контура диафрагмы, резко отграничено от легочной ткани. Если в составе грыжи находятся часть желудка или кишечные петли, то затемнение неоднородно из-за наличия просветлений, обусловленных скоплениями газа в этих органах (рис. 111.14). Все сомнения устраняет исследование, проведенное после приема большим бариевой взвеси, которая последовательно заполняет желудок и кишечник. В этом случае на снимке видно, какая часть пищеварительного канала находится в составе грыжи, и можно установить локализацию грыжевых ворот.

В особый синдром *круглой тени в легочном поле* выделяют ограниченные затемнения легочного поля, при которых тень патологического образования на снимках во всех проекциях имеет форму круга, полукруга или овала диаметром более 1 см (рис. 111.15). Такую тень обуславливает фокус поражения шаровидной или овоидной формы. Субстратом могут быть *эозинофильный инфильтрат, туберкулезный инфильтрат или тубер-*



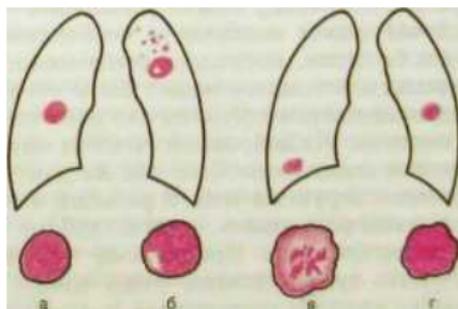
**Рис. III. 14.** Левосторонняя диафрагмальная грыжа, содержащая левый изгиб толстой кишки.

а — рентгенограмма в прямой проекции; б — рентгенограмма после заполнения толстой кишки контрастной массой: стрелками указаны грыжевые ворота.

*кулема, округлый участок пневмонической инфильтрации, инфаркт легкого, закрытая киста (bronхиальная, ретенционная, эхинококковая, альвеококковая), аневризма, доброкачественная опухоль, злокачественная опухоль (первичная или метастатическая) и многие другие патологические состояния.*

Дифференциальная диагностика одиночных и множественных круглых теней в легких иногда затруднена. В этих случаях важную роль играют данные анамнеза и клиническая картина заболевания (например, при пневмонии, инфаркте легкого, метастатических опухолях). Кроме того, большую помощь оказывает то обстоятельство, что многие заболевания, при которых на рентгенограмме видны круглые тени, встречаются редко. «Что часто, то часто, а что редко, то редко», — любят повторять старые рентгенологи. Практически приходится различать главным образом закрытые кисты, туберкулемы и опухоли легких.

*Закрытая киста* определяется как тень круглой или овоидной формы, резко отграниченная от окружающей легочной ткани (рис. III.16). Контуры ее четкие, дугообразные. Тень абсолютно однородна, если не произошло отложения извести в стенке или



**Рис. III. 15.** Рентгенологическая картина заболеваний, обуславливающих синдром круглой тени в легочном поле, а — закрытая киста; б — туберкулема; в — гамартома с известковыми включениями; г — периферический рак легкого.

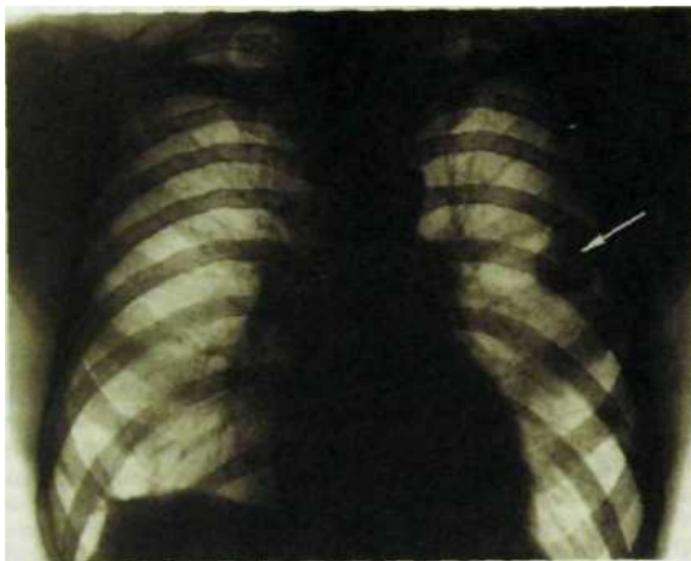
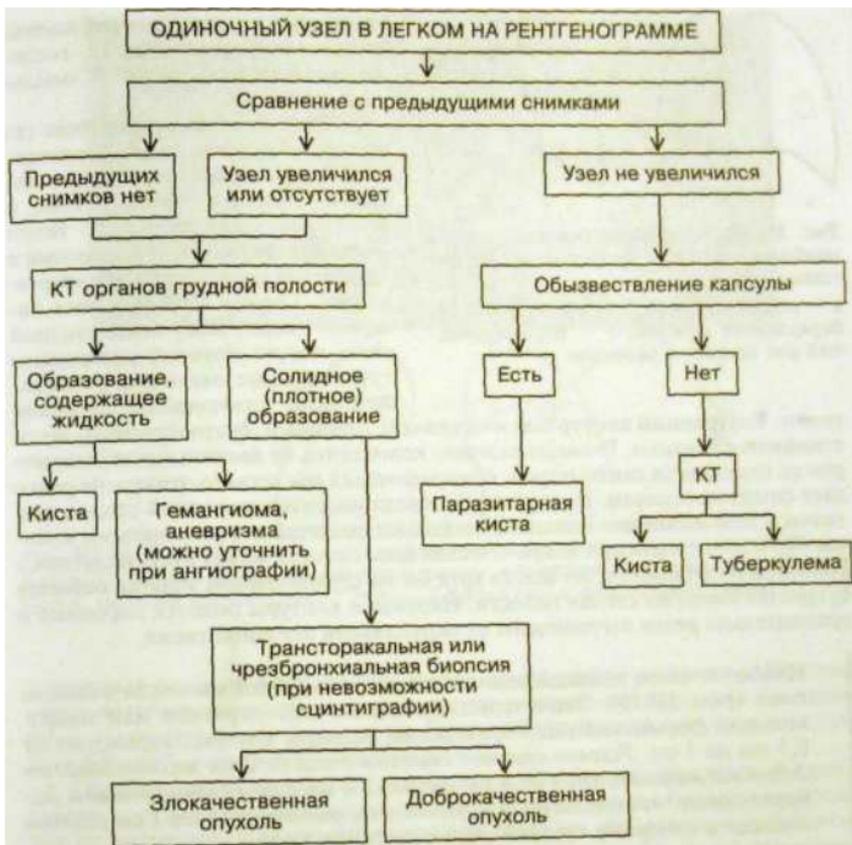


Рис. III. 16. Синдром крючковой тени в легочном поле. Закрытая эхинококковая киста в левом легком (указана стрелками).

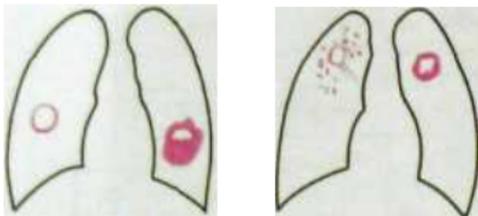
фиброзной капсуле кисты при эхинококке (выявление этих краевых кальцинации упрощает диагностику). При КТ киста сразу выдает себя, так как, по данным денситометрии, содержимым ее оказывается жидкость.

Дифференцирование *туберкулемы, доброкачественной опухоли и ракового узла* облегчается, если имеются рентгенограммы, выполненные ранее, поскольку можно установить темп роста образования. В противном случае может возникнуть необходимость в трансторакальной пункционной биопсии, поскольку рентгенологическая картина при этих патологических состояниях может быть очень схожей. Однако существуют и надежные опорные пункты для рентгенологической дифференциальной диагностики. Из доброкачественных опухолей легкого наиболее часто наблюдается *гамартома*. Она, так же как туберкулема и рак, дает на рентгенограмме округлую тень с резкими и не совсем ровными очертаниями, но ее легко распознать, если в глубине узла имеются известковые или костные включения. Признаками туберкулемы в известной степени можно считать туберкулезные очаги вокруг нее или в других отделах легких, а также наличие шелевидной полости в том месте, где в туберкулему входит дренирующий бронх. О *первичном раке легкого* свидетельствуют быстрый рост, появление узких полосок лимфангита к периферии от узла и в направлении корня легкого, увеличение лимфатических узлов в корне (подробнее см. ниже). При обнаружении в легком *одиночного шаровидного образования* рекомендуется применять следующую диагностическую программу.



Своеобразной формой затемнения является *кольцевидная тень в легочном поле* (см рис III.11) - рентгенологическое отображение полости, содержащий газ или газ и жидкость. Обязательным требованием для выделения такого синдрома служит *замкнутость кольца* на рентгенограммах в разных проекциях. Дело в том, что на снимке в какой либо одной проекции пересекающиеся тени сосудов могут напоминать кольцо. Иногда кольцевидные фигуры на снимке в одной проекции могут быть образованы костными мостиками между ребрами.

С учетом анамнеза и клинической картины, результатов анализа состояния полости и окружающей ее легочной ткани необходимо определить патологоанатомический субстрат рентгенологического синдрома. *Одиночная врожденная киста* обуславливает на снимках тонкую кольцевидную тень, расположенную на фоне неизменной легочной ткани (рис. III.17). Мно-



б

Рис. III.17. Рентгенологическая картина наиболее частых полостей в легких (схема).

а — открытая киста; б — абсцесс; в — туберкулезная каверна; г — периферический рак легкого с распадом.

ткани. Внутренний контур полости вначале неровный, бухтообразный, затем становится гладким. Размеры каверны колеблются от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. *Периферический рак* легкого отнюдь не редко дает симптом полости. В результате распада некротизированной опухолевой ткани в нем возникает одна или несколько полостей с фестончатыми краями. По мере отторжения некротических масс полость может стать округлой с ровными очертаниями, но всегда хотя бы на ограниченном участке остается бугристая масса на стенке полости. Наружные контуры полости неровные и сравнительно резко отграничены от окружающей легочной ткани.

Наиболее часто наблюдающимся видом затемнений являются *очаговые тени* (рис. III.18) Этим термином обозначают округлые или неправильной формы теневые образования, размеры которых варьируют от 0,5 мм до 1 см. *Условно принято считать очаги до 2 мм милиарными, от 2 до 4 мм мелкими, от 4 до 8 мм средними и от 8 до 12 мм крупными.* Заметим лишь, что одиночный круглый очаг размером более 1 см обычно относят к синдрому круглой тени в легочном поле.

Число очаговых теней может быть разным. В одних случаях это одиночное образование, в других — группа рядом расположенных очагов. Иногда имеется множество очагов. Если они охватывают довольно значительную область, но не большую, чем верхушка легкого и два прилежащих межреберья на прямой рентгенограмме, говорят об ограниченной диссеминации. Большее по территории рассеяние очагов именуют распространенной диссеминацией. Встречаются, наконец, случаи диффузной диссеминации, когда очаги густо усеивают оба легких.

При анализе рентгенограмм следует прежде всего учитывать локализацию очагов. Расположение их в верхушках и наружных отделах подключичной зоны в большинстве случаев указывает на туберкулезную природу заболевания — *очаговый туберкулез легких* (см. рис. III.18). Наличие очагов в средних и нижних отделах легких характерно для *очаговой пневмонии*. С особой тщательностью необходимо анализировать контуры и структуру очагов, а также легочный фон вокруг них. Нерезкие очертания очагов — признак активного воспалительного процесса. Об этом же свидетельствуют

*жественные врожденные кисты, наслаиваясь друг на друга, создают характерную картину «мыльных пузырей».*

*Полость абсцесса* содержит газ и жидкость; в ней виден характерный горизонтальный уровень жидкости. Стенки абсцесса толстые, а в окружающей легочной ткани расположена зона инфильтрации с нерезкими расплывчатыми очертаниями. *Свежая туберкулезная каверна* имеет вид кольцевидной тени, вокруг которой разбросаны туберкулезные очаги или расположен пояс уплотненной легочной

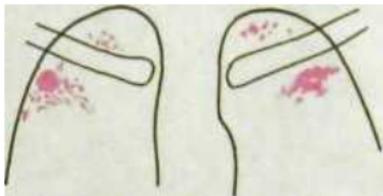


Рис. III. 18. Рентгенограмма верхних отделов легких и схема к ней. В верхушках и наружных частях первых межреберий видны множественные очаги разной плотности, местами сливающиеся. Очаговый туберкулез в фазе инфильтрации.

усиленный рисунок в той же зоне и склонность очагов к сливанию. Плотные четко очерченные очаги — свидетельство гранулематозного или же затихшего воспалительного поражения. Часть туберкулезных очагов в неактивную фазу заболевания обызвествляется.

Обычно диагностика и установление природы очаговых образований в легких при должном внимании к клиническим данным больших трудностей не вызывают. Сложности возникают главным образом при диффузных диссеминациях (см. далее). Как правило, решение выносят на основании результатов анализа обзорных рентгенограмм легких, но при наличии клинических признаков активности туберкулезного процесса или тесно сгруппированных очагов целесообразно выполнить томографию с целью выявления полостей, невидимых на обзорных снимках.

### 2.3.2. Просветление легочного поля или его части

Повышение прозрачности легочного поля или его части может быть обусловлено либо наличием воздуха в плевральной полости (*пневмоторакс*), либо уменьшением количества мягких тканей и соответственно увеличением количества воздуха в легком или его части. Такое состояние может быть следствием вздутия легочной ткани (эмфизема) или сниженного притока в легкое (малокровие легкого), что наблюдается главным образом при некоторых врожденных пороках сердца.

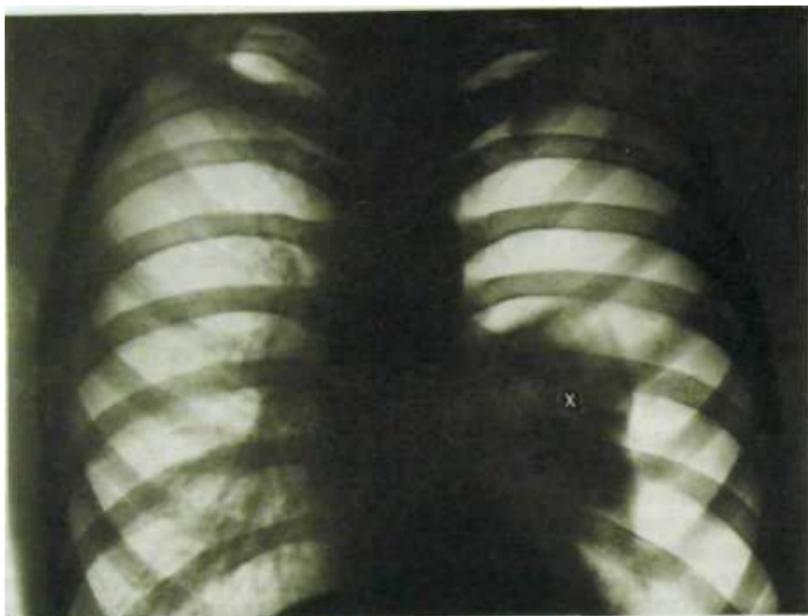


Рис. Ш.19. Обзорная рентгенограмма легких. Левосторонний пневмоторакс. Левое легкое (x) сильно спалось, прижато к средостению.

Различить указанные состояния нетрудно. В случае возникновения пневмоторакса на фоне просветления нет легочного рисунка и виден край спавшегося легкого (рис. 111.19). При малокровии легочный рисунок обеднен, заметны лишь тонкие сосудистые веточки. Эмфизема характеризуется усилением легочного рисунка за счет расширения ветвей легочной артерии.

*Двустороннее диффузное повышение прозрачности легочных полей наблюдается при эмфиземе легких.* В случае выраженной эмфиземы наблюдается характерная картина. Легочные поля увеличены, диафрагма уплощена и расположена низко. Подвижность диафрагмы уменьшена. Прозрачность легочных полей при вдохе и выдохе меняется мало. Крупные ветви легочной артерии (долевые, сегментарные артерии) расширены, но затем вдруг калибр их уменьшается («скачок калибра»), отчего корни легких кажутся как бы обрубленными. Грудина выстоит кпереди, а позадигрудинное пространство увеличено. Сердце небольших размеров, что связано с уменьшением притока крови в него. Вследствие легочной гипертензии сокращения правого желудочка усилены.

*Компьютерные томограммы* отражают обеднение и фрагментацию легочного рисунка при эмфиземе. Рентгеновская плотность легочной ткани на вдохе необычно мала (ниже -850 НУ). Разница в плотности между выдохом и вдохом меньше 100 НУ.

Характерная картина повышения прозрачности части легочного поля наблюдается при *пневмотораксе* (см. рис. 111.19).

Специального рассмотрения заслуживает прободной (спонтанный) пневмоторакс. Он возникает в результате нарушения целостности висцерального листка плевры, когда воздух из легкого внезапно начинает поступать в плевральную полость. Причиной перфорации плевры может послужить разрыв стенки каверны, абсцесса, кисты, эмфизематозного пузыря и т.д. По рентгенограммам необходимо оценить состояние легкого и установить локализацию патологического очага. Если при анализе обычных снимков это сделать не удается, то выполняют томографию или компьютерную томографию.

### 2.3.3. Изменения легочного и корневого рисунка

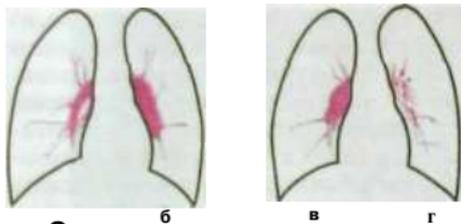
*Изменения легочного рисунка* — синдром, часто наблюдающийся при заболеваниях легких. Нередко он сочетается с нарушением структуры корня легкого. Это понятно: ведь легочный рисунок образован в первую очередь артериями, исходящими из корня, поэтому многие патологические процессы затрагивают как паренхиму легкого, так и его корень.

Оценка состояния легочного рисунка — нелегкая задача даже для рентгенолога. Это объясняется существованием разных типов ветвления легочных сосудов, немалыми возрастными и индивидуальными различиями. Тем не менее можно выделить некоторые общие показатели нормального легочного и корневого рисунка.

У здорового человека рисунок четко прослеживается в обоих легочных полях. Он составлен из прямых или дугообразных разветвляющихся полосок, кружков и овалов. Все эти фигуры — теневое отображение артерий и вен, расположенных в легких под разными углами к направлению пучка рентгеновского излучения. В прикорневой зоне находятся самые крупные сосуды, рисунок здесь богаче, а элементы его крупнее. К периферии калибр сосудов уменьшается, и в наружной зоне легочных полей заметны лишь очень мелкие сосудистые веточки. Для нормального рисунка характерны правильность ветвления, веерообразное отхождение элементов рисунка от корня к периферии, непрерывное уменьшение размеров этих элементов от прикорневой зоны до наружной, резкость контуров и отсутствие ячеистости.

Анализ рисунка целесообразно начинать с оценки изображения корней легких. Тень корня левого легкого локализуется несколько выше тени правого корня. В изображении каждого корня можно различить тени артерий и светлые полосы, соответствующие крупным бронхам (рис. III.20). В случае полнокровия легких и застоя крови в них калибр сосудов в корнях увеличивается. При фиброзе клетчатки в воротах легкого тень корня становится малодифференцированной, в ней уже не удастся проследить очертания отдельных анатомических элементов. Наружный контур корня неровный, иногда выпуклый в сторону легочного поля. При увеличении бронхопульмональных лимфатических узлов в корне вырисовываются округлые образования с наружными дугообразными контурами.

Из многообразных вариантов изменений легочного рисунка особую роль играют два: его усиление и деформация. Под *усилением рисунка* понимают увеличение числа элементов на единицу площади легочного поля и



**Рис. а** ПП.20. Рентгенологическое изображение корня легкого (схема), а — нормальный корень; б — инфильтрация клетчатки корня; в — увеличение корневых лимфатических узлов; г — фиброзная деформация корня.

объема самих элементов. Классическим примером служит застойное полнокровие легких, часто наблюдающееся при митральных пороках сердца. Возникающие при этом изменения двусторонние и захватывают оба легочных поля на всем протяжении. В корнях видны расширенные сосудистые стволы. Ветви легочной артерии расширены и прослеживаются до периферии легочных полей. Правильность ветвления сосудов при этом не нарушается. *Деформация рисунка* — изменение нормального положения элементов рисунка и их

формы. При этом меняется направление тени сосудов, местами эти тени имеют неровные очертания, расширяются к периферии (вследствие инфильтрации или фиброза периваскулярной ткани). Подобные изменения могут определяться на ограниченной территории и тогда чаще всего являются результатом перенесенного воспалительного процесса. Однако патологическая перестройка рисунка может затрагивать легочные поля на значительном протяжении, что встречается при диффузных (диссеминированных) поражениях легких.

К *диффузным (диссеминированным)* поражениям легких относят патологические состояния, при которых в обоих легких наблюдаются распространенные изменения в виде рассеяния очагов, увеличения объема интерстициальной ткани или сочетания этих процессов.

*Рентгенологически диффузные поражения проявляются одним из трех синдромов: 1) очаговым (нодулярным) диссеминированным поражением; 2) сетчатой (ретикулярной) перестройкой легочного рисунка; 3) сетчато-узелковым (ретикулонодулярным) поражением.*

При *диссеминированном очаговом поражении* на рентгенограммах наблюдается рассеяние множественных очагов в обоих легких (рис. 111.21). Субстрат этих очагов разный — гранулемы, кровоизлияния, разрастания опухолевой ткани, фиброзные узелки и др. Сетчатый тип диффузного поражения выражается в появлении на рентгенограммах новых элементов рисунка — своеобразной ячеистости, петлистости, напоминающей многослойную паутину. Субстратом такого рисунка является увеличение объема жидкости или мягких тканей в интерстициальном пространстве легких. При сетчато-узелковом типе на снимках определяется сочетание сетчатой перестройки и многочисленных очаговых теней, распределенных по легочным полям.

При *перфузионной скинтиграфии легких* основным синдромом патологии является дефект в распределении РФП. По аналогии с рентгенологическими данными можно выделить обширный, ограниченный и очаговые дефекты. Отсутствие РФП в целом легком или обширный дефект в изображении легкого чаще всего наблюдается при центральной форме рака легкого



Рис. 111.21. Диффузное обсеменение обоих легких множественными метастазами рака.



Рис. III.22. Ингаляционная сцинтиграмма легких при обструктивном бронхите. Задержка поступления РФП в участки гиповентиляции (сравните с рис. ШЛО)

го. Природа сегментарного или долевого (лобарного) дефекта бывает различной. Его может обусловить нарушение кровотока в пораженном сегменте или доле вследствие тромбоза ветви легочной артерии. Он возникает при ателектазе и в зоне раковой опухоли. Значительно уменьшены накопленные РФП в области пневмонической инфильтрации и отека. Субсегментарные дефекты нередко обнаруживают при обструктивном бронхите с выраженной эмфиземой и бронхиальной астме в период обострения (рис. 111.22). Очаговые дефекты в изображении вызываются теми же процессами, что и сегментарные, но они наблюдаются также при давлении на легкое плеврального выпота и в участках гиповентиляции легкого.



— Эта диссертационная работа явно плохо написана. Почему Вы решили дать о ней положительный отзыв? Профессор: Если я дам отрицательный, то отменят защиту. А я считаю необходимым, чтобы диссертант обязательно провалился.

Норберту Винеру, отцу кибернетики, задали вопрос; — Как Вы считаете, в чем суть перехода на компьютеры?

— Это очень просто. Теперь десять тысяч человек должны работать круглые сутки в течение века, чтобы сделать столько ошибок, сколько делает хорошая машина за три секунды.

## 2.4. Лучевые симптомы поражений легких

Легочные поражения весьма многообразны. Описание их лучевой картины — задача специальных руководств и монографий. В вузовском учебнике целесообразно остановиться на семиотике наиболее важных заболеваний, с которыми студенты часто встречаются при курации больных в терапевтической и хирургической клинике.

### 2.4.1. Повреждения легких и диафрагмы

*При острой закрытой или открытой травме грудной юхетки и легких все пострадавшие нуждаются в лучевом исследовании.* Вопрос о срочности его выполнения и объеме решают на основании клинических данных. Главная задача — исключить повреждение внутренних органов, оценить состояние ребер, грудины и позвоночника, а также обнаружить возможные инородные тела и установить их локализацию. Значение лучевых методов повышается в связи с трудностью клинического осмотра больных из-за шока, острой дыхательной недостаточности, подкожной эмфиземы, кровоизлияния, резкой болезненности и т.д.

В случае необходимости выполнения неотложных реанимационных мероприятий или оперативного вмешательства лучевое исследование, заключающееся в обзорной рентгенографии легких при повышенном напряжении на трубке, проводят прямо в реанимационном отделении или операционной. В отсутствие столь экстренных показаний и при ме-

нее тяжелом состоянии пострадавшего его доставляют в рентгеновский кабинет, где выполняют рентгенограммы легких и по возможности КТ. Кроме того, целесообразно провести сонографию органов брюшной полости, в частности почек. Патологические изменения в органах грудной полости могут постепенно нарастать, а с 3-5-го дня иногда к ним присоединяется такое осложнение, как пневмония, поэтому рентгенограммы легких при повреждении внутренних органов необходимо производить повторно в течение нескольких суток.

*Переломы ребер*, сопровождающиеся смещением отломков, легко обнаруживаются на снимках. В отсутствие смещения распознаванию переломов помогает выявление параплевральной гематомы, а также тонкой линии перелома на прицельных рентгенограммах, произведенных соответственно болевой точке. Достаточно четко определяются переломы грудины, ключиц и позвонков. Обычно наблюдаются компрессионные переломы тел позвонков с различной степенью их клиновидной деформации.

Как при открытой, так и при закрытой травме грудной клетки может быть нарушена целостность легкого (его разрыв).

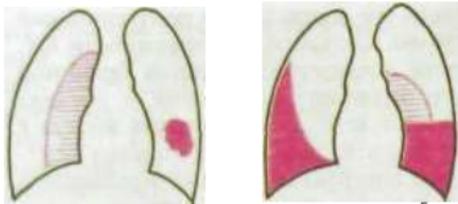
*Патогномичным признаком разрыва легкого является скопление газа в плевральной полости — пневмоторакс (рис. III.23) или непосредственно в легочной паренхиме в виде полости — «травматическая киста»\*.*

При одновременном повреждении плевры газ из плевральной полости поступает в мягкие ткани грудной стенки. На фоне этих тканей и легочных полей на снимках появляется своеобразный «перистый» рисунок — результат расслоения мышечных волокон газом. Кроме того, газ по интерстициальному пространству легкого может проникнуть в медиастинальную клетчатку, что на рентгенограммах проявляется в виде эмфиземы средостения.

Непосредственно в легочной ткани могут выделяться разные по интенсивности, форме и протяженности участки уплотнения. Они представляют собой зону пропитывания паренхимы кровью, очаги отека, субсегментарных и дольковых ателектазов. Иногда кровоизлияния в легочную ткань проявляются в виде множественных мелких очагов или, наоборот, одиночной округлой гематомы (см. рис. III.23).

*Нарушение целостности шевры сопровождается кровоизлиянием.* В большинстве случаев кровь скапливается в плевральной полости, обуславливая картину гемоторакса (см. рис. III.23). При горизонтальном положении пострадавшего гемоторакс вызывает общее понижение прозрачности легочного поля, а при вертикальном — затемнение в его наружном и нижнем отделах с косой верхней границей. Одновременное попадание в плевральную полость воздуха (при открытой травме) или газа из легкого (при разрыве легкого) обуславливает типичную картину гемопневмоторакса, при котором верхний уровень жидкости в любых положениях тела остается горизонтальным (см. рис. III.23).

*Ранение диафрагмы сопровождается высоким положением ее поврежденной половины и ограничением двигательной функции.* В случае пролапса органов брюшной полости через дефект в диафрагме рентгенолог обнаруживает в грудной полости необычное образование, отграниченное от легочной



Рис<sup>3</sup> III 23. Рентгенологические проявления, травмы легких и плевры (схема).

а - пневмоторакс; б - гематома в легких;  
в — гемоторакс; г — гемолневмоторакс.

отделы пищеварительного канала пролабировали в грудную полость и где располагаются грыжевые ворота: на уровне последних отмечается сужение просвета кишки (см. рис. III.14).

К сожалению, травма органов грудной полости нередко осложняется развитием пневмонии, абсцесса, эмпиемы плевры. Лучевые методы — рентгенография, томография, компьютерная томография — обеспечивают их распознавание. При подозрении на бронхоплевральный свищ прибегают к бронхографии. Для оценки состояния капиллярного кровотока в легком и функциональной способности легочной ткани полезна скинтиграфия.

## 2.4.2. Острые пневмонии

*Острая пневмония* проявляется воспалительной инфильтрацией легочной ткани. В зоне инфильтрата альвеолы заполняются экссудатом, в связи с чем воздушность легочной ткани понижается и она сильнее, чем в норме, поглощает рентгеновское излучение. В связи с этим *рентгенологическое исследование является ведущим методом распознавания пневмоний*. Оно позволяет установить распространенность процесса, реактивные изменения в корнях легких, плевре, диафрагме, своевременно обнаружить осложнения и контролировать эффективность лечебных мероприятий.

Особенно важна рентгенография легких при атипично клинически протекающих пневмониях, вызванных микоплазмой, хламидией, легионеллой, пневмониях у больных с иммунодефицитом и внутрибольничных пневмониях, возникших после хирургических операций и искусственной вентиляции легких.

С помощью правильно проведенного рентгенологического исследования могут быть распознаны все острые пневмонии. Воспалительный инфильтрат определяется как участок затемнения на фоне наполненных воздухом легких (рис. III.24). В этом участке нередко заметны содержащие воздух бронхи в виде узких светлых полосок. Границы инфильтрированной зоны нерезки, за исключением той ее стороны, которая примыкает к междолевой плевре.

Рентгенологическая картина долевых пневмоний определяется тем, какая доля легкого поражена (рис. I II.25). Сплошная инфильтрация целой

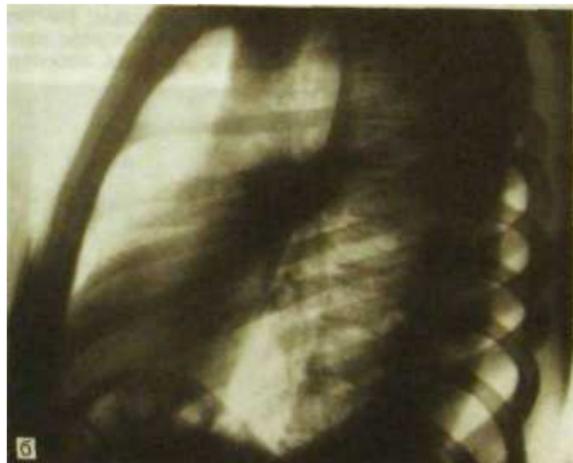
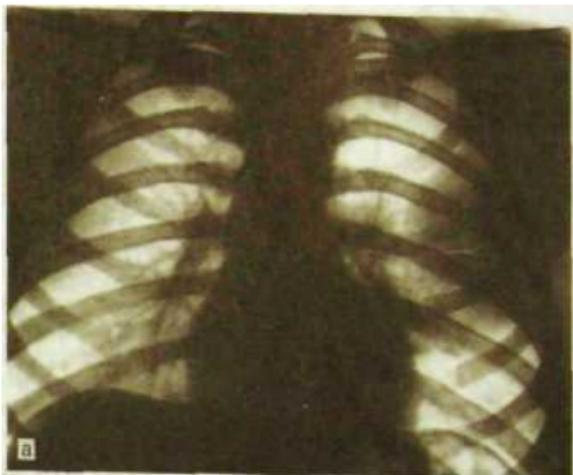
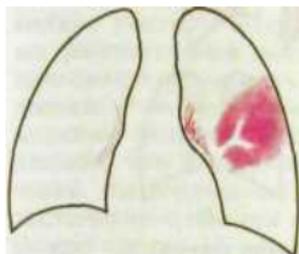


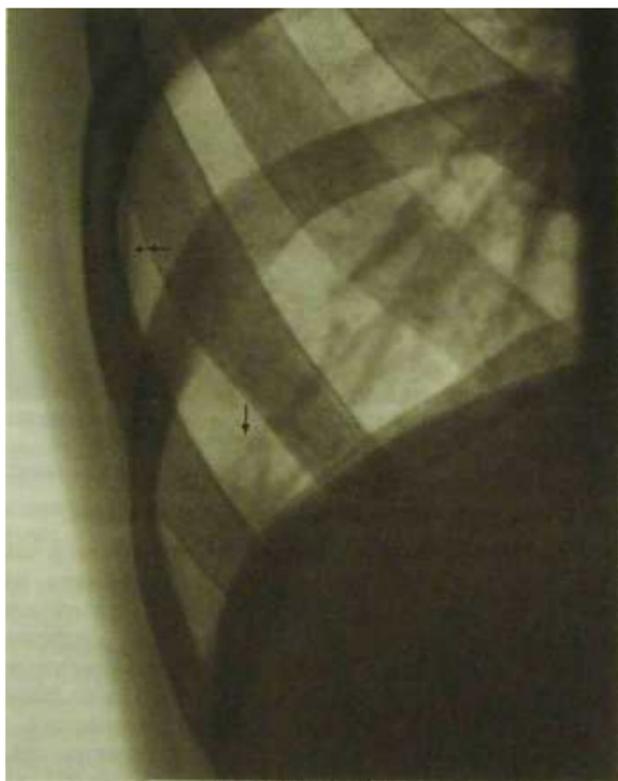
Рис. III.24. Острая левосторонняя пневмония. Инфильтрация аксиллярного отдела верхней доли. В инфильтрате различимы узкие просветы бронхов.  
а — рентгенограмма в прямой проекции; б — в левой боковой проекции.

доли встречается нечасто. Обычно процесс ограничивается частью доли или одним-двумя сегментами. Зная местоположение сегментов, можно безошибочно определить зону поражения. При дольковых пневмониях на рентгенограммах вырисовываются затемнения округлой или неправильной формы размером 1—2,5 см с нерезкими очертаниями, расположенные на фоне усиленного легочного рисунка группами в одном легком или обоих легких. Они могут соединяться в крупные фокусы сливной пневмонии. Наблюдаются также случаи мелкоочаговой пневмонии, когда поражены главным образом ацинусы. Размеры очагов при этом колеблются от 0,1 до 0,3 см (рис. 111.26).

При острых пневмониях часто регистрируются инфильтрация клетчатки корня на стороне поражения и небольшое количество жидкости в реберно-



**Рис. III.25.** Рентгенологическая картина долевых пневмоний (схема), а — прямая проекция; б — боковая проекция; 1 — верхняя доля правого легкого, 2 — средняя, 3 — нижняя, 4 — верхняя доля левого легкого, 5 — нижняя, 6—8 — добавочные доли (варианты нормы), 9 — задняя, нижняя и доля непарной вены.



**Рис. III.26.** Прицельная рентгенограмма нижнего отдела правого легкого. Стрелкой указаны мелкие пневмонические очаги, двойной стрелкой — полоска утолщенной плевры.

диафрагмальном синусе. Подвижность соответствующей половины диафрагмы уменьшается.

В процессе выздоровления больного тень инфильтрированного участка на всем протяжении постепенно ослабевает или же распадается на отдельные мелкие участки, между которыми располагаются восстановившие свою воздушность легочные доли. Рентгенологические изменения обычно наблюдаются дольше, чем клинические признаки выздоровления, поэтому заключение о полном излечении можно сделать на основании результатов совместной оценки клинических и рентгенологических данных. Одним из неблагоприятных осложнений пневмонии является гнойное расплавление легочной ткани с образованием абсцесса. В этих случаях в инфильтрате определяется полость, содержащая газ и жидкость (рис. III.27, III.28).

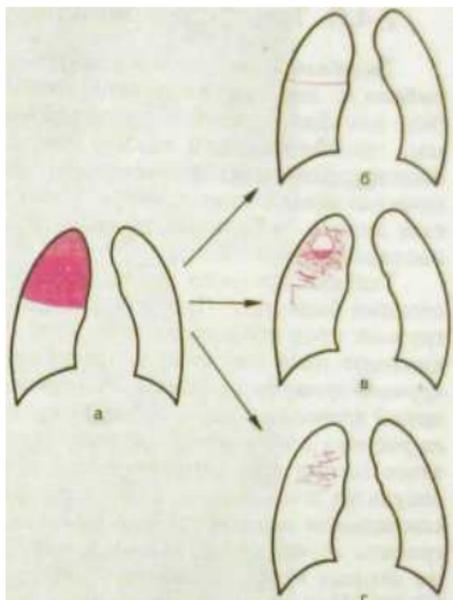


Рис. III.27. Исходы долевых пневмоний (схема).

а — инфильтрация доли; б — полное рассасывание инфильтрата; в — нагноение с образованием абсцесса; г — развитие рубцового поля.

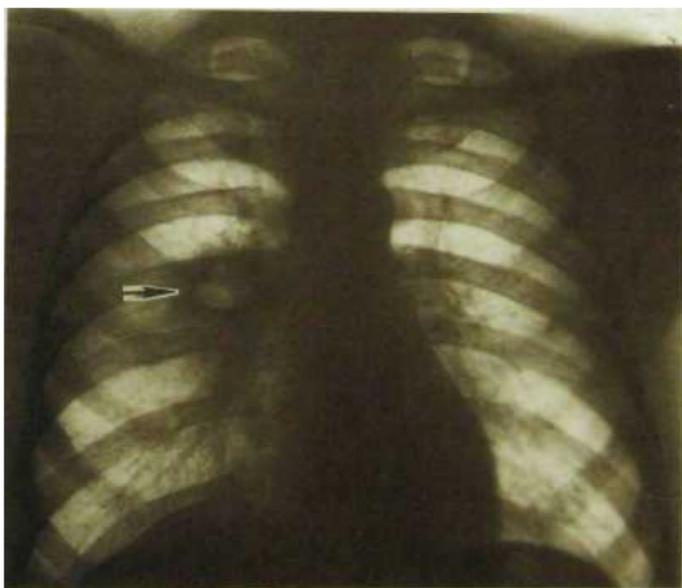


Рис. III.28. Правосторонняя абсцедирующая пневмония. В центре прикорневого инфильтрата — полость, содержащая жидкость и газ (указано стрелкой).

### 2.4.3. Тромбоэмболия ветвей легочной артерии

*Тромбоэмболия ветвей легочной артерии* возникает вследствие заноса эмбола из вен нижних конечностей и таза (особенно часто при тромбофлебите или флеботромбозе подвздошно-бедренного сегмента венозной системы), тромбированной нижней или верхней полой вены, сердца (при тромбоембокардите). Клиническая диагностика далеко не всегда надежна. *Классическая триада симптомов — одышка, кровохарканье, боли в боку* — отмечается лишь у 1/4 больных, поэтому исключительную ценность имеет лучевое исследование.

Тактика лучевого исследования зависит от локализации тромба и состояния больного. При угрожающей клинической картине с резкой перегрузкой правого желудочка сердца показана срочная рентгенография или компьютерная томография органов грудной полости. *Признаками закупорки крупной артерии являются увеличение правых отделов сердца, усиление сокращений правого желудочка, расширение верхней полой вены, ослабление легочного рисунка в зоне ветвления тромбированного сосуда.* Возможно расширение этого сосуда проксимальнее пораженного отдела, а иногда и «ампутация» сосуда на этом уровне. Если есть возможность выполнить ангиографию на спиральном компьютерном томографе или магнитно-резонансную ангиографию легких, то точно определяют размеры и расположение тромба. Те же данные могут быть получены при срочной ангиопульмонографии (рис. III.29). При этом катетеризацию легочной артерии производят не только для контрастирования сосудов, но и для выполнения последующих антикоагуляционных и других эндоваскулярных вмешательств.

При менее тяжелом состоянии пациента в первую очередь также проводят рентгенографию органов грудной полости. Учитывают рентгенологические симптомы тромбоэмболии легочной артерии: расширение ствола легочной артерии, увеличение амплитуды сокращений правого желудочка сердца, ослабление сосудистого рисунка в зоне поражения, подъем диафрагмы на той же стороне, пластинчатые ателектазы в области сниженной перфузии, небольшое количество жидкости в реберно-диафрагмальном синусе.

Позднее в зоне поражения может развиваться геморрагический инфаркт. Его объем зависит от калибра тромбированной артерии и колеблется от небольшого очага размером 2—3 см до целого сегмента. Основание уплотненного участка обычно расположено субплеврально, а сам он отбрасывает на пленку треугольную или овальную тень (рис. III.30). При неблагоприятном течении возможны осложнения: распад тканей в зоне инфаркта, развитие абсцесса и пневмонии, плеврит.

Важную роль в распознавании тромбоэмболии крупных ветвей легочной артерии играет *перфузионная сцинтиграфия*. Соответственно участку пониженного или отсутствующего кровотока обнаруживается дефект накопления РФП (рис. III.31). Чем больше этот дефект, тем более крупная ветвь артерии поражена. При эмболизации мелких ветвей отмечаются неоднородность изображения легких, наличие небольших участков поражения (рис. III.32).

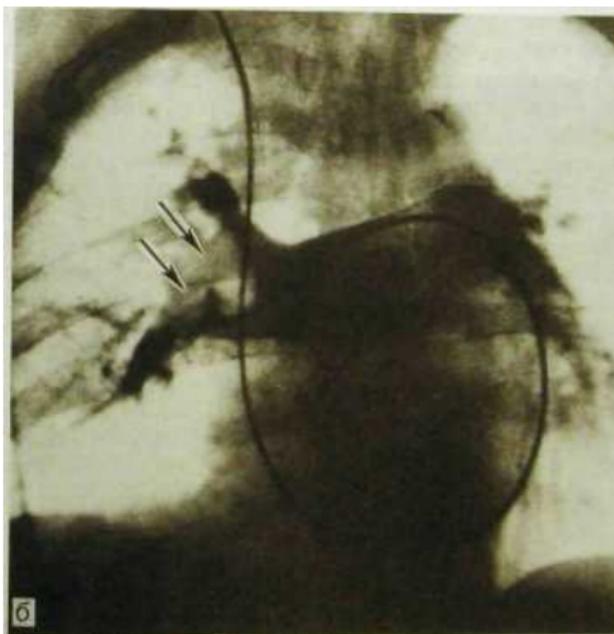


Рис. III.29. Ангиопульмонограммы.

а — легочная артерия и ее ветви не изменены; б — тромбоз легочной артерии: крупные тромбы (указаны стрелками) в правой легочной артерии и ее долевых ветвях.

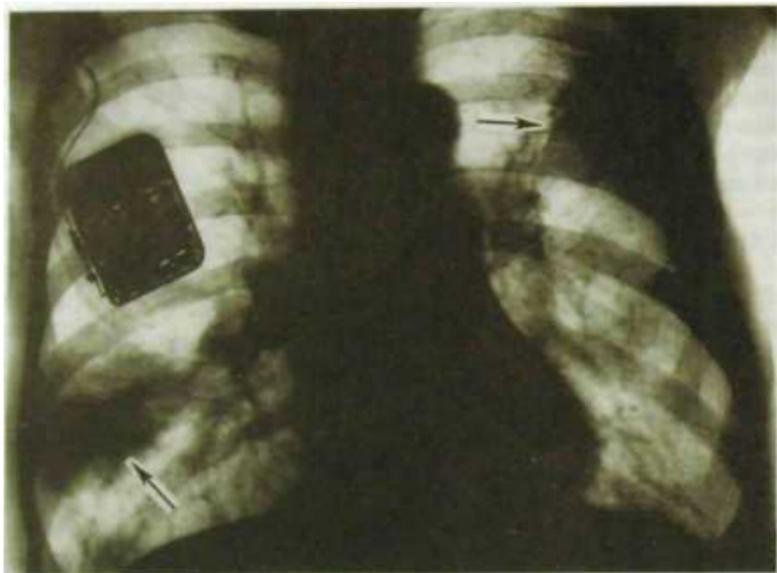


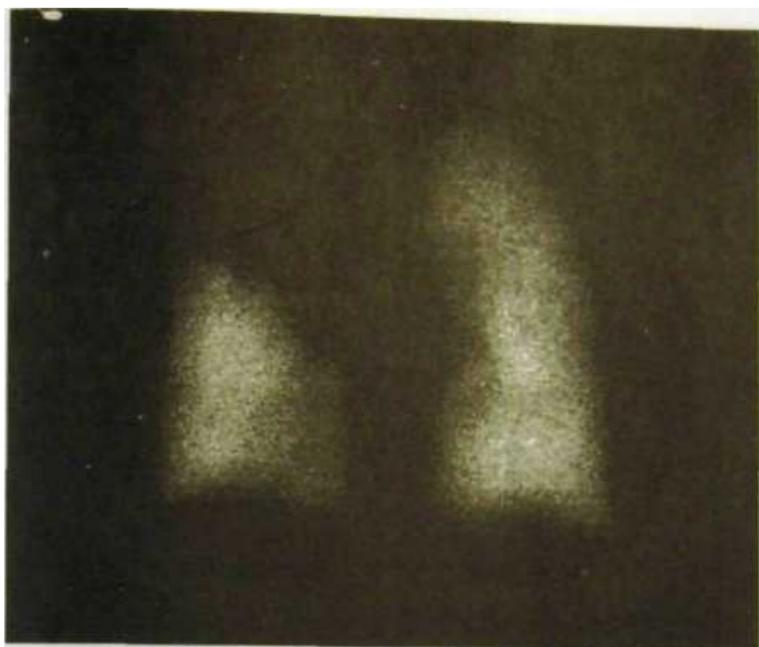
Рис. III.30. Обзорная рентгенограмма легких. Инфаркты в обоих легких (указаны стрелками). Тень высокой («металлической») плотности от прибора — водителя ритма сердца.

Конечно, результаты сцинтиграфии нужно оценивать с учетом клинических и рентгенографических данных, поскольку сходные дефекты накопления могут наблюдаться при других легочных заболеваниях, сопровождающихся снижением легочного кровотока: пневмонии, опухоли, эмфиземе. Для того чтобы повысить точность интерпретации перфузионных сцинтиграмм, производят вентиляционную сцинтиграфию. Она позволяет выявить локальные нарушения вентиляции при обструктивных заболеваниях легких: обструктивном бронхите, эмфиземе, бронхиальной астме, раке легкого. Однако именно при тромбоэмболии на вентиляционных сцинтиграммах не возникает дефектов, так как бронхи в зоне поражения проходимы.

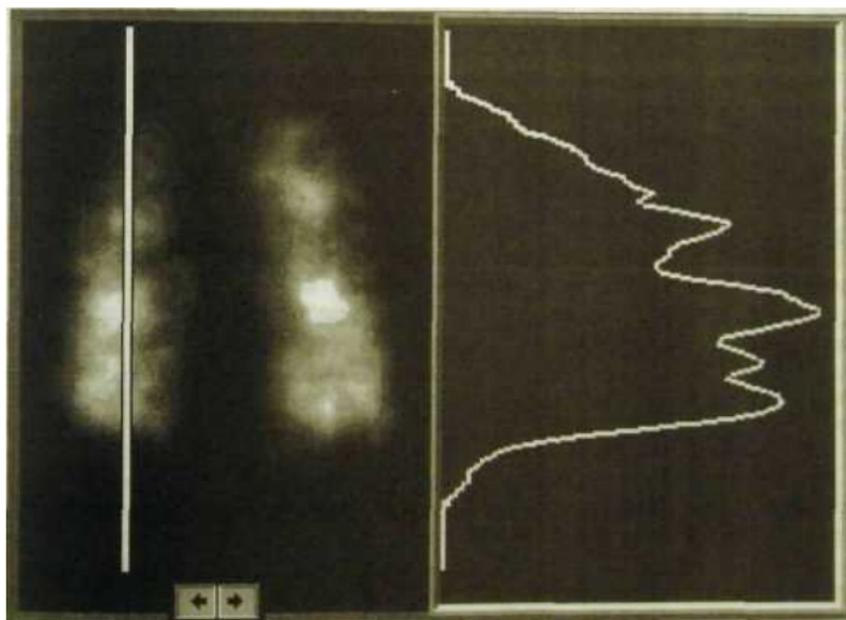
Таким образом, характерным признаком тромбоэмболии легочной артерии является дефект накопления РФП на перфузионных сцинтиграммах при нормальной картине на вентиляционных сцинтиграммах. Подобное сочетание при других заболеваниях легких практически не регистрируется.

#### 2.4.4. Хронические бронхиты и эмфизема легких

*Хронические бронхиты* — группа распространенных заболеваний, при которых имеется диффузное воспалительное поражение бронхиального дерева. Различают *простой (неосложненный)* и *осложненный бронхит*. Последний проявляется в трех формах: *обструктивный, слизисто-гнойный и смешанный бронхит*.



**Рис. III.31.** Перфузионная скintiграмма легких (снимок со спины). Тромбоэмболия левой верхнедолевой артерии. В область поражения РФП не поступил.



**Рис. Ш.32.** Перфузионная скintiграмма легких. Тромбоэмболия мелких ветвей легочной артерии. Неоднородность изображения легких. Справа — профилограмма, иллюстрирующая неоднородность распределения **РФП** в легком.

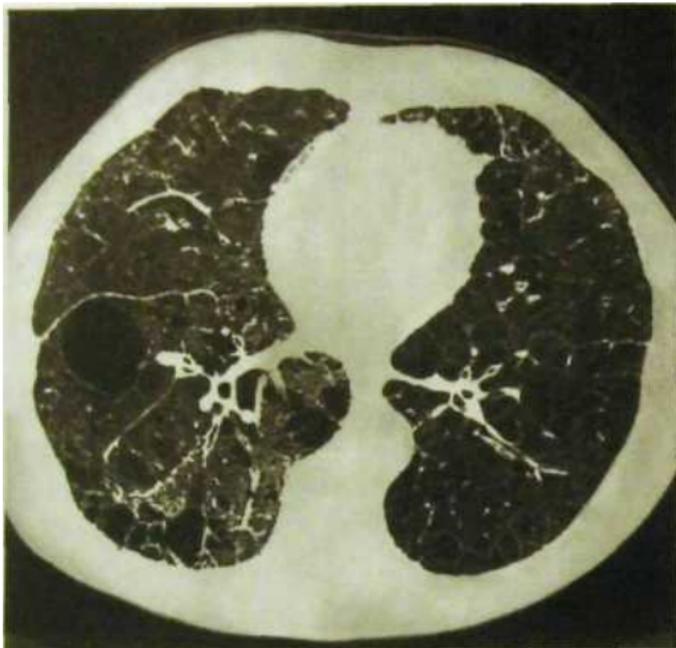


Рис. III.33. Компьютерная томограмма. Обструктивный бронхит и диффузная эмфизема легких. Структура легких значительно перестроена. Фиброзные тяжи, бронхоэктазы, небольшие буллы и крупный эмфизематозный пузырь.

В диагностике простого бронхита лучевые методы не имеют большого значения, а главную роль играет фибробронхоскопия. Задача рентгенолога — в первую очередь исключить другие поражения легких, которые могут обусловить схожие клинические признаки (туберкулез легких, рак и т.д.). На рентгенограммах отмечается лишь усиление легочного рисунка, преимущественно в нижних отделах, вследствие утолщения стенок бронхов и перибронхиального склероза. Совсем другое дело — распознавание обструктивных форм бронхита, при которых результаты рентгенологических и радионуклидных исследований служат важным дополнением к клиническим данным. На рентгенограммах, томограммах и компьютерных томограммах при обструктивном бронхите отмечаются три группы симптомов: 1) увеличение объема соединительной ткани в легких; 2) эмфизема и легочная гипертензия; 3) относительно малые размеры сердца.

Увеличение объема соединительной ткани выражается прежде всего в утолщении стенок бронхов и перибронхиальном склерозе. Вследствие этого на снимках вырисовываются, особенно в прикорневых зонах, просветы бронхов, окаймленные узкой теневой полоской (симптом «трамвайных рельсов»). Если эти бронхи отражаются в осевом сечении, то они выделяются в виде небольших кольцевидных теней с наружным неровным контуром. В связи с развитием фиброзной ткани легочный рисунок принимает сетчатый вид. Как правило, обнаруживается и фиброзная деформация корней легких.

Сужение просвета мелких бронхов ведет к развитию диффузной эмфиземы легких и легочной гипертензии. Рентгенологическая картина этих состояний была описана выше. Смещаемость ребер и диафрагмы при дыхании уменьшается, как и различия в прозрачности легочных полей на вдохе и выдохе; площадь легочных полей увеличена.

Рентгенологическая картина обструктивного бронхита настолько характерна, что обычно не возникает необходимости в специальном контрастировании бронхов - бронхографии. Бронхографические симптомы бронхита разнообразны. Наиболее важными из них считают проникновение контрастного вещества в расширенные устья бронхиальных желез (аденоэктазы), деформацию бронхов с неравномерностью контуров, спазмы бронхов в области их устья или на протяжении, незаполнение мелких ветвей, наличие маленьких полостей (каверникулы), скопления мокроты в просвете бронхов, обуславливающие различные дефекты накопления РФП в тени бронхов.

При сцинтиграфии легких, помимо увеличения легочных полей и общего уменьшения накопления РФП, нередко отмечаются дефекты в его распределении (см. рис. Ш.22). Им соответствуют участки нарушенного кровотока и вентиляции — эмфизематозные пузыри и буллы. Очень четко вырисовываются эмфизематозные полости на компьютерных томограммах (рис. III.33).

#### 2.4.5. Хронические пневмонии и ограниченные неспецифические пневмосклерозы

*Рентгенологическое исследование позволяет распознать все формы и стадии течения хронических пневмоний.* На снимках определяется инфильтрация легочной ткани. Она обуславливает неоднородное затемнение за счет сочетания участков инфильтрации и склероза, грубых фиброзных тяжей, просветов бронхов, окаймленных полосой перибронхиального склероза (рис. III.34). Процесс может захватывать часть сегмента, часть доли, целую долю или даже все легкое. В тени инфильтрата могут быть видны отдельные полости, содержащие жидкость и газ. Картину дополняют фиброзная деформация корня легкого и плевральные наслоения вокруг пораженного отдела легкого.

Однако врача всегда подстерегает опасность принять за хроническую пневмонию *ограниченный неспецифический пневмосклероз*, который возникает вследствие перенесенной пневмонии, завершившейся не полным рассасыванием инфильтрации, а развитием фиброзного (рубцового) поля. На рентгенограммах тоже определяется неоднородное затемнение, вызванное сочетанием участков склероза и дольковой эмфиземы. Измененный отдел легкого уменьшен, в нем различимы переплетающиеся тяжи фиброзной ткани, между которыми находятся розеткоподобные светлые участки — вздутые дольки, но в отличие от пневмонии нет очагов инфильтрации и тем более мелких гнойных полостей, очертания всех теневых элементов резкие, а не расплывчатые. На повторных снимках картина не меняется. Нет и клинико-лабораторных признаков хронического воспалительного процесса, если не считать признаков регионарного бронхита, который иногда обостряется в зонах пневмосклероза.

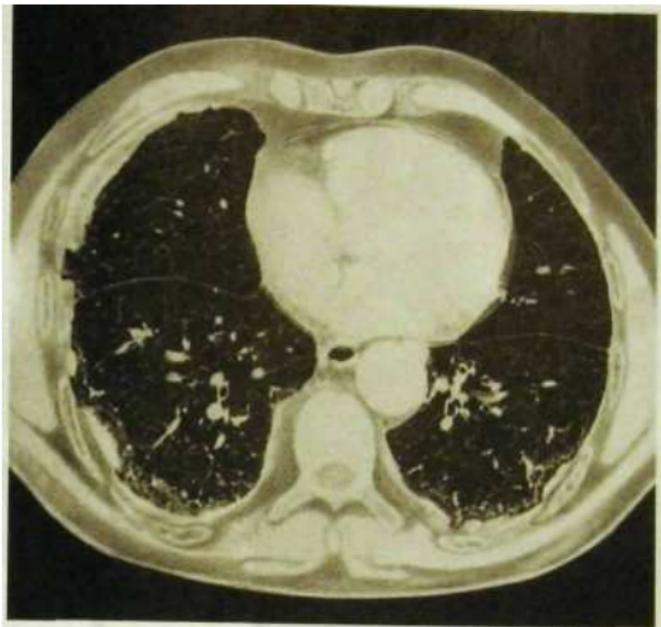


Рис. Ш.34. Хроническая неспецифическая пневмония в сочетании с пневмосклерозом. а — рентгенограмма в боковой проекции: нижняя доля уменьшена, пронизана грубыми тяжами, между которыми имеются пневмонические очаги и участки дольковой эмфиземы; б — бронхограмма: бронхи сближены, деформированы, их мелкие ветви не заполняются контрастным веществом.

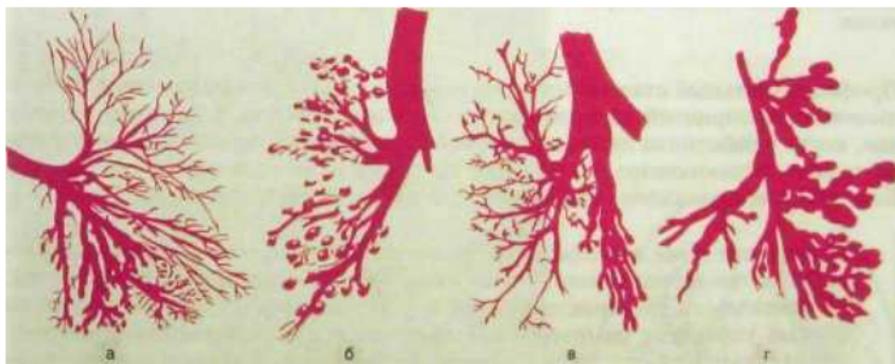
Для того чтобы получить представление о состоянии бронхиального дерева при хронической пневмонии и бронхоэктатической болезни, проводят компьютерную томографию (рис. Ш.35), и лишь в том случае, если выполнить ее невозможно, прибегают к бронхографии. По бронхограммам удается различить изменения бронхов при указанных заболеваниях (рис. Ш.36). Как видно на рис. Ш.36, для хронической пневмонии характерна необычная картина. Изменения бронхов в зоне инфильтрации неоднотипны, контуры их неровные, участки сужения и расширения имеют разные размеры. При врожденных бронхоэктазах, наоборот, рентгенограммы разных больших словно копируют одна другую. Кистозные бронхоэктазы обуславливают множественные тонкостенные полости, не содержащие жидкости. Легочная ткань к периферии от полостей недоразвита, без очагов инфильтрации, легочный рисунок обеднен («кистозная гипоплазия легкого»). При дизонтогенетических бронхоэктазах недоразвита и уменьшена часть легкого (например, вся нижняя доля). Бронхи в ней собраны в пучок, одинаково расширены и заканчиваются булавоподобными вздутиями.

#### 2.4.6. Пневмокониозы

При современном развитии промышленного и сельскохозяйственного производства проблема профилактики и раннего распознавания пылевых поражений легких — пневмокониозов — приобрела исключительное значение.



**Рис. Ш.35.** Компьютерная томограмма. Асбестоз легких. На фоне интерстициально-го фиброза и эмфиземы множественные бронхоэктазы. Крупные бляшки на плевре.



**Рис. Ш.36.** Различные типы поражения бронхиального дерева.

а — изменения бронхов нижней доли легкого и язычка при хронической пневмонии; б — кистозные бронхоэктазы; в — дизонтогенетические («ателектатические») бронхоэктазы; г — большие кистозные бронхоэктазы.

Главную роль здесь, несомненно, играет рентгенологическое исследование. Разумеется, диагностика основывается прежде всего на данных о многолетней работе пациента в условиях повышенного содержания неорганических и органических пылей в воздухе, но анамнестические сведения не всегда помогают.



**Рис. III.37.** Рентенограмма правого легкого и схема к ней. Интерстициальный тип пневмокониоза. Видна мелкая сетчатость — проявление уплотнения межочечной ткани.

Профессиональный стаж может оказаться небольшим, а надежность противопылевых мероприятий на производстве — недостаточной. Еще коварнее случаи, когда у работника пылевой профессии развивается не пневмокониоз или не только пневмокониоз, но и другое диссеминированное поражение легких. Клинические проявления пневмокониоза в ранних стадиях скудны.

*Ранняя, как и вся последующая, диагностика пневмокониозов основывается на результатах анализа рентгеновских снимков высокого качества. В зависимости от характера пыли и реактивности организма больного первые уловимые симптомы выражаются преимущественно в интерстициальных или очаговых изменениях, поэтому выделяют три типа заболевания: интерстициальный, узелковый и узловой.*

*Интерстициальный тип первоначально проявляется нежной сетчатостью легочного рисунка в прикорневых зонах. Постепенно уплотнение межочечной ткани и соответственно перестройка легочного рисунка распространяются по легочным полям с некоторой тенденцией шадить верхушки и основания легких (рис. III.37). Впрочем, при асбестозе и талькозе сетчатость рисунка наблюдается главным образом в нижних отделах. Очаговые образования при асбестозе отсутствуют, но возникают плевральные наслоения, иногда мощные, в которых могут быть отложения извести. Интерсти-*

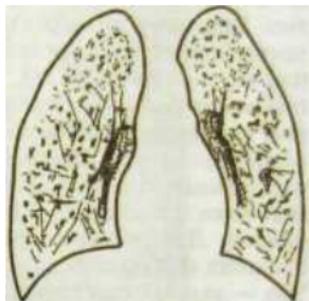
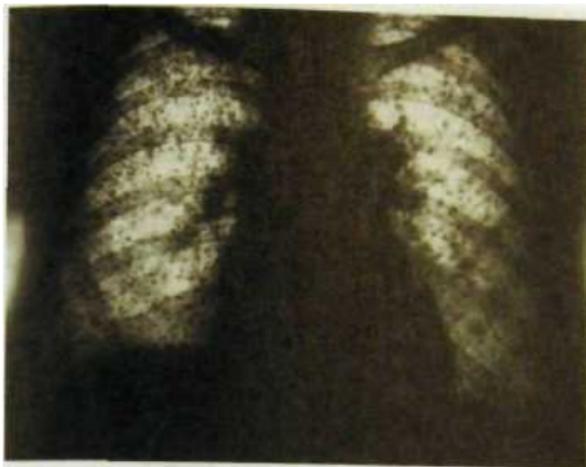


Рис. 111.38. Обзорная рентгенограмма легких и схема к ней. Узелковый тип пневмокониоза. Многочисленные плотные очаги в обоих легких. Фиброзная деформация корней легких.

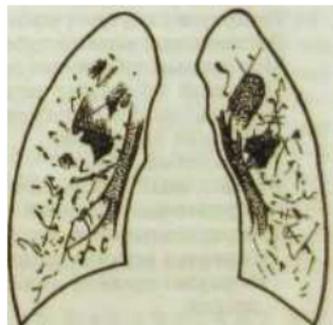
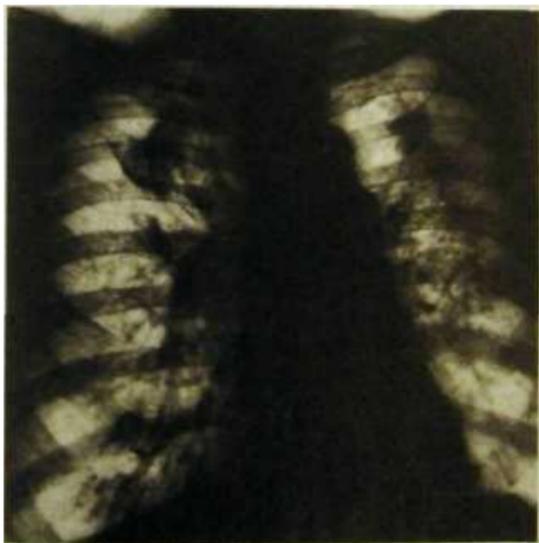


Рис. III.39. Обзорная рентгенограмма легких и схема к ней. Узловой тип пневмокониоза. Большие участки уплотнения легочной ткани в верхних отделах. Мелкие множественные узелки на фоне интерстициального фиброза. Контуры сердца неровные из-за плевроперикардиальных сращений.

циальные изменения преобладают при пневмокониозе шлифовальщиков, алюминозе, вдыхании пыли вольфрама и кобальта, антракозе.

Развернутая картина силикоза и пневмокониоза шахтеров характеризуется наличием множественных очагов на фоне диффузного сетчатого фиброза, т.е. наблюдается *узелковый тип* болезни. Пневмокониотические узелки обусловлены разрастанием соединительной ткани вокруг пылевых частиц. Размеры очагов различны — от 1 до 10 мм, форма неправильная, очертания неровные, но резкие. Более густо они расположены в средних и нижних отделах (рис. III.38). Корни легких увеличены, фиброзно уплотнены, в них могут быть увеличены лимфатические узлы (очень показательно краевое, скорлупообразное обызвествление таких узлов). Периферические отделы легких вздуты. Признаком повышения давления в малом круге являются расширение крупных ветвей легочной артерии, небольшие размеры сердечной тени, гипертрофия мышцы правого желудочка, углубление его сокращений. Дальнейшее прогрессирование болезни ведет к формированию больших фиброзных полей и участков уплотнения (большие затемнения). Это — *узловой тип* поражения (рис. III.39). Распознавание его не составляет труда. Необходимо лишь исключить нередко наблюдающееся сочетание конгломеративного пневмокониоза с туберкулезом легких.

## 2.4.7. Туберкулез легких

В основу всех мероприятий по борьбе с туберкулезом положен принцип предупреждения заражения и раннего распознавания болезни. Целям раннего выявления служат проверочные флюорографические обследования различных контингентов здорового населения, а также правильная и своевременная диагностика туберкулеза в амбулаториях, поликлиниках и стационарах общемедицинской сети. Клиническая классификация туберкулеза была утверждена Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации № 34 от 22 ноября 1995 г. Она обязательна для всех лечебно-профилактических учреждений страны. В соответствии с этой классификацией различают следующие формы туберкулеза органов дыхания.

Первичный туберкулезный комплекс.

Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов.

Диссеминированный туберкулез легких.

Миллиарный туберкулез легких.

Очаговый туберкулез легких.

Инфильтративный туберкулез легких.

Казеозная пневмония.

Туберкулема легких.

Кавернозный туберкулез легких.

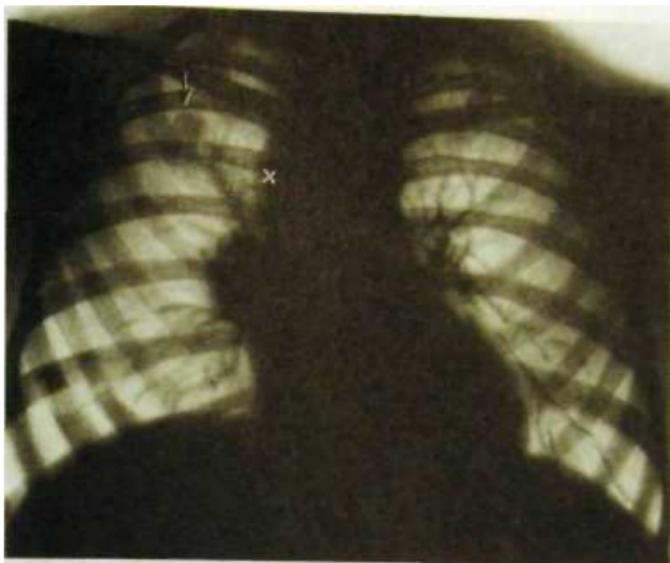
Фиброзно-кавернозный туберкулез легких.

Туберкулезный плеврит (в том числе эмпиема).

Туберкулез верхних дыхательных путей, трахеи, бронхов и др.

Туберкулез органов дыхания, комбинированный с пылевыми заболеваниями легких.

*Различают две фазы течения туберкулеза: а) инфильтрация, распад, обызвествление; б) рассасывание, уплотнение, рубцевание, обызвествление.* Как видно, клиническая классификация туберкулеза легких основывается на морфологических данных, выявляемых при рентгенологическом исследовании.



**Рис. III.40.** Первичный туберкулезный комплекс. Первичный очаг (указан стрелкой) в верхней доле. «Дорожка» от очага к корню легкого. Увеличены лимфатические узлы в корне и паратрахеальные ( $\chi$ ).

Задачи рентгенологического исследования при обследовании больных с туберкулезом легких: 1) установить наличие туберкулезного процесса в легких; 2) охарактеризовать морфологические изменения в легких и внутригрудных лимфатических узлах; 3) определить форму и фазу болезни; 4) контролировать динамику процесса и эффективность терапии.

Первичный туберкулезный комплекс — очагацинозной или дольковой пневмонии, обычно расположенный субплеврально. От него к корню легкого тянутся узкие полоски лимфангита. В корне же определяются увеличенные лимфатические узлы — характерный признак первичного туберкулеза (рис. III.40). Видимая на снимках тень в легочном поле состоит из центрального творожистого участка и перифокальной зоны, которая обусловлена серозно-лимфоцитарным пропитыванием тканей. Под влиянием специфической терапии перифокальная зона уменьшается к концу 3—4-й недели и рассасывается за 3—4 мес. Лимфатические узлы постепенно уменьшаются, уплотняются. В течение 2—3 лет в легочном очаге и лимфатических узлах откладываются соли извести. Обызвестленный первичный очаг получил название очага Гона. Его обнаруживают при проверочных рентгенологических исследованиях у 10—15 % здоровых людей.

Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов — основная форма внутригрудного туберкулеза, наблюдающаяся в детском возрасте. На рентгенограммах определяются увеличение одного или обоих корней легких и потеря дифференцированности их тени (рис. III.41). В одних случаях в корне вырисовываются увеличенные лимфатические

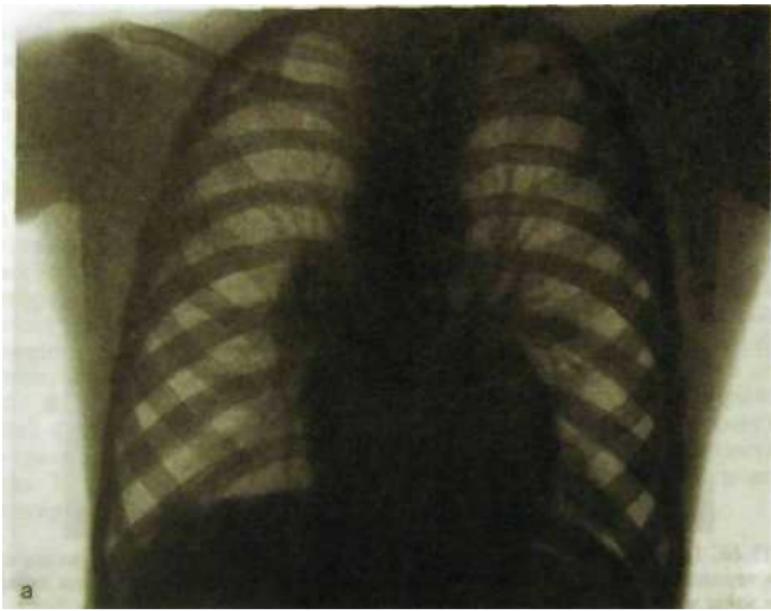


Рис. III.41. Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов. Пакет увеличенных лимфатических узлов в корне правого легкого.

а — рентгенограмма; б — томограмма.

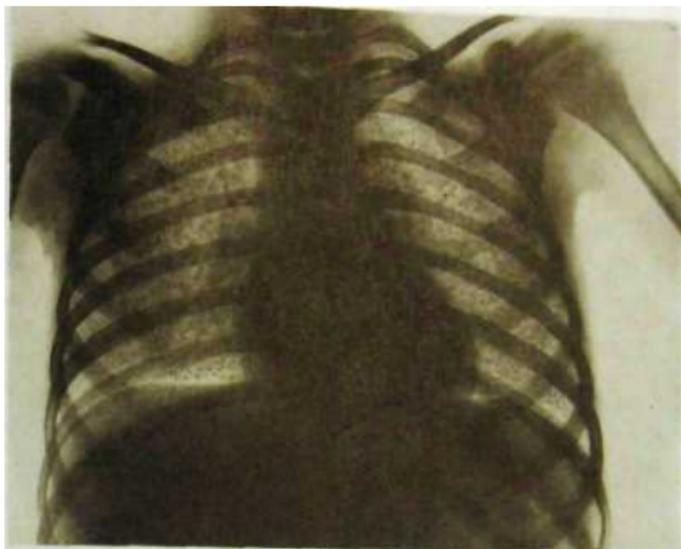


Рис. П1.42. Острый милиарный туберкулез у ребенка. Легкие усеяны множественными мельчайшими однотипными очагами.

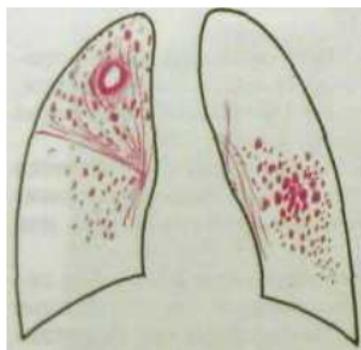
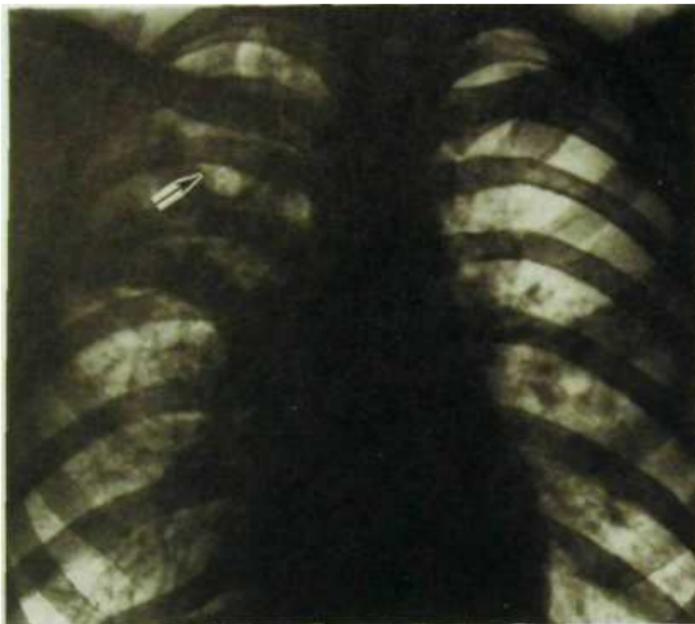
узлы, в других — их очертания теряются в тени перифокальной инфильтрации. Выявлению гиперплазии лимфатических узлов помогает томография, особенно компьютерная. По мере излечения узлы уменьшаются, в корне остаются фиброзные изменения.

Диссеминированный туберкулез легких встречается в различных формах (милиарный, острый и хронический диссеминированный), причем рассеяние очагов может происходить гематогенным или бронхогенным путем.

При остром гематогенно-диссеминированном туберкулезе в легочных полях определяются множественные равномерно распределенные однотипные очаговые тени. Легкие при этом умеренно вздуты, но прозрачность их снижена, а легочный рисунок частично скрыт за очаговой россыпью (рис. П1.42).

Хронический гематогенно-диссеминированный туберкулез характеризуется волнообразным течением с повторным высыпанием и частичным рассасыванием очагов. Для него характерно двустороннее поражение верхушек и дорсальных отделов верхних долей (рис. П1.43). Очаги разнообразны по величине, множественные, обычно продуктивные. Они расположены на фоне усиленного легочного рисунка (за счет фиброза). Слияние очагов и их распад приводят к возникновению тонкостенных каверн. Они служат источником бронхогенного обсеменения — появления ацинозных или дольковых очагов уплотнения легочной ткани в средних и нижних отделах легких.

Очаговый туберкулез — это фактически сборная группа различных по генезу туберкулезных поражений легких послепервичного периода. Их отличительная черта — наличие неравномерно и асимметрично расположенных очагов разных формы и размера, преимущественно в вер-



**Рис. III.43.** Обзорная рентгенограмма легких и схема к ней. Хронический диссеминированный туберкулез. Многочисленные очаги, местами сливающиеся, и каверна в верхней доле правого легкого (указана стрелкой). Очаги бронхогенной диссеминации в среднем отделе левого легкого.

хушках и подключичных отделах легочных полей (см. рис. III.18). На передней рентгенограмме общая протяженность поражения не должна превышать ширины двух межреберных промежутков (не считая верхушек), иначе говорят уже не об очаговом, а о диссеминированном процессе.

**Инфильтративный туберкулез** легких отображается на рентгенограммах как типичное ограниченное затемнение легочного поля. Субстратом затемнения является перифокальное воспаление вокруг вновь образовавшегося или обострившегося старого туберкулезного очага. Протяженность и форма затемнения варьируют в широких пределах: то это округлый фокус в подключичной зоне, то крупная облаковидная тень, соответствующая какому-либо субсегменту или сегменту, то инфильтрация легочной ткани вблизи междолевой щели (так называемый перисциссурит: от

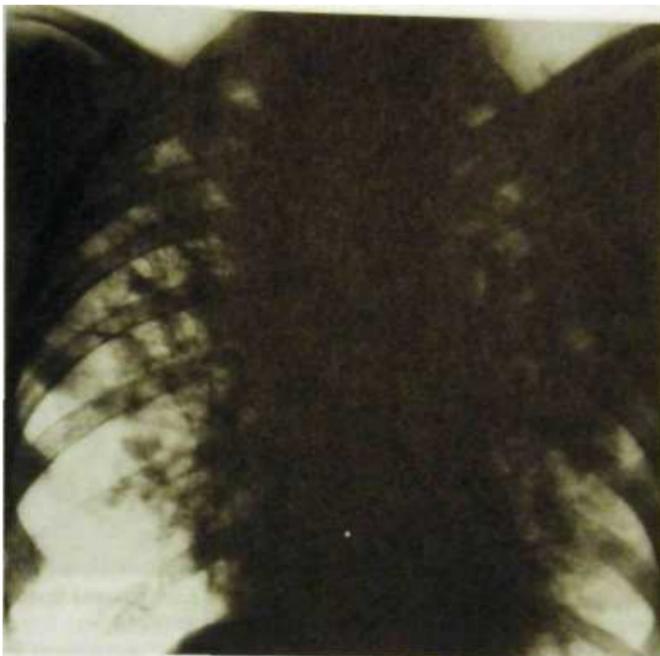


Рис. III.44. Двусторонняя дольковая казеозная пневмония.

«сцисура» — междолевая щель). Динамика инфильтрата различна. В благоприятных случаях перифокальное воспаление полностью рассасывается, а казеозный центр уплотняется. На снимках остается небольшое фиброзное поле или уплотненный очаг, но наблюдается расплавление инфильтрата с образованием каверны. Иногда весь инфильтрат подвергается творожистому перерождению, инкапсулируется и превращается в туберкулему.

Казеозная пневмония принадлежит к тяжелым формам туберкулезного поражения. Она характеризуется инфильтрацией целой доли легкого с быстро возникающим казеозным распадом и образованием полостей или появлением множественных дольковых очагов, также склонных к слиянию и распаду (рис. III.44).

Туберкулема легких — один из вариантов прогрессирования легочного очага или инфильтрата. На рентгенограммах выявляется округлой, овальной или не совсем правильной формы тень с резкими и слегка неровными контурами (см. рис. 11.13). Тень интенсивная, иногда в ней выделяются более светлые участки распада полукруглой формы или более плотные включения — отложения извести. В легочной ткани вокруг туберкулемы или на расстоянии от нее могут быть видны тени туберкулезных очагов и посттуберкулезных рубцов, что помогает в дифференциальной диагностике с первичным раком легкого (см. ниже).

Кавернозный туберкулез легких возникает как следствие распада легочной ткани при любых формах туберкулеза. Его характерный

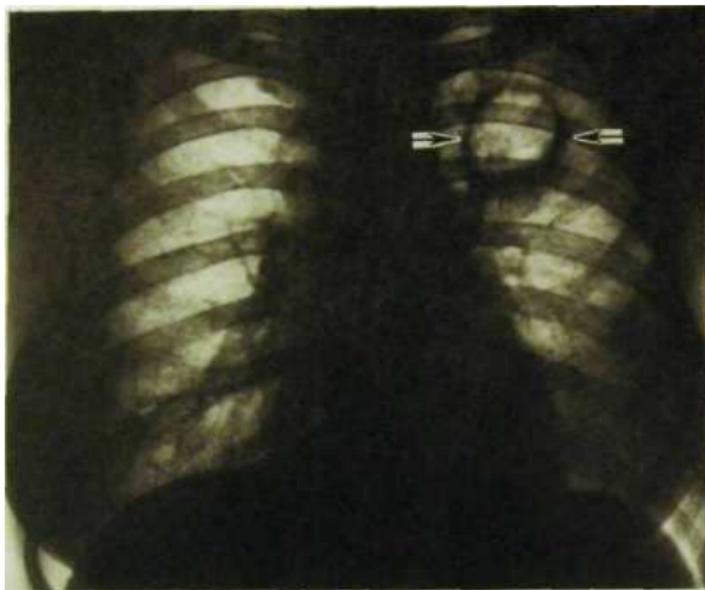


Рис. III.45. Большая туберкулезная каверна (указана стрелками) в подключичной зоне левого легкого, связанная «дорожкой» с корнем легкого.

рентгенологический признак — наличие кольцевидной тени в легочном поле (рис. III.45). Иногда каверна ясно вырисовывается на обзорных или прицельных рентгенограммах. В других случаях она плохо различима среди тени туберкулезных очагов и склероза легочной ткани. В этих случаях помогает томография. При свежем кавернозном туберкулезе склеротические явления обычно незначительные, но в дальнейшем наступает сморщивание пораженных отделов, которые пронизаны грубыми тяжами и содержат многочисленные туберкулезные очаги: процесс переходит в фазу цирроза.

Цирротический туберкулез легких — конечный этап прогрессирования туберкулеза, сопровождающегося распадом легочной ткани. Пораженная часть легкого, чаще всего верхняя доля, резко уменьшена, склерозирована. Ее тень на снимках неоднородна из-за сочетания участков склероза, деформированных туберкулезных каверн, плотных очагов, отдельных вздутых легочной ткани. Органы средостения смещены в сторону поражения, межреберные промежутки сужены, имеются плевральные наслоения, соседние отделы легких вздуты.

## 2.4.8. Первичный рак легкого

Первичный рак легкого в ранних фазах развития не дает отчетливых субъективных симптомов и ясной клинической картины. Несоответствие клинических проявлений болезни и анатомических изменений служит причиной того, что больной не обращается к врачу. На пути болезни должна быть преграда — массовое обследование населения с применением флюоро-

графии или рентгенографии. Ежегодному обследованию подлежат контингенты, у которых наиболее часто развивается рак легкого: курящие мужчины старше 45 лет и лица, страдающие хроническими заболеваниями легких. У всех больных, у которых на флюорограммах или рентгенограммах обнаружены изменения в легких, необходимо в первую очередь исключить рак.

Основные методы рентгенодиагностики первичного рака легкого — рентгенография легких в двух проекциях при высоком напряжении на трубке и томография или КТ легких. С их помощью можно обнаружить обе основные формы рака — центральную и периферическую.

**Центральный рак** исходит из эпителия сегментарного, долевого или главного бронха. В ранней фазе изображение опухоли трудно заметить из-за ее малой величины и большого числа теней в корне легкого, поэтому при небольших кровохарканьях неясной природы или необъяснимом кашле, сохраняющемся более 3 нед, показано бронхологическое исследование. Затем при преимущественно эндобронхиальном росте опухоли появляются симптомы нарушения вентиляции и кровотока в сегменте или доле, связанной с бронхом, просвет которого сужен опухолью. Рентгенологическая картина этих нарушений — гиповентиляции, обструктивной эмфиземы и, наконец, ателектаза — описана выше (см. с. 181). В этих случаях проводят томографию или КТ. Малейшее сужение бронха, неровность его контуров, дополнительная тень в просвете подтверждают предположение об опухолевом процессе.

При преимущественно экзобронхиальном росте опухоли и местном утолщении стенки бронха тень на томограммах появляется сравнительно рано, а затем, когда размер ее превысит 1 — 1,5 см, становится заметной и на рентгенограммах. Схожие признаки наблюдаются и при перибронхиальном узловатом раке. Наоборот, при разветвленном перибронхиальном раке изображение узла опухоли отсутствует. В прикорневой зоне определяется участок усиленного рисунка, составленный из извилистых полосок, радиарно расходящихся в легочное поле и сопровождающих сосудисто-бронхиальные разветвления. Тень корня плохо дифференцирована. На томограммах можно заметить сужение просвета долевого или сегментарного бронха и отходящих от него ветвей. При скитинографии выявляют отчетливое нарушение кровотока в легочном поле. В конце концов при всех вариантах роста центрального рака возникает ателектаз сегмента, доли или всего легкого (рис. III.46).

*Рентгенологическим выражением малого периферического рака является одиночный очаг в легком* (рис. III.47). Его особенности следующие: 1) небольшая величина (предел различимости на флюорограмме 4—5 мм, на рентгенограмме 3 мм); 2) малая интенсивность тени (даже при диаметре 10-15 мм эта тень слабее, чем тень туберкулемы или доброкачественной опухоли); 3) округлая форма; реже встречаются также тени треугольной, ромбовидной и звездчатой формы; 4) относительно нерезкие контуры (тоже по сравнению с тенью кисты или доброкачественной опухоли). Известковые включения наблюдаются редко — лишь в 1 % случаев периферического рака.

По мере роста опухоли тень ее становится более округлой, но края ее более фестончатые или просто бугристые, что хорошо определяется на ли-



**Рис. III.46.** Рак переднего сегментарного бронха. Небольшое уплотнение корня правого легкого и узкая тень, пересекающая правое легочное поле (указана стрелками),— отображение резко спавшегося переднего сегмента (ателектаза).

а — рентгенограмма легких в прямой проекции; б — в боковой.

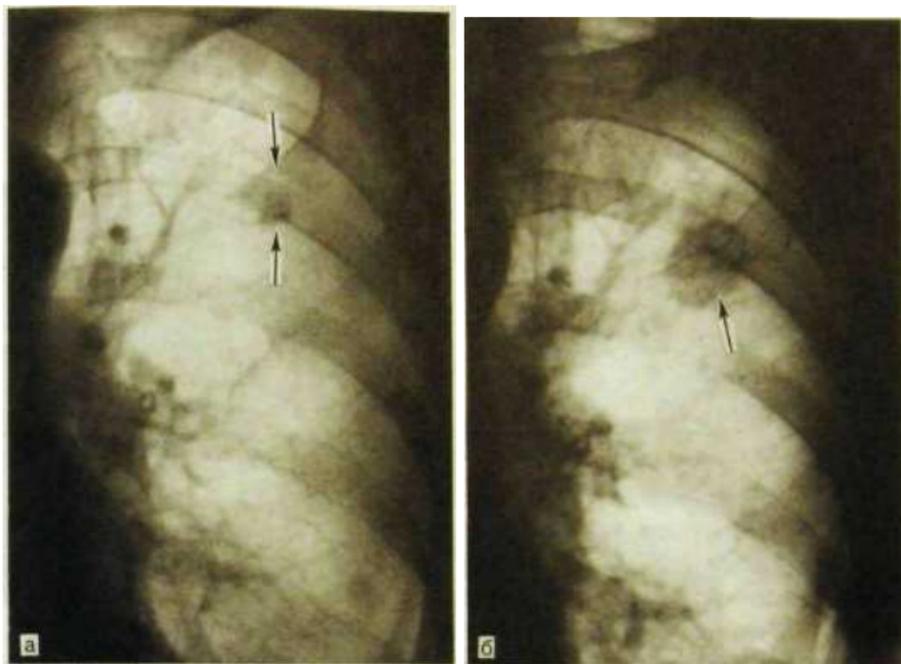


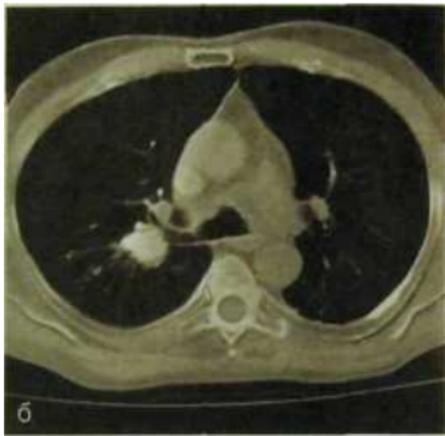
Рис. III.47. Фрагменты рентгенограмм легких одной и той же больной.

а — маленький периферический рак легкого (указан стрелками); б — заметное увеличение опухоли (указана стрелками) через 5 лет.

нейных и компьютерных томограммах (рис. III.48). Характерны также более выраженная неровность на каком-либо одном участке и втяжение на контуре в том месте, где в опухоль входит бронх. Тень опухоли неоднородная, что объясняется бугристостью ее поверхности. В случае распада в тени опухоли появляются просветления. Они могут иметь вид двух-трех маленьких полостей или одной большой краевой либо центрально расположенной полости. Известна и так называемая полостная форма рака, когда на снимках вырисовывается округлая полость, напоминающая каверну или кисту (рис. III.49). Раковую природу ее выдает неровность внутренней поверхности и бугристое утолщение на ограниченном участке одной из стенок полости (симптом «кольца с перстнем»). При опухолях диаметром более 3—4 см нередко определяются «дорожки» к плевре и корню легкого.

При наличии рентгенограмм, выполненных в разные сроки, можно установить примерный темп роста опухоли (см. рис. III.47). В общем время удвоения ее объема варьирует от 45 до 450 дней. У лиц пожилого возраста опухоль может расти очень медленно, так что ее тень порой почти не меняется в течение 6—12 мес.

Ценные сведения получают при КТ. Она позволяет уточнить распространенность центрального рака, прорастание его в органы средостения, состояние внутригрудных лимфатических узлов, наличие выпота в полости

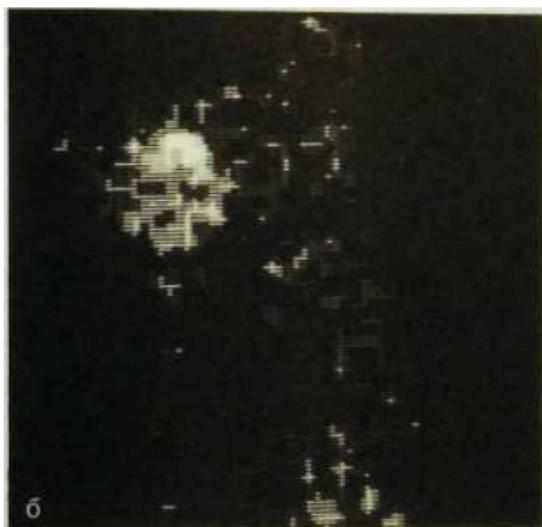
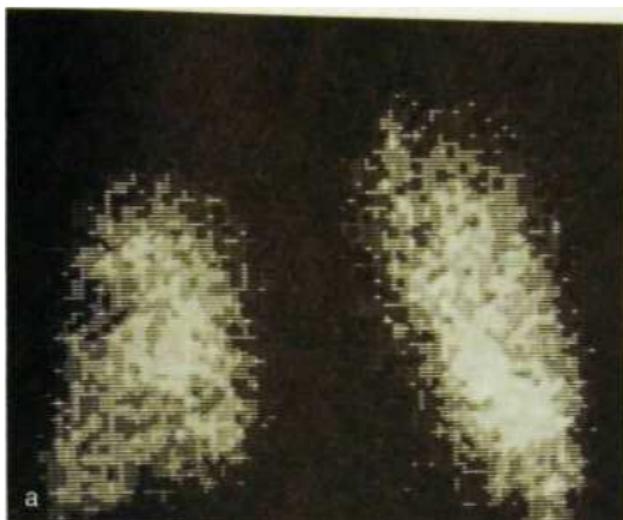


**Рис. 31.48.** Рентгенологическая картина периферического рака легкого.

а — линейная томограмма: четко выделяется крупное бугристое образование с неровными контурами, связанное дорожкой с корнем легкого; б — компьютерная томограмма: бугристое образование в легком, лучистые тени вокруг узла (лимфангит) и метастазы в корне легкого.



**Рис. 31.49.** Периферический рак легкого с распадом (полостная форма рака). Внутренняя поверхность полости неровная. В нижнем отделе полости — бугристое образование (χ).



**Рис. Ш.50.** Рак бронха.

а — перфузионная скинтиграмма легких, выполненная с  $^{99m}\text{Tc}$ -макроагрегатами: дефект накопления РФП в области опухоли; б — скинтиграмма, произведенная с опухоротропным препаратом цитратом  $^{67}\text{Ga}$ : усиленное накопление РФП в опухоли.

плевры и перикарда. При периферическом узле в легком КТ дает возможность исключить доброкачественные опухоли, содержащие участки жира или окостенения (в частности, гамартомы). Плотность ракового узла превышает 60 НУ, но если она более 140 НУ, то обычно это доброкачественная опухоль. По томограммам очень четко прослеживается прорастание периферического рака в ребро. Кроме того, обнаруживают раковые узелки,

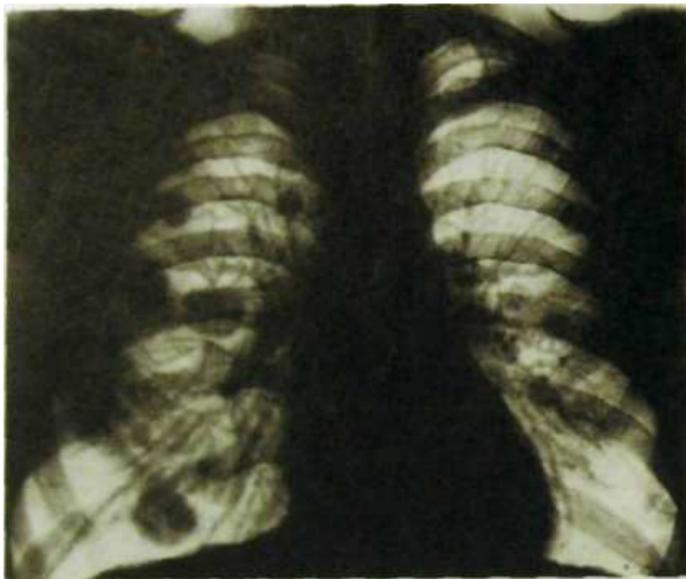


Рис. III.51. Обзорная рентгенограмма легких. Множественные метастазы злокачественной опухоли в легких.

которые на обычных снимках нелегко заметить (в околомедиастинальных или краевых субплевральных зонах).

Вспомогательным приемом в диагностике рака легкого и его метастазов в лимфатических узлах средостения является сцинтиграфия с цитратом галлия. Этот РФП обладает способностью накапливаться как в узлах рака, так и в скоплениях лимфоидной ткани при лимфогранулематозе, лимфосаркоме, лимфолейкозе (рис. III.50). Свойством концентрироваться в раковой опухоли легкого обладает также препарат технеция —  $^{99m}\text{Tc}$ -сесамиби.

*Практически во всех случаях операбельного рака необходимо выполнить бронхоскопию или трансторакальную пункцию с целью получения кусочка ткани для его микроскопического исследования.* Под контролем телевизионной рентгеноскопии удается пунктировать большинство легочных и медиастинальных образований, но в отдельных случаях, когда трудно попасть в небольшую «мишень» и выбрать оптимальную траекторию движения иглы, пункцию производят под контролем КТ. Тонкую биопсийную иглу вводят по линейному курсору. С помощью нескольких срезов устанавливают, что конец иглы находится в правильном положении.

Многие злокачественные опухоли (рак легкого, рак молочной железы, саркома, остеогенная саркома и др.) склонны к метастазированию в легкие. Картина достаточно типична, когда в легких выявляются несколько или много округлых опухолевых узелков (рис. III.51). Сложнее диагностика ракового лимфангита, когда извилистые полосы словно пронизывают нижние отделы легочных полей. Это поражение особенно характерно для метастазирования в легкие рака желудка.

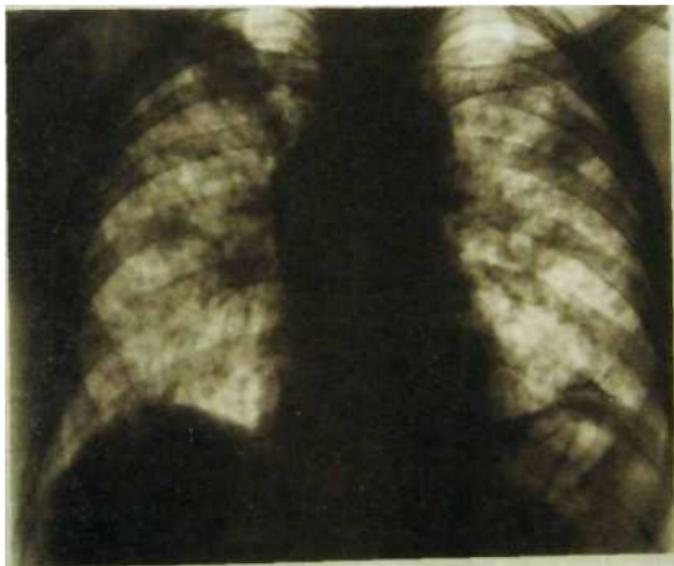
## 2.4.9. Диффузные (диссеминированные) поражения легких

*Под диффузными (диссеминированными) поражениями легких понимают распространенные изменения обеих легких в виде рассеяния очагов, увеличения объема интерстициальной ткани или сочетания этих состояний.*

К числу часто наблюдающихся очаговых поражений относятся все формы диссеминированного туберкулеза, карциноматоз легких, острый бронхолит, детские инфекции.

На рентгенограммах, линейных и компьютерных томограммах определяются множественные однотипные или разнокалиберные очаги в обоих легких. *В зависимости от величины очагов различают милиарное обсеменение (очаги размером 0,5—2 мм), мелкоочаговое (2—4 мм), среднеочаговое (4—8 мм) и крупноочаговое (более 8 мм).*

Увеличение объема интерстициальной ткани легких выражается на рентгенограммах в усилении легочного рисунка, который принимает вид нежной или более грубой сетки. Раньше всего эту сетчатую перестройку структуры легких обнаруживают на компьютерных томограммах. По ним удастся судить о состоянии междольковых перегородок, наличии перибронхиальных уплотнений, экссудата в альвеолярной ткани, долевой эмфиземы, мелких гранулематозных узелков. К числу часто выявляемых сетчато-узелковых поражений относятся пневмокониозы, саркоидоз, экзогенные и эндогенные аллергические альвеолиты, токсические альвеолиты, лекарственная болезнь, раковый лимфангит и все формы идиопатического фиброзирующего альвеолита, в том числе синдром Хаммена—Рича (рис. III.52).



**Рис. III.52.** Диффузное поражение легких при саркоидозе. В нижнем отделе левого легкого над куполом диафрагмы определяется металлический шов (после биопсии).

По рентгенологическим данным не во всех случаях можно установить природу диффузного поражения. Решающее значение имеет сопоставление результатов опроса и осмотра больного, лучевых исследований (рентгенографии, КТ, скинтиграфии с цитратом галлия), бронхоальвеолярного лаважа, иммунологических проб.

#### 2.4.10. Плевриты

В плевральной полости здорового человека содержится 3—5 мл «смазочной» жидкости. Это количество лучевыми методами не выявляется. Когда объем жидкости увеличивается до 15—20 мл, ее можно обнаружить с помощью ультразвукового исследования. При этом пациент должен находиться в положении лежа на больном боку: тогда жидкость будет скапливаться в самом нижнем (наружном) отделе плевральной полости, где ее и определяют.

Таким же способом выявляют малое количество свободной плевральной жидкости при *рентгенографии*, выполняя снимки в положении больного на боку (латерография) на выдохе (рис. III.53). При дальнейшем накоплении жидкости ее рентгенодиагностика не составляет труда.

Любой свободный выпот в плевральной полости на рентгенограммах, произведенных в прямой проекции при вертикальном положении пациента, обуславливает интенсивную тень в нижненаружном отделе легочного поля приблизительно треугольной формы. Тень двумя сторонами примыкает к ребрам и диафрагме, а сверху опускается от бокового отдела грудной клетки по направлению к диафрагме (рис. III.54). Верхняя граница нерезкая, так как слой жидкости кверху постепенно истончается. По мере накопления выпота размеры и интенсивность тени увеличиваются. При нахождении верхней границы выпота на уров-

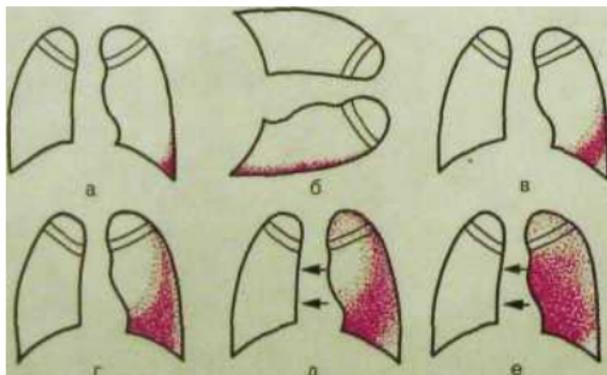


Рис. III.53. Рентгеновская картина выпотных плевритов при разном количестве жидкости в плевральной полости (схема).

а — небольшое количество жидкости; б — то же при горизонтальном положении на боку; в—е — при постепенном накоплении жидкости. Стрелками указано направление смещения средостения.

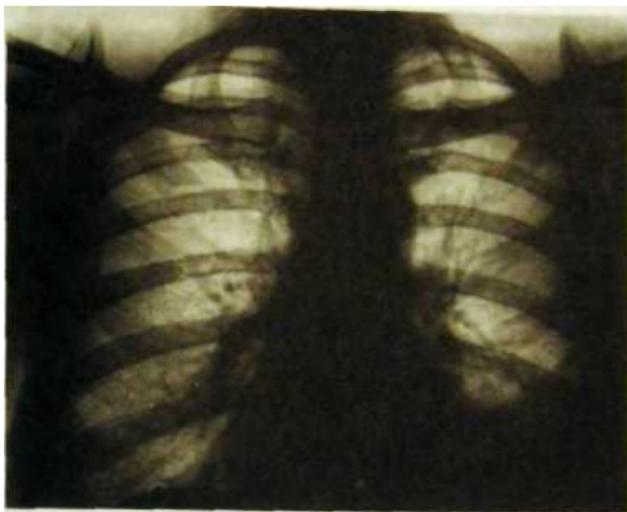


Рис. III.54. Левосторонний выпотной плеврит при небольшом количестве жидкости. Интенсивное затемнение нижненаружного отдела левого легочного поля с косой верхней границей.

не бокового отдела тела V ребра его количество равно в среднем 1 л, на уровне IV ребра — 1,5 л, III ребра — 2 л. Чем больше выпот, тем больше органы средостения оттесняются в противоположную сторону.

При наличии сращений, разделяющих плевральную полость на отдельные камеры, образуются ограниченные (осумкованные) выпоты. Запаивающиеся в плевральных листках, они не смещаются при перемене положения тела и медленно рассасываются. Границы тени при осумкованном выпоте становятся резкими и выпуклыми. Форма и положение тени определяются местом осумкования жидкости — около ребер (костальный выпот), между диафрагмой и основанием легкого (диафрагмальный), около средостения (медиастинальный), в междолевой щели (междолевой).

#### 2.4.11. Объемные образования в средостении

В средостении выявляют многообразные *кистозные, опухолевые* и *опухолеподобные образования*, главным образом при рентгенологическом исследовании органов грудной полости. Рентгенография и КТ обычно позволяют уточнить местоположение патологического образования, что само по себе очень важно для диагностики.

В переднем средостении локализуются преимущественно загридинный зоб, тимома, тератомы, аневризма восходящей аорты, пакеты увеличенных лимфатических узлов. Увеличенные лимфатические узлы могут располагаться также в среднем отделе средостения. Там же могут быть

выявлены аневризма дуги аорты и бронхогенная киста. В заднем средостении обнаруживают нейрогенные опухоли и кисты, энтерогенные кисты, аневризму нисходящей части грудной аорты. Кроме того, в область заднего средостения проникает часть желудка при грыже пищеводного отверстия диафрагмы.

Дифференциальная диагностика всех этих многочисленных поражений основывается на данных анамнеза, результатах клинического осмотра, лабораторных анализов и, конечно, лучевых исследований и биопсий. Укажем на основные моменты. С помощью КТ и МРТ легко распознают аневризмы аорты и других крупных сосудов. Эти же методы и ультразвуковое исследование позволяют установить тканевую структуру образования и тем самым диагностировать кисты, заполненные жидкостью, и тератомы, включающие жир или костные элементы. При подозрении на загрудинный или внутригрудинный зоб обследование целесообразно начинать со сцинтиграфии с  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетатом или радиоактивным йодом, которые накапливаются в щитовидной железе. Что касается лимфаденопатии, то ее природу определяют, исходя из данных анамнеза и результатов клинико-лабораторного исследования. В основе лимфаденопатии у взрослых чаще лежат такие заболевания, как лимфомы (в том числе лимфолейкоз), саркоидоз и метастазы рака, реже — туберкулез и инфекционный мононуклеоз.

В настоящее время для установления окончательного диагноза широко используют пункционные биопсии под ультразвуковым наведением либо под контролем КТ или рентгенотелевидения.

#### 2.4.12. Интенсивная терапия и интервенционные вмешательства под контролем лучевых методов

Как уже отмечалось выше, сонографию, рентгенотелевидение, КТ и МРТ широко применяют как методы наведения и контроля при пункционной биопсии легочных и медиастинальных образований, а также для дренирования абсцессов и эмпием плевры. При кровохарканье и кровотечениях проводят эмболизацию соответствующей бронхиальной артерии. Эмболизацию легочных сосудов используют для лечения артериовенозных мальформаций в легких.

Лучевой контроль необходим при катетеризации сосудов, в частности для установления положения центрального венозного катетера и исключения экстралюминального распространения раствора. Введение катетера в подключичную вену иногда сопровождается развитием пневмоторакса или медиастинальной гематомы. Эти осложнения распознают при рентгенографии. Для выявления небольшого пневмоторакса снимок легких выполняют при глубоком выдохе. Положение катетера (зонда) регистрируют также при измерении центрального венозного давления в легочной артерии.

Легочные осложнения наблюдаются после различных хирургических операций. В отделении реанимации и интенсивной терапии рентгенологу обычно приходится дифференцировать четыре патологических состояния легких: отек, ателектаз, пневмонию и аспирацию. Проявления интерстициального отека напоминают картину венозного застоя в легких, альвеолярный отек обуславливает нечетко отграниченные «затемнения» в легочных полях, особенно в прикорневых зонах и нижних отделах. Спадение доли или сегмента

может быть результатом послеоперационного коллапса, задержки секрета в бронхиальном дереве или аспирации. Дисковидные или пластинчатые ателектазы имеют форму узких полосок, пересекающих легочные поля преимущественно в наддиафрагмальных зонах. Аспирация содержимого желудка ведет к появлению очаговых теней разной величины в нижних отделах легких

После травм и тяжелых операций иногда возникает расстройство микроциркуляции в легких с картиной так называемого дыхательного дистресс-синдрома («шоковое легкое»). Начинаясь с явлений интерстициального отека, он затем обуславливает крупные участки альвеолярного отека.

После удаления легкого на рентгенограммах вырисовывается дренажная трубка, лежащая в пустой плевральной полости. Эта полость постепенно заполняется жидкостью, и при рентгенологическом исследовании обнаруживается гидропневмоторакс. По мере рассасывания жидкости образуются плевральные шварты и формируется фиброторакс.

В течение первых суток после трансплантации легкого возникает отек легких. В последующие 2—3 сут он рассасывается. Задержка рассасывания отека или его нарастание дает основание заподозрить острое отторжение легкого. При этом наблюдается также плевральный выпот. Тяжелым осложнением является стеноз сосудисто-бронхиального анастомоза, который может привести к некрозу его стенки, в связи с чем многим больным требуется произвести дилатацию и стентирование суженного участка. Почти у половины больных после трансплантации легкого наблюдаются инфекционные осложнения — бронхиты, пневмонии. Грозным симптомом возможного хронического отторжения легкого служит развитие констриктивного бронхиолита, который сопровождается ателектазами, развитием бронхоэктазов и участков фиброза. Его определяют с помощью КТ через 3 мес после трансплантации.

### 3. СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

*Мы спорили о смысле красоты,  
И он спросил с наивностью младенца:  
«Я за искусство левое, а ты?»  
«Я за левое, но не левее сердца!»*

Вас. Федоров

История лучевой кардиологии исполнена драматизма. Возможность увидеть на рентгеновском экране живое пульсирующее человеческое сердце буквально ошеломила современников. И не только увидеть — можно было точно измерить любые отделы сердца, записать на пленке или бумаге кривые его сокращений и расслаблений. Изучение морфологии и функции сердца в рентгеновском изображении позволило по-иному взглянуть на хорошо знакомые клинические факты, переосмыслить значение многих клинических симптомов. Разрабатывались все новые рентгенологические методики для исследования сердца и сосудов, периоды увлечения ими сменялись годами разочарования. Оказалось, что жар-птица где-то далеко и что самые скрупулезные рентгенологические исследования малоэффективны в диагностике ряда болезней сердца. Однако Вернер Форсман, несмотря на строгий запрет администрации госпиталя, в котором он служил, тайно ввел венозным путем себе в сердце катетер и открыл перспективу искусственно-

го контрастирования его полостей. И вновь рентгенологический метод обогащает кардиологию ранее недоступными патоморфологическими и патофизиологическими данными.

Никто уже не сомневается в важной диагностической роли рентгенокардиологии, но все же это была еще ее юность, пора одиночества рентгенологического метода. Однако в последние 15—20 лет в диагностической радиологии произошла технологическая революция, связанная главным образом с разработкой принципиально новых способов изучения сердца. В 70-е годы были созданы ультразвуковые приборы, работающие в режиме реального времени. С их помощью удалось заглянуть внутрь полостей сердца, изучить движение клапанов и различных участков сердечной мышцы. Динамическая сцинтиграфия открыла путь к оценке миокардиального кровотока и измерению сократимости отдельных сегментов желудочков сердца. В 80-е годы в практику кардиологии вошли компьютерные способы получения изображений: дигитальная коронаро- и вентрикулография, компьютерная томография, синхронизированная с работой сердца, магнитно-резонансная томография. Более того, рентгенологи получили специальные катетеры для пластики сосудов и лазерные устройства для выпаривания атеросклеротических бляшек. Тем самым они соединили методы диагностики с лечебными манипуляциями. Так пришли к лучевой кардиологии зрелость и полное признание.

### 3.1. Лучевая анатомия сердца

Лучевое исследование морфологии сердца и магистральных сосудов можно производить с применением неинвазивной и инвазивной техники. К неинвазивным методам относятся: рентгенография и рентгеноскопия; ультразвуковые исследования; компьютерная томография; магнитно-резонансная томография; сцинтиграфия и эмиссионная томография (одно- и двухфотонная). Инвазивными процедурами являются: искусственное контрастирование сердца венозным путем — ангиокардиография; искусственное контрастирование левых полостей сердца артериальным путем — вентрикулография, коронарных артерий — коронарография и аорты — аортография.

*Рентгенологические методики* — рентгенография, рентгеноскопия, компьютерная томография — позволяют с наибольшей степенью достоверности определить положение, форму и величину сердца и магистральных сосудов. Эти органы находятся среди легких, поэтому их тень отчетливо выделяется на фоне прозрачных легочных полей.

Опытный врач никогда не начинает исследование сердца с анализа его изображения. Он прежде всего бросит взгляд на обладателя этого сердца, так как знает, как сильно положение, форма и величина сердца зависят от телосложения человека. Затем он по снимкам или данным просвечивания оценит размеры и форму грудной клетки, состояние легких, уровень стояния купола диафрагмы. Эти факторы тоже влияют на характер изображения сердца. Очень важно, что при этом рентгенолог имеет возможность обозреть легочные поля. Такие изменения в них, как артериальное или венозное полнокровие, интерстициальный отек, характеризуют состояние малого круга кровообращения и способствуют диагностике ряда заболеваний сердца.

Сердце - орган сложной формы. На рентгенограммах, при рентгеноскопии и на компьютерных томограммах получается лишь плоскостное двухмерное изображение его. Для того чтобы получить представление о сердце как объемном образовании, при рентгеноскопии прибегают к постоянным поворотам пациента за экраном, а при КТ выполняют 8-10 срезов и более. Их совокупность и дает возможность реконструировать трехмерное изображение объекта. Здесь уместно отметить два вновь возникших обстоятельства, которые изменили традиционный подход к рентгенологическому исследованию сердца.

Во-первых, с развитием ультразвукового метода, обладающего великолепными возможностями анализировать функцию сердца, потребность в рентгеноскопии как методе исследования деятельности сердца практически отпала. Во-вторых, в настоящее время созданы ультразвуковые компьютерные рентгеновские и магнитно-резонансные томографы, позволяющие проводить трехмерную реконструкцию сердца. Аналогичными, но менее «продвинутыми» возможностями обладают некоторые новые модели ультразвуковых сканеров и аппаратов для эмиссионной томографии. В результате этого врач имеет реальную, а не мнимую, как при рентгеноскопии, возможность судить о сердце как о трехмерном объекте исследования.

На протяжении многих десятилетий рентгенографию сердца выполняли в 4 фиксированных проекциях: прямой, боковой и двух косых — левой и правой. В связи с развитием ультразвуковой диагностики теперь основной проекцией рентгенографии сердца является одна — прямая передняя, при которой обследуемый прилегает к кассете грудью. Для того чтобы избежать проекционного увеличения сердца, его съемку выполняют при большом расстоянии трубка—кассета (*телерентгенография*). При этом для увеличения резкости изображения время рентгенографии предельно уменьшают — до нескольких миллисекунд. Однако для того чтобы получить представление о рентгенологической анатомии сердца и магистральных сосудов, необходим многопроекционный анализ изображения этих органов (рис. III.55—111.57), тем более что со снимками грудной клетки клиницисту приходится встречаться очень часто.

На *рентгенограмме* в прямой проекции сердце дает однородную интенсивную тень, располагающуюся посредине, но несколько асимметрично: примерно  $\frac{1}{3}$  сердца проецируется правее срединной линии тела, а  $\frac{1}{3}$  — левее этой линии. Контур тени сердца иногда выступает на 2—3 см вправо от правого контура позвоночника, контур верхушки сердца слева не доходит до срединно-ключичной линии. В целом тень сердца напоминает косо расположенный овал. У лиц гиперстенической конституции он занимает более горизонтальное положение, а у астеников — более вертикальное. Краниально изображение сердца переходит в тень средостения, которая на этом уровне представлена в основном крупными сосудами — аортой, верхней полой веной и легочной артерией. Между контурами сосудистого пучка и сердечным овалом образуются так называемые сердечно-сосудистые углы — выемки, которые создают талию сердца. Внизу изображение сердца сливается с тенью брюшных органов. Углы между контурами сердца и диафрагмы называют сердечно-диафрагмальными.

Несмотря на то что на рентгенограммах тень сердца абсолютно однородна все же с известной долей вероятности можно дифференцировать его отдельные камеры, особенно если в распоряжении врача имеются рентге-

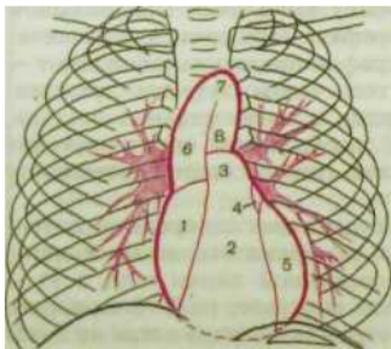
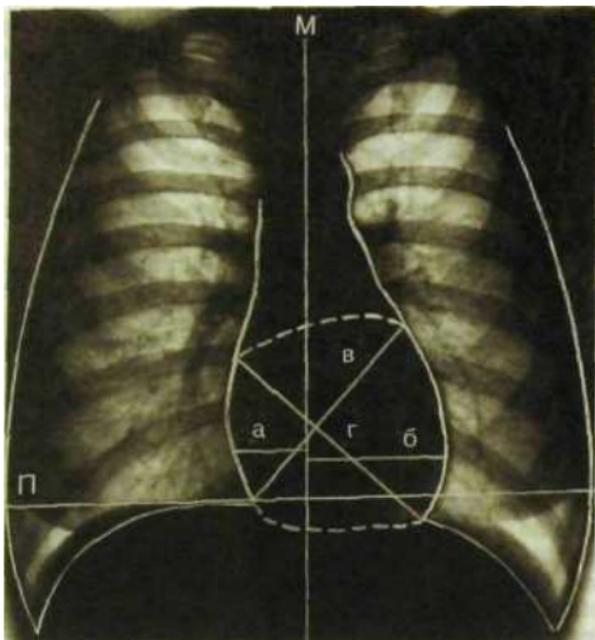


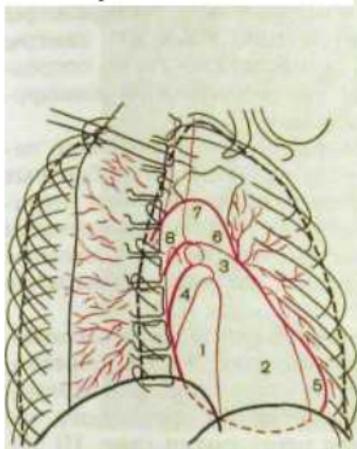
Рис. П1.55. Передняя рентгенограмма сердца и схема к ней.

а — правый поперечный размер сердечной тени; б — левый поперечный размер; в — косой размер; г — длинник сердца; 1 — правое предсердие, 2 — правый желудочек, 3 — легочный ствол, 4 — левое предсердие, 5 — левый желудочек, 6 — восходящая часть аорты, 7 — дуга аорты, 8 — нисходящая часть аорты; М — срединная линия тела, П — наибольший поперечник грудной клетки.

нограммы, выполненные в нескольких проекциях, т.е. при разных ракурсах съемки. Дело в том, что контуры сердечной тени, в норме ровные и четкие, имеют форму дуг. Каждая дуга представляет собой отображение выходящей на контур поверхности того или иного отдела сердца. На рис. П1.55—Ш-57 обозначены все дуги, образованные предсердиями и желудочками, а также магистральными сосудами.

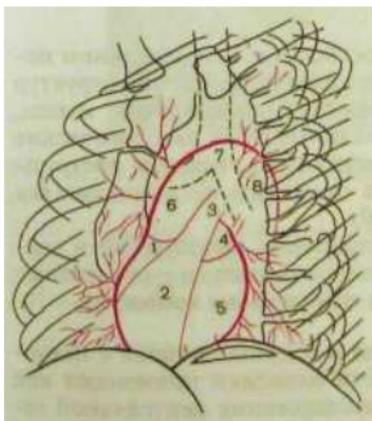
Подчеркнем, что все дуги сердца и сосудов отличаются гармоничной закругленностью. Выпрямленность дуги или какого-либо ее участка свидетельствует о патологических изменениях в стенке сердца или прилежащих тканях.

**Рис. III.56.** Рентгенограмма сердца в правой косо́й проекции и схема к ней. Обозначения те же, что и на рис. III.55.



Форма и положение сердца у человека переменны. Они обусловлены конституциональными особенностями пациента, положением его во время исследования, фазой дыхания. Был период, когда очень увлекались измерениями сердца на рентгенограммах. В настоящее время обычно ограничиваются определением сердечно-легочного коэффициента — отношения по-

**Рис. III.57.** Рентгенограмма сердца в левой косо́й проекции и схема к ней. Обозначения те же, что и на рис. III.55.



перечника сердца к поперечнику грудной клетки, которое в норме у взрослых колеблется в пределах от 0,4 до 0,5 (у гиперстеников больше, у астеников меньше). Основным же методом, определяющим параметры сердца, является *ультразвуковой*. С его помощью точно измеряют не только размеры сердечных камер и сосудов, но и толщину их стенок. Измерить камеры сердца, причем в различные фазы сердечного цикла, можно также посредством *синхронизированной с электрокардиографией компьютерной томографии, цифровой вентрикулографии или сцинтиграфии*.

У здоровых людей тень сердца на рентгенограмме однородна. При патологии могут обнаруживаться отложения извести в клапанах и фиброзных кольцах клапанных отверстий, стенках коронарных сосудов и аорты, перикарде. В последние годы появилось немало больных с имплантированными клапанами и водителями ритма сердца. Отметим, что все эти плотные включения, как естественные, так и искусственные, наглядно выявляются при сонографии и компьютерной томографии.

*Компьютерную томографию* производят при горизонтальном положении пациента. Основной срез сканирования выбирают таким образом, чтобы его плоскость проходила через центр митрального клапана и верхушку сердца. На томограмме этого слоя вырисовываются оба предсердия, оба желудочка, межпредсердная и межжелудочковая перегородки (рис. III.58). На этом же срезе дифференцируются венечная борозда, место прикрепления сосочковой мышцы и нисходящая аорта. Последующие срезы выделяют как в краниальном, так и в каудальном направлении. Включение томографа синхронизировано с записью ЭКГ. Для того чтобы получить четкое изображение полостей сердца, томограммы выполняют после быстрого автоматического введения контрастного вещества. На полученных томограммах выбирают два изображения, сделанных в конечные фазы сокращения сердца — систолическую и диастолическую. Сопоставив их на экране дисплея, можно расчитать регионарную сократительную функцию миокарда.

Новые перспективы в изучении морфологии сердца открыла *MPT*, особенно выполняемая на последних моделях аппаратов — ультразвукоростных (рис. III.59). При этом можно наблюдать сокращения сердца в реальном времени, производить съемку в заданные фазы сердечного цикла и, естественно, получать параметры функции сердца.

*Ультразвуковое сканирование* в разных плоскостях и при различном положении датчика позволяет получить на дисплее изображение структур сердца: желудочков и предсердий, клапанов, папиллярных мышц, хорд; кроме того, удастся выявить и дополнительные патологические внутрисердечные образования. Как уже отмечалось, важным достоинством сонографии является возможность оценить с ее помощью все параметры сердечных структур (рис. III.60).

*Допплерэхокардиография* позволяет регистрировать направление и скорость движения крови в полостях сердца, выявлять участки турбулентных завихрений на месте возникающих преград нормальному кровотоку.

*Инвазивные методики* исследования сердца и сосудов связаны с искусственным контрастированием их полостей. Эти методики применяют как для изучения морфологии сердца, так и для исследования центральной ге-

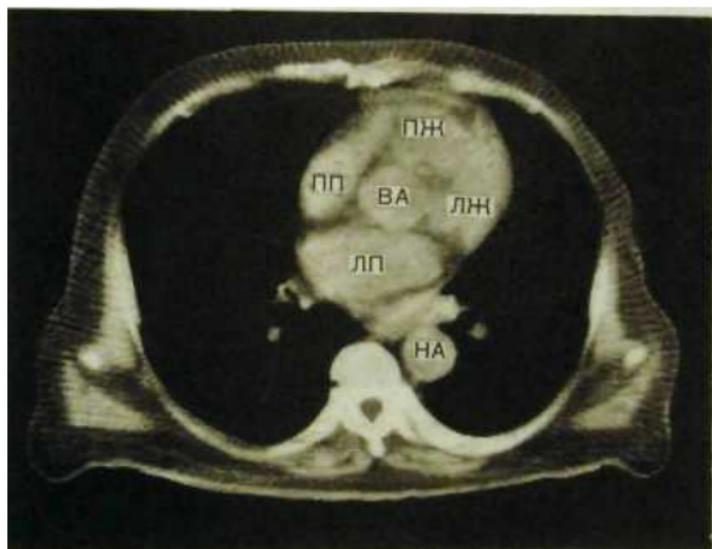


Рис. III.58. Компьютерные томограммы сердца с усилением (срезы выполнены на различных уровнях сердца).

ВПВ — верхняя полая вена; ВА — восходящая аорта; ЛА — легочная артерия; ПЛА — правая ветвь легочной артерии; ЛЛА — левая ветвь легочной артерии; НА — нисходящая аорта; ПЖ — правый желудочек; ЛЖ — левый желудочек; ПП — правое предсердие; ЛП — левое предсердие.

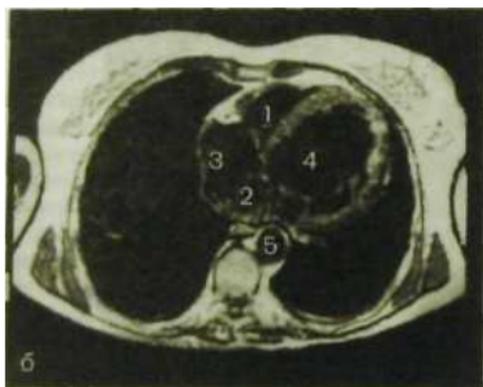


Рис. Ш.59. Магнитно-резонансные томограммы сердца и магистральных сосудов.

а — прямая проекция: 1 — восходящая аорта, 2 — легочная артерия, 3 — правое предсердие, 4 — левый желудочек; б — аксиальная проекция: 1 — правый желудочек, 2 — левое предсердие, 3 — правое предсердие, 4 — левый желудочек, 5 — нисходящая аорта.

ют автоматически со скоростью 20 мл/с. Во время введения контрастного вещества начинают выполнять серию кинокадров (рис. Ш.62). Съемку продолжают спустя некоторое время после окончания введения контрастного вещества, вплоть до полного его вымывания из полости желудочка. Из серии кадров выбирают два, сделанные в конечно-систолическую и конечно-диастолическую фазы сокращения сердца. Сопоставив эти кадры, определяют не только морфологию желудочка, но и сократительную способ-

динамики. При ангиокардиографии 20—40 мл рентгеноконтрастного вещества вводят с помощью автоматического шприца через сосудистый катетер в одну из полых вен или в правое предсердие. Уже во время введения контрастного вещества начинают видеосъемку на кинопленку или магнитный носитель. За все время исследования, которое продолжается 5—7 с, контрастное вещество последовательно заполняет правые отделы сердца, систему легочной артерии и легочные вены, левые отделы сердца и аорту (рис. Ш.61). Однако из-за разбавления контрастного вещества в легких изображение левых отделов сердца и аорты оказывается нечетким, поэтому ангиокардиографию используют преимущественно для изучения правых отделов сердца и малого круга кровообращения. С ее помощью удается выявить патологическое сообщение (шунт) между камерами сердца, аномалию сосудов, приобретенное или врожденное препятствие на пути кровотока.

Для детального анализа состояния желудочков сердца контрастное вещество вводят непосредственно в них. Исследование левого желудочка сердца (*левая вентрикулография*) производят в правой косо́й передней проекции под углом 30°. Контрастное вещество в количестве 40 мл влива-

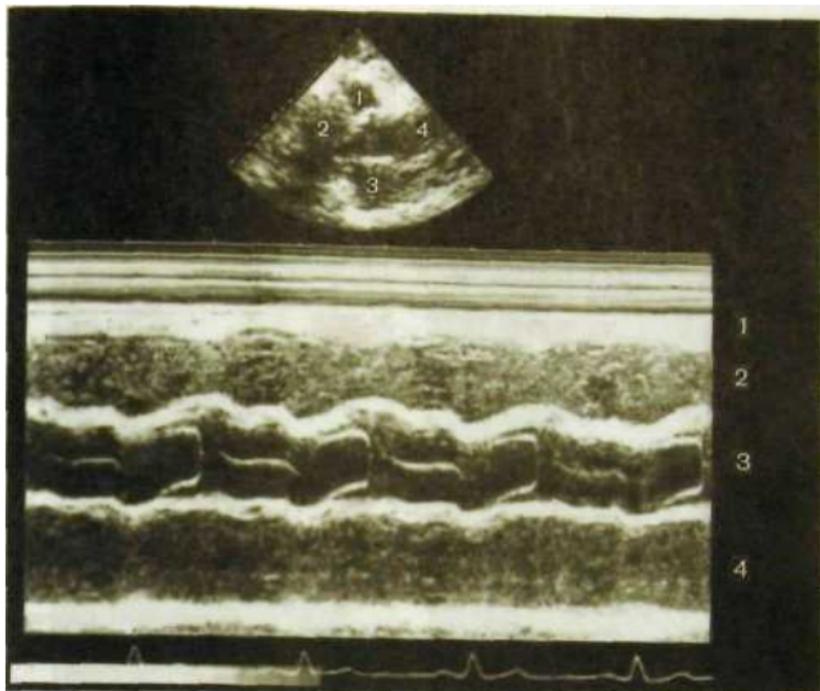


Рис. 111.60. Ультразвуковое исследование сердца и аорты.

Вверху — секторная сонограмма: 1 — правый желудочек, 2 — левый желудочек, 3 — аорта, 4 — левое предсердие; внизу — М-эхокардиограмма: 1 — передняя стенка сердца, 2 — правый желудочек, 3 — аорта и аортальный клапан, 4 — левое предсердие.

ность сердечной мышцы. Таким методом можно выявить как диффузные нарушения функции сердечной мышцы, например при кардиосклерозе или миокардиопатии, так и локальные зоны асинергии, которые наблюдаются при инфаркте миокарда.

Для исследования коронарных артерий контрастное вещество вводят непосредственно в левую и правую коронарные артерии (*селективная коронарография*). На снимках, выполненных в различных проекциях, изучают положение артерий и их основных ветвей, форму, контуры и просвет каждой артериальной ветви, наличие анастомозов между системами левой и правой венечных артерий (рис. 111.63). Необходимо отметить, что в подавляющем большинстве случаев коронарографию выполняют не столько для диагностики инфаркта миокарда, сколько в качестве первого, диагностического этапа интервенционной процедуры — *коронарной ангиопластики*.

В последнее время для исследования полостей сердца и сосудов в условиях их искусственного контрастирования все чаще применяют *дигиталь-*

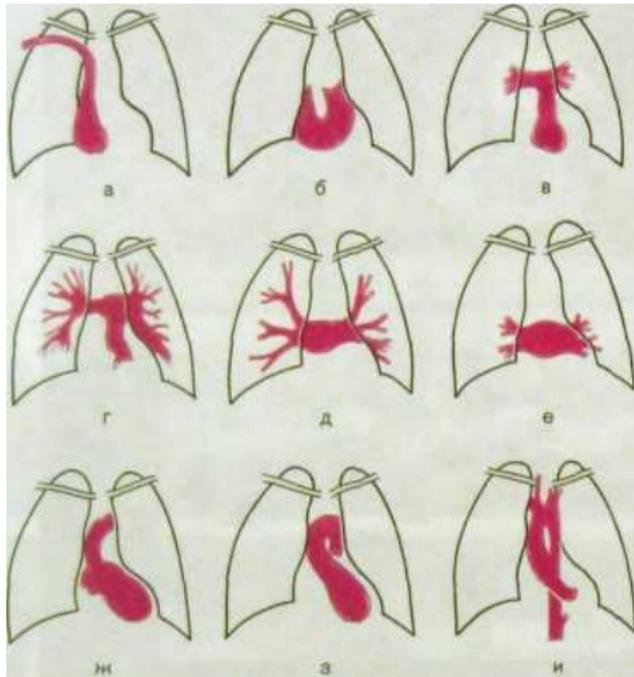


Рис. III.61. Последовательность заполнения полостей сердца и сосудов контрастным веществом при ангиокардиографии.

а — через I с после введения препарата в локтевую вену; б-и — изображения, получаемые через каждую последующую секунду исследования.

ную субтракционную ангиографию (ДСА). Как уже отмечалось в предыдущей главе, ДСА на основе компьютерной технологии позволяет получать изолированное изображение сосудистого русла без теней костей и окружающих мягких тканей. При соответствующих финансовых возможностях ДСА со временем полностью заменит обычную аналоговую ангиографию.

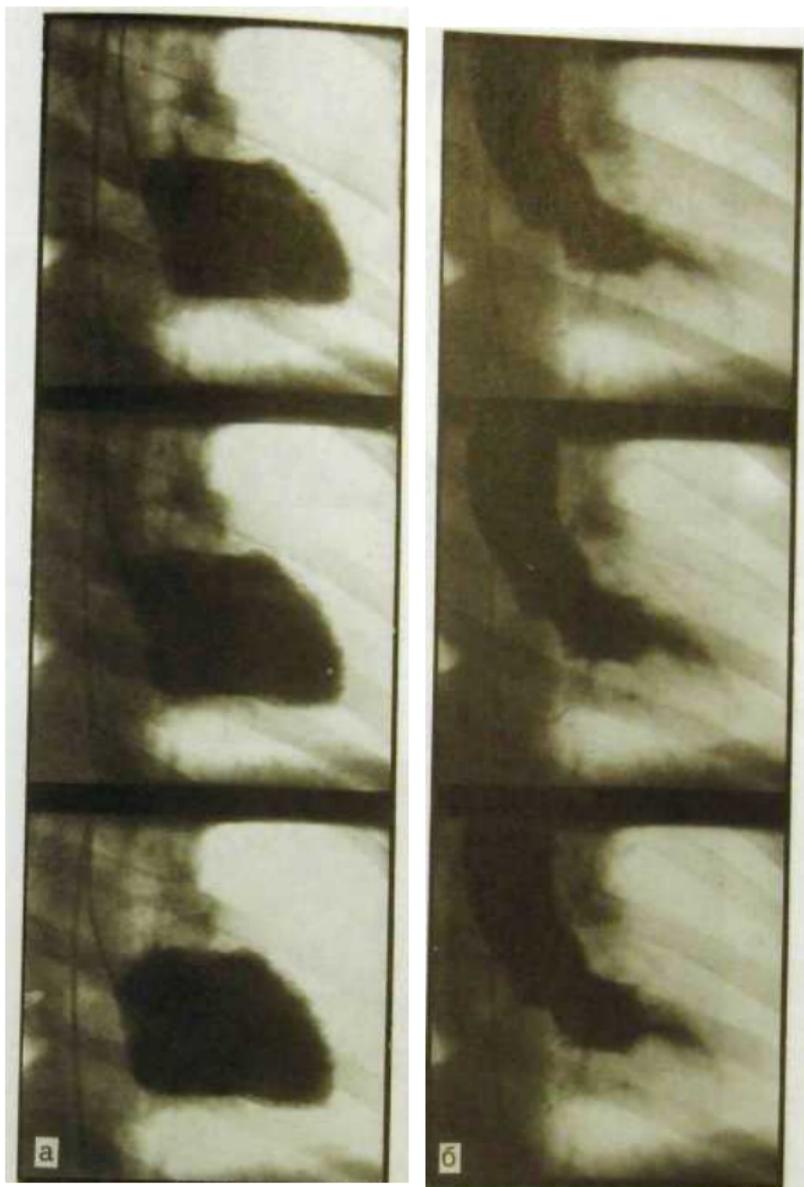


Прославленный немецкий микробиолог Роберт Кох охотно и внимательно лечил простых людей. Однажды его пригласили к кайзеру Вильгельму.  
— Надеюсь, вы будете лечить меня не так, как голодранцев в вашей больнице? — спросил монарх.  
— Это невозможно, ваше Величество, — с достоинством ответил Кох. — Ведь говорят, что я обслуживаю своих пациентов как королей.

*(Медики и пациенты обмениваются шутками. — Ташкент, 1985)*

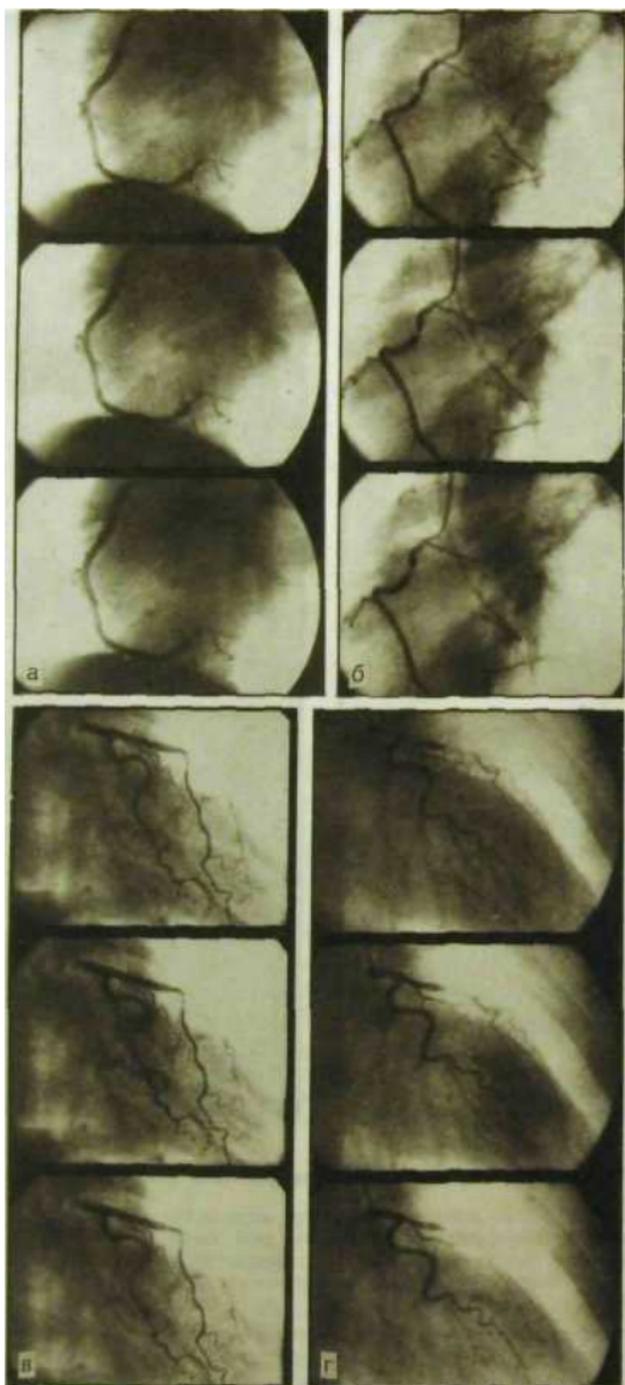
«Что есть чудак? Чудак есть человекоподобное существо, кое способно творить чудеса, невзирая на сопротивление действительности, всегда — подобно молоку — стремящейся закиснуть».

*(А.М. Горький)*



"ис. Ш.62. Левая венстрикулография. Контрастное вещество заполняет полость левого желудочка сердца.

а — фаза диастолы; б — фаза систолы.



## 3.2. Лучевое исследование функции сердца

У здорового человека примерно 1 раз в секунду по миокарду распространяется волна возбуждения — происходит сокращение и затем расслабление сердца. Самым простым и доступным методом их регистрации является *рентгеноскопия*. Она позволяет визуально оценить сокращения и расслабления сердца, пульсацию аорты и легочной артерии. При этом, меняя положение пациента за экраном, можно вывести на контур, т.е. сделать краеобразующими, все отделы сердца и сосудов. Однако в последнее время в связи с развитием ультразвуковой диагностики и широким внедрением ее в клиническую практику роль рентгеноскопии в изучении функциональной деятельности сердца из-за существующей при ней достаточно высокой лучевой нагрузки заметно уменьшилась.

Основным методом изучения сократительной функции сердечной мышцы является ультразвуковое исследование.

В кардиологии применяют несколько ультразвуковых методик: одномерную эхокардиографию — М-метод; двухмерную эхокардиографию (сонографию) — В-метод; одномерную доплерэхокардиографию; двухмерное цветное доплеровское картирование. Эффективным методом изучения сердца является также дуплексное исследование — сочетание сонографии и доплерографии.

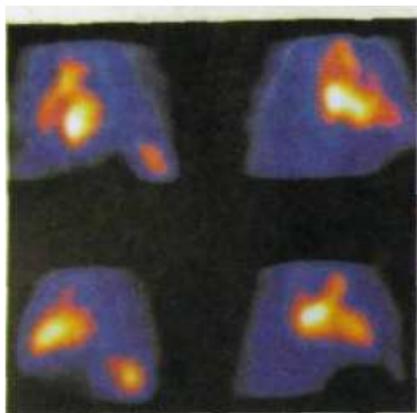
Общая характеристика всех этих методов ультразвукового исследования дана в части II учебника.

*Одномерная эхокардиограмма* имеет вид группы кривых, каждая из которых соответствует определенной структуре сердца: стенке желудочка и предсердия, межпредсердной и межжелудочковой перегородке, клапанам, перикарду и т.д. Амплитуда кривой на эхокардиограмме указывает на размах систолических движений регистрируемой анатомической структуры.

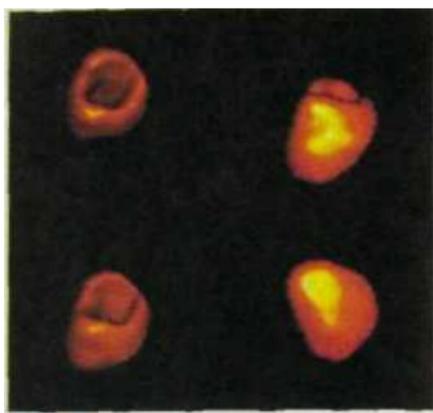
*Сонография* дает возможность наблюдать на экране дисплея движения стенок сердца и клапанов в реальном времени. Для изучения ряда показателей, характеризующих функцию сердца, на экране монитора обводят контур сердца на стоп-кадрах, зафиксированных на вершине зубца *R* электрокардиограммы и нисходящем колене зубца *T*. Специальная компьютерная программа, имеющаяся в ультразвуковой установке, позволяет сопоставить и проанализировать эти два изображения и получить параметры конечного систолического и конечного диастолического объемов левого желудочка и предсердий, размер поверхности правого желудочка, величину фракции выброса желудочков, фракции опорожнения предсердий, систолического и минутного объемов, толщину стенок миокарда. Весьма ценно, что при этом могут быть получены показатели *регионарной сократимости стенки левого желудочка*, что чрезвычайно важно в диагностике ишемической болезни сердца и других поражений сердечной мышцы.

**Рис. III.63.** Коронарография — серия кинокадров.

а - нормальная правая коронарная артерия; б - правая коронарная артерия при атеросклерозе; в - нормальная левая коронарная артерия; г - левая коронарная артерия при атеросклерозе.



**Рис. III.64.** Сцинтиграфия сердца при циркуляции РФП в крови — равновесная вентрикулограмма.



**Рис. III.65.** Объемная реконструкция сердца при радионуклидном исследовании.

*Допплерографию* сердца производят преимущественно в импульсном режиме. С ее помощью удастся не только изучать движение клапанов и стенок сердца в любой фазе сердечного цикла, но также в выбранном контрольном объеме измерять скорость движения крови, направление и характер ее течения. Особое значение в исследовании функциональных параметров сердца приобрели *новые методы доплерографии: цветное картирование, энергетический и тканевый доплер* (см. часть II учебника). *В настоящее время указанные варианты ультразвукового исследования являются ведущими инструментальными методиками обследования кардиологических больных, особенно в поликлинической практике.*

Наряду с ультразвуковой диагностикой в последнее время бурно развивались *радионуклидные методы* исследования сердца и сосудов. Среди этих методов необходимо выделить три: *равновесную вентрикулографию (динамическая радиокардиография), радионуклидную ангиокардиографию и перфузионную сцинтиграфию.* Они позволяют получить важную, подчас уникальную информацию о функции сердца, не требуют катетеризации сосудов, их можно выполнять как в покое, так и после функциональных нагрузок. Последнее обстоятельство наиболее важно при оценке *резервных способностей сердечной мышцы.*

*Равновесная вентрикулография* является одним из наиболее распространенных методов исследования сердца. С ее помощью определяют насосную функцию сердца и характер движения его стенок. Объектом исследования служит, как правило, левый желудочек, но разработаны специальные приемы и для изучения правого желудочка сердца. Принцип метода состоит в регистрации *серии* изображений в памяти компьютера гамма-камеры. Эти изображения получаются от гамма-излучения РФП, введенных в кровь и длительно находящихся в кровотоке, т.е. не диффундирующих через стенку сосудов. Концентрация таких РФП в кровеносном русле длительное время остается постоянной, поэтому принято говорить, что исследуется *кровенной пул* (от англ. pool — лужа, бассейн) (рис. III.64, III.65).

Наиболее простой способ создания кровяного пула — введение в кровь альбумина. Однако белок все же расщепляется в организме, а освободившийся при этом радионуклид покидает кровяное русло, и радиоактивность крови при этом постепенно падает, вследствие чего снижается точность исследования. Более адекватным способом создания стабильного радиоактивного пула оказалась *метка эритроцитов* пациента. С этой целью ему предварительно вводят в вену небольшое количество пирофосфата — около 0,5 мг. Он активно абсорбируется на эритроцитах. Через 30 мин внутривенно вводят 600 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетата, который моментально соединяется с абсорбированным эритроцитами пирофосфатом. При этом получается прочное соединение. Заметьте, что мы впервые столкнулись с методикой радионуклидного исследования, при которой *РФП «приготавливают» в организме пациента*.

Прохождение радиоактивной крови по камерам сердца регистрируется в памяти компьютера с помощью электронного устройства, называемого триггером. Он «привязывает» сбор информации с детектора гамма-камеры к электрическим сигналам электрокардиографа. Собрав информацию о 300—500 кардиоциклах (после полного разведения РФП в крови, т.е. стабилизации кровяного пула), компьютер группирует их в серию изображений, главными из которых являются отражающие конечно-систолическую и конечно-диастолическую фазы. Одновременно создается несколько промежуточных изображений сердца на протяжении кардиоцикла, например каждые 0,1 с.

Подобная процедура формирования медицинских изображений из большой серии необходима, чтобы получить достаточную *«статистику счета»*, при которой результирующие изображения будут иметь достаточно высокое качество, необходимое для анализа. Это касается любого анализа — и визуального, и компьютерного.

*В радионуклидной диагностике, как и во всей лучевой диагностике, действует главное правило «качества достоверности»: сбор возможно большего количества информации (квантов, электрических сигналов, циклов, образов и др.).*

С помощью компьютера по интегральной кривой, построенной по результатам анализа изображений сердца, рассчитывают фракцию выброса, скорость наполнения и опорожнения желудочка, длительность систолы и диастолы. *Фракцию выброса (ФВ) определяют по формуле:*

$$\text{ФВ} = \frac{\text{ДО} - \text{СО}}{\text{ДО}} \cdot 100 \%,$$

где ДО и СО — величины скорости счета (уровни радиоактивности) в конечно-диастолическую и конечно-систолическую фазы кардиоцикла.

*Фракция выброса является одним из наиболее чувствительных показателей функции желудочков.* В норме она колеблется около 50 % для правого и 60 % для левого желудочка. У больных с инфарктом миокарда ФВ всегда уменьшена пропорционально объему поражения, что имеет известное прогностическое значение. Этот показатель оказывается сниженным также

при ряде поражений сердечной мышцы: кардиосклерозе, миокардиопатии, миокардите и др.

*Равновесная вентрикулография* может быть использована для выявления органических нарушений сократительной способности левого желудочка: *локальных дискинезий, гипокинезии, акинезии*. С этой целью изображение желудочка делят на несколько сегментов — от 8 до 40. Для каждого сегмента изучают перемещение стенки желудочка при сокращениях сердца. Немалую ценность представляет равновесная вентрикулография для обнаружения пациентов, у которых снижены функциональные резервы сердечной мышцы. Такие люди образуют группу высокого риска развития острой сердечной недостаточности или инфаркта миокарда. Им проводят это исследование в условиях дозированной велоэргометрической нагрузки, чтобы обнаружить участки стенки желудочка, которые не справляются с нагрузкой, хотя в спокойном состоянии пациента отклонений не наблюдается. Подобное состояние называют *стресс-индуцированной миокардиальной ишемией*.

Равновесная вентрикулография дает возможность вычислить *фракцию регургитации*, т.е. величину обратного выброса крови при пороках сердца, сопровождающихся недостаточностью клапанного аппарата. Достоинством метода является и то, что исследование можно вести длительно, в течение нескольких часов, изучая, например, влияние лекарственных средств на деятельность сердца.

*Радионуклидная ангиокардиография — метод чередования первого прохождения РФП по камерам сердца после быстрого внутривенного введения его в небольшом объеме (болюсе).*

Обычно применяют <sup>99m</sup>Tc-пертехнетат активностью 4–6 МБк на 1 кг массы тела в объеме 0,5–1,0 мл. Исследование проводят на гамма-камере, оснащенной высокопроизводительным компьютером. В память компьютера записывается серия изображений сердца во время прохождения по нему РФП (15–20 кадров в течение не более 30 с). Затем, выбрав «зону интереса» (обычно это область корня легкого или правого желудочка), анализируют интенсивность излучения РФП. В норме кривые прохождения РФП по правым камерам сердца и через легкие имеют вид одного высокого крутого пика. При патологических состояниях кривая уплощается (при разбавлении РФП в сердечных камерах) или удлиняется (при задержке РФП в камере).

При некоторых врожденных пороках сердца происходит сброс артериальной крови из левых камер сердца в правые. Такие шунты (их называют *левоправыми*) бывают при дефектах в перегородке сердца. На радионуклидных ангиокардиограммах левоправый шунт выявляется как повторный подъем кривой в «зоне интереса» легких. При других врожденных пороках сердца венозная кровь, еще не обогащенная кислородом, вновь поступает, минуя легкие, в большой круг кровообращения (*праволевые шунты*). Признак такого шунтирования на радионуклидной ангиокардиограмме — появление пика радиоактивности в области левого желудочка и аорты до того, как максимум радиоактивности будет зарегистрирован в области легких. При приобретенных пороках сердца ангиокардиограммы позволяют установить степень регургитации через митральное и аортальное отверстия.

*Перфузионную сцинтиграфию* миокарда применяют главным образом для исследования миокардиального кровотока и в определенной степени — для суждения об уровне метаболизма в сердечной мышце. Ее проводят с препаратами  $^{201}\text{Tl}$ -хлорид и  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -сесамиби. Оба РФП проходят по сосудам, питающим сердечную мышцу, быстро диффундируют в окружающую мышечную ткань и включаются в метаболические процессы, имитируя при этом ионы калия. Таким образом, интенсивность накопления указанных РФП в сердечной мышце отражает объем кровотока и уровень метаболических процессов в сердечной мышце.

Накопление РФП в миокарде происходит довольно быстро и достигает максимума через 5—10 мин. Это позволяет провести исследование в различных проекциях. Нормальное перфузионное изображение левого желудочка на *сцинтиграммах* имеет вид однородной полковообразной тени с центральным дефектом, который соответствует полости желудочка. Возникающие при инфаркте зоны ишемии при этом будут отображаться как участки с пониженной фиксацией РФП. Более наглядные и, главное, достоверные данные при изучении миокардиальной перфузии могут быть получены при использовании *однофотонной эмиссионной томографии*. В последние годы интересные и важные физиологические сведения о функционировании сердечной мышцы стали получать при использовании в качестве РФП ультракороткоживущих позитронизлучающих нуклидов, например  $^{18}\text{F}$ -DG, т.е. при применении *двухфотонной эмиссионной томографии*. Однако пока это возможно только в отдельных крупных научных центрах.

Новые возможности в оценке функции сердца появились в связи с совершенствованием *компьютерной томографии*, когда стало реальностью выполнение серии томограмм с короткими выдержками на фоне болюсного введения рентгеноконтрастного вещества. В вену локтевого сгиба автоматически шприцем вводят 50—100 мл неионного контрастного вещества — омнипака или ультрависта. Сравнительный анализ срезов сердца с использованием компьютерной денситометрии позволяет определить движение крови в полостях сердца на протяжении сердечного цикла.

Особенно ощутимо продвинулась компьютерная томография в исследовании сердца в связи с созданием электронно-лучевых компьютерных томографов. Подобные аппараты позволяют не только получать большое количество снимков с очень короткой экспозицией, но и создавать имитацию динамики сердечных сокращений в реальном времени и даже выполнять трехмерную реконструкцию движущегося сердца.

Другой не менее динамично развивающийся метод исследования функции сердца — *магнитно-резонансная томография*. Благодаря высокой напряженности магнитного поля и созданию нового поколения высокопроизводительных компьютеров появилась возможность собирать нужную для реконструкции изображения информацию за очень короткие промежутки времени, в частности анализировать конечно-систолическую и конечно-диастолическую фазы сердечного цикла в режиме реального времени.

В распоряжении врача имеется немало лучевых способов оценки сократительной функции сердечной мышцы и миокардиального кровотока. Однако, как бы ни стремился врач ограничиваться неинвазивными методи-

ками, у ряда больных приходится использовать более сложные процедуры, связанные с катетеризацией сосудов и искусственным контрастированием полостей сердца и коронарных сосудов,— *рентгенологическую вентрикулографию и коронарографию*.

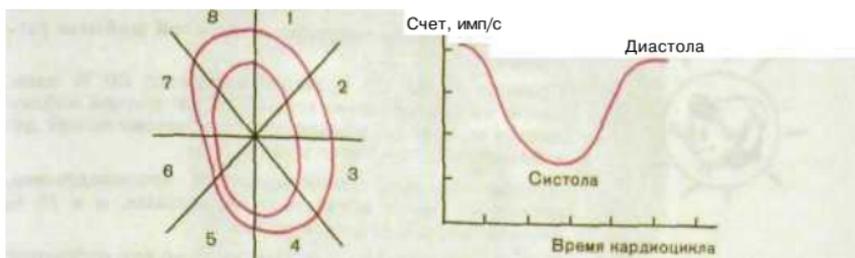
*Вентрикулография* необходима потому, что она обладает более высокими, чем другие методы, чувствительностью и точностью при оценке функции левого желудочка. Это особенно относится к выявлению нарушений локальной сократимости левого желудочка. Сведения о регионарных расстройствах миокарда необходимы для определения тяжести ишемической болезни сердца, оценки показаний к оперативным вмешательствам, транслюминальной ангиопластике коронарных артерий, тромболизису при инфаркте миокарда. Кроме того, вентрикулография позволяет объективно оценить результаты нагрузочных и диагностических проб при ишемической болезни сердца (теста предсердной стимуляции, велоэргометрической пробы и др.).

Рентгеноконтрастное вещество вводят в объеме 50 мл со скоростью 10—15 мл/с и выполняют киносъемку. На кинокадрах отчетливо отображаются изменения тени контрастного вещества в полости левого желудочка. При внимательном рассмотрении кинокадров удастся заметить выраженные нарушения сократимости миокарда: отсутствие движения стенки на каком-либо участке или парадоксальные движения, т.е. взбухание в момент систолы.

Для выявления менее выраженных и локальных расстройств сократимости принято проводить отдельный анализ 5—8 стандартных сегментов силуэта левого желудочка (для снимка в правой передней косой проекции под углом 30°). На рис. 111.66 изображено деление желудочка на 8 сегментов. Для оценки сократимости по сегментам предложены разные способы. Один из них заключается в том, что из середины длинной оси желудочка проводят 60 радиусов к контурам тени желудочка. Измеряют каждый радиус в конечно-диастолическую фазу и соответственно степень его укорочения при сокращении желудочка. На основании этих измерений производят компьютерную обработку и диагностику регионарных расстройств сократимости.

Незаменимым прямым способом изучения коронарного кровотока является *селективная коронарография*. Через катетер, введенный последовательно в левую, а затем в правую коронарную артерию, автоматическим иньектором вливают рентгеноконтрастное вещество и производят киносъемку. На полученных снимках отражается как морфология всей системы коронарных артерий, так и характер кровообращения во всех отделах сердца.

Показания к коронарографии довольно широки. Во-первых, коронарография показана во всех недостаточно ясных случаях для верификации ишемической болезни сердца, выбора метода лечения при остром инфаркте миокарда, дифференциальной диагностики инфаркта миокарда и миокардиопатии, а также в сочетании с повторной биопсией сердца — при подозрении на реакцию отторжения при его пересадке. Во-вторых, к коронарографии прибегают в случаях строгого профессионального отбора при подо-



а

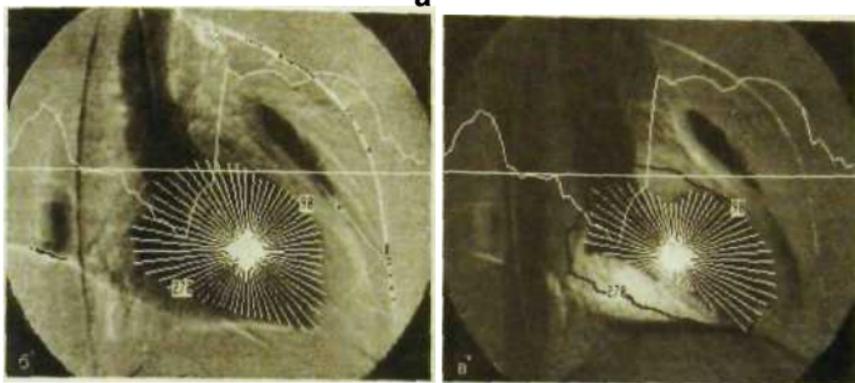


Рис. III.66. Измерение левого желудочка при рентгеновской вентрикулографии. а — изометрические кривые систолического (внутренний) и диастолического (наружный) контуров сердца с разбивкой по секторам 1—8 и кривая сокращения левого желудочка во время одного кардиоцикла; б и в — измерение радиусов левого желудочка в фазе диастолы и фазе систолы.

зрении на возможность поражения коронарных артерий у пилотов, авиадиспетчеров, водителей междугородных автобусов и поездов, поскольку развитие острого инфаркта миокарда у таких работников представляет угрозу для пассажиров и окружающих людей.

Абсолютным противопоказанием к коронарографии является непереносимость контрастного вещества. Относительными противопоказаниями считают тяжелые поражения внутренних органов: печени, почек и др. *Коронарографию можно производить только в специально оснащенных рентгенооперационных блоках*, которые обеспечены всеми средствами восстановления сердечной деятельности. В некоторых случаях введение контрастного вещества (а его приходится вводить несколько раз в каждую венечную артерию, если применять функциональные пробы) может сопровождаться брадикардией, экстрасистолией, а иногда и временной поперечной блокадой сердца и даже фибрилляцией. Помимо визуального анализа коронарограмм, проводят их компьютерную обработку. Для анализа контуров тени артерий выделяют на дисплее только очертания артерии. При стенозе строят график стеноза.



### Основные закономерности научной работы (отрывки)

Правило 20/80: 20 % людей выпивают 80 % пива. Такое же соотношение концентрации усилий наблюдается во всех остальных областях человеческой деятельности, в том числе в науке.

Лучшие эксперты сопротивляются нововведениям, потому что хотят оставаться экспертами, и в 75 % случаев они оказываются правы.

Любой работник двумя годами моложе вас неопытен; любой работник пятью годами старше вас — отсталый старик.

(Физики продолжают шутить. — М.: Мир, 1968)

## 3.3. Лучевые симптомы поражения сердца

Как видно из изложенного выше, врач-кардиолог благодаря лучевым методам получает обширную информацию о морфологии и функции сердца и магистральных сосудов, объективные данные о малейших отклонениях от нормы. На основании многочисленных выявленных симптомов и строится окончательный клинический диагноз болезни. Целесообразно рассмотреть признаки патологии сердца, которые наиболее часто наблюдает врач общей практики. Это в основном рентгенологические симптомы изменения положения, формы, величины и сократительной функции сердца.

**Изменение положения сердца.** У здорового человека сердце находится в передненижнем отделе грудной полости. При изменении положения тела оно перемещается в пределах нескольких сантиметров, совершая одновременно повороты вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Одной из врожденных аномалий является правостороннее положение сердца — его *декстропозиция*. Сердце может быть смещено в сторону при выпотном плеврите, большой диафрагмальной грыже или опухоли. Перетягивание сердца часто наблюдается при сморщивании легочной ткани. Исследование состояния легких и диафрагмы обычно позволяет без труда установить причину аномального положения сердца.

**Изменения формы сердца.** Форма сердца в рентгеновском изображении — величина переменная. Она зависит от положения тела в пространстве и уровня стояния диафрагмы. Форма сердца неодинакова у ребенка и взрослого, у женщин и мужчин, но в общем сердце по форме напоминает вытянутый овал, расположенный косо по отношению к срединной линии тела. Достаточно хорошо выражена граница между тенью сердца и тенью магистральных сосудов (талия сердца), четко выделяются контуры сердечного силуэта, ограниченные дугообразными линиями. Такую форму сердца с ясно видимыми дугами считают нормальной.

Разнообразные вариации формы сердца в патологических условиях могут быть сгруппированы следующим образом: *митральная*, *аортальная* и *трапецевидная (треугольная) формы* (рис. III.67). При *митральной форме* талия сердца исчезает, вторая и третья дуги левого контура

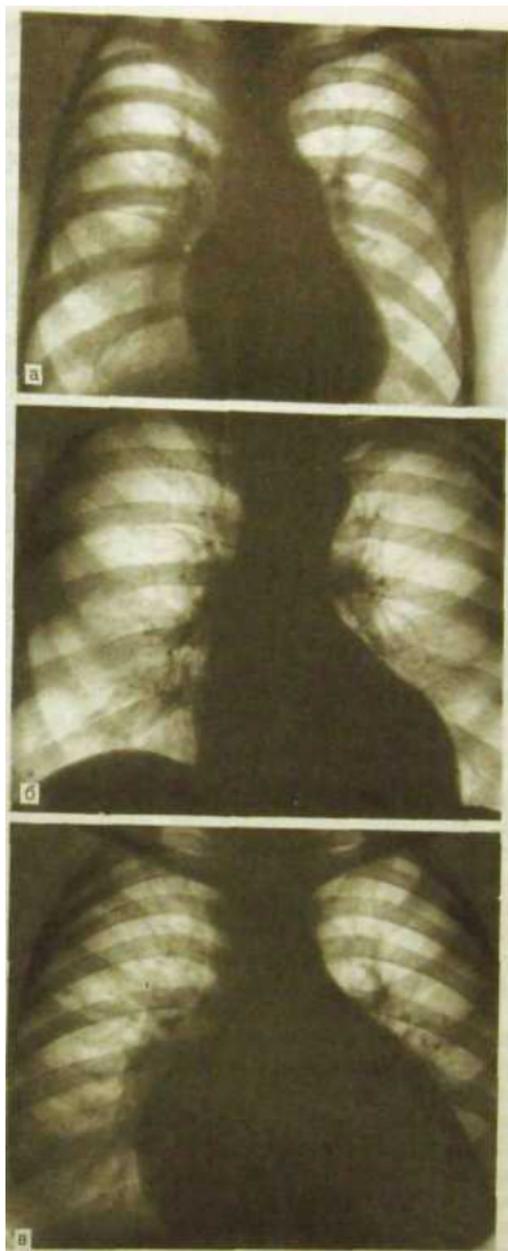


Рис. III.67. Форма тени сердца на рентгенограммах в прямой проекции  
а — митральная; б — аортальная; в — трапециевидная (треугольная).

сердечно-сосудистого силуэта удлиняются и больше, чем обычно, выступают в левое легочное поле. Выше, чем в норме, располагается правый сердечно-сосудистый угол. При *аортальной форме* талия сердца, наоборот, резко выражена, между первой и четвертой дугами левого контура возникает глубокое западение контура. Правый сердечно-сосудистый угол смешается книзу. Удлинены и более выпуклы дуги, соответствующие аорте и левому желудочку сердца.

Сама по себе митральная или аортальная конфигурация сердца еще не доказывает наличия заболевания. Форма сердца, близкая к митральной, встречается у молодых женщин, а близкая к аортальной — у немолодых людей гиперстенической конституции. Признаком патологического состояния является *сочетание митральной или аортальной формы сердца с его увеличением*. Наиболее частой причиной возникновения митральной формы сердца является перегрузка левого предсердия и правого желудочка. Следовательно, *к митрализации сердца ведут в первую очередь митральные пороки сердца и obstructивные заболевания легких*, при которых повышается давление в малом круге кровообращения. Наиболее частой причиной *аортальной конфигурации сердца служат перегрузка левого желудочка и восходящей части аорты. К ней ведут аортальные пороки, гипертоническая болезнь, атеросклероз аорты.*

Диффузные поражения сердечной мышцы или накопление жидкости в перикарде вызывают общее и сравнительно равномерное увеличение тени сердца. При этом теряется разделение его очертаний на отдельные дуги. Подобную форму сердца принято называть трапециевидной или треугольной. Она встречается при *диффузных поражениях миокарда (дистрофия, миокардит, миокардиопатия) или при наличии выпота в сердечной сорочке (экссудативный перикардит).*

**Изменение величины сердца.** Изменение размеров сердечных камер — важный признак патологического состояния. Расширение камер выявляют с помощью лучевых методов. Наиболее доступно это при ультразвуковом и рентгенологическом исследованиях. Общее увеличение сердца может происходить в результате выпота в перикард либо вследствие расширения всех камер сердца (застойная кардиопатия). Ультразвуковое исследование позволяет сразу разграничить эти два состояния.

Гораздо чаще приходится диагностировать расширение отдельных камер сердца. Опять-таки здесь основное значение имеет эхография (М-метод или сонография). Рентгенологическими признаками увеличения отдельных камер сердца являются удлинение и большая выпуклость соответствующей дуги на рентгенограмме.

**Изменение сокращений сердца.** С помощью лучевых методов могут быть оценены частота сокращений сердца и пульсация сосудов, глубина и ритм сокращений, скорость движения стенки сердца в момент сокращения, направление движения (нормальное или парадоксальное), появление дополнительных сокращений и расслаблений, изменение толщины стенок сердца в момент сокращения и расслабления. Все эти симптомы поражения сердца обычно устанавливают при сонографии, реже, в случае отсутствия возможности ее выполнения, с помощью рентгеноскопии. В норме диапазон движения стенки левого желудочка составляет 10—12 мм, а правого — 4—5 мм.

### 3.4. Лучевая картина поражений сердца

#### 3.4.1. Ишемическая болезнь сердца Инфаркт миокарда

**Ишемическая болезнь сердца** обусловлена нарушением коронарного кровотока и постепенным снижением сократимости миокарда в зонах ишемии. Нарушения сократительной функции миокарда могут быть выявлены с помощью различных методов ультразвуковой диагностики. Самый простой и доступный из них — *эхокардиография*. При этом определяется неравномерность сокращений различных участков стенки левого желудочка. В зоне ишемии обычно наблюдается снижение амплитуды движения стенки желудочка во время систолы. Уменьшены толщина межжелудочковой перегородки и систолическое утолщение миокарда. Фракция выброса левого желудочка уменьшена при усилении сокращений левого желудочка (в дальнейшем снижается и фракция выброса правого желудочка). Локальные нарушения сократимости наблюдают в тот период, когда еще нет выраженных признаков недостаточности кровообращения.

Ценные сведения о кровотоке в сердечной мышце позволяют получить *радионуклидные исследования* — *перфузионная скintiграфия* и *однофотонная эмиссионная томография*. С помощью этих методик может быть получена не только качественная, но и, что особенно важно, количественная характеристика глубины поражения сердечной мышцы. Особенно эффективны радионуклидные методы при выполнении нагрузочных тестов, в частности велоэргометрической пробы. Скintiграммы с  $^{201}\text{Tl}$ -хлоридом выполняют дважды: сразу же после физической нагрузки и после отдыха (в течение 1—2 ч). У больных с ишемией миокарда исходная скintiграмма показывает пониженную фиксацию РФП. Нормализация скintiграфической картины после отдыха свидетельствует о проходящем нарушении кровообращения — стрессиндуцированной ишемии. Если ранее зарегистрированный дефект накопления **РФП** сохраняется, то отмечается стойкая утрата кровообращения, обычно в результате образования рубца на миокарде.

*Компьютерная томография* также может оказаться полезной в диагностике ишемической болезни сердца. Зона ишемизированной мышцы в условиях внутривенного контрастирования имеет более низкую плотность и характеризуется запаздыванием пика контрастирования. В этой зоне уменьшено систолическое утолщение миокарда, снижена подвижность внутреннего контура стенки желудочка.

Окончательное заключение о состоянии коронарного кровотока делают на основании результатов *коронарографии* (рис. 111.68). По рентгеновским снимкам можно опознать заполненные контрастным веществом венечные артерии с их ветвями 1—3-го порядка, установить локализацию и характер патологических изменений (сужение и извилистость сосудов, неровность их контуров, окклюзию при тромбозе, наличие краевых дефектов в местах атеросклеротических бляшек, состояние коллатералей). Однако основное назначение коронарографии — определение необходимости и выработка тактики проведения *транскатетеральной ангиопластики* либо сложного оперативного вмешательства — *аортокоронарного шунтирования*.

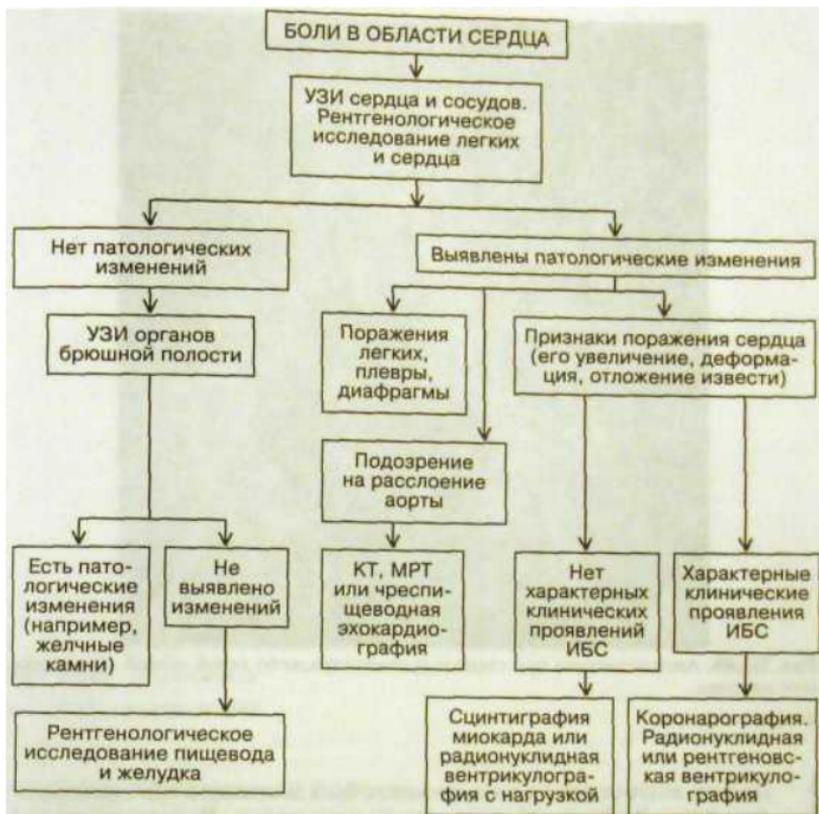


Рис. III.68. Коронарограмма при атеросклерозе. Сужение ветви левой коронарной артерии (указано стрелкой).

Основное клиническое проявление ишемии миокарда, как известно, — постоянные или рецидивирующие боли в области сердца. Однако схожие боли могут возникать при миокардиопатиях, стенозе аортального устья, сухом перикардите, заболеваниях легких и диафрагмы, двигательных расстройствах пищевода и нейроциркуляторных нарушениях. Ниже в виде диагностической программы представлена тактика лучевого обследования при дифференциальной диагностике этих патологических состояний.

Одним из широко применяемых способов лечения ишемической болезни, вызванной стенозом или обструкцией коронарной артерии либо ее ветви, является *чрескожная транслюминальная ангиопластика*. В суженный сегмент сосуда под рентгенологическим контролем вводят тонкий катетер с баллоном. Раздуванием баллончика добиваются уменьшения или ликвидации стеноза и восстановления коронарного кровотока (рис. ИГ.69).

**Острый инфаркт миокарда** распознают на основании клинической картины, результатов электрокардиографии, исследования кардиоспецифических энзимов и концентрации миоглобина в сыворотке крови. Однако в сомнительных случаях, а также для уточнения локализации и объема инфаркта и состояния легочного кровообращения используют лучевые методы. Уже в палате или реанимационном отделении можно произвести рентгенографию грудной полости. Сразу после инфаркта на снимках отмечается увеличение тени сердца, наблюдается венозное полнокровие легких, особенно в верхних долях, вследствие снижения насосной функции сердца. При ухудшении состояния больного полнокровие переходит в интерстициальный отек или смешанный интерстициально-аль-



веоларный отек легких. По мере улучшения состояния больного явления отека и полнокровия легких исчезают. В первые 2 нед после инфаркта размеры сердца на повторных рентгенограммах уменьшаются приблизительно на четверть, причем у молодых людей это происходит медленнее, чем у более пожилых лиц.

*Ультразвуковое исследование* также может быть выполнено у постели больного. В первые же часы заболевания удается выявить зоны общего или локального нарушения сократимости левого желудочка, отметить его расширение. Особенно характерно появление участка гипокинезии в зоне нарушения кровоснабжения при гиперкинезии интактных соседних участков. Важны повторные ультразвуковые исследования, чтобы отличить свежий инфаркт от рубцовых изменений. Сонография позволяет распознать такие осложнения инфаркта, как разрыв папиллярных мышц с нарушением функции митрального клапана и разрыв межжелудочковой перегородки.



Рис. III.69. Ангиопластика при стенозе (указан стрелкой) левой общей подвздошной артерии.

а — до операции.

Прямая визуализация миокарда может быть достигнута при *сцинтиграфии* или *однофотонной эмиссионной томографии*. Ишемизированная зона способна накапливать  $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфат и создавать таким образом ограниченный участок гиперфиксации (*позитивная сцинтиграфия*). При введении больному  $^{201}\text{Tl}$ -хлорида сцинтиграфическая картина сердца противоположна: на фоне нормального изображения сердечной мышцы определяется дефект накопления РФП (*негативная сцинтиграфия*).

Лучевые методы необходимы для распознавания *постинфарктной аневризмы*. При ультразвуковом сканировании и КТ отмечаются истончение стенки желудочка в области аневризмы, парадоксальная пульсация этого участка стенки, деформация полости желудочка и снижение фракции выброса. *Доплерография* позволяет обнаружить вихревые движения крови в аневризме и снижение скорости кровотока в области верхушки желудочка. Как на *сонограммах*, так и на *компьютерных томограммах* могут быть обнаружены внутрисердечные тромбы. Определить зону инфаркта миокарда и получить прямое изображение аневризмы сердца можно с помощью МРТ.



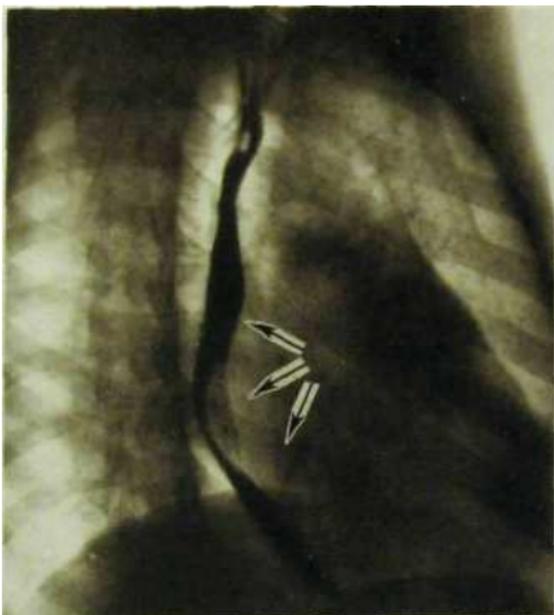
**Ряс. III.69.** *Продолжение.*

б — после ангиопластики.

### 3.4.2. Митральные пороки

Лучевая диагностика митральных пороков сердца строится в основном на ультразвуковых и рентгенологических данных. При недостаточности митрального клапана не происходит полного смыкания его створок во время систолы, что ведет к забрасыванию крови из левого желудочка в левое предсердие. Последнее переполняется кровью, давление в нем повышается. Это отражается на легочных венах, которые впадают в левое предсердие,— развивается венозное полнокровие легких. Повышение давления в малом круге передается на правый желудочек. Его перегрузка приводит к гипертрофии миокарда. Левый желудочек также расширяется, поскольку при каждой диастоле он принимает увеличенный объем крови.

*Рентгенологическая картина* недостаточности митрального клапана складывается из изменений самого сердца и легочного рисунка. Сердце приобретает митральную форму. Это означает, что талия его сглаживается, а правый сердечно-сосудистый угол располагается выше обычного уровня. Вторая и третья дуги левого контура сердечной тени выступают в легочное поле в связи с расширением легочного конуса и

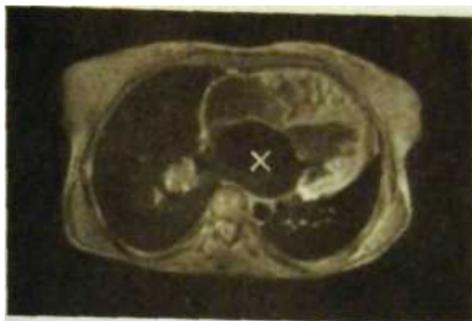


**Рис. III.Ю.** Рентгенограмма в правой косо́й проекции с контрастированным пищеводом - Митральный порок сердца с преобладанием недостаточности митрального клапана. Оттеснение пищевода кзади по дуге большого радиуса (указано стрелками).

ствола легочной артерии. Четвертая дуга этого контура удлиняется и приближается к срединно-ключичной линии. При выраженной недостаточности клапана определяется расширение легочных вен как проявление венозного полнокровия легких. На снимках в косо́й проекции вырисовывается увеличение правого желудочка и левого предсердия. Последнее оттесняет кзади пищевод по дуге большого радиуса (рис. III.70).

Ценность *ультразвукового исследования* определяется тем, что морфологическая картина дополняется данными о внутрисердечной гемодинамике. Выявляется расширение левого предсердия и левого желудочка. Амплитуда открытия митрального клапана увеличена, над его створками регистрируются вихревые движения крови. Стенка левого желудочка утолщена, его сокращения усилены, причем в систолу определяется обратный (регургитационный) поток крови в левое предсердие.

При сужении митрального отверстия затруднен ток крови из левого предсердия в левый желудочек. Предсердие расширяется (рис. III.71). Остающаяся в нем при каждой систоле кровь препятствует опорожнению легочных вен. Возникает венозный легочный застой. При умеренном повышении давления в малом круге происходит лишь увеличение калибра легочных вен и расширение ствола и основных ветвей легочной артерии. Однако если давление достигает 40—60 мм рт.ст., то возникает спазм легочных



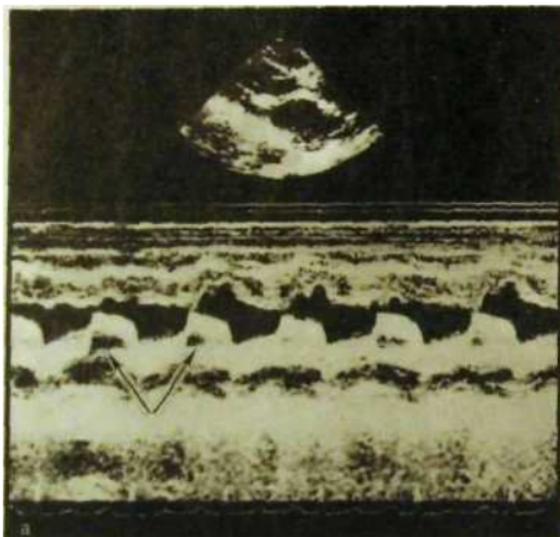
**Рис. 111.71.** Магнитно-резонансная томограмма сердца больного с митральным пороком. Расширение левого предсердия (x).

артериол и мелких ветвей легочной артерии. Это ведет к перегрузке правого желудочка. Он должен преодолеть два барьера: первый — на уровне стеноза митрального клапана и второй — на уровне спазмированных артериол.

При рентгенографическом исследовании в случае стеноза митрального отверстия также наблюдается митральная конфигурация сердца, но она отличается от недостаточности митрального клапана. Во-первых, талия сердца не только сглажена, но даже выбухает за счет легочного конуса, ствола легочной артерии и ушка левого предсердия. Во-вторых, четвертая дуга левого контура сердца не удлинена, так как левый желудочек не увеличен, а, наоборот, содержит меньше крови, чем в норме. Корни легких расширены за счет ветвей легочной артерии. Следствием лимфостаза и отека междольковых перегородок являются узкие тонкие полоски в нижне-наружных отделах легочных полей — так называемые *линии Керли*.

Наиболее показательна *ультразвуковая картина* стеноза митрального отверстия (рис. III.72). Левое предсердие расширено. Створки митрального клапана утолщены, их изображение на сонограммах может быть слоистым. Понижена скорость диастолического прикрытия створок митрального клапана, причем задняя створка начинает двигаться в одном направлении с передней (в норме — наоборот). При доплерографии контрольный объем располагают прежде всего над митральным клапаном. Кривая доплерограммы уплощена, в выраженных случаях поток крови имеет турбулентный характер.

Как при рентгенологическом исследовании, так и при сонографии могут быть обнаружены отложения извести в митральном кольце. На сонограммах они обуславливают сильные экосигналы, на рентгенограммах — глыбчатые тени неправильной формы, нередко группирующиеся в кольцо неравномерной ширины. Наибольшей чувствительностью в выявлении кальциноза обладает КТ, особенно выполняемая на электронно-лучевом томографе. Она позволяет регистрировать даже микрокальциноз. Кроме того, КТ и сонография дают возможность определить образование тромба в левом предсердии.



**Рис. Ш.72.** Стеноз митрального отверстия. Утолщение митрального клапана с кальцинозом створок и сужение атриовентрикулярного отверстия (указано стрелками).

а — М-эхокардиограмма; б — секторная сонограмма.

В изолированном виде каждый из митральных пороков встречается нечасто. Обычно наблюдается сочетанное поражение с формированием недостаточности митрального клапана и одновременно стеноза отверстия. Подобные сочетанные пороки обладают чертами каждого из них. Своеобразным патологическим состоянием митрального клапана является его пролабирование, т.е. провисание одной или обеих его створок в полость левого предсердия в момент сокращения левого желудочка. Это состояние распознают при ультразвуковом исследовании в режиме реального времени.

### 3.4.3. Аортальные пороки

При недостаточности аортального клапана его створки не обеспечивают герметичности левого желудочка: в диастолу часть крови из аорты возвращается в его полость. Возникает диастолическая перегрузка левого желудочка. На ранних этапах формирования порока компенсация осуществляется за счет увеличения ударного объема. Увеличенный выброс крови приводит к расширению аорты, преимущественно в ее восходящей части. Развивается гипертрофия миокарда левого желудочка.

При *рентгенологическом исследовании* определяется аортальная форма сердца. Талия сердца в результате удлинения и выпуклости дуги левого желудочка заметно углублена, подчеркнута. При *сонографии* сразу бросаются в глаза глубокие и быстрые сокращения левого желудочка и столь же размашистая пульсация восходящей аорты. Полость левого желудочка расширена, диаметр надклапанного отдела аорты увеличен. Важны и дополнительные данные: гипертрофия миокарда левого желудочка и мелкоамплитудные колебания передней створки митрального клапана от возвратной волны крови.

При другом аортальном пороке — стенозе устья аорты — левый желудочек не опорожняется полностью в фазу систолы. Остаток крови вместе с притекающей из левого предсердия кровью создает дополнительный объем, в результате чего полость левого желудочка расширяется, поэтому на рентгенограммах сердце принимает аортальную форму. Дуга левого желудочка закруглена и смещена влево. Параллельно расширяется восходящая часть аорты, поскольку в нее через суженное отверстие устремляется сильная струя крови. В целом картина похожа на аортальную недостаточность, однако имеется отличительный признак: если провести рентгеноскопию, то вместо быстрых и глубоких сокращений сердца наблюдаются медленные и напряженные движения стенки левого желудочка. Естественно, что данный признак — различие в характере движения желудочной стенки при двух видах аортального порока — должен быть выявлен при ультразвуковом исследовании, а рентгеноскопия допустима лишь в отсутствие данных эхокардиографии.

На *сонограммах* хорошо видны увеличение размеров камеры левого желудочка и утолщение миокарда, отчетливо выявляются уплотненные створки аортального клапана и уменьшенное их расхождение в систолу. Одновременно отмечается выраженный турбулентный характер потока крови на

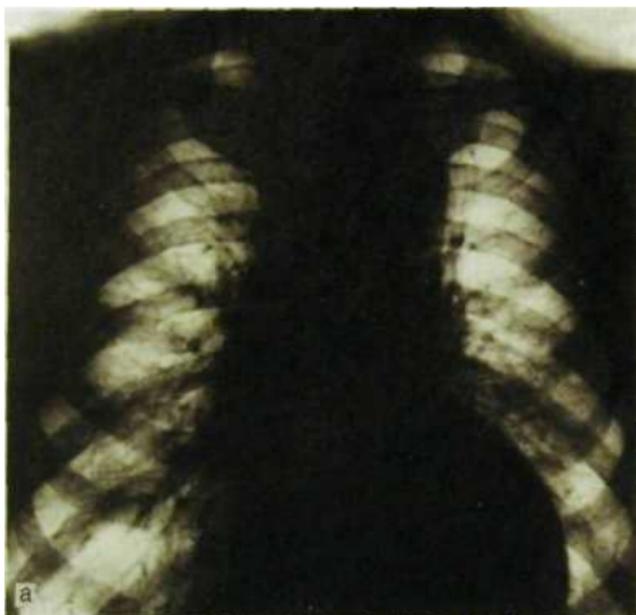


Рис. Ш.73. Сочетанный аортальный порок сердца. Аортальная форма сердца, увеличение левого желудочка, расширение восходящего отдела и дуги аорты, а — рентгенограмма в прямой проекции; б — в левой косой.

уровне аортального клапана и в надклапанном пространстве. При аортальных пороках, особенно при стенозе, возможны отложения извести в области фиброзного кольца и створок клапана. Их обнаруживают как при рентгенологическом исследовании - на рентгенограммах, томограммах, компьютерных томограммах, так и на сонограммах.

Сочетание стеноза и недостаточности аортального клапана как при рентгенологическом, так и при ультразвуковом исследовании проявляется комбинацией признаков каждого из пороков (рис. III.73). Следует отметить, что к аортальной конфигурации сердца на рентгенограммах ведут не только аортальные пороки, но и такие заболевания, как гипертоническая болезнь, атеросклероз аорты.

К числу *интервенционных вмешательств* при пороках сердца, в основном при митральном стенозе, относится *вальвулопластика*. С этой целью используют баллонный катетер: при раздувании баллона разрываются спайки между клапанами.

#### 3.4.4. Врожденные пороки

В руководствах по внутренним болезням и хирургии содержится описание многочисленных аномалий развития сердца и больших сосудов (врожденных пороков). В их распознавании важную, а иногда и решающую роль играют лучевые методы. Уже при *обычном рентгенологическом исследовании* устанавливают положение, величину и форму сердца, аорты, легочной артерии, верхней полой вены и характер их пульсации. Например, при аномальном венозном дренаже легких на фоне нижних отделов правого легкого вырисовывается крупная вена, которая не направляется в левое предсердие, а в виде изогнутого ствола следует к диафрагме (*симптом «ятагана»*) и далее в нижнюю полую вену. Отчетливо регистрируются такие аномалии, как обратное расположение внутренних органов, декстрокардия, недоразвитие левой ветви легочной артерии и др. Особое значение имеет оценка кровенаполнения легких. При таких пороках, как открытый артериальный (боталлов) проток, аортопульмональное окно, дефект межпредсердной или межжелудочковой перегородки, комплекс Эйзенменгера, наблюдается переток крови в малый круг (левоправый шунт), поскольку кровяное давление в левом желудочке и аорте выше, чем в системе легочной артерии. Следовательно, при анализе рентгенограммы в глаза сразу же бросается артериальное полнокровие легких, и наоборот, при тех пороках, при которых нарушено поступление крови в малый круг (тетрада и триада Фалло, стеноз легочной артерии, аномалия Эбштейна), отмечается снижение васкуляризации легких. *Доплерография с цветовым картированием* и *магнитно-резонансная ангиография* дают возможность проводить прямую регистрацию движения крови и объемной скорости кровотока в камерах сердца и больших сосудах.

Добавим в заключение, что лучевые исследования весьма важны как для контроля за течением послеоперационного периода, так и для оценки отдаленных результатов лечения.

### 3.4.5. Перикардиты

*Сухой перикардит* первоначально не дает симптомов при исследовании методами лучевой диагностики. Однако по мере утолщения и уплотнения листков перикарда его изображение появляется на *сонограммах* и *компьютерных томограммах*. Значительные перикардальные сращения ведут к деформации тени сердца на рентгенограммах. Особенно ярко вырисовываются отложения извести в перикардальных швртах. Иногда сердце на рентгенограммах словно заключено в известковую скорлупу («панцирное сердце»).

Накопление жидкости в перикарде уверенно распознают с помощью методов *ультразвуковой диагностики*. Основным признаком является наличие эхосвободной зоны между задней стенкой левого желудочка и перикардом, а при большем объеме жидкости — и в области передней стенки правого желудочка и позади левого предсердия (рис. III.74). Амплитуда движений перикарда, естественно, значительно снижается.

Столь же уверенно диагностируют сердечный выпот при *КТ и МРТ*. По данным КТ до некоторой степени можно судить и о характере выпота, так как примесь крови повышает поглощение рентгеновского излучения.

Накопление жидкости в полости перикарда ведет к увеличению тени сердца на *рентгенограмме*. Тень органа принимает треугольную форму, теряется изображение дуг сердца. При необходимости дренирования перикардальной полости его проводят под ультразвуковым контролем.



**Рис. III.74.** Секторная сонограмма. Выпотной перикардит.

1 — левый желудочек; 2 — скопление жидкости в полости перикарда.

## Законы Финэйгла

*Первый закон.* Если эксперимент может сорваться, он сорвется.

*Второй закон.* Какой бы результат ни ожидали кто-то захочет его фальсифицировать

*Третий закон.* Какой бы результат не получили кто-то истолкует его неверно.

*Четвертый закон.* Что бы ни наблюдалось кто-то будет утверждать, что все описывается его излюбленной теорией.

*Закон большого ляпа.* Самый очевидный и не нуждающийся в проверке результат всегда ошибочен.

*Следствие 1.* Никто из тех, к кому вы обратитесь за помощью, этого не заметит.

*Следствие 2.* Любой непрошенный советчик заметит это мгновенно.

(Химия и жизнь. — 1988. — № 4)



## 3.5. Лучевая ангиология

Лучевая ангиология и лучевая сосудистая хирургия выросли в обширную дисциплину, развивающуюся на стыке медицинской радиологии и хирургии. Успехи этой дисциплины связаны с четырьмя факторами: 1) лучевому исследованию доступны все артерии, все вены и венозные синусы, все лимфатические пути; 2) для изучения сосудистой системы могут быть использованы все лучевые методы: рентгенологический, радионуклидный, магнитно-резонансный, ультразвуковой, а это создает возможность сопоставления их данных, при котором они взаимно дополняют друг друга; 3) лучевые методы обеспечивают сопряженное исследование морфологии сосудов и кровотока в них; 4) под контролем лучевых методов могут осуществляться различные лечебные манипуляции на сосудах (рентгеноэндоваскулярные вмешательства). Они представляют собой альтернативу хирургическим операциям при ряде патологических состояний сосудов.

### 3.5.1. Грудная аорта

На рентгенограммах достаточно хорошо выделяется тень восходящей аорты, ее дуги и начало нисходящей части (см. рис. III.55—III.57). В надклапанном отделе ее калибр доходит до 4 см, а затем постепенно уменьшается, составляя в нисходящей части в среднем 2,5 см. Длина восходящей части варьирует от 8 до 11 см, а длина дуги аорты — от 5 до 6 см. Верхняя точка дуги на рентгенограмме находится на 2—3 см ниже яремной вырезки грудины. Тень аорты интенсивная, однородная, контуры ее ровные.

*Ультразвуковое исследование* дает возможность оценить толщину стенки аорты (в норме 0,2-0,3 см), скорость и характер движения крови в ней. *КТ*

позволяет видеть не только аорту, но и отходящие от ее дуги плечеголовной ствол, левую общую сонную артерию и левую подключичную артерию, а также правую общую сонную и подключичную артерии, обе брахиоцефальные вены, обе полые вены, внутренние яремные вены. Возможности КТ в визуализации аорты значительно расширились с введением в медицинскую практику *спиральных компьютерных томографов*. На этих аппаратах стала доступной трехмерная реконструкция изображения аорты и ее крупных ветвей. Особенно примечательны возможности *MPT* (см. рис. III.59).

Атеросклеротическое поражение аорты в обычной клинической практике можно предположить уже на основании результатов *обзорного рентгенологического исследования*. На атеросклероз аорты указывают ее расширение и удлинение, хорошо видимые на рентгенограмме грудной полости. Верхний полюс дуги аорты располагается на уровне яремной вырезки, а сама дуга сильно изогнута влево. Удлиненная аорта образует изгибы, тоже отчетливо видимые на рентгенограммах. Изгибы нисходящей части аорты могут сдавливать и оттеснять пищевод, что определяется при его искусственном контрастировании. В стенках аорты нередко определяются отложения извести.

*Рентгенограмма* является надежным средством обнаружения аневризмы восходящей аорты. Аневризма имеет вид образования округлой, овальной или неправильной формы, неотделимого от аорты. Важное значение в диагностике аневризмы аорты отводится *сонографии*. С помощью *КТ и МРТ* можно уточнить ее взаимоотношение с окружающими органами, состояние стенки аневризмы, в том числе возможность расслаивающейся аневризмы, установить тромбоз аневризматического мешка (рис. III.75). С еще большей детализацией определяются все эти признаки в условиях искусственного контрастирования аорты — *аортографии*.

Однако особенно необходима аортография для изучения плечеголового ствола и брахиоцефальных ветвей аорты, чтобы диагностировать в общем редкие в этой области сосудистые аномалии, а также окклюзионные поражения, т.е. сужения сосудов вследствие артериита или атеросклероза.

### 3.5.2. Брюшная аорта и артерии конечностей

На *обычных рентгенограммах* брюшная аорта и артерии конечностей не дают изображения. Они могут быть заметны лишь при отложении извести в их стенках, поэтому основное значение в исследовании этой части сосудистой системы имеют *сонография* и *доплеровское картирование*. Важные диагностические сведения получаются при *КТ* и *MPT*. В некоторых случаях предпочтение отдают инвазивной методике — *аортографии* (рис. III.76).

На *сонограммах* достигается непосредственное изображение брюшной аорты и крупных артерий. По ним можно судить о положении, форме и очертаниях аорты, толщине ее стенок, величине просвета, наличии в нем атероматозных бляшек и тромбов, отслоении интимы (рис. III.77). Ясно вырисовываются местные сужения и расширения сосуда. Важное значение отводится *сонографии* при обследовании больных с *аневризмой брюшной аорты* (рис. III.78). С помощью этого метода легко удастся определить диаметр аневризмы, который имеет решающее прогностическое значение. Так, аневризмы диаметром более 4 см являются показанием к хирургическому лечению,



Рис. III.75. Магнитно-резонансная томограмма грудной клетки. Аневризма аорты

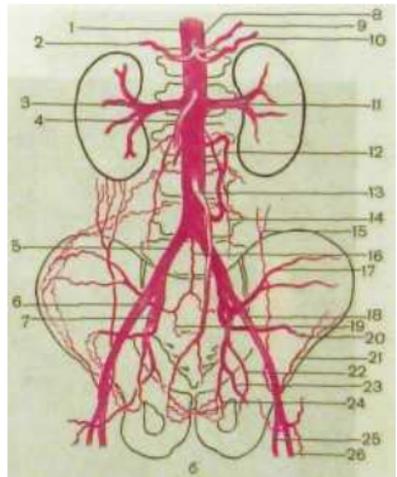


Рис. III.76. Абдоминальная аортография.

а — рентгеновская картина брюшной аорты и ее ветвей; б — основные ветви брюшной аорты на аортограмме (схема): 1 — брюшная аорта. 2 — печеночная артерия, 3 — правая почечная, 4 — верхняя брыжеечная, 5 — правая общая подвздошная, 6 — правая наружная подвздошная, 7 — правая подчревная, 8 — чревная, 9 — левая желудочная, 10 — селезеночная, 11 — левая почечная, 12 — рилоанов анастомоз, 13 — нижняя брыжеечная артерия, 14 — левая внутренняя семенная, 15 — нижняя надчревная, 16 — средняя крестцовая, 17 — подвздошная поясничная, 18 — левая наружная подвздошная, 19 — боковая крестцовая, 20 — верхняя ягодичная, 21 — артерия, окружающая подвздошную кость, глубокая, 22 — запиральная артерия, 23 — нижняя ягодичная, 24 — внутренняя срамная, 25 — левая бедренная, 26 — левая глубокая артерия бедра.



Рис. П1.77. Сонограмма брюшной аорты при продольном сканировании. 1 — передняя брюшная стенка; 2 — левая доля печени; 3 — аорта.

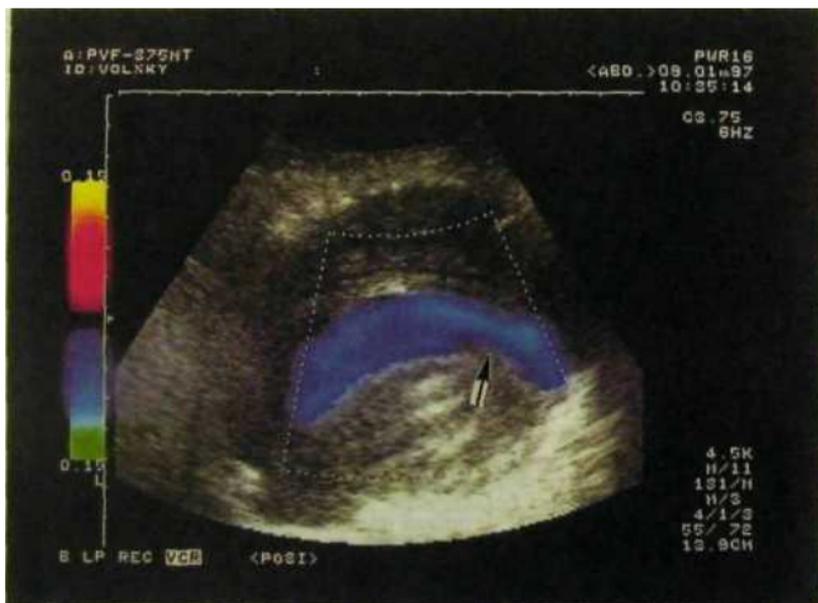


Рис. П1.78. Сонограмма (цветное доплеровское картирование). Аневризма брюшной аорты с пристеночным тромбом (указано стрелкой).



Рис. III.79. Компьютерная томограмма. Аневризма брюшной аорты с отложениями извести в ее стенке.



Рис. III.80. Аневризма брюшной аорты (объемная реконструкция на спиральном томографе).

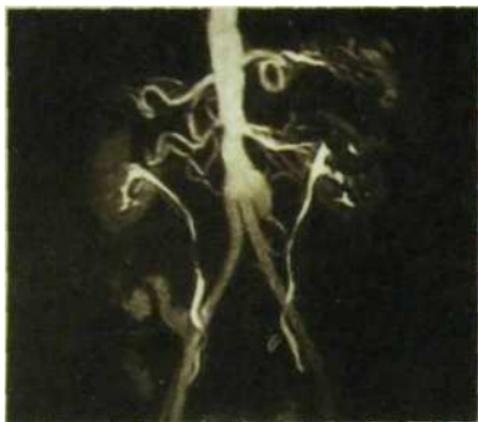
поскольку при таких размерах аневризмы увеличивается вероятность ее разрыва. Аналогичные морфологические данные могут быть получены с помощью других неинвазивных методик - *КТн МРТ* (рис. III.79, III.80).

*МРТ* в последние годы заняла прочное место в обследовании больных с заболеваниями периферических сосудов. Современные среднеспольные и особенно высокопольные томографы позволяют получать неинвазивным методом изображение сосудистого русла всех участков тела, вплоть до сосудов среднего калибра, а применение контрастных веществ открыло дорогу перед *МРТ* для визуализации довольно мелких артерий — вплоть до 5—6-го калибра и объемной реконструкции сосудистого русла (*МР-ангиография*).

Определенное значение в диагностике поражений артериальных сосудов имеет их радионуклидная визуализация — *ангиосцинтиграфия*.

Рис. III.81. Артериограмма. Картина нормальных артерий голени





**Рис. III.82.** Магнитно-резонансная аортоартериограмма. Атеросклеротические изменения брюшной аорты.



**Рис. III.83.** Транслумбальная катетерная аортограмма. Значительное атеросклеротическое поражение подвздошных артерий и их ветвей с окклюзией ряда артерий и развитием сети коллатеральных сосудов.

Методика неинвазивная, может быть применена в поликлинических условиях у амбулаторных больных, обуславливает низкую лучевую нагрузку. В целом данный метод может быть использован в качестве скрининга при отборе пациентов для инвазивных исследований, таких, как, например, рентгеновская ангиография.

Решающую роль в оценке состояния брюшной аорты и подвздошно-бедренных сегментов, особенно при планировании хирургического или рентгеноэндоваскулярного вмешательства, играет *аортография* (см. рис. III.76).

Исследование проводят путем транслюмбальной пункции аорты или ее катетеризации ретроградным путем из периферической артерии (чаще всего бедренной). В любом случае необходимо получить изображение всей брюшной аорты, артерий таза и обеих нижних конечностей, так как классическими местами атеросклеротического поражения являются область бифуркации аорты, подвздошные сосуды, бедренные артерии, область приводящего (гунтерового) канала (средняя и дистальная части бедра).

Тень нормальной аорты имеет вид постепенно суживающейся книзу полосы, расположенной спереди от позвоночника и несколько влево от срединной линии тела. На уровне отхождения почечных артерий имеется физиологическое уменьшение просвета аорты. Дистальный диаметр аорты у взрослого человека в среднем равен 1,7 см. От аорты отходит ряд ветвей к органам живота. На уровне нижнего края тела Uv аорта делится на общие подвздошные артерии. Те в свою очередь разделяются на наружные и внутренние подвздошные артерии. Первые непосредственно переходят в бедренные артерии.

Как сама брюшная аорта, так и ее крупные ветви у здорового человека имеют четкие и ровные контуры. Их калибр постепенно уменьшается в дистальном направлении (рис. III.81). Атеросклероз вначале вызывает выпрямление сосуда и его умеренное расширение, но по мере нарастания склероза возникает извилистость пораженного сосуда, неровность, волнистость его очертаний, неравномерность просвета, изъязны контура в местах атеросклеротических бляшек (рис. III.82). В случае *аортоартерии* и *та* преобладает сужение сосуда при сравнительно гладких контурах его. Перед суженным участком отмечается расширение сосуда. В связи с нарушением кровотока при окклюзионных поражениях обнаруживается развитие коллатеральной сети сосудов, которая также четко вырисовывается на артериограммах и при магнитно-резонансной ангиографии (рис. III.83). Нарушения кровотока в артериях демонстративно определяются при доплерографии с цветовым картированием (рис. III.84). При обнаружении тромба в артерии рассматривается вопрос о тромбэктомии с применением гидродинамического катетера и последующей установкой стента, покрытого политетрафлюороэтиленом.



Рис. III.84. Допплерограмма. Турбулентный характер кровотока в артерии при с атеросклеротическом поражении.

### 3.5.3. Вены нижних конечностей

Варикозное расширение, флеботромбоз и посттромботическая болезнь — часто наблюдающиеся поражения вен нижних конечностей, ведущие к хронической венозной недостаточности. Они тают в себе опасность переноса тромботических масс в сосуды легких с развитием их тромбоэмболии и инфаркта легкого.

В обследовании лиц с венозной недостаточностью конечностей ведущую роль играют *импедансная плетизмография* и *лучевые методы*. Эти исследования необходимы не только для диагностики, но в еще большей степени для уточнения локализации, протяженности, вида и степени поражения, включая оценку клапанного аппарата вен.

При хронической венозной недостаточности необходимо исследовать венозную систему обеих конечностей, так как флеботромбоз одной из них может протекать бессимптомно. Приоритет принадлежит *ультразвуковому методу* в связи с его доступностью и высокой диагностической ценностью (рис. III.85). но в ряде случаев он не позволяет различить острый и хронический тромбоз вен. *Рентгеновская флебография* является чувствительным и высокоспецифичным методом диагностики венозной недостаточности, но противопоказана при остром тромбофлебите, почечной недостаточности и высокой чувствительности к йодистым препаратам. *Радионуклидная флебография (флебосцинтиграфия)* по чувствительности и специфичности несколько уступает рентгеновской флебографии, но менее травматична, не имеет противопоказаний, не грозит дислокацией тромба и сопровождается меньшей лучевой нагрузкой.

Рентгеновскую флебографию рекомендуют выполнять в разных положениях больного — горизонтальном и вертикальном. При *вертикальной функционально-динамической флебографии* первый снимок делают после заполнения вен голени, второй — после сокращения мышц конечности (для этого больного просят несколько раз приподняться на носки), третий — сразу же после второго, в фазу расслабления мускулатуры. В последнее время в хорошо оснащенных центрах с успехом применяют *магнитно-резонансную флебографию и компьютерно-томографическую ангиографию на спиральных компьютерных томографах*.

Непораженные вены обуславливают на *рентгеновских снимках* четкую сеть сосудов. Вена обычно идет прямо, иногда образует небольшие изгибы; просвет ее равномерный, слегка увеличивается перед клапанами. Контуры всех вен резкие и ровные. Межстволовые анастомозы представлены короткими венами с равномерным просветом. Недостаточность глубоких вен проявляется их расширением и извилистостью со стойким замедлением кровотока. При несостоятельности коммуникантных вен контрастное вещество забрасывается из глубоких вен в поверхностные (рис. III.86). Флебит приводит к стойкому сужению сосуда, а пристеночный тромб образует краевой дефект наполнения.

При обнаружении тромба возникает вопрос о профилактике тромбоэмболии легочной артерии. С этой целью катетеризируют нижнюю полую вену и в нее устанавливают специальный *фильтр-сетку* для захвата возможного тромба при его миграции из вен нижних конечностей (рис. III.87).

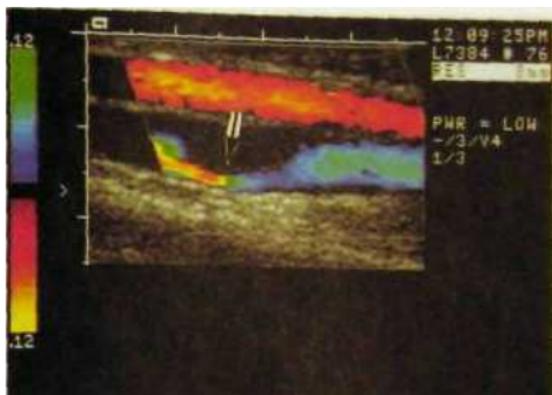


Рис. Ш.85. Допплерограмма. Тромбоз бедренной вены (указано стрелками).

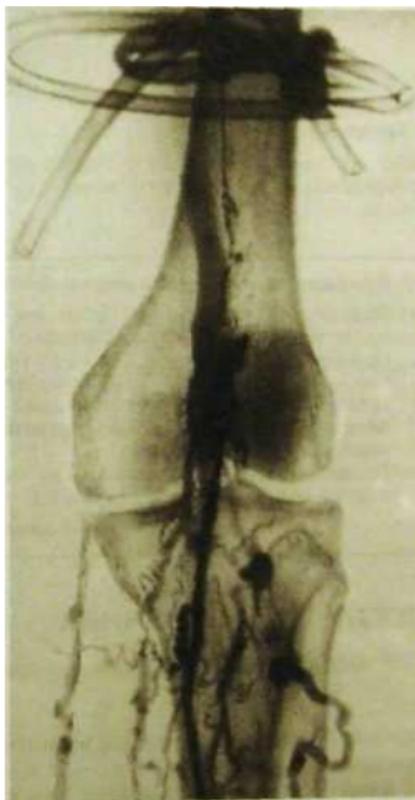


Рис. Ш.86. Флебограмма. Недостаточность коммунікантних вен голени.



Рис. III.87. Флебограмма. Тромбоз глубоких вен.

а — множественные тромбы (указаны стрелками) в бедренной и подвздошной венах; б — фильтр (указан стрелкой) в нижней полой вене.



#### Правила выживания в иерархических системах

*Правило Ч. Кеттеринга.* Если вы хотите угробить идею, создайте рабочую комиссию.

*Правило В. Зэбрзски.* Если вас упрекнул в отсутствии морали, заявите, что у вас их даже две.

*Правило Г. Хиршфельда.* Хороший начальник умеет задать подчиненному вопрос, ответить на него и объяснить, в чем тот неправ.

*Правило Челлиса.* Не тяните за хвост, если не известно точно, что на другом конце.

(Химия и жизнь.— 1988.— № 4)

## 4. ПИЩЕВОД, ЖЕЛУДОК, КИШЕЧНИК

*Чтобы переварить знания, надо поглощать их с аппетитом.*

Анатоль Франс

Пищеварительная система — это совокупность взаимосвязанных органов, обеспечивающих продвижение и переработку пищи. Соединенные в единый анатомический и функциональный комплекс, эти органы образуют пищеварительный канал, протяженность которого колеблется от 8 до 12 м. Он начинается ротовым отверстием, за которым следуют полость рта, глот-

ка, пищевод, желудок, тонкая, толстая и прямая кишки. Канал заканчивается заднепроходным отверстием.

В пищеварительный канал впадают протоки крупных пищеварительных желез: слюнных, поджелудочной, печени, а также множества мелких желез, расположенных в стенке канала.

Для того чтобы пища лучше перемешивалась и всасывалась в пищеварительном канале имеются специальные замыкающие устройства, способные на короткое время прикрывать его просвет. К ним относятся сфинктеры и клапаны: сфинктеры пищевода, привратника, илеоцекальный клапан, сфинктеры ободочной кишки, заднепроходные сфинктеры и др.

Строение и функция всех отделов пищеварительного канала могут быть исследованы с помощью лучевых методов. Однако ввиду их большой протяженности и неодинаковой деятельности нецелесообразно изучать все органы пищеварения одновременно. Принято отдельно исследовать слюнные железы, глотку, пищевод, желудок и двенадцатиперстную кишку, тонкую кишку, толстую и прямую кишку, печень и желчные пути, поджелудочную железу. Для каждого органа разработаны оптимальные приемы лучевой диагностики.

Однако в любом случае незыблемо следующее правило: *установление показаний к лучевому исследованию и его планирование проводят на основании анамнестических и клинических данных*. Кроме того, учитывают тот факт, что особыми возможностями в выявлении многих заболеваний пищеварительного канала обладает *эндоскопия*, которая позволяет непосредственно осмотреть слизистую оболочку и получить материал для гистологического исследования.

Среди лучевых методик исследования пищеварительного канала лидирующее положение занимают рентгенологические. Несмотря на их разнообразие, можно сформулировать некоторые общие для этих методик методологические принципы. Первый из них состоит в том, что *рентгенологическое исследование начинают до приема контрастной массы*, чтобы оценить наличие и распределение скоплений газа в пищеварительном канале и исключить в нем и соседних органах отложения извести, конкременты, инородные тела. Однако на обычных рентгенограммах очертания пищевода, желудка и кишечника выделяются слабо или вообще неразличимы, поскольку стенки пищеварительных органов поглощают рентгеновское излучение приблизительно так же, как окружающие их ткани. В связи с этим вторым этапом является *искусственное контрастирование полости пищеварительного канала* водной взвесью сульфата бария или воздухом (или обоими контрастными средствами одновременно).

Третий принцип — стремление *всесторонне изучить морфологию пищеварительной трубки*. С этой целью применяют три методических приема. Во-первых, используют свойство слизистой оболочки пищеварительного канала формировать складки при его небольшом растяжении. Распределяя контрастное вещество в межскладочные промежутки, получают изображение складчатого рельефа слизистой оболочки. Во-вторых, путем раздувания желудка или кишки воздухом добиваются растяжения органа и ликвидации (выравнивания) складок, что позволяет детально исследовать внутреннюю

поверхность органа (изучить его «тонкий рельеф») В-третьих, вводя в пищевод, желудок или кишку дополнительную порцию контрастного вещества, определяют их положение, величину и форму, эластичность и двигательную активность стенок. Это дает возможность выполнить и четвертое методологическое правило: *сочетанно оценивать морфологию и моторно-вакуаторную функцию органа.*

## 4. 1. Лучевое исследование глотки и пищевода

В ротовой полости с помощью жевательных движений челюстей, зубов и языка происходит измельчение и перетирание пищи, а под влиянием слюны — ее ферментативная обработка, размягчение и разжижение. Глотка соединяет ротовую и носовую полости с пищеводом и гортанью. Акт глотания — сложный процесс, включающий произвольную — ротовую и непроизвольную — глоточно-пищеводную фазы. Во время глотания мягкое небо закрывает отверстие носовой полости, а надгортанник — вход в гортань. Одновременно расслабляется верхний пищеводный сфинктер, образованный главным образом перстневидно-глоточной мышцей. Пищевод является непосредственным продолжением глотки. Функция его сводится к перемещению пищи в желудок. Перистальтическая волна за 5—6 с достигает нижнего пищеводного сфинктера, который к этому моменту расслабляется, а затем сразу сокращается, препятствуя возвращению содержимого в пищевод (так называемой *регургитации*).

*Основными методами исследования глотки и пищевода являются рентгенологический, эндоскопия и манометрия.* Дополнительное значение имеют *эндосонография* и радионуклидная методика — *сцинтиграфия*. *Рентгенологический метод* дает возможность оценить морфологию и функцию всех отделов глотки и пищевода и их взаимоотношения с соседними тканями и органами. *Эндоскопия* исключительно важна для раннего выявления воспалительных и опухолевых изменений слизистой оболочки и выполнения ряда лечебных мероприятий.

*Эндосонография* позволяет определить структуру стенки пищевода, что важно при планировании лечения опухоли пищевода. К *манометрии* прибегают преимущественно, когда рентгенологически установлено расстройство функции пищевода. *Сцинтиграфия* облегчает выявление нарушений функции пищевода, в частности гастроэзофагеального рефлюкса.

### 4.1.1. Нормальный пищевод

Натощак пищевод представляет собой узкую трубку со спавшимися стенками. На обычных рентгенограммах он не виден. В момент акта глотания можно заметить перемещение по пищеводу заглатываемых с пищей пузырьков воздуха, но стенки пищевода по-прежнему не дают изображения, поэтому основой лучевого исследования является *искусственное контрастирование* с помощью *водной взвеси сульфата бария*. Уже наблюдение за первой небольшой порцией жидкой водной взвеси позволяет ориентировочно оценить акт глотания, продвижение контрастной массы по пищево-

ду, функцию пищеводно-желудочного перехода и поступление бария в желудок. Прием пациентом густой водной взвеси (пасты) сульфата бария дает возможность неторопливо осмотреть все сегменты пищевода в различных проекциях и при разном положении тела и, помимо рентгеноскопии, выполнить все необходимые снимки или видеоманитную запись.

Заполненный контрастной массой пищевод обуславливает на рентгенограммах интенсивную лентовидную тень диаметром в разных отделах от 1 до 3 см (рис. III.88). Тень начинается на уровне  $C_{7/8}$ , где на ее заднем контуре заметно плоское вдавление, обусловленное перстневидно-плоточной мышцей. Это — *первое физиологическое сужение пищевода* (первый пищеводный сфинктер). На уровне дуги аорты определяется плоское вдавление на левом контуре тени пищевода (*второе физиологическое сужение*) и несколько ниже — неглубокое вдавление от левого главного бронха (*третье физиологическое сужение*). Над диафрагмой пищевод образует на вдохе, особенно в горизонтальном положении, грушевидное расширение — пищеводную ампулу.

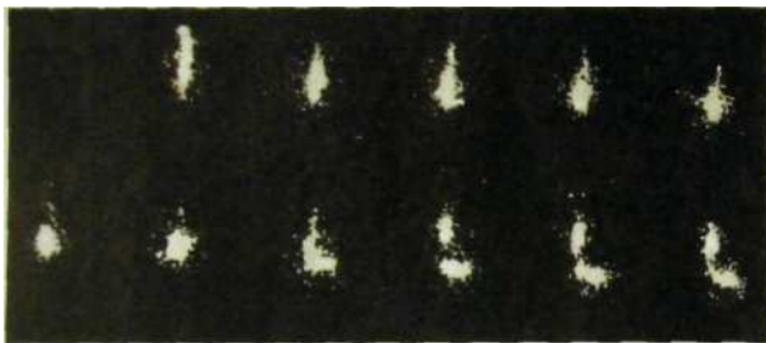


Рис. III.88. Рентгенограммы нормального пищевода.

а — при тугом наполнении контрастной массой; б — при малом наполнении (видны складки слизистой оболочки пищевода).

На вдохе продвижение контрастной массы прекращается на уровне пищеводного отверстия диафрагмы; тень пищевода в этом месте прерывается. Протяженность внутридиафрагмального сегмента пищевода составляет 1 — 1,5 см. Над-, внутри- и поддиафрагмальный сегменты образуют так называемый *пищеводно-желудочный переход*, или *преддверие*. Их рассматривают как *нижний пищеводный сфинктер* (*четвертое физиологическое сужение*). Правый контур поддиафрагмального сегмента непосредственно продолжается малой кривизной желудка, а левый контур составляет с контуром свода желудка кардиальную вырезку (*угол Гиса*). У здоровых людей угол Гиса всегда меньше  $90^\circ$ .

Контур тени пищевода всегда ровные. Перистальтические сокращения обуславливают перемещающиеся по контурам волны (со скоростью 2—4 см в 1 с). После того как основная часть контрастной массы перешла в желудок, в межскладочных промежутках пищевода сохраня-



**Рис. III.89.** Серия скинтиграмм пищевода, выполненных с интервалом в 1 с. На последних кадрах зарегистрировано поступление РФП в желудок.

ется налет сульфата бария. Благодаря этому на снимках видны складки (в норме 3—4) слизистой оболочки (см. рис. ПЦ.88). Они имеют продольное направление, волнистые очертания, изменчивы в момент прохождения перистальтических волн.

Рентгенологическое исследование позволяет оценить все фазы деятельности пищевода: его расслабление при поступлении контрастного вещества, последующие сокращения и, наконец, фазу полного спадения (двигательная пауза). Одновременно определяют функцию верхнего и нижнего пищеводных сфинктеров. Моторику пищевода можно исследовать также с помощью *динамической скинтиграфии*. Для этого пациенту предлагают проглотить 10 мл воды, содержащей коллоид, меченный  $^{99m}\text{Tc}$ , активностью 20 МБк. Перемещение радиоактивного болуса регистрируется на гамма-камере. В норме коллоид проходит по пищеводу менее чем за 15 с (рис. III.89).

#### 4.1.2. Инородные тела глотки и пищевода

Каждый больной, проглотивший инородное тело, должен находиться под медицинским наблюдением до момента его удаления или выхода через естественные пути. *Металлические инородные тела и крупные кости обнаруживают при рентгеноскопии, на рентгенограммах и компьютерных томограммах.* Нетрудно установить их природу и локализацию. Заостренные предметы (игла, гвоздь, кусочки кости) могут застрять в нижних отделах глотки и грушевидном синусе. Если они малоконтрастны, то косвенным симптомом является деформация просвета глотки из-за отека мягких тканей. Увеличение объема предпозвоночной клетчатки наблюдается при прободении инородным телом стенки шейной части пищевода (рис. III.90). *Сонография* и АТ облегчают выявление этого поражения (тень инородного тела, мелкие пузырьки воздуха в мягких тканях, скопление жидкости в них).

В том случае, если при рентгенографии инородное тело в области глотки и пищевода не обнаружено, производят снимки органов брюшной полости, поскольку инородное тело могло перейти в желудок или тонкую кишку. Если предполагается, что инородное тело, невидимое на рентгенограммах, все же находится в пищеводе, то больному предлагают выпить полную чайную ложку густой взвеси сульфата бария, а затем два-три глотка воды. В норме вода смыкает контрастную массу, но при наличии инородного тела она частично задерживается на нем. Особенно внимательно осматривают места физиологических сужений, так как именно в них застревает большинство инородных тел.

#### 4.1.3. Заболевания пищевода

*Показаниями к рентгенологическому исследованию пищевода являются дисфагия и любые неприятные ощущения в области пищевода. Исследования проводят натощак.*

**Дивертикулы.** Дивертикул представляет собой мешотчатое выпячивание слизистой оболочки и подслизистого слоя стенки пищевода через щели мышечного слоя. Большинство дивертикулов располагается в области глоточно-пищеводного соединения, на уровне дуги аорты и бифуркации трахеи, в наддиафрагмальном сегменте. Глоточно-пищеводный (пограничный, или ценкеровский) дивертикул образуется между нижними волокнами нижнего констриктора глотки и перстневидно-глоточной мышцей на задней стенке пищевода на уровне  $C_{VII}$ . Это — врожденный дивертикул. Остальные дивертикулы обычно развиваются в течение жизни человека, особенно часто в пожилом возрасте, под влиянием прохождения (пропульсии) пищи, и их называют пульсионными. Под давлением контрастной массы дивертикул увеличивается и дает изображение в виде округлого образования с гладкими контурами (рис. III.9I). Оно может иметь широкий вход или же сообщается с полостью пищевода узким каналом (шейкой). Складки слизистой оболочки не изменены и входят через шейку в дивертикул. По мере опорожнения дивертикула уменьшается. Как правило, дивертикулы являются случайной находкой, не имеющей клинического значения. Однако в редких случаях в них развивается воспалительный процесс (дивертикулит). Описаны случаи прободения дивертикула пищевода в средостение.



**Рис. III.90.** Рентгенограмма глотки и шейной части пищевода в боковой проекции. Перфорация пищевода. Контрастная масса и воздух распространяются по предпозвоночной клетчатке.



Рис. III,91. Дивертикулы пищеварительного канала.

а — большой дивертикул пищевода (указан стрелкой); б — дивертикул желудка (указан стрелкой); в — многочисленные дивертикулы тонкой кишки; г — дивертикулез толстой кишки.

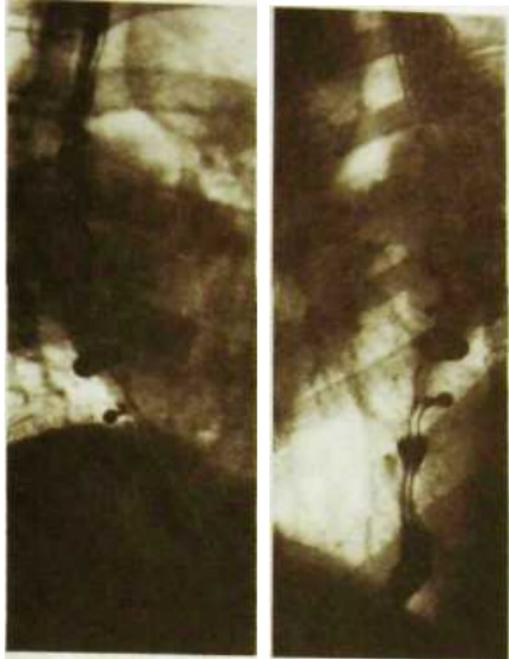


Рис. III.92. Дискинезия пищевода (штопоробразный пищевод).

При рубцовом процессе в окружающей пищевод клетчатке могут возникать местные деформации пищевода, в частности выпячивания его стенки. Эти выпячивания имеют вытянутую или треугольную форму и лишены шейки. Иногда их неправомерно называют тракционными дивертикулами, хотя истинными дивертикулами они не являются.

**Дискинезии пищевода.** Дискинезии пищевода проявляются в его гипертонии или гипотонии, гиперкинезии или гипокинезии, в спазмах или недостаточности сфинктеров. Все эти расстройства распознают при рентгенологическом исследовании в виде ускорения или замедления продвижения контрастной массы, появления спастических перетяжек и т.д. Из функциональных нарушений наиболее часто наблюдается недостаточность нижнего пищеводного сфинктера с гастроэзофагеальным рефлюксом, т.е. забрасыванием содержимого желудка в пищевод. В результате этого в пищеводе развиваются воспалительные явления, возникает поверхностный, а затем и глубокий эзофагит. Сморщивание стенки пищевода способствует образованию грыжи пищеводного отверстия диафрагмы.

Лучший способ выявления гастроэзофагеального рефлюкса — *сцинтиграфия*. Пациент стоя выпивает 150 мл воды с меченым коллоидом. Через 10—15 мин он принимает горизонтальное положение. Легким надавливанием на переднюю брюшную стенку провоцируют проявление рефлюкса (для этого удобно использовать надувную манжету, повышая в ней давление



**Рис. III.93.** Рубцовск сужение пищевода после ожог.

каждые 30 с). Переход даже небольшого объема жидкости из желудка в пищевод документируется на серии скинтиграмм.

Другим функциональным расстройством является нарушение вторичных и третичных сокращений стенки пищевода. Усиление вторичных сокращений выражается в спазме ретрокардиального сегмента пищевода. Спазм снимается сублингвальным применением нитроглицерина. Усиление третичных сокращений обуславливает многочисленные нестойкие втяжения на контурах среднего и нижнего отделов грудной части пищевода. Иногда пищевод напоминает четки или штопор (штопорообразный пищевод; рис. 111,92).

**Грыжа пищеводного отверстия диафрагмы.** Различают два основных типа грыж пищеводного отверстия: аксиальные и параэзофагеальные.

При аксиальной грыже внутри- и поддиафрагмальный сегменты пищевода и часть желудка смещены в грудную полость, кардиальное отверстие находится над диафрагмой. При параэзофагеальной грыже поддиафрагмальный сегмент пищевода и кардиальное отверстие расположены в брюшной полости, а часть желудка выходит через пищеводное отверстие диафрагмы в грудную полость рядом с пищеводом.

Большие фиксированные грыжи распознают при рентгенологическом исследовании без труда, так как барий заполняет часть желудка, локализуясь в заднем средостении, над диафрагмой. Малые скользящие

грыжи выявляют главным образом при горизонтальном положении больного на животе. Необходимо различать картины грыжи и ампулы пищевода. В отличие от ампулы при грыже отсутствует поддиафрагмальный сегмент пищевода. К тому же в выпавшей части вырисовываются складки слизистой оболочки желудка, и она в противоположность ампуле сохраняет свою форму при выдохе.

#### **Эзофагит и язвы пищевода.**

**Острый эзофагит** наблюдается после ожога пищевода. В первые дни отмечаются отек слизистой оболочки пищевода и выраженные нарушения его тонуса и моторики. Складки слизистой оболочки набухшие или вообще не видны. Затем можно обнаружить неровность контуров пищевода и «пятнистый» характер его внутренней поверхности вследствие эрозий и плоских изъязвлений. В течение 1—2 мес развиваются рубцовые сужения, в области которых отсутствует перистальтика (рис. III.93). Проподимость пищевода зависит от степени стеноза. При необходимости под контролем рентгеноскопии производят *баллонную дилатацию пищевода*.

**Хронический эзофагит** чаще всего связан с гастроэзофагеальным рефлюксом (см. ранее). Пищевод умеренно расширен, тонус его понижен. Перистальтика ослаблена, контуры пищевода слегка неровные. Нередко усиливаются его вторичные и третичные сокращения. Участки пищевода, в которых складки слизистой оболочки извилисты и утолщены, чередуются с зонами отсутствия складчатости, где она замещена своеобразной зернистостью и хлопьевидными скоплениями контрастной массы. Сходные изменения наблюдаются при вирусных и грибковых поражениях пищевода.

В области язвы скапливается контрастное вещество. В этом месте на контуре пищевода появляется округлый или треугольный выступ — *ниша* (рис. III.94). Если язву не удастся вывести на контур, то она дает изображение в виде скопления контрастного вещества округлой формы, которое не исчезает после одного-двух глотков воды.

**Ахалазия пищевода.** Ахалазия — отсутствие нормального раскрытия кардиального отверстия — сравнительно часто наблюдающееся патологическое состояние. В *стадии* болезни рентгенолог отмечает коническое сужение поддиафрагмального сегмента пищевода и задержку в нем контрастной массы на несколько минут. Затем кардиальное отверстие внезапно рас-



Рис. III.94. Язва пищевода (указана стрелкой). Грыжа (x) пищеводного отверстия диафрагмы.

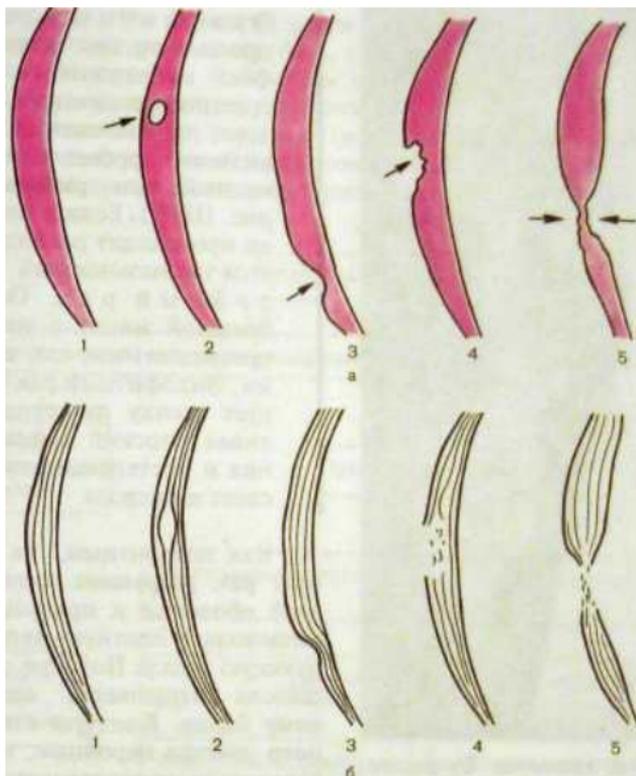


Рис. Ш.95. Ахалазия пищевода. Грудная часть пищевода расширена. Поддиафрагмальный сегмент пищевода сужен и изогнут в виде клюва. Переход контрастной массы в желудок нарушен.

крывается, и барий быстро поступает в желудок. В отличие от рака кардиального отдела контуры поддиафрагмального сегмента и верхней части желудка ровные; в этих отделах прослеживаются четкие продольные складки слизистой оболочки. При длительной задержке контрастной массы в пищеводе прибегают к фармакологической пробе. Прием нитроглицерина или внутримышечное введение 0,1 г ацетилхолина способствует раскрытию кардиального отверстия.

Во *II стадии* болезни грудная часть пищевода расширена, в ней скапливается жидкость. Перистальтика ослаблена, а складки слизистой оболочки утолщены. Поддиафрагмальный сегмент пищевода перед кардиальным отверстием сужен, нередко изогнут в виде клюва, однако при глубоком дыхании и натуживании форма его изменяется, чего не бывает при раковом поражении. В желудок барий не поступает в течение 2—3 ч и более. Газовый пузырь в желудке резко уменьшен или отсутствует (рис. Ш.95).

В *III стадии — стадии декомпенсации* — пищевод резко расширен, содержит жидкость, а иногда и остатки пищи. Это приводит к расширению тени средостения, в которой пищевод различим еще до приема контраст-



**Рис. III.96.** Рентгеновская картина опухолей пищевода (схема).

а — тугое наполнение пищевода контрастной массой; б — малое наполнение (рельеф слизистой оболочки); 1 — нормальный пищевод, 2 — полип, 3 — лейомиома, 4 — экзофитный рак, 5 — эндофитный рак.

ной массы. Барий как бы тонет в содержимом пищевода. Последний образует изгибы. Воздух в желудке обычно отсутствует. Опорожнение пищевода задерживается на много часов, а иногда и несколько суток.

Контрольные рентгенологические исследования проводят для проверки эффективности консервативного или хирургического лечения, в частности после наложения пищеводно-желудочного соустья.

**Опухоли пищевода.** Доброкачественные эпителиальные опухоли (папилломы и аденомы) пищевода имеют вид полипа. Они обуславливают дефект наполнения в тени контрастного вещества (рис. III.96). Контуры дефекта резкие, иногда мелковолнистые, складки слизистой оболочки не разрушены, а огибают опухоль. Доброкачественные незпителиальные опухоли (лейомиомы, фибромы и др.) растут субмукозно, поэтому складки слизистой оболочки сохранены или уплощены. Опухоль дает краевой дефект наполнения с ровными очертаниями.



Рис. III.97. Рак пищевода. Бугристая опухоль протяженностью более 8 см (указана стрелками).

Экзофитный рак растет в просвет органа и вызывает дефект наполнения в тени контрастного вещества в виде округлого, продолговатого или грибовидного просветления (полиповидный, или грибовидный, рак; рис. III.97). Если в центре опухоли происходит распад, образуется так называемый чашеподобный рак. Он имеет вид большой ниши с неровными и приподнятыми, как валик, краями. Эндофитный рак инфильтрирует стенку пищевода, обуславливая плоский дефект наполнения и постепенное сужение просвета пищевода.

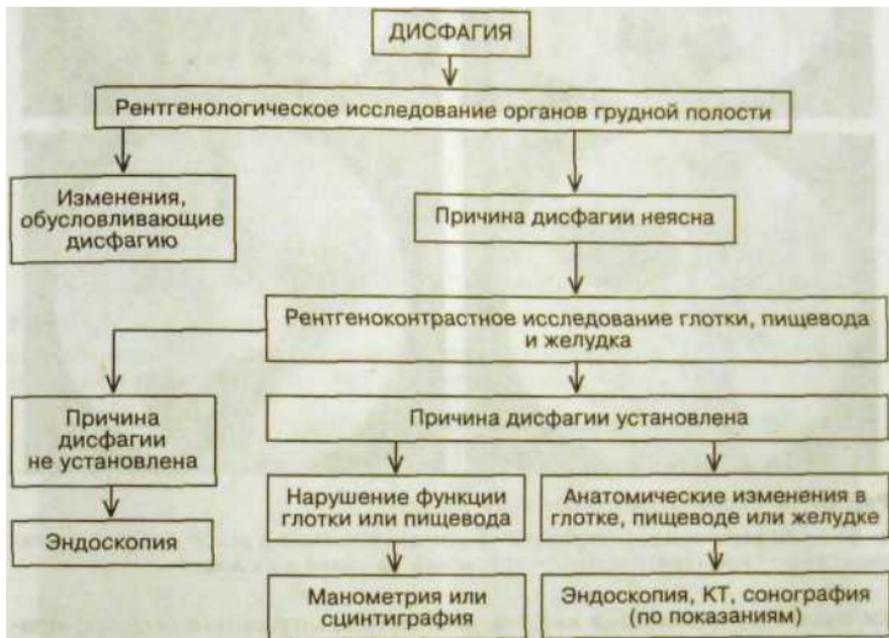
Как экзофитный, так и эндофитный рак разрушает складки слизистой оболочки и превращает стенку пищевода в плотную неперистальтирующую массу. По мере сужения пищевода нарушается движение по нему бария. Контуры стенозированного участка неровные, над ним определяется супрастенотическое расширение пищевода.

Введение в пищевод *ультразвукового датчика* позволяет определить глубину опухолевой инвазии пищеводной стенки и состояние регионарных лимфатических узлов. Перед хирургической операцией необходимо установить, нет ли инвазии трахеобронхиального дерева и аорты. С этой целью осуществляют *КТ* или *MPT*. Проникновение опухолевой ткани за пределы пищевода обуславливает повышение плотности медиастинальной клетчатки. Лучевые исследования обязательно повторяют после предоперационной химио- или лучевой терапии и в послеоперационном периоде.

#### 4.1.4. Дисфагия

Термином «дисфагия» обозначают все разновидности затруднения глотания. Это — синдром, который может быть обусловлен разными патологическими процессами: нейромышечными расстройствами, воспалительными и опухолевыми поражениями пищевода, системными заболеваниями соединительной ткани, рубцовыми стриктурами и т.д. *Основным методом обследования больных с дисфагией является рентгенологический.* Он позволяет получить представление о морфологии глотки и всех отделов пищевода и

обнаружить сдавление пищевода извне. В неясных ситуациях, при отрицательных результатах рентгенографии, а также при необходимости биопсии показана эзофагоскопия. У больных с функциональными нарушениями, установленными при рентгенологическом исследовании, может оказаться необходимой *манометрия* пищевода (в частности, при ахалазии пищевода, склеродермии, диффузном пищеводном спазме). Общая схема комплексного исследования при дисфагии представлена ниже.



## 4.2. Лучевое исследование желудка и двенадцатиперстной кишки

Лучевое и эндоскопическое исследования составляют основу комплексной диагностики заболеваний желудка. Среди лучевых методов основное значение имеет *рентгенологический*. План рентгенологического исследования зависит от данных анамнеза и клинической картины болезни.

*В условиях неотложной диагностики, т.е. при острых состояниях, больному производят рентгенографию органов грудной и брюшной полостей в вертикальном и горизонтальном положениях. Искусственное контрастирование пищеварительного канала выполняют лишь по особым показаниям.*

Проверочные исследования желудка при диспансеризации осуществляют на специальных рентгенодиагностических аппаратах - гастрофлюорографах - под контролем рентгентелевизионного просвечивания. Исследование проводят натощак. За 20-30 мин до него пациент кладет под язык 2-3 таблет-

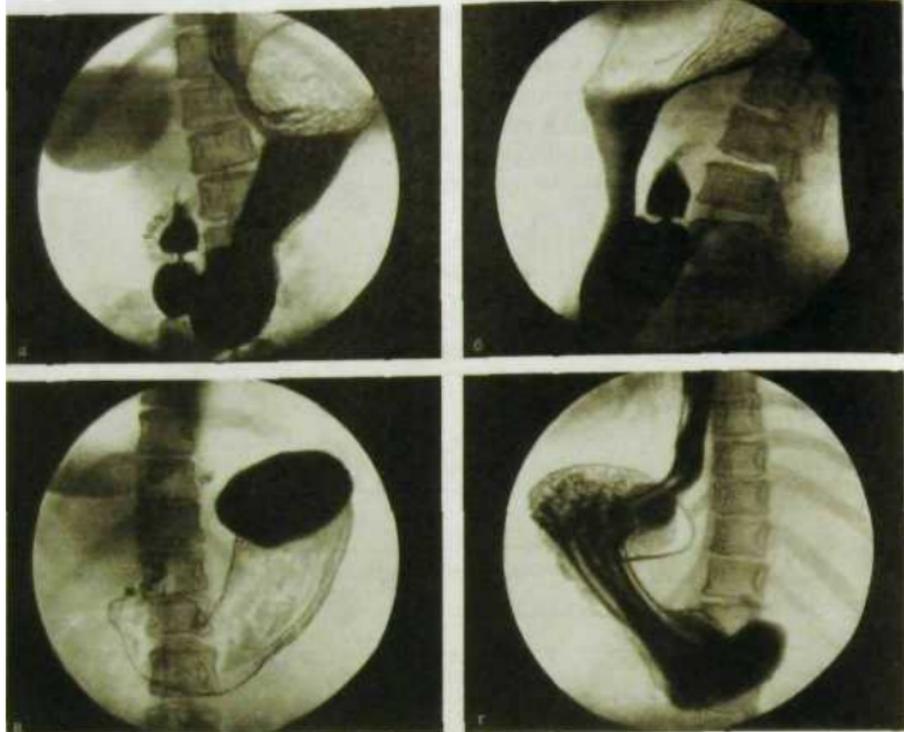
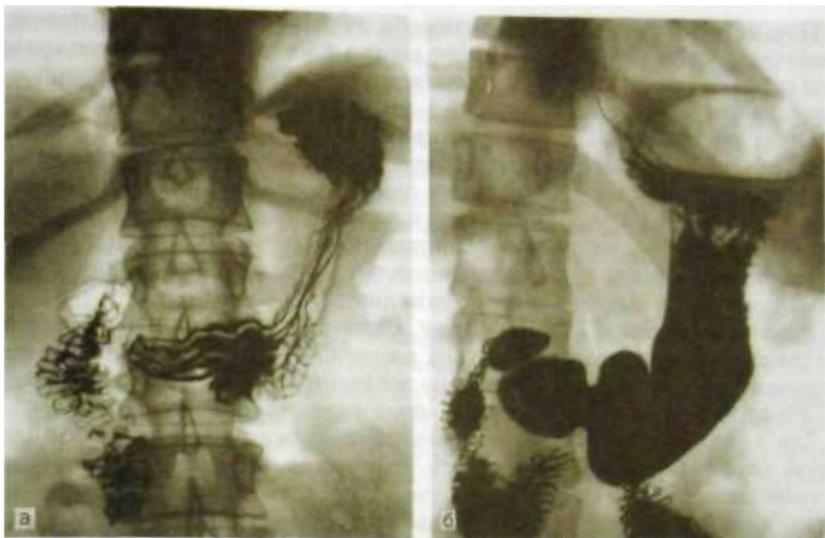


Рис. Ш.98. Серия гастроплюорограмм желудка.

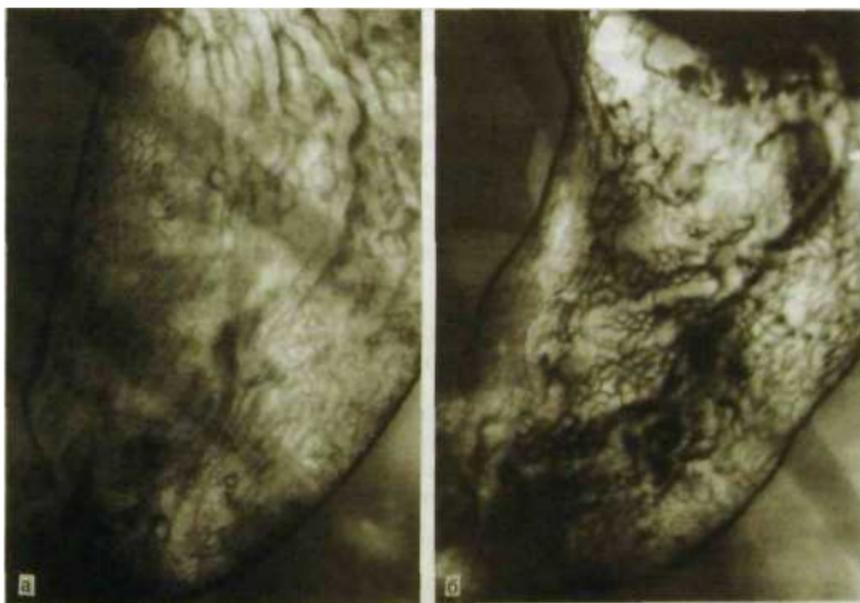
а\_б — при вертикальном положении пациента в прямой и левой боковой проекциях; в-г — при горизонтальном положении на спине и на животе.

ки аэрона для релаксации желудка. В качестве контрастного вещества применяют специально приготовленную *высококонцентрированную взвесь сульфата бария*, а для растяжения желудка используют фанулированный *газообразующий препарат*. Рентгеновскую съемку производят в нескольких стандартных проекциях при вертикальном и горизонтальном положениях пациента. Полученные снимки носят название «*гастроплюорограммы*» (рис. Ш.98). Размер их в отличие от обычных рентгенофамм небольшой — 10x10 или 11x11 см, количество 8—12. Если на снимках обнаруживаются патологические изменения, то большое, как правило, направляют на *фиброгастроскопию*. Проведение проверочных массовых рентгенологических исследований оправдано в тех географических районах, где высока заболеваемость раком желудка.

*Плановое рентгенологическое исследование желудка и двенадцатиперстной кишки* производят по клиническим показаниям на универсальном рентгеновском аппарате, позволяющем выполнять серийную рентгенофагию под контролем рентгенотелевизионного просвечивания. *В настоящее время применяют два способа контрастирования желудка: прием внутрь бариевой взвеси или первичное двойное контрастирование — бариевой взвесью и газом.*



**Рис. III.99.** Рентгенограммы нормальных желудка и двенадцатиперстной кишки.  
 а — при малом наполнении контрастной массой: видны складки слизистой оболочки желудка и кишки; б — при тугом наполнении.



**Рис. III.100.** Прицельные рентгенограммы тела желудка (двойное кошрасирование). Отобразен тонкий рельеф слизистой оболочки.  
 а - мелкосетчатый (гранулярный) рельеф (так называемые желудочные поля);  
 б — грубнодулярный рельеф при атрофическом гастрите.

При использовании первого способа пациент является в рентгеновский кабинет натошак. После небольшого глотка жидкой водной взвеси сульфата бария рентгенолог оценивает акт глотания, прохождение контрастной массы по пищеводу, состояние пищеводно-желудочного перехода. Затем он распределяет контрастную массу по межскладочным промежуткам желудка и делает серию рентгенограмм, фиксирующих складчатый рельеф слизистой оболочки желудка (рис. III.99). Далее пациент выпивает 100-150 мл жидкой водной взвеси сульфата бария, и врач изучает положение, форму, величину и очертания желудка, его тонус и перистальтику, ход опорожнения, состояние пилорического канала и двенадцатиперстной кишки. Снимки производят в разных проекциях и при разном положении тела больного.

При необходимости, кроме бария, больному дают выпить газообразующую смесь, в результате чего желудок растягивается газом и при этом возникает возможность получить некоторые дополнительные диагностические данные. Такой прием получил название «двойное контрастирование желудка».

Для *первичного двойного контрастирования желудка* применяют специальную бариевую взвесь, плотность которой в 4–5 раз выше плотности обычной взвеси. Она отличается однородностью, повышенной прилипаемостью к слизистой оболочке, обладает устойчивостью к флоккуляции, т.е. не выпадает в осадок в кислом содержимом желудка. Перед исследованием больному парентерально вводят метацин для релаксации пищеварительного канала. Затем в вертикальном положении исследуют пищевод после 2–3 глотков взвеси бария. После приема 50–70 мл контрастного вещества пациенту предлагают выпить газообразующий порошок. Дальнейшие исследования проводят в горизонтальном положении (рис. III.100). После нескольких поворотов вокруг продольной оси, во время которых совершается химическая реакция газообразования и происходит раздувание желудка и обмазывание его слизистой оболочки барием, производят серийную рентгенографию желудка и двенадцатиперстной кишки в различных проекциях, обычно в двух-трех передних (прямых и косых) и двух-трех задних (тоже прямых и косых). Рентгеноскопию выполняют главным образом для того, чтобы выбрать наилучшие проекции для рентгенографии. Анализ результатов исследования осуществляют по серии рентгенограмм.

#### 4.2.1. Нормальные желудок и двенадцатиперстная кишка

До приема контрастной массы в желудке имеется небольшое количество воздуха. При вертикальном положении тела газовый пузырь расположен в области свода. Остальная часть желудка представляет собой валик с толстыми и максимально сближенными стенками.

Контрастная масса, проглоченная пациентом, при вертикальном положении тела постепенно переходит из пищевода в желудок и опускается от кардиального отверстия в тело, синус и антральный отдел. Уже после первых небольших глотков бария вырисовываются складки слизистой оболочки желудка — появляется *рельеф внутренней поверхности органа* (см. рис. III.99). Этот складчатый рельеф непостоянен и отражает физиологическое состояние желудка.

В области свода наблюдаются различные варианты хода складок; обычно длинные и дугообразно направленные складки комбинируются здесь с поперечно и косо идущими. В теле желудка определяются 3—4 продольные слегка извилистые складки. В выходной части желудка преобладают косо и продольно идущие складки. Они сходятся к привратнику, продолжаются в его канале и в луковице двенадцатиперстной кишки. Однако начиная с верхнего перегиба двенадцатиперстной кишки рельеф слизистой оболочки резко меняется: появляются поперечно и косо расположенные короткие складки. Лишь в момент прохождения перистальтической волны они принимают продольное направление.

По мере раздувания желудка воздухом изменяются форма и толщина складок и в конце концов они исчезают. На снимках появляется изображение своеобразного ячеистого рисунка — *тонкий рельеф внутренней поверхности желудка* (см. рис. III, 100). Его образуют овальные и округлые возвышения величиной 2—3 мм — *ареолы*, или *желудочные поля*. Тонкий рельеф отличается от складчатого своим постоянством.

После приема всей контрастной массы желудок при вертикальном положении тела приобретает форму крючка (см. рис. III, 99). В нем выделяют *основные отделы: свод, тело, синус, антральный отдел и привратник*. Область вокруг кардиального отверстия называют *кардиальной частью* (в ней выделяют супра- и субкардиальный отделы). Место на малой кривизне, где тело желудка переходит в его выходную часть, называют *углом желудка*. Небольшую часть антрального отдела перед привратником — протяженностью 2—3 см — именуют *предпривратниковым (препилорическим) отделом*. Канал привратника виден только в момент прохождения по нему бария.

В двенадцатиперстной кишке различают *верхнюю, нисходящую и горизонтальную (нижнюю) части и три изгиба: верхний, нижний и двенадцатиперстно-тощий*. В верхней части кишки выделяют *ампулу*, или, по рентгенологической терминологии, *луковицу*. В луковице различают два кармана — *медиальный и латеральный*. В нисходящей части кишки можно выявить овальное возвышение — *большой сосочек* — место впадения общего желчного протока и протока поджелудочной железы (*вирсунгов проток*). Иногда вирсунгов проток впадает в кишку самостоятельно. В таких случаях рентгенологически иногда удается обнаружить второе овальное возвышение — *малый сосочек* двенадцатиперстной кишки.

Проявлениями мышечной деятельности желудка служат его сокращения и расслабления, которые можно зафиксировать на серии снимков, а также перистальтические волны, следующие от кардии к привратнику с интервалом примерно 20 с. Общая длительность прохождения волны по этой дистанции составляет около 20 с; 200 мл водной взвеси бария покидают желудок в течение 1½—3 ч. Пища задерживается в желудке гораздо дольше.

Более точные данные об эвакуации содержимого из желудка позволяет получить *динамическая сцинтиграфия*. Натощак пациенту предлагают завтрак общей массой 500 г. Его стандартный состав: 10 % манная каша, чай с сахаром, кусок черствого белого хлеба. В этот завтрак вводят «<sup>113</sup>Тс-коллоид активностью 10-20 МБк. Сцинтиграфию начинают сразу же после окончания приема пищи (в вертикальном положении) и повторяют с заранее выбран-

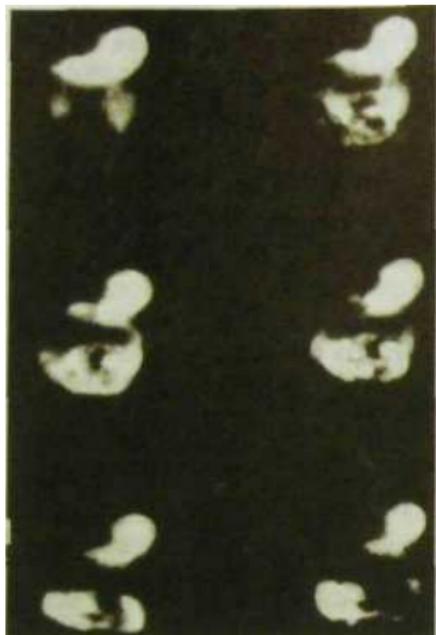


Рис. III.101. Серия гастросцинтиграмм. Эвакуация «меченого» завтрака из желудка в двенадцатиперстную и тощую кишку.

ной периодичностью в течение 90 мин (рис. III.101). Затем проводят компьютерный анализ серии скинтиграмм желудка, строят результирующую кривую, по которой определяют *период полупорожнения желудка* от стандартного завтрака. У здоровых людей его продолжительность равна в среднем 45 мин.

Слизистая оболочка желудка способна извлекать из крови и накапливать  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат. После его внутривенного введения на скинтиграммах возникает «горячая зона», соответствующая местоположению желудка. Это свойство используют для выявления участков *эктопированной слизистой оболочки желудка*. Наиболее часто островки ее встречаются в пищеводе (так называемый *берретовский пищевод*) или в дивертикуле подвздошной кишки (*меккеев дивертикул*), располагающемся в ее дистальном отделе. В пищеводе эта патология может осложняться воспалением и развитием *пептической язвы*, а в меккелевом дивертикуле — *дивертикулитом* и *кровотечением* (эти осложнения

чаще встречаются у детей первых 2 лет жизни). Для выявления эктопированной слизистой оболочки пациенту вводят в вену 10 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетата. При локализации ее в меккелевом дивертикуле на скинтиграмме можно увидеть зону скопления **РФП** в правой подвздошной области.

#### 4.2.2. Заболевания желудка и двенадцатиперстной кишки

Показания к лучевому исследованию желудка весьма широки ввиду большой распространенности «желудочных» жалоб (диспепсические явления, боли в животе, отсутствие аппетита и т.д.). Рентгенологическое исследование проводят при подозрении на язвенную болезнь, опухоль, у больных с ахилией и анемией, а также с полипами желудка, которые по каким-либо причинам не удалены.

**Хронический гастрит.** В распознавании гастрита основную роль отводят *клиническому обследованию* больного в сочетании с *эндоскопией* и *гастробиопсией*. Только путем гистологического изучения кусочка слизистой оболочки желудка можно установить форму и распространенность процесса и глубину поражения. Вместе с тем при атрофическом гастрите рентгеноло-

гическое исследование по эффективности и достоверности равноценно фиброгастроскопии и уступает только микроскопии биоптата.

Рентгенодиагностика основана на совокупности рентгенологических признаков и их сопоставлении с комплексом клинических и лабораторных данных. Обязательна сочетанная оценка тонкого и складчатого рельефа и функции желудка.

Ведущее значение имеет определение состояния ареол. В норме наблюдается мелкосетчатый (гранулярный) тип тонкого рельефа. Ареолы имеют правильную, преимущественно овальную форму, четко очерчены, ограничены неглубокими узкими бороздками, диаметр их варьирует от 1 до 3 мм. Для хронического гастрита характерны нодулярный и особенно грубнодулярный типы тонкого рельефа. При нодулярном типе ареолы неправильной округлой формы размером 3—5 мм, ограничены узкими, но глубокими бороздками. Грубнодулярный тип отличается крупными (свыше 5 мм) ареолами неправильной полигональной формы. Борозды между ними расширены и не всегда резко дифференцируются (см. рис. III. 100).

Изменения складчатого рельефа гораздо менее специфичны. У больных хроническим гастритом отмечается уплотнение складок. При пальпации форма их изменяется незначительно. Складки выпрямлены или, наоборот, сильно извиты, на их гребнях могут выявляться мелкие эрозии и полиповидные образования. Одновременно регистрируют функциональные нарушения. В период обострения болезни в желудке натощак содержится жидкость, тонус его повышен, перистальтика углублена, может наблюдаться спазм антрального отдела. В период ремиссии тонус желудка понижен, перистальтика ослаблена.

**Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.** Рентгенология играет важную роль в распознавании язвы и ее осложнений.

При рентгенологическом исследовании больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки перед рентгенологом стоят *три главные задачи*. Первая — это оценка морфологического состояния желудка и двенадцатиперстной кишки, прежде всего обнаружение язвенного дефекта и определение его положения, формы, величины, очертаний, состояния окружающей слизистой оболочки. Вторая задача заключается в исследовании функции желудка и двенадцатиперстной кишки: обнаружение косвенных признаков язвенной болезни, установление стадии заболевания (обострение, ремиссия) и оценка эффективности консервативной терапии. Третья задача сводится к распознаванию осложнений язвенной болезни.

Морфологические изменения при язвенной болезни обусловлены как самой язвой, так и сопутствующим гастродуоденитом. Признаки гастрита описаны выше. Прямым симптомом язвы считается ниша. Этим термином обозначают тень контрастной массы, заполнившей язвенный кратер. Силуэт язвы может быть виден в профиль (такую нишу называют контурной) или анфас на фоне складок слизистой оболочки (в этих случаях говорят о нише на релье-



Рис. 111.102. Большая язва (указана стрелкой) на малой кривизне тела желудка. На этом же уровне — пальцевидный спазм на большой кривизне.

обычно ровные и четкие. Очертания больших язв становятся неровными из-за развития грануляционной ткани, скоплений слизи, сгустков крови. У основания ниши видны маленькие выемки, соответствующие отеку и инфильтрации слизистой оболочки у краев язвы.

Рельефная ниша имеет вид стойкого округлого или овального скопления контрастной массы на внутренней поверхности желудка или луковицы. Это скопление окружено светлым бесструктурным ободком — зоной отека слизистой оболочки (рис. III. 104). При хронической язве рельефная ниша может быть неправильной формы с неровными очертаниями. Иногда отмечается схождение (конвергенция) складок слизистой оболочки к язвенному дефекту.

В результате рубцевания язвы на уровне ниши выявляют выпрямление и некоторое укорочение контура желудка или луковицы. Иногда рубцовый процесс достигает значительной степени, и тогда определяются грубые деформации соответствующей части желудка или луковицы, которая порой принимает причудливую форму. Рубцевание язвы в канале привратника или в основании луковицы может привести к стенозу привратника или дуоденальному стенозу. Вследствие нарушения эвакуации содержимого желудок растягивается. В нем натощак обнаруживают

фе, или рельефной нише). Контурная ниша представляет собой полукруглый или остrokонечный выступ на контуре тени желудка или луковицы двенадцатиперстной кишки (рис. III. 102). Величина ниши в общем отражает размеры язвы. Маленькие ниши неразличимы при рентгеноскопии. Для их выявления необходимы прицельные рентгенограммы желудка и луковицы.

При двойном контрастировании желудка удается распознать небольшие поверхностные изъязвления — эрозии. Они чаще локализуются в антральном и препилорическом отделах желудка и имеют вид округлых или овальных просветлений с точечным центральным скоплением контрастной массы (рис. III. 103).

Язва может быть небольшой — диаметром до 0,3 см, средних размеров — до 2 см, большой — 2—4 см и гигантской — более 4 см. Форма ниши бывает округлой, овальной, щелевидной, линейной, остrokонечной, неправильной. Контурные малых язв



Рис. III.103. Прицельная рентгенограмма желудка (двойное контрастирование). Множественные эрозии (указаны стрелками).



Рис. III. 104. Прицельные рентгенограммы луковицы двенадцатиперстной кишки  
 а - рельефная ниша (указана стрелками); б - ниша (указана стрелками) на контуре тени луковицы.

жидкое содержимое и даже остатки пищи. Прохождение контрастного вещества через канал привратника или стенозированный луковицу резко замедлено, иногда на несколько часов.

Существует ряд косвенных рентгенологических симптомов язвенной болезни. Каждый из них в отдельности не дает основания для установления диагноза язвы, но в совокупности их значение почти равно выявлению прямого симптома — ниши. К тому же наличие косвенных признаков заставляет рентгенолога с особым вниманием искать язвенный дефект, выполняя серию прицельных рентгенограмм. Признаком нарушения секреторной функции желудка является наличие в нем жидкости натощак. Этот симптом наиболее показателен для язвы луковицы двенадцатиперстной кишки. При вертикальном положении тела жидкость образует горизонтальный уровень на фоне газового пузыря в желудке. Важным косвенным симптомом является регионарный спазм. В желудке и луковице он обычно возникает на уровне язвы, но на противоположной стороне. Там образуется втяжение контура с ровными очертаниями (см. рис. III.102). В желудке оно по форме напоминает конец пальца, отсюда название этого признака — «симптом указующего перста». При язве луковицы в период обострения, как правило, наблюдается спазм привратника. Наконец, при язвах отмечается симптом местной гиперкинезии, выражающийся в ускоренном продвижении контрастного вещества в зоне язвы. Этот симптом объясняют повышенной раздражимостью и двигательной активностью стенки в области изъязвления. С ним связан и другой косвенный признак — симптом точечной болезненности и местного напряжения брюшной стенки при пальпации области, соответствующей расположению язвы.

В стадии обострения язвенной болезни наблюдается увеличение ниши и расширение окружающего ее воспалительного вала. В период ремиссии отмечается уменьшение ниши вплоть до ее исчезновения (через 2—6 нед), нормализуются функции желудка и двенадцатиперстной кишки. Важно подчеркнуть, что исчезновение ниши не означает излечения, если сохранились симптомы нарушения функции. Только устранение функциональных расстройств гарантирует излечение или по крайней мере продолжительную ремиссию.

При язвенной болезни и хроническом гастрите нередко наблюдается дуоденогастральный рефлюкс. Для его выявления больному проводят динамическую сцинтиграфию. С этой целью ему внутривенно вводят РФП  $^{99m}\text{Tc}$ -бутил-ИДА или родственное ему соединение активностью 100 МБк. После получения на сцинтиграммах изображения желчного пузыря (эти препараты выделяются с желчью) пациенту дают жирный завтрак (например, 50 г сливочного масла). На последующих сцинтиграммах удается наблюдать опорожнение пузыря от радиоактивной желчи. При недостаточности привратника она появляется в полости желудка, а при гастроэзофагеальном рефлюксе — даже в пищеводе.

Язвенную нишу может отдаленно напоминать дивертикул желудка — своеобразная аномалия развития в виде мешковидного выпячивания стенки пищеварительного канала. В  $3/4$  случаев дивертикул желудка расположен на задней стенке вблизи пищеводно-желудочного перехода, т.е. около кардиального отверстия (см. рис. III.91). В отличие от язвы дивертикул имеет правильную округлую форму, ровные дугообразные контуры

ры, нередко хорошо сформированную шейку. Складки слизистой оболочки вокруг него не изменены, некоторые из них входят через шейку в дивертикулу. Особенно часто встречаются дивертикулы в нисходящей и нижней горизонтальной частях двенадцатиперстной кишки. Рентгенологические признаки их такие же, только при развитии дивертикулита контуры выпячивания становятся неровными, слизистая оболочка вокруг — отечной, пальпация — болезненной.

Важную роль играют лучевые методы в диагностике осложнений язвенной болезни. Прежде всего это относится к прободению язвы желудка или двенадцатиперстной кишки. Основным признаком прободения является наличие свободного газа в брюшной полости (рис. 111.105). Большого обследуют в том положении, в котором он привезен в рентгеновский кабинет. Газ, проникший в брюшную полость через перфорационное отверстие, занимает в ней наиболее высокие отделы. При вертикальном положении тела газ скапливается под диафрагмой, при положении на левом боку — в правом боковом канале, при положении на спине — под передней брюшной стенкой. На рентгенограммах газ обуславливает четко видимое просветление. При изменении положения тела он перемещается в брюшной полости, почему его и называют свободным. Газ может быть выявлен также при ультразвуковом исследовании.

На пенетрацию язвы в окружающие ткани и органы указывают два признака: большие размеры ниши и ее фиксация. В пенетрирующих язвах нередко имеется трехслойное содержимое: газ, жидкость и контрастное вещество.

При подозрении на острое язвенное кровотечение обычно прибегают к неотложной эндоскопии. Однако ценные данные можно получить при рентгенологическом исследовании, которое целесообразно проводить, если фиброгастродуоденоскопию выполнить невозможно или она не показана. После остановки кровотечения или даже в период продолжающегося кровотечения можно осуществить рентгеноскопию и рентгенографию желудка и двенадцатиперстной кишки с сульфатом бария, но при горизонтальном положении больного и без компрессии передней брюшной стенки.



Рис. Ш.105. Рентгенограмма верхнего отдела живота. Скопление газа под правой половиной диафрагмы в результате прободения язвы желудка.

В результате рубцевания язвы привратника может развиваться стеноз выходного отдела желудка. По рентгенологическим данным определяют степень его выраженности (компенсированный, субкомпенсированный или декомпенсированный).

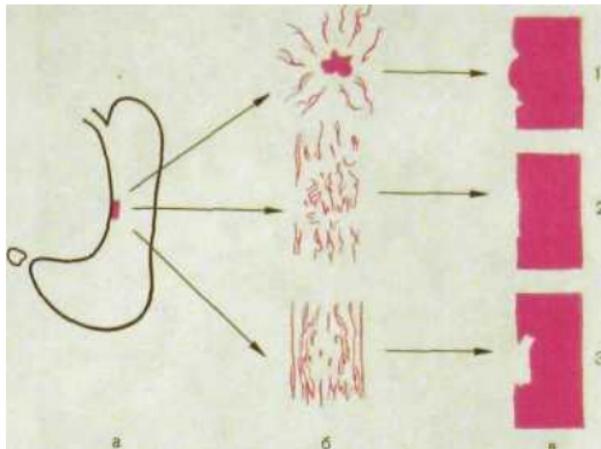
**Рак желудка.** Первоначально опухоль представляет собой островок раковой ткани в слизистой оболочке, но в дальнейшем возможны различные пути роста опухоли, которые предопределяют рентгенологические признаки малого рака (рис. III.106). Если преобладают некроз и изъязвление опухоли, то ее центральная часть западает по сравнению с окружающей слизистой оболочкой — так называемый углубленный рак (рис. III.107). В этом случае при *двойном контрастировании* определяется ниша неправильной формы с неровными контурами, вокруг которой отсутствуют ареолы. Складки слизистой оболочки сходятся к изъязвлению, слегка расширяясь перед нишей и теряя здесь свои очертания.

При другом типе роста опухоль распространяется преимущественно в стороны по слизистой оболочке и в подслизистом слое — *поверхностный, или плоскоинфильтрирующий, рак, растущий эндифитно*. Он обуславливает участок измененного рельефа, в котором отсутствуют ареолы, но при этом в отличие от углубленного рака нет изъязвления и не отмечается конвергенции складок слизистой оболочки к центру опухоли. Вместо этого наблюдаются беспорядочно расположенные утолщения с неравномерно разбросанными по ним комочками контрастной массы. Контур желудка становится неровным, выпрямленным. Перистальтика в области инфильтрата отсутствует.

В большинстве случаев опухоль растет в виде узла или бляшки, постепенно все больше вдаваясь в полость желудка, — «*возвышающийся*» (э к з о ф и т н ы й) рак. В начальной стадии рентгенологическая картина мало отличается от таковой эндофитной опухоли, но затем появляется заметное неравномерное углубление контура тени желудка, не участвующее в перистальтике. Далее образуется краевой или центральный дефект наполнения, по форме соответствующий опухоли, выступающей в просвет органа. При бляшковидном раке он остается плоским, при полипозном (грибовидном) раке имеет неправильную округлую форму с волнистыми очертаниями (рис. III.108).

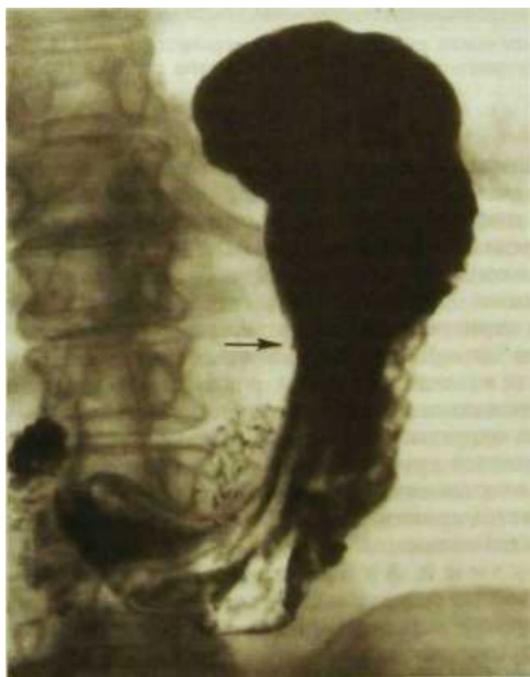
Следует подчеркнуть, что в большинстве случаев с помощью лучевых методов невозможно отличить ранний рак от пептической язвы и полипа, в связи с чем требуется эндоскопическое исследование. Однако рентгенологическое исследование очень важно как метод отбора больных для проведения эндоскопии.

При дальнейшем развитии опухоли возможны различные рентгенологические картины, которые, пожалуй, никогда не копируют одна другую. Однако условно можно выделить несколько форм такого «развитого рака». Большая экзофитная опухоль дает крупный дефект наполнения в тени заполненного контрастной массой желудка. Контур дефекта неровные, но довольно четко отграничены от окружающей слизистой оболочки, складки которой в области дефекта разрушены, перистальтика не прослеживается.



**Рис. III.106.** Малый рак желудка (схема).

а — исходная опухоль; б — картина при двойном контрастировании; в — картина при тугом наполнении желудка. 1 — возвышающийся рак; 2 — поверхностный рак; 3 — углубленный рак.



**Рис. III.107.** Незначительно углубленный рак с небольшим изъязвлением в центре (указано стрелкой).



Рис. П1.108. Прицельная рентгенограмма верхнего отдела желудка. Большая раковая опухоль с бугристой поверхностью (указана стрелками).

В ином «обличье» предстает инфильтративно-язвенный рак. При нем выражены не столько дефект наполнения, сколько разрушение и инфильтрация слизистой оболочки. Вместо нормальных складок определяется так называемый злокачественный рельеф: бесформенные скопления бария между подушкообразными и бесструктурными участками. Конечно, контуры тени желудка в области поражения неровные, а перистальтика отсутствует.

Довольно типична рентгенологическая картина блюдцеобразного (чашеподобного) рака, т.е. опухоли с приподнятыми краями и распадающейся центральной частью. На рентгенограммах определяется округлый или овальный дефект наполнения, в центре которого выделяется крупная ниша — скопление бария в форме пятна с неровными очертаниями (рис. П1.109). Особенностью блюдцеобразного рака является сравнительно четкая ограниченность краев опухоли от окружающей слизистой оболочки.

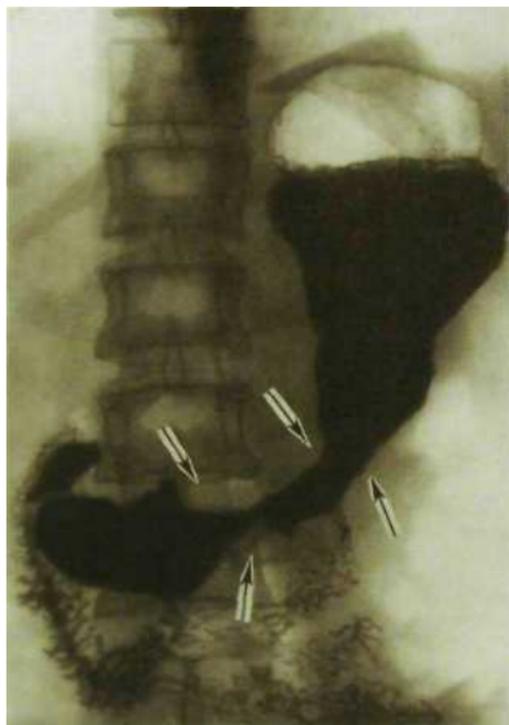
Диффузный фибропластический рак ведет к сужению просвета желудка. В области поражения он превращается в узкую ригидную трубку с неровными контурами (рис. ШЛЮ). При раздувании желудка воздухом деформированный отдел не расправляется. На границе суженной части с непораженными отделами можно заметить небольшие уступы на контурах тени желудка. Складки слизистой оболочки в зоне опухоли утолщаются, становятся неподвижными, а затем исчезают.



Рис. III.109. Чашелодобный (блюдецееобразный) рак желудка. В антральном отделе округлый дефект наполнения со скоплением контрастного вещества в изъязвлении (указано стрелкой).

Опухоль желудка может быть выявлена также при *компьютерной томографии и ультразвуковом исследовании*. На сонограммах выделяются участки утолщения стенки желудка, что позволяет уточнить объем опухолевого поражения. К тому же по сонограммам можно определить распространенность инфильтрата в окружающие ткани и обнаружить метастазы опухоли в лимфатических узлах брюшной полости и забрюшинного пространства, печени и других органах брюшной полости. Особенно наглядно ультразвуковые признаки опухоли желудка и ее прорастания в стенку желудка определяются при *эндоскопической сонографии* желудка. При КТ также хорошо визуализируется стенка желудка, что позволяет выявить ее утолщение и наличие в ней опухоли. Однако самые ранние формы рака желудка как при сонографии, так и при КТ обнаружить трудно. В этих случаях ведущую роль играет гастроскопия, дополненная прицельной множественной биопсией

**Доброкачественные опухоли желудка.** Рентгенологическая картина зависит от типа опухоли, стадии ее развития и характера роста. **Доброкачественные опухоли эпителиальной природы** (папилломы, аденомы, ворсинчатые полипы) исходят из слизистой оболочки и вдаются в просвет желудка. Вначале среди ареол обнаруживают бесструктурный округлый участок, который можно заметить только при двойном контрастировании желудка. Затем определяют локальное расширение одной из складок. Оно постепенно увеличивается, принимая форму округлого или слегка продолговатого дефекта (рис. III.111). Складки слизистой оболочки обходят этот дефект и не инфильтрированы.



Гм. III.110. Фибропластический рак желудка (сюфр). На значительном протяжении просвет желудка сужен, контуры его неровные (указано стрелками).

Контуры дефекта ровные, иногда волнистые. Контрастная масса задерживается в небольших углублениях на поверхности опухоли, создавая нежный ячеистый рисунок. Перистальтика не нарушается, если не произошло злокачественного перерождения полипа.

Совсем иначе выглядят неэпителиальные доброкачественные опухоли (лейомиомы, фибромы, невриномы и др.). Они развиваются главным образом в подслизистом или мышечном слое и мало вдаются в полость желудка. Слизистая оболочка над опухолью растянута, вследствие чего складки уплощены или раздвинуты. Перистальтика обычно сохранена. Опухоль тоже может обусловить округлый или овальный дефект с ровными контурами.

**Послеоперационные заболевания желудка.** Рентгенологическое исследование необходимо для своевременного выявления ранних

послеоперационных осложнений — пневмоний, плевритов, ателектазов, гнойников в брюшной полости, в том числе поддиафрагмальных абсцессов. Сравнительно просто распознаются газосодержащие абсцессы: на снимках и при просвечивании удается обнаружить полость, содержащую газ и жидкость. Если газа нет, то поддиафрагмальный абсцесс можно заподозрить по ряду косвенных признаков. Он вызывает высокое положение и иммобилизацию соответствующей половины диафрагмы, ее утолщение, неровность очертаний. Появляются «сочувственный» выпот в реберно-диафрагмальном синусе и очаги инфильтрации в основании легкого. В диагностике поддиафрагмальных гнойников с успехом используют *сонографию* и *компьютерную томографию*, так как скопления гноя четко вырисовываются при этих исследованиях. Воспалительный инфильтрат в брюшной полости дает экзонеоднородное изображение: в нем нет участков, свободных от эхосигналов. Абсцесс характеризуется наличием зоны, лишенной таких сигналов, но вокруг нее вырисовывается более плотный ободок — отображение инфильтративного вала и пиогенной оболочки.

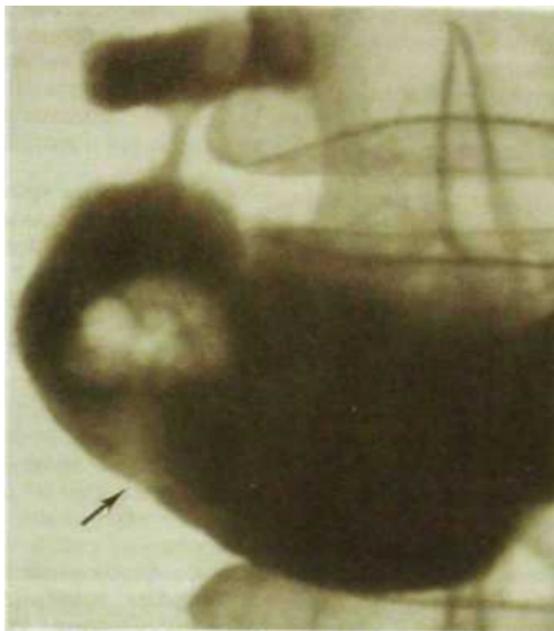


Рис. III.111. Прицельная рентгенограмма выходной части желудка. Крупный аденоматозный полип на ножке (указан стрелкой).

Среди поздних послеоперационных осложнений необходимо упомянуть два синдрома: синдром приводящей петли и демпинг-синдром. Первый из них рентгенологически проявляется поступлением контрастной массы из культи желудка через анастомоз в приводящую петлю. Последняя расширена, слизистая оболочка в ней отечна, пальпация ее болезненна. Особенно показательна длительная задержка бария в приводящей петле. Для демпинг-синдрома характерно значительное ускорение опорожнения культи желудка и быстрое распространение бария по петлям тонкой кишки.

Через 1—2 года после оперативного вмешательства на желудке может возникнуть пептическая язва анастомоза. Она обуславливает рентгенологический симптом ниши, причем язва обычно крупная и окружена воспалительным валом. Пальпация ее болезненна. Из-за сопутствующего спазма наблюдается расстройство функций анастомоза с задержкой содержимого в культе желудка.

### 4.3. Лучевое исследование кишечника

*Рентгенологическое исследование — традиционный способ изучения тонкой и толстой кишки.* Показания к нему многочисленны. В условиях неотложной медицинской помощи — это подозрение на кишечную не-

проходимость, перфорацию кишки, тромбозмболию мезентериальных сосудов, желудочно-кишечное кровотечение. В обычной клинической практике показаниями являются боли в животе, изменения частоты и характера стула, необъяснимая анемия, поиски скрыто протекающего ракового процесса, признаки гастроинтестинального кровотечения, источник которого не найден ни в пищеводе, ни в желудке.

На обычных рентгенограммах очертания кишечных петель плохо различимы, видны лишь скопления газа и тени сформировавшихся каловых масс в дистальных отделах толстой кишки и в прямой кишке. В связи с этим *обзорные рентгенограммы используют преимущественно в диагностике острой кишечной непроходимости* (см. далее). *Ведущим методом рентгенологического исследования является искусственное контрастирование — введение контрастного вещества в просвет кишки.*

Каждый отдел кишечника исследуют при разной степени наполнения контрастной массой и при разном положении тела больного. Малое наполнение дает возможность детально оценить рельеф внутренней поверхности кишки, складки ее слизистой оболочки. В сочетании с раздуванием кишки воздухом оно обеспечивает получение пластичных картин стенок и внутренней поверхности кишки. Массивное (тугое) наполнение позволяет определить положение, форму, величину, очертания, смещаемость и функцию органа. По ходу исследования сочетаются обзорные и прицельные рентгенограммы. В последние годы все большее значение приобретают компьютерная томография и ультразвуковое исследование кишечника.

#### 4.3.1. Нормальная тонкая кишка

Наиболее физиологичным способом искусственного контрастирования тонкой кишки является пероральное контрастирование, достигаемое путем приема водной взвеси сульфата бария внутрь. Пройдя желудок и двенадцатиперстную кишку, контрастная масса поступает в тощую и далее — в подвздошную кишку. Через 10—15 мин после приема бария определяется тень первых петель тощей кишки, а через 1—2 ч — остальных отделов тонкой кишки (рис. III. 112).

Фазы заполнения тонкой кишки фиксируют на рентгенограммах. Если необходимо ускорить продвижение контрастной массы, то используют сильно охлажденный барий, который принимают отдельными порциями, или дополнительно ледяной изотонический раствор натрия хлорида. Эффект ускорения пассажа бария наблюдается также под воздействием подкожной инъекции 0,5 мг простигмина или внутримышечного введения 20 мг метоклопрамида. Недостатками данной методики исследования тонкой кишки являются большая длительность процедуры и сравнительно высокая лучевая нагрузка.

Все пероральные методы искусственного контрастирования имеют существенный недостаток: заполнение кишки бывает неравномерным, фрагментарным, отдельные сегменты ее вообще не видны на рентгенограммах. Вследствие этого по результатам перорального контрастирования можно составить лишь ориентировочное представление о морфологическом состоянии тонкой кишки.



**Рис. III.112.** Рентгенограмма тонкой кишки. Петли ее заполнены контрастным веществом, поступающим из желудка. Хорошо вырисовываются круговые (керкринговы) складки слизистой оболочки.

I | *Основным методом рентгенологического исследования тонкой кишки является рентгеноконтрастная энтероклизма.*

При этом исследовании для равномерного тугого заполнения тонкой кишки пациенту в условиях искусственной медикаментозной гипотонии кишечника вводят удлиненный кишечный зонд (или специальный катетер) в двенадцатиперстную кишку. Через зонд вливают 600—800 мл водной взвеси сульфата бария. В норме в течение 10—15 мин контрастная масса заполняет всю тонкую кишку и начинает поступать в слепую (рис. III.113). Это создает возможность изучения морфологических особенностей тощей и подвздошной кишки. Для улучшения визуализации кишечной стенки вслед за бариевой взвесью через катетер в кишку дозированно вводят воздух, т.е. выполняют двойное контрастирование тонкой кишки.

Петли тощей кишки расположены преимущественно в центральных отделах брюшной полости (см. рис. III.112). Они имеют вид узких лент шириной 1,5—2 см, контуры кишки зубчатые, поскольку на них равномерно распределены узкие выемки — отражение круговых (керкринговы) складок слизистой оболочки. Сами складки выделяются как нежные поперечно и косо направленные полоски, расположение и форма которых изменяются при разнообразных движениях кишечных петель. В момент прохождения круговых волн складки принимают продольное направление. В целом для тощей кишки считается характерным так на-



**Рис. III.113.** Чреззондовая энтерография. Петли тонкой кишки равномерно заполнены контрастным веществом через зонд.

зывается перистый рисунок рельефа внутренней поверхности. Петли подвздошной кишки находятся ниже, часто в области таза. По ходу подвздошной кишки зубчатость контуров становится все меньше и в конце концов исчезает. Калибр складок уменьшается от 2—3 мм в тощей кишке до 1—2 мм в подвздошной.

Последняя петля подвздошной кишки впадает в слепую кишку. На месте впадения находится *илеоцекальный клапан (баугиниева заслонка)*, его края вырисовываются как полуовальные выемки на контуре слепой кишки. Наблюдая за кишечными петлями с помощью рентгеноскопии, можно видеть их различные движения, способствующие перемещению и перемешиванию содержимого: тонические сокращения и расслабления, перистальтику, ритмичную сегментацию, маятникообразные движения. В подвздошной кишке, как правило, отмечается ее сегментация.

Процессы всасывания в тонкой кишке изучают с помощью *радионуклидных методик*. При подозрении на *пернициозную анемию* исследуют вса-

сывание витамина  $B_{12}$  в кишечнике. Для этого пациент принимает внутрь два РФП:  $^{59}\text{Co-B}_{12}$  и  $^{57}\text{Co-B}_{12}$ , при этом один из них связан с внутренним желудочным фактором (ВЖФ), который секретируется слизистой оболочкой желудка. В его отсутствие или при недостатке нарушается всасывание витамина  $B_{12}$ . Затем больному парентерально вводят большое количество немеченого витамина  $B_{12}$  - примерно 1000 мкг. Стабильный витамин блокирует печень, а его радиоактивные аналоги выводятся с мочой. Сбрав выделившуюся за сутки мочу и определив ее радиоактивность, можно вычислить процент всосавшегося  $B_{12}$ . В норме экскреция этого витамина с мочой составляет 10—50 % введенной дозы. Как было отмечено выше, пациент принимает два РФП. Поскольку излучения двух радионуклидов кобальта различаются по своим характеристикам, это дает возможность выяснить, что лежит в основе плохого всасывания витамина — недостаток ВЖФ или другие причины (нарушение абсорбции в кишечнике, генетически измененный транспорт витамина  $B_{12}$  белками крови и др.).

*Всасывание нейтрального жира и жирной кислоты в тонкой кишке оценивают после приема пациентом внутрь меченных  $^3\text{H}$ / триолеат-глицерина и олеиновой кислоты. Чаще всего к этому прибегают, чтобы установить причину стеатореи, т.е. повышенного содержания жира в каловых массах. Уменьшение всасывания триолеата-глицерина указывает на то, что стеаторея связана с недостаточным выделением липазы — фермента поджелудочной железы. Всасывание олеиновой кислоты при этом не нарушается. При заболеваниях кишечника нарушается всасывание как триолеат-глицерина, так и олеиновой кислоты.*

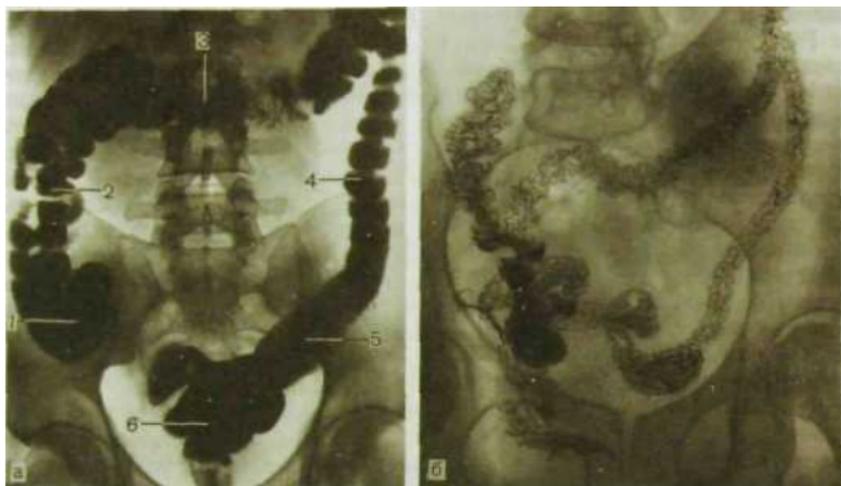
После приема этих препаратов производят радиометрию всего тела пациента дважды: вначале без экрана, а затем со свинцовым экраном над областью желудка и кишечника. Радиометрию повторяют через 2 и 24 ч. Об усвоении триолеат-глицерина и олеиновой кислоты судят по их содержанию в тканях.

### 4.3.2. Нормальная толстая и прямая кишка

На обычных снимках четкое изображение толстой и прямой кишки отсутствует. Если производить снимки после приема пациентом водной взвеси сульфата бария внутрь, то можно зарегистрировать пассаж контрастной массы по пищеварительному каналу. Из терминальной петли подвздошной кишки барий переходит в слепую кишку и затем последовательно перемещается в остальные отделы толстой кишки. Этот метод — метод *«контрастного завтрака»* — используют только для оценки моторной функции толстой кишки, но не для изучения ее морфологии. Дело в том, что контрастное содержимое распределяется в кишке неравномерно, смешано с пищевыми шлаками, а рельеф слизистой оболочки вообще не отображается.

Основным лучевым методом исследования толстой и прямой кишки является их ретроградное заполнение контрастной массой — ирригоскопия.

При этом исследовании очень важна тщательная подготовка больного: бесшлаковая диета в течение 2—3 дней, прием слабительных — одна столовая ложка касторового масла в обед накануне, проведение



**Рис. III.114.** Рентнограммы толстой кишки.

а — после ретроградного заполнения контрастным веществом: 1 — слепая кишка, 2 — восходящая ободочная, 3 — поперечная ободочная, 4 — нисходящая ободочная, 5 — сигмовидная ободочная, б — прямая; б — после опорожнения кишки: виден складчатый рельеф слизистой оболочки кишки.

серии очистительных клизм — накануне вечером и рано утром в день исследования. Некоторые рентгенологи предпочитают подготовку с помощью специальных таблеток, например контактлаксантов, способствующих отторжению каловых масс от слизистой оболочки **кишки**, а также применение слабительных свечей и сульфата магния.

Водную бариевую взвесь вводят через задний проход с помощью аппарата Боброва в количестве 600—800 мл. Оценивают положение, форму, величину, очертания, смещаемость всех отделов толстой и прямой кишки (рис. III.114). Затем больному предлагают опорожнить толстую кишку. В результате основная масса контрастной взвеси удаляется из кишечника, а налет бария остается на слизистой оболочке и обрисовывает ее складки (см. рис. III.114).

После изучения рельефа слизистой оболочки в толстую кишку под контролем рентгеноскопии вдувают до 1 л воздуха. Это дает возможность оценить растяжимость (эластичность) стенок кишки. Кроме того, на фоне растянутых складок слизистой оболочки лучше выделяются малейшие неровности, например грануляции, полипы, небольшие раковые опухоли. Подобную методику называют *двойным контрастированием толстой кишки*.

В последние годы получил распространение метод *одновременного двойного контрастирования толстой кишки*. При этом исследовании в кишку сначала вводят относительно небольшое количество контрастной массы — около 200—300 мл, а затем под контролем просвечивания дозированно и



**Рис. III.115.** Рентгенограмма слепой и восходящей кишки (двойное контрастирование).



**Рис. III. 116.** Прицельная рентгенограмма слепой кишки. Контрастное вещество заполнило червеобразный отросток.

осторожно вдувают воздух, проталкивая таким образом воздушным столбом введенный ранее болюс бариевой взвеси проксимально, вплоть до илеоцекального клапана. Затем производят серию обзорных рентгенограмм органов брюшной полости в стандартных позициях, дополняя их отдельными снимками интересующего участка кишки (рис. III.115). Обязательным условием проведения исследования по методу первичного двойного контрастирования является предварительная медикаментозная гипотония кишки.

Толстая кишка занимает преимущественно периферические отделы брюшной полости. В правой подвздошной области находится слепая кишка. У ее нижнего полюса нередко заполняется контрастной массой червеобразный отросток в виде узкого канала длиной 6—10 см (рис. III. 116). Слепая кишка без резких границ переходит в восходящую ободочную, которая поднимается до печени, образует правый изгиб и продолжается в поперечную ободочную кишку. Последняя направляется влево, образует левый изгиб, от которого вдоль левой боковой стенки брюшной полости идет нисходящая ободочная кишка. В левой подвздошной области она переходит в сигмовидную ободочную кишку, образующую один-два изгиба. Ее продолжением является прямая кишка, имеющая два изгиба: крестцовый, обращенный выпуклостью кзади, и промежностный — выпуклостью кпереди.

Наибольший диаметр имеет слепая кишка; в дистальном направлении поперечник толстой кишки в общем уменьшается, вновь увеличиваясь при переходе в прямую кишку. Контуры толстой кишки волнисты из-за *гаустральных перетяжек*, или *гаустр*. При пероральном заполнении толстой кишки гаустры распределены относительно равномерно, имеют гладкие закругленные очертания. Впрочем, распределение, глубина и форма гаустр изменяются в связи с перемещениями кишечного содержимого и движениями кишечной стенки. При ирригоскопии гаустрация менее глубокая, а местами незаметна. На внутренней поверхности кишки гаустрам соответствуют полулунные складки слизистой оболочки. В тех отделах, где содержимое задерживается дольше, преобладают косые и поперечные складки, а в тех отделах, которые служат для выведения каловых масс, чаще видны узкие продольные складки. В норме рельеф слизистой оболочки кишки изменчив.

### 4.3.3. Заболевания кишечника

*Распознавание заболеваний кишечника основывается на клинических, рентгенологических, эндоскопических и лабораторных данных. Все возрастающую роль в этом комплексе играет колоноскопия с биопсией, особенно в диагностике ранних стадий воспалительного и опухолевого процессов.*

**Острая механическая непроходимость кишечника.** В ее распознавании большое значение имеет *рентгенологическое исследование*. Больному в вертикальном положении производят обзорные рентгенограммы органов брюшной полости. На непроходимость указывает вздутие кишечных петель, расположенных выше места закупорки или сдавления кишки. В этих петлях определяются скопления газа и горизонтальные уровни жидкости (так называемые *чаши*, или *уровни*, *Клойбера*; рис. ПП.117). Все петли кишки дистальнее места закупорки находятся в спавшемся состоянии и не содержат газа и жидкости. Именно этот признак — спадение постстенотического отрезка кишечника — позволяет отличить механическую непроходимость кишечника от динамической (в частности, от пареза кишечных петель). Кроме того, при динамической паралитической непроходимости не наблюдается перистальтики кишечных петель. При рентгеноскопии не удается заметить перемещения содержимого в кишке и колебаний уровней жидкости. При механической непроходимости, наоборот, повторные снимки никогда не копируют сделанные ранее, картина кишечника все время меняется.

*Наличие острой механической непроходимости кишечника устанавливается по двум основным признакам: вздутию престенотической части кишки и спадению постстенотической.*

Эти признаки появляются через 1—2 ч после начала заболевания, а еще через 2 ч обычно становятся отчетливыми.

Важно разграничить непроходимость тонкой и толстой кишки. В первом случае вздуты петли тонкой кишки, а толстая находится в спавшемся состоянии. Если это недостаточно ясно по снимкам, то можно

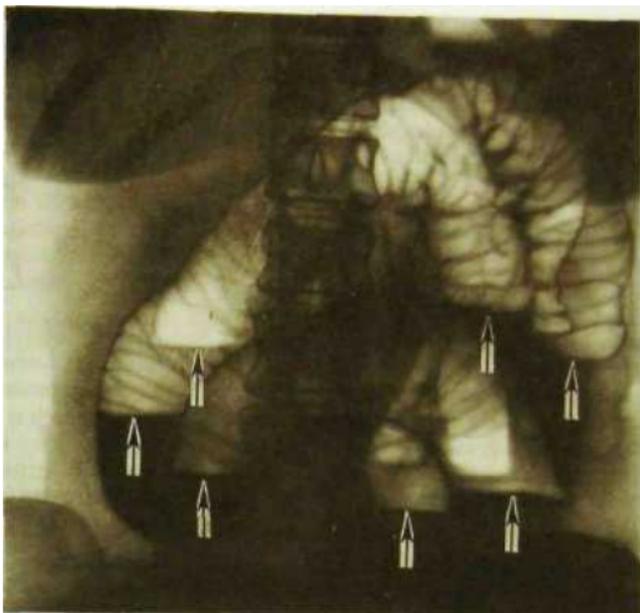


Рис. III.117. Обзорная рентгенограмма живота. Острая механическая непроходимость тонкой кишки. Кишечные петли раздуты газом, в них имеются многочисленные уровни жидкости (указаны стрелками).

произвести ретроградное заполнение толстой кишки бариевой взвесью. Раздутые кишечные петли при тонкокишечной непроходимости занимают преимущественно центральные отделы брюшной полости, причем калибр каждой петли не превышает 4—8 см. На фоне раздутых петель видна поперечная исчерченность, обусловленная раздвинутыми круговыми (керкринговыми) складками. Гаустральных втяжений на контурах **тонкой кишки**, естественно, нет, так как они бывают только в толстой кишке.

При непроходимости толстой кишки наблюдаются громадные раздутые петли с высокими газовыми пузырями в них. Скопление жидкости в кишке обычно невелико. На контурах кишки намечаются гаустральные втяжения, видны также дугообразные грубые полулунные складки. Вводя контрастную взесь через прямую кишку, можно уточнить место и характер непроходимости (например, обнаружить раковую опухоль, приведшую к сужению кишки). Укажем лишь, что *отсутствие рентгенологических признаков не исключает кишечную непроходимость*, так как при некоторых формах странгуляционной непроходимости интерпретация рентгенологической картины может быть затруднена. В этих случаях большим подспорьем оказываются *сонография* и *компьютерная томография*. Они позволяют выявить растяжение престенотического отдела кишки, обрыв ее изображения на границе со спавшимся постстенотическим, тень злообразования.

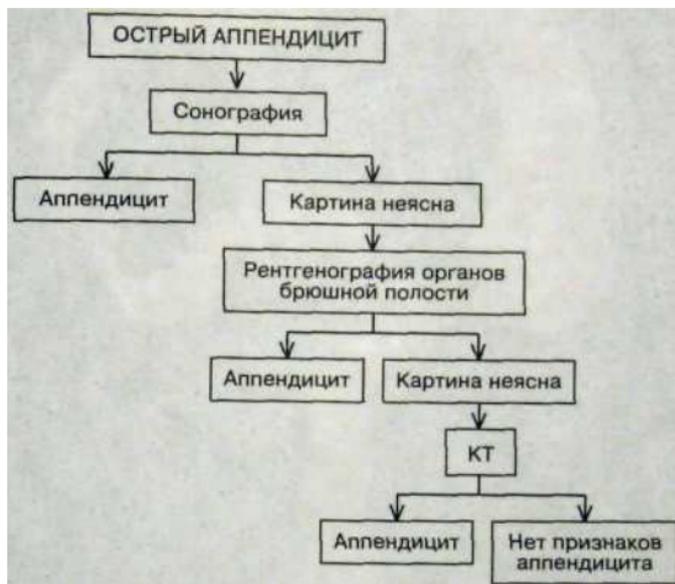
Особенно трудна диагностика **острой ишемии** кишечника и **некроза** кишечной стенки. При закупорке верхней

брыжеечной артерии отмечаются скопления газа и жидкости в тонкой кишке и в правой половине толстой кишки, причем проходимость последней не нарушена. Однако рентгенография и сонография обеспечивают распознавание мезентериального инфаркта лишь у 25 % больных. При КТ удается диагностировать инфаркт более чем у 80 % больных на основании утолщения кишечной стенки в зоне некроза, появления газа в кишке, а также в воротной вене. Наиболее точным методом является ангиография, производимая с помощью спиральной КТ, магнитно-резонансного исследования или катетеризации верхней брыжеечной артерии. Преимуществом мезентерикографии является возможность последующего направленного транскатетерного введения вазодилататоров и фибринолитиков. Рациональная тактика исследования представлена ниже на схеме.

При частичной непроходимости большую пользу приносит повторное исследование через 2—3 ч. Допустимо введение небольшого количества водорастворимого контрастного вещества через рот или назоюнональный зонд (энтерография). При завороте сигмовидной ободочной кишки и ценные данные получают при ирригоскопии. При спаечной непроходимости прибегают к рентгенологическому исследованию в разных положениях больного, регистрируя участки фиксации кишечных петель.



**Аппендицит.** Клинические признаки острого аппендицита известны каждому врачу. Лучевое исследование служит ценным способом подтверждения диагноза и особенно показано при отклонении от типичного течения болезни. Тактика обследования представлена в виде следующей **схемы**.



Как видно на схеме, лучевое исследование целесообразно начинать с *сонографии* органов брюшной полости. Симптомами острого аппендицита считают расширение червеобразного отростка, заполнение его жидкостью, утолщение его стенки (более 6 мм), выявление камней в отростке и его фиксация, скопление жидкости у стенки отростка и слепой кишки, гиперэхогенное изображение абсцесса, вдавление от абсцесса на стенке кишки, гиперемия периаппендикулярных тканей (при доплерографии).

Основные рентгенологические признаки острого аппендицита: небольшие скопления газа и жидкости в дистальной части подвздошной кишки и в слепой кишке как проявление их пареза, утолщение стенки слепой кишки из-за ее отека, утолщение и ригидность складок слизистой оболочки этой кишки, камни в червеобразном отростке, небольшой выпот в брюшной полости, отек мягких тканей брюшной стенки, нерезкость очертаний правой поясничной мышцы. Аппендикулярный абсцесс обуславливает затемнение в правой подвздошной области и вдавление на стенке слепой кишки. Иногда в абсцессе и в проекции отростка определяется небольшое скопление газа. При прободении отростка могут быть мелкие пузыри газа под печеню.

КТ несколько эффективнее сонографии и рентгенографии в диагностике острого аппендицита, позволяя с большой четкостью обнаруживать утолщение стенки червеобразного отростка и аппендикулярный абсцесс.



Рис. III.118. Виртуальная эндоскопия на спиральном компьютерном томографе. Спастические сокращения нисходящей и сигмовидной кишки при колите.

При хроническом аппендиците отмечают деформацию отростка, его фиксацию, фрагментацию его тени при рентгеноконтрастном исследовании или незаполнение отростка сульфатом бария, наличие камней в отростке, совпадение болевой точки с тенью отростка.

**Дискинезия кишечника.** Рентгенологическое исследование является простым и доступным методом уточнения характера продвижения содержимого по петлям тонкой и толстой кишки и диагностики различных вариантов констипации (запора) (рис. III. 118).

**Энтероколиты.** При остром энтероколите различной этиологии наблюдаются сходные симптомы. В кишечных петлях появляются небольшие пузырьки газа с короткими уровнями жидкости. Продвижение контрастного вещества происходит неравномерно, отмечаются отдельные скопления его, между которыми наблюдаются перетяжки. Складки слизистой оболочки утолщены или вообще не дифференцируются. Для всех хронических энтероколитов, сопровождающихся синдромом нарушения всасывания (мальабсорбции), характерны общие при-

знаки: расширение кишечных петель, скопление в них газа и жидкости (гиперсекреция), разделение контрастной массы на отдельные комки (сидиментация и фрагментация содержимого). Пассаж контрастного вещества замедлен. Оно распределяется по внутренней поверхности кишки неравномерно, могут быть видны мелкие изъязвления.

**Мальабсорбция.** При ней нарушается всасывание различных составных частей пищи. Чаще всего встречаются болезни группы спру. Две из них — целиакия и нетропическая спру — относятся к врожденным, а тропическая спру — к приобретенным. Независимо от природы и вида мальабсорбции рентгенологическая картина более или менее однотипна: определяется расширение петель тонкой кишки. В них скапливаются жидкость и слизь. Бариевая взвесь из-за этого становится неоднородной, флоккулирует, делится на фрагменты, превращается в хлопья. Складки слизистой оболочки становятся плоскими и продольными. При радионуклидном исследовании с триолеат-глицерином и олеиновой кислотой устанавливают нарушение всасывания в кишечнике.

**Региональный энтерит и гранулематозный колит (болезнь Крона).** При этих заболеваниях может быть поражен любой отдел пищеварительного канала — от пищевода до прямой кишки. Однако наиболее часто наблюдаются поражения дистального отдела тощей кишки и проксимальной части подвздошной (е ю н о и л е и т), концевых отделов подвздошной (т е р м и н а л ь н ы й и л е и т), проксимальных частей толстой кишки.

*В течении болезни выделяют две стадии.* В первой стадии отмечаются утолщение, выпрямление и даже исчезновение складок слизистой оболочки и поверхностные изъязвления. Контуры кишки становятся неровными, зубчатыми. Затем вместо привычной картины складок обнаруживают множественные округлые просветления, обусловленные островками воспаленной слизистой оболочки. Среди них могут выделяться полосковидные тени бария, отложившегося в поперечных трещинах и щелевидных язвах. В области поражения кишечные петли выпрямлены, сужены. Во второй стадии отмечается значительное сужение кишечных петель с образованием рубцовых перетяжек длиной от 1—2 до 20—25 см (рис. III.119). На снимках стенозированный участок может выглядеть как узкий неровный канал (с и м п т о м «ш н у р а»). В отличие от синдрома нарушенного всасывания не наблюдается диффузного расширения кишечных петель, гиперсекреции и фрагментации контрастного вещества, четко выражен гранулярный характер рельефа внутренней поверхности кишки. Одно из осложнений болезни Крона — абсцессы, дренирование которых осуществляют под лучевым контролем.

**Туберкулез кишечника.** Чаще всего поражается илеоцекальный угол, но уже при исследовании тонкой кишки отмечаются утолщение складок слизистой оболочки, небольшие скопления газа и жидкости, замедленное продвижение контрастной массы. В области поражения контуры кишки неровные, складки слизистой оболочки замещены участками инфильтрации, иногда с изъязвлениями, гаустрация отсутствует. Любопытно, что контрастная масса в зоне инфильтрации не задерживается, а быстро перемещается дальше (симптом местной гиперкинезии). В дальнейшем происходит сморщивание кишечной петли с уменьшением ее просвета и ограничением смешаемости из-за спаек.

**Неспецифический язвенный колит.** При легких формах отмечаются утолщение складок слизистой оболочки, точечные скопления бария и мел-



**Рис. III.119.** Рубиовые сужения поперечной, нисходящей и сигмовидной ободочной кишки при болезни Крона.

кая зубчатость контуров кишки в результате образования эрозий и маленьких язв. Тяжелые формы характеризуются сужением и ригидностью пораженных отделов толстой кишки. Они мало растягиваются, не расширяются при ретроградном введении контрастной массы. Гаустрация исчезает, контуры кишки делаются мелкозазубренными (рис. III.120). Вместо складок слизистой оболочки вырисовываются грануляции и скопления бария в изъязвлениях. Преимущественно поражаются дистальная половина толстой кишки и прямая кишка, которая при этом заболевании резко сужена.

**Рак кишки.** Рак возникает в виде небольшого утолщения слизистой оболочки, бляшки или полипоподобного плоского образования. На рентгенограммах определяется краевой или центральный дефект наполнения в тени контрастной массы. Складки слизистой оболочки в области дефекта инфильтрированы или отсутствуют, перистальтика прерывается. В результате некроза опухолевой ткани в дефекте может появиться депо бария неправильной формы — отображение изъязвленного рака. По мере дальнейшего роста опухоли наблюдаются преимущественно два варианта рентгенологической картины. В первом случае выявляется бугристое образование, вдающееся в просвет кишки (экзофитный тип роста; рис. III.121, III.122). Де-



**Рис. III.120.** Неспецифический язвенный колит. Нормальный рельеф слизистой оболочки замещен диффузными мелкими грануляциями.

фект наполнения имеет неправильную форму и неровные контуры. Складки слизистой оболочки разрушены. Во втором случае опухоль инфильтрирует стенку кишки, приводя к ее постепенному сужению. Пораженный отдел превращается в ригидную трубку с неровными очертаниями (эндофитный тип роста). *Сонография*, АТ и *MPT* позволяют уточнить степень инвазии стенки кишки и соседних структур. В частности, *эндоректальная сонография* ценна при раке прямой кишки. Компьютерные томограммы дают возможность оценить состояние лимфатических узлов в брюшной полости (рис. III.123).

**Доброкачественные опухоли.** Около 95 % доброкачественных новообразований кишечника составляют эпителиальные опухоли — полипы. Они бывают одиночными и множественными. Наи-



**Рис. III.121.** Прицельная рентгенограмма нисходящей кишки (двойное контрастирование). В просвет кишки вдаётся бугристая опухоль (указана стрелками).

более часты аденоматозные полипы. Они представляют собой небольшие, обычно размером не более 1—2 см, разрастания железистой ткани, нередко имеют ножку (стебель). При рентгенологическом исследовании эти полипы обуславливают дефекты наполнения в тени кишки, а при двойном контрастировании — дополнительные округлые тени с ровными и гладкими краями (рис. III. 124).

**Ворсинчатые полипы** при рентгенологическом исследовании выглядят несколько иначе. Дефект наполнения или дополнительная тень при двойном контрастировании имеют неровные очертания, поверхность опухоли покрыта барием неравномерно: он затекает между извилинами, в бороздки (рис. III. 125). Однако стенка кишки сохраняет эластичность. Ворсинчатые опухоли в противоположность аденоматозным полипам часто озлокачествляются. На злокачественное перерождение указывают такие признаки, как наличие стойкого депо бариевой взвеси в изъязвлении, ригидность и втянутость стенки кишки в месте расположения полипа, его быстрый рост. Решающее значение имеют результаты *колоноскопии с биопсией*.



Одна пациентка спросила прославленного русского врача С.П. Боткина:

- Скажите, доктор, какие упражнения самые полезные, чтобы похудеть?
- Поворачивайте голову справа налево и слева направо,— ответил Боткин.
- Когда?
- Когда Вас угощают.

«Он ел и пил в меру»,— эту фразу можно было прочесть в древнем Риме на памятнике, украшавшем могилу 112-летнего старика.

- Каким был Ваш наибольший вес?
- Сто килограммов.
- А наименьший?
- **Три.**

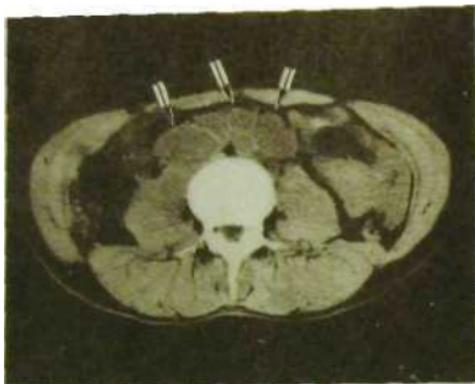
*(Медики и пациенты обмениваются улыбками. - Ташкент: Медицина, 1985)*



**Рис. III.122.** Рентгенограмма восходящей кишки (тугое заполнение) Раковая опухоль циркулярно охватывает суженный просвет кишки.

**Острый живот.** В данной главе были рассмотрены некоторые острые состояния органов брюшной полости. В заключение целесообразно остановиться в целом на синдроме острого живота. Причины этого синдрома разнообразны. Для установления срочного и точного диагноза важны анамнестические сведения, результаты клинического осмотра и лабораторных анализов. К лучевому исследованию прибегают при необходимости уточнения диагноза. Как правило, его начинают с рентгенографии органов грудной полости, так как синдром острого живота может быть следствием иррадиации болей при поражении легких и плевры (острая пневмония, спонтанный пневмоторакс, наддиафрагмальный плеврит).

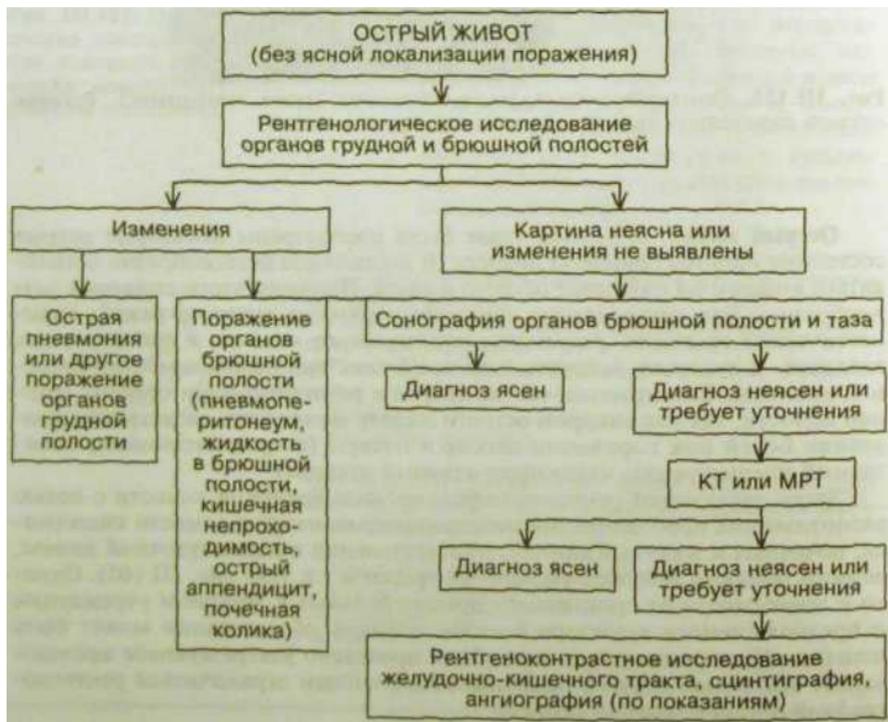
Затем выполняют рентгенографию органов брюшной полости с целью распознавания прободного пневмоперитонеума, непроходимости кишечника, почечных и желчных камней, обызвествлений в поджелудочной железе, острого заворота желудка, ущемления грыжи и т.д. (см. рис. III. 105). Однако в зависимости от организации приема больных в лечебном учреждении и предполагаемого характера болезни порядок обследования может быть изменен. На первом этапе может быть проведено ультразвуковое исследование, что в ряде случаев позволит в дальнейшем ограничиться рентгенографией органов грудной полости.



**Рис. III.123.** Компьютерная томограмма брюшной полости. Множественные крупные лимфатические узлы (указаны стрелками).



**Рис. III.124.** Рентгенограмма толстой кишки (двойное контрастирование). Одиночный полип (указан стрелкой).





**Рис. III. 125.** Рентгенограмма толстой кишки (двойное контрастирование). Ворсинчатая опухоль (x), видны множественные пузырьки газа.

Роль сонографии особенно велика при выявлении небольших скоплений газа и жидкости в брюшной полости, а также в диагностике аппендицита, панкреатита, холецистита, острых гинекологических заболеваний, поражения почек. При возникновении сомнений относительно результатов сонографии показана КТ. Ее преимуществом перед сонографией является то, что скопления газа в кишечнике не препятствуют диагностике. Примерная схема лучевого обследования при синдроме острого живота представлена на с. 320.

## **5. ПЕЧЕНЬ И ЖЕЛЧНЫЕ ПУТИ. ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА**

*Лишь тот понимает жизнь, кто проникает в ее глубины.*

Стефан Цвейг

Печень принадлежит к числу наиболее сложных по своему строению и функциям органов, является самой крупной железой в организме, принимает участие в процессах пищеварения, обмена веществ и кровообращения,

осуществляет специфические ферментативные и экскреторные функции. С помощью разнообразных исследовательских приемов врачи научились объективно оценивать морфологию печени и познать ее многогранные функции. Среди этих приемов достойное место заняли лучевые методы. Это целиком относится также к изучению желчных путей и поджелудочной железы. Здесь лучевая диагностика без преувеличения завоевала лидирующее положение, но при условии, что ее рассматривают как составную часть общей диагностической схемы.

Показания к лучевому исследованию устанавливает клиницист на основании анамнеза и клинической картины болезни. Выбор метода лучевого исследования осуществляют совместно клиницист и лучевой диагност. Последний составляет план исследования, анализирует его результаты и формулирует заключение.

## **5.1. Лучевое исследование печени и желчных путей**

Печень состоит из двух долей, которые принято делить на 8 сегментов. В каждый сегмент входят ветвь воротной вены и ветвь печеночной артерии, а из сегмента выходит желчный проток. Сегменты I и II составляют левую долю печени, а III—VIII — правую. Основную клеточную массу печени — около 85 % всех клеток — образуют гепатоциты. Они собираются в дольки, которых в печени около 500 000. Гепатоциты в дольках расположены рядами вдоль желчных капилляров и мельчайших венозных разветвлений. Стенки последних состоят из звездчатых ретикулоэндотелиоцитов — клеток Купфера, они составляют 15 % всех печеночных клеток.

Система кровообращения печени включает в себя два привносящих кровеносных сосуда: воротную вену, через которую поступает 70—80 % общего объема притекающей крови, и печеночную артерию, на которую приходится 20—30 %. Отток крови из печени происходит по печеночным венам, идущим в нижнюю полую вену, а отток лимфы — по лимфатическим путям.

На *обзорных рентгенограммах* печень дает интенсивную однородную тень приблизительно треугольной формы. Верхний контур ее совпадает с изображением диафрагмы, наружный выделяется на фоне экстраперитонеальной жировой клетчатки, а нижний соответствует переднему краю и вырисовывается на фоне других органов брюшной полости. Нормальный желчный пузырь на обычных снимках виден редко и то главным образом в области дна.

При *ультразвуковом исследовании* изображение печени здорового человека довольно однородное, с мелкозернистой эхоструктурой, обусловленной элементами стромы, сосудами, желчными протоками и связками (рис. III. 126). Границей между правой и левой долями печени служит овальное гиперэхогенное образование — отображение круглой связки печени.

В области ворот печени определяются тонкостенные трубчатые образования. Это прежде всего воротная вена с ее относительно толстыми стенками и калибром основного ствола 1-1,2 см, печеночные артерии, а также



**Рис. III.126.** Сонограмма печени здорового человека.

1 — передняя брюшная стенка; 2 — правая доля печени; 3 — печеночные вены; 4 — ветвь воротной вены.



**Рис. III.127.** Сонограмма нормального желчного пузыря (указан стрелками).

общий желчный проток диаметром около 0,7 см. Внутри печени артерии и желчные протоки незаметны, но зато четко намечаются эхонегативные полоски венозных сосудов. Особенно ясно видны печеночные вены, направляющиеся к нижней полой вене<sup>1</sup>.

На *сонограммах* хорошо различается желчный пузырь как однородное эхонегативное образование овальной формы с ровными краями (рис. III.127). Его размеры варьируют в широких пределах — от 6 до 12 см в длину и от 2,5 до 4 см в ширину. Толщина стенки желчного пузыря в области дна и тела равна 2 мм, в области воронки и шейки — 3 мм.

Изображение печени на *компьютерных томограммах* зависит от уровня выделяемого слоя. Если идти сверху, то на высоте Th<sub>ix</sub>—Th<sub>x</sub> появляется тень правой доли, а на уровне Th<sub>x</sub>—Th<sub>xi</sub> — и левой доли. На последующих срезах обнаруживается однородная структура печени плотностью 50—70 НУ (рис. III.128). Контур печени ровные и резкие. На фоне ткани печени могут определяться изображения сосудов; плотность их тени ниже (30—50 НУ). Ясно видны ворота печени, у заднего края которых определяется воротная вена, а спереди и вправо от нее — общий желчный проток (в норме вырисовывается неотчетливо). На уровне Th<sub>xi</sub>—Th<sub>xn</sub> отмечается изображение желчного пузыря. На спиральных томографах можно исследовать

<sup>1</sup> Подробнее см.: Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике В 3 томах — М.: ВИДАР, 1997.



Рис. III.128. Компьютерная томограмма нормальной печени.

1 — печень; 2 — свод желудка; 3 — брюшная аорта; 4 — поджелудочная железа; 5 — селезенка.

сосудистую систему печени. С этой целью томографию проводят при задержанном дыхании пациента после введения в венозное русло болюса водорастворимого контрастного вещества.

Возможности *магнитно-резонансной томографии* печени схожи с такими КТ, но при МРТ можно получить изображение слоев печени во всех плоскостях. Кроме того, варьируя методику магнитно-резонансного исследования, можно получить изображение сосудов печени (*МР-ангиография*), желчных протоков и протоков поджелудочной железы (*МР-холангиография*; рис. III.129).

Для рентгенологического исследования желчного пузыря и желчевыводящих путей разработан ряд способов их искусственного контрастирования<sup>1</sup>. Их разделяют на три группы: 1) *холецистография*; 2) *холеграфия*; 3) *холангиография*,

*Холецистография* — это рентгенологическое исследование желчного пузыря. Вечером накануне исследования пациент принимает внутрь йодсодержащий гепатотропный препарат. Он всасывается в кишечнике, улавливается из крови печеночными клетками и выделяется с желчью, но в сравнительно небольшой концентрации. Однако в течение ночи препарат концентрируется в желчном пузыре (при этом пациент не должен принимать пищу). Утром выполняют рентгенологическое исследование — обзорные снимки области пузыря, на которых видно его изображение (рис. III.130).

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Линденбратен Л.Д.* Рентгенология печени и желчных путей. — М.: Медицина, 1980.

Нормальный желчный пузырь отображается на холецистограмме в виде удлиненной овальной суживающейся кверху тени с ровными четкими контурами. При вертикальном положении обследуемого желчный пузырь расположен справа от срединной линии живота приблизительно параллельно позвоночнику. Размеры и форма пузыря варьируют. Длина его тени составляет в среднем 6—10 см, а наибольший поперечник — 2—4 см. Тень пузыря однородная, постепенно усиливается в каудальном направлении. В связи с развитием сонографии клиническое значение холецистографии заметно уменьшилось. *В настоящее время основным показанием к этому исследованию является определение необходимости литотрипсии — дробления камней в желчном пузыре ударными волновыми импульсами.*

*Холеграфия* — это рентгенологическое исследование желчного пузыря и желчных протоков. Гепатотропное йодсодержащее контрастное вещество вводят внутривенно медленно. Препарат соединяется с белками крови, захватывается гепатоцитами и выделяется с желчью. Поскольку концентрация его в желчи относительно высока, на снимках, произведенных через 5—7 мин после введения контрастного препарата, последовательно появляются тени сначала желчных протоков, а затем и желчного пузыря (рис. III.131). *Основное назначение холеграфии — получение функционально-морфологических данных о состоянии желчевыделительной системы.* Заметим, что в связи с развитием сонографии роль холеграфии, как и холецистографии, уменьшилась.

*Ее проводят лишь в тех случаях, когда результаты сонографии сомнительны, как, например, при исследовании ретроульбарного участка общего желчного протока, когда ультразвуковое исследование не всегда эффективно.*

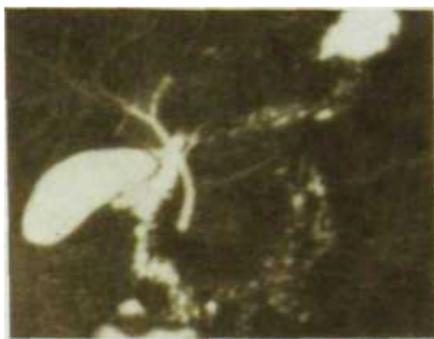


Рис. III.129. Магнитно-резонансная холангиопанкреатограмма. Хорошо контрастированы желчный пузырь и стенозированный общий желчный проток.



Рис. III.130. Холеистограмма. Желчный пузырь (x) обычной формы, величины и положения, тень его однородна и интенсивна.



Рис. III. 131. Холеграмма. Видна тень желчных протоков, изображение желчного пузыря отсутствует (холецистэктомия в анамнезе).

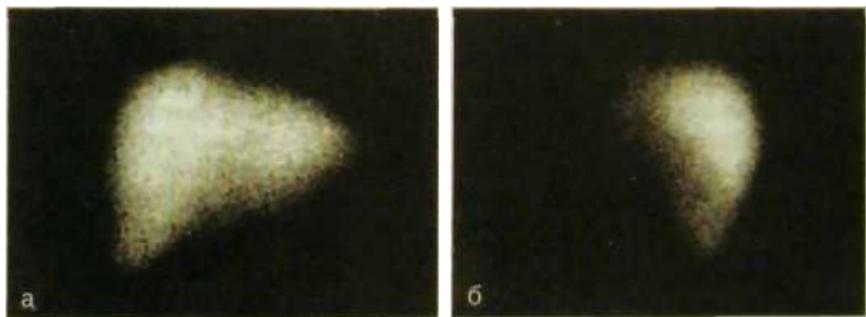
*Холангиография* — группа методов рентгенологического исследования желчных путей после прямого введения в их просвет контрастного вещества. Холангиография не связана с деятельностью печеночных клеток и концентрационной способностью желчного пузыря. Контрастное вещество может быть введено разными путями: чрескожным проколом в желчные протоки или желчный пузырь (*чрескожная чреспеченочная холангиография* или *чрескожная холецистография*); под контролем дуоденоскопии в отверстие большого сосочка двенадцатиперстной кишки (эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография — ЭРХПГ); во время оперативного вмешательства (*интраоперационная холангиография*) или в послеоперационном периоде через дренажную трубку (рис. III. 132). В последнее время быстро и успешно развивается магнитно-резонансная холангиография. Основное назначение холангиографии — исследование желчных путей у больных с механической (подпеченочной) желтухой различной этиологии. Ее проводят после сонографии и компьютерной томографии.

Изображение печени и желчных путей может быть получено с помощью *радионуклидных методов*. Для этого больному внутривенно вводят РФП, который захватывается из крови либо гепатоцитами ( $^{99m}\text{Tc}$ -бутил-ИДА), либо звездчатыми ретикулоэндотелиоцитами ( $^{99m}\text{Tc}$ -коллоид). В первом случае методику называют *гепатобилисцинтиграфией*, во втором — *гепатосцинтиграфией*. В обоих случаях на сцинтиграммах появляется изображение печени (рис. III. 133). В прямой проекции оно имеет вид большого треугольника; в нем можно различить правую и левую доли, углубление сверху (сердечную вырезку), иногда выемку по нижнему контуру соответственно ямке желчного пузыря. Плотность тени выше в центральной части правой доли, поскольку здесь больше объем печеночной ткани. В боковой проекции тень печени по форме напоминает неправильный овал, ромб или треугольник. Во всех положениях регистрируется равномерное распределение РФП в органе.

*Гепатобилисцинтиграфия* — функционально-морфологический метод, предназначенный для изучения желчеобразовательной и желчевыделительной функций печени. На серии сцинтиграмм, произведенных с интервалом 2—5 мин сразу же после внутривенного введения РФП, через 10—12 мин 326

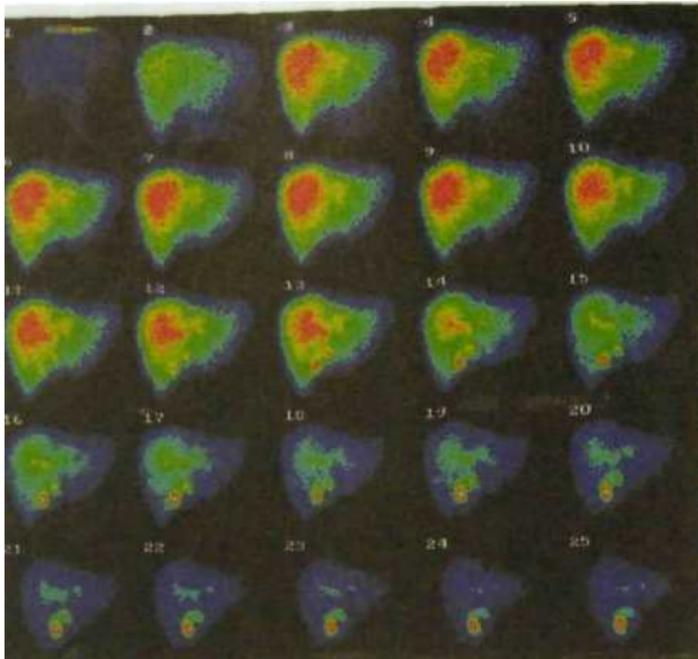


**Рис. III. 132.** Холангиография через дренажную трубку после холецистэктомии (снимок выполнен по методике дигитальной субтракционной рентгенографии).



**Рис. III.133.** Сцинтиграммы нормальной печени,  
а — прямая проекция; б — правая боковая проекция.

после появления изображения печени начинают визуализироваться желчные протоки, а чуть позже, через 3—4 мин, появляется изображение желчного пузыря (рис. III. 134). У здоровых людей максимальная радиоактивность над печенью регистрируется примерно через 12 мин. К этому времени кривая радиоактивности достигает максимума. Затем она приобретает



**Рис. III.134.** Динамическая сцинтиграфия печени и желчных путей. Цифры обозначают минуты после внутривенного введения РФП.

характер плато: в этот период скорость захвата и выведения **РФП** гепатоцитами уравниваются друг друга. По мере выведения **РФП** с желчью радиоактивность печени снижается (на 50 % за 30 мин), а интенсивность излучения над желчным пузырем начинает возрастать. Для того чтобы форсировать выделение **РФП** с желчью в кишечник, пациенту дают жирный завтрак. После него опорожнение пузыря значительно ускоряется, его изображение на сцинтиграммах начинает прогрессивно уменьшаться, а над кишечником регистрируется увеличивающаяся радиоактивность. Таким же способом можно оценить проходимость желчных путей.

Выбрав на сцинтиграммах несколько «зон интереса» (*печень, желчный пузырь, желчные протоки, кишечник*), на компьютере можно построить кривые, отражающие прохождение **РФП** по системе печень — желчные протоки — желчный пузырь — кишечник. На основании анализа этих кривых можно изучать функциональные параметры данной системы.

*Гепатобилисцинтиграфия показана при всех нарушениях функционирования желчевыводительной системы: холестазах различной природы, дискinezии, аномалиях развития (например, агенезии желчных протоков у детей), наличии патологических соустьев и др. Одновременно этот метод позволяет получить представление о дезинтоксикационной функции печени.*

При *гепатосцинтиграфии*, как и при гепатобилисцинтиграфии, после внутривенного введения соответствующего **РФП** получают серию изобра-

жений печени с интервалом в несколько минут. По первым скintiграммам судят о васкуляризации органа, по последующим — о функциональной активности звездчатых ретикулоэндотелиоцитов, но главное — о топографии и макроструктуре органа (положение, форма, размер, наличие очаговых образований). Конечно, коллоидные частицы улавливаются из крови ретикулоэндотелиоцитами не только печени, но также находящимися в селезенке и костном мозге. В норме печень захватывает примерно 90 % введенного РФП, поэтому на скintiграммах присутствует только ее изображение. При поражении печени на скintiграммах наряду с изображением печени (которое всегда ослаблено) появляется изображение селезенки, а в некоторых случаях и костного мозга. Таким образом, этот симптом — появление на скintiграммах изображения селезенки и костного мозга служит косвенным признаком недостаточности функции печени. *Основное показание к гепатоскintiграфии — получение ориентировочной функционально-топографической характеристики печени, которая необходима при обследовании больных гепатитами, циррозами, с очаговыми поражениями печени различной природы.*

Из приведенных сведений видно, какими широкими возможностями располагает специалист в области лучевой диагностики при исследовании печени и желчных путей. Однако и это не все. По показаниям выполняют *рентгеноконтрастное исследование сосудистой системы печени*. Путем катетеризации вводят контрастное вещество в чревный ствол, отходящий от брюшной аорты, и производят серию ангиограмм. Благодаря такому способу получают изображение всей системы чревного ствола и его ветвей — *целиакограмму* (см. рис. 11.23). На ней изображаются левая желудочная и селезеночная артерии, общая печеночная артерия, отходящая от нее желудочно-двенадцатиперстная артерия, собственная печеночная артерия и ее ветви в печени. В заключительной фазе целиакографии контрастное вещество, пройдя артерии и капиллярную сеть, появляется в венах и дает на снимках изображение селезеночной и желудочной вен и, наконец, воротной вены — *возвратная спленопортграфия*. Необходимо отметить, что при проведении рентгенологического исследования артериальных сосудов брюшной полости предпочтение отдают дигитальным способам регистрации изображений — *дигитальной субтракционной ангиографии*. При этом удается избавиться от мешающих теней позвоночника и органов брюшной полости и получить ангиограммы более высокого качества.

Существуют методики *прямого контрастирования воротной вены*. Для этого контрастное вещество вводят через прокол кожи в пупку селезенки вблизи ее ворот, откуда контрастное вещество поступает в воротную вену — спленопортграфия. Осуществляют также чрескожную (транспариетальную) пункцию одной из ветвей воротной вены в печени и ретроградно заполняют основной ствол воротной вены — *чрескожная чреспеченочная портграфия* (рис. III. 135).

Диаметр воротной вены 14—16 см. Тень лиенопортального ствола интенсивная, однородная, имеет ровные контуры. Внутрипеченочная портальная система представляет собой богатую сеть сосудов. К периферии просвет вен постепенно суживается. Для того чтобы исследовать стволы правой, срединной и левой печеночных вен, производят их катетеризацию из нижней полой вены с последующей серийной ангиографией.



**Рис. III.135.** Чрескожная чреспеченочная портограмма. Конец катетера в ветви воротной вены в печени. Заполнены внутрипеченочные портальные стволы, основной ствол воротной вены, селезеночная и верхняя брыжеечная вены.

Важным инструментальным неинвазивным методом изучения кровотока в печени и обеспечивающих ее жизнедеятельность сосудах (печеночная артерия, селезеночная, воротная и печеночные вены, нижняя полая вена) является доплерография, особенно цветное доплеровское картирование.

## **5.2. Лучевая картина поражений печени и желчных путей**

Распознавание заболеваний печени и желчевыводящих путей в настоящее время является результатом коллективных усилий терапевтов, хирургов, лучевых диагностов, врачей-лаборантов и других специалистов. Лучевые методы занимают важное место в комплексе диагностических мероприятий.

**Диффузные поражения печени.** Точная диагностика диффузных поражений основывается на анамнестических и клинических данных, результатах биохимических исследований и в ряде случаев пункционной биопсии печени. Лучевые методы обычно играют лишь вспомогательную роль. Исключением является жировой гепатоз. Жир поглощает рентгеновское излучение хуже, чем остальные мягкие ткани, поэтому тень печени при *ж и р о м г е п а т о з е* на компьютерных томограммах характеризуется низкой плотностью (рис. III. 136).

При гепатитах на рентгено-, соно- и скintiграммах определяется равномерное увеличение печени. Как на сонограммах, так и на скintiграммах

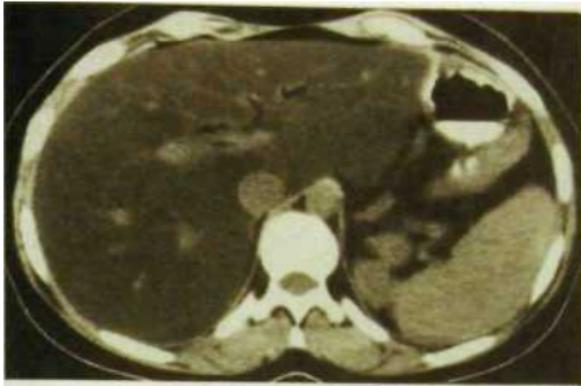


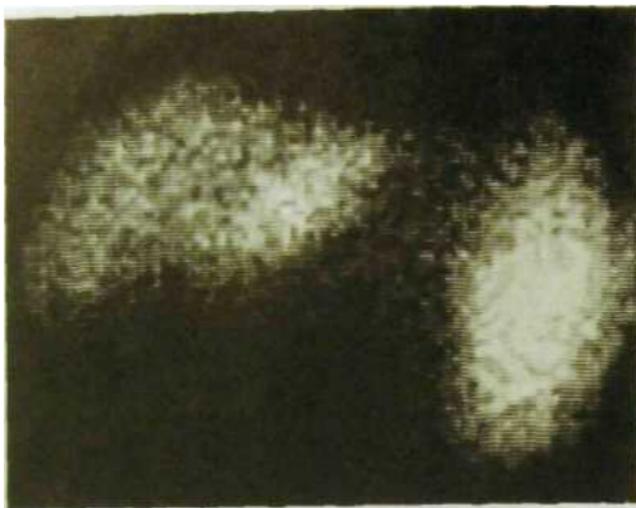
Рис. III. 136. Компьютерная томограмма печени. Жировой гепатоз: низкая плотность печеночной ткани.

может отмечаться небольшая неоднородность изображения. Умеренно увеличена селезенка.

Значительно более выражены лучевые симптомы цирроза печени. Печень увеличена, край ее неровный. В дальнейшем могут наблюдаться уменьшение и деформация правой доли печени. Всегда заметно увеличение селезенки. При сцинтиграфии с коллоидными растворами отмечается значительное повышение радиоактивности селезенки, в то время как в печени концентрация РФП снижается (рис. 111.137). Выявляются очаги пониженного накопления РФП в участках разрастания соединительной ткани и, наоборот, повышенного накопления в узлах регенерации. Особенно наглядно пестрота изображения органа определяется при послойном радионуклидном исследовании — *эмиссионной однофотонной томографии*. При *гепатобилисцинтиграфии* обнаруживаются признаки нарушения функции гепатоцитов: кривая радиоактивности печени достигает максимума поздно, через 20—25 мин после начала исследования, плато кривой удлиняется (признак внутривнутрипеченочного холестаза), желчные пути контрастируются поздно.

*Сонограммы* подтверждают неоднородность структуры печени: в ее изображении выявляют множественные очаги различной эхогенности — пониженной и повышенной. *МРТи АТ* позволяют обнаружить участки регенерации среди цирротических полей. Ветви воротной вены в печени сужены, а сама воротная вена и селезеночная вена расширены, так как цирроз ведет к портальной гипертензии. При сонографии и КТ устанавливают наличие выпота в брюшной полости. На компьютерных томограммах и ангиограммах можно обнаружить **в а р и к о з н о р а с ш и р е н н ы е в е н ы** — следствие портальной гипертензии.

Достаточно четко выявляются варикозно-расширенные вены пищевода и желудка при рентгенологическом исследовании верхних отделов пищеварительного тракта с сульфатом бария. На фоне складок слизис-



**Рис. III.137.** Сцинтиграмма печени. Цирроз: печень уменьшена, распределение в ней РФП неравномерное, селезенка увеличена и активно накапливает РФП.

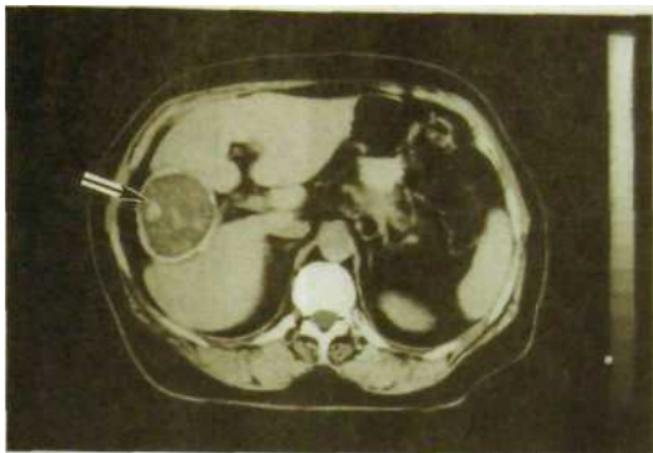
той оболочки пищевода и в меньшей степени желудка варикозные узлы образуют округлые, овальные и змеевидные полосы просветления — дефекты наполнения.

Большим циррозом печени всегда показано рентгенологическое исследование пищевода и желудка с сульфатом бария.

При циррозе в процесс вовлекаются все сосудистые системы печени. Печеночная артерия и особенно ее разветвления резко сужены, тогда как желудочные и селезеночная артерии расширены. Это отчетливо демонстрирует *ангиография*. В паренхиматозной фазе ангиографии печень контрастируется неравномерно. На большинстве участков тканевой рисунок обеднен, тогда как в узлах регенерации отмечаются зоны гипervasкуляризации. Во время возвратной (венозной) фазы удается документировать коллатеральные пути кровотока, варикозно-расширенные вены, в том числе в пищеводе и желудке, расширение спленопортального ствола и вместе с тем деформацию и сужение внутripеченочных портальных сосудов.

**Очаговые поражения печени.** К очаговым (объемным) образованиям печени относят кисты, абсцессы и опухоли<sup>1</sup>. Увереннее всего распознаются кисты, заполненные жидкостью. На *сонограммах* такая киста выглядит как эконегативное образование округлой формы с четкими ровными контурами и тонкой стенкой. Встречаются как одиночные, так и множественные кисты различной величины. Кисты диаметром меньше 0,5—1,0 см не определяются, если в их капсуле нет отложений извести. Краевые

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Зубарев А В. Методы медицинской визуализации — УЗИ, КТ и МРТ в диагностике опухолей и кист печени.*— М.: ВИДАР, 1996.



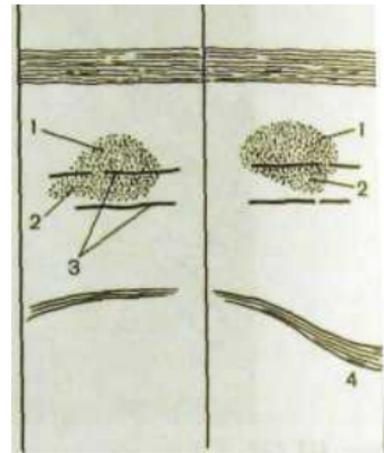
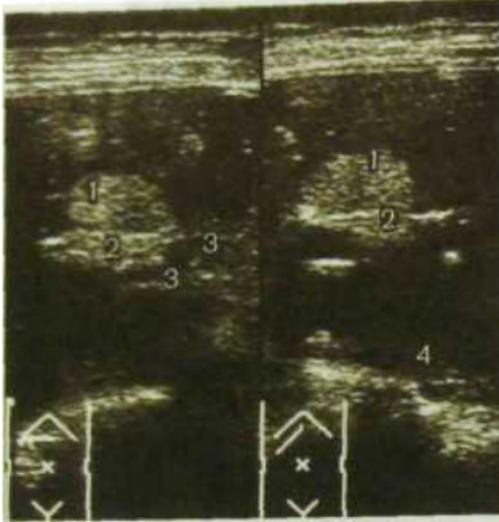
**Рис. 111.138.** Компьютерная томограмма печени. Эхинококковая киста с отложением извести в фиброзной капсуле кисты (указана стрелкой).

кольцевидные обызвествления наиболее характерны для эхинококковых кист. Одной из разновидностей кистозного поражения печени является поликистоз, при котором большая часть паренхимы органа замещена содержащими жидкость полостями. При этом заболевании кисты могут быть также в почках и поджелудочной железе.

На компьютерных и магнитно-резонансных томограммах киста отражается как округлое образование с ровными контурами, содержащее жидкость (рис. 111.138). Особенно хорошо видны кисты на усиленных компьютерных томограммах, т.е. полученных после введения контрастных веществ. Пространственное разрешение КТ и МРТ намного выше, чем сонографии. При этих исследованиях удается выявить кистозные образования диаметром всего 2—3 мм. Сцинтиграфию печени редко применяют для выявления кист в связи с ее низким пространственным разрешением.

Абсцесс печени, подобно кисте, на сонограммах, сцинтиграммах, компьютерных и магнитно-резонансных томограммах обуславливает ограниченный дефект изображения. Помимо клинических данных, различить эти два поражения помогают дополнительные признаки. Во-первых, вокруг абсцесса обычно расположена зона измененной ткани. Во-вторых, очертания абсцесса менее ровные, чем кисты, а по денситометрической плотности на компьютерных томограммах он превосходит кисту. Мелкие пиогенные абсцессы обычно расположены группами, в них часто видны уплотнения — по краю или в центре полости.

Большинство доброкачественных опухолей печени — гемангиомы, реже встречаются аденома и узловатая гиперплазия. На сонограммах они видны как гиперэхогенные образования округлой или овальной формы с четкими контурами и однородной структурой (рис. 111.139). На компьютерных томограммах гемангиома обуславливает ограниченный участок пониженной плотности неоднородной структуры с неровными очертаниями (рис. 111.140). При усиленной КТ отмечается увеличе-



Ряс. III. 139. Сонограммы печени (две проекции и схемы к ним). Гемангиома.  
1 — гемангиома; 2 — тромб в ветви воротной вены; 3 — стенки правой ветви воротной вены; 4 — диафрагма.

ние денситометрической плотности зоны поражения. Схожую картину на компьютерных томограммах дает аденома, но при усилении контрастным веществом тень ее оказывается менее интенсивной, чем окружающая ткань печени. При узловой гиперплазии на компьютерных томограммах обнаруживают множественные мелкие гиподенсные очаги. Гемангиома достаточно четко вырисовывается при МРТ, особенно при сочетании этого исследования с контрастированием парамагнетиками. Что же касается радионуклидной визуализации, то по пространственному разрешению она уступает всем перечисленным способам визуализации печени и в настоящее время ее с этой целью применяют редко.

Гепатоцеллюлярный рак (гепатома) обуславливает на сонограммах участок неравномерной плотности с неровными контурами (рис. III.141). Распад опухоли выглядит как эхонегативная зона неправильной формы, а отек вокруг опухоли — как расплывчатый ободок, тоже эхонегативный. На компьютерных, магнитно-резонансных томограммах и сцинтиграммах (эмиссионных томограммах) гепатома обуславливает дефект неправильной формы с неровными очертаниями (рис. III. 142).

Лучевая картина метастазов злокачественных опухолей в печени (а это, к сожалению, частое поражение) зависит от числа и размеров опухолевых узлов.

Среди всех средств визуализации метастазов наилучшим пространственным разрешением обладает КТ, особенно при ее выполнении по усиленной методике, далее следует МРТ и замыкают названную выше группу сонография и сцинтиграфия (рис. III. 143).

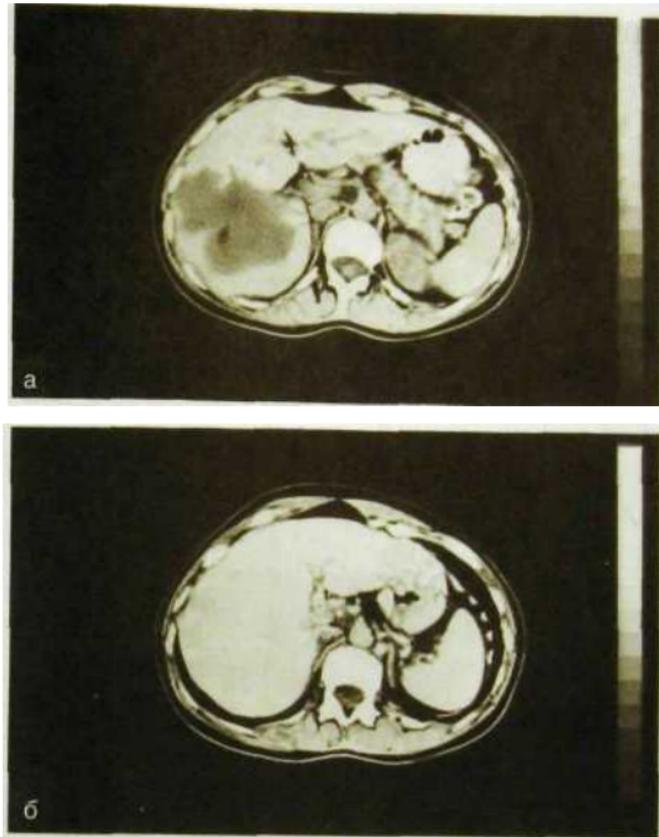


Рис. III.140. Компьютерные томограммы печени с усилением. Кавернозная гемангиома печени.

а — до внутривенного введения контрастного вещества; б — после его введения: изображение гемангиомы почти исчезло (контрастное вещество заполнило сосудистые пространства опухоли).

Обследование таких больных обычно начинают с *сонографии* как наиболее доступного и дешевого метода. В нашей стране в онкологических диспансерах по устоявшейся традиции у большинства больных со злокачественными новообразованиями с целью выявления метастазов, помимо *сонографии*, выполняют *сцинтиграфию* печени. Однако постепенно, по мере развития и укрепления материальной базы этих лечебных учреждений все большее значение в выявлении метастазов в печени приобретает КТ. Заметим также, что при наличии метастазов, как и при других объемных процессах в печени (первичная злокачественная или доброкачественная опухоль, абсцесс), АТ и *сонография* позволяют выполнить *прицельную пункцию патологического образования*, взять ткань для гистологического (или цито-



**Рис. III.141.** Сонограмма печени. Гепатоцеллюлярный рак. Опухоль сдавливает нижнюю полую вену и прорастает в воротную вену.

1 — передняя брюшная стенка; 2 — печень; 3 — ветвь воротной вены; 4 — гепатопортальная; 5 — нижняя полая вена.



**Рис. III.142.** Компьютерная томограмма печени. Большая раковая опухоль в правой доле.

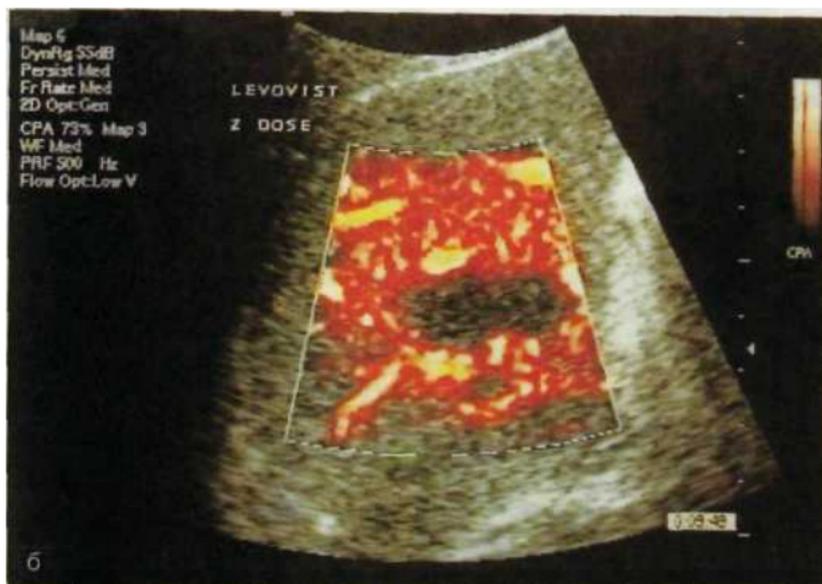
логического) исследования и при необходимости ввести в зону поражения необходимое лекарственное средство.

Под контролем лучевых исследований проводят лечение больных с небольшими печеночно-клеточными злокачественными опухолями и одиночными метастазами (в частности, колоректальным раком). Применяют либо чрескожные инъекции этанола в опухолевый узел, либо лазерное облучение по оптическим волокнам, также чрескожно введенным в опухоль. Сонограммы и томограммы позволяют оценить результаты лечения. Ценным подспорьем при оперативных вмешательствах на печени служит интраопе-



Рис. НІ. 143. Метастазы рака в печени.

а — компьютерная томограмма: множественные метастазы опухоли в печени; б — ультразвуковая ангиограмма: одиночный аваскулярный метастаз в печени.



рациональная сонография. Стерильный ультразвуковой датчик, подведенный к печени, дает возможность уточнить анатомические варианты ветвления сосудов и протоков печени и обнаружить незамеченные ранее добавочные опухолевые узелки.

**Заболевания желчных путей.** В последние годы заметно возросла частота развития желчнокаменной болезни. По составу различают холестериновые, пигментные, известковые и смешанные (холестерин-опигментно-известковые) камни.

В диагностике камней желчного пузыря решающую роль играет сонография. Ее чувствительность достигает 95—99 %, а предел выявляемости камней — 1,5—2 мм. Камень на сонограмме обуславливает гиперэхогенное образование в полости желчного пузыря (рис. III.144). Позади камня определяется акустическая тень — «звучковая дорожка».

На обычных рентгенограммах желчные камни можно распознать только в том случае, если они содержат отложения извести (рис. III.145). Остальные камни выявляют при холецистографии, если пузырный проток проходим и контрастированная желчь проникает в пузырь. Камни дают дефекты в тени желчного пузыря. Число, величина и форма дефектов зависят от числа, величины и формы камней. Четко обнаруживаются камни при КТ. С развитием сонографии холецистография, бывшая основным методом выявления камней в пузыре, утратила свое значение.

Камни в желчных протоках с помощью сонографии выявляют редко, поскольку обычно они небольшой величины; к тому же некоторая часть общего желчного протока прикрыта двенадцатиперстной кишкой, что ухудшает ультразвуковую визуализацию этой части желчевыводительной системы. В связи с этим основным методом визуализации камней в желчных протоках является КТ, и лишь в отсутствие возможности ее проведения может быть назначена холеграфия. Показательна картина камней в желчных протоках на МРТ. При механической желтухе важные диагностические данные могут быть получены с помощью ЭРХПГ-

В последние годы все более широкое распространение получают интервенционные методы лечения желчнокаменной болезни. Под контролем ультразвука или КТ производят чрескожную пункцию желчного пузыря, его катетеризацию и последующее введение лекарственных препаратов (алифатических спиртов), растворяющих камни. В практику вошли также методы экстракорпоральной ударно-волновой литотрипсии. Быстро развиваются рентгенохирургические вмешательства, применяемые при окклюзион-

ных поражениях желчных путей. Чрескожным доступом в печень вводят специальные катетеры, а через них необходимые инструменты для удаления оставленных при операции желчных камней, ликвидации стриктур, размещения в протоках дренажной трубки с целью билиарной декомпрессии и наружного или внутреннего дренирования желчных путей.

Ценным подспорьем клиницисту служат лучевые методы при диагностике холециститов. Во-первых, они позволяют сразу же разграничить калькулезные и бескаменные холециститы. Во-вторых, с их помощью выделяют группу больных с воспалительным стенозом терми-



Рис. III.144. Сонограмма желчного пузыря. В полости пузыря — множественные камни, видна широкая акустическая «дорожка».

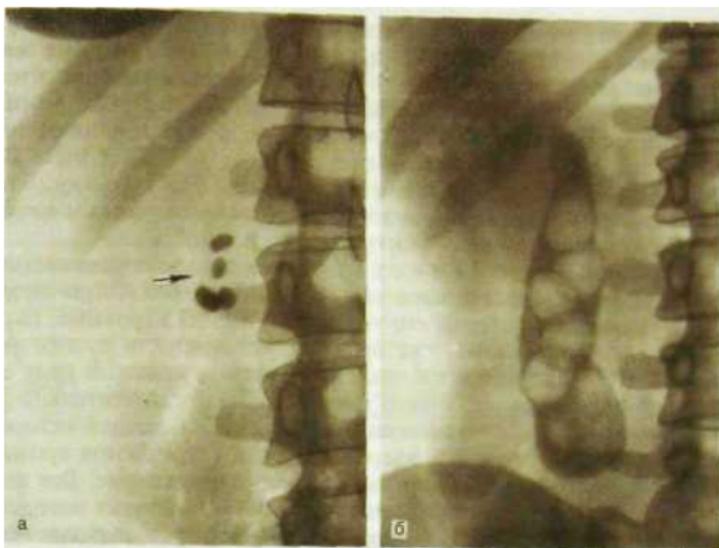


Рис. III.145. Желчные камни.

а — рентгенограмма: выявляются камни, содержащие известь (указано стрелкой); б — холецистограмма: видны множественные камни в полости желчного пузыря.



Рис. III.146. Холангиография через дренажную трубку после холецистэктомии. В дистальной части общего желчного протока одиночный камень (указан стрелкой).

нального отдела общего желчного протока. В-третьих, они дают возможность установить проходимость пузырного протока и степень нарушения концентрационной и двигательной функций желчного пузыря, а это очень важно при планировании лечения, особенно при решении вопроса об оперативном вмешательстве.

При остром холецистите первичным методом исследования является *сонография*. При ней обнаруживается увеличение размеров пузы-

ря, утолщение его стенки. Вокруг пузыря вырисовывается зона отека. Весьма частой находкой при сонографии являются внутрипузырные желчные камни; они наблюдаются у 90—95 % больных острым холециститом. Все эти симптомы достаточно четко выявляются при КТ, однако при положительных сонографических и клинических данных ее выполняют нечасто. Косвенным признаком холецистита при сонографии может быть ограниченная подвижность правой половины диафрагмы при дыхании. Заметим, что данный симптом выявляют также при рентгенологическом исследовании органов грудной полости — рентгеноскопии.

Хронический холецистит при сонографии проявляется сходными признаками: размеры пузыря чаще увеличены, реже, при сморщивании пузыря, уменьшены, стенки его утолщены, иногда неровные, окружающая пузырь печеночная ткань, как правило, уплотнена, в пузыре нередко видны камни или осажденные плотные компоненты желчи. В ряде случаев пузырь вследствие склерозирующего перихолецистита значительно деформирован. Последний симптом должен быть оценен с большой осторожностью. Следует помнить, что у 8 % здоровых людей встречаются врожденные деформации желчного пузыря, иногда довольно причудливые. Все перечисленные симптомы могут быть выявлены и при помощи других методов лучевой визуализации — КТ и МРТ. *Гепатобилисцинтиграфия* позволяет обнаружить дискинезию пузыря различной степени выраженности, вплоть до полной утраты его концентрационной функции и сократительной способности.

*Неразрывно связаны лучевые методы и хирургия желчных путей.* Ультразвуковое наблюдение расширяет возможности лапароскопической хирургии. Под контролем ЭРХПГ выполняют *папилотомию* и *сфинктеротомию*. Чрескожная чреспеченочная холангиография является обязательной предварительной процедурой перед *чрескожным дренированием желчных путей* и введением в них различных инструментов, в частности для *дилатации суженных участков протоков*. Для обнаружения *оставленных при выполнении операции желчных камней* используют холангиографию через дренажную трубку (рис. III. 146). С помощью венопортнографии оценивают *функцию печеночно-портального анастомоза*, наложенного больному циррозом печени. Вполне понятно, что основные лучевые методы — *сонография, КТ и МРТ* — необходимы при трансплантации печени.

**Синдром портальной гипертензии.** Термином «портальная гипертензия» обозначают повышение давления в системе воротной вены. Различают надпеченочную блокаду, когда гипертензия обусловлена нарушением оттока крови из печени в результате сдавления или тромбоза нижней полой вены, тромбоза печеночных вен, констриктивного перикардита, внутрипеченочную блокаду, главным образом при циррозе печени, и подпеченочную блокаду, вызванную аномалией развития, тромбозом или сдавлением ствола самой воротной вены.

Тактика обследования такого рода больных приведена на схеме.

При портальной гипертензии наблюдается варикозное расширение вен пищевода и желудка, которое может осложниться кровотечением. Для оценки локализации и степени выраженности варикозного расширения вен применяют рентгенологическое исследование пищевода и желудка с суль-

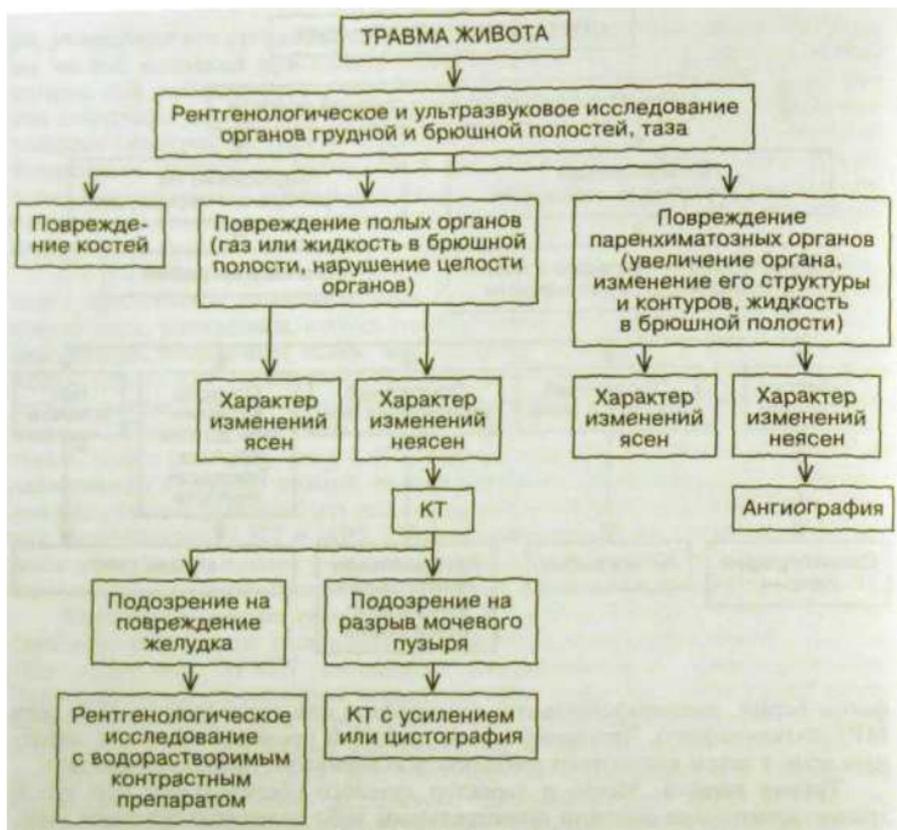


фатом бария, эндоэзофагеальную сонографию или ангиографию (КТ- или МРТ-ангиографию). Чреспеченочным доступом проводят катетер в воротную вену и затем выполняют эмболизацию варикозно-расширенных вен.

Травма живота. Место и характер лучевого обследования при тупой травме живота или ранении огнестрельным либо холодным оружием зависят от состояния пострадавшего. При состоянии средней тяжести исследование проводят в отделении лучевой диагностики. Клинически нестабильных пациентов (тяжелое состояние, шок) приходится обследовать в реанимационном отделении. Пострадавших, нуждающихся в неотложном оперативном вмешательстве, обследуют прямо на операционном столе. Во всех случаях придерживаются следующей схемы (см. с. 342).

*Рентгенологическое исследование грудной полости* важно для исключения сочетанного торакоабдоминального повреждения; могут быть выявлены также переломы костей грудной клетки, травматический коллапс легкого, пневмония.

*Сонография* позволяет установить увеличение пораженного органа, перерыв его контура, наличие подкапсульных или внутриорганных гематом, наличие жидкости (крови, желчи) в брюшной полости. КТ эффективнее сонографии, поскольку проведению последней мешает метеоризм, который, как правило, наблюдается при травме живота. Повреждения брюшной стенки также могут мешать выполнению сонографии. КТ является «чутким» методом обнаружения жидкости в брюшной полости. Наличие жидкости заставляет предполагать повреждение кишки или брыжейки. В последнее время показаны большие возможности спиральной компью-



терной томографии, выполняемой после приема внутрь 500 мл 2–5 % раствора водорастворимого контрастного вещества. С помощью серии томограмм удается распознавать ушибы и разрывы брюшных органов, гематомы и гемоперитонеум, скопления желчи (биломы), псевдоаневризмы, тромбоз вен и т.д. В неясных случаях решающие сведения получают при ангиографии. Она позволяет установить источник кровотечения, разрыв тех или иных сосудов. С ее помощью можно выполнить лечебные мероприятия, например введение кровоостанавливающих препаратов или эмболизацию кровоточащего сосуда.

### 5.3. Лучевое исследование поджелудочной железы

*Поджелудочная железа* располагается забрюшинно. Головка ее находится справа от срединной линии в петле двенадцатиперстной кишки, а хвост простирается по направлению к воротам селезенки. Общая длина железы 12–15 см, ширина — 3–6 см, толщина 2–4 см. Секрет железы выделяется через *проток* поджелудочной железы (*вирсунгов проток*), диаметр которого

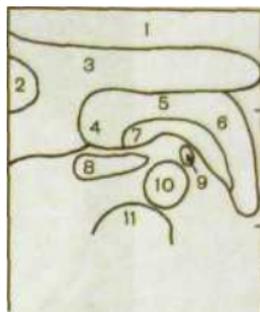
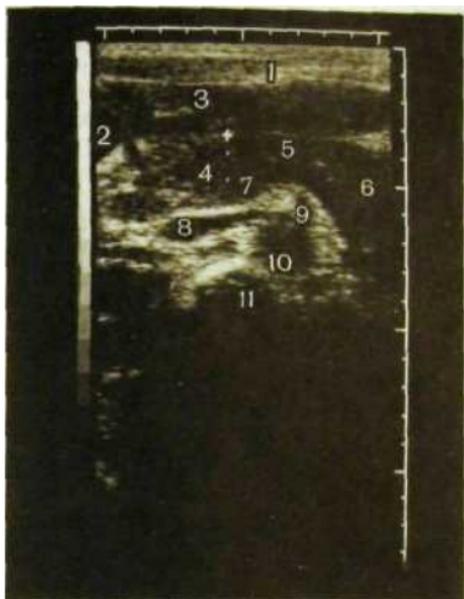


Рис. П.147. Сонограмма нормальной поджелудочной железы и схема к ней.

1 — передняя брюшная стенка; 2 — желчный пузырь; 3 — левая доля печени; 4—6 — соответственно головка, тело и хвост поджелудочной железы; 7 — селезеночная вена; 8 — нижняя полая вена; 9 — верхняя брыжечная артерия; 10 — аорта; 11 — тело позвоночника.

обычно не превышает 2—3 мм. Он открывается в двенадцатиперстную кишку вместе с общим желчным протоком через большой сосок двенадцатиперстной кишки. Добавочный проток поджелудочной железы (*санториниев проток*) открывается через малый сосок двенадцатиперстной кишки.

На обзорных рентгенограммах брюшной полости поджелудочная железа неразличима. Исключением являются лишь редкие случаи *обызвестлений* — паренхимы, стенок псевдокист и камней в протоках при хроническом панкреатите. На обзорных снимках, а также при контрастном рентгенологическом исследовании желудка и кишечника могут быть выявлены косвенные признаки поражения железы. Так, при объемных поражениях ее наблюдается раздвигание петель тонкой кишки, увеличение расстояния между желудком и поперечной ободочной кишкой. Особенно наглядно объемные процессы в головке железы проявляются со стороны петли двенадцатиперстной кишки: она расширяется, стенки кишки деформируются, нисходящая часть ее приобретает форму «перевернутой тройки» (*симптом Фростберга*). При остром панкреатите на рентгенограммах грудной клетки могут выявляться инфильтраты в базальных отделах легких и плевральный выпот.

*Сонография* является первичным методом исследования поджелудочной железы. На сонограммах железа выявляется как удлиненная не совсем однородная полоска между левой долей печени и желудком спереди и нижней полой веной, брюшной аортой, позвоночником и селезеночной веной сзади (рис. П. 147). Рядом с железой можно выявить другие анатомические структуры: верхнюю брыжечную артерию и вену, селезеночную артерию, печеночную артерию, портальную вену. Эхогенность железы обычно несколько выше, чем печени. Следует учесть то обстоятельство, что поджелу-

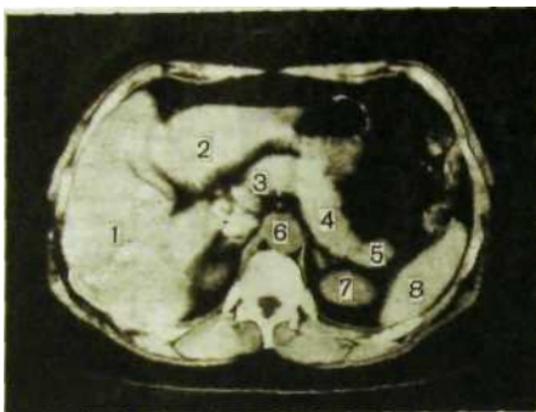


Рис. III.148. Компьютерная томограмма нормальной поджелудочной железы. 1 — правая доля печени; 2 — левая доля; 3—5 — соответственно головка и хвост поджелудочной железы; 6 — брюшная аорта; 7 — верхний полюс левой почки; 8 — селезенка.

дочная железа видна на сонограммах далеко не у всех лиц. Примерно у 20 % больных ультразвуковая локация железы затруднена из-за раздутых газом кишечных петель. Проток железы выявляется на сонограммах лишь у  $\frac{1}{3}$  пациентов. Определенную полезную информацию дает цветное *доплеровское картирование*. Оно позволяет оценить внутриорганный кровоток, что используют в дифференциальной диагностике объемных поражений. Пространственное разрешение сонографии в диагностике объемных процессов в поджелудочной железе составляет около 1 см.

*Компьютерная томография* позволяет получить исключительно важную информацию о состоянии поджелудочной железы (рис. III.148). Ее пространственное разрешение значительно лучше, чем у сонографии, и составляет около 3—4 мм. КТ дает возможность точно оценить состояние самой железы, а также других органов: желчных путей, почек, селезенки, брыжейки, кишечника. Существенным преимуществом КТ перед сонографией является возможность визуализировать железу в тех случаях, когда ультразвук бессилён — в условиях выраженного метеоризма. Для дифференциальной диагностики объемных образований применяют *КТ с усилением*, т.е. введением контрастных веществ. *MPTи сцинтиграфия* имеют в настоящее время пока еще ограниченное значение в обследовании больных с поражениями поджелудочной железы.

*Эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография (ЭРХПГ)* является важным диагностическим исследованием протоков поджелудочной железы и в некоторой степени ее паренхимы (рис. III.149). Этот метод позволяет оценить проходимость протоков при раке и панкреатите, что исключительно важно при составлении плана хирургического лечения, а также выявить патологическое сообщение протоков с кистозными образованиями.

*Ангиографию* поджелудочной железы в настоящее время применяют редко, главным образом для дифференциальной диагностики эндокринных

опухолей железы и в некоторых случаях для уточнения характера оперативного вмешательства. Контрастируют чревный ствол и верхнюю брыжечную артерию.

*Интервенционные методы* при исследовании поджелудочной железы включают *тонкоигольную биопсию, дренирование и эмболизацию*. Тонкоигольную биопсию осуществляют под контролем сонографии или КТ. С ее помощью удастся исследовать содержимое кисты, абсцесса, выполнить биопсию опухолевой ткани. Путем чрескожного дренирования осуществляют лечение абсцессов и кист. В ряде случаев прибегают к внутреннему дренированию псевдокисты поджелудочной железы в желудок или кишечник. Это дает возможность

избежать оперативного вмешательства у тех пациентов, у которых оно по каким-либо причинам противопоказано. Эмболизацию артерий поджелудочной железы проводят при наличии аневризм, которые могут возникнуть в качестве осложнений хронического индурационного панкреатита.



Рис. III. 149. Эндоскопическая ретроградная панкреатограмма. Контрастное вещество равномерно заполнило проток поджелудочной железы и его ветви.

### 5.3.1. Лучевая диагностика поражений поджелудочной железы

Острый панкреатит диагностируют на основании результатов не только клинического обследования и лабораторных анализов (в частности, увеличения концентрации трипсина в крови), но также главным образом КТ и МРТ. При КТ определяют увеличение железы, повышение ее плотности из-за отека. После предварительного обзорного томографического исследования проводят усиленную КТ. Это позволяет отграничить острый отечный панкреатит, при котором наблюдается увеличение плотности тени железы после введения контрастного вещества, и геморрагическую и некротическую форму панкреатита, при которой такого усиления плотности ткани железы в ответ на введение контрастного вещества не происходит. Кроме того, КТ позволяет выявить осложнения панкреатита — образование кист и абсцессов. *Сонография* при данном заболевании имеет меньшее значение, так как ультразвуковая визуализация железы вообще затруднена из-за наличия большого количества вздувшихся петель кишечника.

При хроническом панкреатите результаты сонографии более убедительны. Железа может быть увеличенной или уменьшенной



Рис. III. 150. Эндоскопическая ретроградная панкреатограмма. Хронический панкреатит. Значительное расширение протока поджелудочной железы и его ветвей.

1 — тень дуоденоскопа; 2 — проток поджелудочной железы.

ное образование с неровными контурами. Если раковая опухоль сдавливает или прорастает общий желчный и панкреатический протоки, то они местами расширяются. Одновременно выявляют застойное увеличение желчного пузыря, а также сдавление селезеночной или воротной вены. Могут быть обнаружены метастазы в лимфатических узлах брюшной полости и печени.

На компьютерных томограммах определяется много сходных признаков: увеличение пораженного отдела или всей поджелудочной железы, неровность ее контуров, расширение желчных протоков, негетогенность структуры железы в области опухоли (рис. III.151, III.152). Можно установить прорастание опухоли в сосуды и соседние ткани, метастазы в лимфатических узлах, печени, почках и т.д. В сомнительных случаях прибегают к введению контрастного вещества. На усиленных компьютерных томограммах опухолевые узлы отображаются более четко, так как повышение плотности их тени заметно отстает от усиления тени нормальной ткани поджелудочной железы. Плотность кистозных образований на усиленных компьютерных томограммах вообще не меняется.

Ряд важных симптомов обнаруживают при ЭРХПГ. К ним относятся сужение или ампутирование протоков (иногда с расширением престенотического отдела), разрушение боковых ветвей протока, смещение его опухолью, деформация терминальной части общего желчного и панкреатического протоков (рис. III.153).

(при фиброзной форме панкреатита). Хорошо диагностируются даже мелкие отложения извести и конкременты, а также псевдокисты. На компьютерных томограммах очертания поджелудочной железы неровные и не всегда четкие, плотность ткани неоднородна. Абсцессы и псевдокисты обуславливают участки пониженной плотности (5—22 НУ). Дополнительные данные могут быть получены посредством ЭРХПГ (рис. III. 150). На панкреатограммах обнаруживают деформацию протоков, их расширения, сужения, незаполнение, проникновение контрастного вещества в псевдокисты.

Обследование пациентов с подозрением на опухоль поджелудочной железы начинают с *сонографии*. Опухоль вызывает увеличение какой-либо части железы, чаще всего ее головки. Контур этого отдела становятся неровными. Сам опухолевый узел виден как однородное образование с неровными контурами. Если раковая опухоль сдавливает или прорастает общий желчный и панкреатический протоки, то они местами расширяются. Одновременно выявляют застойное увеличение желчного пузыря, а также сдавление селезеночной или воротной вены. Могут быть обнаружены метастазы в лимфатических узлах брюшной полости и печени.

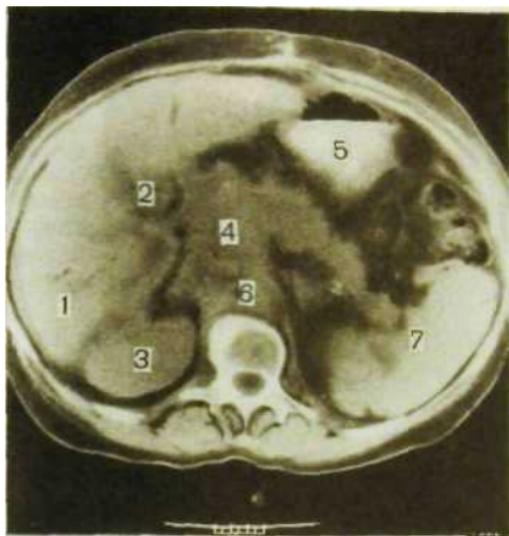


Рис. III.151. Компьютерная томограмма и схема к ней. Рах поджелудочной железы. 1 — печень; 2 — желчный пузырь; 3 — правая почка; 4 — опухоль поджелудочной железы; 5 — желудок; 6 — брюшная аорта; 7 — селезенка.

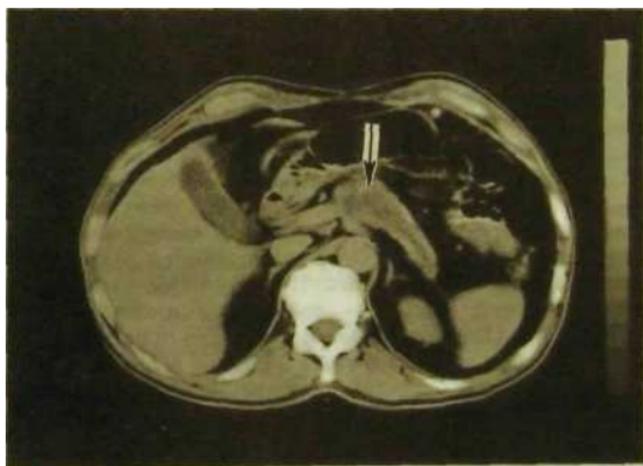


Рис. Ш.152. Компьютерная томограмма. Опухоль (указана стрелкой) тела и хвоста поджелудочной железы.



Рис. III. 153. Эндоскопическая ретроградная панкреатограмма. Рак поджелудочной железы. Опухоль вызвала значительное сужение (указано стрелкой) протока поджелудочной железы в ее головке.

Исследование функции поджелудочной железы осуществляют с помощью не только лабораторной диагностики, но и радиоиммунологического анализа. Как известно, поджелудочная железа выполняет две основные физиологические функции. Во-первых, как экзокринная (внешнесекреторная) железа она выделяет в двенадцатиперстную кишку сок, содержащий ферменты, гидролизующие основные группы пищевых полимеров. Во-вторых, как эндокринная (внутрисекреторная) железа она секретирует в кровь полипептидные гормоны, регулирующие ассимиляцию пищи и некоторые метаболические процессы в организме. Как внешнесекреторную, так и внутрисекреторную функции железы изучают с помощью радиоиммунных тестов. О выделении железой липазы судят на основе радиометрии всего тела человека после приема внутрь радиоактивного триолеат-глицерина. Содержание трипсина определяют радиоиммунным методом.

Инсулин участвует в расщеплении сахара и является основным регулятором уровня глюкозы в крови. Он вырабатывается  $\beta$ -клетками поджелудочной железы в виде проинсулина. Последний состоит из двух частей: биологически активной формы — собственно инсулина и неактивной формы — С-пептида. Освобождение этих молекул происходит в крови. Инсулин достигает печени и там участвует в обмене веществ. При этом около 60 % его инактивируется, а остаток возвращается в кровоток. С-пептид проходит печень неизмененным, и его концентрация в крови сохраняется. Таким образом, хотя инсулин и С-пептид экскретируются поджелудочной железой в равных количествах, последнего в крови больше, чем инсулина.

Исследование гормонально-ферментативной активности поджелудочной железы выполняют посредством нагрузочных проб с глюкозой. С по-

мощью стандартного тест-набора анализируют концентрацию гормонов до, а также через 1 и 2 ч после приема 50 г глюкозы. В норме концентрация инсулина после приема глюкозы начинает увеличиваться, а затем снижается до нормального уровня. У больных со скрыто проявляющимся диабетом и нормальным содержанием сахара в крови уровень инсулина в крови повышается медленно, максимальный подъем наступает через 90—120 мин. При явном диабете подъем инсулина в ответ на сахарную нагрузку еще больше угнетен, максимум регистрируется через 2—3 ч. Ценность определения С-пептида велика в тех случаях, когда больные длительно лечились инсулином, так как радиоиммунологическим способом определить инсулин в крови не удается.

## 5.4. Селезенка

Обзорная рентгенография брюшной полости позволяет оценить размеры органа, если его удастся увидеть, и выявить в нем обызвествления.

*Сонография* — первичный метод исследования селезенки. С ее помощью определяют размеры и форму органа, характер его контуров, структуру паренхимы. Важным назначением сонографии является диагностика спленомегалии — одного из частых симптомов заболевания крови. Достаточно четко видны опухолевые узлы и метастазы, которые могут быть либо гипо-, либо гиперэхогенными. Этот метод дает возможность обнаружить подкапсульные разрывы селезенки, нередко наблюдающиеся при травмах живота.

Более детальная информация о состоянии селезенки может быть получена с помощью *КТ*. Данный метод характеризуется не только большим количеством выявляемых деталей строения органа. При введении контрастного вещества он способствует дифференциальной диагностике объемных поражений. *MPT* в отличие от *КТ* позволяет лучше диагностировать диффузные инфильтративные изменения в селезенке, которые возникают, например, при лимфомах.

*Ангиографию* крайне редко используют в диагностике заболеваний селезенки. Для диагностики портальной гипертензии иногда применяют прямое введение контрастного вещества в пульпу селезенки, т.е. выполняют *спленопортографию*. При наличии соответствующего оборудования можно получить изображение селезеночной вены в венозную стадию артериографии, т.е. осуществить *непрямую спленопортографию*.

## 6. МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

*Познание болезни есть уже половина лечения.*

М.Я.Мудров

Трудно представить современную урологическую клинику без лучевых исследований. В сущности именно благодаря им урология стала одной из самых точных медицинских дисциплин. Этому не приходится удивляться, так как лучевые методы позволяют врачу детально изучить как морфологию, так и функцию органов выделения и обнаружить в них патологические изменения на ранних стадиях развития.

Показания к лучевым исследованиям весьма широки. Их назначают каждому больному, у которого предполагают повреждение или заболевание почек, мочеточников, мочевого пузыря, предстательной железы. Назначение осуществляет лечащий врач.

Руководитель лучевого отделения или врач — специалист в области лучевой диагностики выбирает методики исследования и последовательность их применения. Квалифицированные урологи, как правило, хорошо подготовлены по лучевой диагностике повреждений и заболеваний почек и мочевых путей и могут в контакте с радиологом сами устанавливать порядок и объем лучевых исследований.

## **6.1. Методы лучевого исследования мочевыделительной системы**

Изображение почек, мочеточников, мочевого пузыря и предстательной железы может быть получено с помощью всех основных лучевых методов.

**Сонография.** В связи с безвредностью и высокой информативностью сонографии в большинстве случаев с нее начинают обследование больного в урологической клинике. Для исследования почек, надпочечников и тазовых органов используют обычные трансабдоминальные датчики. Кроме того, для исследования предстательной железы и проксимальной уретры следует применять трансректальный датчик, а для исследования задней стенки мочевого пузыря — трансвагинальный датчик. С целью ультразвуковой визуализации стенок мочевого пузыря используют специальный трансуретральный датчик. Для изучения кровотока в почке и интенсивности перфузии применяют *цветное доплеровское картирование и ультразвуковую ангиографию.*

Сонографию почек проводят в различных проекциях: сагиттальной, фронтальной, косой, поперечной. В любой проекции детектор последовательно перемещают на 1—1,5 см, рассматривая получаемые изображения и производя необходимые измерения. Нормальная почка на сонограмме отображается как овальное образование с неоднородной эхогенностью (рис. III, 154). Вокруг почки располагается относительно светлая зона невысокой эхогенности, соответствующая жировой клетчатке. Сама почка покрыта соединительнотканной капсулой, которая вырисовывается как непрерывная светлая полоска шириной 1—1,5 мм. Кортикальное и мозговое вещества обуславливают темную область шириной около 15 мм. В этой области заметны лишь мелкие эхопозитивные включения — нежная структура органа. Эхонегативные участки в паренхиме — это почечные пирамиды. Каждая из них имеет диаметр 5—9 мм. В центральную часть почки проецируется чашечно-лоханочный комплекс в виде сгруппированных эхопозитивных образований, среди которых иногда выделяются заполненные жидкостью чашечки как небольшие округлые затемнения. Лоханка может быть различима при поперечном сканировании в виде двух эхопозитивных полосок или овального образования.

**Проксимальная** часть почечной артерии при сонографии обычно видна со стороны передней **брюшной** стенки. **Остальные** отделы артерий опреде-



Рис. III. 154. Сонограммы нормальной почки.

а — продольное сканирование со стороны спины: 1 — паренхима почки, 2 — чашечно-лоханочный комплекс; б — секторное сканирование.

ляются не всегда из-за скопления газа в кишечнике. Однако исчерпывающие сведения о почечном кровотоке можно получить лишь при *доплеровском картировании*, особенно с применением *энергетического доплера*.

Мочевой пузырь, наполненный жидкостью, со стороны передней брюшной стенки выделяется на сонограммах как овальное образование с дугообразными четкими контурами, лишенное каких-либо эхоструктур. Опорожненный мочевой пузырь на сонограммах неразличим. Предстательная железа вырисовывается непосредственно позади мочевого пузыря и в норме также имеет ровные очертания. Ткань железы представлена сплошным чередованием эхонегативных участков с мелкими точечными и линейными структурами (рис. III. 155). Длина железы 2,5—4 см, переднезадний размер ее 1,8—2,5 см, поперечный — 2,7—4,2 см. Достаточно четко выделяется капсула железы. При внутриволновом ультразвуковом исследовании через прямую кишку достигается более четкое изображение предстательной железы и семенных пузырьков.

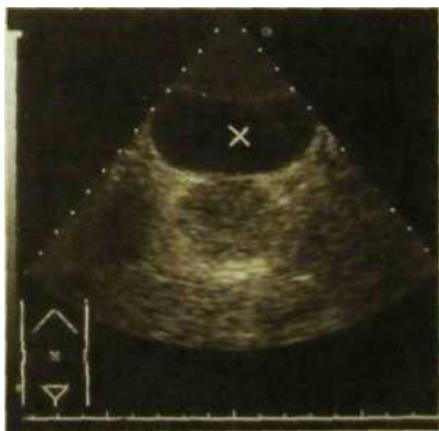
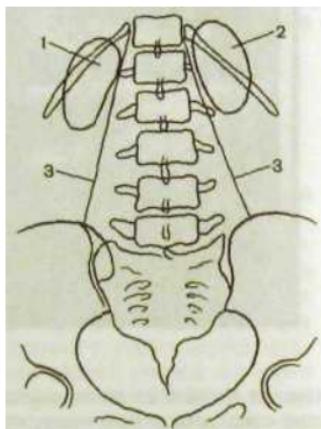
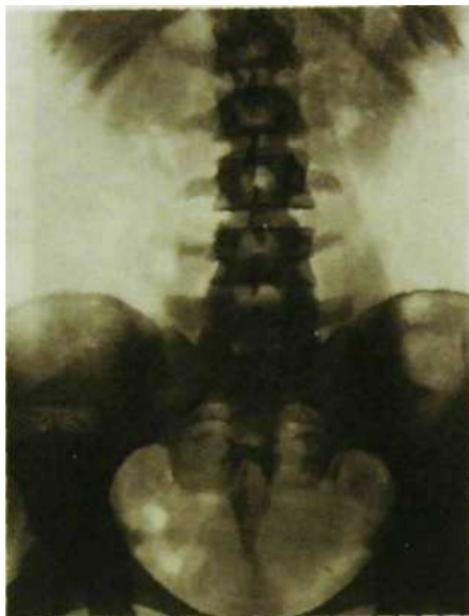


Рис. III.155. Сонограмма нормальной предстательной железы. Над железой — изображение мочевого пузыря (x).



**Рис. III. 156.** Обзорная рентгенограмма почек и мочевых путей и схема к ней.  
1 — правая почка; 2 — левая почка; 3 — контур большой поясничной мышцы.

ков, причем можно измерить расстояние до железы, ее периметр, размеры, объем и при необходимости использовать устройство, способствующее точному наведению иглы для пункции и биопсии.

**Обзорная рентгенограмма области живота.** Многим урологическим больным на первом этапе обследования или вслед за сонографией выполняют обзорный снимок почек и мочевых путей. Для этого больного необходимо подготовить — очистить кишечник накануне вечером и утром в день исследования. В рентгеновский кабинет пациент должен явиться натощак. Исключение составляют больные с острой почечной коликой: их приходится обследовать без очищения кишечника. Больного укладывают на спину и снимок выполняют на большой пленке, чтобы на нем получили отображение обе почки, большие поясничные мышцы и таз до уровня лонного сочленения (рис. III.156).

Почки на всем протяжении выщеляются на обзорном снимке далеко не всегда, приблизительно у 60—70 % обследуемых. В норме они выглядят как две бобовидные тени, расположенные на уровне Th<sub>12</sub>—L<sub>1</sub> слева и L<sub>1</sub>—L<sub>2</sub> справа. Таким образом, левая почка располагается чуть выше, чем правая. Верхние полюсы почек в норме расположены ближе к срединной линии тела, чем нижние. Очертания почек в норме четкие, тень их

однородная. Индивидуальным вариантом является дугообразное выбухание наружного контура (так называемая горбатая почка). Мочеточники на обзорной рентгенограмме брюшной полости не видны. Мочевой пузырь, заполненный мочой, может обусловить овальную или округлую тень в малом тазе. Нормальная предстательная железа на снимках тени не дает. *Основное назначение обзорной рентгенографии — выявление конкрементов, обызвествлений и газа.*

**Внутривенная урография.** *Это одно из основных рентгенологических исследований, проводимых больным с поражениями мочевыделительной системы.*

Внутривенная урография основана на физиологической способности почек захватывать из крови йодированные органические соединения, концентрировать их и выделять с мочой. При обычной урографии больному натощак после предварительного очищения кишечника и опорожнения мочевого пузыря внутривенно вводят 20—60 мл одного из уротропных контрастных веществ — ионных или, что более предпочтительно, нейонных. В течение первой минуты после внутривенной инъекции делают 1—2 снимка, на которых отображается нефрографическая фаза выведения препарата. Для улучшения визуализации почечной паренхимы рекомендуется в это время произвести линейную томографию, т.е. получить нефротомограмму. В отсутствие противопоказаний (например, аневризмы аорты или обширной опухоли брюшной полости) больному выполняют абдоминальную компрессию. Это приводит к задержке мочи и контрастного вещества в почечной лоханке и мочеточнике. На выполненных через 4—5 мин урограммах получается отчетливое изображение почечных лоханок и мочеточников (рис. III.157). Затем компрессию снимают и производят несколько отсроченных снимков — через 10—15 мин, иногда через 1—2 ч. Одновременно выполняют, также по показаниям, томограммы, прицельные рентгенограммы, в том числе мочевого пузыря. При подозрении на нефроптоз (опущение почки) получают рентгенограммы как в горизонтальном, так и в вертикальном положении больного.

При пониженной экскреторной функции почек, что наблюдается, например, у больных пиелонефритом или нефросклерозом, применяют *инфузионную урографию*. При этом больному медленно, посредством системы для капельного вливания жидкостей, внутривенно вводят большое количество контрастного вещества (до 100 мл) в 5 % растворе глюкозы. По ходу введения контраста делают снимки. Следует подчеркнуть, что урография — в основном метод морфологического исследования. О функции почек она позволяет получить лишь самое общее представление и в этом отношении значительно уступает радионуклидным методикам (см. далее).

Почки на урофаммах выглядят так же, как на обзорном снимке, но тень их несколько интенсивнее. Величина и особенно форма чашечек и лоханок весьма разнообразны. Обычно выделяются три большие чашечки: верхняя, средняя и нижняя. От вершины каждой из них отходят малые чашечки. В каждую малую чашечку вдаются один или несколько почечных сосочков, поэтому ее наружный контур вогнутый. Большие чашечки сливаются в лоханку. Как указывалось выше, величина и форма лоханки в норме разные: от ампулярной лоханки со слаборазвитыми чашечками до узкой лоханки с удлиненными чашечками

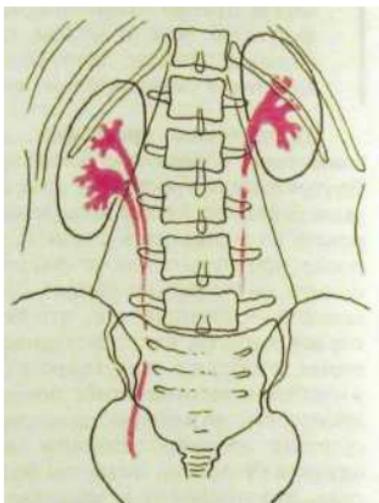


Рис. ПП. 157. Урограмма и схема к ней. В правой почке две лоханки, удвоение проксимального отдела правого мочеточника.

(ветвистый тип лоханки). Однако в любом случае очертания нормальной лоханки ровные и резкие. Ее контуры плавно переходят в очертания мочеточника, который образует тупой угол с осью лоханки.

Мочеточник обуславливает тень в виде узкой полосы. В норме в связи с сокращениями и расслаблениями цистоидов эта полоса местами прерывается. Брюшная часть мочеточника проецируется почти параллельно позвоночнику, тазовая часть накладывается на тень подвздошно-крестцового сочленения, затем описывает выпуклую наружу дугу и переходит в короткий интрамуральный отдел.

Мочевой пузырь дает тень в форме поперечно расположенного овала, нижний контур которого лежит на уровне верхнего края лонных костей. При урографии тень пузыря достигает средней интенсивности, контуры ее ровные. Контрастное вещество можно ввести в мочевой пузырь через мочеиспускательный канал (эту методику называют *цистографией*). Тогда тень пузыря становится очень интенсивной. В случае отсутствия в пузыре патологических образований (камни, опухоли) тень его совершенно однородна. Показаниями к цистографии является травматическая или послеоперационная мочевая экставазация, подозрение на дивертикул пузыря и пузырно-мочеточниковый рефлюкс.

В момент мочеиспускания контрастное вещество поступает из мочевого пузыря в уретру. Съемка в процессе мочеиспускания получила название «микционная цистография». Она позволяет получить изображение моче-

испускательного канала (*уретрография*). Однако более четкое изображение уретры получают, вводя контрастное вещество ретроградно, через ее наружное отверстие. При этом внутреннее отверстие уретры блокируется введенным в нее катетером с баллоном (*ретроградная уретрография*). С помощью уретрографии удается диагностировать стриктуры уретры, опухоли, дивертикулы, травматические повреждения мочеиспускательного канала.

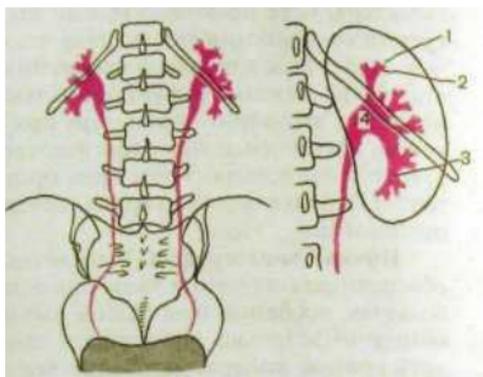
Основными преимуществами внутривенной урографии являются доступность, низкая стоимость, неинвазивность, возможность изучить структуру чашечно-лоханочной системы и выявить обызвествления различного характера. С ее помощью можно также в известной степени судить об экскреторной функции почек. Недостатками урографии являются ограниченные сведения о структуре паренхимы почек и околопочечных пространств, отсутствие данных о функциональных параметрах мочевыделения, невозможность выполнить процедуру при недостаточности функции почек и, наконец, применение при этом исследовании йодистых препаратов и ионизирующего излучения. Урография противопоказана при выраженной недостаточности деятельности сердца, печени, почек и непереносимости йодистых препаратов.

**Прямая пиелография.** Выделительная урография в большинстве случаев обеспечивает изучение чашечно-лоханочной системы. Однако у отдельных больных, особенно при слабом выведении контрастного вещества, если необходимо детально исследовать чашечки и лоханку, приходится производить прямое контрастирование верхних мочевых путей. Его осуществляют ретроградно, через установленный в мочеточнике катетер (*ретроградная пиелография*), или антеградно, через иглу или нефростомическую трубку (*антеградная пиелография*). На полученных рентгенограммах (рис. III.158) хорошо видны все детали строения чашечек и лоханки, можно обнаружить незначительные изменения их контуров и формы. Ограниченное применение прямой пиелографии связано с необходимостью катетеризации мочевых путей и опасностью их инфицирования. Это исследование противопоказано при острых воспалительных процессах в почках и мочевых путях, а также при макрогематурии.

**Ангиография почек.** Различают *общую* и *селективную ангиографию почек*. В первом случае катетер проводят из бедренной артерии в брюшную аорту и устанавливают его конец над местом отхождения почечных артерий. Если из-за окклюзионного поражения аорто-подвздошно-бедренного сегмента катетеризация аорты через бедренную артерию невозможна, прибегают к транслюмбальной пункции аорты поясничным проколом. Через пункционную иглу или катетер с помощью специального инъектора в просвет аорты под давлением вводят 40—60 мл водорастворимого контрастного вещества и производят серию рентгенограмм.

На серии рентгенограмм вначале получают изображение аорты и отходящих от нее крупных ветвей, в том числе почечных артерий (ранняя артериальная фаза), затем — тень мелких внутриорганных артерий (поздняя артериальная фаза), далее — общее увеличение интенсивности тени почек (нефрографическая фаза), слабую тень почечных вен (венограмма) и, наконец, изображение чашечек и лоханок, так как контрастное вещество выделяется с мочой.

Почечные артерии отходят от аорты почти под прямым углом на уровне L<sub>1</sub> или диска между ним и L<sub>М</sub>. Диаметр стволочной части почечной артерии



**Рис. III.158.** Восходящая (ретроградная) пиелограмма и схема к ней. В мочеточники введены катетеры, контрастировав чашечно-лоханочная система почек. 1 — почечный сосочек; 2 — перешеек малой чашечки; 3 — перешеек большой чашечки; 4 — лоханка.

составляет  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  поперечника аорты на этом уровне, длина правой артерии — 5—7 см, а левой — 3—6 см. Контуры артерий ровные, тень их однородная и интенсивная. Более детальное изучение почечных сосудов возможно при их селективном контрастировании. Катетер устанавливают непосредственно в почечную артерию и через него под давлением вводят контрастное вещество. На артериограммах регистрируют все отмеченные выше фазы контрастирования почек. При необходимости выполняют прицельные рентгенограммы (рис. III. 159). Почечную артериографию производят при подозрении на реноваскулярную гипертонию (атеросклероз, артериит почечной артерии) и планировании операций по поводу аномальной почки. Артериографию выполняют также в качестве первого этапа при внутрисосудистых вмешательствах, таких как баллонная дилатация, эмболизация, установление стента. Как и при других видах ангиографии, при контрастном исследовании почечных сосудов предпочитают использовать технику цифровой субтракционной ангиографии (ДСА). С целью выполнения селективной венографии катетер вводят в почечную вену из нижней полой вены (рис. III.160).

**Компьютерная томография.** КТ значительно расширила рамки морфологического исследования почек, мочевого пузыря и предстательной железы. Исследование почек выполняют без специальной подготовки у

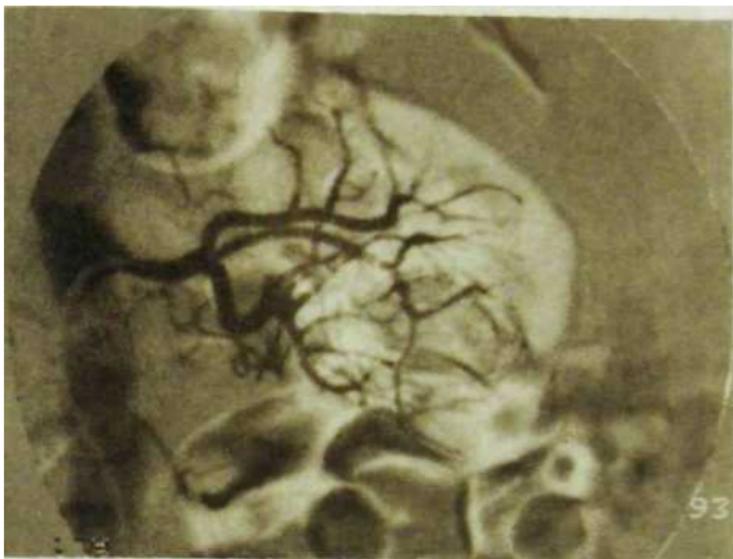


Рис. III. 159. Прицельная артериограмма левой почки. В нижнем отделе почки артерии раздвинуты, огибают кисту.

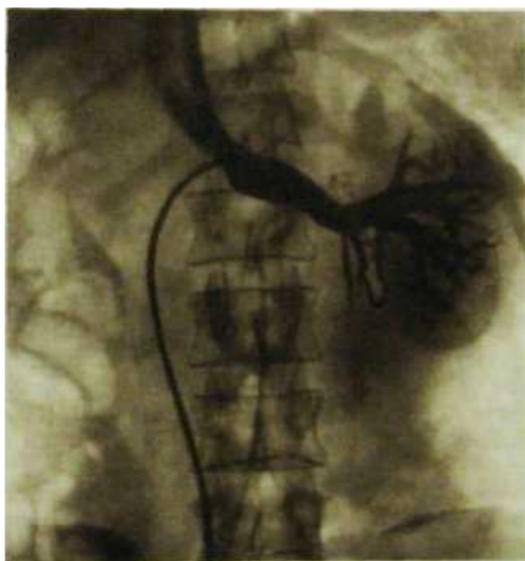


Рис. III. 160. Селективная флебограмма левой почки. Нормальная картина строения вен и оттока крови в нижнюю полую вену.

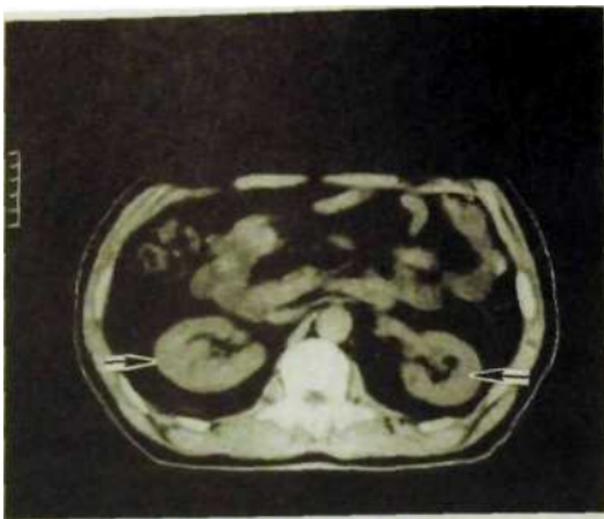


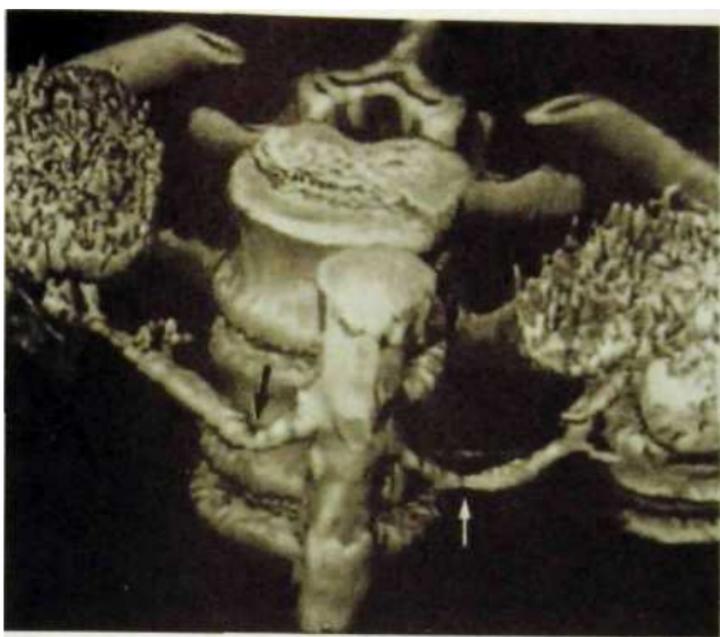
Рис. Ш.161. Компьютерная томограмма почек. Четко отображаются паренхима и синусы почек (указаны стрелками).

людей любого возраста. На томограммах нормальная почка имеет форму неправильного овала с ровными и резкими очертаниями (рис. Ш. 161). В переднемедиальном отделе этого овала на уровне  $L_1-L_2$  вырисовывается почечный синус. На этом же уровне видны почечные артерии и вены. Для улучшения визуализации почечной паренхимы и дифференциальной диагностики объемных образований производят *увыенную КТ*.

В настоящее время КТ является наиболее информативным методом выявления и дифференциальной диагностики объемных процессов в почке.

С ее помощью определяют стадию злокачественных опухолей почек. Метод обладает высокой точностью в диагностике конкрементов (в том числе рентгенонегативных), обызвествлений паренхимы и патологических образований, в распознавании околопочечных, периуретеральных и тазовых процессов. КТ эффективна также при распознавании травматических повреждений почки. Трехмерная реконструкция на спиральном компьютерном томографе предоставляет урологу и рентгенохирургу демонстративную картину почечных сосудов (рис. Ш.162). Наконец, КТ является основным методом визуализации надпочечников и диагностики их патологических состояний — опухолей, гиперплазии.

**Магнитно-резонансная томография.** Данный метод в отличие от КТ позволяет получать послойные изображения почек в различных проекциях: сагиттальной, фронтальной, аксиальной. Изображение почек напоминает то, которое имеется на КТ, но лучше видна граница между корковым и мозговым слоями органа. Чашечки и лоханки, содержащие мочу, выделяются как образования малой плотности. При введении парамагнитного



**Рис. III. 162.** Ангиография, выполненная на спиральном компьютерном томографе с трехмерной реконструкцией изображения. Стеноз обеих почечных артерий (указано стрелками).

контрастного средства значительно увеличивается интенсивность изображения паренхимы, что облегчает выявление опухолевых узлов. При МРТ достаточно четко виден мочевой пузырь, в том числе такие его отделы, как дно и верхняя стенка, плохо различимые на КТ. В предстательной железе определяются капсула и паренхима. Последняя в норме отличается однородностью. Рядом с железой, в позадипузырной клетчатке, можно увидеть более плотные образования — семенные пузырьки.

**Радионуклидное исследование почек.** Радионуклидные методы прочно вошли в практику урологических и нефрологических клиник. Они позволяют обнаружить нарушения функции почек в начальных стадиях, что трудно осуществить с помощью других методов. Клиницистов привлекают физиологичность метода радиоиндикации, его относительная простота и возможность проведения повторных исследований в ходе лечения больного. Важно и то обстоятельство, что радионуклидные соединения могут быть применены у больных с повышенной чувствительностью к рентгеноконтрастным веществам. В зависимости от задач исследования из группы нефротропных **РФП** выбирают один из радионуклидных индикаторов.

$^{99m}\text{Tc}$ -ДТРА избирательно фильтруется клубочками,  $^{99m}\text{Tc}$ -МАГ-3 и  $^{125}\text{I}$ -гиппуран также фильтруются клубочками, но выделяются в основном тубулярными клетками. Таким образом, все эти три **РФП** могут быть использованы для исследования функций почек — клубочковой фильтрации

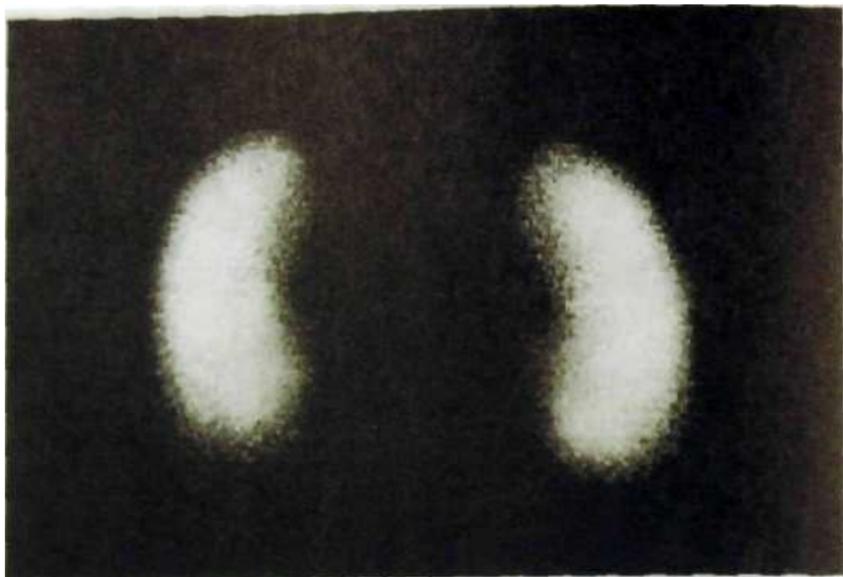


Рис. III. 163. Сцинтиграмма нормальных почек.

и тубулярной секреции. Такое исследование получило название «ренография». Два других препарата —  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA и  $^{99m}\text{Tc}$ -глюкогептонат на относительно продолжительное время аккумулируются в функционирующих тубулярных клетках, поэтому могут быть использованы для *статической сцинтиграфии*. После внутривенного введения этих препаратов они в течение нескольких часов удерживаются в канальцевом эпителии почек. Максимум накопления отмечается через 2 ч после инъекции (рис. III.163). Следовательно, в это время и нужно проводить сцинтиграфию. Обычно делают несколько снимков: в прямой проекции спереди и сзади, в боковых и косых проекциях.

Изменения в почечной паренхиме, связанные с утратой ее функции или заменой ее ткани патологическими образованиями (опухоль, киста, абсцесс), ведут к появлению на сцинтиграмме «холодных» очагов. Их локализация и размеры соответствуют участкам нефункционирующей или отсутствующей почечной ткани (рис. III.164). Статическая сцинтиграфия может быть использована не только для выявления объемных процессов в почке, но и для диагностики *стеноза почечной артерии*. С этой целью выполняют *пробу с каптоприлом*. Статическую сцинтиграфию выполняют дважды — до и после внутривенного введения указанного препарата. В ответ на введение каптоприла исчезает сцинтиграфическое изображение почки, «прикрытой» стенозом, — так называемая *медикаментозная нефрэктомия*.

Намного шире показания к радионуклидному исследованию почек — *ренографии*. Как известно, *суммарную функцию почки составляют следующие частные функции: ренальный кровоток, гломерулярная фильтрация, тубуляр-*



Рис. III. 164. Сцинтиграмма почек (со спины). Нижняя часть левой почки содержит мало функционирующей паренхимы (поражена опухолью).

*мая секреция, тубулярная реабсорбция.* Все эти стороны деятельности почки могут быть изучены с помощью радионуклидных методик.

Важное значение в клинике внутренних болезней имеет определение *почечного плазмотока*. Это можно сделать путем изучения клиренса, т.е. скорости очищения почек от веществ, полностью или практически полностью удаляемых при протекании крови через почку. Поскольку очищение от этих веществ происходит не во всей почечной паренхиме, а только в функционирующей ее части, которая составляет около 90 %, почечный клиренс, определенный методом очищения, носит название «эффективный почечный плазмоток». В качестве РФП используют гиппуран, меченный  $^{131}\text{I}$  или  $^{131}\text{I}$ . После внутривенного введения небольшого количества этого РФП измеряют его концентрацию в крови через 20 и 40 мин после инъекции и сравнивают с уровнем радиоактивности по специальной формуле. У здоровых людей эффективный почечный плазмоток составляет 500—800 мл/мин. Избирательное снижение эффективного почечного плазмотока наблюдается при артериальной гипертензии, сердечной и острой сосудистой недостаточности.

В изучении функционального состояния почек важное место отводят определению *скорости клубочковой фильтрации*. С этой целью используют вещества, не подвергающиеся канальцевой реабсорбции, канальцевой секреции, разрушению и не образующиеся в канальцах и мочевых путях. К таким веществам относятся инулин, маннитол и в некоторой степени креатинин. Определение их концентрации в лабораторных условиях затруднено. Кроме того, для него необходимо собирать мочу, выделившуюся за определенные периоды времени.

Радионуклидный метод позволил значительно упростить оценку *клубочковой фильтрации*. Больному внутривенно вводят  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ДТРА. Поскольку этот препарат выделяется исключительно путем клубочковой фильтра-

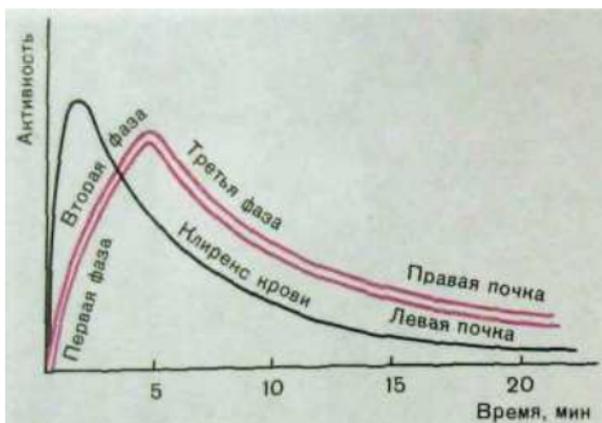


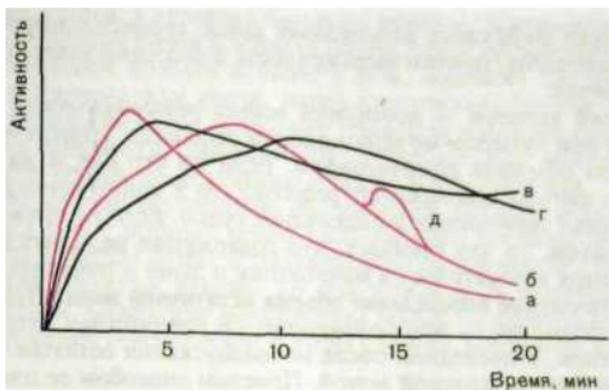
Рис. III. 165. Радионуклидная ренограмма. Объяснение в тексте.

ции, определив скорость очищения крови от РФП, можно рассчитать интенсивность фильтрационной функции почек. Обычно концентрацию указанных РФП в крови определяют дважды: через 2 и 4 ч после внутривенного введения. Затем по специальной формуле вычисляют скорость клубочковой фильтрации. В норме она составляет 90—130 мл/мин.

В нефрологической клинике придают значение другому показателю функции почек — *фильтрационной фракции*. Это — отношение скорости клубочковой фильтрации к скорости эффективного почечного плазмотока. Согласно результатам радионуклидного исследования, нормальная величина фильтрационной фракции равна в среднем 20 %. Увеличение этого показателя наблюдается при артериальной гипертензии, а уменьшение — при гломерулонефрите и обострении хронического пиелонефрита.

Распространенным способом оценки функции почечной паренхимы является *динамическая сцинтиграфия*, или *ренография*. В качестве РФП при этом используют  $^{131}\text{I}$ -гиппуран или  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG-3. Исследование проводят на гамма-камере. Обычно продолжительность исследования составляет 20—25 мин, а при нарушении функции почек — до 30—40 мин. На экране дисплея выбирают 4 «зоны интереса» (обе почки, аорта и мочевой пузырь) и по ним строят кривые — *ренограммы*, отражающие функцию почек.

Рассмотрим ренографические кривые (рис. III. 165). Сначала РФП, введенный внутривенно, приносится с кровью в почки. Это обуславливает быстрое появление и значительное увеличение интенсивности излучения над почками. Это — *первая фаза* ренографической кривой; она характеризует *перфузию* почки. Продолжительность этой фазы равна примерно 30—60 с. Конечно, этот отрезок кривой отражает наличие радионуклида не только в сосудистом русле почек, но и в околопочечных тканях и мягких тканях спины, а также начинающийся транзит РФП в просвет канальцев. Затем количество РФП в почках постепенно увеличивается. Кривая на этом отрезке менее крутая — это ее *вторая фаза*. Содержимое канальцев убывает, и в течение нескольких минут отмечается примерное равновесие между поступлением и выведением РФП, чему соответствует вершина кривой



**Рис. III. 166.** Ренографические кривые при нарушении функции почек. а — норма; б — замедленное поступление РФП в почку; в — замедленное выведение РФП из почки; г — замедленное поступление и выведение РФП из почки; д — повторный подъем кривой при пузырно-мочеточниковом рефлюксе.

(Тм «с-4—5 мин»). С того момента, когда концентрация РФП в почке начинает уменьшаться, т.е. отток РФП преобладает над поступлением, отмечается *третья фаза* кривой. Продолжительность периода полувыведения РФП из почек у разных людей различна, но в среднем он колеблется от 5 до 8 мин.

Для характеристики ренографической кривой обычно применяют три показателя: время достижения максимума радиоактивности, высоту ее максимального подъема и продолжительность периода полувыведения РФП из почки. При нарушении функции почек и мочевых путей ренографические кривые изменяются. Укажем 4 характерных варианта кривых (рис. III. 166).

*Первый вариант — замедление поступления РФП в «зону интереса» почки.* Это проявляется уменьшением высоты кривой и удлинением ее первых двух фаз. Данный тип наблюдается при *уменьшении кровотока* в почке (например, при сужении почечной артерии) или *снижении секреторной функции канальцев* (например, у больных пиелонефритом).

*Второй вариант — замедление выведения РФП почкой.* При этом увеличиваются крутизна и продолжительность второй фазы кривой. Иногда на протяжении 20 мин кривая не достигает пика и не наступает последующий спад. В таких случаях говорят о кривой обструктивного типа. Для того чтобы отличить истинную обструкцию мочевых путей камнем или другим механическим препятствием от дилатационной уропатии, внутривенно вводят диуретическое средство, например лазикс. При обструкции мочевых путей введение диуретика не отражается на форме кривой. В случаях же функциональной задержки транзита РФП происходит немедленный спад кривой.

*Третий вариант — замедленное поступление и выведение РФП из почек.* Это проявляется уменьшением общей высоты кривой, деформацией и удлинением второго и третьего сегментов ренограммы, отсутствием четко выраженного максимума. Данный вариант наблюдается преимущественно

при хронически\* диффузных заболеваниях почек: гломерулонефрите, пиелонефрите, амилоидозе, причем выраженность изменений зависит от тяжести поражения почек.

*Четвертый вариант - повторный подъем ренографической кривой.* Он наблюдается при пузырно-мочеточниковом рефлюксе. Иногда этот вариант выявляют при обычной сцинтиграфии. Если же его нет, а на основании клинических данных подозревают рефлюкс, то в конце ренографии больному предлагают помочиться в подкладное судно. Если на кривой возникает новый подъем, то это означает, что содержащая радионуклид моча из мочевого пузыря возвратилась в мочеточник и далее в почечную лоханку.

**Радиометрическое определение объема остаточной мочи.** При ряде заболеваний, особенно часто при возникновении препятствия оттоку мочи из мочевого пузыря, в последнем после мочеиспускания остается часть мочи, которую называют остаточной мочой. Простым способом ее измерения является радионуклидное исследование. Через 1 1/2—2 ч после внутривенного введения РФП, выводимого почками, измеряют интенсивность излучения над мочевым пузырем. После того как больной опорожнил мочевой пузырь, определяют объем выделенной мочи и вновь измеряют интенсивность излучения над мочевым пузырем. Затем вычисляют объем остаточной мочи по формуле:

$$OOM = \frac{A_2 \cdot V}{A_1 - A_2},$$

где OOM — объем остаточной мочи;  $A_1$  — интенсивность излучения до мочеиспускания;  $V$  — объем мочи, выделившейся при мочеиспускании;  $A_2$  — интенсивность излучения после мочеиспускания.

*Парадокс познания.* Чем меньше мы думаем, тем меньше понимаем; чем больше мы думаем, тем больше не понимаем.

*Закон минимакса.* Максимум наших возможностей всегда меньше минимума наших потребностей.

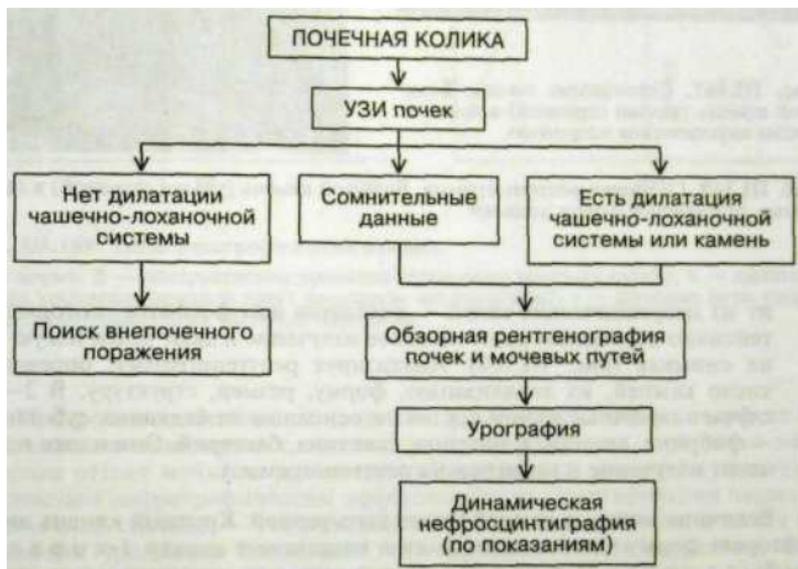
*В.Магизен (Химия и жизнь.- 1988- № 4)*

## **6.2. Основные клинические синдромы и тактика лучевого исследования**

Тактику лучевого исследования, т.е. выбор лучевых методов и последовательности их применения, вырабатывают с учетом анамнеза и клинических данных. В известной мере она стандартизована, поскольку в большей части случаев врач имеет дело с типовыми клиническими синдромами: болями в области почек, макрогематурией, расстройствами мочеиспускания и пр. Это обстоятельство оправдывает использование типовых схем обследования больных, и такие схемы приведены ниже. Однако в обязанность врача входит вдумчивый анализ особенностей течения болезни у конкретного больного и внесение в общие схемы необходимых коррективов.

**Почечная колика.** Состояние больного тяжелое. У него отмечается приступ схваткообразных болей в области почки, часто иррадирующих в нижний отдел брюшной полости и область таза. Болевому синдрому нередко сопутствуют тошнота или рвота, парез кишечника. Иногда наблюдается учащенное мочеиспускание. Больному показаны тепловые процедуры, болеутоляющие препараты. Лечащий врач - уролог или хирург определяет показания к лучевому исследованию и время его проведения.

Почечная колика обусловлена растяжением лоханки вследствие нарушения оттока мочи, которое может быть вызвано закупоркой или сдавлением верхних мочевых путей. В подавляющем большинстве случаев причиной закупорки является камень, но она может быть вызвана и сгустком крови или слизи. Сдавление мочеточника может обусловить опухоль. Тактика исследования, применяемая в таких случаях, приведена на схеме.



Обследование больного с почечной коликой нужно начинать с *сонографии*. Для колики характерно расширение лоханки на стороне болевого приступа. В лоханке или мочеточнике обычно выявляют камень. Проще обнаружить камень в лоханке. Конкременты величиной более 0,5 см визуализируются как эхопозитивные образования с четкими очертаниями (рис. III. 167). Позади камня отмечается акустическая тень. Камни размером менее 0,5 см не дают такой тени, и их трудно отличить от скоплений слизи или гнойных масс. В такой ситуации помогает повторное проведение сонографии. Трудно диагностировать камень в мочеточнике. Обычно это удается лишь при локализации его в тазовой части мочеточника в пределах 4–5 см от его устья.

При неясных результатах сонографии выполняют *обзорную рентгенограмму почек и мочевых путей*. Большинство почечных камней состо-

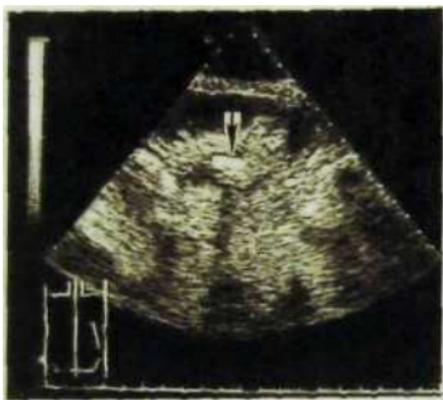


Рис. III. 167. Сонограмма почки. Большой камень (указан стрелкой) в лоханке. Видна акустическая «дорожка».

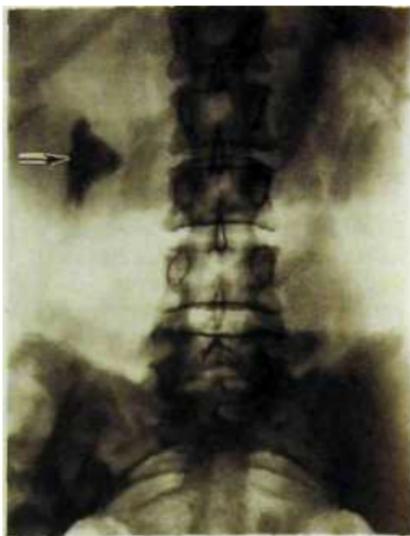


Рис. III. 168. Обзорная рентгенограмма. Большой камень (указан стрелкой) в правой почке, принявший форму лоханки.

ит из неорганических солей — оксалатов или фосфатов, которые интенсивно поглощают рентгеновское излучение и дают различимую тень на снимках (рис. III.168). Анализируя рентгенограмму, определяют число камней, их локализацию, форму, размер, структуру. В 2—3 % случаев почечные камни состоят в основном из белковых субстанций — фибрина, амилоида, цистина, ксантина, бактерий. Они плохо поглощают излучение и не видны на рентгенограммах.

Величина мочевых камней может быть разной. Крупный камень иногда повторяет форму чашечек и лоханки и напоминает коралл («к о р а л л о в ы й» камень). Мелкие камни имеют округлую, полигональную, овоидную или неправильную форму. В мочевом пузыре камень постепенно принимает шаровидную форму. Важно не спутать мочевые конкременты с камнями и петрификатами иной природы — с желчными камнями, обызвествленными мелкими кистами, лимфатическими узлами в брюшной полости и т.д. Нередко возникают сомнения при обнаружении венных камней (флеболиты) в тазе. Нужно учитывать, что они имеют правильную шаровидную форму, небольшие размеры, прозрачный центр и четкое концентрическое строение, располагаются в основном в нижнебоковых отделах таза.

Следующим этапом обследования больного с почечной коликой является *урография*. С ее помощью подтверждают наличие камня в мочевых путях и уточняют его местонахождение. Одновременно урография дает возможность оценить анатомическое состояние почек, тип лоханки, степень расширения чашечек, лоханки, мочеточника.

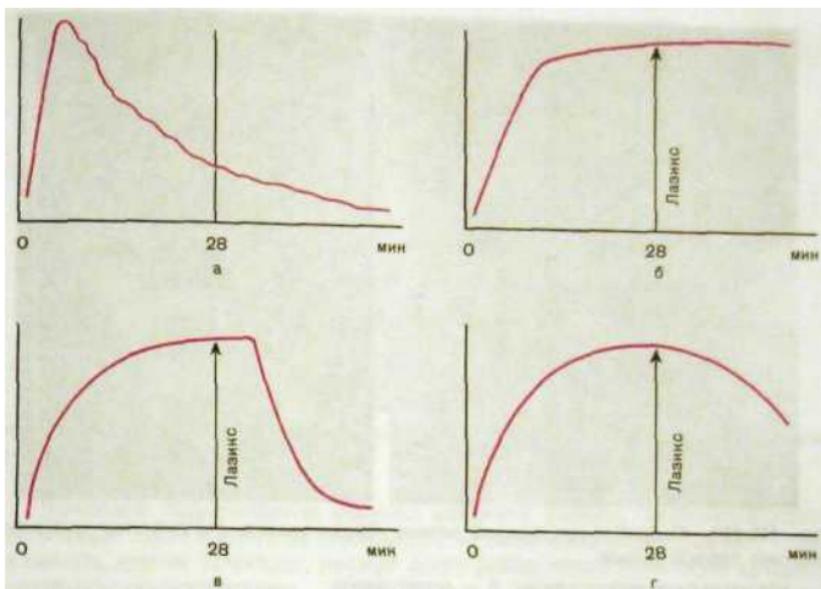


Рис. III. 169. Типы ренографических кривых.

а — норма; б — обструктивная уропатия (закупорка мочевых путей); в — дилатационная уропатия (мочевой тракт расширен, но проходим); г — мочевые пути расширены, проходимость их частично нарушена.

При рентгеногегативных камнях на урограммах выявляют дефект наполнения мочевых путей с четкими контурами. Иногда, при резко нарушенном оттоке мочи, на урограммах обнаруживают увеличенную почку с усиленным нефрографическим эффектом без контрастирования чашечно-лоханочной системы — так называемая большая белая почка. Подобная урограмма показывает, что функция почки сохранена. Если же функция утрачена, то усиления тени почки при урографии не происходит.

Важное значение в определении функционального состояния почек и особенно в оценке их резервных возможностей имеет *ренография*. На стороне пораженной почки ренографическая кривая имеет постоянно восходящий характер — *обструктивный тип* кривой (см. рис. III. 166). Чем круче подъем кривой, тем в большей степени сохранена функция почки. Для того чтобы отличить обструктивную уропатию от функциональной (дилатационной), при ренографии применяют описанную выше пробу с введением диуретика (рис. III.169).

При планировании операции — хирургического устранения окклюзии — целесообразно произвести *почечную ангиографию*. Этот метод позволяет изучить архитектуру сосудов, что важно при резекции почки, неф-

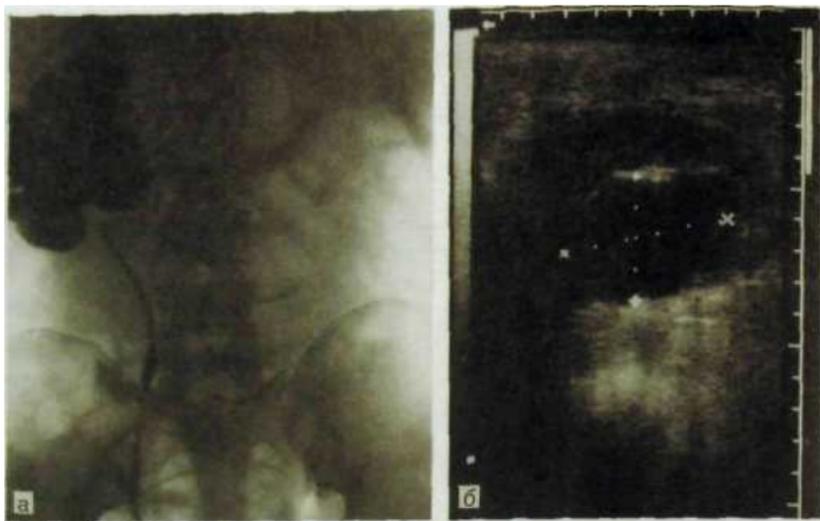


Рис. III.170. Гидронефроз правой почки. Значительное расширение полостной системы правой почки.

а — ретроградная пиелограмма; б — сонограмма.

ротомии. Если почечная артерия сужена более чем на 50 % своего нормального диаметра, то утрата функции почки, как правило, необратима.

Лучевые исследования широко применяют для контроля эффективности различных вмешательств на почках. В последние годы развивается способ дробления камней в организме — *экстракорпоральная ударно-волновая литотрипсия*.

Сонограммы и рентгенограммы помогают оценить результаты вмешательства и выявить возможные осложнения, в частности внутрпочечные гематомы. При хирургическом удалении камней определенную пользу приносит ультразвуковая локация непосредственно на операционном столе.

Как указывалось выше, закупорка или сдавление верхних мочевых путей ведет к расширению чашечно-лоханочной системы. Первоначально происходит увеличение лоханки — *пелэктазия*, затем к ней присоединяется расширение чашечек — *гидрокаликоз*, но возможно также изолированное расширение одной или нескольких чашечек. Если причина нарушения оттока мочи не устранена, то отмечается стойкое и увеличивающееся расширение всей чашечно-лоханочной системы, приводящее в итоге к атрофии паренхимы почки. Такое состояние называют *гидронефротической трансформацией*, или *гидронефрозом*.

Гидронефротическую трансформацию почки определяют с помощью лучевых методов — сонографии, урографии, сцинтиграфии. Признаками гидронефроза являются увеличение почки, расширение чашечно-лоханочного комплекса вплоть до превращения его в большую полость с ровной или волнистой внутренней поверхностью, атрофия почечной паренхимы, резкое снижение или утрата функции почки (рис. III. 170).



Рис. III.171. Сонограмма почки. Гематома, образовавшаяся в результате травмы почки.

Причиной гидронефроза обычно является камень, закупоривающий мочеточник. Если камень не обнаружен, то назначают ангиографию, чтобы исключить другие причины, прежде всего добавочную почечную артерию, сдавливающую мочеточник.

**Травма почки и мочевого пузыря. Макрогематурия.** Повреждения почки нередко сочетаются с травмой соседних органов и костей, поэтому обследование пострадавшего целесообразно начинать с *обзорной рентгеноскопии и рентгенографии*, при которых выясняют состояние легких, диафрагмы, позвоночника, ребер, органов брюшной полости. К изолированным повреждениям почки относят ее ушиб с образованием субкапсулярной гематомы, нарушение целостности чашечно-лоханочной системы, разрыв почечной капсулы с образованием забрюшинной гематомы, разможжение или отрыв почки.

На *обзорной рентгенограмме* субкапсулярная гематома почки проявляется увеличением тени органа. *Сонограмма* позволяет обнаружить гематому и судить о ее расположении и величине (рис. III.171). При относительно небольшой травме почки первичным исследованием, помимо обзорных снимков, является внутривенная *урография*. Она прежде всего дает возможность установить степень нарушения функции поврежденной почки. На урофаммах можно выявить объемное образование (гематому), наличие мочевых затеков, свидетельствующих о разрыве чашечно-лоханочной системы.

Однако наиболее информативным методом обследования больных с травмами почки все же является *компьютерная томография*. Она дает возможность оценить состояние всех органов брюшной полости и выявить околопочечную гематому, разрыв капсулы почки, нарушение целостности фасций, скопление крови в брюшной полости. Разрыв почки с излитием крови и мочи в околопочечную клетчатку ведет к исчезновению тени почки на обзорной рентгенограмме и контура большой поясничной мышцы на стороне поражения. При рентгенографии отчетливо определяются металлические инородные тела.

Если на основании результатов сонографии и томографии нельзя определить состояние чашечек и лоханки, то прибегают к урографии. При це-



**Рис. Ш.172.** Агиограмма (нефрографическая фаза). Разрыв почки. Дефект контрастирования (указан стрелками) в средней трети левой почки.

лости чашечек и лоханки контуры их ровные. В случае надрыва стенки лоханки или чашечки наблюдаются скопления контрастного вещества вне их, в толще почечной ткани, а также деформация чашечно-лоханочного комплекса. Кроме того, отмечается слабое и позднее выделение контрастного вещества. При подозрении на повреждение лоханочно-мочеточникового соединения особенно ценно сочетание КТ и урографии. Они дают возможность отличить полный отрыв мочеточника от его надрыва, при котором удастся провести стентирование мочеточника и тем самым ограничиться консервативной терапией.

При макрогематурии и сомнительных результатах урографии и КТ показана *ангиография*, при которой выявляют прямые признаки повреждения кровеносных сосудов и экстравазации контрастного вещества при их разрыве. На кефрограмме может быть уточнена область поражения (рис. Ш.172).

При травме мочевого пузыря ведущую роль играет *рентгенологическое исследование*. Обзорные снимки таза особенно важны при внебрюшинных разрывах пузыря, поскольку обычно они связаны с переломами костей таза. Однако основное значение имеет искусственное контрастирование мочевого пузыря — *цистография*. Контрастное вещество вводят в мочевой пузырь через катетер в количестве 350—400 мл. При внутрибрюшинном разрыве оно затекает в боковые каналы брюшной полости и меняет свое положение при перемене положения тела больного. Для внебрюшинного разрыва характерен переход контрастного вещества в околопузырную клетчатку, где оно создает бесформенные скопления спереди и по бокам от пузыря. Травма таза и промежности может сопровождаться разрывом мочеиспускательного канала.

Прямым способом быстро и достоверно распознать это повреждение и установить место разрыва является *уретрография*. Контрастное вещество, вводимое через наружное отверстие мочеиспускательного канала, доходит до места разрыва, а затем образует затек в парауретральных тканях.

**Воспалительные заболевания.** П и е л о н е ф р и т — неспецифический воспалительный процесс с преимущественным поражением интерстициальной ткани почки и ее чашечно-лоханочной системы. На *рентгенограммах* и *сонограммах* отмечается небольшое увеличение пораженной почки.

На *компьютерных томограммах* удастся определить утолщение почечной фасции и накопление экссудата в периренальном пространстве. При *динамической цинтиграфии* почти постоянно выявляют уменьшение скорости выведения **РФП**, т.е. снижение крутизны спада третьего сегмента кривой ренограммы. Позднее обнаруживают уплощение ренографического пика, растянутость первого и второго сегментов.

Большим пиелонефритом выполняют *урографию*. Контрастное вещество выводится пораженной почкой, как правило, слабо и медленно. Первоначально можно отметить едва заметную деформацию чашечек. Затем наблюдается их расширение (гидрокаликоз). Возникает также дилатация лоханки. Размеры ее более 2—3 см свидетельствуют о пиелэктазии, но в отличие от пиелэктазии и гидрокаликоза при закупорке мочеточника или лоханки камнем очертания чашечек и лоханки становятся неровными. Процесс может перейти в фазу пионефроза. На первый взгляд, его урографическая картина напоминает таковую при гидронефротической деформации почки, но и здесь отличительным признаком служит изъеденность контур образующихся полостей.

Пиелонефрит может осложниться развитием абсцесса, карбункула, паранефрита. *Сонография* и АТ позволяют выявить непосредственно полость абсцесса или карбункула. Контуры полости вначале неровные, в просвете ее имеются обрывки некротизированных тканей, а вокруг — зона уплотненной ткани. При паранефрите наблюдается инфильтрат в окологочечном пространстве. Следует отметить, что верхний задний паранефрит фактически представляет собой поддиафрагмальный абсцесс, поэтому при *рентгеноскопии* и *рентгенографии легких* можно видеть деформацию и ограничение подвижности диафрагмы на стороне поражения, размытость ее очертаний, появление мелких ателектазов и очагов инфильтрации в основании легкого и жидкости в полости плевры. На *обзорной рентгенограмме* органов брюшной полости исчезает контур большой поясничной мышцы.

Среди нефрологических заболеваний наибольшее значение имеет г л о м е р у л о н е ф р и т, реже встречаются другие диффузные поражения почечной паренхимы: кортикальный некроз, узловой периартериит, системная красная волчанка и др. Первичным методом исследования при поражениях такого рода является *сонография*. При ней удастся обнаружить изменение размеров почек (увеличение или уменьшение), расширение и уплотнение кортикального слоя. Как правило, поражение бывает двусторонним, относительно симметричным, при этом не обнаруживают признаков гидронефроза, столь характерных для пиелонефрита. Другие методы лучевого исследования при поражениях почек указанной группы имеют ограниченное значение. Исключение составляет ренография. При этом необходимо обратить внимание на следующее: поскольку при гломерулонефрите в первую очередь



Рис. Ш.173. Урограмма. Туберкулезное поражение почек. Каверна (указана стрелкой) в верхнем полюсе левой почки. Деформация чашечек и лоханок. Сужение прилоханочного отдела мочеточников.

Уменьшение идет главным образом за счет паренхимы. При радионуклидном исследовании отмечается уменьшение почечного плазмотока. На ренограмме может наблюдаться уплощенная, почти горизонтальная линия. Ангиография демонстрирует картину обедненного почечного кровотока с редукцией мелких артериальных почечных сосудов (картина «обгорелого дерева»).

Таким образом, тактика лучевого исследования при диффузных поражениях почек сводится к комбинации радионуклидного исследования функции почек с сонографией или КТ. Урографию и ангиографию выполняют как дополнительные исследования для уточнения состояния чашечно-лоханочного комплекса и сосудов почек.

К специфическим воспалительным поражениям относится туберкулез почек. В период свежего обсеменения почки туберкулезными гранулемами лучевые методы не приносят реальной пользы, может определяться лишь нарушение функции почки при ренографии. В дальнейшем возникают фиброзные изменения и полости в паренхиме почки. На сонограммах каверна напоминает кисту почки, но ее содержимое неоднородно, а окружающая ткань уплотнена. При переходе воспаления на чашечно-лоханочную систему возникает неровность контуров чашечек. Позднее происходит рубцовая деформация чашечек и лоханки (рис. Ш.173). Если при урографии изменения неотчетливы, то должна быть выполнена ретроград-

поражаются клубочки, исследование нужно выполнять с  $^{99m}\text{Tc}$ -ДТПА, которая выделяется клубочками, тогда как при пиелонефрите предпочтение отдают гиппурану и  $^{99m}\text{Tc}$ -МАГ-3, которые выделяются преимущественно канальцевым эпителием. У больных гломерулонефритом кривая ренограммы постепенно уплощается по мере повышения степени выраженности поражения почки.

Хронически протекающий пиелонефрит, гломерулонефрит, длительно текущая артериальная гипертензия и атеросклероз почечной артерии ведут к нефросклерозу — замещению паренхимы почки соединительной тканью. Почка уменьшается, сморщивается, поверхность ее становится неровной, резко снижается ее функция. Уменьшение почки регистрируется на рентгенограммах, урограммах, сонограммах. КТ показывает, что умень-

*ная пиелография.* Контрастное вещество из чашечек проникает в каверны, расположенные в ткани почки. Поражение мочеточников ведет к неровности их очертаний и укорочению. Если процесс перешел на мочевой пузырь, то его изображение тоже изменяется: наблюдаются его асимметрия, уменьшение, затекание контрастного вещества назад в мочеточник (пузырно-мочеточниковый рефлюкс).

Объем и локализация туберкулезного поражения в почке наилучшим образом могут быть определены при КТ. При планировании оперативного вмешательства большую пользу приносит *артериография*. В артериальной фазе обнаруживают деформацию мелких артерий, их обрывы, неровность контуров. На нефрограмме явно вырисовываются участки, которые не функционируют. Для получения представления о характере васкуляризации почки в настоящее время вместо ангиографии все шире применяют *энергетическое доплеровское картирование*, впрочем сходные данные врач получает при проведении *КТ с усилением*.

**Нефрогенная артериальная гипертензия.** Ярким и легко обнаруживаемым проявлением этого синдрома служит высокое артериальное давление. Оно отличается стойкостью и не поддается лечебным воздействиям, пока не устранена причина гипертензии. А причин может быть две. Первая заключается в нарушении притока артериальной крови к органу. Оно может быть вызвано сужением почечной артерии вследствие фибромускулярной дисплазии, атеросклероза, тромбоза, перегиба при нефроптозе, аневризме. Эту форму нефрогенной гипертензии называют *вазоренальной*, или *реноваскулярной*. Вторая причина — нарушение внутрипочечного кровотока при гломерулонефрите или хроническом пиелонефрите. Такую форму болезни называют *паренхиматозной*.

Основанием для проведения лучевого исследования являются высокая артериальная гипертензия, резистентная к медикаментозному воздействию (диастолическое давление выше 110 мм рт.ст.), молодой возраст, положительные фармакологические тесты с каптоприлом. Тактика лучевого исследования в общем виде представлена в приводимой ниже схеме.

*Дуплексная сонография* позволяет установить положение и величину почек, изучить пульсацию их артерий и вен, обнаружить очаги поражения (кисты, опухоли, рубцы и т.д.). *Ренография* обеспечивает исследование кровотока в почках и сравнительную оценку функции клубочков и канальцев правой и левой почек. Следует помнить также о возможности ренинсекретирующей опухоли (феохромоцитомы). Ее обнаруживают с помощью *сонографии*, АГГи *МРТ*.

*Артериография почек* наиболее ярко отражает поражения почечной артерии — ее сужение, перегиб, аневризму (рис. III. 174). Артериография обязательна при планировании хирургического, в том числе радиологического интервенционного, вмешательства. Ее выполняют преимущественно с применением ДСА. Благодаря венозному доступу это исследование может быть проведено даже в амбулаторных условиях. После лечебных вмешательств на почечной артерии (транслуминальная ангиопластика) используют именно ДСА.

В последние годы быстро развивается и с успехом используется при обследовании больных с вазоренальной гипертензией ультразвуковое исследование почечного кровотока методом *энергетического доплеровского картирования*, которое позволяет в некоторых случаях избежать такого инва-



живного исследования, каким является рентгеновская ангиография. *МР-ангиография*, выполненная в нескольких проекциях, особенно с применением парамагнетиков и трехмерного реконструирования изображения, позволяет точно определить сужение почечной артерии на протяжении первых 3 см от ее устья и оценить степень окклюзии сосуда. Однако о состоянии более дистальных участков артерий судить по результатам МРА трудно.

**Опухоли и кисты почек, мочевого пузыря, предстательной железы.** Объемное образование в почке, мочевом пузыре или предстательной железе — это один из наиболее часто выявляемых синдромов поражения этих органов. Кисты и опухоли в течение длительного времени могут развиваться скрыто, не вызывая выраженных клинических симптомов. Лабораторные исследования крови и мочи имеют весьма относительное значение ввиду их неспецифичности и неоднородности результатов. Не удивительно, что решающую роль в выявлении и установлении характера объемного процесса отводят лучевым методам.

Основными методами лучевой диагностики, применяемыми у больных, у которых заподозрено объемное образование, являются *сонография* и *КТ*. Первое из них более простое, дешевое и доступное, второе — более точное. Дополнительные данные могут быть получены с помощью *МРТ*, *доплеровского картирования* и *сцинтиграфии*. При планировании оперативных вмешательств на почке может оказаться полезной *ангиография*. Ее применяют также как первый этап внутрисосудистого исследования при эмболизации почечной артерии перед нефрэктомией.

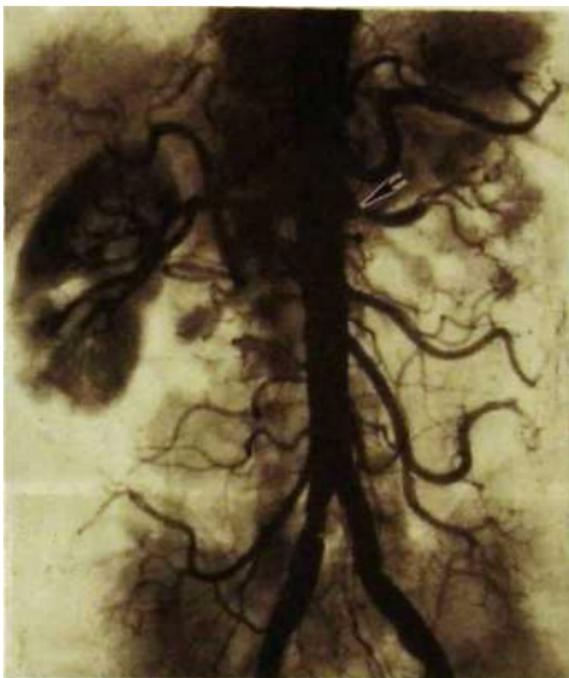


Рис. III. 174. Аортограмма. Вазоренальная гипертензия. Резкое сужение начальной части левой почечной артерии (указано стрелкой). Запаздывание нефрографической фазы слева вследствие нарушения кровоснабжения.

На *сонограммах* солитарная киста вырисовывается как округлое эконегативное образование, лишенное внутренних эхоструктур (рис. III. 175). Это образование резко очерчено, имеет ровные контуры. Лишь изредка при кровоизлиянии в полость кисты в ней можно обнаружить нежные структурные образования. Большая киста или киста, расположенная вблизи синуса почки, может вызвать деформацию чашечек или лоханки. Околочашечная киста иногда напоминает расширенную лоханку, но в последней виден разрыв контура



Рис. III. 175. Сонограмма почки (энергетический доплер). Солитарная киста почки, раздвигающая сосуды.

в месте перехода лоханки в мочеточник. Ретенционная киста и эхинококк в некоторых случаях неразличимы. В пользу паразитарной кисты свидетель-

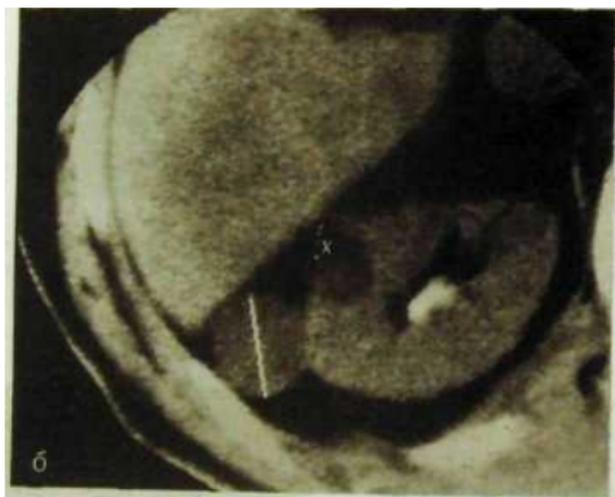


Рис. Ш.176. Киста (x) в паренхиме почки и опухоль той же почки.  
 а — обзорная компьютерная томограмма; б — увеличенное изображение «зоны интереса».

ствуют внутренние эхоструктуры и отложения извести в фиброзной капсуле кисты.

Ультразвуковой метод используют для *пункции кисты* под визуальным контролем. С этой целью применяют пункционные ультразвуковые датчики. Проникнув в полость кисты, аспирируют ее содержимое, при необходимости вводят рентгеноконтрастный препарат и производят рентгенографию, а заканчивают процедуру введением дубильных или склерозирующих веществ.

Наиболее уверенно кисты почек диагностируют при КТ (рис. Ш.176). Если сонография дает возможность выявить кисту диаметром только более



**Рис. Ш.177.** Ультразвуковая ангиограмма (энергетический доплер). Рак почки. Деформация и сдавление окружающих сосудов.

1 см, то при КТ удастся зафиксировать полости 0,3—0,4 см в поперечнике. Киста выделяется как однородное и сравнительно невысокой плотности округлое образование с ровными резкими контурами. Можно установить локализацию кисты в паренхиме, под капсулой, около лоханки. Паралельная киста находится в области ворот почки и обычно растет наружу. У паразитарных кист видна капсула. КТ, как и ультразвуковое исследование, используют для пункции кист и опухолей почек.

На *урограммах* обнаруживают в основном косвенные симптомы кисты: оттеснение, сдавление, деформацию чашечек и лоханки, иногда ампутиацию чашечки. Киста может вызвать полукруглое вдавление на стенке лоханки, привести к удлинению чашечек, которые как бы огибают новообразование. В нефрографической фазе на линейных томограммах можно получить отображение кисты в виде округлого дефекта контрастирования паренхимы. Возможности радионуклидного исследования в диагностике кистозной болезни ограничены. На сцинтиграммах почек визуализируются лишь достаточно крупные кисты, размером более 2—3 см.

Тактика обследования больных с опухолями почек поначалу не отличается от таковой при кистах. На первом этапе целесообразно выполнить *сонографию*. Ее разрешающая способность довольно высока: выявляют опухолевый узел размером 2 см. Он выделяется на общем фоне как округлое или овальное образование неправильной формы, не вполне однородное по эхогенной плотности (рис. Ш.177). Очертания узла в зависимости от типа его роста могут быть довольно четкими или же неровными и размытыми. Кровозиливания и некрозы обуславливают внутри опухоли гипо- и анэхогенные участки. Это особенно характерно для опухоли Вильямса (опухоль эмбриональной природы у детей), которой свойственно кистозное превращение.

Дальнейший ход обследования зависит от результатов сонографии. Если при ней данных, подтверждающих наличие опухоли, не получено, то

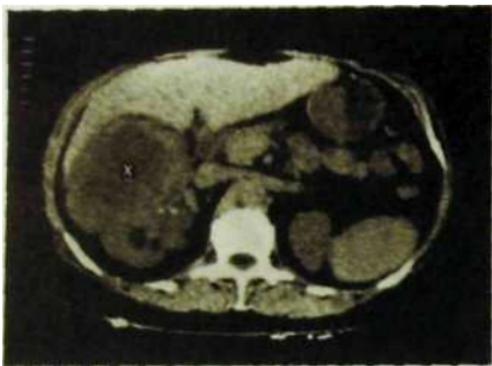


Рис. III. 178. Компьютерная томограмма. Большая опухоль (x) с неоднородной структурой в правой почке.

некроза, иногда отложений извести. О наличии опухоли свидетельствуют и такие признаки, как деформация контура почки, вдавление на чашечке или лоханке. В неясных случаях прибегают к методике усиления, так как при этом опухолевый узел определяется более четко.

Крупные новообразования хорошо видны при *КТ*, особенно выполненной по усиленной методике (рис. Ш.178). При этом критериями злокачественности опухоли являются неоднородность патологического образования, неровность его контуров, наличие очагов обызвествления, а также феномен усиления тени опухоли после внутривенного введения контрастного вещества. Синус почки при этом деформирован или не определяется: можно зарегистрировать распространение опухолевой инфильтрации вдоль сосудистой ножки. При *МРТ* при опухолях и кистах почек получают аналогичные картины, но разрешающая способность ее несколько выше, особенно при использовании контрастного средства. На магнитно-резонансных томограммах более четко вырисовывается переход опухоли на сосудистые структуры, в частности на нижнюю полую вену.

Если при компьютерной и магнитно-резонансной томографии опухоль не установлена, но имеется небольшая деформация лоханки и у больного выявлена гематурия, то, значит, есть основания применить *ретроградную пиелографию*, чтобы исключить маленькую опухоль почечной лоханки.

При опухолях средних и больших размеров после сонографии имеет смысл произвести *урографию*. Уже на обзорной рентгенограмме могут быть выявлены увеличение почки и деформация ее контура, а иногда и мелкие отложения извести в опухоли. На *урограммах* опухоль обуславливает ряд симптомов: деформацию и оттеснение чашечек и лоханки, а иногда и ампутацию чашечек, неровность контуров лоханки или дефект наполнения в ней, отклонение мочеточника. На *нефротомограмме* опухолевая масса дает интенсивную тень с неровными очертаниями. Эта тень может быть неоднородной из-за отдельных скоплений контрастного вещества.

оправдано проведение *КТ*. Дело в том, что некоторые небольшие опухоли по экзогенности мало отличаются от окружающей паренхимы. На компьютерной томограмме небольшая опухоль видна как узел при ее размере 1,5 см и более. По плотности такой узел близок к почечной паренхиме, поэтому необходимо тщательно анализировать изображение почки на ряде срезов, выявляя неоднородность ее тени на каком-либо участке. Такая неоднородность обусловлена наличием в опухоли более плотных участков, очагов



Рис. III. 179. Дигитальная субтракционная артериограмма почки. Небольшая опухоль в ее нижней трети.

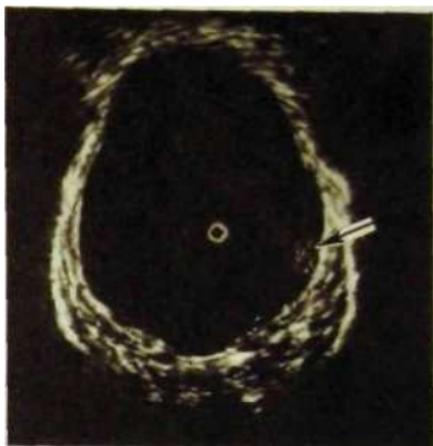


Рис. III. 180. Внутриполостная сонограмма мочевого пузыря. Папиллома (указана стрелкой) на внутренней поверхности пузыря.

Даже при наличии упомянутых симптомов рекомендуется продолжить исследование, применив КТ и затем ДСА (рис. III. 179). Эти методы позволяют не только подтвердить диагноз, но также дифференцировать доброкачественные и злокачественные новообразования, обнаружить маленькие опухоли в корковом слое, оценить состояние почечной и нижней полой вен (в частности, нет ли в них опухолевого тромба), выявить прорастание опухоли в соседние ткани и метастазы в противоположной почке, печени, лимфатических узлах. Все эти данные чрезвычайно важны для выбора лечебных мероприятий.

Радионуклидные методы могут сыграть определенную роль в диагностике опухолей. На *сцинтиграмме* опухолевый участок определяется как зона пониженного накопления РФП.

Опухоли мочевого пузыря — папилломы и рак — распознают при цистоскопии с биопсией, но два обстоятельства определяют необходимость и ценность лучевого исследования. Злокачественное превращение папилломы происходит прежде всего в глубине новообразования, и далеко не всегда удается установить его при исследовании биоптата. Кроме того, при цистоскопии невозможно выявить прорастание опухоли в соседние ткани и метастазы в регионарных лимфатических узлах.

*Лучевое исследование при опухоли мочевого пузыря целесообразно начинать с сонографии или КТ.* На сонограмме опухоль достаточно ясно видна в наполненном пузыре. Судить о ее природе, т.е. о доброкачественности или злокачественности, можно лишь в том случае, если обнаруживается инвазия опухоли в стенку пузыря и перивезикальную клетчатку. Ранние стадии опухолевого роста убедительно обнаруживаются при эндовезикальной сонографии (рис. III.180).

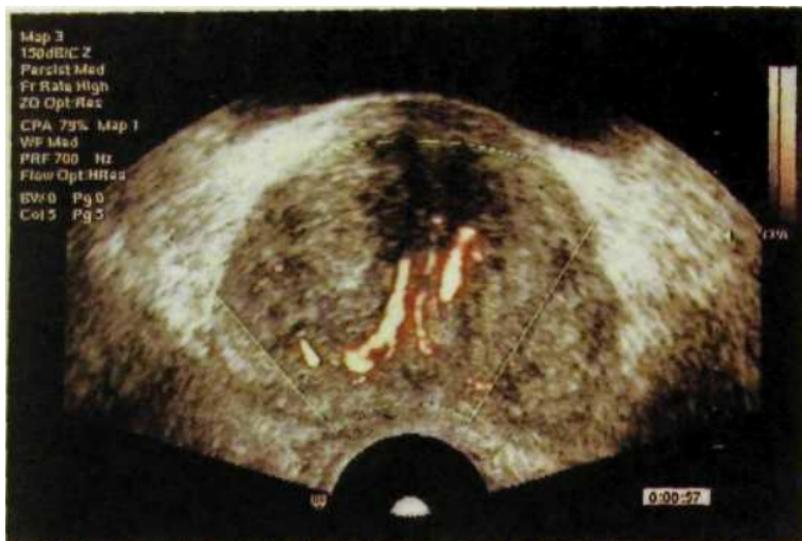


Рис. Ш.181. Трансректальная доплерограмма предстательной железы. Аденоматозные узлы оттесняют сосуды железы.

Не менее четко опухоль выделяется на *компьютерных и магнитно-резонансных томограммах*, причем последние особенно ценны при выявлении опухоли дна и крыши пузыря. Достоинством МРТ служит возможность не только увидеть пораженные метастазами лимфатические узлы, но и отличить их от кровеносных сосудов таза, что не всегда удается при КТ. На *цистограммах* опухоль видна при двойном контрастировании мочевого пузыря. Нетрудно определить положение, величину, форму и состояние поверхности опухоли. При инфильтрирующем росте устанавливают деформацию стенки пузыря в области опухоли.

Основным методом лучевого исследования предстательной железы является *трансректальная сонография*. Ценные сведения о характере опухоли могут быть получены с помощью *цветного доплеровского картирования*. КТ и МРТ являются важными уточняющими методами, позволяющими судить о степени распространения опухолевого процесса.

При *трансректальной сонографии* четко вырисовываются врожденные и приобретенные кисты предстательной железы. Нодулярная гиперплазия ведет к увеличению и деформации железы, появлению в ней аденоматозных узлов и кистозных включений (рис. Ш.181). Раковая опухоль в большинстве случаев вызывает диффузное увеличение и изменение структуры железы с образованием в ней гипо- и гиперэхогенных участков, а также изменения величины, формы и структуры семенных пузырьков. Обнаружение любых форм снижения эхогенности предстательной железы считают показанием к диагностической пункции под контролем ультразвукового исследования.

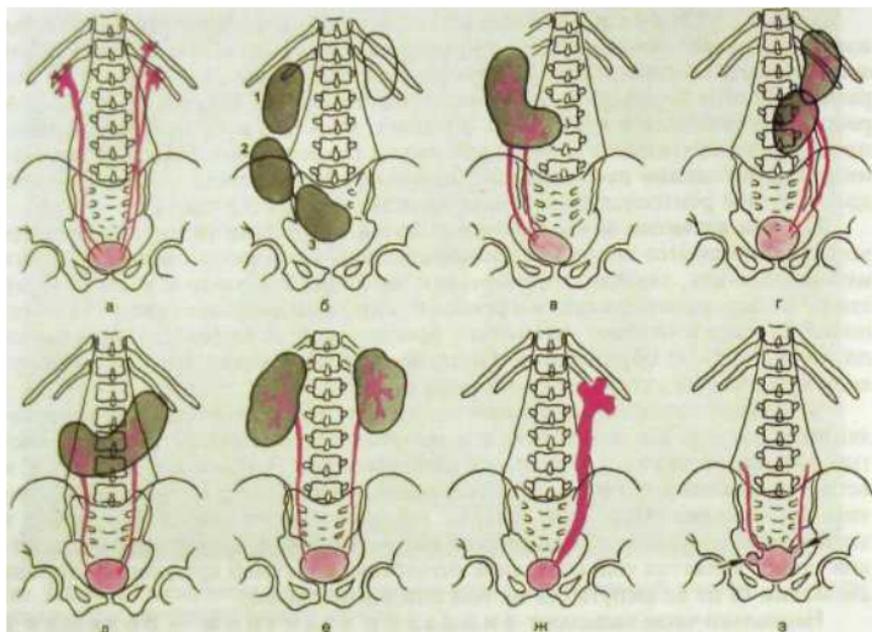
Злокачественные опухоли почки и предстательной железы известны своей склонностью к метастазированию в кости скелета. При этом для первых характерны остеолитические метастазы в то время как для рака предстательной железы - остеопластические, в первую очередь в ребра, позвоночник и кости таза. В связи с этим при всех злокачественных поражениях мочевыделительной системы и предстательной железы показано радионуклидное исследование (сцинтиграфия) скелета, в ряде случаев дополненное рентгенографией подозрительного участка кости.

**Пороки развития почек и мочевых путей.** Аномалии развития почек не всегда проявляются специфическими клиническими симптомами, но о них нужно помнить, так как эти аномалии наблюдаются часто и к тому же не столь редко осложняются инфекцией или камнеобразованием. Особую опасность представляют аномалии, при которых в животе пальпируются опухолеподобные образования. Понятно, что врач может заподозрить опухоль в том случае, когда на самом деле ее нет.

Лучевые исследования играют основную роль в выявлении и установлении характера аномалий почек и мочевых путей. Укажем наиболее частые пороки развития и методы их обнаружения. Аплазия почки встречается очень редко, но ответственность врача за ее выявление исключительно высока. При всех лучевых исследованиях изображение почки в этом случае отсутствует, но прямым доказательством врожденного отсутствия почки является только полное отсутствие почечной артерии на стороне аномалии (а не ее ампутация на том или ином уровне).

Несколько чаще выявляют аномалии величины — большая и малая почки. В первом случае имеет место почка с удвоением лоханки и двумя группами чашечек (рис. III.182). Мочеточников тоже два, но они могут сливаться на расстоянии 3—5 см от почки. Изредка два мочеточника, отходящих от одной почки, входят в мочевой пузырь отдельными устьями. Один из вариантов удвоения мочеточника — его расщепление в дистальном отделе (см. рис. III.182). Сложнее распознать малую почку. Сам факт обнаружения почки небольшой величины еще не является свидетельством врожденного дефекта, т.е. гипоплазии, поскольку почка может уменьшиться в результате нефросклероза. Однако эти два состояния удается дифференцировать. При гипоплазии почка сохраняет правильную форму и ровные очертания, в ней вырисовывается чашечно-лоханочный комплекс обычной формы. Функция гипоплазированной почки понижена, но сохранена. Вторая почка при этом обычно имеет большие размеры и нормально функционирует.

Многочисленны варианты дистопии почек, т.е. аномалий их положения. Почка может находиться на уровне поясничных позвонков — поясничная дистопия, на уровне крестца и подвздошной кости — подвздошная дистопия, в малом тазе — тазовая дистопия, на противоположной стороне — перекрестная дистопия. Все эти варианты отражены на рис. III. 182. При перекрестной дистопии наблюдают разные варианты сращения почек. Два из них — L- и S-образная почки - показаны на том же рисунке. Дистопированная почка имеет короткий мочеточник, чем отличается от опущенной почки. Кроме того, обычно она повернута вокруг вертикальной оси, поэтому лоханка у нее расположена латерально, а чашечки — медиально. Дистопированные почки могут быть сращены своими верхними или, что наблюдается чаще, нижними полюсами. Это — подковообразная почка.



**Рис. 11. 182.** Аномалии почек и мочевых путей.

а — удвоение лоханки и мочеточника слева; б — дистопии почки: 1 — поясничная, 2 — подвздошная, 3 — тазовая; в — L-образная почка; г — S-образная почка; д — подковообразная почка; е — поликистоз почек (урографическая картина); ж — ахалазия мочеточника; з — дивертикул мочевого пузыря справа и уретероцеле слева.

К аномалиям также относят поликистоз почек. Это своеобразное состояние, при котором в обеих почках возникают множественные кисты разной величины, не связанные с чашечками и лоханкой. Уже на обзорных рентгенограммах можно заметить большие тени почек со слегка волнистыми контурами, но особенно яркая картина наблюдается при сонографии и КТ. При анализе сонограмм и томограмм можно не только обнаружить увеличение почек, но и получить полное представление о числе, размерах и местоположении кист (рис. III.183, III.184). При сонографии они выделяются как округлые эхонегативные образования, лежащие в паренхиме и оттесняющие чашечки и лоханку. На томограммах кисты видны не менее ясно как четко отграниченные образования низкой плотности, иногда с перегородками и отложениями извести. На сцинтиграммах при поликистозе видны большие почки с множественными дефектами («холодные» очаги).

Отнюдь не бедна и урографическая картина. Чашечки и лоханки как бы вытянуты, шейки чашечек удлинены, их форникальный отдел колбообразно расширен. На стенках чашечек и лоханок могут быть плоские и полукруглые вдавления. Еще нагляднее рентгенологические признаки поликистоза на ангиограммах: отмечаются бессосудистые округлые зоны

различного размера, удлиненные и истонченные магистральные артерии, которые обгибают кисты (рис. III.185). В нефрографической фазе вырисовываются множественные округлые дефекты контрастирования, а также увеличенные бугристые почки.

На рис. III.182 также представлена аномалия мочеточника — его ахалазия. В результате нарушения функции устья мочеточника происходит возврат в него мочи из мочевого пузыря. Просвет мочеточника, лоханки и чашечек равномерно увеличен. Эту аномалию важно выявить в раннем детском возрасте, чтобы выполнить корригирующую операцию. Результаты *сонографии* и *сцинтиграфии* убедительно подтверждают наличие этой патологии, но для планирования операции нужны *урографические* данные.

Порок развития мочевого пузыря — его *дивертикул* — выявляется как дополнительная полость, связанная каналом (шейкой) с мочевым пузырем (см. рис. III.182). Лучшее всего он определяется при *цистографии*. На том же рисунке представлена еще одна аномалия — *уретероцеле*. Его не следует путать с дивертикулом. Отличие состоит в том, что дивертикул лежит в сто-



Рис. III.183. Сонограмма почек. Поликистоз.



Рис. III. 184. Компьютерная томограмма почек. Поликистоз.

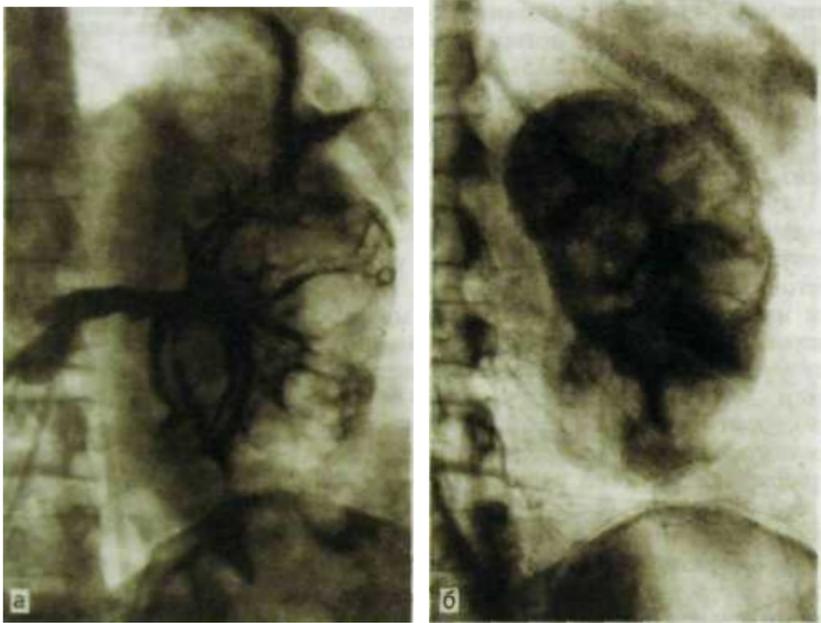


Рис. III. 185. Селективные артериограммы левой почки. Поликистоз.  
а — ранняя артериальная фаза; б — паренхиматозная фаза (нефрограмма).

роне от мочеточника, а уретероцеле является его частью, своеобразной грыжей.

Большое число аномалий почечных сосудов объясняется сложностью эмбрионального развития почек. К почке могут подходить два равноценных артериальных сосуда или несколько артерий. Практическое значение имеет добавочная артерия, которая оказывает давление на прилоханочную часть мочеточника, что приводит к затруднению оттока мочи и вторичному расширению лоханки и чашечек вплоть до формирования гидронефроза. На *урограммах* отмечается перегиб и сужение мочеточника в том месте, где он перекрещивается с добавочным сосудом, но неопровержимые доказательства получают при *почечной ангиографии*.



Рис. III. 186. Дигитальная субтракционная артериограмма трансплантированной почки. Нормальная картина сосудистой сети.

Лучевые методы широко используют при выборе донорской почки и оценке состояния пересаженной почки (рис. III.186).

## 7. ЧЕРЕП И ПОЗВОНОЧНИК ГОЛОВНОЙ И СПИННОЙ МОЗГ

*Я утверждаю абсолютное, непререкаемое право естественной научной мысли проникать всюду и до тех пор где и куда она может проявлять свою помощь. А кто знает где кончается эта возможность/*

И.П. Павлов

Череп и позвоночник надежно защищают головной и спинной мозг от внешних воздействий, поэтому повреждения черепа и позвоночника часто сочетаются с повреждениями мозга. В то же время многие заболевания мозга и его оболочек ведут к вторичным изменениям в скелете. Естественно, лучевую анатомию, лучевую физиологию и лучевую диагностику поражений черепа, позвоночника и центральной нервной системы целесообразно рассмотреть в одной главе.

### 7.1. Лучевая анатомия черепа

Основным и испытанным методом лучевого исследования черепа является *обзорная рентгенография*. Обычно ее выполняют в двух стандартных проекциях — прямой и боковой. В дополнение к ним иногда требуются аксиальные, полуаксиальные и прицельные рентгенограммы. По обзорным и прицельным снимкам устанавливают положение, величину, форму, контуры и структуру всех костей черепа.

На обзорных рентгенограммах в прямой и боковой проекциях (рис. III.187) четко обрисовываются мозговая и лицевая череп. Толщина костей свода варьирует от 0,4 до 1 см. В области височной впадины она наименьшая, что на боковой рентгенограмме проявляется как просветление. В то же время в области теменных и затылочных бугров кости толще. На фоне мелкоячеистой структуры костей свода заметны различные просветления. К ним относятся древовидно разветвляющиеся борозды оболочечных артерий, широкие каналы и звездчатые разветвления диплоических вен, небольшие округлые или полулунные просветления пахионовых ямок и неотчетливые очертания пальцевых вдавлений (преимущественно в лобном отделе черепа). Естественно, на снимках демонстративно выступают содержащие воздух пазухи (лобные, решетчатые, околоносовые, пазухи основной кости) и пневматизированные ячейки височных костей.

Основание черепа хорошо видно на боковых и аксиальных снимках. На его внутренней поверхности определяются три черепные ямки: передняя, средняя и задняя. Границей между передней и средней ямками служат задние края малых крыльев основной кости, а между средней и задней — верхние края пирамид височных костей и спинка турецкого седла. Турецкое седло является костным вместилищем гипофиза. Оно рельефно вырисовывается на боковом снимке черепа, а также на прицельных снимках и томограммах (рис. III. 188). По снимкам оценивают форму седла, состояние его передней стенки, дна и спинки, его сагиттальный и вертикальный размеры.

Вследствие сложного анатомического строения черепа на рентгенограммах определяется довольно пестрая картина: изображения отдельных костей и их частей накладываются друг на друга. В связи с этим иногда прибегают к линейной томографии, чтобы получить изолированное изображение нужно-

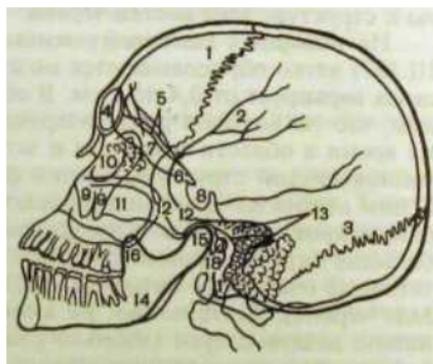
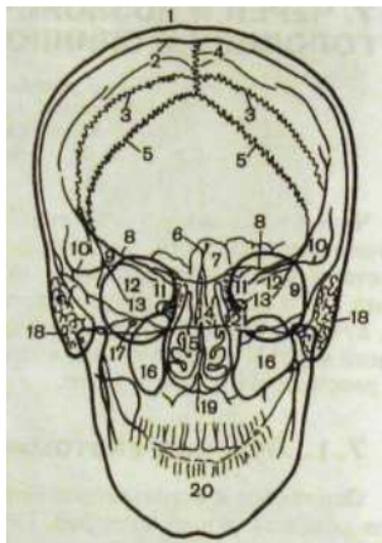
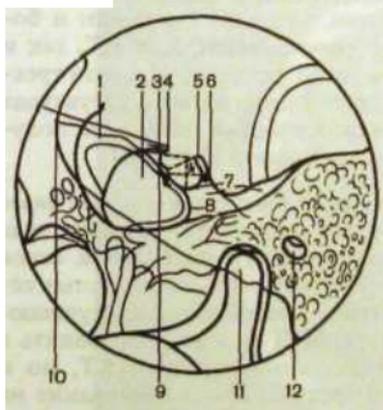


Рис. III.187. Обзорные рентгенограммы черепа и схемы к ним.

а — прямая проекция: 1 — наружная пластинка, 2 — внутренняя пластинка, 3 — венечный шов, 4 — сагиттальный шов, 5 — ламбдовидный шов, 6 — лобный гребень, 7 — лобные синусы, 8 — верхние края малых крыльев основной кости, 9 — височный край большого крыла основной кости, 10 — верхние края пирамид височной кости, 11 — вершины пирамид, 12 — глазницы, 13 — отверстие канала зрительного нерва, 14 — носовая перегородка, 15 — носовые ходы, 16 — верхнечелюстные пазухи, 17 — подглазничное отверстие, 18 — сосцевидный отросток, 19 — верхняя челюсть, 20 — нижняя челюсть, 21 — клетки решетчатого лабиринта; б — боковая проекция: 1 — венечный шов, 2 — костные борозды ветвей средней оболочечной артерии, 3 — ламбдовидный шов, 4 — лобные синусы, 5 — дно боковых отделов передней черепной ямы, 6 — основная пластинка, 7 — дно среднего отдела передней черепной ямы, 8 — турецкое седло, 9 — скуловая кость, 10 — клетки решетчатого ла-



**Рис. III.188.** Рентгенограмма турецкого седла и схема к ней.

1 — площадка основной кости; 2 — пазухи основной кости; 3 — бугорок седла; 4 — апофиз переднего клиновидного отростка; 5 — апофиз заднего клиновидного отростка; 6 — спинка седла; 7 — дно седла; 8 — задняя стенка пазухи основной кости; 9 — средний клиновидный отросток; 10 — большое крыло основной кости; 11 — суставной отросток нижней челюсти; 12 — отверстие наружного слухового прохода; ab — сагиттальный размер седла; h — вертикальный размер седла.

го отдела той или иной кости. При необходимости выполняют КТ. Это особенно относится к костям основания черепа и лицевого скелета.

Мозг и его оболочки слабо поглощают рентгеновское излучение и на обычных снимках не дают различимой тени. Отражение находят лишь отложения извести, которые в нормальных условиях иногда встречаются в эпифизе, сосудистых сплетениях боковых желудочков и серповидном отростке.

биринта, 11 — верхнечелюстные пазухи, 12 — дно боковых отделов средней черепной ямы, 13 — пирамиды височных костей, 14 — угол нижней челюсти, 15 — суставной отросток нижней челюсти, 16 — венечный отросток нижней челюсти, 17 — зубовидный отросток Сц, 18 — отверстие наружного слухового прохода.

## 7.2. Лучевая анатомия головного мозга

Основными методами прижизненного исследования структуры головного мозга в настоящее время являются КТ и особенно МРТ.

Показания к их выполнению устанавливают совместно лечащие врачи — невропатолог, нейрохирург, психиатр, онколог, офтальмолог и специалист в области лучевой диагностики.

Наиболее часто показаниями к лучевому исследованию головного мозга служат наличие признаков нарушения мозгового кровообращения, повышение внутричерепного давления, общемозговая и очаговая неврологическая симптоматика, нарушения зрения, слуха, речи, памяти.

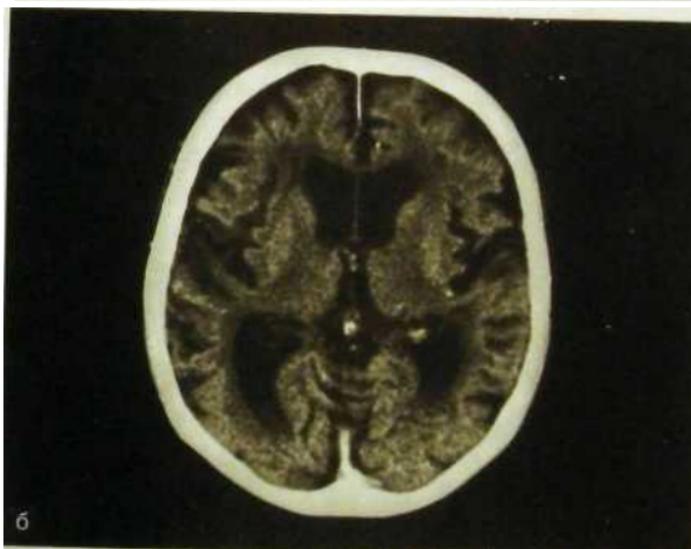
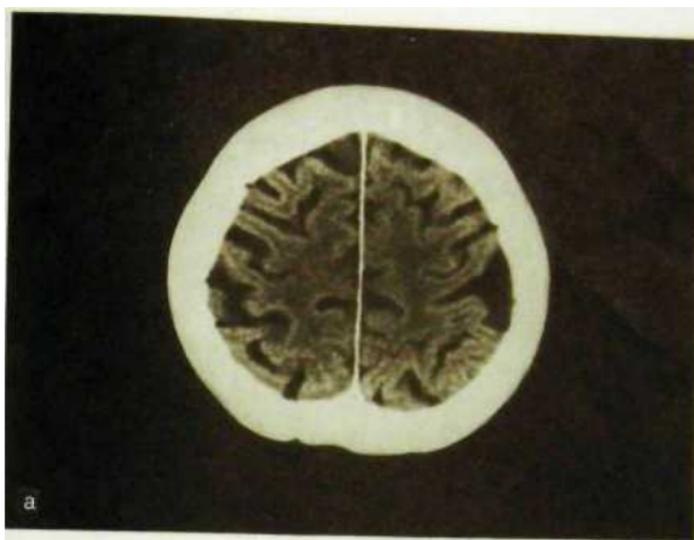
Компьютерные томограммы головы производят при горизонтальном положении пациента, выделяя изображения отдельных слоев черепа и головного мозга (рис. III.189). Специальной подготовки к исследованию не требуется. Полное исследование головы состоит из 12—17 срезов (в зависимости от толщины выделяемого слоя). Об уровне среза можно судить по конфигурации желудочков мозга; они, как правило, видны на томограммах. Часто при КТ мозга используют методику усиления путем внутривенного введения водорастворимого контрастного вещества.

На компьютерных и магнитно-резонансных томограммах хорошо различимы полушария большого мозга, мозговой ствол и мозжечок. Можно дифференцировать серое и белое вещество, очертания извилин и борозд, тени крупных сосудов, ликворные пространства. Как КТ, так и МРТ наряду с послойным изображением могут реконструировать трехмерное отображение и анатомическую ориентацию во всех структурах черепа и головного мозга. Компьютерная обработка позволяет получить увеличенное изображение интересующей врача области.

*При изучении структур мозга МРТ имеет некоторые преимущества перед КТ.* Во-первых, на МР-томограммах более четко различаются структурные элементы головного мозга, отчетливее дифференцируются белое и серое вещество, все стволовые структуры. На качестве магнитно-резонансных томограмм не отражается экранирующее действие костей черепа, ухудшающее качество изображения при КТ. Во-вторых, МРТ можно производить в разных проекциях и получать не только аксиальные, как при КТ, но и фронтальные, сагиттальные и косые слои. В-третьих, это исследование не связано с лучевой нагрузкой. Особым достоинством МРТ является возможность отображения сосудов, в частности сосудов шеи и основания головного мозга, а при контрастировании гадолинием — и мелких сосудистых ветвей (см. рис. 11.48—11.50).

*Ультразвуковое сканирование* также может быть использовано для исследования головного мозга, но лишь в раннем детском возрасте, когда сохранен родничок. Именно над мембраной родничка и располагают детектор ультразвуковой установки. У взрослых производят преимущественно *одномерную эхографию (эхозцефалографию)* для определения расположения срединных структур мозга, что необходимо при распознавании объемных процессов в мозге.

Головной мозг получает кровь из двух систем: двух внутренних сонных и двух позвоночных артерий. Крупные кровеносные сосуды различи-



**Рис. III. 189.** Компьютерные томограммы головного мозга, а, б, в, г — срезы на разных уровнях.

мы на компьютерных томограммах, полученных в условиях внутривенного искусственного контрастирования. В последние годы быстро развилась и получила всеобщее признание *МР-ангиография*. Ее достоинствами являются неинвазивность, простота выполнения, отсутствие рентгеновского облучения.

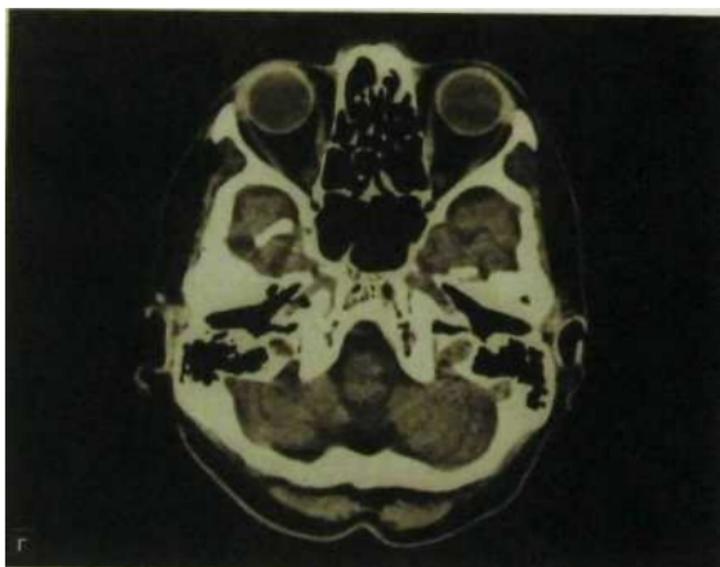
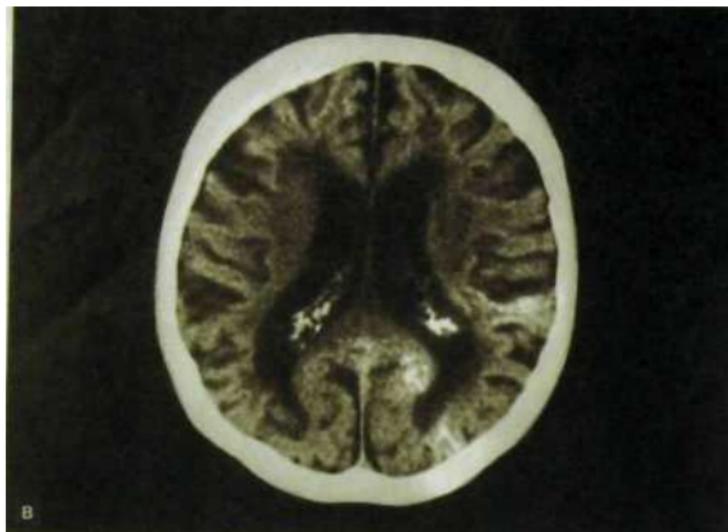


Рис. Ш.189. *Продолжение*

*Однако детальное изучение сосудистой системы мозга возможно только при ангиографии, причем предпочтение всегда отдают цифровой регистрации изображения, т.е. выполнению ДСА. Катетеризацию сосудов обычно осуществляют через бедренную артерию, затем катетер под контролем рентгеноскопии проводят в исследуемый сосуд и вливают в него контрастное вещество. При введении его в наружную сонную артерию на ангиограммах отобража-*

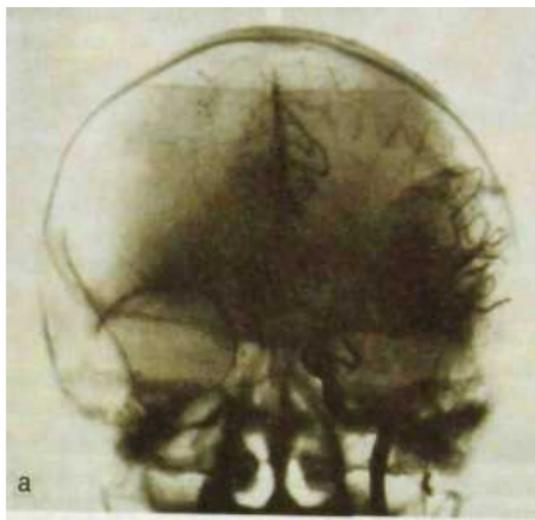


Рис. III. 190. Каротидные ангиограммы черепа (норма),  
а — прямая проекция; б — боковая проекция

ются ее ветви — поверхностная височная, средняя оболочечная и др. Если контрастное вещество вливают в общую сонную артерию, то на снимках наряду с ветвями наружной сонной артерии дифференцируются сосуды мозга. Наиболее часто прибегают к каротидной ангиографии — контрастное вещество вводят во внутреннюю сонную артерию. В этих случаях на снимках вырисовываются только сосуды мозга (рис. III.190). Вначале появляется тень артерий, позднее — поверхностных вен мозга и, наконец, глубоких вен мозга

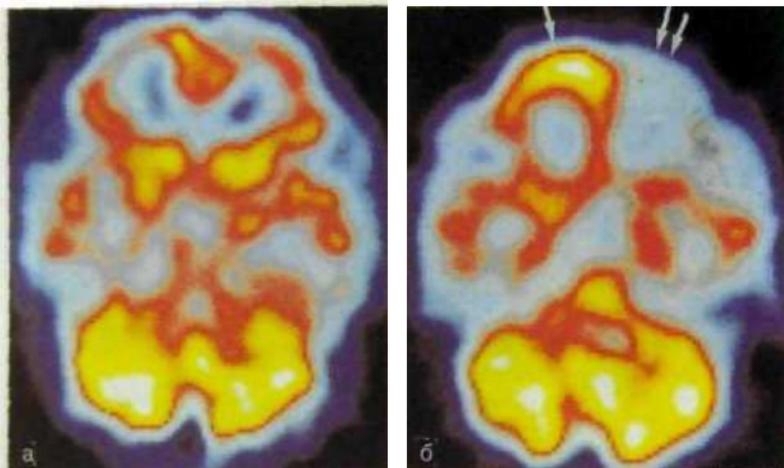


Рис. III. 191. Эмиссионная однофотонная томография головного мозга до (а) и после (б) эпилептического припадка. Снижение функциональной активности участка мозга (указан стрелками).

и венозных пазух твердой мозговой оболочки, т.е. синусов. Для исследования системы позвоночной артерии контрастное вещество вводят непосредственно в этот сосуд. Такое исследование называют вертебральной ангиографией.

Ангиографию, как правило, производят после КТ или МРТ. Показаниями к выполнению ангиографии служат сосудистые поражения (инсульт, субарахноидальное кровоизлияние, аневризмы, поражения экстракраниальной части магистральных сосудов шеи). Ангиографию осуществляют также при необходимости выполнения внутрисосудистых лечебных вмешательств — ангиопластики и эмболии. Противопоказаниями считают эндокардит и миокардит, декомпенсацию деятельности сердца, печени, почек, очень высокую артериальную гипертензию, шок.

Исследование мозга методами *радионуклидной диагностики* ограничивается в основном получением функциональных данных. Принято считать, что величина мозгового кровотока пропорциональна метаболической активности головного мозга, поэтому, применив соответствующий РФП, например пертехнетат, можно выявить участки гипо- и гиперфункции (рис. III.191). Такие исследования проводят для локализации эпилептических очагов, при выявлении ишемии у пациентов с деменцией, а также для изучения ряда физиологических функций головного мозга. В качестве метода радионуклидной визуализации, помимо сцинтиграфии, с успехом применяют однофотонную эмиссионную томографию и особенно позитронную эмиссионную томографию. Последняя по техническим и экономическим соображениям, как отмечалось ранее, может быть выполнена только в крупных научных центрах.

Лучевые методы незаменимы в исследовании кровотока в мозге. С их помощью устанавливают положение, калибр и очертания краниальных ветвей дуги аорты, наружной и внутренней сонных артерий, позвоночных ар-

терий, их вне- и внутримозговых ветвей, вен и синусов мозга. Лучевые методы позволяют регистрировать направление, линейную и объемную скорость кровотока во всех сосудах и выявлять патологические изменения как в строении, так и в функционировании сосудистой сети.

*Наиболее доступным и весьма эффективным методом изучения мозгового кровотока является ультразвуковое исследование.* Речь идет, естественно, только об ультразвуковом исследовании внемозговых сосудов, т.е. сосудов шеи. Оно показано при диспансерном и клиническом исследовании на самом первом этапе. Исследование не обременительно для пациента, не сопровождается осложнениями, не имеет противопоказаний.

Ультразвуковое исследование выполняют посредством как *сонографии*, так и, главным образом, *доплерографии* — *одномерной* и *двухмерной* (*цветное доплеровское картирование*). Специальной подготовки больного не требуется. Процедуру обычно производят при горизонтальном положении его на спине. Руководствуясь анатомическими ориентирами и результатами пальпации, определяют местоположение изучаемого сосуда и покрывают поверхность тела над ним гелем или вазелиновым маслом. Датчик устанавливают над артерией, не сдвигая ее. Затем его постепенно и медленно продвигают по ходу артерии, рассматривая изображение сосуда на экране. Исследование проводят в режиме реального времени с одновременной регистрацией направления и скорости кровотока. Компьютерная обработка обеспечивает получение на бумаге цветного изображения сосудов, доплерограммы и соответствующих цифровых показателей. Исследование проводят обязательно с обеих сторон.

Альберт Эйнштейн любил фильмы Чарли Чаплина и относился с большой симпатией к созданному им герою. Однажды он написал в письме к Чаплину: «Ваш фильм "Золотая лихорадка" понятен всем в мире, и Вы непременно станете великим человеком». На это Чаплин ответил так: «Я Вами восхищаюсь еще больше. Вашу теорию относительности никто в мире не понимает, а Вы все-таки стали великим человеком».

Этот обмен любезностями напомнил нам сцену имевшую место на одном из заседаний Всесоюзной научной школы по гастроэнтерологии. Председатель школы академик А.М. Уголев, по специальности физиолог, шутя заметил, выступая перед аудиторией: «Я считал бы профессора Линденбратена идеальным человеком, если бы он не был клиницистом». На что Л.Д. Линденбратен ответил: «А я считаю А.М. Уголева идеальным человеком, несмотря на то что он физиолог!».

### **7.3. Повреждения черепа и головного мозга**

Лучевые исследования у пострадавших проводят по назначению хирурга, травматолога или невропатолога (нейрохирурга). Основанием для такого назначения являются травма головы, общемозговые (головная боль, тошнота, рвота, нарушение сознания) и очаговые неврологические симптомы

(расстройства речи, чувствительности, двигательной сферы и др.). В направлении клинициста обязательно должен быть указан предположительный диагноз.

Тяжесть повреждения определяется не столько нарушением целостности костей черепа, сколько повреждением головного мозга и его оболочек. В связи с этим в подавляющем большинстве случаев лучевое исследование при острой травме должно заключаться в выполнении КТ. Необходимо помнить, что в ряде случаев повреждение кажется легким и на рентгенограммах даже не выявляется нарушение целостности костей, но из-за продолжающегося внутричерепного кровотечения состояние больного может значительно ухудшиться в последующие часы и дни.

Обычные рентгенограммы показаны главным образом при вдавленных переломах, когда отломки смещаются в полость черепа. На них можно также определить смещение обызвествленных внутричерепных образований, в норме располагающихся срединно (шишковидная железа, серповидный отросток), которое является косвенным признаком внутричерепного кровоизлияния. Кроме того, на рентгенограммах иногда можно выявить небольшие линейные переломы, ускользающие от рентгенолога при анализе КТ. Однако повторим еще раз, что *основным лучевым методом исследования при травмах головы является КТ.*

При выполнении лучевого исследования у больных с повреждением черепа и головного мозга рентгенолог должен ответить на три вопроса: 1) имеется ли нарушение целостности костей черепа; 2) сопровождается ли перелом внедрением отломков в полость черепа и повреждением глазниц, околоносовых пазух и полости среднего уха; 3) есть ли повреждение мозга и его оболочек (отек, кровоизлияние).

Среди повреждений мирного времени преобладают **линейные переломы (трещины)** костей свода черепа. При этом в подавляющем большинстве случаев они возникают **в месте приложения силы** (этот факт всегда облегчает выявление трещины). Перелом определяется как резкая, иногда зигзагообразная, местами раздваивающаяся полоска со слегка неровными краями (рис. III. 192). В зависимости от характера травмы положение и протяженность трещины очень разнообразны. Они могут затрагивать только одну пластину или обе, переходить на черепной шов, вызывая его расхождение.

Помимо трещин, наблюдаются **дырчатые, вдавленные и оскольчатые переломы**. При них, как отмечено выше, особенно важно установить степень смещения отломков в полость черепа, что легко осуществить с помощью прицельных снимков. Значительное смещение осколков наблюдается при переломах огнестрельного происхождения. При слепых ранениях необходимо определить наличие и точную локализацию инородных тел, в частности установить, в полости черепа или вне ее находится пуля или осколок.

Переломы основания черепа, как правило, являются продолжением трещины свода. Трещины лобной кости обычно опускаются к лобной пазухе, верхней стенке глазницы или решетчатому лабиринту, трещины темен-

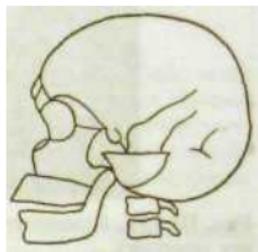
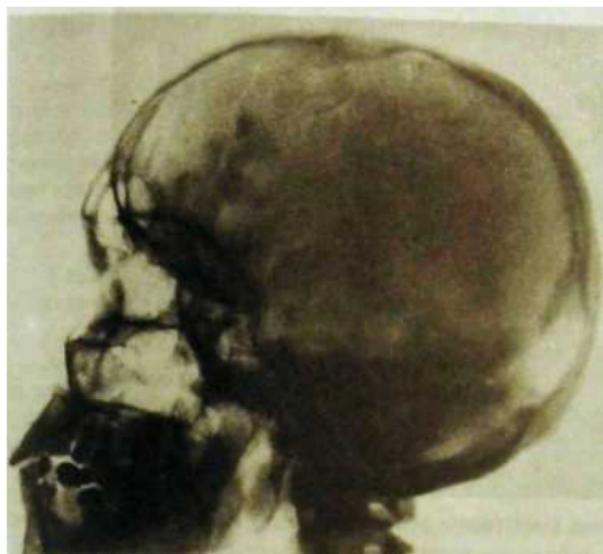


Рис. III. 192. Обзорная боковая рентгенограмма черепа и схема к ней. Множественные трещины левой теменной и височной костей.

ной и височной костей — в среднюю черепную яму, а трещины затылочной кости — в заднюю черепную яму. При выборе методики рентгенографии учитывают клинические данные: кровотечение из носа, рта, ушей, истечение цереброспинальной жидкости из носа или уха, кровоизлияние в области века или мягких тканей области сосцевидного отростка, нарушение функции определенных черепных нервов. Соответственно клиническим и рентгенографическим признакам врач производит снимки передней, средней или задней черепной ямки.

На компьютерных томограммах зона свежего кровоизлияния имеет повышенную плотность, положение, величина и форма ее зависят от источника и локализации кровотечения. Плотность тени гематомы увеличивается в первые 3 дня после травмы и затем постепенно уменьшается в течение 1–2 нед.

Внутричерепная гематома обычно достаточно хорошо отграничена (рис. III. 193), при значительных размерах оттесняет соседние мозговые структуры (такой эффект получил название «масс-эффект»). Вокруг гематомы может быть зона пониженной плотности (*гиподенсивная зона*). Ее субстратом служит отечная мозговая ткань. Если кровоизлияние проникает в желудочек мозга, то участок повышенной плотности принимает форму соответствующего отдела желудочка. Травма может вызвать набухание вещества мозга вследствие отека и гиперемии. В этом случае на КТ отмечается зона повышенной плотности диффузного или очагового характера. Она наиболее четко вырисовывается через 12–24 ч после повреждения.

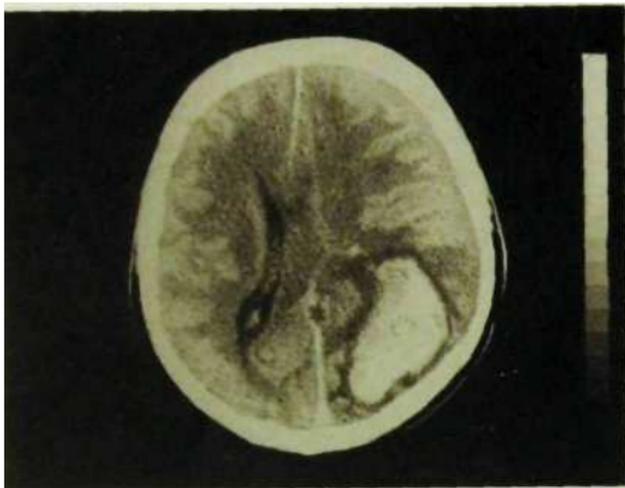


Рис. Ш.193. Компьютерная томограмма головного мозга. Большая внутримозговая гематома.

Кровоизлияние может произойти под твердую мозговую оболочку или между нею и костями черепа. Свежие субдуральные и эпидуральные гематомы тоже образуют на компьютерных томограммах область повышенной и однородной плотности, вытянутой, нередко овальной формы, которая прилежит к изображению черепных костей.

Одновременно может наблюдаться кровоизлияние в ткань мозга, а при большой субдуральной гематоме — масс-эффект. В последующем плотность гематомы уменьшается и становится даже меньше плотности мозгового вещества.

КТ позволяет обнаруживать кровоизлияние в околоносовые пазухи или проникновение воздуха из этих пазух в полость черепа — пневмоцефалию. Масс-эффект устанавливают также по смещению срединных структур при одномерном ультразвуковом исследовании.

Роль МРТ в обследовании больных с переломами черепа весьма ограничена. Основное назначение ее — контроль за состоянием головного мозга в процессе лечения.

Ушибы мозга представляют собой нередкие травматические повреждения, проявляющиеся отеком мозга с кровоизлиянием или без него. Иногда при ушибе может образоваться истинная гематома. Повреждения часто бывают множественными, значительная их часть приходится на лобные и височные доли.

При КТ отечная ткань проявляется участком пониженной плотности. Картина отека при МРТ зависит от метода получения изображения: на T1-взвешенных томограммах зона отека выглядит гипоинтенсивной, на T2-взвешенных — гиперинтенсивной. Кровоизлияние в мозг выявляется при КТ или МРТ.

## **И1 «уудьт» УИИВНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ.**

Нарушения мозгового кровообращения приводят к разнообразным клиническим эффектам - от проходящих ишемических атак до инсульта третьей по частоте причины смерти. В большинстве случаев расстройство кровотока связано с атеросклеротическим поражением сосудов которое сначала может проявляться не слишком выразительными симптомами - головной болью, ухудшением памяти, нарушениями сна и т.д.

Ультразвуковое исследование сосудов шеи играет важную роль в распознавании хронических расстройств мозгового кровообращения.

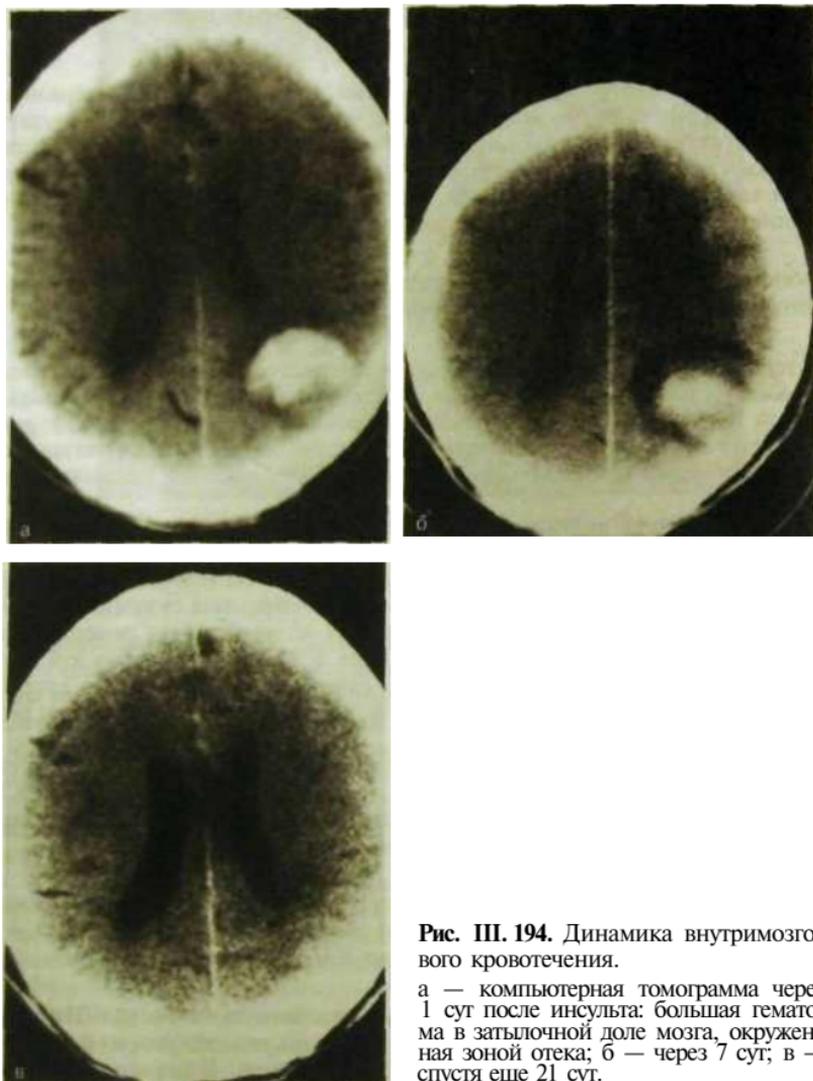
Атеросклероз может поражать внутримозговые сосуды, но гораздо чаще он развивается в экстракраниальных отделах артерий, снабжающих кровью головной мозг. Наиболее часто изменения развиваются в области бифуркации общей сонной артерии и именно здесь могут быть с успехом устранены путем эндартерэктомии и реконструктивных операций на брахиоцефальных сосудах.

Ультразвуковую диагностику осуществляют с помощью одномерной доплерографии и двухмерного цветного доплеровского картирования. На доплерограммах определяют положение, форму и состояние просвета сосудов. При этом удается регистрировать даже небольшие сужения артерий и отдельные атеросклеротические бляшки на их внутренней поверхности. Далее устанавливают изменение кровотока в брахиоцефальных сосудах, асимметрию скорости кровотока в обеих сонных или позвоночных артериях, снижение скорости кровотока в каком-либо из сосудов, вихревые и ретроградные движения крови.

В тех случаях, когда ставится вопрос об эндоваскулярном или хирургическом лечении, проводят ангиографию, преимущественно ДСА, либо КТ- или МРТ-ангиографию. Ангиограммы дают возможность наиболее точно оценить состояние как брахиоцефальных, так и мозговых сосудов.

В диагностике остро возникших расстройств мозгового кровообращения — инфарктов, внутримозговых и оболочечных кровоизлияний — в настоящее время главную роль играют КТ и МРТ.

Инфаркт наступает вследствие закупорки мозгового сосуда. Принято выделять три формы инфаркта мозга: обширную, лакунарную и субкортикальную атеросклеротическую энцефалопатию. В первые часы после развития инфаркта изменения на компьютерных томограммах не улавливаются, но уже через 6—8 ч обнаруживают нерезко очерченную область пониженной плотности с расплывчатыми краями, которая соответствует зоне отека. На магнитно-резонансных томограммах, выполненных в режиме T2-взвешенного изображения, отек выявляется раньше, чем на компьютерных. В течение 2-5 дней контуры инфаркта становятся более четкими и лучше заметно, что он имеет клиновидную форму и в каком-либо направлении достигает коркового слоя мозга. Крупные очаги инфаркта чаще возникают в зоне средней мозговой артерии. Через



**Рис. III. 194.** Динамика внутримозгового кровотечения.

а — компьютерная томограмма через 1 сут после инсульта: большая гематома в затылочной доле мозга, окруженная зоной отека; б — через 7 сут; в — спустя еще 21 сут.

несколько недель отек исчезает. Нередко в зоне инфаркта может появиться геморрагический компонент, который хорошо визуализируется на КТ.

По мере организации инфаркта его область может стать практически неотличимой от изображения окружающей мозговой ткани. Однако затем плотность пораженного участка вновь снижается, так как через 1—2 мес в нем, как правило, образуется постинфарктная киста, окруженная атрофич-

ной мозговой тканью. В результате рубцового процесса к зоне инфаркта подтягивается ближайший отдел одного из мозговых желудочков.

Внутри мозговое или оболочечное кровоизлияние (гематома) сразу определяется на компьютерной томограмме как зона повышенной плотности. Это происходит потому, что поглощение рентгеновского излучения кровью (52 НУ) и эритроцитами (82 НУ) превосходит таковое мозгового вещества (30—35 НУ). В области внутри мозгового кровоизлияния поглощение равно 40—90 НУ, причем этот участок особенно заметен, поскольку вокруг расположена зона отека (18—28 НУ) (рис. III. 194).



Рис. III.195. Магнитно-резонансные томограммы головного мозга. Артериовенозная мальформация в правом полушарии. Изображения получены при различных технических условиях исследования

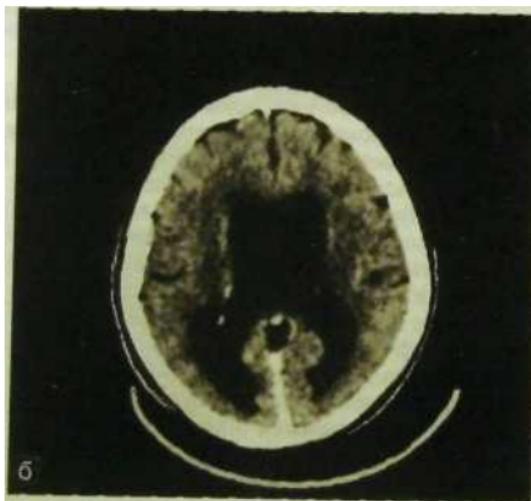
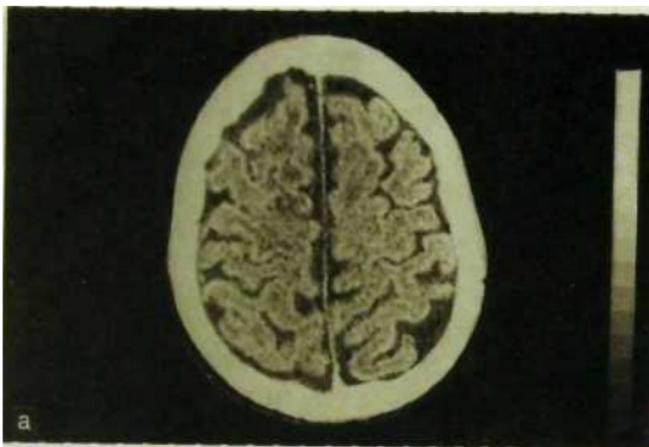
Если кровоизлияние сопровождается прорывом крови в ликворные пространства, то участки повышенной плотности определяются в мозговом желудочке. Постепенно интенсивность тени кровоизлияния снижается, а затем на его месте обычно образуется постгеморрагическая киста. Субдуральные и эпидуральные гематомы тоже обуславливают участки повышенной плотности, но вокруг них нет зоны отека. Кроме того, они прилегают к костям черепа и имеют овальную или лентовидную форму. Естественно, большие гематомы вызывают смещение структур мозга, в том числе мозговых желудочков.

В распознавании дефектов развития мозговых сосудов и их аневризм тон задает, конечно, ангиография. Однако определенные данные могут быть получены и при неинвазивных исследованиях — КТ и МРТ (рис. III.195). По ангиограммам определяют положение, форму и величину аневризмы и наличие в ней тромба. Аневризмы мозговых артерий обычно невелики — 0,3—0,7 см в диаметре. Наиболее часто аневризмы располагаются в передней коммуникантной и средней мозговой артериях. У 25 % больших аневризм имеют множественный характер.

Ангиограммы позволяют обнаружить артериовенозные соустья и артериовенозные деформации. Для них характерно наличие большого числа расширенных сосудов с шунтированием крови прямо из артериального русла в венозное (нет капиллярной сети). При достаточной величине мальформации ее можно заподозрить и при анализе компьютерных томограмм.

## 7.5. Инфекционные и воспалительные заболевания головного мозга. Гипертензивный синдром

*Инфекционные и воспалительные заболевания головного мозга могут вызываться бактериями, вирусами, грибами и паразитами. Среди бактериальных поражений различают менингит, абсцесс и эмпиему.*



**Рис. Ш.196.** Компьютерные томограммы головного мозга, а - наружная гидроцефалия; б - внутренняя гидроцефалия.

ля J\* « деФ Т т м м е н и м г и т ы , в т о м ч и с л е а р а х н о и д и т ы , в н а ч а л е н е п р о я в н ь Г т п о б ы ч н ы х Р е н т г е н о г р а м м а х , п р и К Т и М Р Т . З а т е м н а к о м п ь ю т е р - п п п т Г р ? м м а х м о г у т б ы т ь о б н а р у ж е н ы р а з л и ч н ы е у ч а с т к и п о н и ж е н н о й п л о т н о с т и . Э т и г и п о д е н с ы е у ч а с т к и о б у с л о в л е н ы о т е к о м м о з г о в о г о в е ш e c t в a o ч а г а м и и н ф а р к т а и н е к р о з а в к o р к o в o м c л o e . Н а б л ю д а е т с я т а к ж е н е о б п ^ e c p c h и p c н и e ж е л у д o ч к o в м o з г a . Р а з в и т и е п и o г е н н о й и н ф e к ц и и и o б р а з o в а н и e г н o й н и к а в м o з г e п е р в o н а ч а л ь н o o т o б р а ж а e т с я н а К Т п o я в л я ю щ и м и . Г \* н o \* н з o н ы , в п е р и o д Ф o p m p o в а н и я a б c c e c c a к р а я э т o й з o н ы в и д н ы н e o т ч e т л и в o , н o в п o c л e д у ю щ e м в o з н и к а e т o к р у г л ы й y ч а c т o k c б o л e e р e з к и м и к o н т у р a м и . В o к р у г н e г o м o ж e т б ы т ь o б o д o k п o в ы ш e н н o й п л o т н o c - 400

ти, обусловленный сопутствующим воспалением и пролиферацией сосудов. Этот ободок особенно четко виден после внутривенного введения контрастного вещества (томография с усилением).

Последствиями воспалительного процесса могут быть явления атрофии мозгового вещества, смещения в сторону мозговых структур, смещения и расширения мозговых желудочков. Иногда на томограммах обнаруживают расширенные субарахноидальные пространства (кистозный арахноидит) отложения известковых солей в старые очаги воспаления (особенно при туберкулезе).

При паразитарных инфекциях (из них наиболее часто наблюдаются цистицеркоз, эхинококкоз и токсоплазмоз) на КТ и МРТ обнаруживают множественные кисты. Нередко в пораженных участках видны известковые вкрапления. Последние нередко достаточно отчетливо выявляются уже на обзорных снимках черепа, что и заставляет врача выполнить полноценное клиническое и лучевое обследование.

**Гипертензивный синдром** — это синдром повышения внутричерепного давления. Он развивается при объемных образованиях в полости черепа, особенно часто при опухолях, и нарушении оттока цереброспинальной жидкости из желудочков мозга, т.е. при так называемой окклюзионной гидроцефалии. Как известно, различают два вида гидроцефалии — открытую и закрытую. При первой не возникает окклюзии ликворных путей и не развивается гипертензивный синдром, поэтому лучевые проявления этих двух форм различны.

С появлением КТ и МРТ диагностика гидроцефалии стала более легкой. По томограммам определяют положение, форму, величину желудочков и других ликворных пространств (рис. III. 196). Одновременно обнаруживают патологические состояния, явившиеся причиной развития гипертензивного синдрома (пороки развития мозга, опухоли и т.д.).

## 7.6. Опухоли черепа и головного мозга

Клиническая диагностика опухолей головного мозга сопряжена с большими трудностями. В зависимости от локализации и характера роста опухоль может обусловить как общемозговые симптомы (головная боль, головокружение, нарушение сознания, изменение личности и др.), так и очаговые неврологические расстройства (нарушения зрения, слуха, речи, двигательной сферы и т.д.). Более того, одна и та же опухоль в разные периоды развития то совершенно «молчалива», то вызывает тяжелые расстройства вплоть до утраты сознания.

В настоящее время в распоряжении врачей имеется набор лучевых методов, которые обеспечивают выявление опухоли мозга почти в 100 % случаев. *Признанными лидерами среди лучевых методов диагностики являются КТ и МРТ.* Главные задачи, стоящие перед специалистом в области лучевой диагностики при обследовании больных с опухолями головного мозга: 1) выявить опухоль; 2) определить ее топографию; 3) установить ее макроструктуру (солидный или кистозный характер, наличие некроза или обызвествления); 4) определить взаимоотношения опухоли с окружающими мозговыми структурами (наличие гидроцефалии, масс-эффекта).



**Рис. III. 197.** Магнитно-резонансные томограммы головного мозга. Опухоль мозга в аксиальной (а), сагитальной (б) и фронтальной (в) проекциях. Ампутация части бокового желудочка мозга.

На компьютерных и магнитно-резонансных томограммах имеются прямые и косвенные признаки опухоли. *Прямым признаком служит непосредственное изображение самой опухоли* (рис. III. 197, III. 198). Визуализация опухоли на магнитно-резонансных томограммах связана с различными протонной плотностью и временем магнитной релаксации нормальной и опухолевой ткани. На компьютерных томограммах изображение возникает

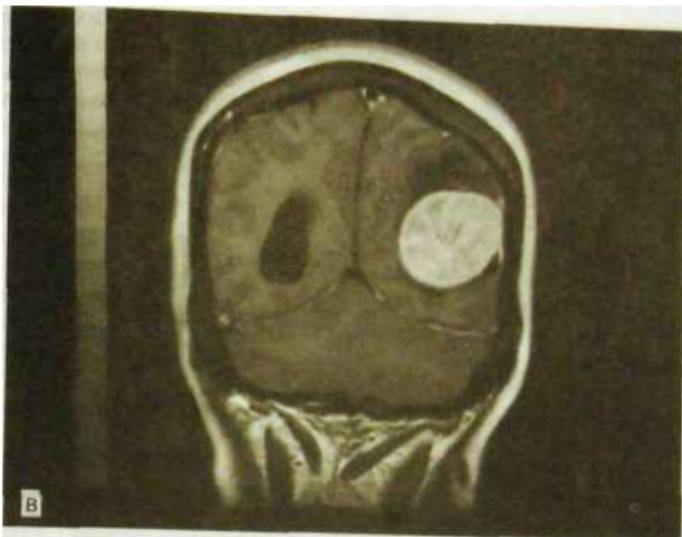


Рис. Н1.197. *Продолжение.*



Рис. Н1.198. Компьютерная томограмма головного мозга. Менингиома (x) в затылочной области, прорастающая в затылочную кость (кость в этом месте резко утолщена — указано стрелкой).

вследствие того, что опухолевая ткань отличается от окружающего мозгового вещества по коэффициенту поглощения рентгеновского излучения. При малом поглощении рентгеновского излучения опухоль вырисовывается как участок пониженной плотности (гиподенсная область). По его форме, размерам и очертаниям можно в известной степени судить о величине и характере роста новообразования. Отметим лишь, что вокруг может быть гиподенсная зона отека, несколько «скрадывающая» истинные размеры опухоли. Некоторое сходство с опухолью имеет мозговая киста, особенно при ее неправильной конфигурации, но содержимое кисты по количеству поглощенного рентгеновского излучения приближается к воде.

Опухоли, исходящие из паутинной оболочки,— арахноидэндотелиомы (менингиомы) нередко обладают довольно высокой плотностью и выделяются на томограммах как округлые гиперденсные образования. Большинство этих опухолей хорошо снабжаются кровью, поэтому после введения рентгеноконтрастного вещества их плотность на томограммах увеличивается.

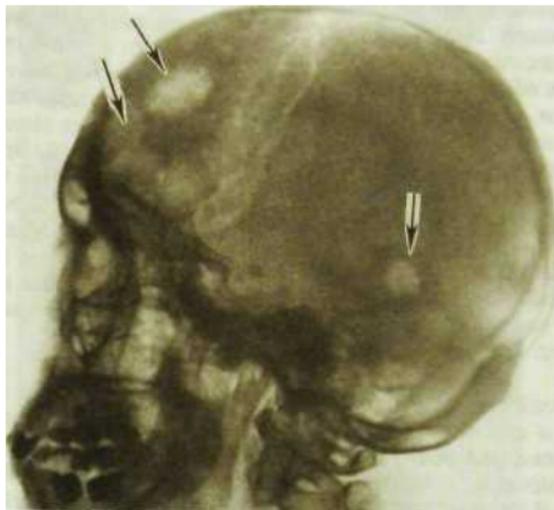
*Прямое изображение опухоли может быть получено при радионуклидном исследовании.* Ряд РФП, например  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат, накапливается в повышенном количестве в новообразовании вследствие нарушения гематоэнцефалического барьера. На сцинтиграммах и особенно на эмиссионных томограммах определяется участок повышенной концентрации радионуклида — «горячий» очаг.

К косвенным признакам опухоли мозга относятся: 1) смещения окружающих частей мозга, в том числе структур средней линии; 2) деформация желудочков и нарушения ликворообращения вплоть до развития окклюзионной гидроцефалии; 3) различные по протяженности и выраженности явления отека мозговой ткани; 4) отложения извести в опухоли; 5) деструктивные и реактивные изменения в прилежащих костях черепа.

Роль ангиографии в диагностике опухолей головного мозга невелика. Ее основное назначение — определение характера васкуляризации, если планируется хирургическое лечение, либо выполнение предоперационной эмболизации. Естественно, всегда предпочитают выполнять ДСА.

Опухоли костей черепа диагностируют по обычным рентгенограммам и томограммам. Нагляднее всего изображение **остеомы**, так как она состоит из костной ткани и хорошо выделяется на снимках. В большинстве случаев остеома локализуется в области лобного синуса. Достаточна показательна картина **гемангиомы**. Она обуславливает округлый дефект костной ткани с мелкофестончатými уплотненными краями. Иногда на фоне такого дефекта можно заметить радиарно расходящиеся тончайшие костные стропила или ячеистую структуру.

Однако особенно часто специалистам в области лучевой диагностики приходится сталкиваться с **одиночными** или **множественными деструктивными очагами в костях черепа**, имеющими округлую или не совсем правильную форму (рис. III.199). Число очагов бывает разным — от одного до нескольких десятков. Величина их варьирует в широких пределах. Контуры деструктивных очагов ровные, но нечеткие, никаких секвестров в них нет. Подобные очаги представляют собой или метастазы злокачественной опухоли, исходящие из опухоли легкого, молочной железы, желудка, почки и т.д., или проявление миеломной болезни (рис. III.200). По рентгенограммам различить миеломные узлы и метастазы рака практически невозможно. Дифференциальная диагностика основывается на результатах электрофореза белков плазмы



**Рис. ПН.199.** Метастазы (указаны стрелками) рака в кости черепа.



**Рис. ПП.200.** Множественные очаги деструкции в костях черепа при миеломной болезни.

крови и исследования мочи. Обнаружение парапротеина свидетельствуют о миеломной болезни. Кроме того, при скintiграфии у больных с метастазами обнаруживают гиперфиксацию РФП в участках деструкции костной ткани, тогда как при миеломах такая гиперфиксация обычно отсутствует.

**Опухоли в области турецкого седла** занимают особое место в клинической онкологии. Причины этого многообразны. Во-первых, имеют значение анатомические факторы. В турецком седле располагается такой важный эндокринный орган, как гипофиз. К седлу прилегают сонные артерии, венозные синусы, а сзади — базиллярное венозное сплетение. Над турецким седлом на расстоянии примерно 0,5 см находится перекрест зрительных нервов, поэтому при поражениях данной области часто возникают расстройства зрения. Во-вторых, при опухолях гипофиза нарушается гормональный статус, поскольку многие виды аденом гипофиза способны продуцировать и выделять в кровь сильнодействующие вещества, вызывающие эндокринные синдромы.

Из опухолей гипофиза наиболее часто встречается **хромобластома**, растущая из хромофобных клеток передней доли железы. Клинически она проявляется синдромом адипозогенитальной дистрофии (ожирение, ослабление половой функции, снижение основного обмена). Вторая по частоте опухоль — **эозинофильная аденома**, которая тоже развивается из клеток передней доли гипофиза, но вызывает совершенно другой синдром — **акромегалию**. Для этого заболевания, помимо ряда общих симптомов, характерно усиление роста костей. В частности, на рентгенограммах черепа определяются утолщение костей свода, увеличение надбровных дуг и лобных пазух, увеличение нижней челюсти и наружного затылочного выступа. В передней доле гипофиза зарождаются также **базофильные и смешанные аденомы**. Первая из них обуславливает синдром, известный в эндокринологии как синдром Иценко — Кушинга (лунообразное лицо, ожирение, расстройство половой функции, повышение кровяного давления, системный остеопороз).

Предположение об опухоли гипофиза основывается на клинических и анамнестических данных, но точный диагноз устанавливают с учетом результатов лучевых исследований. Роль радиолога при этом весьма ответственна, так как аденомы гипофиза подлежат хирургическому или лучевому лечению. В последнем случае требуется безукоризненная наводка пучка излучения (например, пучка протонов) на патологический очаг для исключения повреждения соседних мозговых тканей.

Возможности и методика лучевой диагностики зависят от величины аденомы. Маленькие опухоли (микроаденомы) на рентгенограммах не распознаются, для их выявления необходима КТ или МРТ. На компьютерных томограммах аденома, если она достаточно хорошо отграничена, погружена в паренхиму железы и не слишком мала (не менее 0,2—0,4 см), вырисовывается как округлый очаг повышенной плотности (рис. Ш.201).

Распознавание больших аденом обычно не составляет труда уже при анализе обзорных рентгенограмм черепа, так как они вызывают из-

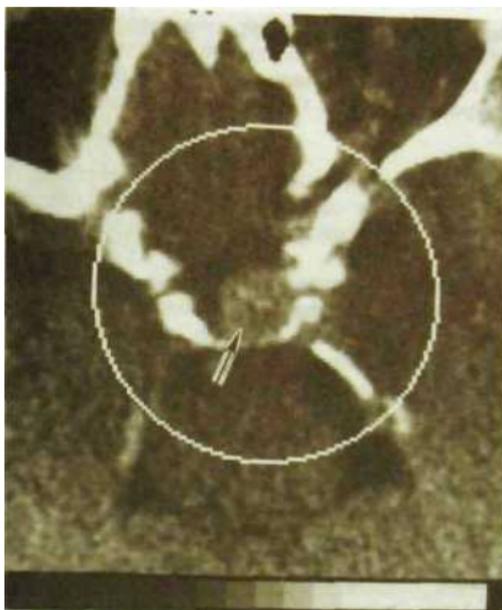


Рис. III.201. Компьютерная томограмма головного мозга. Аденома гипофиза (указана стрелкой).



Рис. III.202. Прицельная рентгенограмма турецкого седла. Увеличение седла при аденоме (x) гипофиза.

менения в костях, образующих турецкое седло. Седло увеличивается, дно его углубляется, стенки истончаются, передние клиновидные отростки малых крыльев клиновидной кости приподнимаются. Вход в турецкое седло расширяется. Спинка его выпрямляется и удлиняется (рис. Ш.202).

Размеры турецкого седла в норме зависят от пола, возраста, телосложения человека, поэтому созданы специальные таблицы, по которым специалисты в области лучевой диагностики определяют должные величины.

Выше уже упоминалось о **краниофарингиомах** — **эмбриональных опухолях, исходящих из остатков гипофизарного хода** (*карман Ратке*). Краниофарингиома может расти в турецком седле и тогда проявляется типичными симптомами эндоселлярной опухоли, как и аденомы. Однако в преобладающем большинстве случаев она развивается над седлом, быстро приводит к зрительным расстройствам, повышению внутричерепного давления и гидроцефалии. Затем расширяется вход в седло, развиваются атрофия и деструкция верхушки спинки седла. Диагностика облегчается при выявлении нередко содержащихся в краниофарингиоме разнообразных известковых включений в виде многочисленных песчинок, более крупных глыбок либо кольцевидных или дугообразных теней.

## **7.7. Лучевая анатомия позвоночника и спинного мозга**

Позвоночник состоит из 24 позвонков, крестца и копчика. У здоровых людей он образует характерные физиологические изгибы: кпереди в шейном и поясничном отделах и кзади в грудном и крестцовом. Величина тел Позвонков постепенно увеличивается в каудальном направлении, т.е. книзу (рис. III.203). Тело позвонка на рентгенограммах имеет форму прямоугольника с несколько вогнутыми боковыми гранями и закругленными углами. Смежные горизонтальные площадки тел позвонков образуют на рентгенограммах четкий широкий контур (второй контур обусловлен одним из краев тела позвонка). Спереди позвонок опирается на межпозвоночный диск, а сзади — на два межпозвоночных сустава — своеобразный трехсуставной комплекс.

Межпозвоночный диск состоит из студенистого ядра, расположенного преимущественно в его центральной и задней частях, фиброзного кольца, образованного фиброзно-хрящевыми и по периферии коллагеновыми волокнами, и двух тонких гиалиновых пластинок, каждая из которых — верхняя и нижняя — плотно прилегает к горизонтальной площадке соответствующего позвонка. По периферии гиалиновая пластинка окружена краевым костным кантом (лимбом) позвонка. Границы межпозвоночного диска примерно совпадают с краями горизонтальных площадок или немного выступают за них.

Передняя и боковые поверхности позвоночного столба окружены передней продольной связкой. Она прикрепляется над лимбом каждого позвонка, но перекидывается над межпозвоночными дисками. Тонкая задняя продольная связка покрывает заднюю поверхность тел позвонков,

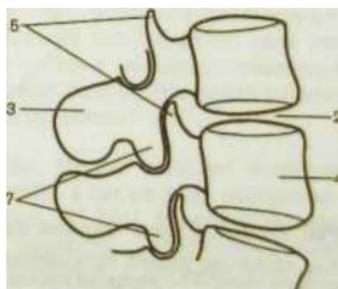
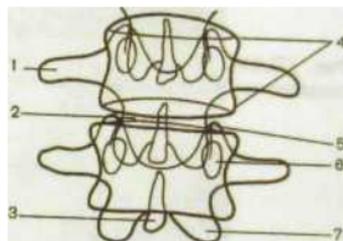
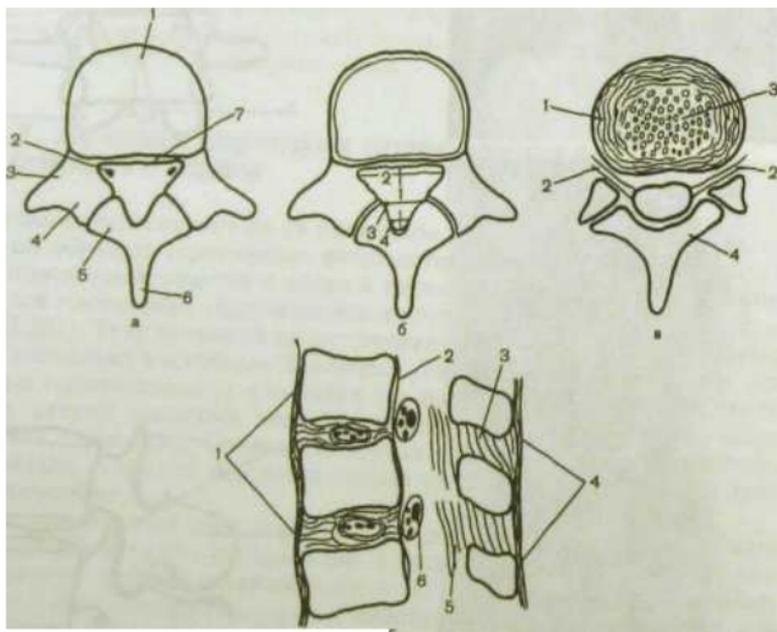


Рис. 1. Рентгенограммы поясничного отдела позвоночника и схемы позвонков в прямой (а) и боковой (б) проекциях.

1 — поперечный отросток; 2 - межпозвоночный диск; 3 - остистый отросток; 4 - тело позвонка; 5 - верхний суставной отросток; 6 - корень дуги позвонка; 7 - нижний суставной отросток.



**Рис. III.204.** Компьютерная томограмма поясничного позвонка. Отчетливо выривсывается изображение спинного мозга и нервных корешков.



**Рис. III.205.** Схемы «срезов» поясничных позвонков.

а — «срез» на уровне тела позвонка: 1 — тело позвонка, 2 — нервный корешок, 3 — корень дуги, 4 — верхний суставной отросток, 5 — нижний суставной отросток, 6 — остистый отросток, 7 — эпидуральная жировая клетчатка; б — размеры позвоночного канала: 1 — сагиттальный, 2 — поперечный, 3 — межфасеточный, 4 — между пластинками; в — срез на уровне межпозвоночного диска: 1 — фиброзное кольцо, 2 — нервный корешок, 3 — пульпарное ядро, 4 — пластинка; г — срез в боковой проекции: 1 — передняя продольная связка, 2 — задняя продольная связка, 3 — межнадостистая связка, 4 — надостистая связка, 5 — желтая связка, 6 — сегментарный спи-



Рис. III.206. Компьютерные томограммы шейного отдела позвоночника на уровне С<sub>1</sub> и зубовидного отростка.

а - обзорный срез; б — трехмерная реконструкция исследуемого участка позвоночника, выполненная с использованием промежуточных срезов (1—3).

прикрепляясь к дискам и выстилая переднюю стенку позвоночного канала.

На рентгенограммах позвоночника хорошо видны дуги и отростки тел позвонков. На снимке в прямой проекции остистые отростки проецируются на фоне тел позвонков. Соединяющая их линия как бы делит тела позвонков на две равные части. Высота правой и левой половин позвонка в норме одинакова (если нет сколиоза). На боковые отделы тел накладывается изображение корней дуг и межпозвоночных суставов.

Изображение стенок позвоночного канала, стенок каналов нервных корешков и спинного мозга с его оболочками, а также ряда межпозвоночных связок получают с помощью АТ (рис. III.204). На томограммах дифференцируются тела позвонков, их отростки, межпозвоночные суставы, боковые углубления позвоночного канала, в которых находятся передние и задние корешки нервов (рис. III.205). Дополнительные возможности открывает *MPT*, поскольку она позволяет непосредственно изучать структуру межпозвоночного диска и получать изображение вещества спинного мозга во всех проекциях. Стала возможной также трехмерная реконструкция лучевых изображений позвоночного столба (рис. III.206, III.207).

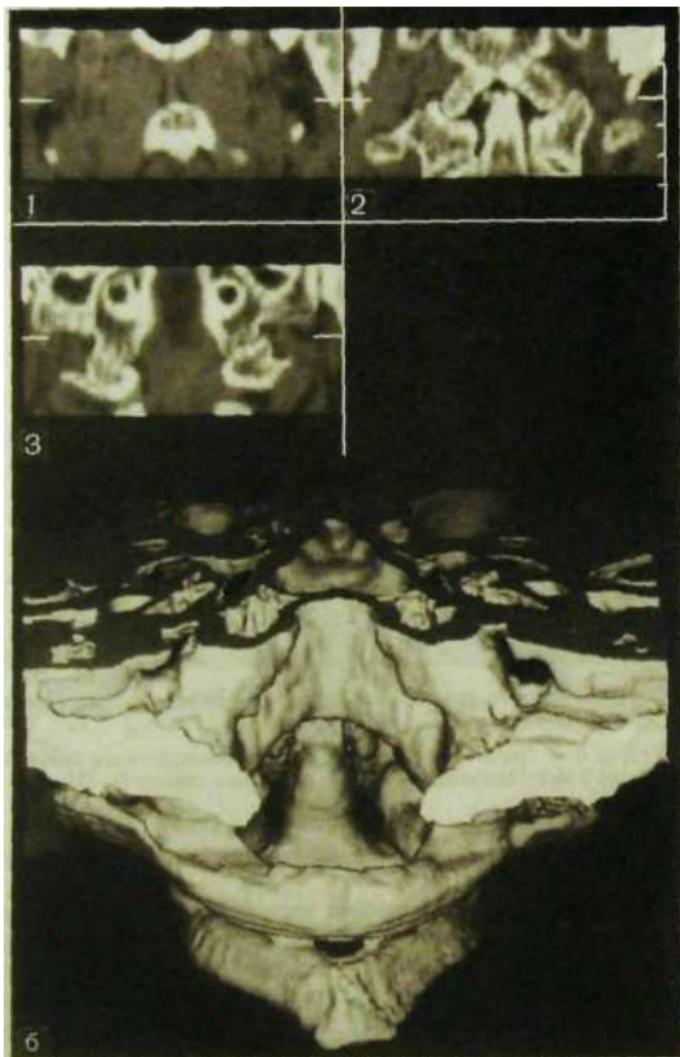


Рис. 111.206. *Продолжение.*

С целью контрастирования субарахноидального, субдурального и эпидурального пространств в них вводят рентгеноконтрастное вещество, после чего выполняют рентгенографию или КТ. Такая комбинация, особенно сочетание томографии и миелографии (контрастирование субарахноидального пространства), обеспечивает детальное рассмотрение поверхности спинного мозга с измерением его диаметра в разных отделах, объема и конфигурации дурального мешка, нервных корешков, уходящих в оболочечных футлярах в межпозвоночные отверстия.

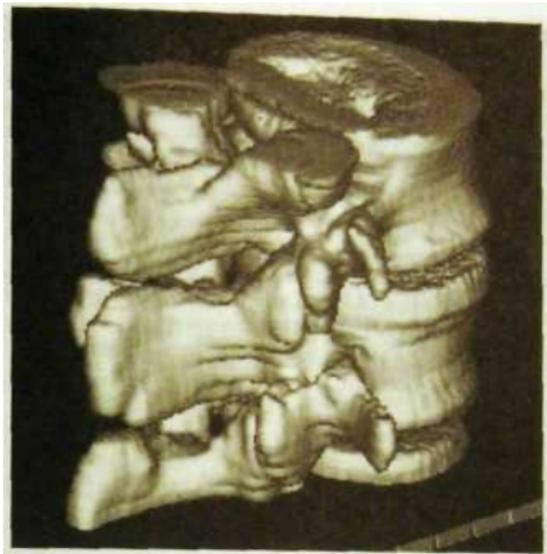


Рис. III.207. Объемная реконструкция поясничных позвонков при компьютерной томографии.

При сгибании и разгибании соотношения между позвонками меняются, что отчетливо видно на рентгенограммах. В частности, при сгибании суживается передняя часть межпозвоночного диска и расширяется его задний отдел. Совокупность двух соседних позвонков и соединяющего их диска принято называть двигательным сегментом позвоночника. Снимки в разных положениях позвоночного столба (так называемая *функциональная рентгенография*) позволяют обнаружить как блокаду двигательного сегмента, так и его нестабильность, т.е. ненормальную смещаемость одного позвонка относительно соседнего.

**Сомнение.** Врач: «Повышенная нервозность вашей жены, конечно, неприятна, но она может прожить со своей болезнью до ста лет».

Муж пациентки: «А я?»

**Педантичность.** Медсестра: «Проснитесь, больной, пора принять снотворное».

*(Медики и пациенты обмениваются улыбками.- Ташкент: Медицина, 1985)*

**Закон Мерфи:** если какая-нибудь неприятность может случиться, она случается.

*(Физики продолжают шутить — М.: Мир, 1968)*

## 7.8. Повреждения позвоночника и спинного мозга

Лучевое исследование позвоночника у пострадавших производят по назначению хирурга или невропатолога (нейрохирурга). При *острой травме* подготовки больного к исследованию не требуется, но необходимо соблюдать основной принцип транспортировки: горизонтальное положение и выпрямленное тело пострадавшего. Исследование, как правило, проводят в том положении, в котором он доставлен в рентгеновский кабинет.

С давних пор *основным методом выявления травмы позвоночника считали рентгенографию в двух проекциях*. Именно с нее целесообразно начинать исследование. Обычные снимки позволяют оценить деформацию позвоночника, обнаружить переломы, подвывихи и вывихи тел и отростков позвонков, уточнить уровень повреждения (рис. III 208).

В последние годы особое значение приобрели АТ и МРТ. При спинальной травме КТ обладает рядом несомненных преимуществ. Прежде всего ее легко выполнить в горизонтальном положении пострадавшего без всяких манипуляций с ним. Однако главное заключается в том, что КТ обеспечивает изучение стенок позвоночного канала, интра- и параспинальных тканей, а тяжесть и прогноз повреждений данной области в первую очередь определяются состоянием спинного мозга, его оболочек и нервных корешков. МРТ дает возможность получить изображение спинного мозга на всем протяжении в разных проекциях.

*Первая задача при анализе рентгенограмм — установление формы позвоночного столба*. В случае повреждения позвонков и окружающих его связок и мышц возникает травматическая деформация позвоночника, слаживаются или устраняются нормальные физиологические изгибы, а линия, проведенная по контуру задней поверхности тел позвонков и в норме образующая плоскую ровную дугу, выпрямляется или изгибается на уровне повреждения. Важным способом выявления травматических повреждений связочного аппарата позвоночника является функциональная рентгенография — получение рентгенограмм в фазы максимального сгибания и разгибания. При этом исследовании обнаруживают важный симптом нестабильности — смещение позвонков более чем на 1–2 мм (что наблюдается в норме).

*Вторая задача — выявление нарушения целостности тел позвонков, их дуг или отростков*. В зависимости от механизма травмы возникают различные переломы, но подавляющее большинство их относится к так называемым компрессионным переломам. При них определяется клиновидная деформация тела позвонка, особенно на боковом снимке; верхушка клина обращена кпереди; сплющивается главным образом верхняя часть тела позвонка; изменение топографоанатомических условий выражается в угловом кифозе и подвывихе в межпозвоночных суставах; вокруг поврежденного позвонка на снимках может быть заметна полуовальная тень с дугообразными наружными контурами — изображение паравертебральной гематомы. Следует с особым вниманием проверить очертания позвоночного канала на уровне сломанного позвонка: не произошло ли сужения этого канала. Кроме того, нужно тщательно исследовать контуры дуг и отрост-

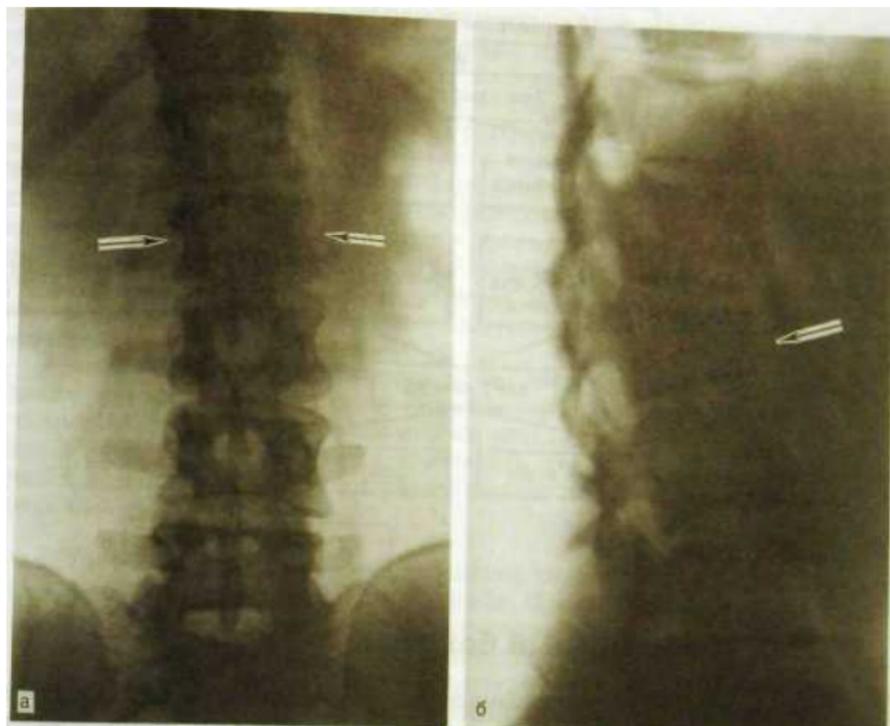


Рис. III.208. Рентгенограммы поясничного отдела позвоночника в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Перелом тела L<sub>1</sub> (указан стрелками).

ков позвонков, чтобы не пропустить их перелом, а также вывих в межпозвоночных суставах, а при огнестрельных ранениях — локализацию инородных тел.

Хотя обычные снимки — надежный инструмент диагностики, все же более полно раскрывает картину повреждения КТ. На томограммах яснее выделяются переломы тел, дуг и отростков и, что важнее всего, состояние стенок позвоночного канала. Отчетливо вырисовываются травматические грыжи межпозвоночных дисков, гематомы в эпидуральном и субарахноидальном пространствах, смещения спинного мозга. Для более точного выявления повреждения спинного мозга КТ проводят в сочетании с введением контрастного вещества в субарахноидальное пространство, т.е. с миелографией. При МРТ повреждение спинного мозга и интрамедуллярное кровоизлияние распознают и без миелографии. МРТ обеспечивает выявление травматической грыжи диска и эпидуральной гематомы, т.е. повреждений, для устранения которых необходимо оперативное вмешательство. В реабилитационном периоде на месте внутримозгового кровоизлияния обычно возникает посттравматическая киста, и ее тоже обнаруживают при МРТ.

В целом тактика лучевого исследования, сообразованного с данными клиники, может быть представлена в виде следующей схемы.



## 7.9. Вертеброгенный болевой синдром

Общей причиной боли в любом отделе позвоночника — шейном, грудном, поясничном или крестцовом — является компрессия спинного мозга, его оболочек и корешков отходящих от него нервов, а компрессия вызвана центральным или боковым стенозом позвоночного канала. Предрасполагающим фактором может быть узкий позвоночный канал как индивидуальный вариант развития.

Частое возникновение вертеброгенного бокового синдрома объясняется сложностью анатомического строения позвоночника и важностью его функции. Достаточно отметить, что только в шейном отделе позвоночника, помимо 7 позвонков, имеются 25 синовиальных и 6 фиброзно-хрящевых соединений и многочисленные связочные структуры. Перегрузка позвоночника, слабое развитие мускулатуры шеи и спины, многие патологические процессы ведут к дегенеративно-дистрофическим изменениям в межпозвоночных дисках и суставах. В суставах они первоначально выражаются в синовитах, а затем в подвывихах (нестабильная фаза), в дисках — в нарушении их функции и снижении высоты, нестабильности в двигательном сегменте. Уже эти изменения ведут к динамическому стенозу позвоночного канала, т.е. к стенозу, который возникает при сгибании, разгибании или ротации позвонков. В частности, верхний суставной отросток при этом оказывает давление на нервный корешок.

В дальнейшем наступает фаза стабилизации, которая характеризуется более или менее стойким органическим стенозом позвоночного канала. В межпозвоночных суставах его возникновение обусловлено увеличением суставных отростков и образованием остеофитов, особенно на нижних суставных отростках. Причиной стеноза часто служат хрящевые грыжи. Грыжа

представляет собой выпячивание части диска кзади, что алет за собой центральный стеноз позвоночного канала, или в сторону, что приводит к боковому стенозу и сужению канала, в котором находится нервный корешок. Различают *три степени выраженности грыжи диска*: 1) *местное выпячивание* - студенистое ядро диска расплющено, в результате чего фиброзное кольцо незначительно выбухает в просвет спинномозгового канала; 2) *протрузия* - более значительное сплющивание студенистого ядра которое по-прежнему остается внутри фиброзного кольца, при этом отмечается более значительное выбухание диска в просвет спинномозгового канала; 3) *пролапс, или экструзированный диск*,— студенистое ядро проникает через фиброзный диск, но находится внутри задней продольной связки. Отдельно выделяют *фрагментацию диска*, т.е. отрыв его кусочка и образование *свободного фрагмента (секвестра)*.

Распознавание и дифференциальную диагностику заболеваний, обусловливающих вертеброгенный болевой синдром, чаще всего осуществляют с помощью лучевых методов. Исходный метод — обзорная рентгенография позвоночника. Она позволяет определить конфигурацию позвоночного столба, установить наличие и характер поражения, наметить уровень исследования для КТ и МРТ.

КТ и МРТ стали основными способами диагностики болевого синдрома, точнее, установления его природы. Измерение позвоночного канала, определение степени и типа его деформации, выявление обызвествлений, гипертрофии связок, хрящевых грыж, артроза межпозвоночных суставов, опухолей в позвоночном канале, оценка состояния спинного мозга — вот далеко не полный перечень возможностей лучевых методов (рис. III.209, III.210).

В сочетании с миелографией КТ позволяет дифференцировать деформации субарахноидального пространства при грыжах, экстрадуральных, интрадуральных и интрамедуллярных опухолях, менингоцеле, сосудистых деформациях и т.д. Понятно, насколько важны результаты КТ при планировании хирургического лечения. Сходные сведения получают при МРТ, причем ее ценность особенно велика при шейной радикулопатии, так как на томограмме демонстративно вырисовываются спинной мозг, грыжи дисков, остеофиты.

В тех случаях, когда больной жалуется на боли в позвоночнике, а патологических изменений при неврологическом и рентгенологическом исследовании не выявлено, всегда уместно, особенно у пожилых людей, выполнить остеосцинтиграфию, так как метастазы клинически не проявляющейся опухоли в позвонках на скинтиграммах видны, как правило, гораздо раньше, чем на рентгенограммах. Таким образом, тактику лучевого исследования при вертеброгенном болевом синдроме следует выбирать исходя из возможности лучевых методов (табл. III. 1)

Основную массу обращающихся к врачу по поводу болей в позвоночнике составляют больные с дистрофическими поражениями. Общее представление о них должен иметь каждый клиницист независимо от его специализации. **Дистрофические поражения позвоночника** - это комплексные поражения, затрагивающие все кости, суставы и мягкие ткани позвоночного столба. *В зависимости от преобладающего компонента целесообразно разли-*

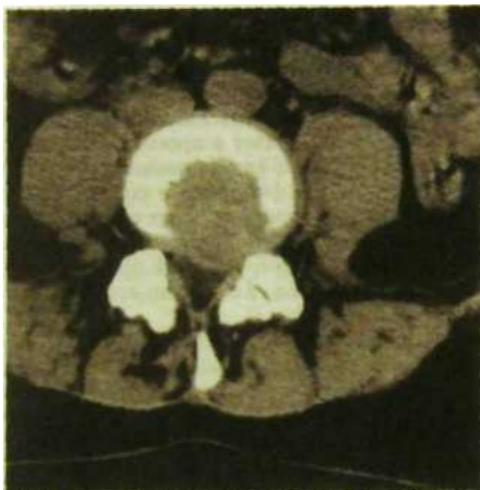


Рис. Ш.209. Компьютерная томограмма позвонка. Заднебоковая грыжа межпозвоночного диска.

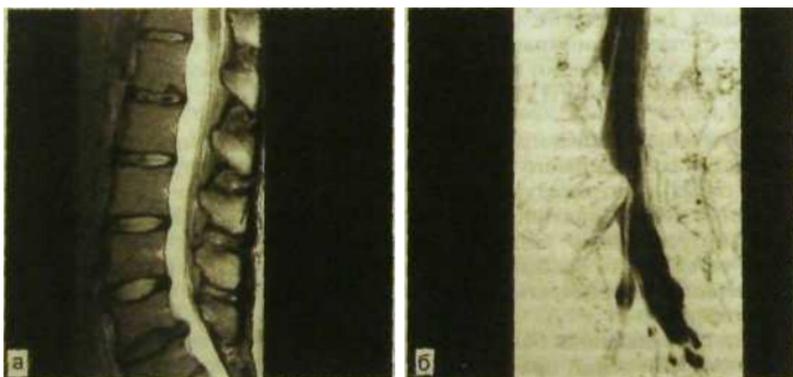


Рис. Ш.210. Магнитно-резонансные томограммы позвоночника и спинного мозга.

а — грыжи дисков при остеохондрозе, сдавливающие спинной мозг; б — локальное сдавление спинного мозга (томограмма выполнена по способу «быстрого спин-эха»).

*чать пять типов поражения: остеохондроз, деформирующий спондилез, межпозвоночный артроз, анкилозирующий гиперостоз (фиксирующий лигаментоз) и кальциноз диска (рис. Ш.211).*

Дистрофические изменения в межпозвоночном диске ведут к его функциональной недостаточности, которую первоначально можно определить по

**Таблица 111.1. Лучевые методы при вертеброгенном болевом синдроме**

Задача исследования	Основной метод
Общая оценка и ориентировочная диагностика изменений в позвоночнике	Обзорная рентгенография, линейная томография
Оценка функции двигательных сегментов (выявление блокады и нестабильности)	Функциональная рентгенография
Установление степени выраженности и характера стеноза позвоночного канала	КТ или МРТ
Обнаружение обызвествлений в продольных и желтых связках	КТ
Поиск метастазов злокачественной опухоли в позвоночнике	Остеосцинтиграфия
Дифференциальная диагностика спинномозговых и оболочечных процессов	Миелография + КТ
Артериовенозные аномалии	Спинальная ангиография, миелография
Внутричерепные опухоли и кисты	МРТ

функциональным рентгенограммам (рис. Ш.212). При сгибании, разгибании или ротационных движениях в позвоночнике определяется либо блокада, либо нестабильность пораженного двигательного сегмента. Это означает, что на функциональных снимках либо совершенно не меняются взаимоотношения между двумя соседними позвонками, либо, наоборот, возникает усиленная подвижность их вплоть до соскальзывания одного из позвонков по отношению к другому. Такое соскальзывание называют псевдоспондилолистезом, т.е. ложным соскальзыванием. Дело в том, что существует аномалия развития позвоночника, при которой в межсуставном отделе дуги позвонка имеется щель (дефект), вследствие чего может развиваться соскальзывание позвонка кпереди, т.е. спондилолистез.

Другим признаком остеохондроза, непосредственно связанным с дегенерацией и истончением межпозвоночного диска, является уменьшение его высоты, т.е. расстояния между смежными горизонтальными площадками

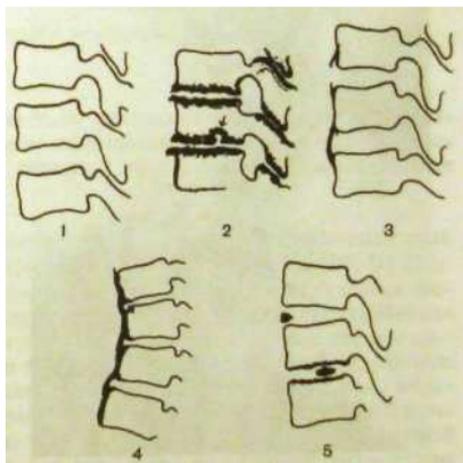


Рис. Ш.211. Дистрофические поражения позвоночника (схема).

1 — нормальные позвонки; 2 — остеохондроз с хрящевой грыжей (указана стрелкой) в теле позвонка; 3 — деформирующий спондилез; 4 — анкилозирующий гиперостоз (фиксирующий лигаментоз); 5 - кальциноз диска.



Рис. III.212. Функциональная рентгенография шейного отдела позвоночника. Снимки выполнены при обычном положении головы (а), сгибании (б) и разгибании (в). Блокада двигательного сегмента Cvi—Cvii из-за остеохондроза (указано стрелками).

ми тел позвонков. Замыкающие пластинки тел позвонков утолщаются, а лежащая под ними губчатая костная ткань склерозируется (субхондральный склероз). Диск не может в полной мере выполнять свою функцию. В качестве компенсации возникают костные разрастания по

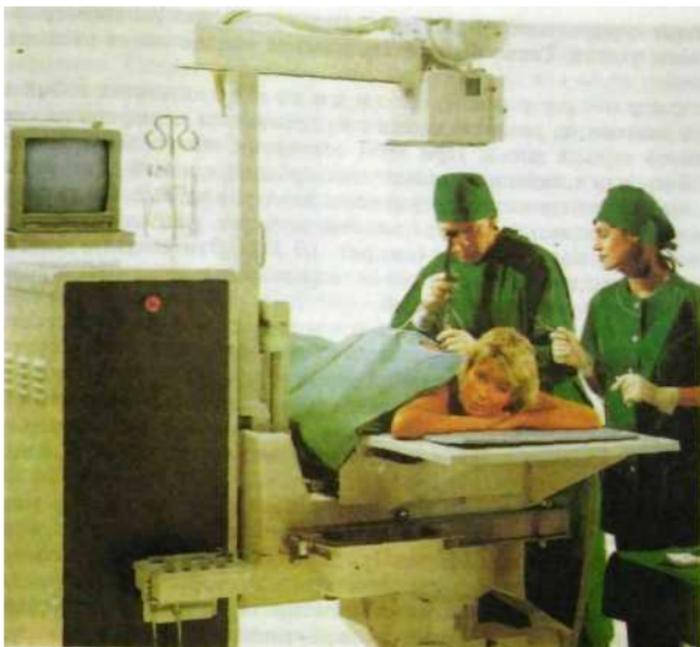


Рис. III.213. Чрескожное удаление грыжи МСАПО поясничного диска.

краям тел позвонков, вследствие чего увеличивается суставная поверхность. Эти разрастания в основном направлены перпендикулярно к продольной оси позвоночника, т.е. являются продолжением горизонтальных площадок тел позвонков.

Сквозь разрывы в волокнах фиброзного кольца хрящ может выступать в сторону — так образуются хрящевые грыжи (см. рис. III.209, III.210). По локализации различают центральные, заднебоковые, боковые фораминальные и боковые экстрафораминальные грыжи диска. Иногда хрящевая масса проникает в губчатую ткань тела позвонка, где ее окружает ободок склероза. Такую грыжу по имени изучившего ее ученого назвали грыжей Шморля. Однако клинически значимы главным образом задние и заднебоковые грыжи, поскольку они влекут за собой компрессию нервных корешков, оболочек спинного мозга и мозговой ткани. Выше уже отмечалось, что эти грыжи распознают посредством КТ, МРТ и миелографии.

Под контролем КТ производят чрескожные интервенционные вмешательства: биопсию межпозвоночного диска, дискэктомию, хемонуклеолиз (введение в ядро диска фермента химопаина; рис. III.213). В некоторых случаях для уточнения деталей структурных поражений диска в него путем пунк-

ции вводят контрастное вещество, а затем производят рентгенографию исследуемого отдела. Такое рентгенологическое исследование называют *дискографией*.

**Деформирующий спондилез** представляет собой адаптационное состояние, развивающееся при поражении периферических слоев фиброзного кольца диска. При этом состоянии высота межпозвоночного диска почти или совсем не уменьшается, субхондральный склероз не отмечается, но на рентгенограмме вырисовываются костные мостики от тела вышележащего позвонка к телу нижележащего, т.е. располагающиеся вдоль продольной оси позвоночника (см. рис. III.211). Эти костные мостики образуются вследствие дегенерации и окостенения передней продольной связки и околопозвоночных тканей.

**Артроз в межпозвоночных суставах** по существу ничем не отличается от деформирующего остеоартроза в любом суставе. Он характеризуется сужением суставной щели, утолщением замыкающих костных пластинок эпифизов, субхондральным склерозом и появлением краевых костных разрастаний — остеофитов, которые могут привести к сужению боковых карманов (реcessусов) позвоночного канала и сдавлению нервных корешков.

**Анкилозирующий гиперостоз (фиксирующий лигаментоз, болезнь Форестье)** по ряду признаков напоминает деформирующий спондилез. При нем также происходит костеобразование под передней продольной связкой и в превертебральных тканях, но оно распространяется на значительном протяжении, обычно охватывая весь или почти весь грудной отдел позвоночника. Не вызывает затруднений диагностика кальциноза межпозвоночного диска: отложения в нем известны демонстративно вырисовываются на снимках и томограммах. Вследствие разволокнения и высыхания диска в нем иногда образуются щели, заполненные не известью, а газом, которые также четко выделяются на рентгенограммах и КТ. Этот симптом дистрофического состояния хряща принято называть *вакуум-феноменом*. Он встречается при поражении не только межпозвоночных дисков, но и других суставов, например коленного.

## 7.10. Воспалительные заболевания позвоночника

*Причинами воспалительных заболеваний позвоночника могут быть бактерии, микобактерии туберкулеза, грибы, паразиты.* Редко наблюдается **асептический спондилит**, например при **ревматоидном артрите** или **деформирующем спондилите**. Своевременная диагностика всех этих заболеваний исключительно важна, так как позволяет своевременно провести адекватное консервативное или хирургическое лечение.

Из лучевых методов исследования основным является *обзорная рентгенография позвоночника в двух проекциях — прямой и боковой*. При этом особое внимание следует обращать на анализ структуры костного рисунка тела позвонка, состояние замыкающих пластинок тел позвонков и межпозвоночного диска. Первыми признаками **септического спондилита** являются эрозии, деструкция, подхрящевой склероз и разрежение замыкающих пластинок. В дальнейшем процесс переходит на межпозвоночные диски, кото-

рые заметно суживаются. При септическом спондилите на первый план выступает уменьшение высоты диска, а уж потом выявляются краевые костные изменения. Следует отметить, что, несмотря на важность рентгенологического исследования позвоночника при септическом спондилите обнаруживаемые при этом признаки заболевания отстают от его клинических проявлений иногда на 2—3 нед.

Весьма скромную роль в диагностике спондилита играет *КТ*. Получаемые при ней данные полезны лишь в развитой стадии болезни когда на томограммах в теле пораженного позвонка выявляется зона неоднородной деструкции и склероза. С помощью этого метода могут быть выявлены **паравертебральные** и **эпидуральные абсцессы**, которые не видны на обзорных рентгенограммах. При излечении спондилита на рентгенограммах и компьютерных томограммах обнаруживают остеоэрозия, значительное сужение межпозвоночного пространства или даже костный анкилоз.

Более ценным методом в диагностике спондилитов является *MPT*. С ее помощью очень рано обнаруживают патологические изменения в межпозвоночных дисках, костном мозге, паравертебральных тканях. На T1-взвешенных МР-томограммах участки гнойного расплавления костной ткани отображаются в виде гиподенсных очагов, а на T2-взвешенных томограммах — как зоны повышенной интенсивности.

*Сцинтиграфия позвоночника с <sup>99m</sup>Tc-пирофосфатом* характеризуется высокой чувствительностью. На сцинтиграммах достаточно рано выявляется зона гиперфиксации при септических и асептических остеомиелитах, дисцитах, опухолях, дегенеративных процессах, а также в местах травматических и остеопоротических переломов. Однако это исследование обладает крайне невысокой специфичностью: по его результатам нельзя определить, какое конкретно заболевание имеется у данного больного.

При **туберкулезном спондилите** — наиболее часто наблюдающемся проявлении костно-суставного туберкулеза — на обзорных рентгенограммах выявляются участки подхрящевой эрозии и деструкции в замыкающих пластинках тел позвонков. В случае поражения грудного отдела позвоночника эти изменения максимально проявляются в передних отделах тел позвонков, что в дальнейшем приводит к их компрессии и образованию горба. В поясничных позвонках разрушение тел позвонков нередко происходит в средних отделах, и тогда возникает аксиальная компрессия (рис. III.214). Общим рентгенологическим фоном туберкулезного спондилита, как и поражения туберкулезом скелета вообще, является повышение прозрачности костной ткани на рентгенограммах. Такое повышение прозрачности является признаком **остеопении** — своеобразной формой разрежения костной ткани (см. следующий раздел).

Сужение межпозвоночных дисков происходит намного позже, чем при гнойном процессе (это, кстати, облегчает дифференциальную диагностику указанных заболеваний). Характерным признаком туберкулезного спондилита являются **паравертебральные абсцессы**. Абсцесс обычно имеет вид интенсивной двояковыпуклой тени, максимальный диаметр которой соответствует диаметру пораженного сегмента позвоночника. Однако нередко туберкулезные абсцессы распространяются на значительные расстояния: проникают в поясничную мышцу, подплевральные пространства, внутрь грудной клетки, в пах и даже спускаются в подколенную ямку. В ряде слу-

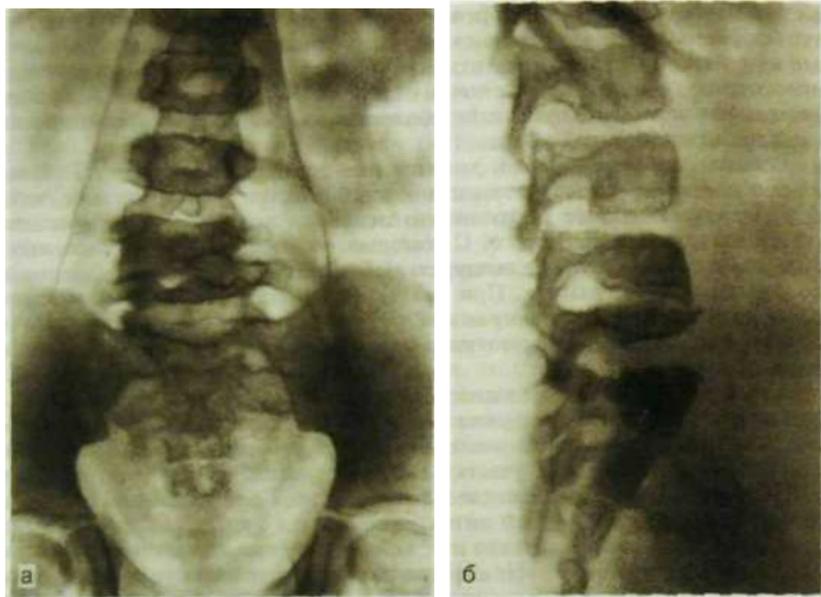


Рис. Н1.214. Рентгенограммы позвоночника. Туберкулезный спондилит. Деформация нижнепоясничного отдела позвоночника. Разрушение диска между телами L<sub>IV</sub> и L<sub>V</sub> и деструктивные изменения в смежных отделах этих позвонков. Отгеснение контуров поясничных мышцы трифокальным абсцессом.

чаев эти абсцессы содержат известь, и тогда их распознавание на рентгенограммах облегчается. *Основным методом диагностики туберкулезного спондилита является рентгенологический — обзорные рентгенограммы и линейная томография.* Более наглядно все указанные выше изменения распознаются при АТ и МРТ, которые тем не менее при данном заболевании имеют лишь вспомогательный характер.

Таким образом, основными симптомами туберкулезного спондилита являются деструктивные изменения в позвонках, разрушение межпозвоночных дисков, перифокальные или натечные абсцессы, остеопороз.

Нетуберкулезные спондилиты обуславливают в общем такие же изменения на рентгеновском снимке, но очаги разрушения при них чаще мелкие, расположены в области углов тел позвонков. Уменьшение высоты межпозвоночного диска происходит гораздо быстрее, чем при туберкулезном поражении, и почти столь же быстро определяются репаративные изменения: появляются отложения извести в передней продольной связке в виде скобок между телами пораженных позвонков. При туберкулезном спондилите окостенение связок происходит значительно позднее.

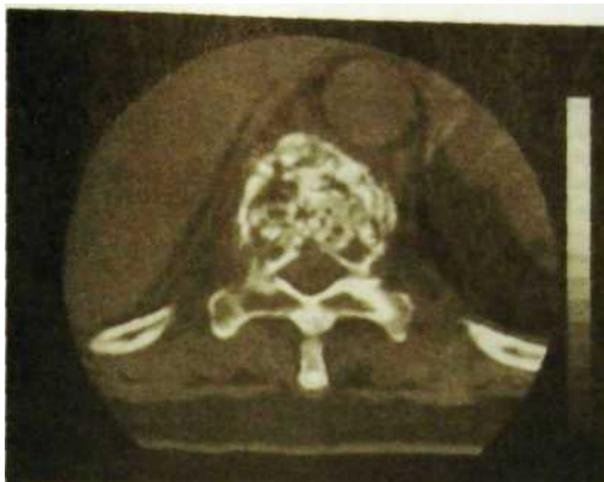


Рис. Ш.215. Компьютерная томограмма позвоночника. Метастазы злокачественной опухоли в тело позвонка.

К числу часто возникающих в позвоночнике патологических процессов относятся метастазы злокачественных опухолей в тела, дугах и отростках позвонков. Первоначально их обнаруживают как дефекты изображения на МР-томограммах. Почти с такой же частотой их можно выявить как «горячие» очаги на остеосцинтиграммах. Затем определяют очаги деструкции на компьютерных томограммах и рентгенограммах позвоночника (рис. Ш.215).

## 8. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

*Мир в наши дни так быстро движется вперед, что не успевает человек заявить о невозможности решения какой-либо задачи, как его перебивает другой, уже решивший ее.*

Элберт Хаббард

В 1918 г. в Государственном рентгенологическом и радиологическом институте в Петрограде была открыта первая в мире лаборатория для изучения анатомии человека и животных с помощью рентгеновского излучения. Советские ученые — А.С. Золотухин, М.П. Привес, С.А. Рейнберг, Д.Г. Рохлин и др. — тщательно изучили процессы окостенения, роста, формообразования и дифференцирования костной системы у человека, разработали анатомию скелета у людей разного возраста и разных профессий, заложили основы *рентгеноантропологии* и затем *рентгеноостеопатологии*.

Рентгенологический метод позволил получить новые данные об анатомии и физиологии опорно-двигательного аппарата: исследовать строение и функцию костей и суставов прижизненно, в целостном организме, при воз-

действию на человека разнообразных факторов внешней среды. Еще в дорентгеновскую эру, когда анатомия базировалась главным образом на анализе трупного материала, выдающийся русский анатом П.Ф. Лесгафт писал: «... мертвый препарат должен служить только проверкой и дополнением к изучаемому живому организму». Рентгенологические исследования дали возможность по-новому взглянуть на традиционные проявления болезней скелета, пересмотреть существовавшие до того классификации его поражений, описать много неизвестных до того патологических процессов в костях.

*Рентгенограммы — основной способ изучения лучевой морфологии костей в норме и при патологии.*

Для исследования ранних изменений в замыкающих пластинках эпифизов и субхондральном слое кости выполняют снимки с прямым увеличением рентгеновского изображения. При исследовании сложно устроенных отделов скелета (череп, позвоночник, крупные суставы) большую пользу приносит обычная (линейная) томография.

Постепенно в ряд наиболее эффективных способов исследования опорно-двигательного аппарата выдвигается компьютерная томография. Магнитно-резонансная томография оказалась самым ценным методом исследования костного мозга, так как открыла пути обнаружения отека, некроза и инфаркта костного мозга и тем самым начальных проявлений патологических процессов в скелете. Кроме того, магнитно-резонансная томография и спектроскопия дали врачу возможность прижизненно изучать морфологию и биохимию хрящей и мягкотканых образований опорно-двигательной системы.

Новые пути диагностики заболеваний опорно-двигательной системы открыла и сонография. На сонограммах получают отображение инородные тела, слабо поглощающие рентгеновское излучение и потому невидимые на рентгенограммах, суставные хрящи, мышцы, связки и сухожилия, скопления крови и гнойной жидкости в околокостных тканях, околоуставные кисты и пр. Наконец, радионуклидная скинтиграфия оказалась эффективным способом исследования метаболических процессов в костях и суставах, поскольку обеспечила возможность изучения активности минерального обмена в костной ткани и синовиальной оболочке суставов.

## 8.1. Лучевая анатомия скелета

Скелет проходит сложный путь развития (рис. Ш.216). Оно начинается с формирования соединительнотканного скелета. Со второго месяца внутриутробной жизни последний постепенно преобразуется в хрящевой скелет (только свод черепа, кости лицевого черепа и тела ключиц не проходят хрящевую стадию). Затем осуществляется длительный переход от хрящевого к костному скелету, который завершается в среднем к 25 годам. Процесс окостенения скелета хорошо документируется с помощью рентгенограмм.

У новорожденного на концах большинства костей еще нет ядер окостенения и они состоят из хряща, поэтому эпифизы не видны на рентгенограммах и рентгенологические суставные щели кажутся необычайно широкими. В последующие годы точки окостенения появляются во всех эпифизах и апофизах. Слияние эпифизов с метафизами и апофизов с диафизами

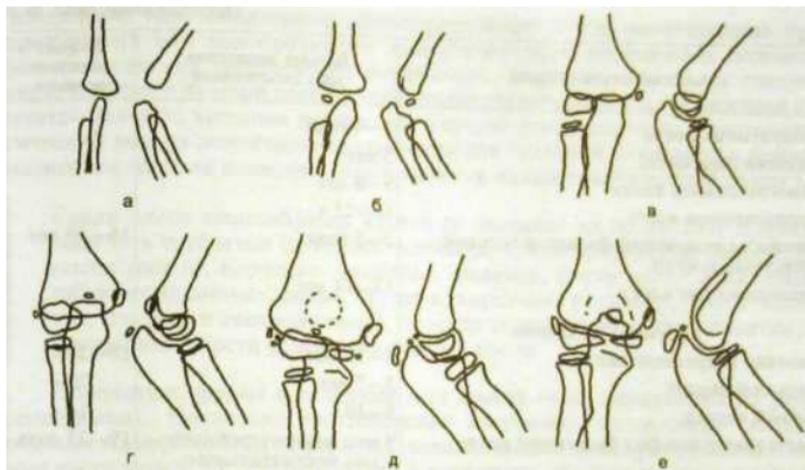


Рис. III.216. Схематические изображения костей локтевого сустава в разные возрастные периоды.

а — в возрасте 1 мес; б — 1 года; в — 5 лет; г — 10 лет; д — 12 лет; е — 17 лет.

(так называемое синостозирование) происходит в определенном хронологическом порядке и, как правило, относительно симметрично с обеих сторон. Порядок окостенения скелета конечностей представлен в табл. III.2.

**Таблица III.2. Сроки окостенения скелета конечностей**

Анатомическая область	Возраст появления ядра окостенения	Возраст синостозирования
<i>Верхняя конечность</i>		
Плечевой отросток (акромион)	16—18 лет	20—22 года
Клювовидный отросток	7—12 мес	16—18 лет
Головка плечевой кости	4—8 *	20—22 года
Головка мыщелка плечевой кости	11 мес — 2 года	19 лет
Блок плечевой кости	9—11 лет	19 *
Латеральный надмыщелок	9—12 *	19 *
Медиальный надмыщелок	6—9 *	19 *
Локтевой отросток *	9—11 *	17—19 лет
Головка лучевой кости	5—7 *	17—19 *
Дистальный эпифиз лучевой кости	7 мес — 3 года	21—23 года
Дистальный эпифиз локтевой кости	6—7 лет	19—21 год
Крючковидная кость	3—6 *	
Трехгранная кость	2—3 года	

Анатомическая область	Возраст появления ядра окостенения	Возраст синостеозирования
Полулунная кость Ладьевидная кость Многоугольная кость Гороховидная кость Эпифизы оснований фаланг и головок пястных костей Сесамовидные кости	3—4 года 5 лет 5—6 лет 10—11 » 2—3 года 13-14 лет	16-19 лет
<i>Нижняя конечность</i>		
Головка бедренной кости Большой вертел Малый вертел Дистальный эпифиз бедренной кости	8—10 мес 3-7 лет 8-10» 9 мес внутриутробного — 1 мес постнатального развития	18-20» 20» 18» 19-23 года
Проксимальный эпифиз бедренной кости	10 мес внутриутробного — 2 мес постнатального развития	20-23 »
Головка малоберцовой кости	3—4 года	21-23 »
Надколенник	4—5 лет	
Дистальный эпифиз большеберцовой кости	10 мес — 2 года	16-19 лет
Дистальный эпифиз малоберцовой кости	2 года	17-21 год
Пяточная кость	5—6 мес внутриутробного развития	
Пяточный бугор	6—9 лет	
Таранная кость	7—8 мес внутриутробного развития	
Кубовидная кость	10 мес внутриутробного развития	
Медиальная клиновидная кость	3—4 мес	
Промежуточная клиновидная кость	3-4	
Латеральная клиновидная кость	6-7 »	
Ладьевидная кость	4 года	
Эпифизы оснований фаланг и головок плюсневых костей	3 <	16—20 лет
Сесамовидные кости	12-14 лет	

Анализ формирования центров окостенения и сроков синостозирования имеет большое значение в лучевой диагностике. Процесс остеогенеза по тем или иным причинам может быть нарушен, и тогда возникают врожденные или приобретенные аномалии развития всего скелета, отдельных анатомических областей или отдельной кости.

С помощью лучевых методов могут быть выявлены различные формы нарушения окостенения скелета: асимметрия появления точек окостенения.

ускоренное или замедленное синостозирование и тд возникающие пои врожденных или приобретенных эндокринопатиях, нарушенияхТолового развития многих генетических поражений. Нередко включение специа-листа в области лучевой диагностики представляе? собой кЛГч к разгадке су-щества болезни, внешние проявления которой неопределенны. Рентгеноло-гический анализ остеогенеза важен также для судебной медицины и крими-налистики, так как позволяет установить так называемый костный возраст

Среди всего многообразия костей (у человека их более 200) принято выделять трубчатые (длинные: плечевая, кости предплечья бедренная кости голени; короткие: ключицы, фаланги, кости пясти и плюсны)' губчатые (длинные: ребра, грудина; короткие: позвонки, кости запястья, плюсны и сесамовидные), плоские (кости черепа, таза, лопатки) и смешанные (кости основания черепа) кости.

Положение, форма и величина всех костей четко отражаются на рентге-нограммах. Поскольку рентгеновское излучение поглощается главным образом минеральными солями, на снимках видны преимущественно плот-ные части кости, т.е. костные балки и трабекулы. Мягкие ткани — надкост-ница, эндост, костный мозг, сосуды и нервы, хрящ, синовиальная жид-кость — в физиологических условиях не дают структурного рентгеновского изображения, равно как окружающие кость фасции и мышцы. Частично все эти образования выделяются на сонограммах, компьютерных и особен-но магнитно-резонансных томограммах (рис. Ш.217, Ш.218).

Костные балки губчатого вещества состоят из большого числа тесно прилегающих друг к другу костных пластинок, которые образуют густую сеть, напоминающую губку, что и послужило основанием для на-звания данного вида костной структуры — губчатая. В корковом слое костные пластинки расположены очень плотно. Метафизы и эпифизы состоят преимущественно из губчатого вещества. Оно дает на рентге-нограмме особый костный рисунок, составленный переплетенными костными балками. Эти костные балки и трабекулы располагаются в виде изогнутых пластинок, соединенных поперечными перекладина-ми, или имеют вид трубок, образующих ячеистую структуру. Соотно-шение костных балок и трабекул с костномозговыми пространствами определяет костную структуру. Она, с одной стороны, обусловлена ге-нетическими факторами, а с другой — в течение всей жизни человека находится в зависимости от характера функциональной нагрузки и во многом определяется условиями жизни, труда, спортивными нагрузками.

*На рентгенограммах трубчатых костей различаются диафизы, ме-тафизы, эпифизы и апофизы (рис. Ш.219). Диафиз - это тело кости.* В нем на всем протяжении выделяется костномозговой канал. Он окружен компактным костным веществом, которое обуславливает интен-сивную однородную тень по краям кости - ее кортикальный слой, ко-торый постепенно истончается по направлению к метафизам. Наруж-ный контур кортикального слоя резкий и четкий, в местах прикре-пления связок и сухожилий мышц он неровный. Некоторые из этих нер-овностей (например, бугристость большеберцовой кости) развивают-ся из самостоятельных ядер окостенения и до момента синостозирова-



Рис. III.217. Магнитно-резонансная томограмма стопы в боковой проекции. Дифференцированное изображение всех анатомических элементов, включая сухожилия, мышцы, фасии.



Рис. 111.218. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава. Четко вырисовываются мениски и другие мягкотканые образования.



Рис. Ш.219. Обзорная рентгенограмма таза.

1 — губчатое вещество подвздошной кости; 2 — головка бедренной кости; 3 — эпифизарный ростковый хрящ; 4 — ядро окостенения большого вертела; 5 — апофизарный ростковый хрящ; 6 — кортикальный слой бедренной кости; 7 — тень металлического экрана для защиты гонад от рентгеновского излучения.

*чатойкост, Костномозгового о ка "ТМ<>". устоят преимущественно из губчатой кости и носят название «метафизы». У детей они отделены от суставного конца кости - эпифиза Г светлой полоской эпиметафизу ист П° СТКОВОГО «РЯТ • Ко Р™кальный й слой по направлению к эпифизу истончается и в области суставной поверхности превращается в очень тонкую замыкающую пластинку.*

*Апофиз — это выступ кости вблизи эпифиза, имеющий самостоятельное ядро окостенения; он служит местом начала или прикрепления мышц. Суставной хрящ на рентгенограммах не дает тени. Вследствие этого между эпифизами, т.е. между суставной головкой одной кости и суставной впадиной другой кости, определяется светлая полоса, называемая рентгеновской суставной щелью.*

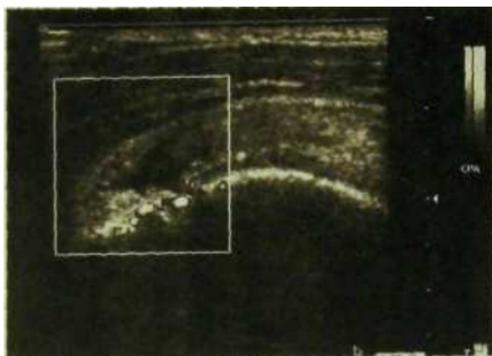


Рис. III.220. Сонограмма плечевого сустава. Разрыв ротатора.

Рентгеновское изображение *плоских костей* существенно отличается от картины длинных и коротких трубчатых костей. В своде черепа хорошо дифференцируется губчатое вещество (диплоический слой), окаймленное тонкими и плотными наружной и внутренней пластинками. В костях таза выделяется структура губчатого вещества, покрытого по краям довольно выраженным кортикальным слоем. *Смешанные кости* в рентгеновском изображении имеют различную форму, которую можно правильно оценить, производя снимки в разных проекциях.

Особенностью ЛТ является изображение костей и суставов в аксиальной проекции. Кроме того, на компьютерных томограммах получают отражение не только кости, но и мягкие ткани; можно судить о положении, объеме и плотности мышц, сухожилий, связок, наличии в мягких тканях скоплений гноя, опухолевых разрастаний и т.д.

Чрезвычайно эффективным методом исследования мышц и связочного аппарата конечностей — *сонография*. Разрывы сухожилий, поражения их манжет, выпот в суставе, пролиферативные изменения синовиальной оболочки и синовиальные кисты, абсцессы и гематомы в мягких тканях — таков далеко не полный перечень патологических состояний, выявляемых с помощью ультразвукового исследования (рис. III.220).

Особо нужно остановиться на *радионуклидной визуализации скелета*. Ее выполняют путем внутривенного введения меченных технецием фосфатных соединений ( $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфат,  $^{99m}\text{Tc}$ -дифосфонат и др.). Интенсивность и скорость включения РФП в костную ткань зависят от двух основных факторов — величины кровотока и интенсивности обменных процессов в кости. Как увеличение, так и снижение кровообращения и метаболизма неизбежно отражаются на уровне включения РФП в костную ткань, поэтому находят свое отображение на скинтиграммах.

В случае необходимости проведения исследования сосудистого компонента применяют *трехэтапную методику*. На 1-й минуте после внутривенной инъекции РФП в памяти компьютера регистрируют *фазу артериального кровообращения*, со 2-й по 4-ю минуту следует динамическая серия «кровяного пула». Это — *фаза общей васкуляризации*. Через 3 ч про-

изводят *сцинтиграмму*, которая является «*метаболическим*» изображением скелета.

У здорового человека РФП сравнительно равномерно и симметрично накапливается в скелете (см. рис. 11.27). Его концентрация выше в зонах роста костей и области суставных поверхностей. Кроме того на сцинтиграммах появляется тень почек и мочевого пузыря, так как около 50 % РФП выводится в эти же сроки через мочевой тракт. Снижение концентрации РФП в костях наблюдается при аномалиях развития скелета и нарушениях обмена веществ. Отдельные участки слабого накопления («*холодные очаги*») обнаруживаются в области костных инфарктов и асептического некроза костной ткани.

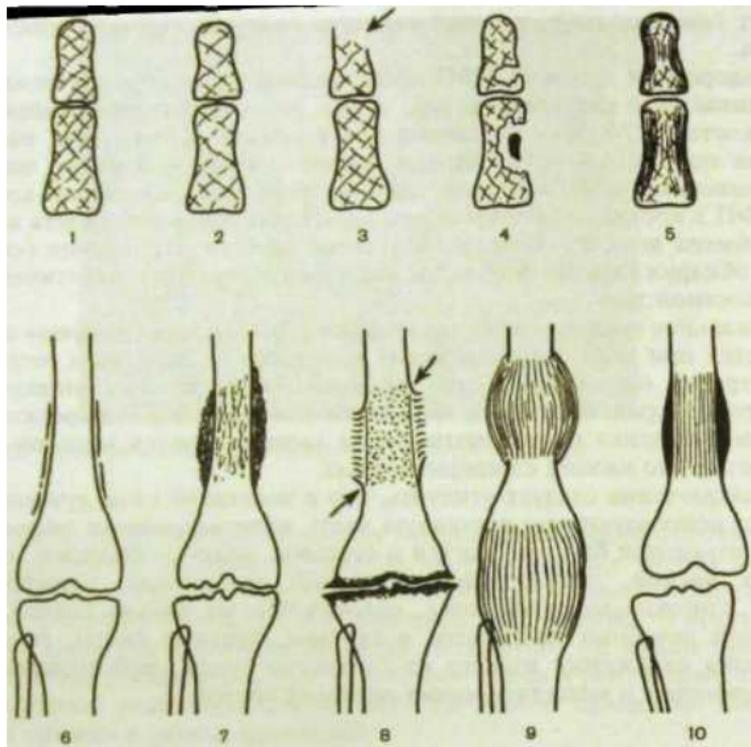
Локальное увеличение концентрации РФП в кости («*горячие очаги*») наблюдается при ряде патологических процессов — переломах, остеомиелитах, артритах, опухолях, но без учета анамнеза и клинической картины болезни расшифровать природу «горячего» очага обычно невозможно. Таким образом, методика остеосцинтиграфии характеризуется высокой чувствительностью, но низкой специфичностью.

В заключение следует отметить, что в последние годы лучевые методы широко используют как составную часть *интервенционных вмешательств*. К ним относятся биопсия костей и суставов, включая биопсию межпозвоночных дисков, подвздошно-крестцового соединения, периферических костей, синовиальных оболочек, околосуставных мягких тканей, а также инъекции лечебных препаратов в суставы, костные кисты, гемангиомы, аспирация отложений извести из слизистых сумок, эмболизация сосудов при первичных и метастатических опухолях костей.

## 8.2. Лучевые симптомы и синдромы поражения скелета

Патологические процессы, развивающиеся в опорно-двигательном аппарате, приводят к различным и весьма полиморфным рентгенологическим проявлениям. При этом, с одной стороны, одни и те же заболевания в зависимости от индивидуальных особенностей пациента и стадии болезни могут вызывать различные симптомы, а с другой — противоположные по характеру и прогнозу патологические состояния иногда сопровождаются очень схожими изменениями. В связи с этим оценивать рентгенологические данные следует только с учетом клинической картины и результатов лабораторных исследований. Нужно также иметь в виду, что рентгенограмма, отображающая лишь минерализованную основу кости, может быть нормальной при поражениях мягких тканей опорно-двигательного аппарата. Вследствие этого в течении многих заболеваний выделяют скрытый («*рентгенонегативный*») период. Таким пациентам необходимо производить другие лучевые исследования — КТ, МРТ, сонографию, остеосцинтиграфию.

Основные отклонения от нормы, наблюдаемые при рентгенологическом исследовании, можно сгруппировать следующим образом: 1) изменения положения, формы и величины костей; 2) изменения поверхности костей (их контуров на рентгенограммах); 3) изменения костной структуры: а) нарушение целостности костных балок; б) перестройка струк-



**Рис. III.221.** Рентгенологические проявления поражений костей и суставов (схема). 1—5 — изменения структуры костей: 1 — нормальная структура, 2 — остеопороз, 3 — остеолиз концевой фаланги (указано стрелкой), 4 — очаги деструкции и секвестр; 5 — остеосклероз; 6—10 — изменения надкостницы и суставов; 6 — отслоенный периостит, 7 — бахромчатый (кружевной) периостит и артрит (деструкция суставных поверхностей), 8 — игольчатый периостит (спикулы), периостальные «козырьки» (указаны стрелками), деформирующий артроз, 9 — «луковичный» периостит, костный анкилоз, 10 — ассимиляция периостальных наслоений, подвывих в суставе.

туры кости; в) остеолиз и остеонекроз; г) деструкция и секвестрация костной ткани; 4) изменения рентгеновской суставной щели (рис. III.221).

Первая группа признаков почти не нуждается в пояснениях. **Изменения положения костей** могут быть как аномалией развития, так и следствием переломов и вывихов. **Изменение** нормальной **формы кости** бывает при аномалиях развития или возникает вследствие снижения прочности кости (при витаминной недостаточности, деминерализации кости и др.). **К изменению величины кости** ведет ее разрушение или новообразование. Утолщение кости принято называть **гиперостозом**. Он образуется в результате повышенной функциональной нагрузки или избыточного разрастания и окостенения надкостницы при расстройствах кровообращения, интоксикациях, воспалительных поражениях. Равномерное уменьшение кости проис-

ходит при ее недоразвитии или атрофии. **Причиной** атрофии чаще всего являются ограничения локомоторной функции скелета и нейродистрофические нарушения.

**Изменения наружной поверхности кости** наблюдаются при деструкции кортикального слоя воспалительного или опухолевого происхождения. Кроме того, на кости могут быть выступы, связанные с нарушением развития (экзостозы) или воспалительным процессом (остеофиты), но наиболее часто изменения контуров кости объясняются структурными сдвигами в надкостнице.

В норме надкостница на рентгенограммах не видна, но в патологических условиях она нередко обызвествляется и окостеневает. В зависимости от природы процесса (воспалительная или невоспалительная) его называют **периоститом** или **периостозом**. При воспалительных поражениях надкостница отодвигается от поверхности кости экссудатом и обызвествляется. Это — так называемый **отслоенный периостит** (см. рис. III.221). Он имеет вид нежной узкой прерывистой полоски, расположенной на некотором расстоянии от контура кости. Затем масса обызвествленной надкостницы увеличивается и она иногда приобретает вид бахромы от портьеры («бахромчатый», или «кружевной», периостит). При костных опухолях — саркомах — наблюдаются окостенение надкостницы, отодвинутой от краев новообразования, — **периостит** в виде козырька, а также окостенения по ходу сосудов, идущих из надкостницы в кость (их не вполне точно называют **игльчатым периоститом**). Добавим, что сонография позволяет обнаруживать изменения объема надкостницы и находящиеся под ней скопления крови или гноя в «рентгенонегативный» период.

**Изменения костной структуры** возникают прежде всего при переломах и выражаются в перерыве костных балок и трабекул: в кости появляется линия, или щель, перелома, имеющая различное направление и протяженность (подробнее см. далее). При нейродистрофических поражениях может наблюдаться **рассасывание костной ткани**, при котором на снимках обнаруживаются неправильной формы дефект костного вещества с расплывчатыми границами. При расстройстве питания костной ткани развивается **остеонекроз**. Омертвевший участок кажется более плотным на фоне окружающей кости. Костные балки в области некроза не выдерживают обычной нагрузки и спрессовываются, что приводит к деформации кости и еще большему повышению интенсивности ее тени.

При ряде заболеваний возникает **деструкция** — разрушение костных балок и целых участков кости и замещение их гноем, грануляциями или опухолевой тканью. На рентгенограмме очаг деструкции выглядит как дефект кости. Контуров свежих деструктивных очагов неровные, в то время как края давно существующих очагов становятся ровными и уплотненными. Деструкция нередко ведет к отторжению костных фрагментов и их омертвлению. Такие свободно лежащие и некротизированные куски кости называют **секвестрами**.

Большое значение в рентгенодиагностике имеет симптом **перестройки костной структуры**. Под перестройкой кости понимают любое изменение костной структуры, сопровождающееся появлением новой структуры взамен предшествовавшей. Различают **физиологическую** и **патологическую** перестройку. К физиологической относят все виды изме-

нения структуры кости, возникающие в процессе нормальной жизнедеятельности человека под влиянием тех или иных условий труда и быта, занятой спортом. Такая перестройка происходит в костной системе здорового человека на протяжении всей жизни. Для нее характерно уравнивание процессов соиздания и рассасывания кости. Патологическая перестройка может совершаться в результате дистрофических, воспалительных и других процессов и обычно сопровождается преобладанием процессов рассасывания или новообразования костных элементов.

Наиболее часто наблюдается один из видов перестройки — остеопороз (разрежение кости). Он выражается в равномерном уменьшении количества костных балок в единице объема кости. На рентгенограммах остеопороз проявляется повышением прозрачности кости, истончением кортикального слоя и расширением костномозгового канала, подчеркнутостью контуров кортикального слоя вокруг всей кости. В губчатом веществе эпифизов, метафизов и в плоских костях наблюдается крупнопетлистая костная структура (см. рис. III.22!). Остеопороз может иметь пятнистый характер и проявляться в виде отдельных мелких или более крупных участков просветления либо быть диффузным и равномерным. *По протяженности различают 4 формы остеопороза: местный, регионарный, распространенный и системный.* Местный остеопороз — ограниченный участок разрежения костной структуры; обычно это начальное проявление деструкции кости. Регионарным называют остеопороз, захватывающий целую анатомическую область. Как правило, разрежение костной структуры определяется в суставных концах костей при артритах. Распространенным считают остеопороз, распространяющийся на все кости одной конечности, что обычно связано с нарушением кровообращения или иннервации этой конечности. Системный остеопороз поражает весь скелет.

Пол остеосклерозом понимают такое изменение костной структуры, при котором отмечается увеличение количества костного вещества в единице объема кости. В губчатом веществе определяется мелкопетлистая структура вплоть до такой, при которой неразличим костный рисунок. В длинных костях отмечаются утолщение кортикального слоя и сужение костномозгового канала.

Остеосклероз может быть *ограниченным* или *системным*. Последняя форма наблюдается сравнительно редко: при некоторых врожденных болезнях (мраморная болезнь), отравлениях соединениями фтора (флюороз). Множественные участки остеосклероза в костях выявляются при интоксикации тяжелыми металлами, некоторых видах лейкоза, деформирующей остеоидистрофии, почечной остеоидистрофии, остеобластических метастазах рака.

Своеобразным видом перестройки являются так называемые *лоозеровские зоны перестройки*. Они развиваются в тех случаях, когда нормальная кость подвергается чрезмерной нагрузке или физиологическая нагрузка прилагается к патологически измененной кости (например, при витаминной недостаточности). При этом в области перегрузки возникает острый асептический некроз. Чаще всего он проявляется как поперечно или косо идущая в кости полоса просветления, в которой уже не видно костных балок. Если нагрузка прекращена и проведена иммобилизация, то благодаря деятельности надкостницы и эндоста образуется подобие костной мозоли и формируется новая структура, которая может выдержать

повышенную нагрузку. В противном случае может возникнуть настоящий перелом («стресс-перелом»).

**Изменение рентгеновской суставной щели** – признак поражения сустава. Равномерное сужение суставной щели чаще всего указывает на дистрофическое состояние суставных хрящей (см. рис. Ш.221) Неравномерное сужение наблюдается при артритах и может сочетаться с разрушением замыкающих пластинок и субхондрального слоя сочленяющихся костей. При фиброэозином анкилозе определяется исчезновение замыкающей костной пластинки, а при костном анкилозе — переход костных балок из одного эпифиза в другой.

Выше перечислены далеко не все рентгенологические симптомы повреждений и заболеваний скелета, но и из изложенного ясно, сколько разнообразных и нестандартных сочетаний их может наблюдаться в реальной действительности. Хотя рентгеновское изображение кости кажется демонстративным и понятным, для точного распознавания ее поражений от врача требуются хорошая общая клиническая подготовка и педантичный анализ лучевой семиотики.

Как-то раз фирма «Фармфабрик» забыла выслать бланки заказов аптеке № 210 города Нью-Йорка и, несмотря на повторные запросы, так ничего и не прислала. Это заставило Роберта Фиша, провизора аптеки, послать фирме вместе с составленным от руки заказом письмо следующего содержания: "Господа! Ваш компьютер, ведающий сбытом готовой продукции, и я плохо понимаем друг друга. Если вы больше не высылаете бланков заказов, то, пожалуйста, дайте нам знать об этом, только и всего. Неужели в вашей фирме больше не работает никто из обыкновенных живых людей, кто бы мог ответить нам? Нью-Йорк. Аптека № 210».

Через некоторое время вместе с очередной партией медикаментов в аптеку пришел ответ: "Дорогой сэр! Заполните, пожалуйста, шесть бланков заказов. И, пожалуйста, извините нас за задержку. Дело в том, что, к великому нашему сожалению, нам все еще приходится использовать в качестве служащих обыкновенных людей. В этом-то вся беда! Подпись: ИБМ-402».

*(-Знание-сила».- 1989.- Ns 2)*

### **8.3. Повреждения костей и суставов**

Лучевое исследование скелета производят по назначению лечащего врача. Оно показано при всех повреждениях опорно-двигательного аппарата. Основой исследования является рентгенография кости (сустава) в двух взаимно перпендикулярных проекциях. На снимках должно быть получено изображение всей кости со смежными суставами или сустава с прилежащими отделами костей. Обследованию в рентгеновском кабинете подлежат все пострадавшие, у которых сохранено сознание и нет угрожающих жизни признаков повреждения внут-

ренных органов и сосудов. Остальные пострадавшие по клиническим показаниям могут быть обследованы в палате или перевязочной с помощью передвижного рентгеновского аппарата. Отказ от рентгенографии при повреждении костей и суставов является врачебной ошибкой.

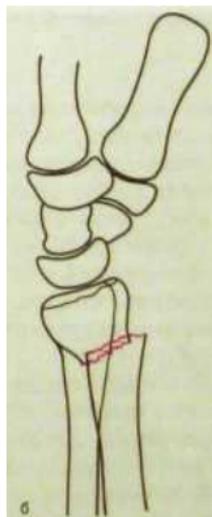
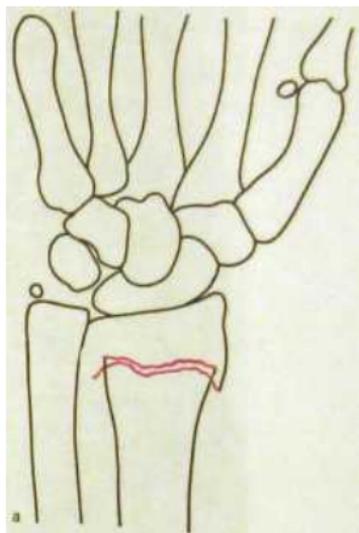
Снимки рекомендуется производить после того, как травматолог сделает местное обезболивание, что облегчает состояние больного и фиксацию конечности во время съемки. В тех случаях, когда по рентгенограммам в двух проекциях не удается точно определить наличие и характер повреждения, выполняют дополнительные снимки: рентгенограммы в косых проекциях, прицельные снимки, линейные томограммы. По специальным показаниям производят сонографию, КТ и МРТ.

Основные рентгенологические признаки перелома трубчатых и плоских костей общеизвестны — это линия (щель) перелома и смещение отломков (рис. III.222).

*Линия, или щель, перелома* представляет собой светлую полоску с неровными и нередко зазубренными краями. Классическим примером такой линии является трещина в одной из костей свода черепа (см. рис. III.192). Линия перелома более четко вырисовывается в кортикальном слое кости, затем пересекает ее в различном направлении. Если она не достигает противоположного края кости, то говорят о неполном переломе. В этих случаях не возникает заметного смещения отломков. При полном переломе смещение отломков наблюдается как правило. Оно обусловлено как самой травмой, так и тягой мышц.

Характер *смещения отломков* определяют по снимкам в двух взаимно перпендикулярных проекциях. *Различают смещение по длине (продольное, которое может происходить с захождением, вклиниванием или расхождением отломков), по ширине (боковое), по оси (угловое) и по периферии, т.е. с поворотом одного из отломков вокруг своей продольной оси.* Величину продольного или бокового смещения указывают в сантиметрах, а углового и по периферии — в градусах.

По рентгенограммам необходимо обязательно проследить, не проходит ли линия перелома через суставную поверхность кости, т.е. не является ли перелом *внутрисуставным* (рис. III.223). Кроме того, следует обратить внимание на состояние костной ткани вокруг щели перелома, чтобы исключить патологический перелом, т.е. повреждение, возникшее в уже пораженной кости (в частности, в области развития опухоли; рис. III.224). В детском возрасте изредка наблюдается *эпифизеолит* — *травматическое отделение эпифиза кости от метафиза*. Линия перелома при этом проходит по ростковому хрящу, но обычно слегка загибается на метафиз, от которого отламывается небольшой костный фрагмент. У детей сравнительно часто наблюдаются *неполные и поднадкостничные переломы* трубчатых костей. При них линия перелома не всегда видна и основным симптомом является угловой изгиб наружного контура кортикального слоя. Для того чтобы уловить этот признак, нужно скрупулезно рассмотреть контур кости на всем протяжении.



**Рис. III.222.** Рентгенограммы лучезапястного сустава в прямой (а) и боковой (б) проекциях и схемы к ним. Перелом эпиметафиза лучевой кости, отрыв шиловидного отростка локтевой кости, разрыв дистального лучелоктевого соединения.



Рис. III.223. Абдукционный внутрисуставной перелом шейки бедренной кости.

*Переломы огнестрельного происхождения* имеют ряд особенностей. В костях свода черепа, таза и других плоских костях они преимущественно дырчатые и сопровождаются многочисленными радиальными трещинами. Сходные повреждения наблюдаются в метафизах и эпифизах. В диафизах чаще возникают *оскольчатые переломы* с множественными осколками и трещинами. Огнестрельные повреждения нередко сопровождаются проникновением инородных тел в кости и мягкие ткани. Металлические инородные тела обнаруживают по рентгенограммам, тогда как неконтрастные к рентгеновскому излучению инородные тела выявляют с помощью сонографии.

Таким образом, в подавляющем большинстве случаев обычные рентгеновские снимки позволяют установить характер повреждения кости. Однако бывают ситуации, когда смещение отломков отсутствует, а линия перелома видна неотчетливо или ее не удастся отличить от нормальных анатомических образований, например при переломах отдельных костей свода и основания черепа, лицевого черепа, дуг и отростков позвонков, повреждения крупных суставов. В этих случаях приходится дополнительно применять линейную или компьютерную томографию. Достоверным вспомогательным способом диагностики служит радионуклидное исследование —



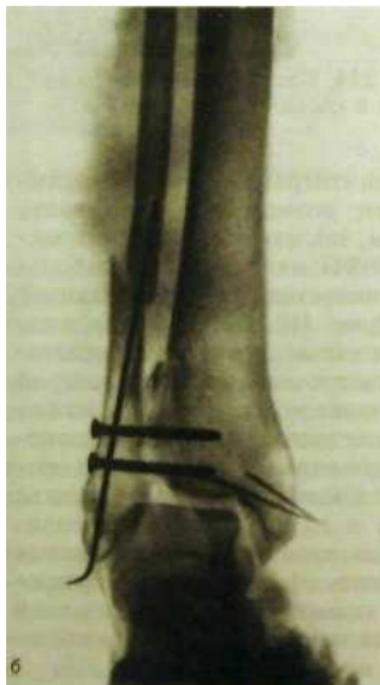
**Рис. III.224.** Патологический перелом диафиза плечевой кости в области метастазов рака в кости.

остеосцинтиграфия. Сцинтиграммы дают возможность установить перелом, так как в области повреждения **РФП** накапливается в большем количестве, чем в окружающей кости (рис. III.225). В общем виде типовая схема лучевого обследования пострадавшего при острой травме конечности приведена ниже.

После консервативного или оперативного вправления перелома производят контрольные рентгеновские снимки в двух взаимно перпендикулярных проекциях. Они позволяют оценить эффективность вправления и правильность расположения штифтов и пластинок при металлическом остеосинтезе (рис. III.226).

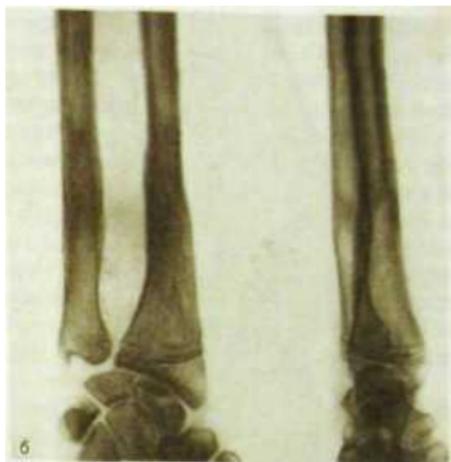
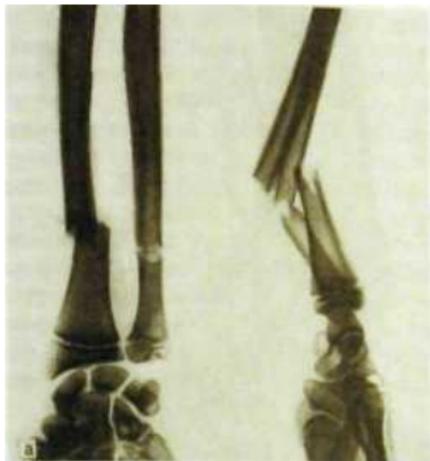
**Рис. III.225.** Сцинтиграмма. Повышенное накопление **РФП** в области перелома эпиметафиза лучевой кости.





**Рис. III.226.** Металлический остеосинтез при переломе костей голени с вывихом стопы.

а — после травмы; б — после операции.



**Рис. III.227.** Рентгенограммы предплечья.

а — после травмы; б — через 1 год: хорошо сформированная костная мозоль.

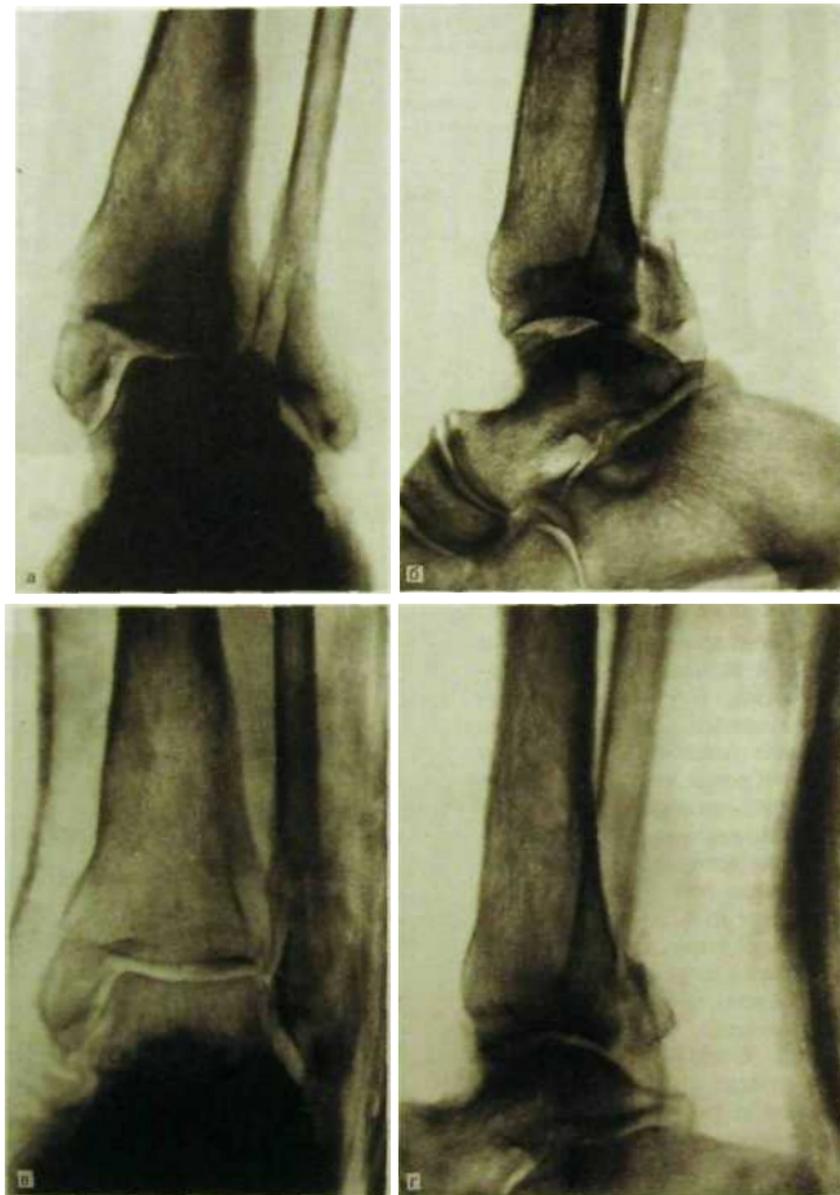
При консервативном лечении перелома с помощью фиксирующих повязок (например, гипсовой) повторные рентгенограммы выполняют после каждой смены повязки. Кроме того, повторные снимки производят при подозрении на осложнение перелома.

При *огнестрельных повреждениях* грозным осложнением является газовая инфекция. На рентгенограммах определяются увеличение объема мягких тканей и потеря четкости очертаний отдельных мышечных групп в области перелома. Специфическим признаком служит появление газовых пузырьков и расслоение мышечных волокон скоплениями газа. Газ поглощает рентгеновское излучение слабее, чем окружающие ткани, поэтому обуславливает ясно видимые просветления.

В последующем рентгенограммы производят для оценки состояния костной мозоли между отломками (рис. III.227). При



**Рис. III.228.** Рентгенограмма предплечья. Вывих головки плечевой кости.



**Рис. III.229.** Рентгенограммы голеностопного сустава в прямой и боковой проекциях до вправления отломков (а, б) и после репозиции отломков и наложения гипсовой повязки (в, г) Внутрисуставной перелом внутренней и наружной лодыжек и заднего края эпифиза большеберцовой кости. Разрыв дистального межберцового соединения.

нормальном ходе заживления у взрослых первые островки извести определяются в мозоли лишь через I мес после травмы (у детей - в более ранний срок). Каждый врач должен это знать, чтобы не назначать лишних рентгенограмм. В первую декаду после повреждения щель перелома видна особенно отчетливо вследствие рассасывания поврежденных костных балок в концах отломков. В этот период отломки связаны соединительнотканной мозолью. Во вторую декаду она превращается в остеондную. Последняя по строению похожа на костную, но не содержит извести и не выделяется на снимках. В это время рентгенолог по-прежнему улавливает линию перелома и к тому же отмечает наступающую перестройку кости — остеопороз. В третьей декаде врач может прощупать плотную мозоль, фиксирующую отломки, но на рентгенограммах эта мозоль все еще не отображается. Полное обызвествление мозоли происходит за 2—5 мес, а ее функциональная перестройка продолжается весьма длительное время.

При хирургическом лечении переломов хирург определяет необходимые сроки для выполнения контрольных снимков. Необходимо проверить развитие костной мозоли, положение металлических фиксирующих приспособлений, исключить осложнения (некроз или воспаление кости и др.).

К нарушениям заживления переломов относится замедленное образование костной мозоли, но его не нужно смешивать с несращением перелома и формированием ложного сустава. Отсутствие костной мозоли не является доказательством развития ложного сустава. О нем свидетельствует зарастание костномозгового канала в концах отломков и образование по их краю замыкающей костной пластинки.

*Рентгенодиагностика вывихов* относительно проста: на снимках определяется отсутствие головки в суставной впадине — полное несоответствие суставных концов костей (рис. III.228). Особенно важно проследить, не сопровождается ли вывих отрывом костных фрагментов от суставных концов. Костные осколки могут препятствовать нормальному вправлению вывиха. Для того чтобы распознать подвывих, необходимо тщательно рассмотреть взаимоотношения суставной головки и суставной впадины. На *подвывих* указывают частичное несоответствие суставных поверхностей, а также клиновидная форма рентгеновской суставной щели (рис. III.229).

## 8.4. Заболевания костей и суставов

Лучевая диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата — увлекательная и вместе с тем очень сложная область знания. Описано свыше 300 болезней и аномалий развития костей и суставов. Каждое заболевание характеризуется определенной динамикой - от начальных проявлений, нередко неувидимых при лучевом исследовании, до грубых деформаций и разрушений. К тому же патологический процесс может развиваться как во всем скелете, так и практически в любой из 206 составляющих его костей. На симптомы болезни влияют возрастные особенности скелета, свойства возбудителя, многочисленные регуляторные, в том числе эндокринные влияния. В связи с изложенным понятно, насколько неоднотип-

ны рентгенограммы каждого больного, как вдумчиво врач должен рассмотреть совокупность анамнестических, клинико-рентгенологических и лабораторных данных, чтобы поставить правильный диагноз.

### 8.4.1. Системные и распространенные поражения

Системные и распространенные поражения имеют в основе одно из 5 патологических состояний: 1) аномалии развития костно-суставного аппарата; 2) расстройств белкового, витаминного или фосфорно-кальциевого обмена; 3) поражение других органов и систем (эндокринных желез, системы крови, печени, почек); 4) генерализованные опухолевые процессы; 5) экзогенные интоксикации (включая ятрогенные воздействия, например лечение стероидными гормонами).

**Врожденные нарушения** развития возникают внутриутробно. После рождения они могут прогрессировать, но в основном до тех пор, пока продолжатся рост и дифференцировка костно-суставной системы. Некоторые из этих аномалий протекают скрыто, и их случайно выявляют при рентгенологическом исследовании, другие вызывают выраженные расстройства функций скелета. Системные аномалии оказывают влияние на состояние всего костно-суставного аппарата, но наиболее выражено поражение тех или иных отделов. Если нарушение развития произошло в период формирования соединительнотканного скелета, то возникают различные варианты фиброзной дисплазии, а если во время образования хрящевого скелета — хрящевой дисплазии (дисхондроплазии). Многие аномалии связаны с нарушениями, происходящими в период замены хрящевого скелета костным (костные дисплазии). К ним принадлежат изолированные и сочетанные пороки энхондрального, периостального и эндостального окостенения.

Рентгенологические симптомы системных и распространенных аномалий разнообразны. Среди них выделяются изменения величины, формы и структуры костей. Например, для такой хрящевой дисплазии, как *хондродистрофия*, характерны непропорционально короткие и плотные кости конечностей с расширенными в виде раструбов метафизами и массивными эпифизами. При таком пороке, как *арахнодактилия*, наоборот, трубчатые кости непомерно удлинены, тонкие. При множественных хрящевых экзостозах на поверхности костей конечностей появляются причудливые выступы, состоящие из костной и хрящевой ткани (рис. III.230). При *хондроматозе* костей на рентгенограммах определяются разнообразной формы хрящевые включения в расширенные метафизы длинных трубчатых костей.

**Аномалии эндостального окостенения** нередко выражаются в уплотнении костной ткани. Наблюдателя поражает *мраморная болезнь*; при ней кости черепа, позвонки, кости таза, проксимальные и дистальные отделы бедренных костей очень плотные, на снимках они кажутся сделанными из слоновой кости и бесструктурными. А при таком пороке, как *остеопойкилия*, чуть ли не во всех костях определяются множественные островки компактного костного вещества.



Рис. III.230. Рентгенограмма плечевой кости. Большой костно-хрящевой экзостоз.

**Эндокринные и обменные нарушения** проявляются в задержке или изменении нормального роста костей в длину и системном остеопорозе. Классическим примером таких нарушений служит рахит. Кости при нем сильно разрежены и нередко искривлены, так как не выдерживают обычной нагрузки. Метафизарные отделы костей расширены в виде блюдца, их концы, обращенные в сторону эпифиза, имеют вид бахромы. Между метафизом и эпифизом расположена широкая светлая полоса, представляющая собой сумму росткового хряща и остеοидного вещества, которое своевременно не подверглось обызвествлению. Экзогенные интоксикации наиболее часто приводят к системному остеопорозу, но при попадании в организм ребенка солей тяжелых металлов в дистальной части метафизов обнаруживается поперечная интенсивная полоса затемнения. Своеобразную картину можно наблюдать при длительном проникновении в организм *фтористых соединений*: на снимках отмечается системный склероз костей, напоминающий мраморную болезнь. *В клинике системные поражения скелета наиболее часто наблюдаются при опухолевых поражениях: метастазах рака в кости, миеломной болезни, лейкозах, лимфобластомах, в том числе лимфогранулематозе.* При всех этих заболеваниях в костном мозге могут образовываться опухолевые очаги, которые ведут к разрушению костной ткани. Пока разрушения невелики, их можно обнаружить главным образом посредством остеосцинтиграфии (рис. III.231). Когда очаги увеличиваются, они определяются на рентгено-



**Рис. III.231.** Скintiграмма скелета. Множественные «горячие» очаги в костях — метастазы злокачественной опухоли. Накопление РФП в почках и мочевом пузыре объясняется выведением РФП из организма почками.

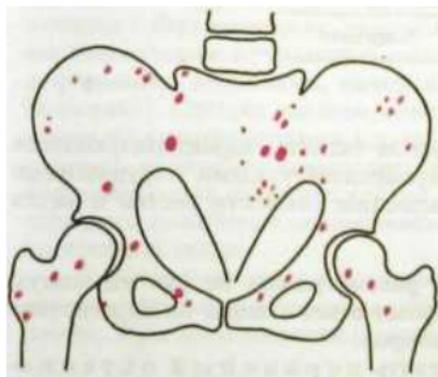
граммах в виде участков деструкции. Такие очаги называют *остеолитическими* (см. рис. III.199).

На образование опухолевых узелков костная ткань иногда отвечает выраженной остеобластической реакцией. Иными словами, вокруг узелков рака образуется зона склероза. Такие очаги обуславливают на рентгенограммах не дефекты, а очаги уплотнения в костях, которые называют *остеобластическими метастазами* (рис. III.232). Их нетрудно отличить от аномалий развития, при которых в костной ткани образуются плотные *остеосклеротические островки*: последние в противоположность метастазам опухоли не концентрируют РФП при остеосцинтиграфии.

В целом тактика обследования больного при подозрении на метастазы рака в костях (а это, к сожалению, весьма часто решаемая клиническая задача) отражена в приведенной ниже схеме (см. с. 450).

Целесообразно упомянуть еще об одном заболевании, часто принимающем системный характер, — о деформирующей остеодистрофии (болезнь Педжета). Ее характерным проявлением служит перестройка костной структуры, прежде всего своеобразное утолщение и вместе с тем разволокнение кортикального слоя: он как бы разделен на грубые костные пластинки. Трубочатые кости деформированы, костно-мозговой канал их перекрыт изobraжением пересекающихся в разных направлениях искривлен-

ных и утолщенных костных балок. В костях свода черепа и таза, обычно утолщенных, наблюдаются бесформенные участки склероза, иногда чередующиеся с дефектами костной ткани. Причина этой болезни не установлена, но ее рентгенологическая картина типична и обычно служит надежной основой диагноза.



**Рис. III.232.** Рентгенограмма таза и схема к ней. Множественные очаги склероза в костях — остеобластические метастазы рака.

**Остеопороз** принадлежит к числу наиболее часто встречающихся и одновременно важных системных заболеваний скелета. Впервые описал клиническую картину остеопороза и выделил его из остеомаляции Роттер в 1885 г. Однако только в 1940 г. после работ, проведенных известным американским остеологом F. Albright и представителями его школы, это заболевание становится известным широкому кругу врачей. Особую актуальность остеопороз приобрел в 60-е годы вследствие значительного увеличения числа пожилых людей и, что не менее важно, благодаря развитию методов лучевой диагностики этого заболевания. Особенно велика социальная значимость остеопороза, поскольку он является наиболее частой причиной переломов у лиц среднего и особенно пожилого возраста. Так, у 17 % мужчин и 32 % женщин в возрасте 80 лет возникают переломы шейки бедра, 20 % из них умирают, 25 % становятся инвалидами.



Системный остеопороз — это состояние скелета, характеризующееся уменьшением костной массы и микроархитектурными нарушениями костной ткани, приводящими к повышению ломкости костей и риска переломов.

Вероятнее всего, остеопороз следует рассматривать не как отдельную нозологическую форму, а как единообразный ответ скелета на воздействие различных эндогенных и экзогенных факторов.

Прежде всего необходимо четко выделить первичный остеопороз (его называют также старческим, или инволютивным). Одной из его разновидностей является постменопаузальный (пресенильный) остеопороз женщин. Изредка встречается ювенильный идиопатический остеопороз (болезнь «рыбьих» позвонков). Вторичный остеопороз возникает как следствие различных заболеваний или некоторых видов медикаментозной терапии.

От остеопороза, как первичного, так и вторичного, необходимо отличать **остеомаляцию** (демнерализация скелета вследствие воздействия различных факторов при сохраненной структуре органической матрицы кости), **гипостазы** (недостаточное образование костной ткани во время развития скелета) и **физиологическую возрастную атрофию**.

**К факторам риска развития остеопороза** можно отнести семейную predisположенность к этому заболеванию, женский пол, позднее начало менструаций, рано наступившую или вызванную хирургическим путем менопаузу-

зу, недостаток кальция в пище, увлечение кофеином и алкоголем курение лечение кортикостероидами, антикоагулянтами, противосудорожными средствами, метотрексатом, многократное лечение голодом для снижения массы тела («диетическое похудание»), гипермобильность. Существует особый тип «остеопоротичных людей» - это невысокие худощавые женщины с голубыми глазами и светлыми волосами, веснушками и гипермобильностью суставов. Такие женщины кажутся преждевременно состарившимися.

В понимании остеопороза как патологического состояния скелета важное значение имеет изучение динамики минерализации кости на протяжении жизни человека. Как известно, у представителей обоих полов кости формируются приблизительно до 25 лет, однако у женщин количество костной массы на 13 % меньше, чем у мужчин. Начиная с 40 лет кортикальная костная масса уменьшается у мужчин в среднем на 0,4 %, у женщин на 1 % ежегодно. Таким образом, общая потеря компактного вещества к 90 годам достигает 19 % у мужчин и 32 % у женщин. Динамика губчатого вещества иная: его убыль начинается намного раньше, чем компактного, — с 25—30 лет, с одинаковой скоростью у мужчин и женщин — в среднем по 1 % в год. Общая потеря губчатого вещества к 70 годам достигает 40 %. Особенно быстро уменьшается масса костного вещества у женщин в постменопаузальный период.

*Рентгенологическая диагностика остеопороза* включает ряд методов исследования. Прежде всего необходимо выполнить *рентгенографию позвоночника в двух проекциях, костей таза, черепа и кистей*. Рентгенологически признаками остеопороза являются повышение прозрачности костей и деформация позвонков, начиная от легкой и кончая выраженной («рыбьи позвонки»). Следует, однако, отметить, что визуальная оценка прозрачности кости по рентгенограмме весьма субъективна: человеческий глаз способен оценить изменение прозрачности рентгенограммы лишь при уменьшении костной массы не менее чем на 30—40 %. В связи с этим более важными являются различные *количественные* методы оценки минеральной плотности костной ткани.

В последние годы в клиническую практику введены *радионуклидные и рентгеноденситометрические абсорбционные методы определения плотности кости*. При этом выделяют несколько основных показателей.

- *Содержание минеральных солей в кости (ВМС — bone mineral content)*, измеряемое в граммах на 1 см (г/см).
- *Костная минеральная плотность (ВМД — bone mineral density)*, измеряемая в граммах на 1 см<sup>2</sup> (г/см<sup>2</sup>).
- *Костная минеральная объемная плотность (ВМВД — bone mineral volume density)*, измеряемая в граммах на 1 см<sup>3</sup> (г/см<sup>3</sup>).

Наиболее точным показателем является ВМС. Однако индекс ВМД более важен, так как лучше совпадает с повышением риска переломов, поэтому имеет большее прогностическое значение. Показатель ВМВД в настоящее время применяют сравнительно редко, так как для его получения требуется компьютерная томография с весьма сложной и дорогостоящей программой обработки данных.

В соответствии с рекомендациями ВОЗ принято следующее деление остеопороза и остеопении.

- *Норма.* Показатели **BMC** и **BMD** не выше 1 SD — стандартного квадратичного отклонения, полученного при обследовании референтной группы молодых субъектов.
- *Уменьшение костной массы (остеопения).* Показатели **BMC** и **BMD** в пределах от 1 до 2,5 SD.
- *Остеопороз.* Показатели **BMC** и **BMD** превышают 2,5 SD.
- *Тяжелый (стабильный) остеопороз.* Показатели **BMC** и **BMD** выходят за рамки 2,5 SD, при этом наблюдаются одиночный перелом или множественные переломы костей.

В настоящее время существует несколько количественных способов определения минерализации скелета. При *однофотонной абсорбциометрии* в качестве источника радиации используют  $^{125}\text{I}$ , имеющий энергию гамма-квантов 27,3 кэВ, для *двухфотонной абсорбциометрии* применяют в качестве источника радиации  $^{153}\text{Gd}$  с энергией квантов 44 и 100 кэВ. Однако наибольшей популярностью пользуется *однофотонная рентгеновская абсорбциометрия*. Это исследование проводится на специальных компактных рентгеновских приставках: изучают дистальную часть (содержание кортикальной кости 87 %) и эпифиз (содержание трабекулярной кости 63 %) костей предплечья.

Наиболее совершенным и распространенным методом является *двухфотонная рентгеновская абсорбциометрия*. Сущностью метода является сравнительный анализ двух пиков энергии рентгеновского излучения (обычно 70 и 140 кэВ). С помощью компьютера определяют параметры **BMC** и **BMD** в отдельных «зонах интереса» — обычно в поясничных позвонках, костях предплечья и проксимальном отделе бедренной кости. В настоящее время данный метод является основным диагностическим тестом при организации скрининга с целью выявления инволютивного остеопороза у пожилых лиц и женщин в до- и постменопаузальном периоде. Обнаружение пониженной минерализации скелета позволяет провести своевременную терапию и снизить риск возникновения переломов.

*Количественная компьютерная томография* служит для определения минерализации скелета, в основном позвоночника, предплечья и большеберцовой кости. Принципиальной особенностью метода является возможность определения минерализации губчатой кости, которая, как известно, наиболее рано рассасывается при остеопорозе. Новым направлением КТ стал объемный (волюметрический) анализ минерализации скелета, в качестве единицы измерения которой используют наиболее показательный индекс — **BMVD** ( $\text{г/см}^3$ ). Это позволило значительно повысить точность измерения, особенно в позвонках и шейке бедра.

*Количественное измерение минерализации скелета с помощью ультразвуковой биолокации* позволяет определять уникальные параметры кости, в частности ее архитектурные свойства, такие как эластичность, усталость трабекул, анизотропию костной структуры. К новым направлениям МРТ относится получение *высокоразрешающего магнитно-резонансного изображения трабекулярной структуры кости*. Основным достоинством данного исследования является уникальная возможность изучить архитектуру трабекулярного вещества кости с установлением ряда важных параметров: соотношения трабекул и костномозговых пространств, общей длины трабекул в единице поверхности кости, **количественной характеристики** степени анизотропии костного рисунка и др.

## 8.4.2. Очаговые поражения костей

Большую группу *очаговых поражений* составляют локальные изменения костей, вызванные *воспалительным процессом* различной природы. Среди них особое практическое значение имеют *остеомиелиты* и *туберкулез* а также *артриты*.

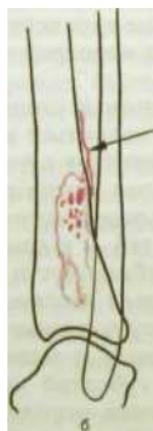
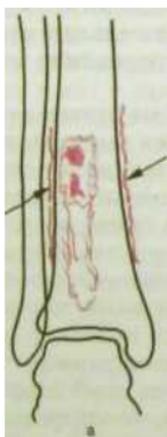
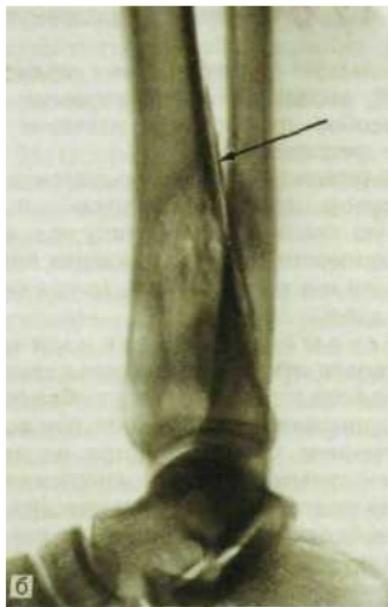
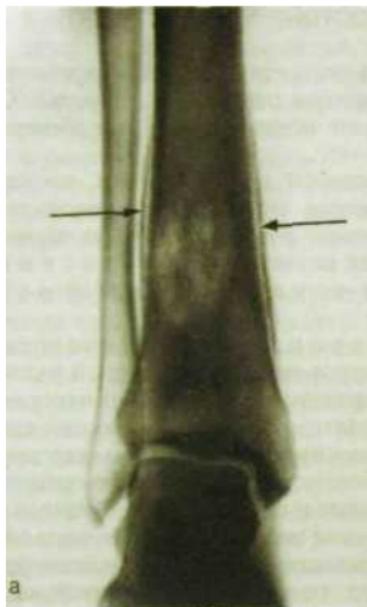
**Остеомиелит** — это воспаление костного мозга. Однако, начавшись в костном мозге, воспалительный процесс переходит на окружающую костную ткань и надкостницу, т.е. включает в себя и остит, и периостит. В зависимости от происхождения болезни различают **гематогенный** и **травматический** (в том числе **огнестрельный**) **остеомиелит**.

Острый гематогенный остеомиелит начинается внезапно. У больного отмечаются высокая температура тела, озноб, частый пульс, головная боль и неясные боли в области пораженной кости. Клиническая картина дополняется нейтрофильным лейкоцитозом в периферической крови и увеличением СОЭ. Несмотря на выраженную клиническую картину, на рентгенограммах никаких изменений в костях в этот период не определяется. Для подтверждения клинических данных и своевременного начала лечения необходимо использовать другие лучевые методы. В первые часы заболевания при *радионуклидном исследовании* скелета отмечается повышенное накопление **РФП** в зоне поражения. При сонографии сравнительно рано может быть установлено наличие жидкости (гной!) под надкостницей, а в дальнейшем — абсцесс в мягких тканях. Клинико-радиологические данные являются основанием для проведения ранней антибиотикотерапии в больших дозах. Новые перспективы в диагностике остеомиелита открывает *MPT*. На томограммах непосредственно обнаруживают поражение костного мозга.

При успешном лечении изменения в костях на рентгенограммах могут вообще не появиться и процесс заканчивается выздоровлением. Однако в большинстве случаев гематогенный остеомиелит сопровождается выраженными рентгенологическими симптомами, которые обнаруживают преимущественно к концу 2-й недели после острого начала болезни (у детей — к концу 1-й недели). Если участок воспаления расположен в глубине кости, то *самыми ранними рентгенологическими признаками являются локальный остеопороз и мелкие очаги разрушения костной ткани (деструктивные очаги)*. Первоначально их можно обнаружить на компьютерных и магнитно-резонансных томограммах. На рентгенограммах в губчатой костной ткани метафиза трубчатой кости или в плоской кости определяются просветления, своеобразная «ноздреватость» с расплывчатыми неровными очертаниями (рис. III.233).

Если участок воспаления локализуется поднадкостнично, то первым рентгенологическим симптомом оказываются *периостальные наслоения*. Вдоль края кости на расстоянии 1–2 мм от ее поверхности вырисовывается узкая полоска обызвествленной надкостницы (см. рис. III.221). Наружный контур кортикального слоя в этой области становится неровным, как бы изъеденным.

В дальнейшем мелкие деструктивные очаги сливаются в более крупные. **При** этом костные фрагменты разной величины и формы отделяются от



**Рис. III.233.** Рентгенограммы голени в прямой (а) и боковой (б) проекциях и схемы к ним. Острый гематогенный остеомиелит большеберцовой кости. Большие очаги деструкции с мелкими секвестрами. Отслоенный периостит (указано стрелками).

краев разрушающейся кости, плавают в гное, омертвевают и превращаются в секвестры, которые в свою очередь поддерживают воспаление. Периостальные наслоения нарастают, очертания их становятся неровными (бахромчатый периостит). Следовательно, в острой фазе забо-

левания преобладают процессы разрушения, некроза и гнойного воспаления тканей. Их рентгенологическим отражением являются деструктивные очаги, секвестры и периостальные наслоения.

Постепенно в рентгенологической картине появляются признаки реактивного воспаления вокруг омертвевших участков, отграничение очагов воспаления и симптомы репаративного остеобластического процесса. Разрушение кости приостанавливается, края деструктивных очагов становятся более резкими, вокруг них возникает зона остеосклероза. Периостальные наслоения сливаются с поверхностью кости (происходит ассимиляция этих наслоений кортикальным слоем). Течение остеомиелита переходит в хроническое.

Гнойные массы часто находят выход на поверхность тела — образуется свищ. Лучшим способом исследования свища является его искусственное контрастирование — *фистулография*. В наружное свищевое отверстие вводят контрастное вещество, после чего производят рентгенограммы в двух взаимно перпендикулярных проекциях, а при необходимости — и компьютерные томограммы. Фистулография позволяет установить направление и ход свища, источник его образования (секвестр, гнойная полость, инородное тело), наличие ответвлений и гнойных затеков.

К сожалению, хронический остеомиелит не всегда удается излечить посредством однократного оперативного вмешательства. Болезнь склонна к рецидивам. О них сигнализируют возобновляющиеся боли, повышение температуры тела, изменения в крови. Радионуклидное исследование является эффективным методом выявления рецидива. На рентгенограммах определяются новые деструктивные очаги и «свежие» периостальные наслоения.

Рентгенологическая картина огнестрельного остеомиелита многообразнее и труднее для интерпретации. На рентгенограммах, произведенных после ранения, определяется огнестрельный перелом кости. В течение 10 дней после повреждения шель перелома увеличивается, отмечается регионарный остеопороз, но эти симптомы наблюдаются после любого перелома и не могут быть основанием для установления диагноза остеомиелита. Лишь в начале 3-й недели и особенно к ее концу в краях отломков намечаются мелкие очаги разрушения, которые удается отличить от местного остеопороза ввиду их неравномерного распределения, размытых очертаний, наличия мелких секвестров в центре очагов. Гнойное воспаление ведет к некролизации и отделению участков кости. Размеры и форма секвестров различны: могут отделиться мелкие кусочки губчатой костной ткани, продолговатые пластинки компактного костного вещества, часть эпифиза или диафиза. На фоне остеопороза секвестры выделяются как более плотные участки, потерявшие связь с окружающей костью (рис. III.234).

В первые недели болезни, как и при гематогенном остеомиелите, преобладают процессы некроза, разрушения и расплавления тканей. Образование костной мозоли резко нарушено, вследствие чего консолидация отломков задерживается, при неблагоприятных обстоятельствах может образоваться ложный сустав. Однако своевременно проведенные антибиотикотерапия и оперативное вмешательство предотвращают подобный исход. Когда острые воспалительные явления стихают, усиливаются пролиферативные процессы. Деструктивные очаги постепенно уменьшаются и исчеза-



**Рис. Ш.234.** Рентгенограмма голени. Огнестрельный остеомиелит большеберцовой кости. Множественные секвестры в области деструкции кости.

очажков с неровными очертаниями. При благоприятном течении грануляционная ткань превращается в фиброзную и впоследствии замещается костью. При творожистом некрозе с обызвествлением кости может быть обнаружен уплотненный очаг.

При менее благоприятных обстоятельствах разрастающаяся грануляционная ткань замещает костные балки, определяется один или несколько крупных деструктивных очагов. В центре такого очага нередко вырисовывается губчатый костный секвестр. Постепенно края очагов уплотняются, и они превращаются в костные каверны. В отличие от гематогенного остеомиелита, вызванного стафилококком или стрептококком, при туберкулезном остеомиелите репаративные явления развиваются медленно. Это, в частности, объясняется расположением очага в эпифизе. Периостальные наслоения выражены слабо, так как в этой области надкостница тонка и слаба.

Ввиду локализации в эпифизе туберкулезный процесс очень часто переходит на сустав. До этого момента болезнь находится в так называ-

ют, на их месте обнаруживаются участки склероза. Периостальные наслоения становятся ровными, разрывы в них ликвидированы. В конце концов эти наслоения сливаются с костью, которая вследствие этого утолщается. Концы отломков фиксируются костной мозолью. Обычно на рентгенограммах можно обнаружить просветления в склерозированной кости. Одни из них окаймлены тонкой замыкающей пластинкой и представляют собой фиброзно-остеоидные поля, другие окружены склерозированной костью и являются замурованными в зоне склероза остаточными полостями. Они могут быть причиной рецидива остеомиелита.

**Туберкулезное поражение кости** возникает вследствие переноса в костный мозг микобактерий туберкулеза из первичного очага в легком или, реже, в кишечнике. В костном мозге формируется туберкулезная гранулема, которая приводит к рассасыванию и разрушению костных балок. Такой грануляционный очаг образуется в эпифизе и обычно клинически не проявляется или симптомы его слабо выражены. На рентгенограммах он обуславливает одиночный участок просветления или группу рядом расположенных



**Рис. III.235.** Рентгенограммы коленных суставов в прямой проекции. Туберкулезный гонит. Большая деструктивная полость с секвестрами в эпиметафизе левой бедренной кости.

емой преартритической фазе, но распространение грануляционной ткани по синовиальной оболочке неуклонно ведет к развитию туберкулезного артрита (артритическая фаза болезни), несомненно, основной стадии туберкулезного поражения.

Клинически вступление в артритическую фазу знаменуется постепенным нарушением функции сустава, появлением или усилением болевых ощущений и медленно прогрессирующей атрофией мышц. Остеосцинтиграфия и термография позволяют установить вовлечение сустава в патологический процесс еще до появления рентгенологических симптомов. Первый из них — остеопороз. Если при туберкулезном остеомиелите остеопороз имеет локальный характер и определяется только в области формирующихся туберкулезных очагов, то при артрите он становится регионарным. Это значит, что остеопороз захватывает целую анатомическую область — суставные концы и прилежащие к ним отделы костей.

*Прямыми признаками артрита служат сужение рентгеновской суставной щели и деструктивные очаги. Последние чаще обнаруживают как мелкие узур в местах прикрепления суставной капсулы и связок к костной части эпифиза. Контуры замыкающих пластинок обоих эпифизов становятся неровными, местами истончаются, местами склерозируются. Очаги разрушения вызывают нарушение питания участков эпифиза, которые омертвывают (некросты) и отделяются (секвестры; рис. III.235).*



Рис. III.236. Рентгенограммы кисти в прямой (а) и косой (б) проекциях. Костно-суставной панариции среднего пальца кисти. Деструкция суставных концов костей, сужение суставной щели, подвывих в межфаланговом суставе.

Затихание туберкулезного артрита отображается на рентгенограммах замещением мелких деструктивных очагов костной тканью, уплотнением и склеротическим отграничением крупных очагов. Рентгеновская суставная щель остается суженной, но контуры замыкающих пластинок эпифизов восстанавливаются, становятся непрерывными. Постепенно болезнь переходит в постартритическую фазу (метатуберкулезный остеоартроз), когда наступает стабилизация измененных тканей. Она может быть стойкой в течение многих лет. Остеопороз сохраняется, но приобретает новые черты: соответственно новым условиям нагрузки в костях утолщаются продольно идущие костные балки. Они резко выделяются на фоне разреженной кости. Такой остеопороз называют *репаративным*. Кортикальный слой костей утолщается.

Среди очаговых воспалительных поражений нельзя обойти вниманием **панариции** — острые гнойные воспалительные процессы в тканях пальцев. Рентгенограммы крайне важны, чтобы исключить или подтвердить развитие костного или костно-суставного панариция и отличить его от изолированного поражения мягких тканей. При костном панариции уже через 5—8 дней после начала болезни определяется остеопороз костной фаланги и начинают обнаруживаться мелкие деструктивные очаги. К этому могут присоединиться мелкие секвестры. По краям пораженной фаланги вырисовывается узкая полоска отслоенного периостита. Очаги деструкции развиваются главным образом у мест прикрепления суставной капсулы, отчего процесс нередко переходит на межфаланговый сустав. Щель его суживается, а в другом суставном конце также появляются очаги разрушения костной ткани (рис. III.236).

Костно-суставной панариций - пример того, как в типичных случаях выглядит любой **гаоинный артрит**. Для него характерны следующие рентгенологические признаки: *сужение рентгеновской суставной щели (неравномерное и быстро прогрессирующее), деструктивные очаги в суставных поверхностях сочленяющихся костей, регионарный остеопороз, увеличение объема сустава* Повышенная концентрация РФП при остеосцинтиграфии, признаки разрушения суставных хрящей при сонографии и КТ дополняют эту картину

«Здравый смысл — это тот пласт предрассудков который мы накапливаем до шестнадцати лет».

А. Эйнштейн

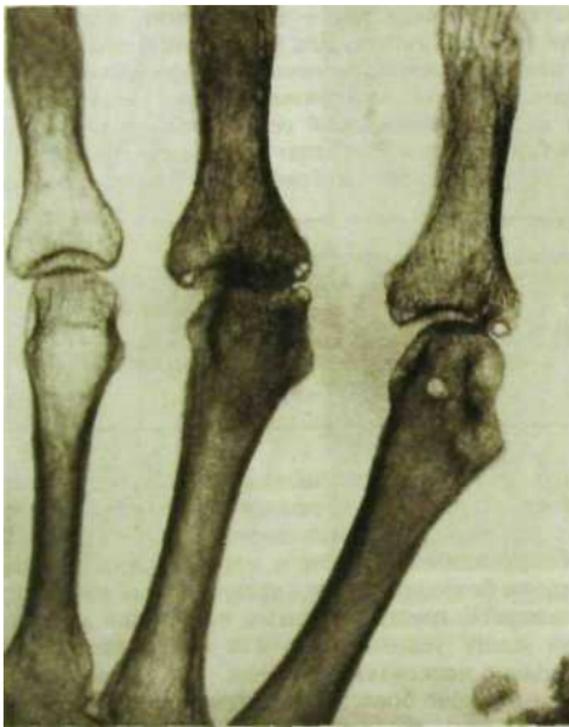
«Невозможно? — воскликнул Мирабо, отвечая своему секретарю,— Никогда не говорите мне этого глупого слова».

В последние десятилетия значительное распространение получил **ревматоидный артрит** — хроническое рецидивирующее системное заболевание, протекающее с преимущественным поражением суставов. Оно характеризуется прогрессирующим течением и нарушениями в иммунной системе организма. В крови больных обнаруживают особый иммуноглобулин — *ревматоидный фактор*. К группе очаговых поражений ревматоидный артрит можно отнести лишь условно, так как рентгенологические изменения могут определяться в нескольких суставах.

В начальном периоде болезни безукоризненные по качеству *рентгенограммы* неотличимы от таковых в норме, поэтому явное преимущество имеют другие лучевые методы исследования. *Остеосцинтиграммы* демонстрируют повышенное накопление РФП в области пораженных суставов. *Сонограммы* отражают утолщение синовиальной оболочки, появление жидкости в суставе, изменения суставного хряща, развитие синовиальных кист, степень периапартулярного отека (рис. III.237).

Позднее появляются *рентгенологические симптомы ревматоидного артрита*. Прежде всего это *припухание мягких тканей сустава, остеопороз и небольшое сужение суставной щели*. Затем к этому добавляются *эрозии* (мелкие краевые дефекты в суставных концах костей) и *округлые кистевидные просветления* в эпифизах. Эти дефекты, а также *нарушение целостности замыкающей костной пластинки* раньше и более четко выявляются с помощью рентгенографии с прямым увеличением изображения. По мере прогрессирования процесса наблюдаются дальнейшее сужение суставной щели, значительное увеличение выраженности *остеопороза* и новые очаги разрушения в костной ткани эпифизов, в результате чего может развиваться тяжелая деструкция с подвывихами и уродливой деформацией суставных концов костей.

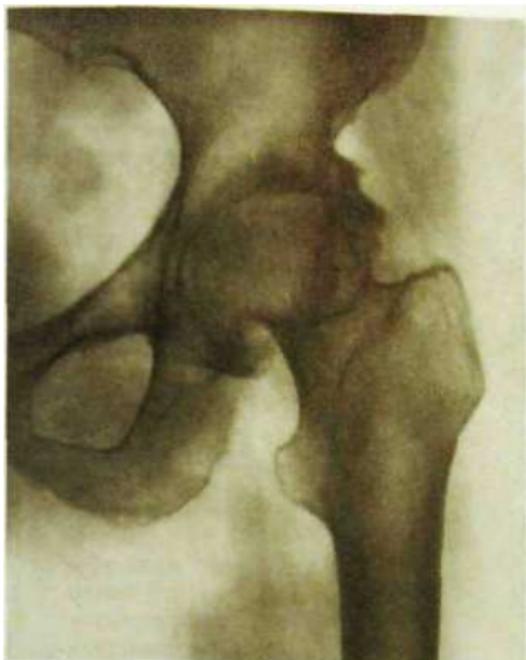
В отсутствие ревматоидного фактора говорят о **серонегативных артритах**, к которым относят многие поражения суставов. Одни из них возникают как местное проявление системного заболевания соединительной ткани (системная красная волчанка, узелковый периартериит, склеродермия и др) осложнение заболеваний печени и кишечника, мочекишечного диатеза (подагра) Другие представляют собой особые нозологические формы: синдром Рейтера, псориатический артрит, анкилозирующий спондилоартрит



**Рис. Н1.237.** Рентгенограмма, выполненная с прямым увеличением изображения. Поражение костей и суставов кисти при ревматоидном артрите. Остеопороз, сужение суставных щелей, подвывих в 3-м пястно-фаланговом суставе, кистовидные просветления в суставных концах костей.

(болезнь Бехтерева). Их распознавание и нелегкая подчас дифференциальная диагностика базируются на совокупности клинических, лабораторных и рентгенологических данных. Важно отметить, что чаще всего наиболее значимые симптомы выявляют при рентгенографии пораженного сустава, а также мелких суставов кистей и стоп, крестцово-подвздошных сочленений и позвоночника.

Целесообразно обратить внимание на очень часто наблюдаемые **поражения связок и сухожилий**. Их разделяют на фиброостозы (тендинозы) и фиброоститы (тендиниты). При ф и б р о о с т о з е не отмечается повышенного накопления **РФП** в участке поражения, а на рентгенограммах могут определяться окостенения мест прикрепления связок и костные выступы (остеофиты). Эти выступы имеют ровные контуры и костную структуру. Ф и б р о с т и т — процесс воспалительной природы. Он часто сопровождается ревматическими болезнями и серонегативными спондилитами. Выступы на костях имеют неправильную форму, иногда нерезко контурированы. В месте прикрепления связки может определяться краевой дефект. **РФП** интенсивно концентрируется в зоне поражения. Типичными примерами



**Рис. III.238.** Рентгенограмма тазобедренного сустава и схема к ней. Деформирующий остеоартроз в тазобедренном суставе (коксартроз). Значительное сужение суставной щели, костные разрастания по краям суставных поверхностей, склероз подхрящевого (субхондрального) слоя костной ткани.

тендинита служат плечелопаточный периартрит и ахиллобурсит, а также пяточный фиброостит ревматической природы.

Другую большую группу очаговых поражений костей и суставов составляют дистрофические процессы и асептические некрозы. **Дистрофические изменения** развиваются преимущественно в суставах и в сущности представляют собой преждевременное изнашивание суставного хряща (в позвоночнике — межпозвоночного хряща). Теряющие свое нормальное состояние и омертвевающие частички хряща обладают антигенными свойствами и вызывают иммунопатологические изменения в синовиальной оболочке. Перегрузка сустава ведет к вторичным, в том числе компенсаторным, реакциям в костной ткани эпифизов.



**Рис. III.239.** Трехмерная реконструкция коленного сустава при компьютерной томографии. Деформирующий артроз коленного сустава.



Рис. III.240. Протез проксимального отдела бедренной кости.

Рентгенологическая картина дистрофического поражения сустава достаточно стереотипна. Ее составляют следующие основные симптомы: сужение рентгеновской суставной щели, уплотнение и расширение замыкающей костной пластинки эпифизов, склероз субхондрального слоя костной ткани (т.е. слоя, лежащего под замыкающей костной пластинкой), костные разрастания по краям суставных поверхностей. В целом такой процесс получил название «деформирующий остеоартроз» (рис. III.238, III.239).

**Деформирующий остеоартроз** наблюдается очень часто и может поразить любой сустав. Наибольшее распространение получили дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника, а среди них — остеохондроз. Лучевая семиотика этого состояния была описана выше. Немалую группу больных составляют лица с деформирующими артрозами тазобедренных и коленных суставов, межфаланговых суставов кисти и 1-го плюснефалангового сустава. В последние годы довольно широко используют хирургические методы лечения остеоартроза, в частности замещение деформированного суставного конца кости протезом (рис. III.240).

В группу **асептических некрозов** включают различные патологические процессы. Их сближают три общих признака: 1) развитие асептического некроза костного вещества и костного мозга; 2) хроническое доброкачественное течение; 3) закономерная клинико-морфологическая эволюция с относительно благоприятным исходом. Большую роль в генезе болезни играет перегрузка того или иного отдела скелета. Если перегрузка касается целой кости, то развивается асептический некроз всей кости (например, ладьевидной кости стопы). Если перегружен целиком эпифиз, то возникает некроз этого эпифиза или его части. Примером служит наиболее часто наблюдаемый вид асептического некроза — поражение головки бедренной кости. Перегрузка части диафиза приводит к образованию так называемой зоны перестройки, а перегрузка апофиза — к его некрозу.

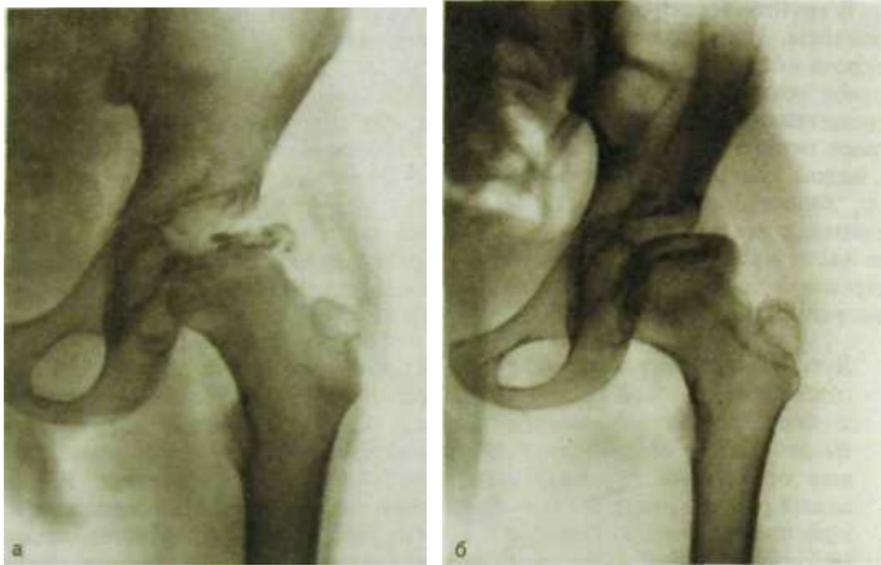
Лучевую картину асептического некроза удобно описать на примере головки бедренной кости ребенка (этот вид асептического некроза называют *остеохондропатией головки бедренной кости или болезнью Легга—Кальве—Пертеса*). Ребенок жалуется на слабовыраженные болевые ощущения. Отмечается ограничение функции сустава. Крайне важна ранняя диагностика, но на рентгенограммах патологических изменений не видно. Главное в этот период — применить специальные методики. *Остеосцинтиграфия* позволяет выявить повышенное накопление **РФП** в головке бедренной кости, а *КТи МРТ* дают возможность непосредственно обнаружить участок некроза костного вещества и костного мозга.

Позднее появляются *рентгенологические симптомы*. Пораженный участок кости выделяется на снимках как более плотный очаг, лишенный костной структуры. Это связано главным образом с множественными переломами и спрессовыванием костных балок, что приводит к деформации эпифиза — его сплющиванию и неровности очертаний (рис. Ш.241).

В этой фазе исключительно важную роль играет дифференциальная диагностика асептического некроза и туберкулеза сустава, поскольку при последнем в суставном конце тоже возникает некроз костного вещества. Однако опорные пункты для разграничения вполне прочны: при туберкулезе суставная щель суживается, а при асептическом некрозе у ребенка она расширяется. При туберкулезе поражается и второй суставной конец (в нашем примере — вертлужная впадина), а при асептическом некрозе он длительно интактен. В дальнейшем разграничение еще больше упрощается. При асептическом некрозе омертвевший участок разбивается на несколько плотных костных островков (фрагментация), эпифиз еще больше уплощается, суставная щель расширяется и наблюдается небольшой подвывих.

Чем раньше распознана болезнь, тем благоприятнее ее последствия. Костная структура эпифиза восстанавливается, он остается лишь слегка деформированным. Суставная щель незначительно расширена. Однако при запоздалом выявлении болезни сустав остается неполноценным вследствие возникающих в нем деформаций.

У взрослых наблюдается преимущественно асептический некроз части головки, обычно наиболее нагружаемой, т.е. верхненаружного отдела эпи-



**Рис. III.241.** Асептический некроз головки бедренной кости.  
 а — фаза фрагментации эпифиза; б — исход болезни с деформацией эпифиза.

физа. В этих случаях суставная щель не расширяется, подвывих не возникает, всегда развивается артроз, причем фрагменты омертвевшего хряща или кости могут проникать в полость сустава, превращаясь в суставные «мышцы».

К часто наблюдаемым очаговым поражениям скелета относятся **опухоли костей**. Условно их разделяют на доброкачественные и злокачественные, хотя доброкачественные новообразования почти всегда представляют собой не истинные опухоли, а локальные пороки развития.

В зависимости от строения и тканевого состава среди доброкачественных опухолей выделяют образования из костной ткани (остеомы), соединительной ткани (фибромы), хряща (хондромы), хрящевой и костной ткани (остеохондромы), сосудов (гемангиомы, лимфангиомы).

Общими признаками всех этих опухолей являются их медленное развитие, относительно резкие контуры и четкая ограниченность от окружающих тканей (отсутствие инфильтративного роста), правильный структурный рисунок. Опухоль не разрушает, а замещает костное вещество. Она может привести к деформации кости с увеличением ее объема.

*Рентгенологическое распознавание доброкачественных опухолей* редко наталкивается на серьезные препятствия. Компактная остеома четко выделяется на снимках как плотное бесструктурное образование. Губчатая остеома сохраняет структуру пластинчатой кости. Остеома может располагаться в глубине кости или на ее поверхности. Фибромы и хондромы обуславливают дефект в кости — светлый участок с резкими

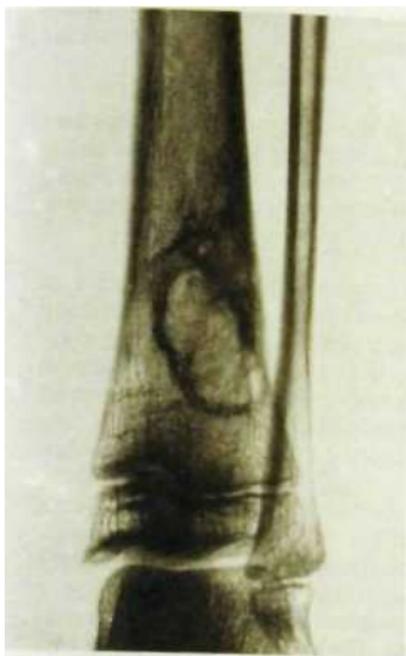


Рис. III.242. Неокостеневающая фиброма большеберцовой кости.



Рис. III.243. Хондромы фаланг кисти.

очертаниями, причем при хондроме на фоне дефекта могут вырисовываться крапчатые тени известковых и костных включений (рис. 111.242, III.243). Пожалуй, наиболее демонстративна остеохондрома: она имеет широкое основание или ножку и растет в сторону от кости (рис. III.244). Хрящевые участки видны как просветления в изображении опухоли, а костные балки образуют расходящиеся стропила. Гемангиома также обуславливает дефект костной ткани, но в нем нередко заметен кружевной костный рисунок или радиарно расходящиеся костные пластинки. В своде черепа гемангиомы образуются довольно часто. Опухоль вызывает округлый дефект, ограниченный от окружающей кости узкой полоской склероза. Края дефекта четкие, могут быть слегка волнистыми. В теле позвонка гемангиомы обуславливают многочисленные просветления, разделенные грубыми вертикально идущими костными балками. Тело позвонка вздуто. Мелкие просветления и змеевидные полоски могут определяться и в дуге пораженного позвонка. В этих случаях очень важны компьютерные и магнитно-резонансные томограммы, так как они дают возможность обнаружить внекостное развитие сосудистой сети (в частности, в позвоночном канале).

Существует большое число различных *злокачественных опухолей* костей и суставов. Одни из них характеризуются быстрым ростом и значительным

разрушением костной ткани, другие развиваются сравнительно медленно и скорее отдают окружающие ткани, чем инфильтрируют их. Однако для всех злокачественных опухолей характерны прогрессирующее течение, усиливающиеся болевые ощущения, изменения в периферической крови (анемия, увеличение СОЭ), появление регионарных или отдаленных метастазов.

Классическим признаком злокачественной опухоли является разрушение костной ткани. На рентгенограммах в ней определяется дефект, чаще всего с неровными и нерезкими контурами. При этом, что очень важно для различения с воспалительным поражением, не возникает секвестров и отслоенного или бахромчатого периостита.

Своеобразной формой костной опухоли является **остеобласто-кластома** (ее называют также **гигантоклеточной опухолью**). Она развивается в плоских костях, позвонках или эпиметафизе трубчатой кости, характеризуется сравнительно правильной формой и резкой отграниченностью от окружающей костной ткани (рис. III.245). Во многих остеобластокластомах определяется крупноячеистый костный рисунок, что позволяет дифференцировать эту опухоль от других злокачественных новообразований.

Наиболее известной злокачественной костной опухолью является **остеогенная саркома**. Она быстро растет и инфильтрирует кость.

на рентгенограммах проявляется как участок разрушения кости с неровными и нерезкими очертаниями. По краям опухоли, где она смещает надкостницу, образуются обызвествленные выступы — **периостальные козырьки**. Для этой опухоли характерен **игольчатый периостит**, при котором перпендикулярно к поверхности изъеденного кортикального слоя расположены множественные костные иглы — **спикулы**.

Клетки остеогенной саркомы способны продуцировать костное вещество, поэтому часто в опухоли обнаруживают хаотически разбросанные очаги окостенения. Иногда они своей тенью заслоняют область деструкции (рис. III.246). Такой вариант саркомы называют **остеобластическим** в отличие от первого — **остеолитического**. Однако на границе затемненного костными массами участка удается разглядеть разрушение кортикального слоя, **периостальные козырь-**



**Рис. III.244.** Остеохондрома бедренной кости



Рис. Н1.245. Большая опухоль в эпиметафизе большеберцовой кости — остеолитический тип остеобластокластомы.

а — рентгенограмма коленного сустава в прямой проекции; б — в боковой.

ки и спикеры. Саркома склонна давать ранние метастазы в легкие, поэтому больным нужно назначать рентгенологическое исследование органов грудной полости.

Одним из сравнительно часто наблюдаемых вариантов злокачественных опухолей является саркома Юинга, исходящая из клеток костного мозга. На снимках она обуславливает группу деструктивных очагов, преимущественно в диафизарной части кости. Подчеркнем, кстати, что локализация опухоли имеет определенное дифференциально-диагностическое значение. Если для остеобластокластомы характерно распространение в эпифиз трубчатой кости, то для остеогенной саркомы — локализация в метафизе и прилежащей части диафиза, а для саркомы Юинга — в диафизе. Коварство последней состоит в том, что клиническая симптоматика и деструктивные очаги могут быть сходны с таковыми при гематогенном остеомиелите. У больных отмечают лихорадка, лейкоцитоз, боли в конечности. Однако при опухоли отсутствуют секвестрация кости и отслоенный периостит. Изменения надкостницы при опухоли Юинга именуют луковичным, или слоистым, периоститом, при котором вдоль поверхности пораженной кости в несколько рядов расположены полосы обызвествленной надкостницы.

Выше была описана рентгенологическая картина генерализованного метастатического опухолевого поражения скелета. Однако нередко встречаются одиночные или немногочисленные метастазы. Они также бывают двух типов: остеолитические и остеобластические.

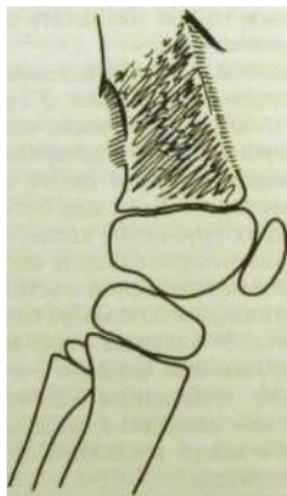
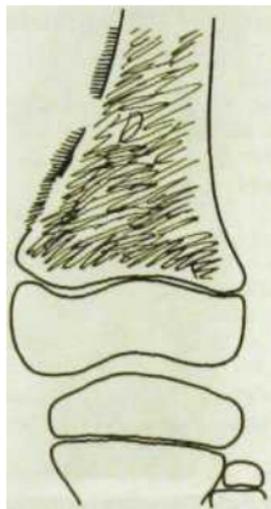
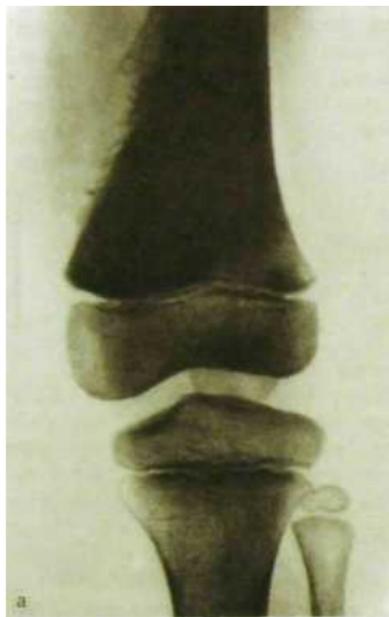


Рис. III.246. Остеогенная саркома (остеобластический тип) в метафизе и прилежащем отделе диафиза бедренной кости. Массивное костеобразование прикрывает деструкцию костной ткани. Видны периостальные «козырьки» и игольчатый периостит.

а — рентгенограмма в прямой проекции; б — в боковой.

Первые обуславливают деструктивные очаги в кости. При вторых деструкция может быть незаметна, так как окружающий ее остеосклероз костной ткани <sup>228</sup>Тm <sup>99m</sup>Tc СНИМКАх вырисовываются лишь очаги уплотнения

Природу поражения легко установить, если у больного в анамнезе была злокачественная опухоль или таковая обнаружена одновременно с метастазом в кости. Если соответствующих данных нет, то ориентируются на лучевые симптомы. В пользу метастазов свидетельствуют множественность очагов, их деструктивный характер, отсутствие секвестров и периостальной реакции.

Особое значение приобрела *остеосцинтиграфия*. Повышенное накопление фосфорных соединений <sup>99m</sup>Tc в очаге поражения, свидетельствующее об активности обменных процессов, характерно для злокачественных новообразований. Важно, что радионуклидные признаки обнаруживают задолго, иногда за несколько месяцев, до четких рентгенологических симптомов деструкции кости.

## 9. ЩИТОВИДНАЯ И ПАРАЩИТОВИДНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ. НАДПОЧЕЧНИКИ

*Существенную черту всякого организма, пока он живет, составляет скорее последовательность и координация процессов, чем архитектура инертной материи.*

Джон Бернал

Распознавание заболеваний эндокринных желез — одна из самых ярких страниц лучевой диагностики. С помощью лучевых методов врач определяет изменения структуры железы и очаговые образования в ней. Более того, он может обнаружить и количественно оценить нарушения функции каждой железы и «руководящих органов» гормональной иерархии — гипоталамуса и гипофиза. Однако нельзя забывать, что основной показатель — уровень гормонов в периферической крови — не всегда и не в полной мере отражает состояние пациента, так как зависит не только от функции эндокринных желез, но и от других регуляторных механизмов. В связи с этим при оценке результатов лучевых исследований необходимо учитывать анамнестические данные и клиническую картину болезни.

### 9.1. Лучевая анатомия щитовидной железы

*Щитовидная железа* расположена в передней области шеи впереди трахеи. Она имеет подковообразную форму с вогнутостью, обращенной кзади, и состоит из двух неодинаковых по величине долей, которые соединены перешейком. Иногда встречаются добавочные щитовидные железы (на шее, в области корня языка, в грудной полости), которые могут быть выявлены с помощью лучевых методов, в особенности при сцинтиграфии.

На обычных рентгенограммах не получается отчетливого изображения щитовидной железы ввиду ее небольших размеров и незначительных различий в плотности по сравнению с окружающими тканями. На *компьютерных*

и магнитно-резонансных томограммах железа вырисовывается достаточно четко: видны ее доли и перешеек, имеющие ровные закругленные контуры. Ткань железы однородная, плотность ее, определяемая при денситометрии, достигает примерно 100 НУ. Хорошо видно отношение железы к трахее и кровеносным сосудам шеи.

Основными способами визуализации щитовидной железы являются *ультразвуковое сканирование и сцинтиграфия*.

Для проведения ультразвукового исследования не требуется специальной подготовки, его можно выполнять многократно, исследование не имеет противопоказаний и не сопровождается осложнениями. Его проводят на приборах, работающих в реальном масштабе времени, специальными датчиками с частотой ультразвука порядка 5—7 МГц.

С целью всестороннего исследования производят серию продольных и поперечных сонограмм. В норме щитовидная железа выделяется как образование с однородной мелкозернистой структурой. Естественными маркерами ее служат трахея и общие сонные артерии. На продольной сонограмме видны обе доли железы и перешеек между ними толщиной до 0,8 см (рис. III.247). Каждая доля имеет форму овала. Кпереди от нее вырисовываются кожа и подкожная жировая клетчатка, азади — общая сонная артерия или щитовидный хрящ. При поперечном сканировании (см. рис. III.247) железа определяется как симметрично расположенное относительно срединной линии образование, каждая доля которого образует овал. Между долями видны линейные экоструктуры — отображение хрящей гортани. На поперечных сканограммах хорошо заметен также щитовидный хрящ, обуславливающий две линейные структуры, которые образуют тупой угол. Кзади и несколько сбоку от каждой доли щитовидной железы находятся округлые эконегативные фигуры, соответствующие общей сонной артерии и латеральнее — яремной вене. Кпереди и сбоку от долей железы можно заметить овальные мелкоячеистые структуры грудино-ключично-сосцевидных мышц.

*Радионуклидное исследование* щитовидной железы проводят после предварительной подготовки пациента. Подготовка состоит в исключении веществ, блокирующих железу (пищевые продукты и лекарственные вещества, содержащие йод и бром). Кроме того, больной должен явиться в радионуклидную лабораторию натощак. Изображение железы получают путем внутривенного введения 80—100 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетата.

В норме на сцинтиграмме вырисовываются очертания всей щитовидной железы в форме бабочки. Видны правая и левая доли и перешеек (рис. III.248). Размеры правой доли обычно несколько больше, чем левой: 3—6 см в длину и 2—3 см в ширину. Наружные контуры железы выпуклые. Плотность изображения выше в центральных отделах долей, поскольку там больше масса железистой ткани, а к периферии она уменьшается. Встречаются многочисленные вариации в величине долей железы и в отображении перешейка. Пирамидальная доля, отходящая от перешейка вверх, выявляется редко.

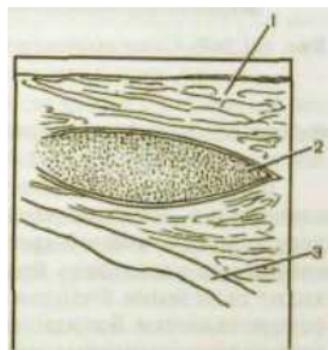
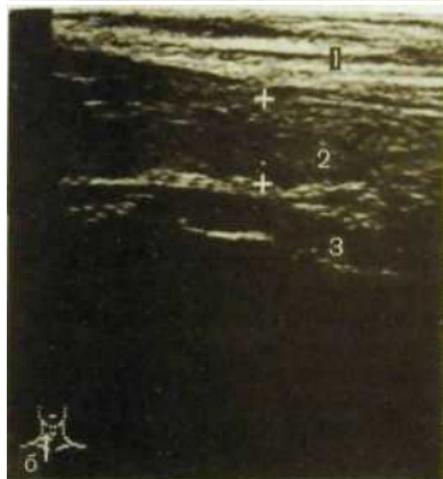
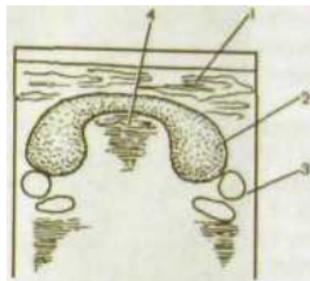
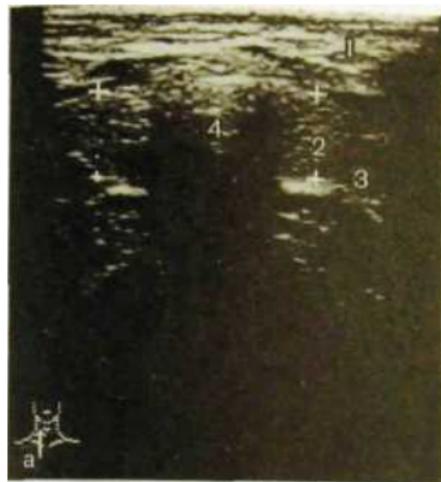


Рис. III.247. Сонограммы щитовидной железы при продольном (а) и поперечном (б) сканировании и схемы к ним.

1 — мягкие ткани передней поверхности; 2 — щитовидная железа; 3 — общая сонная артерия; 4 — трахея.

## 9.2. Лучевое исследование физиологии щитовидной железы

Состояние йодного обмена и функцию щитовидной железы оценивают посредством радионуклидных исследований. Как известно, *щитовидная железа выполняет три главные функции: 1) захват йодидов из крови; 2) синтез йодсодержащих тиреоидных гормонов; 3) выделение этих гормонов в кровь.* Первые две функции изучают с помощью *радиометрии железы*, третью

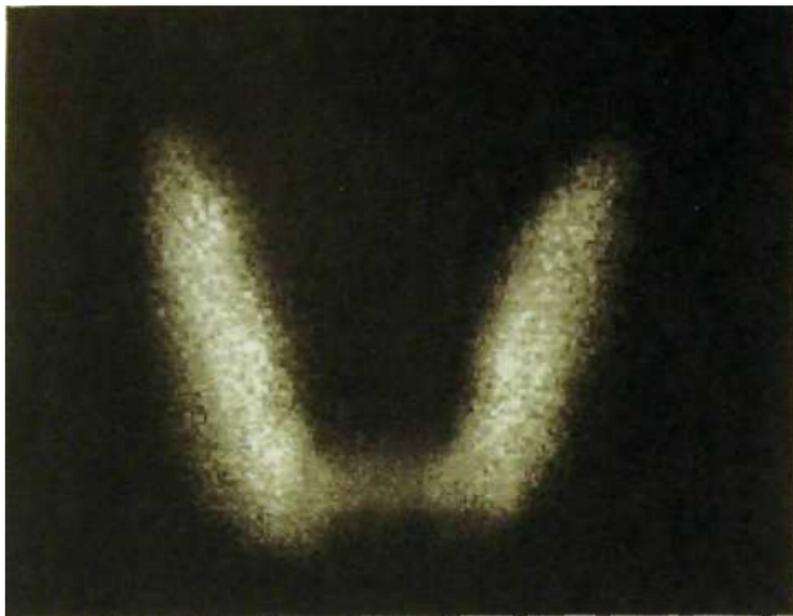


Рис. III.248. Сцинтиграмма нормальной щитовидной железы.

функцию, а также содержание в крови гормонов, регулирующих деятельность щитовидной железы,— путем *радиоиммунологического анализа*.

В организм человека йод поступает с пищей и водой. Всасываясь в кишечнике, неорганические соединения йода быстро распределяются во всех тканях и водной среде организма. Щитовидная железа обладает способностью улавливать йодиды из циркулирующей крови. В железе происходит окисление йодидов с образованием атомарного йода. В дальнейшем осуществляется йодизация тиреоглобулина, в результате чего образуются тиреоидные гормоны: *трийодтиронин (Т<sub>3</sub>)* и *тетрайодтиронин, или тироксин (Т<sub>4</sub>)*. Оба гормона откладываются в виде инфрафолликулярного коллоида.

Таким образом, *внутри тиреоидный этап йодного обмена состоит из двух фаз: неорганической (захват йодидов из крови) и органической (образование тиреоидных гормонов)*. Для суммарной оценки этого этапа пациенту дают натощак раствор йодида натрия в воде. Радионуклидом является <sup>131</sup>I активностью 500 кБк. Гамма-излучение йода, поглощенного щитовидной железой, регистрируют с помощью радиометра. При этом сцинтилляционный датчик располагают в 30 см от передней поверхности шеи. При такой геометрии счета на результаты не влияют глубина залегания железы и ее неодинаковая толщина в разных отделах.

Измерение интенсивности излучения над щитовидной железой проводят через 2, 4 и 24 ч после приема РФП. Полученные данные сравнивают с

На результаты исследования внутритиреоидного этапа йодного обмена значительное влияние оказывают прием большими препаратами содержащих йод (раствор Люголя, рентгеноконтрастные йодсодержащие средства морская капуста) и бром, употребление гормональных (тиреоидные гормоны, гормоны гипофиза, надпочечников, половых желез) и анти тиреоидных (перхлорат калия, мерказолил и др.) препаратов. У больных, принимавших какие-либо из указанных препаратов, тест захвата осуществляют лишь через 3—6 нед после их отмены.

Из щитовидной железы  $T_3$  и  $T_4$  поступают в кровь, где соединяются с особым транспортным белком - *тироксинсвязывающим глобулином (ТСГ)*. Это препятствует разрушению гормонов, но одновременно делает их неактивными. Только небольшая часть тиреоидных гормонов (около 0,5 %) циркулирует в крови в свободном, несвязанном состоянии, но именно эти *свободные фракции  $T_3$  и  $T_4$  обуславливают биологический эффект*. В периферической крови  $T_4$  в 50 раз больше, чем  $T_3$ . Однако в тканях больше  $T_3$ , так как часть его образуется на периферии из  $T_4$  путем отщепления от него одного атома йода.

Выведение тиреоидных гормонов в кровь, их циркуляция в организме и подведение к тканям составляют *транспортно-органический этап йодного обмена*. Его изучение обеспечивает *радиоиммунологический анализ*. С этой целью у пациента утром натощак берут кровь из вены локтевого сгиба (у женщин — в первую фазу менструального цикла).

Все исследования проводят с помощью стандартных наборов реагентов, т.е. *in vitro*. Благодаря этому стало доступно обследование детей, беременных, кормящих матерей, нетранспортабельных пациентов, больных с лекарственной блокадой щитовидной железы.

*Радиоиммунным методом определяют содержание в крови общего и свободного  $T_3$ , общего и свободного  $T_4$ , ТСГ, антител к тироглобулину. Кроме того, таким же образом устанавливают уровень тиротропина и тиролиберина.*

*Тиротропин* — гормон, выделяемый тиреотропными клетками (тиреотропоциты) передней доли гипофиза. Выброс тиротропина в кровь приводит к усилению функции щитовидной железы, что сопровождается повышением концентрации  $T_3$  и  $T_4$ . В свою очередь указанные тиреоидные гормоны тормозят выработку гипофизом тиротропина.

Таким образом, между функционированием щитовидной железы и гипофиза имеется обратная гормональная связь. Вместе с тем тиротропин стимулирует образование *тиролиберина* — гормона, вырабатываемого в гипоталамусе. В то же время тиролиберин стимулирует тиреотропную функцию гипофиза.

*Тироглобулин* является основным компонентом коллоида фолликулов щитовидной железы. В крови здоровых людей тироглобулин циркулирует в небольших количествах - в концентрации 7-60 мкг/л. Концентрация повышается при различных заболеваниях щитовидной железы: тиреоидите, токсической аденоме, диффузном токсическом зобе. Однако наибольшее значение имеет определение этого гормона у больных раком железы. При

недифференцированном раке содержание тироглобулина в крови не повышается, тогда как дифференцированные формы опухоли обладают способностью продуцировать большое количество тироглобулина. Особенно значительно увеличивается концентрация тироглобулина при появлении метастазов дифференцированного рака щитовидной железы.

### **9.3. Клинико-радиологические синдромы и диагностические программы при заболеваниях щитовидной железы**

Для того чтобы провести рациональное лечение, необходимо определить морфологические изменения в щитовидной железе и уровень эндокринной функции всех желез, регулирующих обмен йода в организме.

Программу обследования больного следует сообразовать с основными клинико-радиологическими синдромами. Целесообразно выделить следующие синдромы: 1) *диффузное увеличение щитовидной железы — диффузный зоб (эутиреоидный или токсический)*; 2) *токсический узловой зоб (токсическая аденома щитовидной железы)*; 3) *доброкачественное объемное образование в щитовидной железе*; 4) *злокачественное объемное образование в щитовидной железе*; 5) *гипотиреоз*.

В большинстве случаев радионуклидное исследование начинают с разграничения *гипер-, эу- и гипотиреоидных состояний* с помощью радиоиммунологического определения уровня тиреоидных гормонов в крови. *Повышенная концентрация  $T_4$  и  $T_3$  характерна для гипертиреоза, пониженная — для гипотиреоза.*

Прежде всего определяют *общий тироксин*, т.е. суммарное количество гормона (как связанного с транспортным белком — ТСГ, так и находящегося в свободном состоянии в крови —  $CT_4$ ). Нормальная концентрация  $T_4$  в крови колеблется в пределах от 70 до 150 нмоль/л. Концентрация ниже 70 нмоль/л свидетельствует о гипотиреозе, а выше 150 нмоль/л — о гипертиреозе. Поскольку основной действующей фракцией  $T_4$  является его несвязанная часть, определение ее концентрации важно для установления активности тироксина. У здоровых людей концентрация  $CT_4$  в крови исчезающе мала, всего 10—20 нмоль/л. Как и при определении общего тироксина, уменьшение содержания  $CT_4$  указывает на гипотиреоз, а увеличение — на гипертиреоз.

Определение уровня  $T_3$  имеет меньшее значение, чем  $T_4$ . Определяют общий  $T_3$  и свободный  $T_3$  ( $CT_3$ ). В норме содержание  $T_3$  составляет 1,3—9,5 нмоль/л,  $CT_3$  — 3—10 нмоль/л. Превышение должных величин характерно для гипертиреоза, уменьшение — для гипотиреоза. Данные о содержании  $T_4$  более достоверны, но определение концентрации  $T_3$  позволяет выявить особую форму гипертиреоза — так называемый  *$T_3$ -тиреотоксикоз*. Он встречается не так уж редко — у 5—10 % больных тиреотоксикозом.

В клинической практике наблюдаются случаи, когда при нормальной концентрации  $T_4$  отмечается уменьшение содержания  $T_3$ . В подобных случаях диагностируют «*синдром низкого уровня  $T_3$* ». Он развивается при раз-

личных системных заболеваниях, недостаточности печени и почек злокачественных опухолях, голодании, ожогах, обширных оперативных вмешательствах.

Для оценки функционального состояния щитовидной железы считают важным определение не только содержания  $T_4$  и  $T_3$ , но и концентрации *ТСГ*. У здоровых людей она составляет 0,36–0,42 нмоль/л. Уровень *ТСГ* повышается при беременности, у новорожденных, при использовании эстрогенов и пероральных контрацептивов. Снижение уровня *ТСГ* наблюдается при заболеваниях почек, применении андрогенов и преднизолона. Особую роль в клинике приобрело вычисление *отношения общего тироксина к ТСГ*. Показатель  $T_4/ТСГ$  позволяет четко разграничить эу-, гипо- и гипертиреоидные состояния, причем даже при изменении концентрации транспортных белков. Предложен также ряд других индексов. Среди них «*интегральный индекс*» (*ИИ*):  $ИИ = (СТ_3 + СТ_4) / СТТГ$ , где  $СТ_3$  - нормированное значение уровня общего  $T_3$  ( $2,38 \text{ нмоль/л} \cdot 100 \%$ );  $СТ_4$  - нормированное значение уровня общего тироксина ( $90,0 \text{ нмоль/л} \cdot 100 \%$ ),  $СТТГ$  - нормированное значение тиротропина ( $4,46 \text{ мЕ/л} \cdot 100 \%$ ). По данным С.Л.Морозова, в условиях Москвы диапазон нормальных значений *ИИ* 0,6–5,0 отн. ед., гипертиреоза — выше 5,0 отн. ед., гипотиреоза — ниже 0,6 отн. ед.

В случае невозможности проведения радиоиммунологического анализа, а также при необходимости установить состояние внутритиреоидного этапа йодного обмена выполняют радиометрию щитовидной железы. Соответствующие нормативы для эутиреоидного статуса были приведены выше

Парадокс: чем меньше знаешь, тем больше знаешь,  
что сказать.

*Л. Сухоруков*

Чему-нибудь да научила  
Детей своих природа-мать:  
Кто ничего создать не может,  
Умеет тот критиковать.

*Д.Р. Лоуэлл*

Начинающий исследователь маститому ученому: «Говорят, что гениальность — это тоже болезнь?» — «Возможно. Но вам не стоит бояться. Вы абсолютно здоровы».

«Когда я начинал свою карьеру, у меня не было ничего, кроме собственного ума!» — «Да, очень многие в наше время начинают с нуля...»

**Диффузный зоб.** Различают диффузное увеличение всей щитовидной железы в отсутствие в ней отдельных пальпируемых узлов и диффузно-узловой зоб когда в увеличенном органе развивается один или несколько узлов. При обеих формах функция железы может быть нормальной, усиленной или ослабленной.

На *аиограммах* при диффузном зобе выявляется увеличенная щитовидная железа с сохраненной акустической структурой. Эхогенность ткани железы обычно понижена, но вместе с тем выделяются более гру-

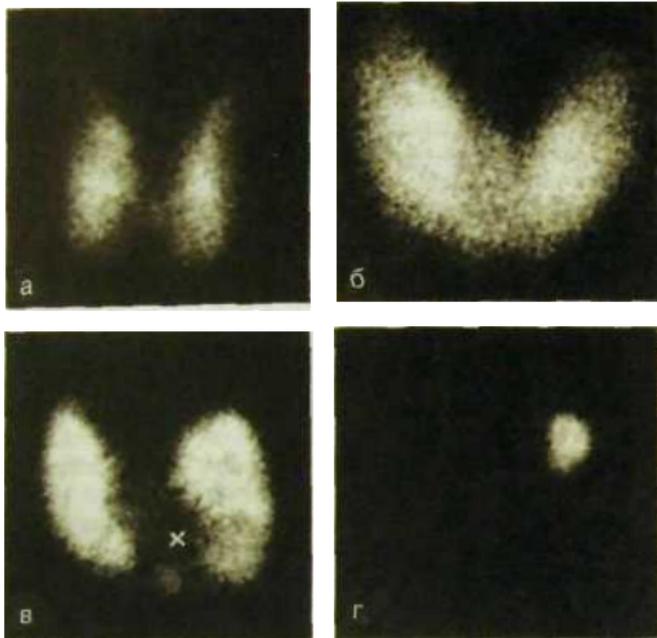


Рис. III.249. Сцинтиграммы щитовидной железы.

а — нормальная железа; б — диффузное увеличение железы; в — «холодный» узел в железе (х); г — «горячий» узел в левой доле железы, вне узла ткань железы не накапливает РФП.

быве структуры — соединительнотканнные тяжи на фоне фолликулярной перестройки. *Сцинтиграммы* подтверждают диффузное равномерное увеличение железы (рис. III.249). Контуры железы всегда выпуклые. Повышенная интенсивность изображения наблюдается при усиленной функции тиреоидной ткани. В больших зобах нередко выявляют очаговые образования, в том числе кисты. При *тиреоидите* железа тоже увеличена, но **РФП** распределен неравномерно, хотя четко ограниченных узлов обычно нет.

Иногда щитовидная железа расположена за грудиной («з а г р у д и н н ы й з о б»). Тень такого зоба вырисовывается на *рентгенограммах* и особенно на томограммах. *Сцинтиграммы* позволяют отличить его от опухолевого образования в средостении.

**Токсический узловый зоб.** При узловых поражениях щитовидной железы исследование целесообразно начинать с *сонографии*. Ультразвуковое сканирование позволяет подтвердить наличие узлов в железе, установить их макроморфологическую структуру, отличить их от кист. Дальнейшим этапом разграничения узловых образований является *сцинтиграфия*. Большинство узловых образований, за исключением токсической аденомы, дают на сцинтиграмме дефект накопления РФП — «холодный» очаг. Субстратом же

«горячего» очага обычно является токсическая аденома - доброкачествен-  
сико<sup>о</sup> за<sup>РазоВаНис,</sup> ПРИ КОТОРОМ наблюдается щитовидная картина тиреоток-

*Токсическая аденома щитовидной железы - очаговая гиперплазия тиреоидной ткани.* При *сонографии* она выявляется как одиночный четко контурованный узел с пониженной эхогенностью, на *сцинтиграммах* обуславливает «горячий» очаг (см. рис. III.249). При этом остальные отделы железы не накапливают РФП или его в них очень мало. Доказательством токсической аденомы служит *тест стимуляции*: после введения тиротропина на *сцинтиграммах* появляется изображение всех остальных отделов щитовидной железы.

Нередко при токсической аденоме используют также *тест «подавления»*. Он позволяет установить, зависит ли функция щитовидной железы и аденомы от концентрации циркулирующего в крови гормона гипофиза — тиротропина. С этой целью больному вводят тиреоидные гормоны — Т<sub>3</sub> или Т<sub>4</sub>. Если функция железы и узлового образования в ней зависит от гипофиза, то на повторных *сцинтиграммах* отмечается значительное, до 50 %, снижение накопления РФП. В то же время автономно функционирующие узлы, в том числе токсическая аденома, не реагируют на введение тиреоидных гормонов.

**Доброкачественное узловое образование.** В щитовидной железе встречаются различные по природе доброкачественные образования: кисты, аденомы, узлы при некоторых формах коллоидного зоба, участки ограниченного тиреоидита, рубцовые поля. Все они на *сцинтиграммах* обуславливают участок, в котором **РФП** не накапливается или накапливается очень слабо, т.е. «холодный» узел. На основании результатов радионуклидного исследования установить его происхождение трудно, а порой невозможно. В этом случае в диагностике помогают клинические данные, результаты *сонографии* и биопсии.

По характеру структуры доброкачественные образования разделяют на солидные, кистозные и смешанные. Сольный узел состоит из плотной ткани, кистозный представляет собой полость с жидким содержимым, а смешанный включает как плотную ткань, так и кисты.

*Сонограммы* позволяют сразу выделить все кистозные образования. Киста определяется как округлое или овальное тело с ровными контурами и отличается однородной эхонегативностью (рис. III.250). Фолликулярная аденома выглядит как образование правильной округлой формы пониженной эхогенности с некоторой неоднородностью структуры (рис. III.251). Очертания аденомы обычно ровные. Более плотные участки в ней определяются по повышенной эхогенности; в таких случаях может быть виден пониженный по эхогенности ободок вокруг, обусловленный перизуловым отеком тиреоидной ткани. «Холодный» очаг при ограниченном тиреоидите дает участок низкой эхогенности с нерезкими очертаниями и мелкими дополнительными структурами внутри.

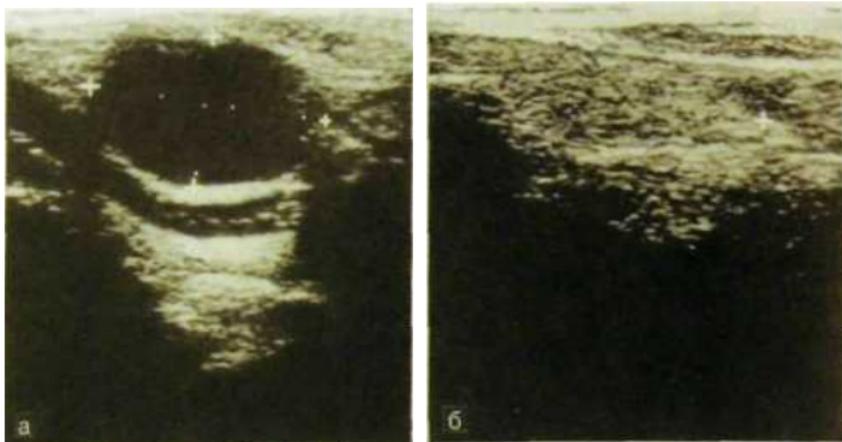


Рис. III.250. Сонограммы щитовидной железы, а — киста; б — аденома.

**Злокачественное объемное образование.** *Раковый узел* в щитовидной железе, как правило, одиночный. На скинтиграммах он обычно вырисовывается как «холодный» очаг. Ультразвуковая картина его не проста для интерпретации, так как варьирует в зависимости от структуры опухоли. Чаще всего на сонограммах виден узел низкой эхоплотности с довольно четкими, но неровными контурами. Однако встречаются опухоли с повышенной эхогенностью. Изображение узла неоднородно: на его фоне выделяются участки различной эхогенности. Вокруг опухоли нет эконегативного ободка. Вместо него по периферии узла часто заметны очень мелкие кальцификаты в виде коротких линий или очажков.

**Гипотиреоз.** Различают четыре формы гипотиреоза: первичный, вторичный, третичный, йоддефицитный. При первичном гипотиреозе нарушено гормонообразование в самой щитовидной железе, при

вторичном снижена тиреотропная функция гипофиза. Третичный гипотиреоз вызван угнетением деятельности гипоталамуса. Наконец, йоддефицитный гипотиреоз развивается при недостаточном содержании йода в пище и воде.

В дифференциальной диагностике первичных и вторичных гипотиреозов решающей является *проба с тиролиберином*. При ее проведении дважды определяют уровень тиротропина в крови — до и через 30 мин после быстрого внутривенного введения тиролиберина. В случае нормального

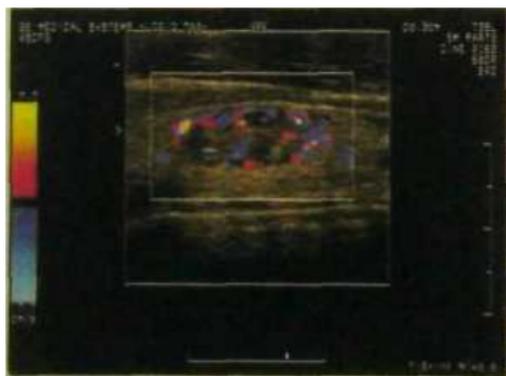


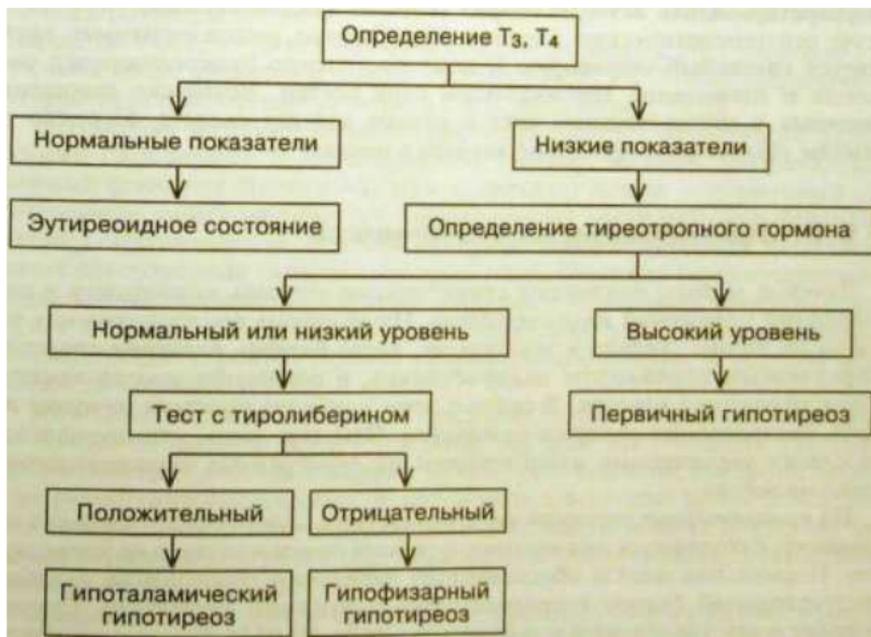
Рис. III.251. Цветное доплеровское картирование щитовидной железы. Аденома.

функционирования гипофиза кони<sup>ТМ</sup>.. тироллиберина возрастает на 15%» ТГГ п Тиротропина под сиянием концентрация тиротропина увеличивает!, к нн первичном гипотиреозе ричном гипотиреозе стимуляция тип f? Лес ЧСМ нЭ 25 мЕд/л ПРИ втои акции гипофиза, т.е. концентрация тм ^ РИ " о м " ВЫЗЫВает ответной Рс" меняется. При третичном тм ^ о т и п е ^ А О П И Н А В о Врежданной п Р о б ы н с муса, резервные возможности ТипоГ. С В Н А Н Н О М с поражением гипотала- этому проба с тиролиб^рином по ^ ш ^ Т т м ^ о " \* " т м ^ з о т м . т м " шенную реакцию - так же как в норме Н О Р М а л ь н у ю и л и с л е г к а " о β « -

ричном гипотиреозе повышаю<sup>ТМ</sup> в 2 рLa и'бТее" И — т с я . а ^ в т о н

**чени ^ Т Г Г т ^ Т р Т ж Т е Т н Г ^ ^ ^ ^ ^ ^**

жизни ребенка не начата заместительная гормональная терапия^ то неизбежна умственная отсталость вплоть до идиотизма. Вот почему в некоторых странах, в которых высок уровень врожденных гипотиреозов, имеются программы обследования всех новорожденных на наличие первичного гипотиреоза. С этой целью сразу после рождения ребенка у него берут одну каплю крови и определяют в ней концентрацию тиротропина. Если она большая то это свидетельствует в пользу гипотиреоза. Простейшая схема дифференциальной диагностики гипотиреозов приведена ниже.



## 9.4. Аденома паращитовидной железы

Паращитовидные железы контролируют весь обмен кальция в организме. Гиперфункция одной или обеих желез ведет к **первичному гиперпаратиреозу**. Уровень *паратормона* в крови определяют радиоиммунным способом. Это очень чуткая реакция, которая дает возможность констатировать гиперпаратиреоз до появления изменений в костях, обнаруживаемых по рентгенограммам. Примерно в 80 % случаев гиперпаратиреоз связан с развитием одиночной аденомы паращитовидной железы. **Вторичный гиперпаратиреоз** обычно объясняется гиперплазией обеих желез при хронических заболеваниях почек.

Основная задача специалиста в области лучевой диагностики заключается в обнаружении аденомы паращитовидной железы. Это можно осуществить с помощью сонографии, компьютерной или магнитно-резонансной томографии и скинтиграфии.

На *сонограммах* типичная аденома хорошо очерчена и дает изображение пониженной эхогенности. Она определяется между заднелатеральным краем щитовидной железы и общей сонной артерией. Размеры аденомы обычно до 1,5 см.

Для *радионуклидного обнаружения* аденомы необходимо ввести два РФП:  $^{201}\text{Tl}$ -хлорид и  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетат. Скintiграфическое изображение с пертехнетатом «вычитают» из изображения, полученного на серии скintiграмм с таллием.

Повышенная функция паращитовидных желез ведет к нарушению минерального обмена, в первую очередь кальциевого. У больного развивается **гиперпаратиреозная остеодистрофия (болезнь Реклингхаузена)**. Она имеет яркую рентгенологическую картину. На обычных рентгенограммах определяется **системный остеопороз**. К нему постепенно присоединяются расслоение и истончение кортикального слоя костей. Возможно появление **одиночных и множественных кист** в разных отделах скелета. Нередко по снимкам удается различить тени камней в почках.

## 9.5. Заболевания надпочечников

Лучевые методы оказывают существенную помощь клиницисту в распознавании поражений надпочечников. На обзорных рентгенограммах эти железы не видны. Только в тех случаях, когда **болезнь Аддисона** связана с туберкулезным поражением надпочечников, в последних иногда заметны мелкие отложения извести. В связи с этим наиболее простым методом лучевого исследования является *сонография*. Отметим лишь, что нормальные или слегка увеличенные надпочечники на сонограммах вырисовываются далеко не всегда.

На *компьютерных томограммах* надпочечник можно обнаружить как образование, находящееся над верхним полюсом почки и несколько кпереди от него. Нормальная железа обуславливает небольшое образование овальной или треугольной формы с прямыми или выпуклыми контурами. Опухоль приводит к его увеличению и деформации (рис. III.252). Компьютерные то-

мограммы позволяют выявлять опухоли диаметром всего 0,5—1,0 см. Еще более чувствительным методом считается *MPT*, особенно при констатации гиперплазии коры надпочечников (при сонографии и КТ гиперплазия регистрируется лишь у половины больных).

Разработана также *сцинтиграфия* надпочечников. Ее осуществляют посредством внутривенного введения  $^{99m}\text{Tc-MIBG}$ . Нормальный надпочечник образует очаг накопления РФП над верхним полюсом почки. Эту методику применяют редко ввиду значительно больших возможностей КТ и МРТ. Однако она полезна при дифференциации гиперплазии и опухоли надпочечника. При **аденоме** увеличен один надпочечник, в котором накапливается большое



Рис. III.252. Фрагмент компьютерной томограммы брюшной полости на уровне надпочечников. Опухоль (x) левого надпочечника.

1 — левая почка; 2 — аорта; 3 — поджелудочная железа; 4 — печень; 5 — тонкая кишка; 6 — селезенка.

количество **РФП**, тогда как функция второго подавлена. При *нодулярной гиперплазии* также увеличен и хорошо концентрирует РФП один надпочечник, а второй имеет небольшие размеры и слабо накапливает РФП.

Нарушение функции надпочечников проявляется различными клиническими синдромами и характеризуется специфическими лабораторными данными (синдром Иценко—Кушинга, синдром Конна — первичный альдостеронизм, симптоматическая гипертензия на почве развития феохромоцитомы). Органической основой **синдрома Иценко—Кушинга** чаще всего бывает двусторонняя гиперплазия коры надпочечников (преимущественно вследствие возникновения аденомы гипофиза), а **синдрома Конна** — гиперплазия или опухоль (обычно доброкачественная аденома надпочечника). Соответственно строится тактика лучевого обследования, в которой ведущее место занимает КТ.

Из изложенного ясно, что при синдроме Иценко—Кушинга исследование нужно дополнить рентгенографией, КТ или МРТ области турецкого седла в поисках **аденомы гипофиза**. Кроме того, при этом синдроме выполняют *рентгенографию скелета*. В молодом возрасте отмечается замедление роста костей. Вследствие нарушения минерального обмена возникает **системный остеопороз**. Нередки переломы ребер и тел позвонков, а также асептические некрозы костей.

Исследование венозной крови на содержание *надпочечниковых гормонов* выполняют методом катетеризации надпочечниковых вен трансфемораль-

ным доступом с последующей *контрастной венографией* и забором образцов крови из этих вен и нижней полой вены. Процедура имеет инвазивный характер и технически сложна, производят ее в ангиографическом кабинете. Тестирование венозной крови — достаточно надежный тест для разграничения одно- и двусторонней гиперплазии и аденомы, а также интра- и экстраадrenalной локации феохромоцитомы.

В надпочечниках часто выявляют **метастазы рака**. Печальное первенство здесь принадлежит раку молочной железы и легких, что надо учитывать при клинико-лучевом обследовании больных.

## 10. ЛОР-ОРГАНЫ. ГЛАЗ И ГЛАЗНИЦА

*Как великий художник, природа умеет и с небольшими средствами достигать великих эффектов.*

Генрих Гейне

Рентгенологическое исследование полости носа и околоносовых пазух, гортани, органа слуха, а также глаза и глазницы завоевало полное признание в клинике уже в первые годы после открытия рентгеновского излучения. Это тем более очевидно сегодня, когда «вступили в свои права» такие лучевые методы, как сонография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, сцинтиграфия. Лучевая диагностика стала необходимой составной частью клинического обследования больных в оториноларингологической и офтальмологической клиниках.

### 10.1. Полость носа и околоносовые пазухи

*Полость носа* занимает центральное положение в лицевом черепе. Она разделена пополам перегородкой, составленной вертикальной пластинкой *решетчатой кости и сошником*. Заднее отверстие носовой полости сошник делит на две части — *хоаны*. Переднее отверстие носовой полости — так называемое *грушевидное отверстие* — образовано костями верхней челюсти и сверху замыкается носовыми костями. Вокруг полости носа располагаются парные околоносовые, или придаточные, пазухи. Они сообщаются с носовой полостью при помощи ходов, или каналов, выстланы слизистой оболочкой и в нормальных условиях заполнены воздухом, вследствие чего хорошо видны на рентгенограммах как светлые и четко ограниченные образования (рис. 111,253).

К моменту рождения у плода сформированы клетки решетчатого лабиринта и имеются маленькие верхнечелюстные пазухи. Развитие околоносовых пазух происходит в основном внеутробно, преимущественно в первые 10—14 лет, и завершается к 20—25 годам.

Изображение полости носа и околоносовых пазух получают на *рентгенограммах и томограммах*. Особенно показательны томограммы, произведенные при малом угле качания рентгеновской трубки (так называемые *монограммы*). Рентгенограммы и томограммы производят в прямых передних и боковых проекциях. Обычно исследование начинают с выполнения обзорного снимка в передней подбородочной проекции (см. рис. Ш.253). На нем различимо грушевидное отверстие, а сама полость носа имеет вид тре-

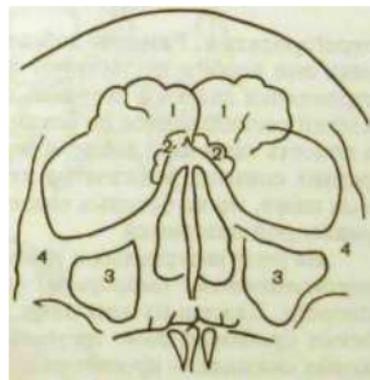


Рис. Ш.253. Обзорная рентгенограмма околоносовых пазух и схема к ней.  
 1 — лобные синусы; 2 — клетки решетчатого лабиринта; 3 — верхнечелюстные пазухи; 4 — скуловые кости.

угольного просветления, разделенного узкой вертикальной тенью костной перегородки. По обе стороны от нее выделяются тени носовых раковин, а между ними — светлые промежутки носовых ходов.

Вокруг полости носа на передних и боковых снимках и томограммах определяются околоносовые пазухи. *Лобные синусы* находятся над носовой полостью и глазницами, проецируются на нижнепередние отделы чешуи лобной кости и разделены костной межпазушной перегородкой. Кроме того, каждая пазуха может быть разбита на несколько ячеек дополнительными

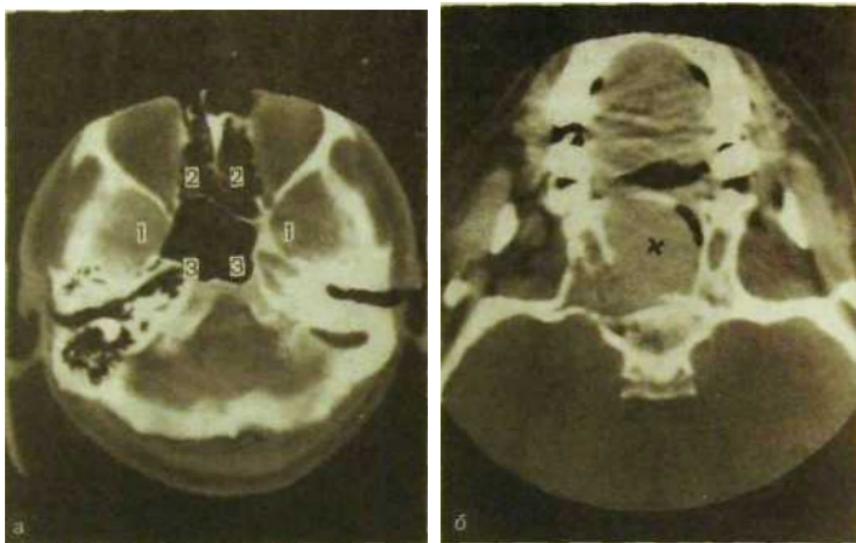


Рис. III.254. Компьютерные томограммы головного мозга.

а — на уровне решетчатых и основных пазух: 1 — верхнечелюстные пазухи, 2 — клетки решетчатого лабиринта, 3 — основные пазухи; б — на уровне основания черепа: большая ангиофиброма (х), идущая из носоглотки и прорастающая кости основания черепа.

перегородками. Размеры лобных синусов весьма вариабельны. В одних случаях они вообще отсутствуют или очень малы, в других, наоборот, распространяются далеко в стороны, формируя надглазничные бухты. Решетчатые клетки располагаются по бокам от носовой перегородки, несколько вдаются в полость глазниц и входят в верхнюю и среднюю носовые раковины. На передних снимках решетчатые клетки накладываются на изображение основных пазух, но на боковых снимках видны впереди от них, под тенью продырявленной пластинки.

На рентгенограммах и томограммах наиболее отчетливо вырисовываются *верхнечелюстные (гайморовы) пазухи*, расположенные по сторонам носовой полости. Каждая из этих пазух на передних снимках обуславливает просветление приблизительно треугольной формы с резкими очертаниями, а на боковых снимках — просветление не совсем правильной четырехугольной формы. На переднем снимке в верхневнутренней части пазухи виднеется небольшое просветление — отображение круглого отверстия основания черепа. Пазуха может быть не полностью разделена тонкими костными перегородками.

Разработаны методики *искусственного контрастирования околоносовых пазух*. В частности, в верхнечелюстную пазуху контрастное вещество вводят путем прокола наружной стенки полости носа в нижнем носовом ходе после предварительной анестезии. Эта методика получила название *гайморографии*, ее применяют по специальным показаниям в учреждениях, где нет компьютерного томографа, при дифференциальной диагностике полипозных разрастаний, кист и опухолей. *Компьютерная томография* в последние годы на-

чинает играть большую роль в исследовании околоносовых пазух в том числе при опухолевых поражениях (рис. Ш.254). Томограммы дают возможность определить объем и распространенность опухолевого образования и состояние окружающих тканей и полостей.

### 10.1.1. Заболевания носа и околоносовых пазух

**Повреждения пазух** связаны с переломами костей, в окружении которых они находятся. Щель перелома и смещение отломков определяют по рентгеновским снимкам или томограммам. Кровоизлияние в поврежденную пазуху сопровождается ее затемнением. Если же воздух из пазухи проник через трещину ее костной стенки в окружающие ткани, то на рентгенограммах можно заметить светлые пузырьки газа на фоне этих тканей. Наиболее часто наблюдаются переломы носовых костей, для которых характерно смещение отломков кзади и книзу. Задача рентгенолога сводится не столько к тому, чтобы выявить линию перелома, сколько к тому, чтобы установить степень деформации костной части носа до и после вправления отломков.

Всякое замещение воздуха в пазухе другой тканью (экссудат, кровь, грануляции, опухоль) приводит к уменьшению или исчезновению ее просвета и, следовательно, к затемнению ее на снимках (рис. Ш.255).

**Острое воспалительное поражение пазухи** выражается в гиперемии, отеке и инфильтрации слизистой оболочки. На рентгеновских снимках по-

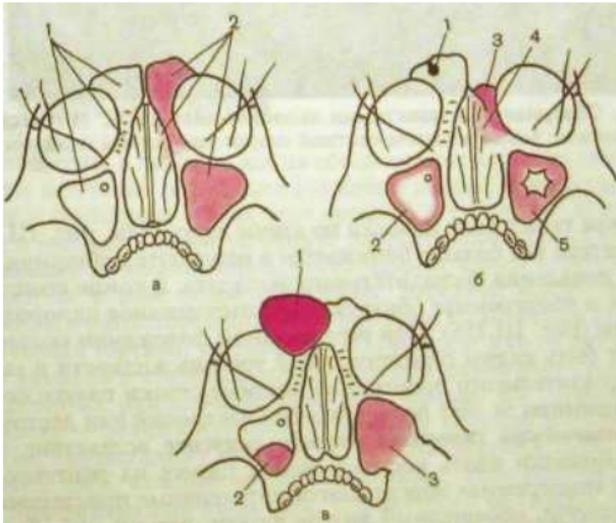


Рис. Ш.255. Рентгенологическая картина поражений околоносовых пазух (схема).

а: , - нормальные пазухи, 2 - \* тм £ ^ ^ Ж ^ % ^ ^ \* тм теома лобного синуса, 2 - > ^ ^ ш е " ^ ш ш е т ч а т о г о л а б и р и н т а п р и х р о н и ч е с - 3 - аплазия лобного синуса, 3 - з н ы й г а й м о р и т в Ч - м у к о ц е л л е л о б н о г о с и н у с а , 2 - ком воспалении, 5 - полипозный тм 3 а верхней чюлюсти с переходом на верхне- челюстную пазуху.



**Рис. III.256-** Обзорная рентгенограмма околоносовых пазух. Интенсивное однородное затемнение левой верхнечелюстной пазухи при остром гнойном гайморите.

является узкая тень в виде полоски по краям пазухи (см. рис. III.255). Прозрачность пазухи все больше понижается в результате набухания слизистой оболочки и появления воспалительного экссудата. В конце концов на рентгенограммах и томограммах обнаруживают интенсивное однородное затемнение пазухи (рис. III.256). При вертикальном положении больного в этой пазухе могут быть видны горизонтальный уровень жидкости и газ над ним. Переход воспалительного процесса на костные стенки пазухи сопровождается их утолщением за счет периостальных наслоений или деструкции.

При **хроническом гиперпластическом синусите** вследствие утолщения слизистой оболочки вдоль костных стенок пазухи на рентгенограммах и особенно на томограммах определяются интенсивные пристеночные затемнения. Их контур, обращенный внутрь пазухи, четкий, но обычно слегка волнистый или неровный. При развитии **полипозного синусита** пристеночные затемнения становятся неравномерными и на фоне деформированного просвета пазухи видны дугообразные или кулисоподобные контуры аденоматозных полипов (см. рис. III.255).

**Кисты** наблюдаются главным образом в верхнечелюстных пазухах. Они развиваются из слизистой оболочки и содержат светло-желтую жидкость,

богатую кристаллами холестерина. На рентгенограммах и томограммах эти кисты выделяются как образования округлой, овоидной или пХФёрической формы, примыкающие к одной из стенок пазухи (см. рис. П.255). Хотя чтобы отличить кисту верхнечелюстной пазухи от ретиционной кисты зубного происхождения, врастающей в пазуху со стороны альвеолярного отростка (околокорневая, или фолликулярная киста) необходимо дополнительно произвести снимки зубов. Они позволяют установить отношение кисты к корням зубов и дну верхнечелюстной пазухи. При дифференциации кисты и крупного полипа необходимо учитывать клинические и рентгенографические данные, но легче всего это сделать с помощью компьютерной или магнитно-резонансной томографии, поскольку последние сразу указывают на жидкое содержимое в случае кисты.

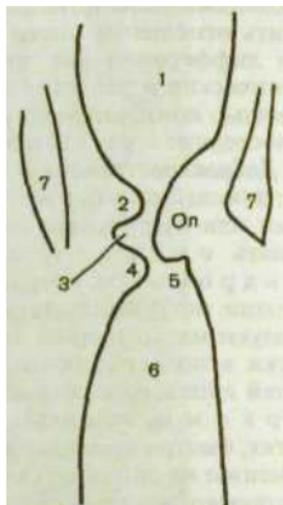
**Доброкачественные и злокачественные опухоли** вырисовываются в соответствующей пазухе в виде круглой, овальной или причудливой тени с ровными или бугристыми очертаниями (см. рис. П.255). Очень просто распознать остеоому, так как она имеет костную плотность и структуру. Хондромы дают ограниченные затемнения с волнистыми контурами; в их толще могут определяться известковые включения. Ангиофибромы образуют мягкотканые узлы, способные далеко распространяться из носоглотки в полость носа или околоносовой пазухи и вызывать разрушения костей лицевого и основания мозгового черепа (см. рис. П.254). Рак и саркомы, возникающие в околоносовых пазухах и составляющих их костях, быстро приводят к деструкции стенок пазухи и ее интенсивному затемнению на снимках. Особую роль в их диагностике играют компьютерная и магнитно-резонансная томография.

## 10.2. Гортань. Глотка

Фарингоскопия и ларингоскопия обеспечивают изучение слизистой оболочки глотки и гортани и функции голосовых связок. Важные дополнительные данные о состоянии стенок этих органов, в частности об околоргортанных тканях и хрящах гортани, позволяет получить компьютерная томография.

При травмах на компьютерных томограммах видны переломы хрящей, отек и гематома в зоне голосовых связок, передней комиссуры гортани, кровоизлияния в околоргортанные пространства и смещения скелета гортани. При стенозах гортани, вызванных туберкулезом или склеромой, можно установить уровень и степень сужения, распространенность инфильтрации и грануляционных разрастаний. При раке гортани КТ позволяет решить главную задачу — установить распространение опухоли в околоргортанные пространства, грушевидные синусы, ткани, находящиеся перед надгортанником. Кроме того, компьютерные томограммы облегчают выявление метастазов в лимфатических узлах шеи. Пораженный опухолью лимфатический узел вырисовывается как округлое образование величиной более 2 см с пониженной плотностью в центре. После лучевого лечения КТ используют для оценки выраженности отека тканей гортани, а затем — для определения степени пострадиационного фиброза.

Компьютерная томография практически вытеснила рентгенологическую томографию и методики с искусственным контрастированием глотки и гортани. Однако в учреждениях, которым КТ еще недоступна, ограничи



**Рис. III.257.** Томограмма гортани и схема к ней. Опухоль (Op).  
 1 — надсвязочное пространство; 2 — правая ложная голосовая связка; 3 — правый гортанный (морганисв) желудочек; 4 — правая истинная голосовая связка; 5 — подсвязочный отдел гортани; 6 — трахея; 7 — грушевидные синусы.

ваются выполнением рентгенограмм глотки и гортани (преимущественно в боковой проекции) и обычных томограмм (главным образом в прямой проекции). На боковых снимках и прямых томограммах достаточно ясно вырисовываются основные анатомические элементы органа: надгортанник, надгортанно-язычные ямки (валлекулы), преднадгортанниковое пространство, грушевидные синусы, желудочковые и истинные связки, гортанные (морганисв) желудочки, черпалонадгортанные связки, щитовидный хрящ. Начиная с возраста 15—18 лет появляются отложения извести в хрящах гортани; они тоже отчетливо видны на рентгенограммах и томограммах.

Развитие **опухоли гортани** ведет к увеличению ее пораженного элемента на снимках и томограммах; соответственно деформируются прилежащие воздухосодержащие полости — гортанные желудочки, грушевидные синусы и т.д. (рис. III.257). Примерно такие же симптомы характерны для опухолей **глотки**: тень самой опухоли, нередко с бугристой поверхностью, и деформация просвета органа. У детей обзорные снимки и томограммы позволяют четко обнаружить аденоидные разрастания, вдающиеся в носоглотку со стороны свода и задней стенки глотки. Хорошо видны дугообразные контуры крупных аденоидов, а также мелкая неровность очертаний задней стенки носоглотки, обусловленная небольшими разрастаниями.

Остается упомянуть о заглочной »к  
 мogramмах он обусловливает увеличений"  
 глотки и трахеи. Кпереди от шейных позвонкоГ Радиогрaммaх и то-  
 однородное затемнение с выпуклым кпепе™ >- появляет <:я интенсивное  
 мogramмы имеют решающее значение™ Контуром. Компьютерные то-  
 кое содержимое в инфильтрате. позволяют установить жид-

: "ЛГо башГГчeГнГвГ;с;г те - тм. -~  
 ГГ^ГсоТерГнГо иГеГ ~ ПРИобр <тм

Из -Юмористического словаря» Звана Эзара, США;

### 10.3. Ухо и височная кость

Обзорные рентгенограммы черепа не дают полного представления о состоянии височной кости. В связи с этим специалисты в области лучевой диагностики используют главным образом прицельные снимки (рис. III.258) и рентгеновские компьютерные или магнитно-резонансные томограммы (рис. III.259, III.260). На них получают изображения наружного и внутреннего слухового прохода, барабанной полости со слуховыми косточками, полукружных каналов, различных частей пирамиды, ячеистой системы височ-



Рис III.258. Прицельные рентгенограммы височных костей.

<sup>3</sup> — в правой височной кости — выраженные склеротические изменения и большая полость, обусловленная холестеатомой (указана стрелкой); б - левая височная кость не изменена.



**Ряс. III.259.** Компьютерные томограммы височной кости.

а — срез через наружный слуховой проход: 1 — аттик, 2 — наружный слуховой проход, 3 — барабанная полость, 4 — внутренний слуховой проход; б — аксиальный срез пирамиды: 1 — головка молоточка, 2 — часть тела наковальни, 3 — слуховой проход.

ной кости, сосцевидной пещеры. По снимкам нетрудно составить представление о состоянии ячеек височной кости и сосцевидной пещеры. В норме ячейки, расположенные в различных отделах височной кости, выстланы слизистой оболочкой, происходящей из барабанной полости, и заполнены воздухом. Число, размеры и локализация пневматических клеток очень переменны.

При **остром отите** определяется понижение прозрачности барабанной полости, а затем пещеры и других ячеек. Можно заметить краевые полосы утолщенной слизистой оболочки в этих ячейках, а впоследствии — их затемнение. Рентгенологическими признаками **острого мастоидита** служат

уменьшение или отсутствие воздушности клеток сосцевидного отростка и нарушение целостности разделяющих их костных перегородок т.е. образование деструктивных очагов. При **хронических отитах** ячейки затемняются, происходит истончение, а иногда и разрушение перегородок между ними. При длительном течении процесса преобладает склерозирование костной ткани с затемненными ячейками (см. рис. III.258).

В результате хронического гнойного отита эпидермис из наружного слухового прохода прорастает через дефект в барабанной перепонке в среднее ухо и может привести к увеличению антральной клетки, а в дальнейшем — к образованию полости со склерозированными стенками (см. рис. III.258). Такое осложнение называют **ложной холестеатомой** в отличие от **истинной холестеатомы** — **дермоидного образования**, иногда выявляемого в костях свода черепа. На компьютерных томограммах

ложная холестеатома обуславливает мягкотканное образование. По мере его увеличения возникает деструкция прилежащих костных элементов.



Рис. III.260. Трехмерная реконструкция изображения внутреннего уха при компьютерной томографии. Видны улитка и лабиринт.

#### **Прерванная рекомендация**

«Все ясно,— сказал окулист, обследовав глаз пациента.— У вас не просто глазное заболевание. Налицо нервное расстройство, признаки желтухи, ожирение сердца, нарушения кровообращения. Рекомендую вам...».— «...Постойте, доктор! Посмотрите, пожалуйста, другой глаз. Этот у меня искусственный».

*(Медики и пациенты обмениваются улыбками — Ташкент, 1985)*

## **10.4. Глаз и глазница**

Орган зрения состоит из глазного яблока, его защитных частей (глазница и веки) и придатков глаза (слезный и двигательный аппарат). Глазница (орбита) по форме напоминает усеченную четырехгранную пирамиду. У ее вершины находится отверстие для зрительного нерва и глазничной артерии. По краям зрительного отверстия прикрепляются 4 прямые мышцы,



Рис. П.261. Компьютерная томограмма глазницы. Видны гени разных яблок, мышцы глаза, зрительных нервов.

верхняя косая мышца и мышца, поднимающая верхнее веко. Стенки глазниц составлены многими лицевыми костями и некоторыми костями мозгового черепа. Изнутри стенки выстланы надкостницей.

Изображение глазниц имеется на *обзорных рентгенограммах черепа в прямой, боковой и аксиальной проекциях*. На снимке в прямой проекции при носоподбородочном положении головы по отношению к пленке обе глазницы видны раздельно, причем очень четко выделяется вход в каждую из них в форме четырехугольника с закругленными углами (см. рис. П.253). На фоне глазницы определяется светлая узкая верхняя глазничная щель, а под входом в глазницу — круглое отверстие, через которое выходит подглазничный нерв. На боковых снимках черепа изображения глазниц проецируются друг на друга, однако нетрудно различить верхнюю и нижнюю стенки прилежащей к пленке глазницы. На аксиальной рентгенограмме тени глазниц частично накладываются на верхнечелюстные пазухи. Отверстие канала зрительного нерва (округлая или овальная форма, диаметр до 0,5—0,6 см) на обзорных снимках незаметно; для его исследования выполняются специальный снимок, отдельно для каждой стороны.

Свободное от наложения соседних структур изображение глазниц и глазных яблок достигается на линейных томограммах и особенно на компьютерных и магнитно-резонансных томограммах. Можно утверждать, что *орган зрения — идеальный объект для АТ* ввиду выраженных различий в поглощении излучения в тканях глаза, мышцах, нервах и сосудах (около 30 НУ) и ретробульбарной жировой клетчатке (-100 НУ). Компьютерные томограммы позволяют получить изображение глазных яблок, стекловидного тела и хрусталика в них, оболочек глаза (в виде суммарной структуры), зрительного нерва, глазничных артерии и вены, мышц глаза (рис. П.261). Для наилучше-

го отображения зрительного нерва срез проводится по линии, соединяющей нижний край глазницы с верхним краем наружного слухового прохода. Что же касается *магнитно-резонансной томографии*, то она обладает особыми достоинствами: не сопровождается рентгеновским облучением глаза, дает возможность исследовать глазницу в разных проекциях и дифференцировать скопления крови от других мягкотканых структур (рис. 111.262).

Новые горизонты в изучении морфологии органа зрения открыло *ультразвуковое сканирование*. Применяемые в офтальмологии ультразвуковые аппараты снабжены особыми глазными датчиками, работающими на частоте 5—15 мГц. В них до минимума уменьшена «*мертвая зона*» — ближайшее пространство перед пьезопластинкой звукового зонда, в пределах которого не регистрируются эхосигналы. Эти датчики обладают высокой разрешающей способностью — до 0,2—0,4 мм по ширине и фронту (в направлении ультразвуковой волны). Они позволяют выполнять измерения различных структур глаза с точностью до 0,1 мм и судить об анатомических особенностях структуры биологических сред глаза на основании величины затухания ультразвука в них.

Ультразвуковое исследование глаза и глазницы может быть проведено двумя методами: *А-методом (одномерная эхография)* и *В-методом (соногра-*

Рис. Ш.262. Магнитно-резонансная томограмма глаза. Меланома глазного яблока ( $\chi$ ).



Рис. Ш.263. Сонограмма глаза. Отслойка сетчатки (указано стрелками).

*фия*) В первом случае на экране осциллоскопа наблюдают эхосигналы, соответствующие отражению ультразвука от границ анатомических сред глаза (см рис. 11.39). Каждая из этих границ отражается на эхограмме в виде пика. Между отдельными пиками в норме располагается изолиния. Ретробульбарные ткани обуславливают на одномерной эхограмме сигналы различной амплитуды и густоты. На сонограммах формируется изображение акустического среза глаза (рис. III.263).

Для того чтобы определить подвижность патологических очагов или инородных тел в глазу, сонографию производят дважды: до и после быстрого изменения направления взгляда, или после перемены положения тела из вертикального в горизонтальное, или после воздействия на инородное тело магнитным полем. Подобная *'кинетическая» эхография* позволяет определить, фиксирован ли очаг или инородное тело в анатомических структурах глаза.

#### 10.4.1. Повреждения и заболевания органа зрения

По *обзорным и прицельным рентгенограммам* легко определяют переломы стенок и краев глазницы. Перелом нижней стенки сопровождается затемнением верхнечелюстной пазухи вследствие кровоизлияния в нее. Если трещина глазницы проникает в околоносовую пазуху, то могут выявляться пузырьки воздуха в глазнице (эмфизема глазницы). Во всех неясных случаях, например при узких трещинах в стенках глазницы, помогает КТ.

Травма может сопровождаться проникновением инородных тел в глазницу и глазное яблоко. Металлические тела размером более 0,5 мм без труда распознаются на рентгенограммах. Очень мелкие и малоконтрастные инородные тела выявляют с помощью специальной техники — так называемых *бесскелетных снимков глаза*. Их делают на маленьких пленках, введенных после анестезии в конъюнктивальный мешок под глазное яблоко. На снимке получается изображение переднего отдела глаза без наложения тени костных элементов. Для того чтобы точно локализовать инородное тело в глазу, на поверхность глазного яблока накладывают *протез Комберга—Балтина*. Снимки с протезом выполняют в прямой и боковой проекциях с расстояния 60 см. Полученные снимки анализируют с помощью специальных схем, нанесенных на прозрачную целлулоидную пленку, и определяют меридиан глаза, на котором расположено инородное тело, и расстояние его от плоскости лимба в миллиметрах.

Существенно облегчили поиск и точную локализацию инородных тел в глазнице и глазном яблоке *эхеофтальмоскопия и компьютерная томография*. Ультразвуковая диагностика внутриглазных осколков основывается на выявлении так называемого *осколочного эхосигнала* — короткого импульса на одномерной эхограмме (рис. III.264). По месту этого пика на изолинии судят о локализации инородного тела — в передней камере глаза, внутри хрусталика, в стекловидном теле или на глазном дне. Важным признаком эхосигнала, указывающим на его осколочную природу, является исчезновение пика при малейшем изменении направления оси биолокации. Современные ультразвуковые аппараты при благоприятных условиях позволяют обнаружить осколки диаметром 0,2—0,3 мм.

Для планирования экстракции инородного тела важно знать его магнитные свойства. Во время эхографии включают электромагнит. Если фор-

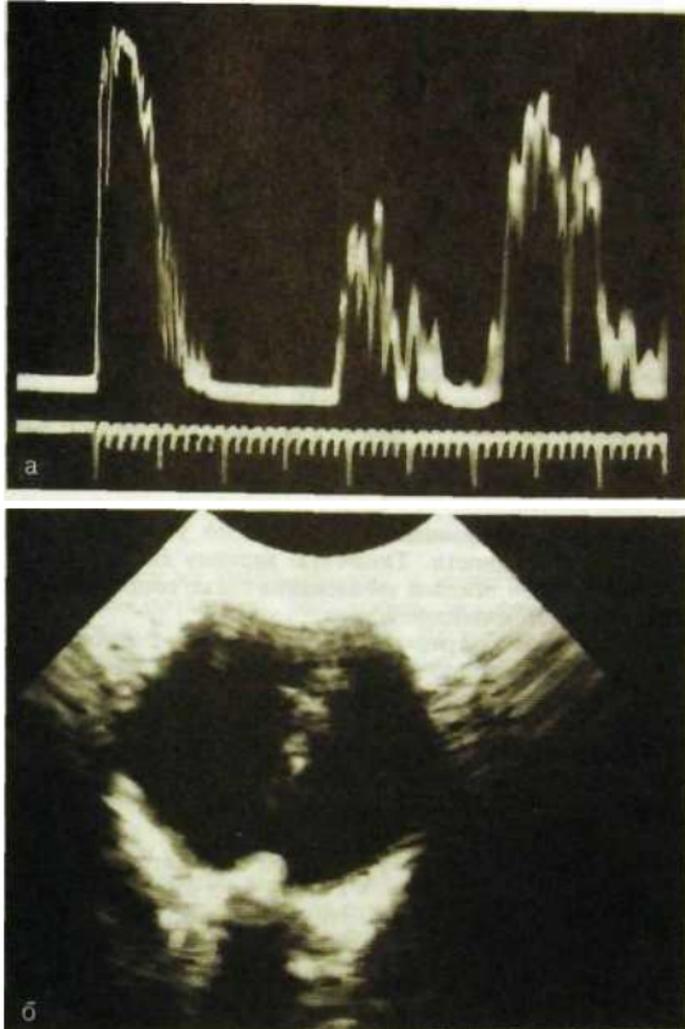


Рис. 11.264. Ультразвуковое исследование глаза при инородном теле (кусочек стекла).

а — эхограмма; б — сонограмма.

ма и величина «осколочного» эхосигнала не изменяются, то предполагают амагнитность осколка или наличие выраженных рубцов вокруг него, препятствующих его смещению.

На сонограммах внутриглазные осколки видны как дополнительные акустические тени на фоне однородного поля акустического среза глаза (см. рис. 11.264).

*Большинство заболеваний с поражением глазного яблока диагностируют с помощью прямой офтальмоскопии и ультразвукового исследования. Компьютерную или магнитно-резонансную томографию применяют главным образом для распознавания поражений заднего отдела глазницы и выявления их интракраниального распространения. Очень полезны томограммы для установления объема глазных мышц и утолщений зрительного нерва при неврите.*

Ультразвуковое исследование и МРТ широко используют при **помутнениях оптических сред глаза** в тех случаях, когда прямая офтальмоскопия малоэффективна. Например, при **белых пленках** роговицы эхография позволяет определить ее толщину, а также положение и толщину хрусталика, что необходимо при выборе хирургической техники кератопластики и кератопротезирования. При **пленчатой катаракте**, т.е. частичном или полном помутнении вещества или капсулы хрусталика, обнаруживают единственный «**хрусталиковый**» эхосигнал, указывающий на наличие пленчатой структуры между стекловидным телом и роговицей. **Незрелая катаракта** сопровождается появлением на одномерной эхограмме дополнительных мелких эхосигналов между двумя хрусталиковыми сигналами.

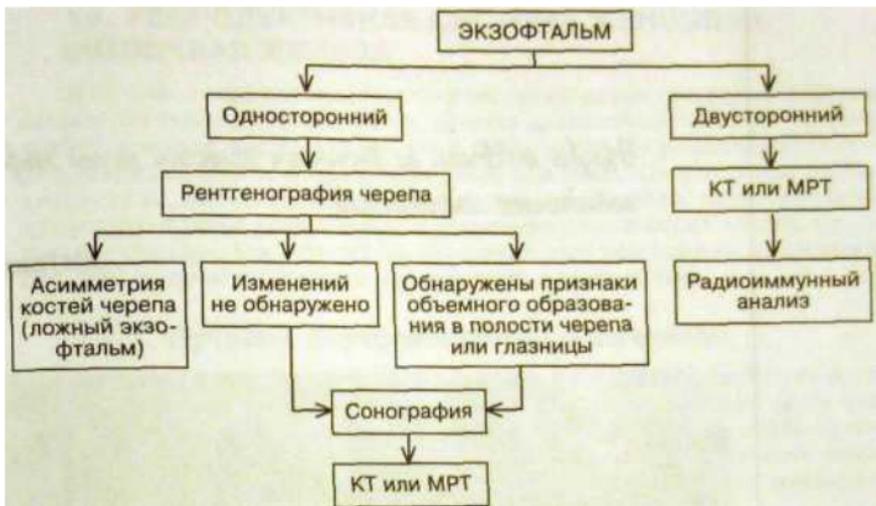
При **помутнении стекловидного тела** можно установить степень его акустической неоднородности. Типичную картину дает **очаговый эндотальмит** — тяжелое заболевание глаза, сопровождающееся потерей прозрачности стекловидного тела.

При **опухолях глаза** ультразвуковое исследование дает возможность определить точную локализацию и площадь поражения, прорастание в соседние оболочки и ретробульбарное пространство, наличие в новообразовании мелких очагов некроза, кровоизлияния, кальцификации. Все это в ряде случаев позволяет уточнить природу опухоли.

Лучевые исследования необходимы при патологическом выстоянии глазного яблока из глазницы — **экзофтальме**. При анализе рентгенограмм черепа сразу исключают так называемый **ложный экзофтальм** — выстояние глазного яблока при врожденной асимметрии костей лицевого черепа. Природу **истинного экзофтальма** устанавливают посредством **сонографии**, **КТ** или **МРТ**. Эти методы позволяют обнаружить гематому при травме, кисту или опухоль в тканях глазницы либо прорастающую из соседней области, мозговую грыжу в полости глазницы или распространение в последнюю воспалительного процесса из клеток решетчатого лабиринта.

У отдельных больных наблюдается **пульсирующий экзофтальм**. Он может быть проявлением **аневризмы глазничной артерии**, **артериальной гемангиомы**, **поражения каротидно-венозного соустья**. Если нет возможности выполнить КТ- или МР-ангиографию, то производят **каротидную ангиографию** (рентгеноконтрастное исследование сонной артерии и ее ветвей). Вариантом является **перемежающийся экзофтальм**, возникающий при варикозном расширении вен глазницы. И в этом случае решающее значение в диагностике имеют ангиографические методики — **КТ-, МР-ангиография** или **венография глазницы**.

Экзофтальм иногда развивается в результате эндокринных расстройств, в частности при **тиреотоксикозе**. В этих случаях он связан с увеличением внеглазных мышц (особенно медиальной прямой мышцы), что



четко регистрируется на компьютерных и магнитно-резонансных томограммах. Они же позволяют обнаружить экзофтальм, обусловленный накоплением жира в полости глазницы. На схеме показана примерная тактика обследования, проводимого с целью выяснения причин экзоф-

Для исследования слезных путей разработаны две лучевые методики: рентгеновская и радионуклидная *дакриоцистография*. В <sup>обоих случаях</sup> после анестезии конъюнктивы 0,25 % раствором дикаина 1-2-граммовым шприцем через тонкую затупленную иглу вводят раствор контрастного вещества в верхнюю или нижнюю слезную точку. При *рентгеновской дакриоцистографии* вливают рентгеноконтрастный препарат и <sup>ТМ°ТМ°АС ТМЦ</sup> (я последнее время методом выбора является дигитальная рентгенография, позволяющая полнить изображение слезных путей без наложения костных элементов), при *радионуклидной дакриоцистографии* вводят РФП и выпол

по возможности, его причину. При ош № прото <sup>поступ</sup>  
 ширение его престенотической <sup>час</sup>ти ^ «ьшение " ^ ^ ^ <sup>причинами об</sup>  
 ления контрастного вещества или FUMi в <sup>хро</sup>нический дакрио-  
 = ГГХГсосГ я П ГлГпГст Гски х <sup>оперативных</sup> вмеша-  
 тельств. уу

*Наги от4фым За видимым пределом умыв Мпфт  
ш&идпных подjwlтости.*

**А. И. Герцен**



**"На террасе". Олост Ренуар, 1881**

# 1 1 . РЕПРОДУКТИВНАЯ СИСТЕМА ЖЕНЩИНЫ. МОЛОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА

В те годы, когда для исследования репродуктивных органов применяли только рентгенологический метод, лучевая диагностика занимала сравнительно скромное место в акушерстве и гинекологии. Ее развитие сдерживала опасность лучевого повреждения плода или гонад. Однако, когда появились методы, не связанные с радиационным воздействием, особенно такие, как ультразвуковое исследование и радиоиммунологический анализ, ситуация изменилась. Без лучевых исследований уже невозможно представить себе современное акушерство, гинекологию и маммологию.

## 1 1 . 1 . Лучевая анатомия матки и яичников

Изображение внутренних половых органов женщины может быть получено с помощью разных лучевых методов. Основное значение среди них приобрело *ультразвуковое сканирование (сонография)*. Оно не имеет противопоказаний и может быть произведено во все фазы менструального цикла и в любой период беременности. Особенно ценно сочетание трансвагинальной и абдоминальной сонографии.

*Ультразвуковое исследование* позволяет получить изображение матки и придатков, оценить их положение, форму и величину. Специальной подготовки к сонографии не требуется. Рекомендуется утром до исследования выпить 2—3 стакана воды и задержать мочеиспускание. Наполненный мочевой пузырь обеспечивает лучшую визуализацию внутренних половых органов. Перемещение ультразвукового датчика производят в двух направлениях: продольном и поперечном, получая соответственно продольные и поперечные сонограммы.

На сонограммах малого таза здоровой женщины вырисовываются матка с придатками, влагалище, мочевой пузырь, прямая кишка. Влагалище образует трубчатую структуру в виде плотной экзогенной полосы. Шейка матки лежит по срединной линии, а тело ее обычно немного отклонено вправо или влево. Контуры матки ровные, стенки ее дают однородное изображение (рис. III.265). У подавляющего большинства обследуемых различима полость матки. Эндометрий обуславливает тонкую экзогенную полосу в ранней пролиферативной фазе, но к концу секреторной фазы утолщается до 0,4—0,7 см.

После определения положения и формы матки вычисляют ее длину, а также переднезадний и поперечный размеры. Длина тела матки — это расстояние между внутренним зевом шейки и дном; у женщин репродуктивного возраста оно составляет 6–8 см. Переднезадний и поперечный размеры — расстояния между двумя наиболее отдаленными точками на передней и задней поверхностях матки и между наиболее отдаленными точками на боковых поверхностях. Эти размеры варьируют в пределах от 3,5 до 4,5 и от 4,5 до 6,5 см соответственно. У рожавших женщин размеры матки больше, чем у нерожавших. В менопаузе они уменьшаются.

Трубы и широкая маточная связка на сонограммах не видны, а яичники выглядят как овальные или округлые образования, располагающиеся



Рис. III.265. Сонограмма малого таза женщины.

ся вблизи матки. Их величина колеблется в значительных пределах. В каждом яичнике можно различить капсулу, кору и мозговой слой. Принято считать, что нормальные яичники не превышают 0,5 размера матки. На протяжении менструального цикла отмечается прогрессирующее увеличение одного из яичников в связи с формированием в нем фолликула — гипозоогенного образования с тонкой стенкой. Его диаметр ежедневно увеличивается на 0,2—0,4 см, достигая непосредственно перед овуляцией 2,5—3 см.

Таким образом, сонография, как и радиоиммунологическое определение концентрации лютропина в крови женщины (см. далее), позволяет точно установить время овуляции и формирования желтого тела. Эти возможности используют в гинекологии для установления функциональной полноценности менструального цикла.

На обычных рентгенограммах матка и придатки не дают изображения. На них можно видеть только устройство для контрацепции, введенное в полость матки, поскольку большинство таких устройств делают из рентгеноконтрастных материалов. Иное дело компьютерные или магнитно-резонансные томограммы (рис. III.266). На разных «срезах» последовательно вырисовываются дно, тело и шейка матки, влагалище, мочевой пузырь и мочеточники, прямая кишка, жировая клетчатка и мышцы таза, а также тазовые кости. Яичники различимы не всегда, так как их трудно дифференцировать с наполненными содержимым петлями кишечника.

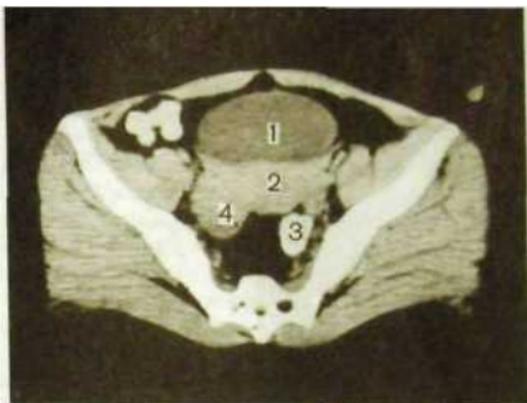


Рис. III.266. Компьютерная томограмма малого таза женщины.

1 — мочевого пузыря; 2 — матка; 3 — нормальный правый яичник; 4 — кистозная гиперплазия левого яичника.



Рис. III.267. Выполнение метросальпингографии на рентгеновской установке.

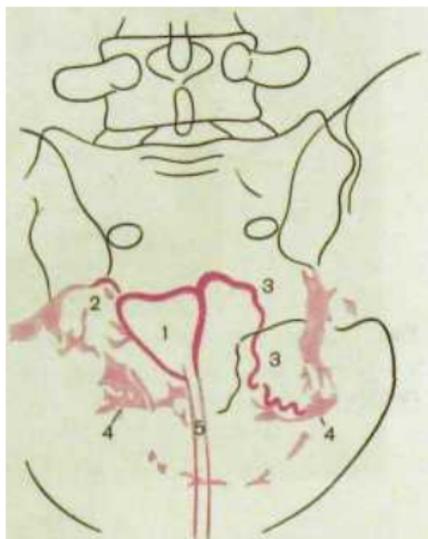
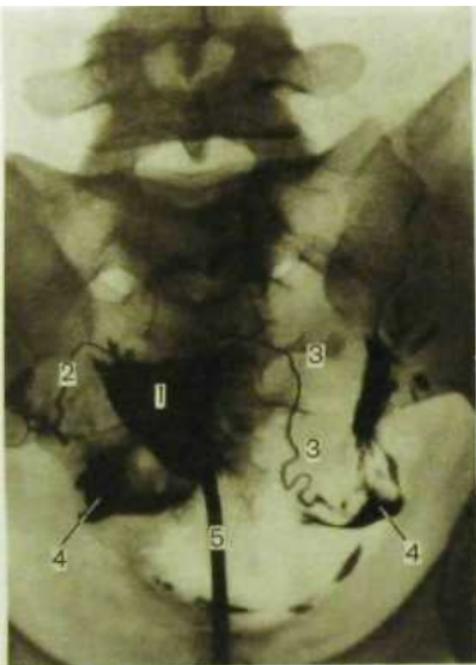


Рис. III.268. Метросальпингограмма и схема к ней.

1 — полость матки; 2 — правая маточная труба; 3 — левая маточная труба; 4 — скопления контрастного вещества, вышедшего в брюшную полость; 5 — катетер, введенный в шейку матки.

Для исследования полости матки и маточных труб используют специальную методику — метросальпингографию. Метросальпингография (гистеросальпингография) — это рентгенография, осуществляемая после заполнения полости матки и труб контрастным веществом через канал шейки матки. Это исследование безопасно и безболезненно, но его необходимо выполнять в асептических условиях, чтобы не занести инфекцию в брюшную полость (рис. III.267).

При соблюдении правильной методики данная процедура не сопровождается побочными явлениями. При нарушении методики возможны осложнения: обострение инфекции, кровотечение, перфорация стенки матки, переход контрастного вещества из полости матки в венозные или лимфатические сосуды.

На метросальпингограмме (рис. III.268) тень полости матки имеет вид треугольника со слегка вогнутыми сторонами. От проксимальных углов треугольника начинаются узкие тени маточных (фаллопиевых) труб. Начало каждой трубы обозначено циркулярным сужением, затем просвет трубы конически расширяется — это ее интерстициальная часть. Далее следует прямая или слегка извилистая истмическая часть

размером 0,5-1,0 мм. Без резких границ она переходит в ампулярную часть, которая имеет наибольший поперечник в наружном конце, обращенном книзу. Если трубы проходимы, то контрастное вещество заполняет их на всем протяжении, а потом в виде отдельных скоплений обнаруживается в брюшной полости (см. рис. III.268).

Своеобразным аналогом рентгеновской метросальпингографии является радионуклидное исследование полости матки и труб — *радионуклидная метросальпингография*. В полость матки вводят 1 мл РФП. На шейку матки накладывают зажим и большую оставляют в положении на спине на 30 мин. Затем производят скинтиграмму, на которой получается изображение полости матки и труб. В норме препарат распределен в них равномерно и в течение 2 ч полностью переходит в брюшную полость. Однако радионуклидное исследование служит не столько для изучения морфологии органа, сколько для оценки его функции — проходимости труб.

На рентгенограммах можно получить изображение сосудистой системы матки и других тазовых органов. Для этого разработаны различные методики рентгеновского контрастирования артерий и вен матки и тазовой области, а также исследования лимфатических сосудов и узлов таза. Эти методики находят применение главным образом в диагностике злокачественных опухолей матки и придатков.

## **1 1 . 2 . Лучевое исследование гормональной регуляции репродуктивной функции женского организма**

Регуляция всех функций половой системы женщины происходит с участием коры головного мозга, подкорковых структур, гипофиза, яичников, а также матки, влагалища, молочных желез. Взаимосвязь и согласованное взаимодействие всех элементов этой сложной системы осуществляются с помощью механизма многоступенчатой отрицательной и положительной обратной связи. Нарушение одного из звеньев в цепи регулирующих механизмов неизбежно сопровождается разрегулировкой остальных гормональных взаимоотношений. Выявить эти нарушения уже на ранних стадиях позволяют методы радиоиммунологической диагностики.

*Радиоиммунологические исследования* гормонального статуса женщины выполняются с порцией крови (in vitro), т.е. без введения в организм радиоактивных соединений, поэтому они не представляют опасности ни для беременной, ни для эмбриона.

Менструальный цикл здоровой женщины *двухфазный*. В *первую фазу* — роста и созревания фолликула (эстрогенная, или фолликулярная, фаза) — яичники выделяют в кровь гормон *эстрадиол*. Его концентрация составляет 0 1-03 нмоль/л и нарастает по мере созревания фолликула. Максимальная концентрация — 0 6-1,3 нмоль/л — наблюдается в середине цикла, за 1-2 дня до овуляции. Во *вторую фазу* цикла — фазу желтого тела (лютеиновая фаза) — уровень эстрадиола снижается до 0,3-0,8 нмоль/л. Эстрадиол вызывает пролиферацию слизистой оболочки матки.

Другой гормон, продуцируемый яичниками,— *прогестерон*. Он выделяется в основном желтым телом и, следовательно, его концентрация максимальна во вторую фазу менструального цикла — 25—55 нмоль/л, тогда как в первую фазу цикла — всего 2—6 нмоль/л. Функция прогестерона заключается в подготовке эндометрия к имплантации оплодотворенной яйцеклетки.

Изменение секреции половых гормонов регулируется гипофизом путем выделения им гонадотропных гормонов — *лютропина* и *фоллитропина*, а также *пролактина*. *Лютропин* стимулирует биосинтез прогестерона и регулирует функцию желтого тела. Он является фактором пуска овуляции. Содержание лютропина в начале и конце цикла составляет 7—15 ед/л, а на пике овуляции поднимается до 40—100 ед/л.

*Фоллитропин* стимулирует рост гранулярных клеток яичника и способствует созреванию фолликула. Как и лютропин, он запускает механизм овуляции. Колебания его концентрации в крови схожи с таковыми лютропина: она минимальна в начале и конце цикла (6—12 ед/л) и максимальна на пике овуляции (20—40 ед/л).

Физиологическая роль *пролактина* разнообразна. Как и лютропин, он стимулирует секрецию прогестерона желтым телом. Колебания его содержания в крови подвержены тем же закономерностям, что и лютропина: пик наблюдается в фазу овуляции, т.е. в середине менструального цикла. Концентрация пролактина резко возрастает во время беременности и в период лактации.

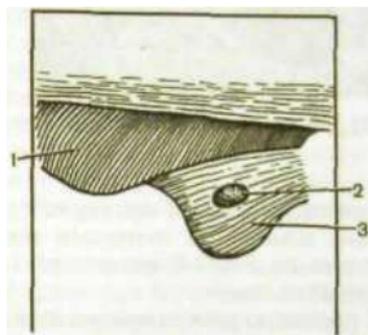
Гонадотропная функция гипофиза находится под управлением гипоталамуса. Последний вырабатывает *рилизинг-гормоны*: *люлиберин* и *фоллиберин*, которые стимулируют секрецию гонадотропинов. В последнее время созданы синтетические гипоталамические рилизинг-гормоны, которые применяются в радиоиммунологической диагностике для разграничения поражений гипоталамуса и гипофиза. Разработаны также особо точные радиоиммунологические методики, которые позволяют определять концентрацию в крови рилизинг-гормонов. Тем самым открыта возможность для одномоментного радиоиммунологического исследования всей гормональной «иерархии»: *гипоталамус — гипофиз — яичники*.

### 11.3. Беременность и ее нарушения

Значение лучевых методов в диагностике беременности и ее нарушений очень велико. Достаточно перечислить основные задачи лучевых исследований.

*Это, во-первых, подтверждение факта беременности, установление местоположения плода (в матке или брюшной полости), определение числа плодов, выяснение возраста и пола плода и правильности его развития, распознавание аномалий плода и его гибели. Во-вторых, оценка положения, величины и состояния плаценты и амниона. В-третьих, измерение таза и оценка состояния родовых путей (в частности, исключение препятствий к родовому акту, например деформаций таза, кист яичников и др.). В-четвертых, определение гормонального статуса беременной.*

Морфологические и функциональные изменения организма при беременности чутко улавливаются лучевыми методами. При физиологическом



**Рис. ПП.269.** Сонограмма матки и схема к ней (5—6 нед беременности).  
1 — мочевого пузыря; 2 — плодное яйцо; 3 — матка.

течении беременности уже в ранний период на термограммах определяются зоны гипертермии в области молочных желез, передней брюшной стенки (особенно над лобком), шеи. Еще чувствительнее радиоиммунные тесты, отражающие гормональную перестройку организма. Однако ведущую роль в лучевой диагностике приобрели ультразвуковые методы. В настоящее время в большинстве лечебных учреждений осуществляют скрининг-программы обследования всех беременных. На основании совокупности клинических, ультразвуковых и радиоиммунологических данных делают заключение о характере течения беременности и необходимости проведения каких-либо лечебно-профилактических мероприятий.

*Сонография* — один из самых точных методов установления факта беременности. Уже на 5—6-й неделе беременности на сонограммах появляется изображение плодного яйца. Оно расположено в матке асимметрично и имеет вид полости с эконегативным центром и экзогенным ободком (рис. ПП.269).

При нормальной беременности в отличие от эктопической контур плодного мешка состоит как бы из двух вписанных друг в друга колец. На 6-й неделе плодное яйцо занимает 1/4 объема полости матки, на 8-9-й — почти половину ее. Появляется неравномерность толщины ворсинчатой оболочки, обусловленная формированием плаценты. Детали изображения лучше всего различаются при трансвагинальной сонографии. С 8-9-й недели начинает визуализироваться желточный мешок как сферическое образование диаметром 5-6 мм. Изображение эмбриона удается получить на



Рис. III.270. Сонограмма. Плоя в матке.

7-8-й неделе, и это является признаком нормального течения беременности. Эмбрион располагается вблизи стенки амниона, имеет величину 9-Ю мм. В этот период уже удаётся исследовать деятельность его сердца.

По мере дальнейшего развития эмбриона вырисовываются все его основные структуры (рис. 111.270). На 9-Ю-й неделе начинают выявляться головка и тело, на 10-11-й — конечности и пуповина. На 12-й неделе улавливается ультразвуковой сигнал от срединных структур голов-

ного мозга (*М-эхо*). *М-эхо* служит ориентиром в диагностике ряда патологических изменений головного мозга плода. Плацента достаточно четко различима на 8-10-й неделе; на 12-й неделе она имеет вид однородной экзогенной массы.

С помощью ультразвукового исследования в режиме энергетического доплера деятельность сердца и желудка изучают с 10-й недели беременности (рис. 111.271). Примерно в это же время регистрируются медленные шевеления плода. Позднее появляются быстрые толчкообразные перемещения, которые сопровождаются движениями конечностей. Попутно заметим, что на рентгенограммах части скелета плода видны не ранее 13-14-й недели.

Срок беременности определяют путем ультразвукового измерения матки, плодного яйца и эмбриона. Матка начинает увеличиваться на 7-10 мм в неделю с 7-й недели беременности. Руководствуясь результатами ультразвуковой биометрии, по специальным таблицам можно установить срок беременности в I триместре с точностью до 1 нед. Надежные данные для



Рис. III.271. Ультразвуковое исследование матки в режиме энергетического доплера. Кровоток в желточном протоке у 8-месячного плода.

этого могут быть получены при измерении плодного яйца. Его еженедельное увеличение составляет 5—8 мм. Точность вычисления срока беременности по плодному яйцу  $\pm 4$ —7 дней. Важным показателем являются также результаты фетометрии — измерения плода, особенно в период между 10-й и 26-й неделями. Существуют таблицы с указанием различных параметров плода в разные периоды беременности.

Имеются также таблицы, в которых суммированы размеры плода в рентгеновском изображении, равно как и сроки появления точек окостенения в различных костях, видимых на рентгенограммах. Однако проведение рентгенографии допустимо лишь по особым показаниям и абсолютно запрещено в течение I триместра беременности, когда зародыш особенно чувствителен к воздействию ионизирующего излучения.

В сроки от 24-й до 34-й недели можно установить пол плода. На сонограммах, произведенных в этот период, видны изображения мошонки и полового члена у мальчиков. В более поздние сроки выявить эти органы труднее из-за больших размеров плода и уменьшения объема околоплодных вод.

Для акушера важно знать местоположение и состояние плаценты. Плацента видна на сонограммах в начале II триместра беременности как плоское эхопозитивное образование зернистой структуры. Его граница, обращенная в околоплодные воды, четкая, тогда как основание, обращенное к стенке матки, очерчено нерезко. В III триместре становятся видимыми отдельные дольки плаценты. Максимальная толщина плаценты — 35—40 мм — достигается к 35-й неделе беременности. Затем плацента несколько истончается и уплощается. Уплотнение в более ранние сроки является неблагоприятным признаком. Оно наблюдается при многоводии, гипотрофии плода, гемолитической болезни плода, некоторых его аномалиях. Во всех этих случаях параллельно истончению плаценты снижается концентрация плацентарного лактогена и прогестерона в крови.

Большое практическое значение имеет определение взаимоотношения между нижним краем плаценты и внутренним зевом шейки матки. В норме это расстояние не должно быть меньше 7 см. В противном случае говорят о низком расположении или частичном предлежании плаценты. У таких женщин нередко возникают кровотечения. В связи с этим в случае стабильного положения плаценты вблизи шейки матки беременную включают в группу высокого риска и за 2 нед до предполагаемых родов госпитализируют для врачебного наблюдения. Особую опасность в отношении маточных кровотечений представляет полное предлежание плаценты, когда последняя перекрывает зев шейки матки.

Ультразвуковым признаком угрожающего выкидыша является периодически возникающее локальное утолщение мышечной стенки матки, которое деформирует плодное яйцо. Симптомом начинающегося выкидыша служит отслойка плодного яйца от стенки матки. Это хорошо видно на сонограмме, так как возникает эхонегативная полоска, обусловленная излившейся кровью. Подтверждением начинающегося выкидыша является снижение концентрации в крови плацентарного лактогена, эстриола и прогестерона.

Одно из наиболее тяжелых осложнений беременности — внутриутробная гибель плода. При радиоиммунологическом исследовании обнаруживают низкую концентрацию плацентарного лактогена и прогестерона.

Ультразвуковым признаком гибели плода является отставание величин  $\frac{отс \wedge стви}{и} \cdot \frac{*тм Д В^{**} 1}{" " К и О Т}$  срока беременности; деформация плодного яйца. Позднее рентгенологические признаки: наложение костей свода черепа друг на друга, спадение грудной клетки, появление газа в сосудистой системе плода

Ультразвуковое исследование помогает в диагностике внематочной (эктопической) беременности. Достоверным признаком ее служит обнаружение находящегося вне матки плодного яйца и эмбриона при «пустой», т.е. не содержащей этих образований, матке. Если у женщины нет обильных кровянистых выделений, то можно ввести в канал шейки матки 0,5 мл изотонического раствора натрия хлорида. При внематочной беременности на сонограммах четко вырисовывается эконегативность полости матки и труб. Рентгенографическим признаком эктопической беременности также является локализация плода вне матки.

Для акушеров немалое значение имеет знание радиоиммунологических показателей нормальной и нарушенной беременности. В период беременности в организме женщины формируется своеобразная эндокринная система фетоплацентарного комплекса, которая корректирует сложные взаимоотношения матери и плода. Основными продуктами деятельности фетоплацентарной системы являются *стероидные галактотропные и соматотропные гормоны*.

Наибольшее значение для оценки функции плаценты и состояния Плода имеет определение уровня *плацентарного лактогена (ПЛ), альфа-фетопротейна (АФП), прогестерона и эстриола*.

Благоприятному течению родового акта могут препятствовать неправильное положение плода, несоответствие размеров плода размерам таза, различные аномалии и заболевания родовых путей женщины. Своевременную диагностику этих состояний осуществляют посредством ультразвукового сканирования и магнитно-резонансной томографии. Возможности сонографии рассмотрены выше. Здесь же отметим, что применение магнитно-резонансного исследования открывает широкие перспективы перед акушерской клиникой, поскольку при анализе магнитно-резонансных томограмм можно получить всестороннюю информацию о матке, яичниках, состоянии плода, плаценты, мягких тканей родового канала без облучения матери и плода. В отсутствие современных технических средств размеры таза и положение плода можно определить с помощью рентгенологического метода, в том числе рентгеновской пельвиометрии — измерения размеров таза и головки плода по рентгенограммам. Для этой цели разработаны разнообразные рентгенологические методы измерения. Подчеркнем, что направление беременной на рентгенографию должно быть обосновано и зафиксировано в поликлинической карте или истории родов. В практику постепенно входят интервенционные лучевые методы исследования и коррекции состояния плода — формируется фетальная лучевая хирургия. Под контролем ультразвукового сканирования осуществляют ранний амниоцентез, биопсию хориона, забор крови плода (для диагностики гемофилии, талассемии и других поражений), биопсию кожи плода, лечение обструкции его мочевого тракта и т.д.

## 11.4. Заболевания репродуктивной системы

Лучевые методы широко используют в гинекологической практике. Тактику их применения вырабатывают с учетом анамнеза и клинической картины заболевания. Назначение осуществляет врач-гинеколог после консультации со специалистом в области лучевой диагностики.

При нарушениях менструально-овариального цикла предпочтение отдадут *радиоиммунологическому исследованию*. В диагностике аномалий матки и придатков, изучении их морфологии при повреждениях и заболеваниях основную роль играет *сонография*. При необходимости за ней следует *компьютерная или магнитно-резонансная томография*. Определенное значение сохраняет *обзорная рентгенография* органов брюшной полости и малого таза. Рентгенограммы позволяют оценить состояние скелета и выявить его изменения при пороках развития, родовых повреждениях, воспалительных и опухолевых поражениях.

На рентгенограммах не столь уж редко обнаруживают обызвествленные фиброиды матки, особенно у пожилых женщин. Такой фиброид отбрасывает интенсивную неоднородную округлую тень на снимок. Ясно видимую тень обуславливают и дермоидные кисты яичников, если в них содержатся костные включения и(или) зубы.

Для исследования проходимости маточных труб прибегают к *рентгеновской или радионуклидной метросальпингографии*.

**Нарушения менструально-овариального цикла.** При всех нарушениях менструально-овариального цикла — отсутствии менструаций (аменорея), изменениях их интенсивности и ритмичности, дисфункциональных маточных кровотечениях — назначают *радиоиммунные тесты* для определения концентрации половых гормонов и гонадотропинов в крови. Параллельно выполняют цитологическое исследование влагалищного содержимого, а в ряде случаев и гистологическое исследование эндометрия. Результаты применения подобного диагностического комплекса в сочетании с клиническими данными позволяют установить природу расстройства менструального цикла — связь нарушений с функцией яичников, гипофиза, гипоталамуса.

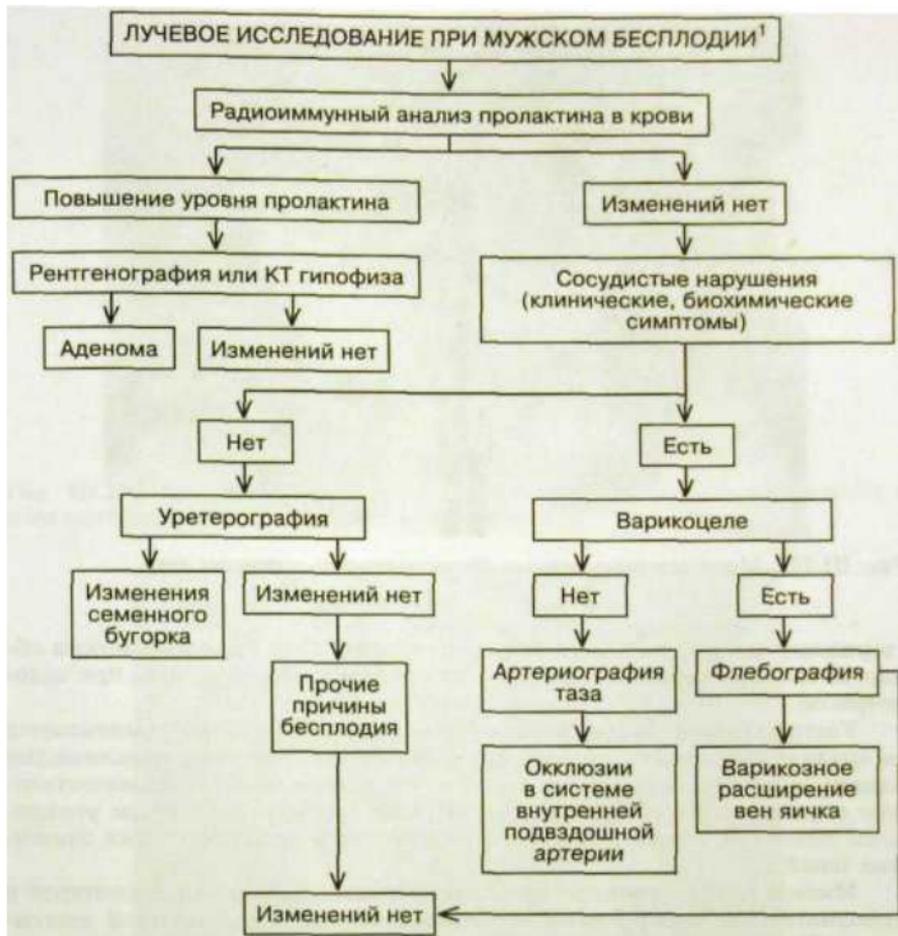
Для выяснения особенностей дисрегуляции гормонального статуса радиоиммунологическое исследование производят многократно с интервалом 5—7 дней. Таким путем можно установить время овуляции (по максимальной концентрации лютропина) и, приняв его за точку отсчета, охарактеризовать циклические колебания гормонального статуса. При этом удастся выявить нарушение созревания фолликула, угнетение прогестероновой фазы овариальной функции и другие изменения в продукции половых гормонов и гормонов гипофиза. Исследование подобного рода выполняют в специальных консультативных пунктах поликлиник, называемых «Брак и семья». Естественно, что, помимо радиоиммунных тестов, в этих пунктах проводят также другие разнообразные исследования половой сферы и функций женского организма, связанных с деторождением. Отметим также, что здесь же обследуют мужчин, так как в 30 % случаев именно они ответственны за бесплодность брака.



Выяснение причин бесплодия — сложная проблема. Ее рассмотрение выходит за рамки данного учебника. Считаем целесообразным лишь привести примерные тактические схемы комплексного лучевого исследования при женском и мужском бесплодии.

В приведенной выше схеме обследования женщин важным моментом является оценка проходимости маточных труб. В настоящее время с помощью специального инструментария может быть произведена трансцервикальная катетеризация труб и ликвидирован стеноз устья и истмической части трубы. Морфология труб лучше всего определяется при *рентгеновской метросальпингографии* (рис. III.272). При непроходимости трубы контрастное вещество либо вообще не поступает в нее, либо заполняет трубу только до уровня окклюзии, здесь ее тень внезапно обрывается. В брюшную полость контрастное вещество не проникает. По метросальпингограммам устанавливают одно- или двустороннюю непроходимость и место закупорки трубы. При рентгеновской и радионуклидной метросальпингографии можно обнаружить «функциональную непроходимость» труб, связанную со снижением их перистальтической активности или спастическими сужениями.

<sup>1</sup> Предварительно исключена интерсексуальность, проведено гинекологическое исследование, измерена ректальная температура.



**Повреждения и заболевания матки.** Простым и эффективным способом наблюдения за внутриматочными контрацептивами является сонография.

*Контрацептивы* имеют преимущественно форму спирали; при длительном употреблении возможны их выпадение и даже перфорация ими матки с проникновением в брюшную полость. На продольных сонограммах спирали видны как отрезки эхопозитивных структур, располагающиеся по средней линии.

*Сонографию* используют для выявления аномалий развития внутренних половых органов: двурогой и рудиментарной матки, недоразвития яичников. Наличие двуполостной или двурогой матки и проходимости труб под-

<sup>1</sup> Исключены все случаи интерсексуальности, получена спермограмма.



Рис. III.272. Метросальпингограмма. Непроходимость маточных труб.

тверждают посредством метросальпингографии. С ее помощью можно обнаружить также перегородки в полости матки и добавочные ходы при эндометриозе.

Ультразвуковая диагностика внутриматочной патологии основывается на анализе срединных структур. Внутриматочные сращения, подслизистые миомы, гиперпластические процессы в эндометрии, полипы, злокачественные опухоли характеризуются равномерным или неравномерным утолщением маточных структур, иногда с образованием дополнительных экзогенных теней.

Миомы матки проявляются ее увеличением, деформацией контуров и дополнительными округлыми образованиями, чаще пониженной экзогенности. Дегенеративные изменения в миоматозном узле обуславливают неоднородность его структуры или даже картину «пчелиных сот», которая является отражением возникших в узле мелких полостей. При метросальпингографии миома дает округлый или неправильной формы дефект наполнения в тени увеличенной полости матки. Дефект имеет четкие дугообразные границы (рис. III.273).

В диагностике воспалительных, в том числе туберкулезных, поражений женской половой сферы лучевые методы имеют вспомогательное значение. У больных эндометритом и сальпингоофоритом при термографии над малым тазом регистрируется зона гипертермии. *Метросальпингография* дает возможность установить сращения, разделяющие полость матки на отдельные части, деформацию маточных труб, их удлинения, сужения, фрагментацию. Трубы часто смещены кверху и в стороны. Иногда они становятся непроходимыми и превращаются в наполненные воспалительным экссудатом мешки (сактосальпинкс). В этих осумкованных полостях скапливается контрастное вещество



Рис. Ш.273. Метросальпингограмма. Дефект наполнения (указан стрелкой) в тени контрастного вещества, обусловленный миомой.



Рис. Ш.274. Метросальпингограмма. Скопление контрастного вещества в резко расширенных маточных трубах. Сактосальпинкс.

(рис. Ш.274). Переход воспаления на окружающую клетчатку может привести к развитию тазового абсцесса. Распространенность и характер патологических изменений при этом лучше всего определять по компьютерным томограммам.

Неизвизивный рак и микрокарциномы матки на сонограммах и компьютерных томограммах неразличимы. Опухоли величиной до 1 см определяют главным образом при МРТ. Более крупные раковые узлы выявляют при сонографии, так как они ведут к увеличению и



**Рис. III.275.** Сонограмма матки Раковый узел с неоднородной акустической структурой (указан стрелками).

деформации органа (рис. III.275). Опухоль может быть гипоехогенной или по акустической структуре не отличается от окружающей ткани. Нарушение однородности тени узла является следствием некроза и кровоизлияний в его толще. Компьютерные или магнитно-резонансные томограммы дают особенно ценные сведения. Они позволяют не только обнаружить опухоль, но и установить ее прорастание в строму, вовлечение параметрия, поражение нижнего маточного сегмента и влагалища при раке шейки матки, метастазы в тазовых лимфатических узлах. В этих случаях КТ проводят по методике усиления: внутривенно быстро вводят 20—40 мл контрастного водорастворимого вещества и выполняют серию томограмм. При необходимости уточнить распространенность опухоли и ее отношение к тазовым сосудам прибегают к тазовой ангиографии. КТ важна для планирования лучевой терапии и дальнейшего наблюдения за динамикой процесса.

Применение сонографии и КТ существенно облегчило распознавание поликистоза и кистом яичников. При поликистозе яичники увеличены и содержат множественные кисты диаметром 3—8 мм. Кистом выделяется как округлое образование с четкими внутренними контурами (рис. III.276). Эхоструктура его различна. Наиболее однородно изображение ретенционных кист, в которых обычно отсутствуют перегородки и плотные включения. Папиллярные цистаденомы обуславливают картину жидкого содержимого и пристеночных сосочковых разрастаний. Дермоидные кисты отображаются как образования со сложной внутренней структурой, в которых определяются как жидкое содержимое, так и плотные участки. Рак яичника не имеет ярких сонографических признаков, и его распознают в сравнительно поздней стадии болезни как плотное эхонеоднородное тело. В связи с этим в настоящее

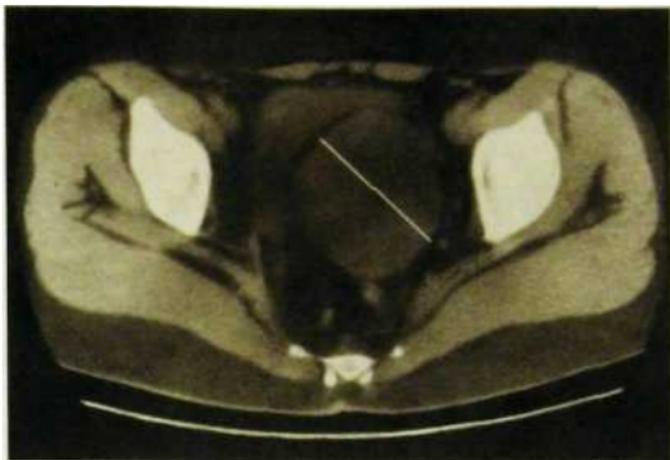


Рис. III.276. Компьютерная томограмма малого таза. Большая киста яичника.

время в практику входит *методика пункционной биопсии яичника под контролем ультразвукового исследования или КТ*.

«Исследовательская работа заключается в том, чтобы прочитать две книги, которые раньше никто не читал, и написать третью, которую никто никогда читать не будет».

«Самое плохое в новых книгах то, что из-за них мы не читаем старые».

«Самой нужной оказывается цитата, источник которой никак не найти».

«Чем больше работаешь над своей идеей, тем больше убеждаешься в том, что она чужая».

«Беда профессионального лектора состоит в том, что ему приходится говорить о вещах, в которых он ничего не понимает».

*(Афоризмы норвежских авторов)*

## 11.5. Молочная железа

Заболевания молочной железы развиваются весьма часто. Достаточно отметить, что *рак этого органа — наиболее часто выявляемая у женщин злокачественная опухоль*. Диагностика основывается на результатах клинического осмотра и специальных исследований, которые имеют решающее значение для выявления ранних стадий заболевания. Лучевая диагностика в последние годы заняла почетное место в этом комплексе.

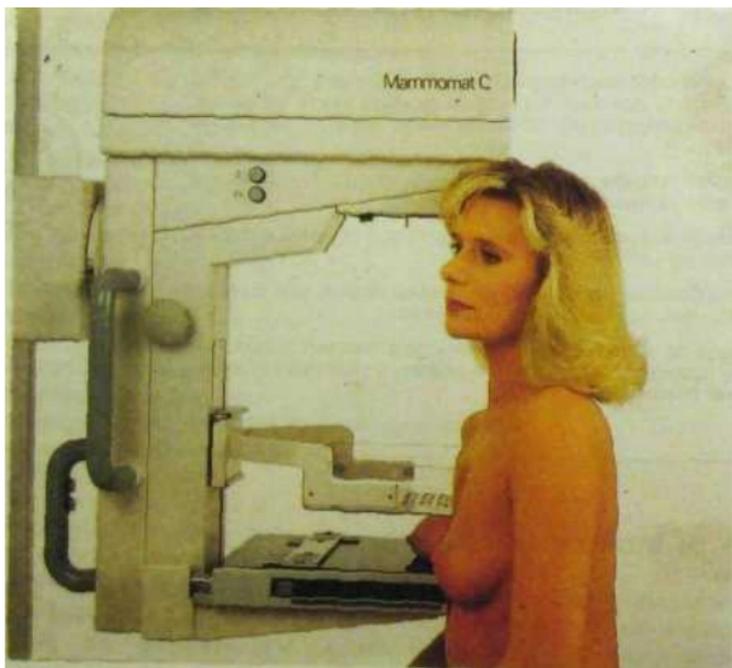
## 11.5.1. Методы исследования. Нормальная молочная железа

Лучевое изображение молочной железы может быть получено с помощью рентгенологического и ультразвукового исследований, компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Основной рентгенологической методикой является маммография.

Маммография — рентгенография молочной железы без применения контрастных веществ.

Рентгенографию производят на рентгеновских установках, специально предназначенных для этой цели, — *маммографах* (рис. III.277). Мощность их рентгеновских трубок 19—32 кВ, они имеют два фокусных пятна диаметром 0,3 и 0,1 мм. Анод трубки изготовлен из молибдена, а выходное окно — из бериллия. Эти конструктивные особенности необходимы, чтобы получить однородный пучок излучения невысокой энергии и добиться на снимках дифференцированного изображения тканей молочной железы.

Маммографию производят при компрессии тканей молочной железы. Снимки обычно выполняют в двух проекциях — прямой и косой или же прямой и боковой. Дополнительно к обзорным маммограммам в некоторых случаях необходимы прицельные снимки отдельных участков железы. Маммо-



X"т; (7 м7; мР м в^л фс7 афия мол^чной жел^ны <мзмогр\*ф- > « Рентгеновском

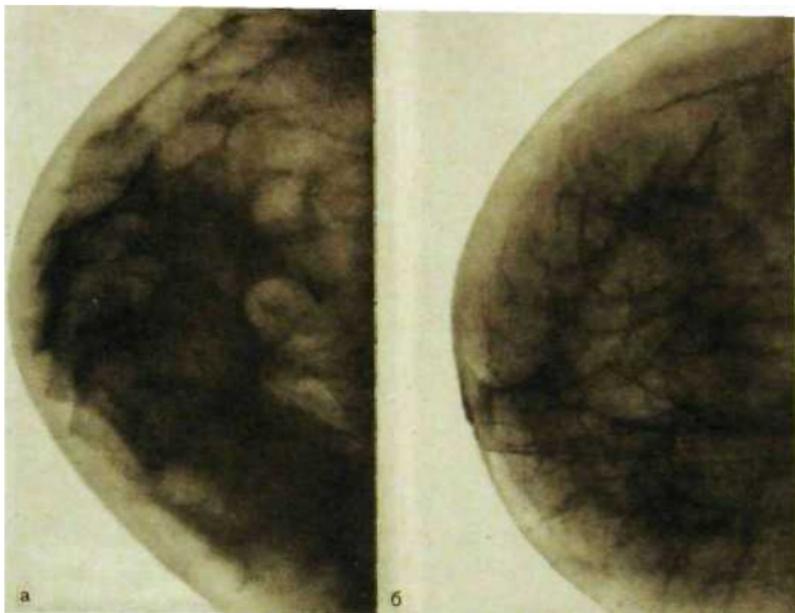


Рис. III.278. Маммограммы.

а — у женщин 40 лет: железисто-соединительнотканый комплекс частично замещен жировой тканью; б — у женщины в глубокой менопаузе, железистой ткани не видно, на фоне жировой клетчатки — тени запустевших молочных протоков и кровеносных сосудов.

графы снабжены стереотаксическим устройством для пункции железы и забора материала для цитологического или гистологического анализа.

Маммографию производят в первую фазу менструального цикла (с 5-го по 12-й день, считая с первого дня менструации). Женщинам в менопаузе снимки можно делать в любое время. Лучевая нагрузка при маммографии не превышает  $0,6-1,210^{\circ}$  Гр. Осложнений и патологических реакций при исследовании не бывает. Опасность развития рака железы, индуцированного облучением (радиогенный рак), ничтожна. Априори ее определяют как 5–6 случаев на 1 млн обследованных, к тому же с латентным периодом 10–20 лет. А ведь спонтанный рак молочной железы возникает у 90–100 тыс. женщин, и только благодаря периодически проводимой маммографии около половины из них могут быть спасены от смерти вследствие рака.

Весьма перспективна *цифровая маммография*. К ее достоинствам относятся уменьшение лучевой нагрузки, лучшее выявление мелких деталей структуры железы, возможность использования в автоматизированных системах связи и архивирования. Маммограмма — это важный документ, подлежащий хранению в натуральном виде или в виде цифровых копий для последующего ретроспективного анализа.

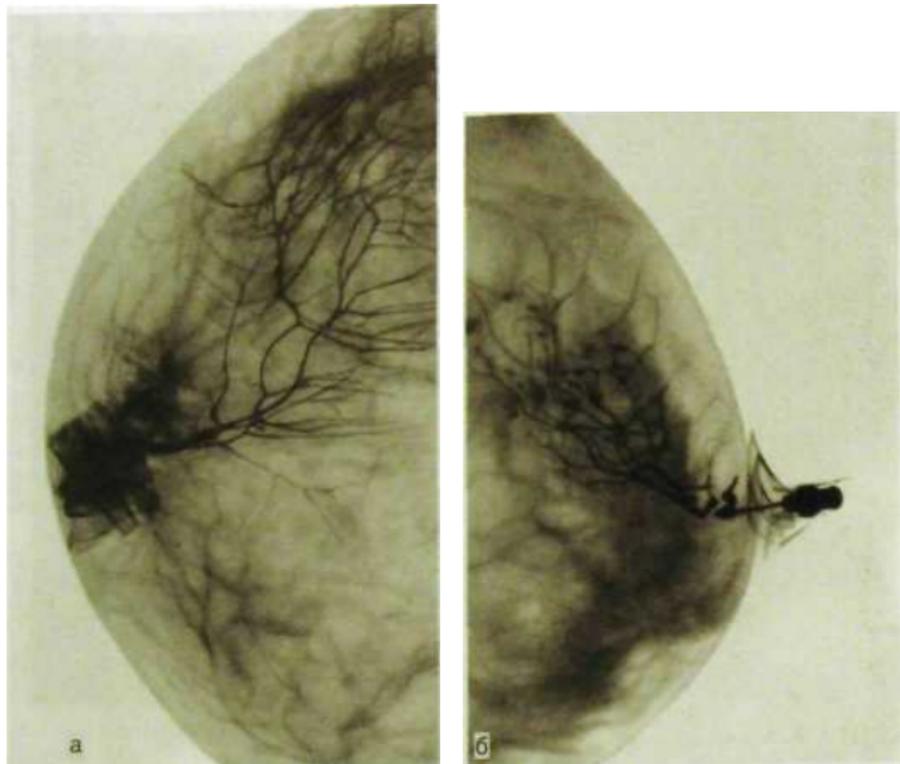


Рис. III.279. Галактограммы (дуктограммы) молочной железы, а — картина нормального ветвления молочных протоков; б — мелкие кисты протоков при дисгормональной гиперплазии.

На маммограммах четко дифференцируются все структуры молочной железы (рис. III.278). Кожа выделяется в виде однородной темной полоски шириной 0,5—2,0 мм. Под ней расположена жировая клетчатка, слой которой постепенно расширяется от ареолы к основанию железы. На фоне клетчатки вырисовываются тени кровеносных сосудов и связки Купера (верхняя лобковая связка). Основную часть снимка занимает изображение соединительной ткани и находящихся в ней железистых элементов. У молодых женщин железисто-соединительнотканый комплекс дает тень в виде треугольника, обращенного вершиной к соску и имеющего выпуклые контуры. С возрастом почти однородная и интенсивная тень «железистого треугольника» становится неомогенной из-за светлых прослоек жировой ткани. Климактерический и постклимактерический периоды характеризуются постепенной атрофией железистой ткани и замещением ее жировой. Дольше всего остатки железистой и соединительной ткани сохраняются в верхненаружном квадранте железы.

Кроме маммографии, широкое распространение получили две методики искусственного рентгеновского контрастирования: галактография (си-



Рис. III.280. Пневмокистография.

а — на маммограмме определяется большая киста, заполненная жидким содержимым; б — жидкость эвакуирована посредством пункции и замещена воздухом.

нонимы: *галактофорография, дуктография молочной железы*) и *пневмокистография*. *Галактографию* производят при выделениях из соска. Через иглу в сецернирующий молочный проток под небольшим давлением вводят раствор рентгеноконтрастного вещества и выполняют рентгенографию. На снимках отображается система долевого молочного протока с его разветвлениями (рис. III.279). По ним судят о топографии протока, типе его ветвления, проходимости протоков, их деформации, смещении, наличии кистозных полостей по их ходу и, главное, о наличии в них опухолевых разрастаний — папиллом или внутрипротокового рака.

При *пневмокистографии* пунктируют кисту молочной железы, отсасывают ее содержимое (направляют на биохимическое и цитологическое исследование) и взамен вводят воздух (рис. III.280). На рентгенограммах отображается внутренняя поверхность кисты, что позволяет обнаружить внутрикистозные опухолевые образования. Кроме того, введение воздуха при условии полного удаления жидкости из кисты является эффективной лечебной процедурой.

Комплекс рентгенологических исследований включает в себя также рентгенографию препарата, полученного при стереотаксической биопсии или открытой хирургической биопсии молочной железы.

Прекрасным союзником маммографии стал ультразвуковой метод. Его простота, безвредность, возможность многократного повторения общеизвестны. По эффективности он превосходит маммографию при исследова-

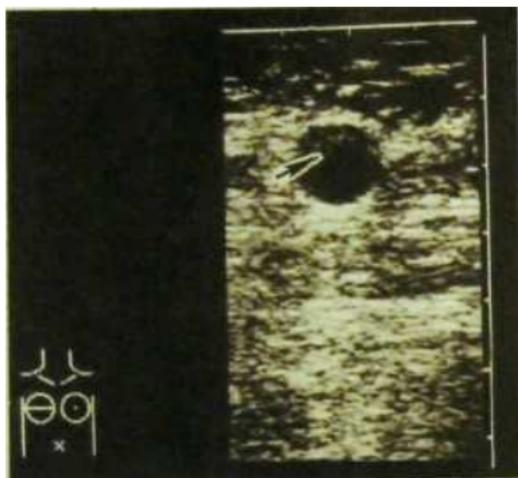


Рис. III.281. Сонограмма молочной железы. Киста (указана стрелкой).

нии плотных молочных желез у молодых женщин и в выявлении кист (рис. III.281), а также при исследовании регионарных лимфатических узлов (подмышечных, над- и подключичных, парастернальных). Сонограммы можно производить беременным и женщинам в период лактации. На сонограммах достигается достаточно четкое изображение структуры молочной железы. Если же выполнить доплерографию с цветовым картированием, то можно получить представление о состоянии мелких кровеносных сосудов в области патологических образований. Пункцию молочной железы нередко производят под ультразвуковым наведением.

К рентгеновской компьютерной томографии молочной железы врачи обращаются редко, главным образом при исследовании ретромаммарных тканей. Зато крупный вклад в комплексную диагностику заболеваний молочной железы внесла магнитно-резонансная томография (рис. III.282). Она по-



Рис. III.282. Магнитно-резонансная томограмма молочной железы в норме.

могает в выявлении небольших патологических образований, позволяет оценить их кровоснабжение, незаменима в оценке состояния имплантата после протезирования молочной железы.

*Сцинтиграфия* обеспечивает получение ценных данных при необходимости дифференцировать доброкачественные и злокачественные образования, поскольку такие РФП, как  $^{99m}\text{Tc}$ -сесамиби, накапливаются именно в раковых опухолях.

В отличие от рентгенографии и сонографии, характеризующих главным образом морфологическую структуру молочной железы, *термография* позволяет изучать ее тепловое поле, т.е. в известной степени судить о происходящих в ней биоэнергетических процессах.

## 11.5.2. Заболевания молочных желез

Существуют две группы лучевых исследований молочной железы: *проверочные и диагностические*. К первым относится *периодическая маммография здоровых женщин* в целях выявления скрыто протекающих заболеваний, в первую очередь рака. Образно говоря, это «*маммография здоровых женщин, которые хотят оставаться здоровыми*». Всем женщинам, у которых нет признаков заболевания молочной железы, рекомендуется в возрасте 40 лет провести клинико-маммографическое исследование («*базисные маммограммы*»). Повторные клинико-маммографические осмотры нужно выполнять с интервалом 2 года, если женщина не входит в группу высокого риска заболеть раком молочной железы. Массовые проверочные обследования женского населения с применением маммографии (*маммографический скрининг*) обеспечивают снижение смертности от рака молочной железы на 30–50 % и значительное снижение частоты выполнения мастэктомий.

*Диагностическую маммографию* проводят пациентам, у которых на основании клинических данных заподозрено поражение молочной железы. Показания к данному исследованию разнообразны: прощупываемые уплотнения, выделения из соска, мастодиния, осложнения после протезирования молочной железы и т.д. (рис. III.283). Главной задачей лучевой диагностики является обнаружение рака молочной железы, особенно в той стадии, когда он не определяется ни большой при самообследовании, ни врачом при осмотре и пальпации молочной железы, т.е. непальпируемого рака.

**Рак молочной железы** — хроническое и медленно развивающееся заболевание. Опухоль исходит из эпителия молочных протоков или железистых долек. Соответственно различают два основных типа рака: **протоковый** и **дольковый**. Трансформация эпителия стереотипна: норма — гиперплазия — атипия — рак. До формирования опухоли диаметром 1 мм проходит в среднем 6 лет, а до величины 1 см — еще 6–10 лет.

В зависимости от стадии морфогенеза опухоли выделяют неинвазивный (неинфильтрирующий) протоковый рак (его часто обозначают термином «интрадуктальный рак *in situ*», или, сокращенно, DCIS) и инвазивный (инфильтрирующий) протоковый рак. Точно так же дольковый рак делят на неинвазивный (неинфильтрирующий рак *in situ*, или LCIS) и инвазивный (инфильтрирующий).

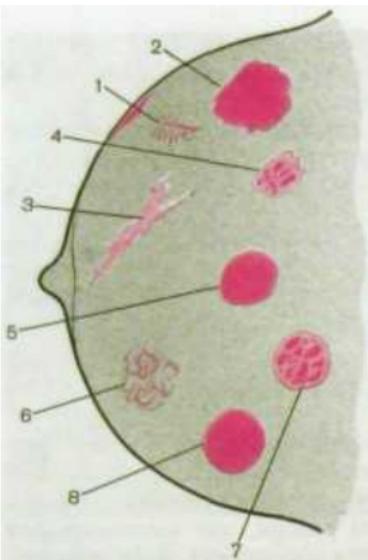


Рис. III.283. Патологические состояния молочной железы на маммограммах (схема).

1 — маленький внутрипротоковый рак с инфильтрацией кожи; 2 — большой дольковый рак (мозговидная форма); 3 — рак с «дорожкой» к ареоле; 4 — малый рак с микрокальцинатами; 5 — фиброаденома; 6 — участок фиброзно-кистозной мастопатии; 7 — фиброаденома с обызвествлениями; 8 — простая большая киста.

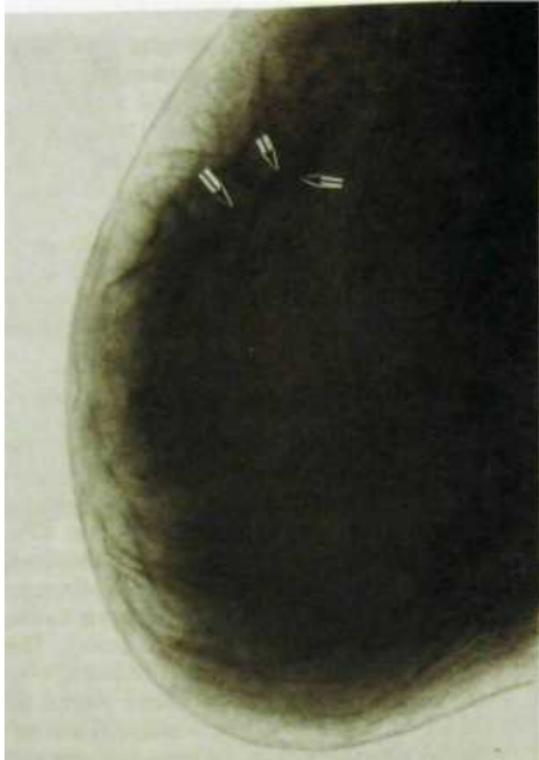


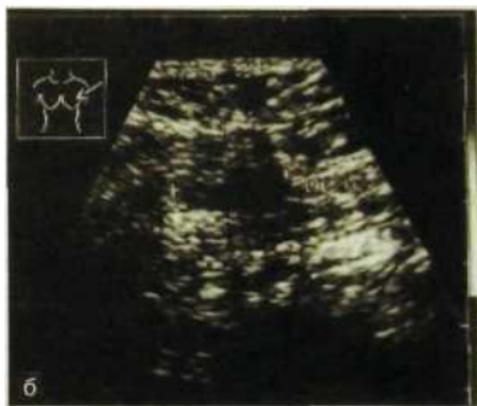
Рис. III.284. Маммограмма. Четко выделяется тень раковой опухоли (указана стрелками) с тяжами в сторону соска.

Главным признаком опухоли на маммограммах и томограммах является *изображение опухолевого узла* (рис. III.284, III.285). От окружающих тканей опухоль отличается повышенной плотностью. Форма узла различна. Иногда это форма круга или овала, причем с какой-то стороны от него отходит дополнительный выступ в виде протуберанца. Еще типичнее звездчатая фигура, образованная плотным центральным ядром неправильной конфигурации, от которого в окружающую ткань тянутся постепенно суживающиеся тяжи (рис. III.286).

Вторым по важности признаком рака является *микрокальцинация*. Этим термином обозначают мельчайшие скопления известковых солей в зоне новообразования. Они напоминают песчинки, рассеянные на ограниченном участке или образующие скопления. Форма микрокальцинатов при раке многообразна в отличие от более правильной формы обызвествленных кист или отложений известки в дистормональных пролифератах или стенках артерий. Для ракового узла характерны зазубренные или мелковолнистые очертания, изменения структуры окружающей ткани. К более поздним симптомам относятся втянутость и утолщение кожи, деформация соска.



**Рис. III.285.** Магнитно-резонансная томограмма молочной железы. Большая раковая опухоль в центральном отделе железы.



**Рис. III.286.** Рак молочной железы.

а — маммограмма: опухоль с отходящими от нее тяжами образует звездчатую структуру; б — сонограмма: в области опухоли определяется зона пониженной эхогенности.



Рис. III.287. Маммограмма. Гиперплазия железистой ткани при аденозе.

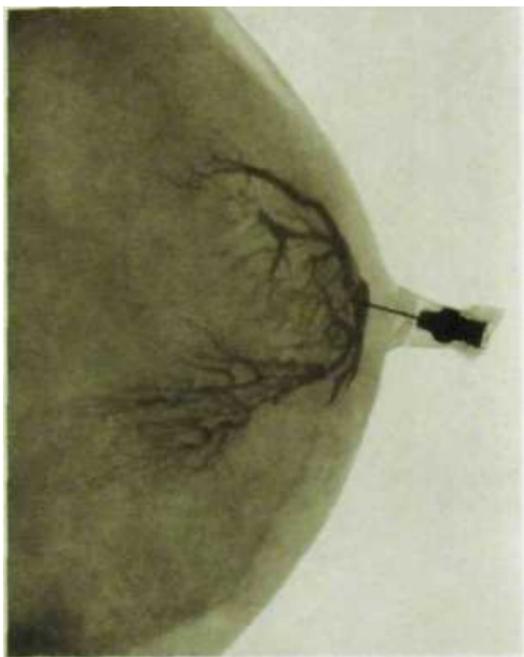


Рис. III.288. Галактограмма. Деформация молочных протоков с образованием мелких кист.

Для того чтобы хирург мог найти непальпируемое образование на операционном столе, лучевой диагност подводит к нему иглу. Через иглу вводят специальную металлическую нить с гарпунообразным приспособлением на конце. Затем иглу удаляют, а нить оставляют, для того чтобы хирург по ней ориентировался.

На *сонограммах* опухоль определяется как очаговое образование с неровными очертаниями и неоднородной структурой (см. рис. 111.286). Если преобладают железистые элементы, то экзогенность опухоли невысокая, и, наоборот, при преобладании стромы она повышена. КТ и МРТ не могут быть использованы для массовых проверочных исследований, поэтому для выявления непальпируемых раковых образований их пока не применяют. Однако в принципе опухолевые образования дают демонстративное изображение на томограммах.

Маммография показана всем женщинам с дисгормональной гиперплазией ткани железы (мастопатия). Маммограммы позволяют уточнить форму поражения, распространенность и выраженность процесса, наличие злокачественного перерождения. Повторные снимки отражают динамику болезни, связанную с циклическими изменениями в организме женщины и

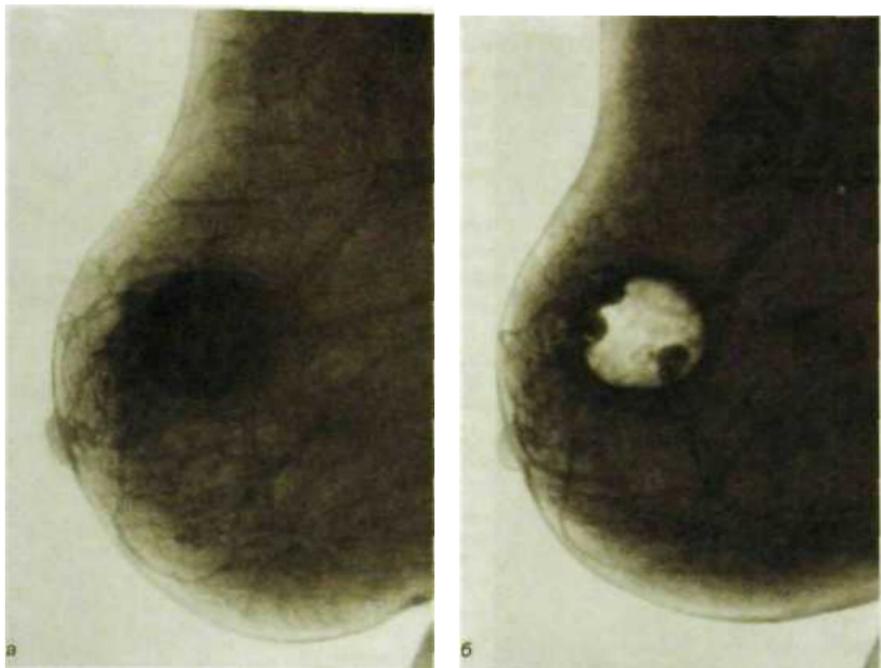


Рис. III.289. Маммограммы. Киста молочной железы.

а — маммограмма: киста; б — после пункционного удаления жидкости и замены ее воздухом (пневмокистогрaфия): видны множественные внутрикистозные опухолевые разрастания.

лечебными мероприятиями. При **аденозе** на маммограммах определяются множественные округлые и нерезко очерченные очаги уплотнения (рис. III.287). **Фиброзная форма мастопатии** выражается в том, что тень железистой части становится интенсивной и почти однородной. На этом фоне могут выделяться отдельные более грубые тяжи, иногда видны отложения извести по ходу молочных протоков. Если поражены преимущественно протоки, то при *галактографии* могут определяться деформации и расширения мелких протоков, кистевидные полости по их ходу или кистозные расширения концевых отделов этих протоков (рис. 111.288).

**Мелкокистозная перестройка**, как правило, происходит в обеих молочных железах. Более крупные кисты дают округлые и овальные тени разной величины — от 0,5 до 3—4 см с четкими ровными дугообразными контурами (рис. 111.289). **Многокамерная киста** имеет полициклические очертания. Тень кисты всегда однородна, отложений извести в ней нет. Рентгенолог производит пункцию кисты, аспирацию ее содержимого и вводит в нее воздух или склерозирующий состав. Наиболее демонстративна киста на сонограммах.

Очень важно проследить за полным опорожнением кисты при пункции и установить отсутствие в ней внутрикистозных разрастаний (папилломы или рака; см. рис. 111.289). При давлении датчиком на кисту ее форма изменяется.



**Рис. III.290.** Маммограмма. Одиночная фиброаденома с глыбками извести.



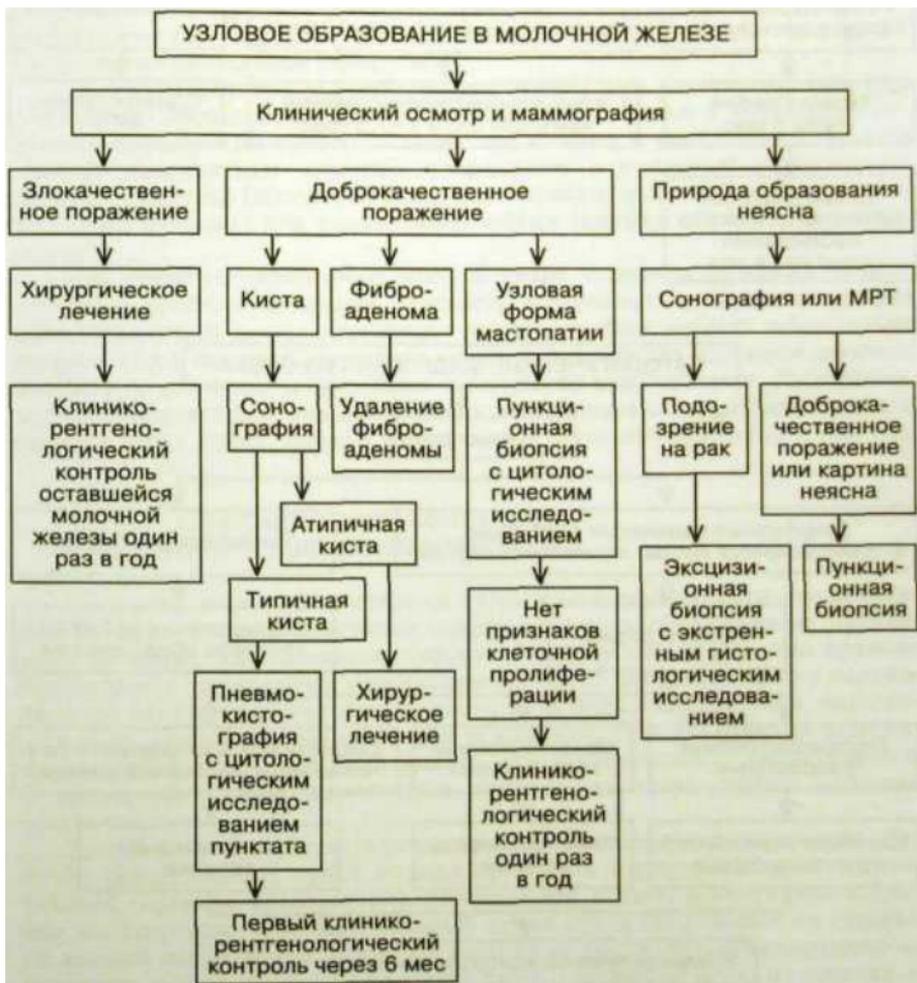
**Рис. III.291.** Маммограмма. Маленькая необыкновенная фиброаденома.

**Смешанные формы мастопатии** обуславливают пеструю рентгенологическую картину: вместо резко обозначенной тени железистого треугольника с трабекулами, радиально расходящимися от основания железы к ареоле, выявляется перестройка структуры железы с множественными участками затемнения и просветления разной формы и величины. Эту картину образно именуют «лунным рельефом».

Из доброкачественных образований молочной железы наиболее часто наблюдается *фиброаденома*. Она дает на маммограммах округлую, овальную или, реже, дольчатую тень с ровными, иногда слегка фестончатыми контурами (рис. III.290, III.291). Тень фиброаденомы интенсивная и однородная, если в ней нет отложений извести. Обыкновенные могут располагаться как в центре, так и по периферии узла и имеют вид крупных глыбок. На сонограммах выявляется неоднородность структуры фиброаденомы при ее общей пониженной эхогенности. Сонограммы позволяют сразу отличить фиброаденому от кисты, что не так просто сделать по маммограммам.

Диагностику **мастита** осуществляют на основании клинических данных, но сонография оказывается ценным вспомогательным методом. В начальном периоде мастита определяется затуханность обычного рисунка железы. В железистой части появляются эхонегативные включения размером 0,3—0,5 см, часто располагающиеся группами. Если на этом фоне возникает участок разрежения, то это указывает на деструкцию и развитие гнойного мастита. **Сформированный абсцесс** дает картину эхонегативного образования.

Своевременное распознавание и лечение заболеваний молочных желез основывается на продуманной тактике обследования. В связи с высокой частотой этих заболеваний считаем необходимым привести типовые схемы диагностического процесса.



# ДИФFUЗНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Маммография

Диффузная форма мастопатии

Узловое образование на фоне диффузных изменений

Сонография молочной железы

Резко выраженная форма мастопатии

Умеренно и нерезко выраженные формы мастопатии

Неясные данные

Маммография через 6 мес

Клинико-рентгенологический контроль раз в 1—1,5 года

Сцинтиграфия, МРТ

Далее клинико-рентгенологическое наблюдение один раз в год

# ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ СОСКА

Маммография

Диффузные изменения структуры, формирующиеся кисты, нормальная картина

Узловое образование

Галактография

Обследование по схеме «Узловое образование»

Внутрипротоковые разрастания

Нелактационный галактофорит

Секреторная мастопатия (в том числе мелкокистозный аденоз)

Удаление пораженной группы протоков

Консервативное лечение

Консервативное лечение

Клинико-лучевой контроль один раз в год

## **12. РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКА В СТОМАТОЛОГИИ**

### **12.1. Методы рентгенологического исследования челюстно-лицевой области**

В стоматологической практике до сих пор применяют преимущественно традиционные методы рентгенологического исследования. Методом выбора является рентгенография. Рентгеноскопию челюстно-лицевой области проводят редко: в некоторых случаях при травме, для определения локализации инородных тел, при ангио- и сиалографии. Однако просвечивание, как правило, сочетают с рентгенографией.

В зависимости от расположения рентгеновской пленки по отношению к зубам различают внутри- и внеротовые методы рентгенографии. Внутриротовые рентгенограммы зубов могут быть выполнены на любом рентгенодиагностическом аппарате, но наиболее приспособлены для этих целей специальные дентальные аппараты.

Для внутриротовой рентгенографии используют пакетированную или специально нарезанную (3x4 см) пленку, упакованную в светонепроницаемые стандартные пакеты. Пленку прижимают в исследуемой области пальцем (контактные снимки), удерживают с помощью специальных пленкодержателей (интерпроксимальные снимки, «рентгенография параллельными лучами») или сомкнутыми зубами (снимки вприкус, окклюзионные).

При рентгенографии зубов больной сидит, опираясь затылком на подголовник, среднесагиттальная плоскость вертикальна и перпендикулярна полу кабинета. В случае проведения рентгенографии верхних зубов голова располагается так, чтобы условная линия, соединяющая наружное слуховое отверстие с основанием носа, была параллельна полу кабинета. При выполнении снимков зубов нижней челюсти параллельна полу кабинета должна быть условная линия, идущая от наружного слухового отверстия к углу рта.

#### **12.1.1. Внутриротовая контактная (периапикальная) рентгенография**

Учитывая форму альвеолярных отростков и особенности расположения зубов в них, для получения неискаженного изображения их необходимо соблюдать определенные правила. Правило изометрии, или правило биссектрисы, предложено Цешинским в 1906 г.: центральный луч направляют на верхушку корня исследуемого зуба перпендикулярно к биссектрисе угла, образованного осью зуба и пленкой. При увеличении угла наклона трубки длина зуба уменьшается, при уменьшении — увеличивается. С целью облегчения выполнения снимков на тубус трубки нанесена шкала наклона.

Для того чтобы получить раздельное изображение зубов, центральный пучок рентгеновских лучей должен проходить перпендикулярно к касательной (правило касательной), проведенной к дуге, в месте расположения исследуемого зуба. Центральный пучок лучей направляют на верхушки корней исследуемых зубов: на верхней челюсти они проецируются на условную линию, идущую от козелка уха к основанию носа, на нижней —

располагаются на 0,5 см выше нижнего края  $\hat{y}$ ю ст и.  $\hat{a}$ я получения Р« дельного изображения корней первого верхнего премоляра  $\hat{a}$ то прав нарушают и пучок лучей направляют нескалы» сперм» назад (коса,  $\hat{a}$  р екция). К косой проекции приходится прибегать <sup>также  $\hat{a}$  " у м</sup> наложения тела скуловой кости на корни верхних моляре\* $\hat{a}$ ри рентге<sup>ентге-</sup>нографии зубов правой стороны во время выполнения снимка на пленку крепят скрепку.

### 12.1.2. Внутриротовая рентгенография вприкус

Рентгенограммы вприкус выполняют в тех случаях, <sup>к о т м " а о т м о \* " о</sup> сделать внутт $\hat{a}$ ротовые контактные снимки (повышенный рвотны\* $\hat{a}$ реф-лекс, тризм, у детей), при необходимости исследования (  $\hat{a}$   $\omega$   $\omega$  М \* № М альвеолярного отростка и твердого неба, для оценки <sup>с о с т о я н т м т м \* т м О н н</sup> язычной кортикальных пластинок нижней челюсти и дна полости р<sub>та</sub>. Стандартный конверт с пленкой вводят в полость рта и увР\*" $\hat{a}$ " $\hat{a}$ " тм\*"-кнутыми зубами. Рентгенограммы вприкус используют для исследования всех зубов верхней челюсти и передних нижних зубов. При выполнении снимков необходимо соблюдать изложенные выше правила изометрии и касательной (рис. III.292, III.293).

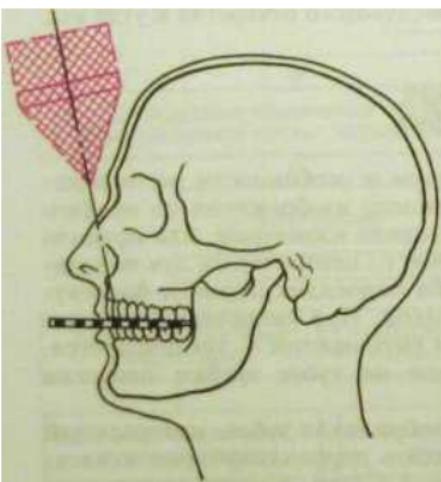
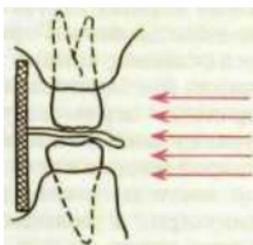
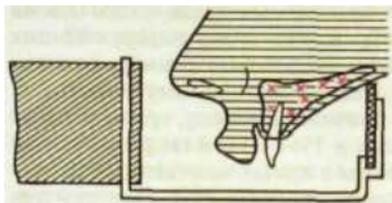


Рис. III.292. Выполнение рентгенограммы твердого неба вприкус (схема).



Рис. III.293. Внутриротовая рентгенография переднего отдела нижней челюсти вприкус.



**Рис. III.294.** Выполнение интерпроксимальной рентгенограммы (схема). Вверху — пленка удерживается с помощью пленкодержателя, внизу — с помощью плотной бумаги.



**Рис. III.295.** Рентгенограмма области моляров и премоляров во второй контактной проекции. [7 смещен в сторону отсутствующего [6 (феномен Попова-Годона).

### 12.1.3. Интерпроксимальные рентгенограммы

Пленку удерживают пленкодержателем или с помощью кусочка плотной бумаги, прикрепленного к обертке пленки и зажатого между сомкнутыми зубами (рис. III.294). Центральный луч направляют перпендикулярно к коронкам и пленке. На рентгенограмме без искажения получаются изображение краевых отделов альвеолярных отростков (межзубные перегородки), коронок верхних и нижних зубов, что имеет существенное значение при оценке эффективности лечения заболеваний пародонта. Методика дает возможность произвести идентичные снимки в динамике. При рентгенографии всех отделов выполняют 3—4 снимка.

*Съемку «параллельными лучами» («длиннофокусная рентгенография»)* осуществляют с использованием мощной рентгеновской трубки с тубусом-локализатором длиной 35—40 см. В полости рта пленку удерживают пленкодержателем или специальными валиками из пористых материалов параллельно длинной оси зуба. Благодаря большому фокусному расстоянию искажения изображения краевых отделов и зубов на снимке не происходит. Методика обеспечивает возможность получения идентичных снимков, что используют в пародонтологии.

#### 12.1.4. Внеротовые (экстраоральные) рентгенограммы

Внеротовые рентгенограммы дают возможность оценить состояние отделов верхней и нижней челюстей, височно-нижнечелюстных суставов, лицевых костей, не получающих отображения или видимых лишь частично на внутриротовых снимках. Ввиду того что изображение зубов и окружающих их образований получается менее структурным, внеротовые снимки используют для их оценки лишь в тех случаях, когда выполнить внутриротовые рентгенограммы невозможно (повышенный рвотный рефлекс, тризм и т.п.).

Ю И Воробьевым и М.В. Котельниковым в 1966-1969 гг. разработана методика получения внеротовых рентгенограмм в косых контактных и тангенциальных проекциях на дентальном аппарате (рис. III.295). При рентгенографии фронтальных отделов челюстей используют первую косую контактную проекцию. Кассету с пленкой и усиливающими экранами прижимают к надбровной дуге на исследуемой стороне, сплющивая кончик носа и смещая его. Голова повернута в сторону исследования приблизительно на 60°. Центральный пучок рентгеновских лучей направляют перпендикулярно к пленке через кивательную мышцу на уровне угла нижней челюсти.

При рентгенографии области моляров и премоляров (вторая косая контактная проекция) кассету прижимают к скуловой кости на исследуемой стороне. Центральный пучок направляют перпендикулярно к пленке ниже нижнего края нижней челюсти на область второго премоляра.

При исследовании угла и ветви нижней челюсти (третья косая контактная проекция) среднесагитальная плоскость параллельна плоскости кассеты, прижатой к скуловой кости на исследуемой стороне. Центральный пучок направляют перпендикулярно к пленке на верхнюю часть ветви.

Внеротовая контактная рентгенография дает возможность оценить состояние зубов, краевых отделов альвеолярных отростков, периапикальных областей, соотношение корней премоляров и моляров с верхнечелюстной пазухой и нижнечелюстным каналом.

По информативности методика не уступает внутриротовым контактным рентгенограммам.

Рентгенографию в косых тангенциальных проекциях применяют для оценки состояния вестибулярных отделов, в первую очередь верхней челюсти.

Пациент сидит в стоматологическом кресле, голова опирается на подголовник. Центральный пучок лучей направляют по касательной к исследуемой области перпендикулярно к кассете с пленкой и усиливающими экранами. В зависимости от того, какая область выводится на контур (центральный, боковой резец, клык, премоляры, моляры), различают 5 тангенциальных проекций<sup>1</sup>.

*Подбородочно-носовую проекцию* применяют для исследования верхней челюсти, верхнечелюстных пазух, полости носа, лобной кости, глазницы, скуловых костей и скуловых дуг.

<sup>1</sup> «Унг<sup>1</sup>ТМ<sup>1</sup> & Воробьев ЮМ, Котельников М.В. Рентгенография лицевого черепа в косых проекциях— М.: Медицина, 1985.

На рентгенограммах лицевого черепа в лобно-носовой проекции видны верхняя и нижняя челюсти, на них проектируются кости основания черепа и шейные позвонки.

Рентгенографию тела и ветви нижней челюсти (рис. П 1.296) в боковой проекции проводят на дентальном рентгенодиагностическом аппарате.

Рентгенограмму черепа в передней аксиальной проекции выполняют для оценки стенок верхнечелюстной пазухи, в том числе задней, полости носа, скуловых костей и дуг; на ней видна нижняя челюсть в аксиальной проекции.

При наиболее распространенной методике рентгенографии височно-нижнечелюстного сустава на дентальном аппарате центральный пучок рентгеновских лучей направляют через полулунную вырезку противоположной стороны (по Парма). Трубку подводят максимально близко к полулунной вырезке здоровой стороны, обеспечивая тем самым увеличение и

четкость изображения, что облегчает анализ рентгенологической картины сустава исследуемой стороны. Рентгенограммы каждого сустава выполняют с закрытым и открытым ртом.

### 12.1.5. Томография

Метод применяют в случае возникновения затруднений при оценке суммационного изображения на обычных снимках.

Эти затруднения могут быть обусловлены, в частности, сложным анатомическим строением челюстно-лицевой области. Послойное исследование проводят при заболеваниях околоносовых пазух (верхнечелюстной, решетчатого лабиринта), височно-нижнечелюстного сустава, для обнаружения мелких костных фрагментов вокруг глазницы. До появления компьютерной и магнитно-резонансной томографии послойное исследование височно-нижнечелюстных суставов являлось методом выбора. Томографию нижней челюсти проводят реже, главным образом в случаях выраженных гиперпластических реакций, затрудняющих оценку состояния костной ткани.

В последнее время томографию часто заменяют *зонографией* — послойным исследованием с углом качания трубки  $8^\circ$ . Толщина среза при этом составляет 1,5–2,5 см, что позволяет уменьшить количество снимков и сни-

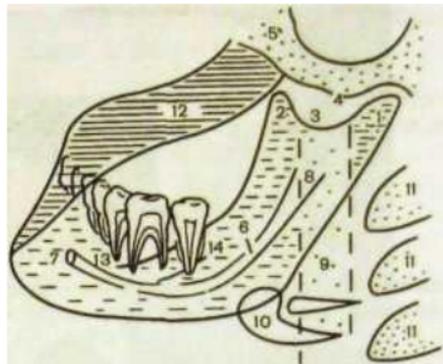


Рис. П.296. Изображение тела и ветви нижней челюсти в левой боковой проекции (схема).

1 — мышечковый отросток; 2 — венечный отросток; 3 — нижнечелюстная вырезка; 4 — суставной бугорок; 5 — скуловая кость; 6 — нижнечелюстной канал; 7 — подбородочное отверстие; 8 — нижнечелюстное отверстие; 9 — воздушный столб глотки; 10 — подъязычная кость; 11 — шейные позвонки; 12 — противоположная сторона нижней челюсти; 13 — наружная косая линия; 14 — внутренняя косая линия.



Рис. Ш.297. Положение пациента при выполнении панорамной зонографии (ортопантомографии).

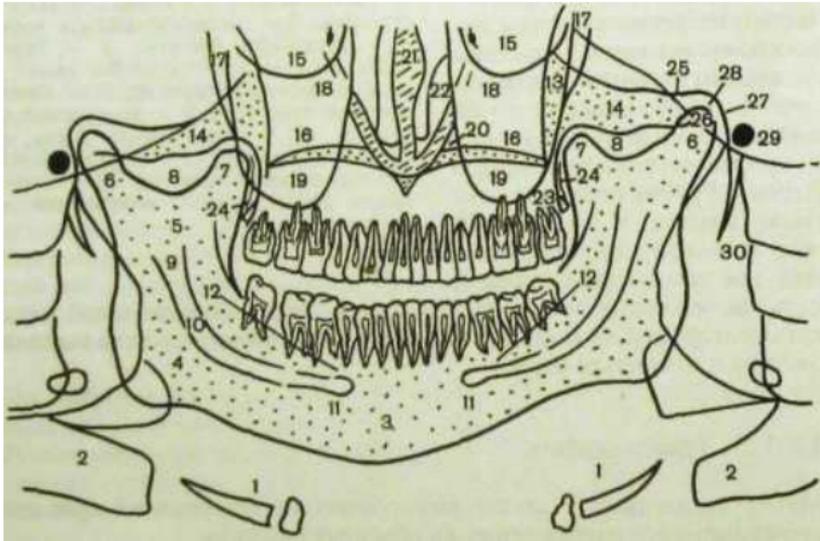


Рис. ИИ.298. Схема с ортопантомограммы.

1 — подъязычная кость; 2 — шейные позвонки; 3 — фронтальный отдел нижней челюсти; 4 — угол нижней челюсти; 5 — ветвь нижней челюсти; 6 — мышелковые отростки нижней челюсти; 7 — венечные отростки нижней челюсти; 8 — нижнечелюстные вырезки; 9 — нижнечелюстное отверстие; 10 — нижнечелюстной канал; 11 — подбородочные отверстия; 12 — внутренние косые линии; 13 — скуловая кость; 14 — скуловые дуги; 15 — нижние стенки глазниц; 16 — верхнечелюстные пазухи; 17 — крылонобные ямки; 18 — нижнеглазничные каналы; 19 — горизонтальная пластинка твердого неба; 20 — боковая стенка полости носа; 21 — перегородка носа; 22 — нижняя носовая раковина; 23 — бугры верхней челюсти; 24 — крыловидный отросток; 25 — средняя черепная яма; 26 — суставная головка мышелкового отростка нижней челюсти; 27 — суставная ямка височно-нижнечелюстного сустава; 28 — суставная щель височно-нижнечелюстного сустава; 29 — наружный слуховой проход; 30 — шиловидный отросток.

зить лучевую нагрузку практически без потери информативности. Изображение исследуемой области получается более четким и контрастным

Зонография на глубине 4—5 см в лобно-носовой проекции в вертикальном положении больного — методика выбора при выявлении выпота и оценки состояния слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи.

### 12.1.6. Панорамная томография

На панорамной томограмме (ортопантомограмме), являющейся разновидностью зонограммы, отображается вся зубочелюстная система. Изображение увеличено на 30 % (рис. III.297, III.298).

Во время выполнения снимка трубка и кассета с пленкой и усиливающими экранами описывают эксцентрическую неполную окружность (порядка 270°) вокруг неподвижной головы больного. При этом кассета совершает также вращение вокруг вертикальной оси. Все это обеспечивает прохождение рентгеновских лучей перпендикулярно (орторадиально) к каждому исследуемому участку челюсти и кассете.

На снимке получает отображение только определенный слой: более толстый срез (2—2,7 см) в боковых отделах соответственно области премоляров и моляров и менее тонкий (0,4—0,8 см) — в центральном отделе, изображение которого получается менее четким. Для того чтобы избежать проекции шейных позвонков на фронтальный отдел, шею пациента следует выпрямить и даже слегка изогнуть вперед. На снимке видны все отделы нижней челюсти, альвеолярная бухта и взаимоотношение корней зубов с дном верхнечелюстной пазухи, элементы\*крылонебной ямки (задняя стенка верхнечелюстной пазухи и крыловидные отростки основной кости). Задние отделы пазухи находятся за пределами выделяемого слоя.

Информативность метода позволяет рекомендовать его при травмах и воспалительных заболеваниях, кистах, новообразованиях, системных поражениях челюстей, у лиц с множественным кариесом, заболеваниях пародонта, при протезировании и ортодонтическом лечении.

Для установки ортопантомографа требуется площадь в 20 м<sup>2</sup>. Аппарат может быть установлен в процедурной общедиagnostического кабинета при ее площади 55 м<sup>2</sup>.

### 12.1.7. Панорамная рентгенография с прямым увеличением изображения

При панорамной рентгенографии анод острофокусной трубки (диаметр фокусного пятна 0,1—0,2 мм) вводят в полость рта, а рентгеновскую пленку в полиэтиленовой кассете с усиливающими экранами помещают снаружи (рис. III.299). На прямых панорамных рентгенограммах получается изображение верхней (рис. III.300) или нижней (рис. III.301) челюсти и зубного ряда, на боковых — правая или левая половины обеих челюстей.



Рис. Ш.299. Выполнение панорамной рентгенографии нижней челюсти.

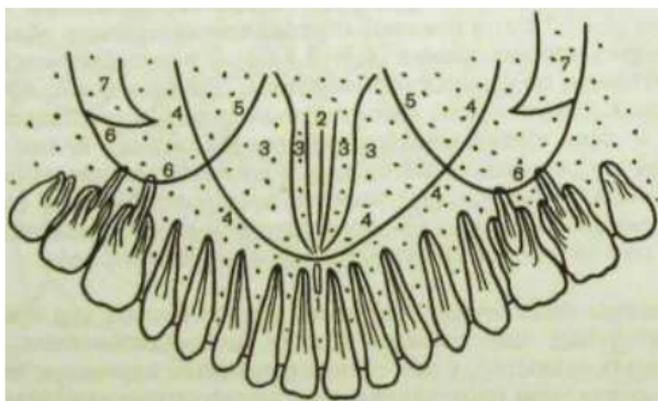


Рис. Ш.300. Схема с панорамной рентгенограммы верхней челюсти.  
1 — резцовое отверстие; 2 — носовая перегородка; 3 — полость носа; 4 — дно полости носа; 5 — медиальная стенка верхнечелюстной пазухи; 6 — нижняя стенка верхнечелюстной пазухи; 7 — скуловой отросток верхней челюсти.

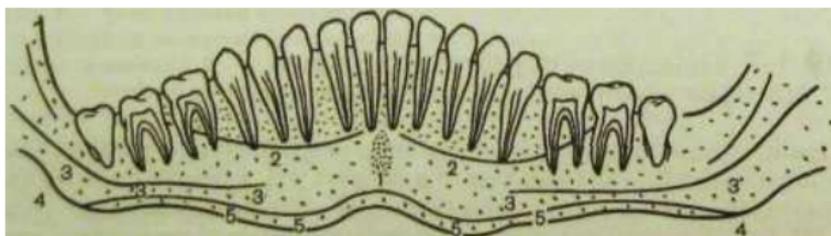


Рис. Ш.301. Схема панорамной рентгенограммы нижней челюсти.  
1 — подбородочная ость; 2 — подбородочно-подъязычная линия; 3 — нижняя стенка нижнечелюстного канала; 4 — угол челюсти; 5 — корковый слой по нижнему краю.

Увеличение изображения в 1,2—1,6 раза обеспечивает четкое и детальное отображение структуры кости и твердых тканей зуба.

*Методика наиболее информативна при исследовании фронтальных отделов верхней и нижней челюстей.* На снимках верхней челюсти видны взаимоотношения корней зубов и патологических процессов с дном полости носа и верхнечелюстной пазухи (см. рис. III.300). В связи с высокой лучевой нагрузкой в настоящее время эту методику применяют редко.

### 12.1.8. Телерентгенография

Телерентгенография предназначена для определения истинных (или близких к ним) размеров изображения лицевого скелета.

В связи со сложным строением черепа необходимо производить рентгенограммы в двух взаимно перпендикулярных проекциях — прямой и боковой.

Для удобства проведения расчетов и исключения повреждения снимка анатомические ориентиры с рентгенограмм переносят на кальку или прозрачную пленку.

Измерения на телерентгенограмме позволяют математически характеризовать особенности роста и развития различных отделов черепа и их взаимоотношения у конкретного пациента.

Краниометрический анализ ортодонта и хирурги используют для диагностики и оценки эффективности лечения деформаций лицевого черепа и различных аномалий прикуса.

### 12.1.9. Методы исследования с использованием контрастных веществ

*Сиалография* заключается в исследовании протоков крупных слюнных желез путем заполнения их йодсодержащими препаратами. С этой целью используют водорастворимые контрастные или эмульгированные масляные препараты (дианозил, ультражидкий липойодинол, этийдол, майодил и др.). Перед введением препараты подогревают до температуры 37—40 °С, чтобы исключить холодовый спазм сосудов.

Исследование проводят с целью диагностики преимущественно воспалительных заболеваний слюнных желез и слюно-каменной болезни.

В отверстие выводного протока исследуемой слюнной железы вводят специальную канюлю, тонкий полиэтиленовый или латексовый катетер диаметром 0,6—0,9 мм или затупленную и несколько загнутую инъекционную иглу. После бужирования протока катетер с мандреном, введенный в него на глубину 2—3 см, плотно охватывается стенками протока. Для исследования околоушной железы вводят 2—2,5 мл, поднижнечелюстной — 1—1,5 мл контрастного препарата.

Рентгенографию проводят в стандартных боковых и прямых проекциях, иногда выполняют аксиальные и тангенциальные снимки.



**Рис. III.302.** Рентгенограмма черепа в боковой проекции. В полость кисты верхнечелюстной пазухи введено контрастное вещество.

*Введение контрастных веществ в кистозные образования* осуществляют путем прокола стенки кисты. После отсасывания содержимого в полость вводят подогретое контрастное вещество. Рентгенограммы выполняют в двух взаимно перпендикулярных проекциях (рис. III.302).

Контрастирование свищевых ходов (*фистулография*) выполняют с целью определения их связи с патологическим процессом или инородным телом. После введения контрастного вещества под давлением в свищевой ход производят рентгенограммы в двух взаимно перпендикулярных проекциях.

*Артрографию* применяют для уточненной диагностики заболеваний височно-нижнечелюстного сустава, в первую очередь для оценки состояния внутрисуставного мениска.

После анестезии кожи под рентгенотелевизионным контролем производят пункцию одной или обеих полостей сустава с введением водорастворимого контрастного препарата. Затем выполняют томограммы сустава с открытым и закрытым ртом. Артрография еще информативнее в случае выполнения ее в комплексе с КТ височно-нижнечелюстного сустава.

*Ангиографию* — контрастное рентгенологическое исследование системы артерий (*артериография*) и вен (*венография*) челюстно-лицевой области — осуществляют путем:

При одновременном контрастировании нескольких слюнных желез предпочтительна панорамная томография (пантомосиалография), позволяющая получить достаточно информативную картину на одном снимке при низких лучевых нагрузках на пациента.

Анализ снимков, выполненных через 15—30 мин, дает возможность судить о функции слюнных желез. С целью стимуляции саливации используют лимонную кислоту.

Сиалографию в комплексе с КТ с успехом используют для отличительного распознавания доброкачественных и злокачественных опухолей околоушной слюнной железы.

В последние годы для диагностики заболеваний слюнных желез стали использовать *УЗИ, функциональную цифровую субтракционную сиалографию*.

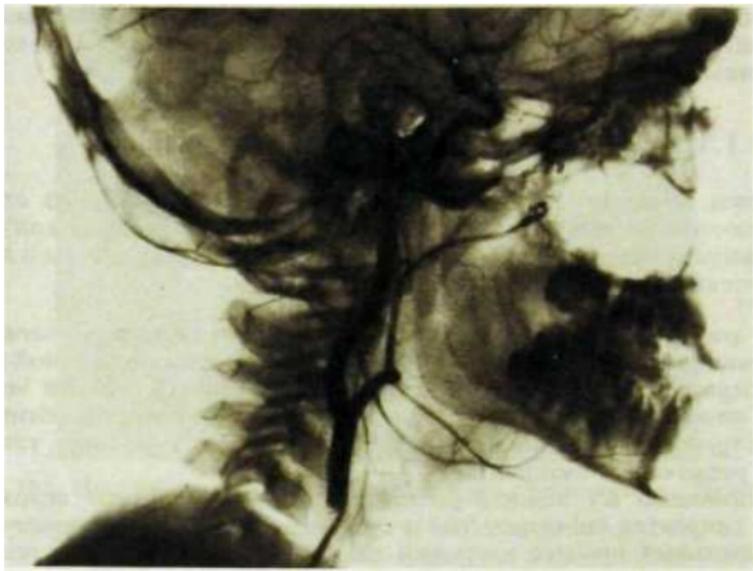


Рис. III.303. Ангиограмма правой общей сонной артерии и ее ветвей в боковой проекции (артериальная фаза).

- 1) чрескожной пункции наружной сонной артерии;
- 2) ретроградной катетеризации наружной сонной артерии через поверхностную височную или лицевую артерию;
- 3) чрескожной катетеризации по методике Сельшингера через бедренную либо общую сонную артерию с введением катетера в наружную сонную артерию.

После катетеризации наружной сонной артерии или одной из ее ветвей (*селективная ангиография*) в сосуд вводят от 5 до 15 мл контрастного вещества (верографин, урографин, омнипак и др.) и производят серию снимков (рис. III.303).

Ангиографию применяют для диагностики аномалий и заболеваний сосудистой системы (гемангиомы, юношеские ангиофибромы основания черепа); выполняют также рентгеноваскулярную эмболизацию при лечении гемангиом челюстно-лицевой области.

Противопоказаниями в проведении исследования являются повышенная чувствительность к йоду, активный туберкулез легких, поражения печени и почек, свежий инфаркт миокарда и инсульт, общее тяжелое состояние больного.

Прямую *лимфографию* осуществляют после введения в толщу кожи красящего вещества для визуализации лимфатических сосудов. Разрез для нахождения сосуда из косметических соображений производят в заушной об-

ласти и в лимфатический сосуд, взятый на лигатуру, вводят ультразвуковой липойодол. На рентгенограммах видны лимфатические сосуды и контрастированные регионарные лимфатические узлы.

### 12.1.10. Компьютерная томография

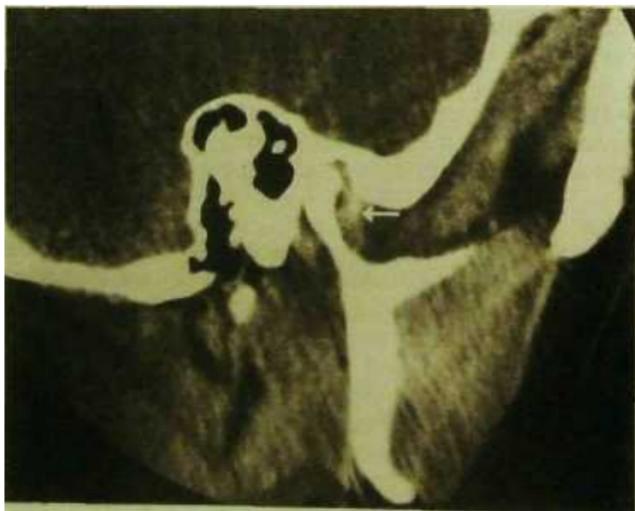
Метод позволяет получить изображение не только костных структур челюстно-лицевой области, но и мягких тканей, включая кожу, подкожную жировую клетчатку, мышцы, крупные нервы, сосуды и лимфатические узлы.

КТ расширяет диагностические возможности при травматических повреждениях, воспалительных и опухолевых заболеваниях различной природы, в первую очередь средней зоны лица, в частности верхней челюсти. Метод позволяет разрешить диагностические затруднения, особенно при распространении процесса в крылонебную и подвисочную ямки, глазницу, клетки решетчатого лабиринта.

С помощью КТ хорошо распознаются внутричерепные осложнения острых синуситов (эпидуральные и субдуральные абсцессы), вовлечение в воспалительный процесс клетчатки глазницы, внутричерепные гематомы при травмах челюстно-лицевой области.

Наряду с оценкой состояния костных элементов височно-нижнечелюстного сустава возникает возможность визуализации внутрисуставного диска, особенно при смещении его кпереди (рис. III.304).

На компьютерных томограммах можно выявить разницу в плотности отдельных участков в 0,5 %, что расширяет перспективы ранней диагностики воспалительных заболеваний костей. Кроме того, с помощью КТ можно



**Рис. III.304.** Компьютерная томограмма правого височно-нижнечелюстного сустава. Внутрисуставной диск (указан стрелкой) смещен кперёд\*

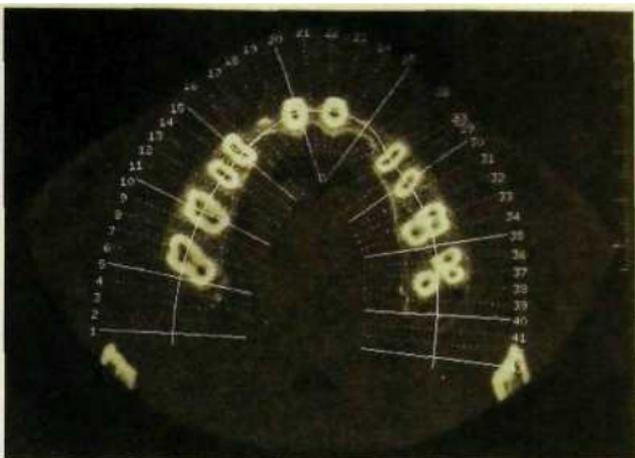


Рис. III.305. Построение верхнего зубного ряда на основе компьютерной томографии.

получить без существенных проекционных искажений изображение всего зубного ряда (рис. III.305), что имеет важное значение при планировании реконструктивных операций.

### 12.1.11. Радиовизиография

Радиовизиограф — аппарат для компьютерной дентальной рентгенографии (рис. III.306). При производстве снимков зубов плоский приемник (детектор) рентгеновского излучения с надетым на него пластмассовым мешочком вводят в полость рта и удерживают соответственно области исследования. Чувствительность детектора позволяет значительно снизить экспозицию и тем самым лучевую нагрузку. Эффективная эквивалентная доза в 10 раз ниже, чем при выполнении внутриротового контактного снимка.

Энергия излучения трансформируется в электрические сигналы, поступает в компьютер и визуализируется на экране дисплея. При необходимости можно записать изображение на бумагу или магнитные носители, увеличить изображение в целом или какой-либо его части, изменить контрастность и тем самым объективно оценить качество пломбирования канала.

Используя денситометрию, на основании гистограмм можно обнаружить каналы, не определяемые при традиционном рентгенологическом исследовании.

Следует подчеркнуть необходимость тесного сотрудничества рентгенолога и стоматолога при изучении изображения на экране дисплея, что часто позволяет получить больший объем информации, чем при анализе отпечатков на бумаге.

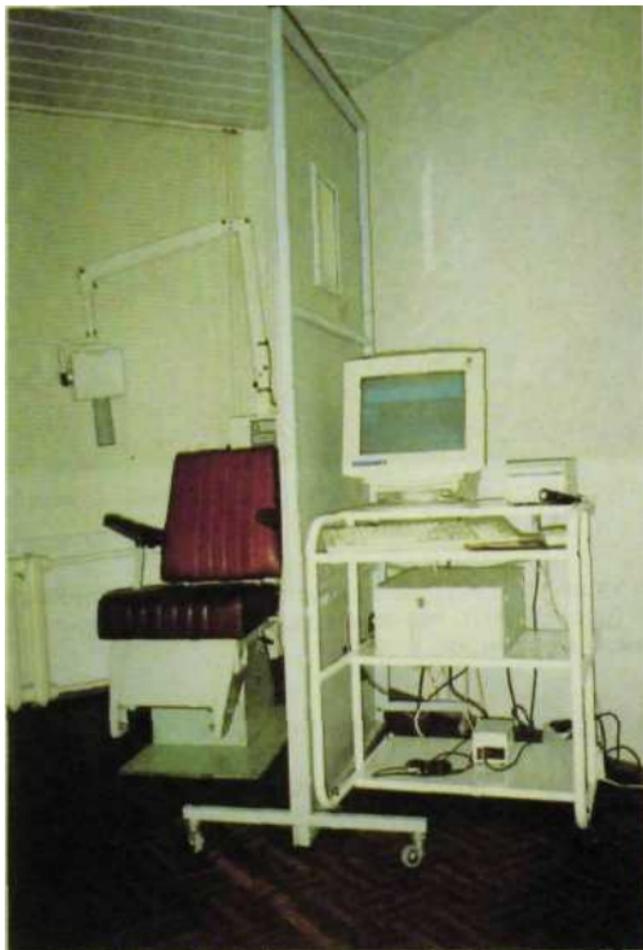


Рис. III.306. Радиовизиограф.

### 12.1.12. Защита больного при рентгенографии челюстно-лицевой области<sup>1</sup>

При внутривидовой и панорамной рентгенографии защиту осуществляют путем экранизации туловища защитным фартуком из просвинцованной резины либо с помощью специальных устройств различных конструкций. Для того чтобы уменьшить площадь облучения, верхушка тубуса аппарата должна касаться кожи пациента. С целью ограничения облучения лиц из группы риска (дети, беременные, кормящие грудью) повторные рентгено-

<sup>1</sup> Подробнее см.: *Рабухина НА. и др. Радиационная безопасность в челюстно-лицевой рентгенологии//Вестн. рентгенол — 1993 — № 3 — С. 55—57.*



**Рис. Ш.307.** Магнитно-резонансная томограмма лицевого черепа во фронтальной проекции. Ретенционная киста (указана стрелками) слизистой оболочки правой верхнечелюстной пазухи.

граммы разрешается производить через 3 нед, а при выполнении нескольких снимков — через 5 нед. При производстве ортопантограмм защиту щитовидной железы осуществляют со стороны спины, где происходит большая часть перемещения рентгеновской трубки.

*Эффективная эквивалентная доза при внутриротовой рентгенографии зубов колеблется от 0,01 мЗв (область нижних фронтальных зубов и моляров) до 0,04 мЗв (область верхних фронтальных зубов).* При выполнении 10 внутриротовых снимков (весь прикус) суммарная эффективная эквивалентная доза составляет без дополнительной защиты 0,3 мЗв, с защитой 0,2 мЗв.

Фиксация пленки во рту при выполнении внутриротовых снимков и кассеты при внеротовой и панорамной рентгенографии осуществляет только сам обследуемый. Использовать для этой цели персонал рентгеновского кабинета категорически запрещается.

### 12.1.13. Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ) наряду с КТ получила распространение в диагностике заболеваний челюстно-лицевой области (рис. Ш.307).



Прорезывание зубов у девочек происходит несколько раньше. Нижние молочные зубы обычно прорезываются на 1–2 мес раньше, чем аналогичные верхние. Рахит, хронические диспепсические расстройства, острые инфекции, эндокринные сдвиги (заболевания щитовидной железы, гипопаратиреоз), нарушения питания, гиповитаминозы влияют на сроки прорезывания зубов.

При задержке прорезывания зубов лишь рентгенологическое исследование дает возможность определить наличие или отсутствие зачатков и характер их формирования с учетом возраста ребенка.

На рентгенограммах различают две стадии формирования корней (и молочных, и постоянных): стадию несформированной и стадию незакрытой верхушки. В стадии несформированной верхушки на рентгенограмме определяется неравномерно широкий корневой канал, воронкообразно расширенный у верхушки корня и суживающийся по направлению к полости зуба. У верхушки зуба с широким апикальным отверстием видна ростковая зона в виде очага разрежения костной ткани округлой формы, окруженного по периферии кортикальной пластинкой лунки.

Стадия незакрытой верхушки наблюдается у корней зубов, заканчивающих свое формирование. Неравномерной ширины корневой канал постепенно суживается по направлению от полости зуба к верхушке. У верхушки зуба хорошо видно апикальное отверстие, не определяемое обычно в сформированных зубах. Периодонтальная щель у верхушки зуба несколько расширена.

Второй период начинается в возрасте 6–7 лет с замены временных зубов на постоянные. По завершении формирования коронки зачаток постоянного зуба начинает смещаться к краю альвеолярного отростка. После окончания формирования коронки до полного прорезывания постоянного зуба проходит приблизительно 5 лет. Прорезыванию предшествует физиологическое рассасывание корней молочных зубов (корни укорочены, «изъедены»).

На рентгенограммах в этот период зубы и зачатки расположены в три ряда: временные зубы в зубной дуге и в два ряда зачатки постоянных зубов. Отдельно расположены зачатки клыков: на верхней челюсти — под нижнеглазничным краем, в нижней — над кортикальным слоем нижнего края. Раньше всех прорезываются первые нижние моляры. Если первыми прорезываются нижние центральные резцы, то это рассматривают как возможный вариант нормы.

В третьем периоде, в возрасте 12–13 лет, в зубном ряду находятся постоянные зубы, корни которых сформированы в разной степени (табл. III.4).

**Т а б л и ц а III.4. Сроки развития, прорезывания постоянных зубов и формирования их корней**

Зуб	Начало минерализации (после рождения)	Сроки прорезывания, годы	Сроки окончания формирования корней, годы
1-й	3–4 мес	6–8	9–10
2-й нижний	3–4 мес	7–9	10–11
2-й верхний	10–13 мес	9–12	12–15

Зуб	Начало минерализации (после рождения)	Сроки прорезывания, годы	Сроки окончания формирования корней, годы
3-й	4—5 мес	10—12	12—13
4-й	1,5—2 года	10—12	12—13
5-й	2,5—4 года	10—12	12—14
6-й	при рождении	6—7	9—10
7-й	2,5—3 года	11—13	14—16
8-й	7—10 лет	17—21	18—25

### 12.2.1. Зубы в рентгеновском изображении

В зубной формуле, применяемой для сокращения записи, временные зубы (20) обозначают римскими цифрами, постоянные (32) — арабскими. Правую или левую половины верхней и нижней челюсти обозначают знаком угла, открытым соответственно влево, вправо, вверх или вниз.

Основную массу зуба составляет дентин. В области коронки дентин покрыт эмалью, а корень — цементом. На рентгенограмме эмаль представлена интенсивной линейной тенью, окаймляющей дентин коронки; она лучше видна на контактных поверхностях зуба. Дентин и цемент на рентгенограмме не различаются.

*Между корнем зуба и кортикальной пластиной альвеолы челюсти находится узкое щелевидное пространство — периодонтальная щель (ширина 0,15—0,25 мм), которая занята периодонтом (зубная связка). Он состоит из плотной соединительной ткани (пучки фиброзных волокон, прослойки рыхлой соединительной ткани, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы), фиксированной к цементу и кортикальной пластинке лунки. Периодонт обеспечивает фиксацию зуба и участвует в снабжении его кровью.*

На рентгенограммах молочные зубы отличаются от постоянных: коронка и корни молочных зубов меньших размеров, корневые каналы и полости зуба более широкие. Корни моляров отходят друг от друга под большим углом.

Полость зуба на рентгенограммах определяется в виде очага разрежения с четкими контурами на фоне коронки зуба, корневые каналы — в виде линейных очагов разрежения с ровными и четкими замыкающими контурами.

В альвеолярном отростке зубы отделены один от другого межзубной перегородкой, покрытой десной. *Вершины межзубных перегородок у детей располагаются на уровне эмалево-цементной границы, у взрослых — на расстоянии 1,5—2 мм от нее.* Построенные из губчатой кости перегородки по периферии окаймлены четко выраженной замыкающей кортикальной пластинкой, являющейся продолжением кортикальной пластинки лунки. *Вершины межзубных перегородок заострены в области передних зубов и имеют форму усеченной пирамиды в зоне премоляров и моляров* После удаления зубов межзубные перегородки атрофируются, альвеолярный край уплощается.

## 12.2.2. Верхняя челюсть

Верхняя челюсть — парная кость, состоящая из тела и четырех отростков (лобного, скулового, небного и альвеолярного). На теле верхней челюсти различают четыре поверхности (переднюю, носовую, глазничную и подвисочную).

Передняя поверхность расположена между нижним краем глазницы и альвеолярным отростком. На 0,5—1 см ниже края глазницы открывается нижнеглазничный канал, в котором проходят верхнечелюстной нерв (вторая ветвь тройничного нерва) и соответствующие артерия и вена. Ниже отверстия на передней стенке имеется вдавление (клыковая, или собачья, ямка), где обычно вскрывают пазуху при оперативном вмешательстве.

Через верхнюю (глазничную) поверхность, формирующую крышу пазухи, проходит подглазничный канал с верхнечелюстным нервом и сосудами. Верхняя стенка пазухи очень тонкая и легко подвергается деструкции при воспалительных и опухолевых заболеваниях верхней челюсти с вовлечением в процесс глазницы.

Носовая поверхность внутренней стенки пазухи формирует наружную стенку полости носа. В переднем отделе ее проходит слезно-носовой канал, открывающийся в нижний носовой ход. Выводное отверстие пазухи, расположенное выше ее дна, открывается в средний носовой ход. Этим и объясняется тот факт, что отток из пазухи лучше происходит в положении лежа.

Подвисочная поверхность задненаружной стенки обращена в крыло-небную ямку — место введения анестезирующих препаратов при «туберальной» анестезии.

В теле челюсти находится воздухоносная верхнечелюстная (гайморова) пазуха, по форме напоминающая пирамиду.

Верхнечелюстные пазухи появляются на 5-м месяце внутриутробного развития в виде небольших ямок на носовой поверхности тела верхней челюсти. Уже у семимесячных плодов на рентгенограмме черепа видны костные стенки пазухи.

У детей в возрасте 2,5—3 лет пазухи заняты зачатками зубов и определяются в виде треугольных просветлений в верхнем и наружном отделах. На дне пазухи имеются зачатки зубов; у детей до 8—9 лет они располагаются на уровне дна полости носа. У детей и подростков корни моляров иногда находятся в прямом контакте со слизистой оболочкой верхнечелюстной пазухи.

Объем пазухи увеличивается по мере прорезывания зубов, формирование ее заканчивается к завершению прорезывания постоянных зубов (к 13—15 годам). После 50—60 лет объем пазухи (15—20 см<sup>3</sup>) начинает уменьшаться. У взрослых пазуха располагается между первым премоляром (иногда клыком) и вторым—третьим моляром. Увеличение пневматизации пазухи может наблюдаться после удаления зубов. Иногда пазуха распространяется и в перегородки между премолярами и молярами, на область верхнечелюстного бугра.

Левая и правая пазухи могут быть разного размера, в них встречаются костные перегородки.

На рентгенограммах нижняя граница пазухи представлена в виде тонкой нигде не прерывающейся линейной тени. В зависимости от пневмати-

зации и особенностей расположения пазухи (высокое или низкое) между корнями зубов и компактной пластинкой дна пазухи определяется слой губчатого вещества разной толщины. Иногда корни зубов находятся вблизи верхнечелюстной пазухи или в ней самой, что облегчает распространение инфекции из периапикальных тканей на слизистую оболочку (одонтогенный гайморит). Выше нижней границы пазухи видна тонкая линейная тень — отражение дна полости носа.

Корковый слой основания скулового отростка виден на внутриротовых рентгенограммах над областью первого моляра в виде перевернутой петли. При наложении тени тела скуловой кости на корни моляров затрудняется или становится невозможной оценка состояния периапикальных тканей. Наложения можно избежать, меняя направление центрального пучка рентгеновских лучей.

Нижние отделы верхнечелюстного бугра видны на внутриротовых рентгенограммах верхних моляров. Кзади от него проецируется крючок крыло-видного отростка, имеющий разную длину и ширину. *Взаимосоотношение между бугром и крыловидными отростками основной кости хорошо видно на ортопантомограммах, по которым можно оценить и состояние крылонебной ямки* (см. рис. III.298).

Верхушка венечного отростка на некоторых внутриротовых контактных рентгенограммах определяется позади верхних моляров.

В задних отделах твердого неба на снимках вприкус на уровне первого или второго моляров может быть виден очаг просветления округлой формы с четкими контурами — проекция слезно-носового канала, располагающегося на стыке верхнечелюстной пазухи и полости носа.

Структура костной ткани альвеолярного отростка мелкоячеистая, преимущественно с вертикальным ходом костных перекладин.

На внутриротовых рентгенограммах между центральными резцами через межзубную перегородку проходит полоса просветления — межчелюстной (резцовый) шов. На уровне верхушек корней центральных резцов, иногда проецируясь на них, выявляется резцовое отверстие в виде овального или округлого четко очерченного очага просветления разной величины. По средней линии твердого неба на уровне премоляров иногда видно гладкое или бугристое костное образование разных размеров — *torus palatinum*.

### 12.2.3. Нижняя челюсть

Нижняя челюсть (см. рис. III.296) — непарная плоская кость подковообразной формы губчатого строения, состоящая из тела и двух ветвей, отходящих под углом 102—150° (угол нижней челюсти). В теле челюсти различают основание и альвеолярную часть, содержащую по 8 зубных альвеол с каждой стороны.

Варианты строения челюстных костей наиболее четко выявляются на прямых панорамных рентгенограммах и ортопантомограммах. Рентгеноанатомические детали представлены на схемах с ортопантомограммы (см. рис. III.298) и панорамных рентгенограмм верхней (см. рис. III.300) и нижней (см. рис. III.301) челюстей. По нижнему краю челюсти с переходом на 548

ветвь проходит кортикальный слой, более толстый в центральных отделах (0,3—0,6 см) и истончающийся к углам челюсти.

Костная структура нижней челюсти представлена петлистым рисунком с более четко контурируемыми горизонтально идущими (функциональными) балками. Строение костной структуры определяется функциональной нагрузкой: давление на зубы передается через периодонт и кортикальную пластинку лунки на губчатую кость. Этим и обусловлена выраженная петлистость костной ткани в альвеолярных отростках именно по периферии лунок зубов. Величина костных ячеек неодинакова: более мелкие находятся в переднем отделе, более крупные — в зоне премоляров и моляров.

У новорожденного нижняя челюсть состоит из двух половин, между КО<sup>1</sup> торыми по средней линии располагается соединительная ткань. В первые месяцы после рождения происходит окостенение и слияние их в одну кость.

На внеротовых рентгенограммах в боковой проекции на угол или корни моляров проецируется подъязычная кость, а на ветвь кзади от моляров — воздушный столб глотки, продолжающийся книзу почти вертикально за пределы челюсти.

Ниже корней моляров иногда определяется очаг разрежения костной ткани с нечеткими контурами — отражение поднижнечелюстной ямки (место расположения поднижнечелюстной слюнной железы).

Наружная косая линия простирается до переднего края ветви, проецируясь на моляры в виде полосы склероза разной формы и плотности. После удаления моляров и атрофии альвеолярной части она может оказаться краеобразующей.

Внутренняя косая линия, проходящая ниже наружной косой линии (место прикрепления челюстно-подъязычной мышцы), располагается на внутренней поверхности и может проецироваться на корни моляров.

Верхний отдел ветви заканчивается спереди венечным отростком, сзади мышечковым отростком, разделенными вырезкой нижней челюсти.

На внутренней поверхности посередине ветви находится отверстие нижнечелюстного канала (очаг разрежения костной ткани треугольной или округлой формы, в диаметре редко достигающий 1 см).

Положение нижнечелюстного канала, представленного в виде полосы разрежения костной ткани, варибельно: он проходит на уровне верхушек корней моляров, реже — непосредственно над нижним краем челюсти.

На всем протяжении нижнечелюстного канал виден на панорамных рентгенограммах (см. рис. III.301), просвет его 0,4—0,6 см. Канал начинается нижнечелюстным отверстием, расположенным в ветви на разной высоте. Кортикальные пластинки канала, особенно верхняя, хорошо видны. У детей канал располагается ближе к нижнему краю, у молодых людей, а также при потере зубов и атрофии альвеолярной части смещается краниально. Этот факт следует учитывать при планировании оперативных вмешательств.

Внутриротовые рентгенограммы не позволяют установить взаимоотношения между корнями зубов и каналом. На ортопантомограммах между верхней стенкой канала и верхушками зубов обычно определяется слой губчатой кости толщиной 0,4—0,6 см.

На уровне верхушек корней премоляров у взрослых и клыков у детей канал заканчивается подбородочным отверстием округлой или овальной формы (диаметр 5—7 мм), иногда распространяясь кпереди от него. При

проецировании отверстия на верхушку премоляра возникает необходимость дифференцировать его от патологического процесса (гранулемы).

Ниже верхушек центральных резцов видно язычное отверстие - очаг разрежения округлой формы (диаметром 1-2 мм), окруженный полосой

^ Подбородочная ось на снимках фронтального отдела нижней челюсти вприкус определяется в виде выступающего костного образования на язычной поверхности челюсти.

На язычной поверхности нижней челюсти соответственно корням клыка и премоляров иногда определяется гладкое или бугристое костное образование разной величины — *torus mandibularis*.

В случае отсутствия кортикальной пластинки нижней челюсти с язычной стороны (аномалия развития) на рентгенограмме в боковой проекции определяется костный дефект размером 1x2 см округлой, овальной или эллипсоидной формы с четкими контурами, который локализуется между углом челюсти и нижнечелюстным каналом, не достигая верхушек корней зубов.

Сосуды, проходящие в кости, иногда находят отражение в виде полосы или участка разрежения костной ткани округлой или овальной формы, располагающегося между корнями. Они лучше видны после потери зубов. Задняя верхняя альвеолярная артерия проходит через латеральную стенку верхнечелюстной пазухи.

Иногда над или между верхушками корней второго и третьего моляров видно большое небное отверстие в виде нечетко очерченного очага разрежения.

Инволютивные изменения зубов заключаются в постепенном стирании эмали и дентина, отложении заместительного дентина, склеротических изменениях и петрификации пульпы. В результате отложения заместительного дентина на рентгенограммах определяется уменьшение размеров полостей зуба, корневые каналы сужены, плохо контурируются, а при полной облитерации не видны. Инволютивные изменения зубов, особенно нижней челюсти, отмечаются при рентгенологическом исследовании уже в возрасте 40—50 лет в виде очагового остеопороза. В возрасте 50—60 лет на рентгенограммах выявляются диффузный остеопороз, атрофия и уменьшение высоты межлуночковых перегородок, сужение периодонтальных щелей. В результате уменьшения высоты альвеолярного края обнажаются шейки зубов. Наряду с истончением костных балочек и уменьшением их количества в единице объема происходит истончение кортикального слоя, особенно хорошо выявляемое рентгенологически по нижнему и заднему краю ветви нижней челюсти. Структура тела нижней челюсти приобретает крупнопетлистый характер, горизонтальный ход трабекул в соответствии с силовыми траекториями не прослеживается.

Инволютивные изменения более выражены у людей при полной потере зубов, если они не пользуются съемными протезами.

После удаления зубов луночки постепенно исчезают, уменьшается высота альвеолярного края. Иногда лунки после удаления зубов определяются на рентгенограммах в виде очага разрежения в течение нескольких лет (чаще после удаления нижних моляров и резцов).

## 12.2.4. Височно-нижнечелюстной сустав

Височно-нижнечелюстной сустав — сочленение, образованное головкой мыщелкового отростка и суставной поверхностью нижнечелюстной ямки височной кости, полностью формируется к 15—17 годам. Сочленяющиеся поверхности разделены хрящевым суставным диском на верхний и нижний отделы. По периферии головки, построенной из трабекулярного губчатого костного вещества, проходит замыкающая кортикальная пластинка. Толщина ее в передних и задних отделах 0,75—1,5 мм, по верхней поверхности 0,5—1 мм.

Компактный слой, покрывающий нижнечелюстную ямку, вариателен в разных отделах. В задних отделах широкая полоса компактного вещества сливается с тенью пирамиды височной кости. Наиболее тонкий компактный слой в центральной части суставной впадины, впереди он переходит в корковый слой заднего ската бугорка. Посередине заднего отдела нижнечелюстной ямки видна каменисто-барабанная (глазерова) щель, идущая по направлению к просвету наружного слухового прохода. Эта щель служит ориентиром между вне- и внутрисуставной частями ямки.

Наружный слуховой проход определяется в виде четко контурируемого просветления неправильно-округлой формы диаметром 0,8—2 см на фоне интенсивной тени каменной части пирамиды височной кости.

На боковой томограмме в состоянии физиологического покоя ширина рентгеновской суставной щели во всех отделах одинакова или несколько шире между передней дугой головки и задним скатом суставного бугорка.

При открывании рта головка смещается вниз и вперед вдоль заднего ската суставного бугорка, доходит до вершины бугорка или даже заходит на передний скат (у детей).

С целью анализа томограмм и измерения различных отделов сустава их перерисовывают на кальку. Для этого проводят линию, соединяющую нижние края суставного бугорка и наружного слухового прохода, и на нее опускают перпендикуляр из верхней точки суставной ямки. Под углом 45° к горизонтальной линии в месте пересечения ее с перпендикуляром проводят еще две линии. Ширину суставной щели между скатом суставного бугорка и передней поверхностью суставной головки обозначают как передний отдел щели, между дном суставной ямки и верхней поверхностью суставной головки — как верхний отдел щели, между задней поверхностью головки и задним отделом суставной впадины — как задний отдел суставной щели.

Инволютивные изменения приводят к старению хряща, нарушению функции сустава, появлению костных разрастаний, на фоне остеопороза четко контурируются кортикальные пластинки.

## 12.3. Рентгенологическое исследование при врожденных и приобретенных деформациях челюстно-лицевой области

Деформации челюстно-лицевой области возникают при изменении формы, размеров и взаимоотношения отдельных костных компонентов. Они могут быть **врожденными** (хромосомные болезни, воздействие терато-

генных факторов на плод) и приобретенными (после перенесенных в детском возрасте заболеваний, травм, лучевой терапии, при эндокринных и обменных нарушениях и т.д.).

Согласно классификации ВОЗ (IX пересмотр), выделяют:

- увеличение всей или отдельных участков челюсти (верхней или нижней) — макрогнатия;
- уменьшение всей или отдельных участков челюсти (верхней или нижней) — микрогнатия;
- неправильное расположение челюстей по отношению к основанию черепа — смещение в сагиттальном, вертикальном или трансверсальном направлении;
- деформации, включающие перечисленные выше.

Аномалии зубов и челюстей встречаются у 30 % детей школьного возраста. Аномалии челюстей, как правило, сопровождаются нарушением прикуса.

### 12.3.1. Аномалии развития зубов

Часто встречающиеся аномалии постоянных зубов проявляются в изменении их числа, положения, величины, формы и строения.

Число зубов может быть уменьшено (адентия) или увеличено (гипердентия) по сравнению с нормой. Причины этого те же, что и вызывающие деформации челюстно-лицевой области. Рентгенологическое исследование показано во всех случаях отсутствия зубов в зубном ряду с целью установления наличия зачатков молочных и постоянных зубов. По рентгенограммам удается выяснить также причины задержки их прорезывания.

Адентия чаще наблюдается в постоянном прикусе, реже — во временном. Наиболее часто встречается врожденное отсутствие боковых резцов верхней челюсти и зубов мудрости, нижнего и верхнего вторых премоляров (рис. III.308, III.309).

Частичная или полная адентия имеет место при эктодермальной дисплазии — наследственном заболевании, связанном с нарушением развития эктодермы. Оставшиеся отдельные зубы имеют коронки конической формы. У больных кожа гладкая, атрофичная, отсутствуют потовые и слюнные железы, нарушено развитие ногтей, отмечаются выступающий лоб, седловидный нос, толстые губы, из-за аплазии паренхимы слюнных желез — ксеростомия.

При врожденном увеличении числа зубов сверхкомплектный зуб может быть нормально развитым или рудиментарным, располагается в зубном ряду или вне его (рис. III.310). Молочные сверхкомплектные зубы имеют такую же форму, как и комплектные, а постоянные, как правило, атипичны. Иногда сверхкомплектные зубы не прорезываются и их обнаруживают случайно на рентгенограммах, выполненных по другому поводу. *Сверхкомплектные зубы чаще встречаются в области нижних резцов, нередко наблюдаются четвертые большие коренные зубы (четвертые моляры).*

Неправильное положение зуба в зубном ряду (с щечной или язычной стороны), поворот зуба вокруг оси, расположение коронки зуба ниже жева-



Рис. III.308. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти ребенка. Первичная множественная адентия — отсутствуют зачатки 421|1245.



Рис. III.309. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти ребенка. Первичная множественная адентия — отсутствуют зачатки 5432|1235.

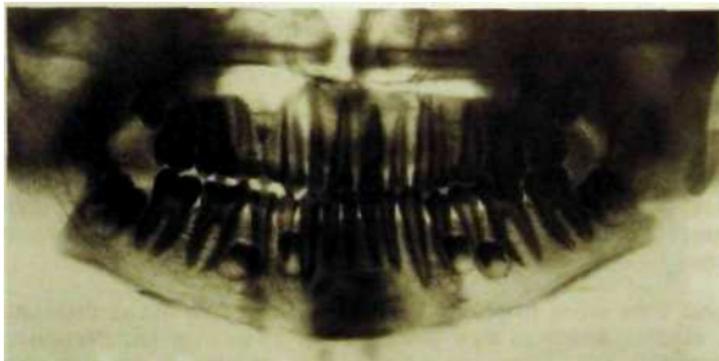


Рис. III.310. Ортопантомограмма. Сверхкомплектные зубы на уровне

4	
6543	456

тельной поверхности соседних зубов определяют при клиническом осмотре. Рентгенологическое исследование незаменимо для оценки положения зуба в челюсти. Промежуток между соседними зубами называют тремой. Отсутствие трем у детей 5-летнего возраста свидетельствует о задержке роста челюсти. Тремы шириной 0,5—0,7 мм считают вариантом нормы. Промежуток между центральными резцами шириной 0,6—7 мм получил название «диастема».

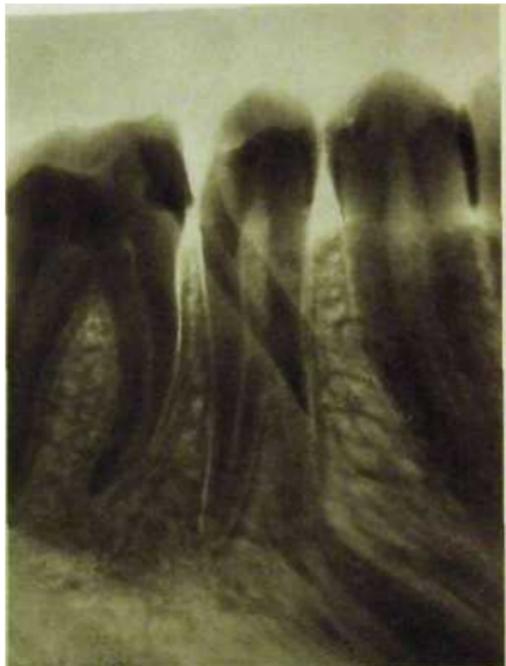
Размеры зубов могут быть уменьшены (**микродентия**) или увеличены (**макродентия**). Это касается одного, нескольких или всех зубов. Чаше изме-



Рис. III.311. Внутриворотная рентгенограмма. Изогнутый корень 3.



Рис. III.312. Внутриворотная контактная рентгенограмма. Двухкорневой 51.



няются резцы. **Макродентия** всех зубов — один из симптомов заболеваний гипофиза.

Наиболее часто встречаются аномалии развития корней постоянных зубов — искривление (рис. III.311), укорочение или удлинение, увеличение (рис. III.312) или уменьшение их количества, дивергенция и конвергенция, раздвоение. Наиболее вариабельны форма и количество корней нижних моляров, особенно третьих.

Форма всех зубов изменяется при кретинизме и эктодермальной дисплазии. Наблюдающиеся при врожденном сифилисе центральные резцы бочковидной формы с полулунной вырезкой по режущему краю называются зубами Гетчинсона (по фамилии английского врача J. Hutchinson).

Внутриутробное прорезывание зубов отмечено лишь у одного на 2000 новорожденных. В 85 % случаев внутриутробно прорезываются центральные нижние резцы,

**Анкилоз** — срастание цемента корня с костной тканью альвеолы — развивается после применения формалинрезорцинового метода, травмы, редко — у вторых молочных моляров. Ввиду отсутствия периодонтальной щели, занятой костной тканью, при перкуссии анкилозированного зуба отмечается более тупой звук. При удалении таких зубов возникают значительные сложности.

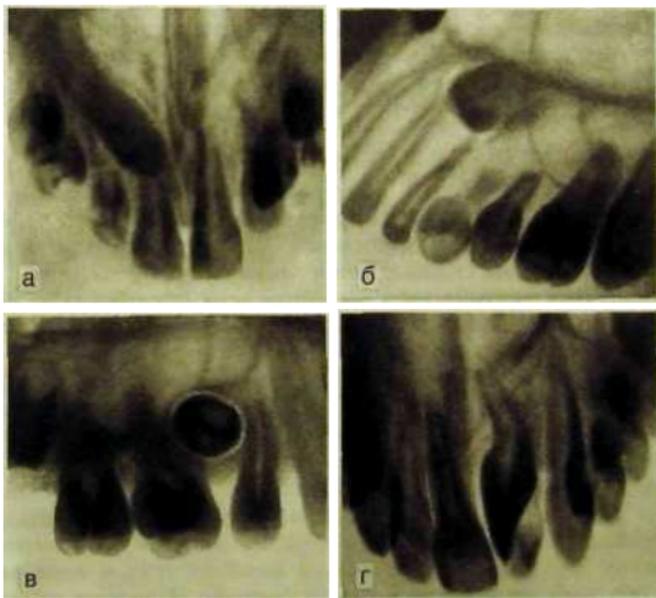
**Зуб в зубе** (*dens in dente*): в полости зуба и широком корневом канале находится зубоподобное образование, окруженное по периферии полосой просветления (рис. III.313).

Одним из видов аномалий является спаяние соседних зубов между собой — **спросишиеся зубы**. Чаще всего наблюдается срастание центрального резца с боковым или одного из них со сверхкомплектным зубом. При расщеплении эмаливого органа образуются две коронки с одним корнем. Спаяние зубов в области корней может быть определено только рентгенологически. При слиянии коронок они имеют одну большую зубную полость и два канала. Если произошло слияние только корней, то имеются две полости зуба и два корневых канала. При наличии увеличенных зубов отмечается недостаток места в зубном ряду: расположенные рядом с ним зубы прорезываются позже и, как правило, с язычной или щечной стороны.



**Рис. III.313.** Рентгенограмма удаленного зуба. Зуб в зубе.

В случае отсутствия зуба в зубном ряду к периоду его прорезывания (допустимы колебания в диапазоне от 4 до 8 мес от средних сроков) необходимо выполнить рентгенограммы, для того чтобы определить, есть ли зачаток зуба (рис. III.314). При анализе рентгенограммы можно также установить причину задержки прорезывания (**ретенция**): неправильное положение зуба из-за смещения зачатка (**дистопия**), наличие патологического процесса (перелом, остеомиелит, киста, ново-



**Рис. III.314.** Внутриротовые рентгенограммы. а — ретинированный **3**; б — дистопированный **13**; в — дистопированный **5**; г — неправильной формы, расположенный вне дуги **1**.



**Рис III 315.** Панорамная рентгенограмма верхней челюсти^ Синдром Стейнтона - Капдепона (несовершенный дентиногенез). Полости зубов и корневые каналы не прослеживаются.

образование). Наиболее частая причина ретенции - недостаток места в зубном ряду. Зачатки зубов могут находиться вдали от их обычного места расположения (в ветви или у основания нижней челюсти, в стенках верхнечелюстной пазухи), и прорезывание их становится невозможным. Ретенцированный зуб может вызвать смещение и резорбцию корней соседних зубов.

*Чаще наблюдается ретенция зубов мудрости (преимущественно нижних), клыков (в основном верхних; см. рис. III.314), режее — премоляров (верхних).* При планировании удаления ретенцированного или дистопированного зуба возникает необходимость в определении его положения и взаимоотношения с полостью носа, верхнечелюстной пазухой, нижнечелюстным каналом, корнями соседних зубов. Для решения этой задачи необходимо выполнить рентгенограммы не менее чем в двух взаимно перпендикулярных проекциях.

При исследовании зубов нижней челюсти производят внутриротовые рентгенограммы и внеротовые рентгенограммы в аксиальной проекции. Для определения положения ретенцированных зубов верхней челюсти наряду с внутриротовыми рентгенограммами (контактными или аксиальными) наиболее информативны снимки в тангенциальных проекциях.

**Несовершенный дентиногенез** (dentinogenesis imperfecta) — врожденное заболевание (синдром Стейнтона—Капдепона); возникает в результате дисплазии соединительной ткани (рис. III.315), иногда сочетается с несовершенным остеогенезом. У больных детей лицевая часть черепа значительно меньше мозговой, длительное время остаются незаращенными роднички и швы, кости черепа истончены. При нормально сформированной эмали структура дентина нарушена (меньше минеральных солей, меньше канальцев и они более широкие, направление их изменено). Такие зубы редко поражаются кариесом. Вместе с тем происходит раннее прогрессирующее стирание зубов вплоть до десны. *На рентгенограмме определяется уменьшение в размерах или полная облитерация полости зуба и корневых каналов вследствие образования заместительного дентина. Корневые каналы не определяются или видны лишь у верхушки корня. Ввиду того что корни обычно более тонкие, выше риск возникновения их переломов при травме.* Цвет зубов сине-коричневый, фиолетовый или янтарный.

### 12.3.2. Аномалии развития челюстей

Аномалии развития челюстей могут быть врожденными или возникнуть вследствие перенесенных заболеваний, лучевой терапии, травмы.

**Врожденные расщелины** альвеолярного отростка и твердого неба — наиболее часто встречающийся порок, их распознают клинически. В 20—38 % случаев порок генетически обусловлен. Расщелины альвеолярного отростка и твердого неба часто сочетаются с аномалиями зубов (сверхкомплектные, ретенированные зубы, отсутствие зачатков), неправильное расположение 4321234. При данной аномалии наблюдаются задержка формирования постоянных зубов, недоразвитие альвеолярного отростка, деформация полости носа. Для распознавания расщелин предпочтение следует отдать панорамной рентгенографии (рис. III.316).

Расщелины твердого неба могут сочетаться с расщелинами мягкого неба и верхней губы (в 50 % случаев), бывают полными и неполными, односторонними и двусторонними, локализуются в области бокового резца и клыка, реже — между центральными резцами, очень редко — по средней линии нижней челюсти. Односторонние расщелины обычно имеют колбообразную форму, двусторонние представлены в виде щелевидного просветления с ровными четкими контурами.

**Дизостоз** — нарушение развития костей как результат наследственного семейного заболевания костной системы. Важнейшими разновидностями являются ключично-черепной, черепно-лицевой и челюстно-лицевой дизостозы, гемифациальная микросомия и синдром Гольденхара.

У детей с ключично-черепным дизостозом имеет место гипоплазия лицевых костей, челюстей, главным образом верхней (верхне-челюстные пазухи недоразвиты), и покровных костей черепа в сочетании с полным или частичным недоразвитием одной либо обеих ключиц. Отмечаются незаращение или позднее заращение черепных швов или родничков, выпуклый лоб. Возникает ложное впечатление о наличии нижней макрогнатии (кажущееся увеличение нижней челюсти). *Наблюдаются нарушения формирования корней, задержка в прорезывании молочных и постоянных зубов, часто встречаются сверхкомплектные зубы.* Имеют место нарушения в



**Рис. III.316.** Панорамная рентгенограмма верхней челюсти. Двусторонняя расщелина альвеолярного отростка и твердого неба.

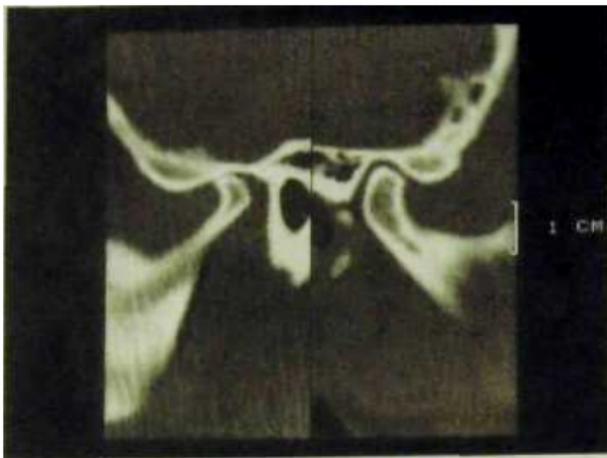


Рис. Ш.317. Компьютерная томограмма височно-нижнечелюстных суставов (рот закрыт). Гипоплазия головки и шейки мышелкового отростка справа, уплощение суставной ямки.

формировании костей таза, укорочение пальцев рук, удлинение пястных костей.

**Черепно-лицевой дизостоз** — недоразвитие костей черепа, мозга, верхней челюсти, носовых костей, выраженная нижняя макрогнатия. У больных отмечаются преждевременное закрытие черепных швов, экзофтальм, косоглазие, нистагм, нарушение зрения.

В рентгенологической картине челюстно-лицевого дизостоза (синдром Франческетти) основным симптомом является двустороннее недоразвитие скуловых костей и скуловых дуг.

Нарушения костей и мягких тканей на правой и левой стороне могут быть выражены неодинаково. Большой рот (макростомия) придает лицу своеобразие — «рыбье» или «птичье» лицо, широко расположенные глазные щели, нарушения развития зубов, деформация ушных раковин, иногда нарушения со стороны среднего и внутреннего уха с глухотой по звукопроводящему типу. Изменения со стороны челюстно-лицевой области сочетаются с аномалиями грудной клетки и позвоночника (сверхкомплектные позвонки, блок верхних шейных позвонков). Отмечается наследование по доминантному типу.

Врожденные пороки развития первой и второй жаберных дуг проявляются в виде **синдромов гемифациальной микросомии** и **Гольдеихара**. Изменения односторонние и проявляются гипоплазией мышелкового отростка (рис. Ш.317) или мышелкового и венечного отростков нижней челюсти, скуловой кости и дуги, верхней челюсти и височной кости. Отмечено, что порок развития нижней челюсти является своеобразным индикатором, указывающим на изменения в других костях черепа. У таких детей обнаруживают также аномалии развития позвоночника и мочевыводящих путей.

При подозрении на врожденные изменения, связанные с пороками развития первой и второй жаберных дуг, достаточно информативны ортопантограммы и рентгенограммы в подбородочно-носовой проекции. При планировании реконструктивных операций необходимо выполнить краниометрию с использованием телерентгенограмм. *У детей с болезнью Дауна первые молочные зубы появляются лишь к 4—5 годам, иногда остаются в зубном ряду до 14—15 лет.*

У детей, у которых **снижена функция щитовидной железы**, отмечаются задержка прорезывания молочных и постоянных зубов, множественный кариес зубов, недоразвитие челюстей.

**При недостаточной деятельности передней доли гипофиза** корни молочных зубов иногда не рассасываются и сохраняются на всю жизнь, постоянные зубы не имеют тенденции к прорезыванию. Удаление молочных зубов в этих случаях не показано, так как нельзя быть уверенным в прорезывании постоянных. Встречается первичная адентия.

**Гиперфункция гипофиза** в раннем возрасте вызывает усиление роста корней при нормальной величине коронок, образуются диастемы и тремы, отмечаются сокращение сроков прорезывания и выпадения временных зубов, гиперцементоз у верхушек корней. Возникает необходимость в смене съёмных и несъёмных протезов.

**Посттравматические деформации и деформации, обусловленные остеомиелитом**, вызывают одностороннее нарушение смыкания зубов. У детей и подростков травмы мышечкового отростка и сустава могут приводить к развитию артрита с нарушением развития соответствующей половины нижней челюсти на стороне поражения (микрोगнатии), у взрослых — к артрозу.

## **12.4. Рентгенодиагностика кариеса, пульпита, периодонтита, заболеваний пародонта**

### **12.4.1. Рентгенодиагностика кариеса**

Кариес — патологический процесс, проявляющийся деминерализацией и прогрессирующим разрушением твердых тканей зуба с образованием дефекта. Это наиболее распространенное заболевание зубов: поражаемость населения кариесом достигает 100 %. На прорезывающихся зубах в зависимости от локализации различают кариес фиссурный, пришеечный, на контактных (апроксимальных), вестибулярной и язычной поверхностях. *Умоляров кариес чаще развивается на жевательной поверхности, у резцов, клыков и премоляров — на контактных поверхностях* (рис. III.318—III.322).

В зависимости от глубины поражения различают стадию пятна (кариозное пятно), поверхностный, средний и глубокий кариес. При простом или неосложненном кариесе изменения в пульпе отсутствуют. Осложненный кариес сопровождается развитием воспаления в пульпе (пульпит) и периодонте (периодонтит).

Кариесом могут быть поражены отдельные зубы, несколько зубов (множественный кариес) или почти все зубы (системное поражение). Множественный кариес может проявляться в виде так называемого циркулярного и поверхностного, распространяющегося преимущественно по по-



**Рис. III.318.** Радиовизиограмма (компьютерная дентальная рентгенограмма). Глубокий кариес коронки 7, иглы в корневых каналах.

верхности. При клиническом исследовании не удастся диагностировать маленькие кариозные полости и кариозные поражения, недоступные для непосредственного осмотра. Лишь сочетание клинического и рентгенологического исследований обеспечивает выявление всех кариозных полостей.

Цели рентгенологического исследования при кариесе: 1) выявление кариозной полости и определение ее размеров, включая глубину; 2) установление взаимоотношений ее с полостью зуба; 3) оценка состояния периодонта; 4) диагностика вторичного кариеса под пломбами и коронками; 5) контроль правильности формирования полости; 6) оценка наложения лечебной прокладки и ее прилегания к стенкам; 7) обнаружение нависающих или сливающихся пломб.

Рентгенологически распознаются лишь кариозные поражения, при которых твердые ткани зуба теряют не менее  $\frac{1}{3}$  минерального состава. Рентгенологическая картина кариозной полости зависит от ее размеров и локализации.

Форма и контуры кариозных полостей вариабельны, что обусловлено особенностями распространения кариозного процесса. При проецировании кариозного дефекта на неизмененную ткань зуба (кариес на вестибулярной, язычной и жевательной поверхностях) он представлен в виде участка просветления округлой, овальной, неправильной или линейной формы. Краеобразующие кариозные полости (располагающиеся в апроксимальных, пришеечных областях и по режущему краю резцов и клыков), выходящие на контур, изменяют форму коронки.

Четкость или нечеткость контуров полости определяется особенностями течения кариозного процесса. На контактных поверхностях кариозные полости выявляются особенно отчетливо и на определенных этапах развития по форме напоминают букву V, вершина которой обращена к эмалево-дентинной границе.

Возникают сложности отличительного распознавания небольших пришеечных кариозных полостей от варианта анатомического строения, когда наблюдаются углубления, обусловленные отсутствием эмали на этих участках. Зондирование гингивального кармана позволяет преодолеть возникшие затруднения.

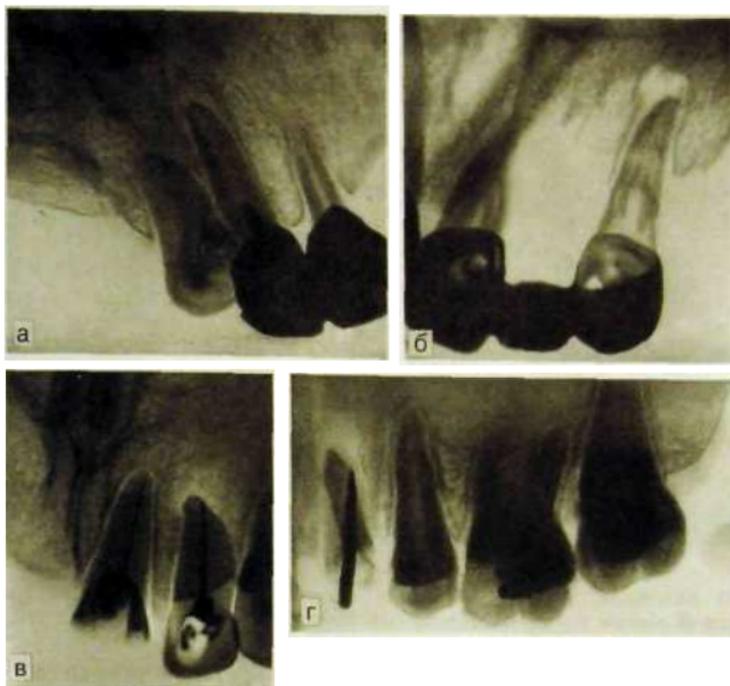


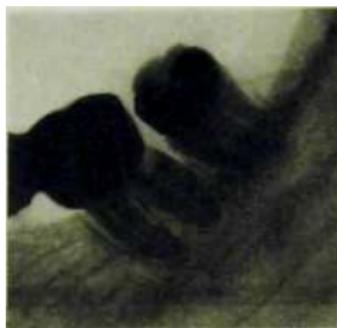
Рис. III.319. Внутриротовые контактные рентгенограммы.

а — хронический фиброзный периодонтит **3**, канал запломбирован на  $\frac{1}{3}$ ; б — глубокий кариес под коронкой, хронический гранулематозный периодонтит **5**; в — глубокий кариес коронки **1**, гранулематозный периодонтит **2**. Каналы **12** запломбированы до верхушки; г — хронический гранулирующий периодонтит, перфорация корня **4**, кариес коронки **6**.

Небольшие кариозные полости на жевательной, вестибулярной или язычной поверхности зуба перекрываются неизменными твердыми тканями зуба и не находят отражения на рентгенограмме.

Кариозные полости хорошо распознаются клинически, и к рентгенологическому исследованию в большинстве случаев прибегают для диагностики скрытых кариозных полостей, недоступных для визуального осмотра и инструментального исследования. К ним относятся кариозные полости на корне, под пломбами (вторичный кариес), коронками и на контактных поверхностях (см. рис. III.321).

Рентгенологическое исследование в большинстве случаев дает возможность оценить глубину распространения кариозного процесса. Стадия пятна рентгенологически не определяется. При поверхностном кариесе, особенно в тех случаях, когда полость краеобразующая, виден дефект в пределах эмали. При среднем и глубоком кариесе в процесс в той или иной



**Рис. III.321.** Внутриворотная контактная рентгенограмма. Кариес под коронкой [6].



**Рис. III.320.** Радиовизиограмма. Глубокий пришеечный кариес, гранулемы у корней [6].

степени вовлекается дентин. Ввиду более медленного распространения процесса в эмали на рентгенограмме иногда определяется несоответствие между размерами полости в эмали и дентине.

Трудности, возникающие при определении взаимоотношений между кариозной полостью и полостью зуба, обусловлены расположением, глубиной кариозного очага и особенностями проекции. На рентгенограммах, выполненных с соблюдением «правила биссектрисы», полость зуба по высоте проекционно уменьшена. При среднем кариесе деформация и уменьшение полости зуба происходят также вследствие отложения вторичного дентина. Кариозный очаг на вестибулярной и язычной поверхностях зуба иногда проецируется на полость зуба. При расположении кариозной полости на жевательных и контактных поверхностях рентгенологическое исследование дает возможность достаточно четко оценить толщину слоя дентина, отделяющего кариозный очаг от полости зуба.

Вторичный кариес под пломбой представлен в виде дефекта тех или иных размеров, между пломбой и дентином появляется полоса просветления. Аналогичная картина имеет место при пломбировании с использованием прокладок, не поглощающих рентгеновские лучи. Неровные, нечеткие, подрытые контуры полости свидетельствуют о вторичном кариесе. В диагностике может помочь сравнение с рентгенограммой, выполненной до пломбирования.

Рентгенологическое исследование позволяет оценить, как сформирована полость, качество пломбирования, прилегание пломбировочного материала к стенкам, нависание пломбы между зубами и в десневом кармане.

Пломбы из амальгамы и фосфатсодержащих пломбировочных материалов определяются в виде высокоинтенсивной тени на фоне тканей

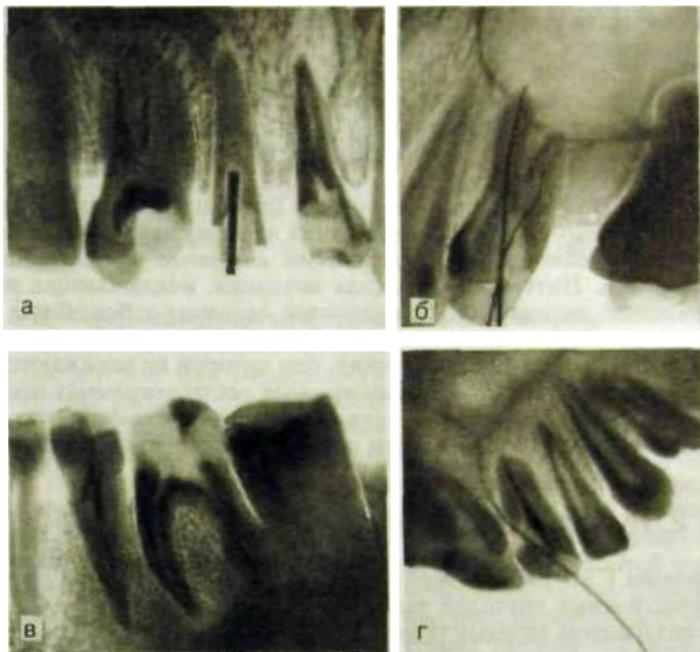


Рис. III.322. Внутриротовые контактные рентгенограммы.

а — глубокий кариес коронки [654], гранулемы у корней [54], штифт в устье канала [5]; б — корневые иглы в каналах [6], низко расположенная верхнечелюстная пазуха; в — глубокий кариес коронки [6], гранулема у переднего корня; г — глубокий пришеечный кариес коронки [1], хронический фиброзный периодонтит, ложный ход с корневой иглой.

зуба. Пломбы из силикатоцемента, эпоксидного материала и пластмасс рентгенонегативны, поэтому на снимке видна препарированная полость и прилегающая к стенкам линейная тень прокладки.

У детей кариес встречается даже в стадии прорезывания зубов. Наиболее высокая частота его развития отмечается в возрасте 7—8 лет и после 13 лет. На молочных зубах кариес поражает преимущественно контактные поверхности, характеризуется быстрым прогрессированием процесса и осложнениями в виде пульпита и периодонтита.

Множественный кариес молочных зубов, обусловленный обменными нарушениями, иногда локализуется симметрично на одноименных зубах. Изменения твердых тканей зуба возникают также при некариозных поражениях: гипоплазии, флюорозе, клиновидных дефектах, патологической стираемости.

**Клиновидный дефект** располагается на вестибулярной поверхности коронки в области шеек. На рентгенограмме определяется в виде полосок просветления в пришеечной области, идущих параллельно режущему краю.

**Патологическая стираемость** может быть обусловлена вредными привычками (удерживание во рту инородных предметов — гвоздей, мундштука трубки). При стирании может образовываться заместительный дентин, вызывающий уменьшение высоты полости зуба. В области верхушек зубов происходит напластование вторичного цемента (картина гиперцементоза).

**Пятнистые дефекты при флюорозе**, как правило, не находят отражения на рентгенограммах.

Распространенная в стоматологической практике методика рентгенологического исследования с центрацией лучей на верхушку зуба в связи с возникающими проекционными искажениями наименее эффективна в диагностике кариеса. Интерпроксимальная методика, исключая проекционное наложение контактных поверхностей соседних зубов, более эффективна. Будущее в этом плане за рентгенографией параллельным пучком лучей с большого фокусного расстояния, при которой не искажаются размеры и форма коронки. На прямых панорамных рентгенограммах происходит наложение коронок премоляров и моляров, на ортопантомограммах этого не происходит, но возникают сложности при оценке состояния передних зубов.

## 12.4.2. Лучевые поражения зубов

По данным Г.М. Барера, через 4 мес после дистанционной гамма-терапии злокачественных опухолей челюстно-лицевой области в 58,4 % случаев отмечено разрушение твердых тканей зубов, включенных в объем облучения. Появляются пришеечные и множественные очаги разрушения коронки, происходит интенсивное стирание режущих и жевательных поверхностей. Отмечается более высокая частота поражения нижних резцов и клыков. Особенности клинического проявления и характер течения позволяют выделить лучевые поражения зубов как самостоятельную нозологическую единицу.

Среди этиологических факторов отмечается влияние гипосаливации, изменений в кристаллической решетке, денатурации и деминерализации эмали, дентина и цемента.

## 12.4.3. Рентгенодиагностика заболеваний пульпы

Воспалительный процесс в пульпе обычно не вызывает изменений твердых тканей, ограничивающих полость зуба и корневые каналы, и не имеет прямых рентгенологических признаков.

Косвенным признаком пульпита является определяемая на рентгенограмме глубокая кариозная полость, сообщающаяся с полостью зуба. Однако окончательный диагноз пульпита устанавливают лишь на основании комплекса клинических данных, результатов зондирования и определения электровозбудимости пульпы.

Дистрофические процессы в пульпе могут приводить к образованию дентиклей, располагающихся у стенок полости зуба и корневого канала (пристеночные дентикли) или свободно в пульпе (свободные дентикли). *На рентгенограмме дентикли определяются в виде округлых единичных или множественных плотных теней на фоне полости зуба или корневого канала.*

Иногда возникают боли невралгического характера вследствие ущемления нервных волокон пульпы дентиклями. В этих случаях диагноз устанавливается лишь после выполнения рентгенологического исследования.

При хроническом гранулематозном пульпите может развиваться «внутренняя гранулема», вызывающая разрушение зуба, прилежащего к полости дентина. Данное поражение чаще встречается на передних зубах. На рентгенограмме определяется четко контурированное просветление округлой формы, проецирующееся на полость зуба. Возникают трудности при отличительном распознавании с кариесом на язычной или щечной поверхности зуба. Внутренняя гранулема может осложниться патологическим переломом зуба.

#### 12.4.4. Рентгенодиагностика периодонтита

С целью диагностики периодонтитов широко применяют внутриворотные контактные рентгенограммы, выполняемые по правилам изометрической проекции. Для оценки взаимоотношения корней с дном верхнечелюстной пазухи производят панорамные боковые рентгенограммы и ортопантомограммы, а в случае отсутствия специальной аппаратуры — разработанные нами внеротовые контактные рентгенограммы в косой проекции.

**Острый верхушечный периодонтит.** Несмотря на выраженную клиническую картину, незначительное расширение периодонтальной щели у верхушки корня, обусловленное воспалением периодонта, рентгенологически уловить, как правило, не удастся. Диагноз острого периодонтита устанавливают практически на основании клинических данных. Острый процесс, продолжающийся от 2—3 дней до 2 нед, может перейти в хронический.

**Хронический гранулирующий периодонтит.** Морфологический процесс характеризуется разрастанием грануляционной ткани, вызывающей интенсивную резорбцию твердых тканей зуба (цемент, дентин), кортикальной пластинки стенки зубной альвеолы и губчатой костной ткани. На рентгенограмме нормальное изображение периодонтальной щели у верхушки пораженного корня отсутствует, разрушена компактная пластинка зубной альвеолы. У верхушки корня определяется очаг деструкции костной ткани неправильной формы с неровными нечеткими контурами (см. рис. III.319). В результате резорбции цемента и дентина поверхность корня, выходящая на контур, изъедена, иногда корень зуба становится короче.

**Хронический гранулема гозный периодонтит.** В зависимости от морфологических особенностей при гранулематозном периодонтите выделяют зубную гранулему, сложную зубную гранулему и кистогранулему. В сложной гранулеме наряду с грануляционной тканью происходит разрастание тяжелой эпителии, и она превращается в кистогранулему. В результате дистрофии и распада эпителии образуется полость, выстланная изнутри эпителием. На рентгенограмме у верхушки зуба определяется очаг просветления округлой или овальной формы с четкими ровными, иногда склерозированными контурами (см. рис. III.319, III.322). Кортикальная пластинка лунки в этой области разрушена. Иногда развивается гиперцементоз и верхушка приобретает булавовидную форму. Рентгенологически отличить простую гранулему от кистогранулемы не представляется возможным. Однако полагают, что при размерах очага деструкции более 1 см вероятнее наличие кистогранулемы.



**Рис. III.323.** Рентгенограмма тела и ветви нижней челюсти в боковой проекции. Участок склероза соответственно удаленному заднему корню.

**Хронический фиброзный периодонтит.** Эта разновидность периодонтита возникает как исход острого или других хронических форм периодонтита; может развиваться также при длительных травматических воздействиях на зуб. При этом в результате продуктивных реакций периодонт замещается грубоволокнистыми структурами рубиовой ткани; происходят утолщение периодонта, избыточное образование цемента (гиперцементоз) в области верхушки или по всей поверхности зуба.

На рентгенограмме у верхушки корня определяется расширение периодонтальной щели. Компактная пластинка зубной альвеолы сохранена, иногда склерозирована (см. рис. III.322). Корень у верхушки булавовидно утолщен вследствие гиперцементоза.

При проецировании некоторых анатомических образований на верхушку корня (резцовое и подбородочное отверстия, крупные костные ячейки) возникают сложности при отличительном распознавании. Целость замыкающей кортикальной пластинки лунки дает возможность исключить диагноз хронического гранулематозного и гранулирующего периодонтита. При рентгенографии с изменением хода центрального пучка лучей, как правило, анатомические образования на этих снимках проецируются отдельно от верхушки корня.

Хронически протекающие малоактивные воспалительные процессы могут вызывать избыточную продукцию костной ткани с образованием небольших очагов склероза. Чаще это наблюдается у корней нижних моляров. При анализе снимков возникают трудности при дифференциации этих очагов с маленькими остеомами или обломками корня (рис. III.323).

**Диагноз хронического периодонтита в стадии обострения** устанавливаются на основании клинических проявлений острого периодонтита и рентгенологической картины хронического периодонтита (гранулирующего или гранулематозного). Хронический фиброзный периодонтит в стадии обострения иногда расценивают как острый периодонтит.

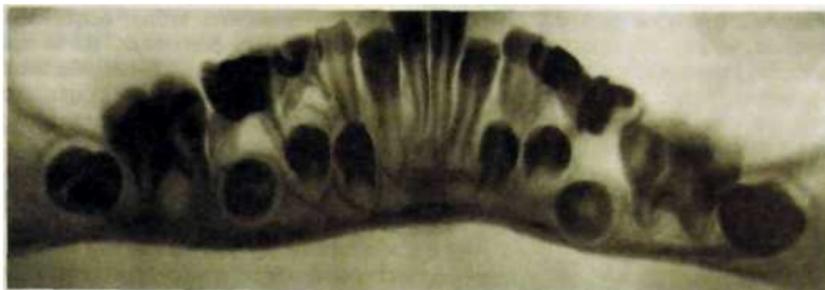


Рис. III.324. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Хронический гранулирующий периодонтит VI.

**Свищевой ход**, расположенный параллельно длинной оси корня, виден на рентгенограмме в виде узкой полосы просветления, идущей от апикального очага деструкции к альвеолярному краю челюсти. При другом направлении свищевой ход на снимке, как правило, не виден.

Повторные рентгенограммы чаще всего выполняют в процессе лечения с иглой для определения проходимости и в конце — для оценки качества пломбирования корневого канала. После механической и химической обработки корневых каналов в них вводят корневые иглы и выполняют рентгенограмму, позволяющую оценить проходимость канала (см. рис. III.318, III.322). На рентгенограмме определяются недостаточное раскрытие полости зуба, навесы, в частности над устьем корневого канала, истончение и перфорация стенок полости, корня, дна, наличие в канале обломка инструмента. Хорошо видны в каналах гуттаперчевые штифты. Для выявления перфорации выполняют рентгенограммы с введенной корневой иглой. Ложный ход лучше виден при его медиально-латеральном направлении, хуже — при щечно-язычном (см. рис. III.319). Косвенным признаком перфорации является деструкция прилежащей к нему кортикальной пластинки лунки.

Для определения изменений размеров периапикальных очагов после лечения необходимо выполнить повторные идентичные рентгенограммы, исключающие проекционные искажения. Идентичность снимков фронтальных зубов обеспечивается при выполнении прямых панорамных рентгенограмм с соблюдением стандартных условий исследования (положение больного и трубки в полости рта). Для исследования премоляров и моляров выполняются боковые панорамные рентгенограммы и ортопантограммы. Полное или частичное восстановление костной ткани у большинства больных происходит в течение первых 8—12 мес после лечения.

При неполноценном пломбировании корневого канала возможно обострение хронического периодонтита. В этих случаях рентгенограмма необходима для оценки степени пломбирования канала и характера пломбировочного материала.

**Рентгенодиагностика хронических периодонтитов у детей.** У маленьких детей даже средний кариес может осложниться хроническим периодонтитом. Встречается преимущественно первично-хронический гранулирующий периодонтит, локализующийся у моляров в области бифуркации (рис. III.324).

В связи с близким расположением зачатков постоянных зубов, особенно у моляров, может возникнуть ряд осложнений: 1) гибель фолликула из-за прорастания грануляционной ткани в ростковую зону; 2) нарушение обызвествления эмали вследствие проникновения инфекции в фолликул; 3) смещение зачатков постоянных зубов; 4) ускорение прорезывания постоянного зуба; 5) развитие фолликулярной кисты.

У детей с хроническими периодонтитами нижних моляров на панорамных рентгенограммах иногда выявляют оссифицированный периостит в виде линейной тени, параллельной корковому слою по нижнему краю.

У детей и подростков зону роста в области несформированной верхушки не следует путать с гранулемой. В ростковой зоне периодонтальная щель равномерной ширины, компактная пластинка лунки не нарушена, зуб имеет широкий корневого канал.

## 12.4.5. Рентгенодиагностика заболеваний пародонта

Комплекс околозубных тканей — пародонт включает круговую связку зуба, десну, костную ткань альвеолы и периодонт.

При исследовании пародонта предпочтение отдают панорамной томографии и интерпроксимальным снимкам. При соблюдении стандартных условий исследования методики обеспечивают выполнение идентичных снимков, необходимых, в частности, для оценки эффективности проводимых лечебных мероприятий. Информативны и панорамные рентгенограммы, выполнение которых, однако, связано с высокой лучевой нагрузкой.

Внутриротовые контактные рентгенограммы, произведенные с соблюдением правил изометрии, создают ложное представление о состоянии кортикальной замыкающей пластинки ввиду того, что щечные и язычные отделы их проецируются раздельно. Выполнение контактных рентгенограмм в динамике иногда приводит к неправильной оценке проведенных лечебных мероприятий.

Первые рентгенологические симптомы изменений межальвеолярных перегородок не являются ранними, поэтому рентгенологическое исследование не может быть доклиническим диагностическим мероприятием.

**Гингивит.** Изменений межзубных перегородок не отмечается. При язвенно-некротическом гингивите у детей и подростков на рентгенограмме определяются расширение краевых отделов периодонтальной щели и остеопороз вершин кортикальных пластинок межальвеолярных перегородок.

**Пародонтит.** При поражении пародонта в области одного или нескольких зубов диагностируют ограниченный, или локальный, пародонтит, при вовлечении пародонта всех зубов одной челюсти или обеих челюстей — диффузный пародонтит.

**Локальный пародонтит.** Локальный пародонтит характеризуется деструкцией межзубной перегородки той или иной степени выраженности. На рентгенограмме, как правило, видна и причина его возникновения: «нависающие» пломбы (рис. 111.325), неправильно изготовленные искусственные коронки, инородные тела, большие краевые карозные полости, поддесневые отложения. Глубина пародонтального кармана достигает 3–4 мм.

Основными симптомами **диффузного генерализованного пародонтита** являются остеопороз и снижение высоты межзубных перегородок. В зави-

симости от их выраженности рентгенологически различают следующие степени (стадии):

начальная — кортикальные замыкающие пластинки вершин межзубных перегородок отсутствуют, остеопороз межзубных перегородок без снижения высоты;

I — уменьшение высоты межзубных перегородок на  $\frac{1}{5}$  длины корня (рис. III.326);

II — высота межзубных перегородок уменьшена на  $\frac{1}{2}$  длины корня (рис. III.327);

III — высота межзубных перегородок уменьшена на  $\frac{2}{3}$  длины корня (рис. III.328).

Распространение воспаления на периодонт рентгенологически



Рис. III.325. Внутривитовая контактная рентгенограмма 765. Локальный пародонтит — нависающая пломба между 6 и 7 с остеопорозом и снижением высоты межзубной перегородки.



Рис. III.326. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Высота межзубных перегородок уменьшена на  $\frac{1}{3}$  длины корней (I степень); 5 вне дуги.

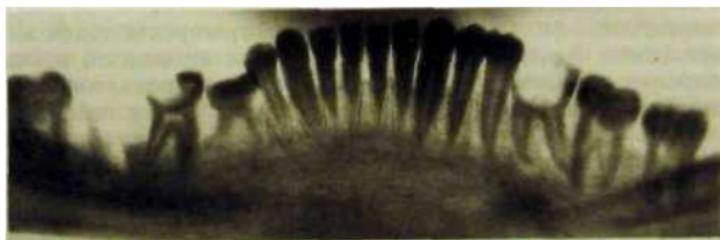


Рис. III.327. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Частичная алвеолит — в зубном ряду сохранился временный VI, глубокий кариес коронок 616, высота межзубных перегородок уменьшена на  $\frac{1}{2}$  длины корней (II степень).



Рис. Ш.328. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Межзубные перегородки практически отсутствуют (III степень), /7 наклонен кпереди, глубокий кариес коронок 717

проявляется в виде расширения периодонтальной щели в краевых отделах. При полной деструкции кортикальной пластинки лунки вокруг корня видна «изъеденная», с неровными контурами губчатая кость.

У разных групп зубов одного и того же больного отмечается уменьшение высоты всей межальвеолярной перегородки (горизонтальный тип) или деструкция перегородки у одного зуба, в то время как уменьшение ее высоты у соседнего зуба не столь значительно (вертикальный тип).

Выраженность деструктивных изменений в краевых отделах альвеолярных отростков и степень подвижности зубов не всегда сопоставимы. При этом имеет значение соотношение между размерами корня и коронки: зубы с длинными корнями и многокорневые зубы с расходящимися корнями дольше сохраняют устойчивость даже при выраженных костных изменениях.

Повторно выполненные рентгенограммы позволяют судить об активности течения или стабилизации процесса. Появление четкости контуров краевых отделов альвеолярных отростков, стабилизация остеопороза или нормализация рентгенологической картины свидетельствуют о благоприятном течении процесса.

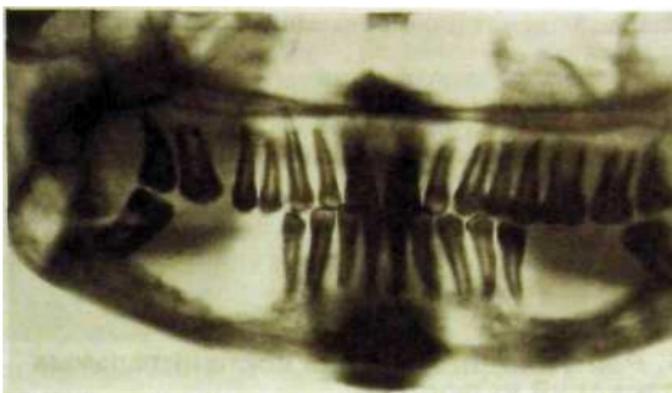
У больных диабетом изменения в краевых отделах аналогичны наблюдаемым при пародонтите.

**Пародонтоз.** При пародонтозе происходит склеротическая перестройка костного рисунка — костномозговые пространства становятся меньше, отдельные костные балки утолщены, рисунок приобретает мелкопетлистый характер. У лиц пожилого возраста аналогичная перестройка наблюдается и в других отделах скелета.

Степень уменьшения высоты межзубных перегородок такая же, как и при пародонтите. В случае присоединения воспалительного процесса на рентгенограмме выявляют признаки пародонтита и пародонтоза.

**Пародонтолиз** развивается при редко встречающемся генетически наследуемом заболевании — кератодермии (синдром Папийона—Лефевра). Прогрессирующее рассасывание краевых отделов альвеолярного отростка приводит к потере зубов. Заболевание начинается в период прорезывания молочных зубов, вызывая их выпадение. Временная стабилизация сменяется прогрессирующим остеолитом альвеолярного отростка при прорезывании постоянных зубов.

**Гистиоцитозы X.** Из трех разновидностей гистиоцитозов (эозинофильная гранулема, или болезнь Таратынова, **болезнь Хенда—Шюллера—Крис-**



**Рис. III.329.** Ортопантомограмма. Деструкция альвеолярной части нижней челюсти соответственно отсутствующим **765|67**. Эозинофильная гранулема (гистологическая верификация).



**Рис. III.330.** Панорамная рентгенограмма верхней челюсти. Деструкция альвеолярного отростка практически на всем протяжении — эозинофильная гранулема (гистологическая верификация).

чена и болезнь Леттерера—Сиве) наиболее часто встречается эозинофильная гранулема. Этиология этих заболеваний до сих пор неизвестна. Полагают, что они представляют собой различные формы одного и того же процесса. Морфологическим субстратом являются специфические гранулемы, вызывающие деструкцию вовлеченных в процесс отделов костей. Заболевание протекает безболезненно, иногда с повышением температуры тела. При поражении челюстей рентгенологическая картина иногда напоминает такую при пародонтите.

**Эозинофильная гранулема** чаще всего развивается у детей и юношей (в возрасте до 20 лет), мужчины болеют в 6 раз чаще. Поражаются преимущественно плоские (череп, таз, ребра, позвонки, челюсти) и бедренные кости. Гистологически выявляются внутрикостные пролифераты (гранулемы) из гистиоцитарных, плазмоцитарных клеток и эозинофилов. В более поздних стадиях происходят ксантомные изменения с накоплением холестерина и кристаллов Шарко—Лейдена в цитоплазме. В зоне бывших очагов деструк-

ии при благоприятном течении заболевания формируется рубцовая ткань, а иногда и кость.

При эозинофильной гранулеме, как правило, обнаруживают изменения не только в челюстях, но и в плоских костях свода черепа — округлые, четкие как бы выбитые пробойником дефекты. В челюстях гранулемы часто занимают краевое положение, вовлекая в патологический процесс верхний и нижний альвеолярные отростки — зубы, лишенные костной структуры, как бы висят в воздухе («плавающие зубы») (рис. III.329, III.330). После выпадения зубов лунки длительное время не заживают. У детей гранулемы, расположенные рядом с надкостницей, могут вызывать картину оссифицирующего периостита.

## 12.5. Рентгенодиагностика воспалительных заболеваний челюстей

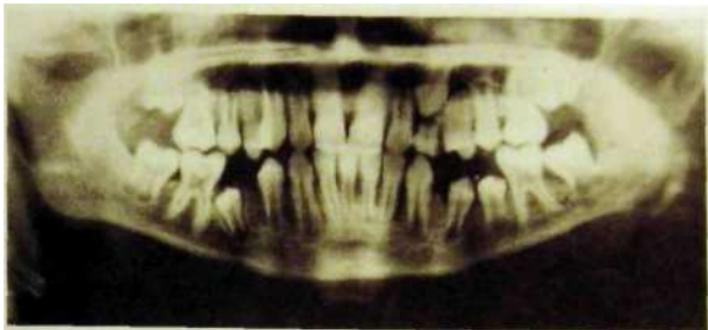
Воспалительные заболевания челюстей чаще наблюдаются у детей 5—10 лет и больных в возрасте 20—40 лет. Наиболее часто встречающиеся одонтогенные остеомиелиты возникают преимущественно в нижней челюсти (до 93 % всех случаев); у 35—55 % всех больных остеомиелитом поражаются челюсти.

Инфицирование кости происходит из околоворхушечных очагов при острых и обострении хронических периодонтитов, реже — из краевых отделов при пародонтите и нагноении радикулярных кист. Остеомиелит может развиться и при инфицировании лунки после удаления зуба.

В зависимости от состояния реактивности организма и патогенности микрофлоры в воспалительный процесс вовлекается небольшой участок костной ткани в пределах 3—4 зубов или большие отделы кости — половина челюсти или вся челюсть (диффузный остеомиелит).

Несмотря на то что гнойное расплавление начинается уже на 3—4-е сутки от начала заболевания, *первые рентгенологические признаки при остром остеомиелите проявляются лишь через 10—14 дней*. У верхушки «виновного» зуба определяется картина хронического периодонтита. Наиболее ранними (на 2—3-й день) косвенными рентгенологическими признаками могут быть утолщение и деформация околочелюстных мягких тканей, хорошо видимых на электрорентгенограммах. На рентгенограмме определяются очаги разрежения костной ткани округлой или овальной формы с неровными контурами, на отдельных участках сливающиеся друг с другом, и неасимметрированный линейный периостит.

После самопроизвольного отделения гноя наступает подострый период течения остеомиелита, характеризующийся нарастанием деструктивного процесса. Продолжительность этого периода 10—12 дней, при диффузных остеомиелитах — до 3 нед. Некроз кости вызывает нарушение ее кровоснабжения вследствие тромбоза сосудов и воздействие токсичных веществ. Образующаяся из неостеогенной стромы костного мозга грануляционная ткань участвует в отторжении некротизированных участков кости — образовании секвестров. После отторжения секвестр оказывается лежащим в полости гнойника. *На рентгенограмме секвестр имеет вид более плотной тени, иногда с неровными, «изъеденными» контурами, на фоне очага разрежения* (рис. III.331 — III.333). Своевременное обнаружение секвестров — важ-



**Рис. III.331.** Ортопантомограмма. Хронический остеомиелит в области угла нижней челюсти слева с образованием коркового секвестра.



**Рис. III.332.** Рентгенограмма лицевого черепа в лобно-носовой проекции. Хронический остеомиелит ветви нижней челюсти справа с образованием корковых секвестров.

ная диагностическая задача, от решения которой зависят показания к операции и успех лечения остеомиелита, поскольку наличие секвестров препятствует заживлению. Операцию — секвестрэктомия — осуществляют при полном отторжении секвестра.



**Рис. III.333.** Ортопантограмма. Хронический остеомиелит тела нижней челюсти справа в области отсутствующих моляров с образованием множества мелких секвестров; неассимилированные периостальные наслоения по нижнему краю.

Длительность хронического остеомиелита от 1 мес до нескольких лет, в течение которых продолжается демаркация (отделение) мертвых участков кости, отторжение секвестров, образование свищей. У молодых больных отторжение губчатых секвестров, расположенных в области альвеолярной части, происходит через 3—4 нед, кортикальных — через 6—7 нед. Нарастает деформация челюсти вследствие ассимиляции периостальных наслоений.

Обнаружение *секвестров* на рентгенограмме иногда представляет собой довольно сложную задачу. Распознавание упрощается при образовании вокруг секвестра демаркационного вала из грануляционной ткани, определяемой в виде полосы просветления вокруг более интенсивной тени секвестра. Обнаружение дополнительной тени, выходящей за пределы челюсти в мягкие ткани, изменение положения подозрительного участка на повторных идентичных рентгенограммах несомненно свидетельствуют о наличии секвестра.

При остеомиелите лунки удаленного зуба процесс начинается с фрагментации кортикальной замыкательной пластинки, затем происходит деструкция межкорневой перегородки, размеры лунки увеличиваются, видны кортикальные секвестры.

При несвоевременном вскрытии околочелюстных абсцессов и флегмон возникает контактный остеомиелит с образованием кортикальных секвестров. После секвестрации остаются значительные дефекты кости (рис. III.334).

Выраженные деструктивные изменения и формирование крупных секвестров могут привести к возникновению патологического перелома (рис. III.335). При неправильном и несвоевременном лечении, особенно у пожилых больных, у которых снижены репаративные процессы, может образоваться ложный сустав с патологической подвижностью. У стариков нередко наблюдаются атипично протекающие **хронические остеомиелиты с преобладанием продуктивной реакции (гиперпластические, гиперостозные)**, поражающие преимущественно нижнюю челюсть. На рентгенограмме определяются ассимилированные периостальные наслоения с утолщением коркового слоя, очаги выраженного остеосклероза, облитерация костномозговых



**Рис. III.334.** Рентгенограмма лицевого черепа в лобно-носовой проекции. Дефект по краю нижней челюсти слева после удаления секвестров.



**Рис. III.335.** Рентгенограмма левой половины нижней челюсти в боковой проекции. Лучевой остеомиелит переднего отдела нижней челюсти с патологическим переломом и множественными секвестрами. Кариес коронки .

пространств. Образования секвестров не происходит, возникают свищевые ходы.

**Травматический остеомиелит** как осложнение переломов челюстей развивается в 3—25 % случаев. На частоту его возникновения влияют тяжесть повреждения, наличие открытого перелома, сроки обращения за врачебной помощью и недостаточная иммобилизация отломков челюсти. Длительно сохраняющийся отек мягких тканей в области перелома затрудняет своевременное выявление начинающегося нагноения костной раны.

Первые рентгенологические признаки травматического остеомиелита: нарастание пятнистого остеопороза, нечеткость и неровность краевых отделов отломков, увеличение ширины линии перелома, смещение отломков из-за нарушения формирования соединительнотканной мозоли, отмечают через 8—10 дней после появления клинических симптомов заболевания.

При некротизации мелких осколков и краевых отделов костных отломков на рентгенограммах отображаются секвестры в виде более плотных теней. На повторных рентгенограммах осколки меняются мало, может появляться нежная тень по контуру за счет эндостального костеобразования. Тень секвестров в течение 2—3 нед становится более интенсивной. О некротизации осколка свидетельствует также его смещение при анализе идентичных повторных рентгенограмм. Небольшие секвестры и осколки могут рассасываться на протяжении 2—3 мес. В связи с особенностями кровоснабжения даже мелкие осколки в средней зоне лица сохраняют свою жизнеспособность.

Склеротические изменения при травматическом остеомиелите встречаются редко. Периостальная реакция в виде линейного отслоенного периостита видна лишь по нижнему краю тела и по заднему краю ветви нижней челюсти.

При остеомиелите может быть поражена не вся поверхность отломков, а лишь ограниченные участки (зона проволочного шва, область альвеолярного края). При хроническом течении процесса в других отделах происходит заживление перелома с формированием костной мозоли. В этих случаях иногда лишь рентгенологическое исследование позволяет заподозрить наличие осложнения.

При вовлечении в процесс слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи течение остеомиелита осложняется **одонтогенным гайморитом**. Воспалительный процесс локализуется преимущественно в тканях вокруг корня «причинного» зуба, при этом поражается лишь слизистая оболочка нижних отделов пазухи. В этих случаях рентгенологическое исследование играет основную роль в распознавании заболевания. Обзорные подбородочно-носовые рентгенограммы в большинстве случаев не разрешают диагностических затруднений. Иногда при рентгенографии в вертикальном положении виден горизонтальный уровень жидкости, если не нарушен отток из пазухи. Более информативны панорамные боковые рентгенограммы и томограммы, а также зонограммы в лобно-носовой проекции. На снимках определяется неравномерное утолщение всей слизистой оболочки или только в зоне нижней стенки.

Введение в пазуху рентгеноконтрастного вещества (гайморография) не обеспечивает получения необходимой информации о состоянии слизистой оболочки.

**Остеомиелит челюстей у детей.** У *М* детей остеомиелит возникает в области молочных моляров и первых постоянных моляров на верхней и ниж-



Рис. III.336. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Хронический гиперпластический остеомиелит тела нижней челюсти слева с выраженными ассимилированными периостальными наслоениями. Глубокий кариес коронки, хронический гранулирующий периодонтит у переднего корня [7].



Рис. III.337. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Хронический гиперпластический остеомиелит тела нижней челюсти слева с выраженными периостальными наслоениями, вызвавшими деформацию челюсти. Глубокий кариес коронки [6], хронический гранулематозный периодонтит.

ней челюстях. Особенности анатомического строения костей с их недостаточной минерализацией обуславливают диффузное течение воспалительного процесса у детей. На рентгенограммах в острый период в первые дни заболевания, несмотря на выраженную клиническую картину, выявляются лишь очаги деструкции костной ткани в зоне бифуркации молочных моляров (картина хронического гранулирующего периодонтита). Уже в конце 1-й недели могут появляться очаги разрежения костной ткани, линейные периостальные наслоения и мягкотканная тень.

При хроническом течении остеомиелита секвестрации подвергаются и зачатки постоянных зубов, исчезает изображение замыкающей кортикальной пластинки фолликула, нарушается формирование зуба; в поздних стадиях отмечаются нечеткость контуров зачатка и его смещение.

При гиперпластической форме остеомиелита возникает деформация челюсти за счет выраженных периостальных наслоений (рис. III.336, III.337). Для получения представления о состоянии губчатого вещества необходимо провести томографию, которая позволяет выявить участки разрежения костной ткани, не содержащие секвестров. Возникают сложности при дифферен-

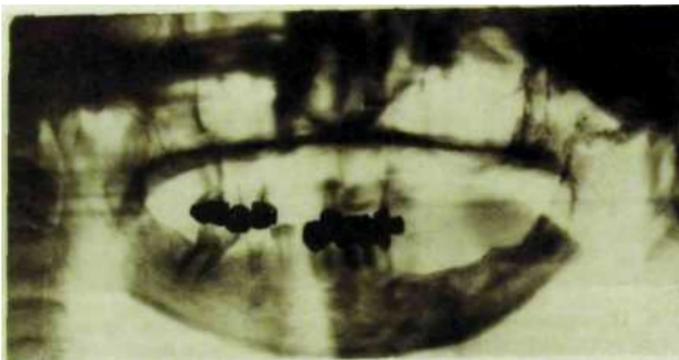


Рис. Ш.338. Ортопантомограмма (возраст больной 24 года). Деформация и остеопороз тела и ветви нижней челюсти слева (состояние после лучевой терапии по поводу ретикулосаркомы ротоглотки в 17-летнем возрасте). Тризм.

иальной диагностике заболевания с опухолями, в частности с остеогенной саркомой, которые иногда удается преодолеть лишь благодаря гистологическому исследованию. Следует отметить, что в отличие от остеогенных сарком при остеомиелите периостальные наслоения имеют линейный характер.

**Гематогенный остеомиелит** возникает у новорожденных и в раннем детском возрасте как осложнение пиодермии, пузырчатки, пупочного сепсиса, пневмонии, мастита у матери, менингита, медиастинита. При гематогенном остеомиелите поражаются зоны активного роста костей: на нижней челюсти — мышелковый отросток с тенденцией к вовлечению сустава в патологический процесс, на верхней — край глазницы, альвеолярный отросток, область зубных зачатков. На 6—7-й день от начала заболевания на рентгенограмме определяются нечеткость, смазанность костного рисунка. Очаги разрежения округлой и овальной формы на отдельных участках сливаются. Для гематогенного остеомиелита характерно вовлечение в процесс значительных отделов кости. На 3—4-й неделе становятся видимыми губчатые и корковые секвестры. Выявление периостальных наслоений вдоль наружной поверхности, заднего края и параллельно основанию челюсти свидетельствуют о хроническом течении заболевания.

**Радиационные повреждения челюстей.** Широкое применение лучевой терапии при лечении злокачественных опухолей челюстно-лицевой области и большие лучевые нагрузки на верхнюю и нижнюю челюсти при проведении радикального курса лучевой терапии обуславливают сравнительно высокую частоту их лучевых повреждений.

Первым клиническим симптомом развивающегося остеомиелита являются боли. Позже появляются остеопороз, участки деструкции, губчатые и корковые секвестры, могут возникать патологические переломы. Лучевой остеомиелит характеризуется длительным торпидным течением, отделение секвестров происходит лишь через 3—4 мес. Характерной особенностью рентгенологической картины является отсутствие реакции надкостницы.

Облучение ростковых зон в детском и юношеском возрасте вызывает остановку роста соответствующих отделов (рис. Ш.338).

## 12.6. Рентгенодиагностика травматических повреждений челюстей и зубов

При травматических повреждениях челюстно-лицевой области обязательно проводят рентгенологическое исследование. В тех случаях, когда клинический диагноз перелома не вызывает сомнений, рентгенограмму выполняют не только с целью документации, но также для получения дополнительной ценной информации о характере и локализации перелома, числе, положении и смещении отломков и осколков, состоянии корней зубов и лунок. На повторных рентгенограммах, произведенных после репозиции, оценивают правильность сопоставления отломков и динамику течения перелома (снимки нижней челюсти выполняют через 2 нед и 2—3 мес, средней зоны лица — через 3—4 нед после репозиции).

На долю переломов челюстей приходится около 2 % всех переломов костей скелета, причем преобладают переломы нижней челюсти, которые нередко сочетаются с повреждениями других костей лицевого черепа.

**Рентгенологические признаки перелома.** В зависимости от механизма воздействия различают прямые (возникающие в месте приложения силы) и непрямые, или отраженные (возникающие на отдалении от места воздействия), переломы.

Перелом может быть одиночным (рис. 111.339) и множественным (перелом кости в нескольких местах; рис. III.340).

С учетом хода плоскости перелома по отношению к длиннику кости выделяют поперечные, продольные и косые переломы.

В зависимости от взаимоотношения линии перелома с височно-нижнечелюстным суставом возможны вне- и внутрисуставные переломы. В связи с вариабельностью уровня прикрепления капсулы некоторые переломы шейки мыщелкового отростка являются внутрисуставными. Хуже всех выявляются переломы мыщелкового отростка.

Основными рентгенологическими признаками перелома являются нарушения целостности кости и смещение отломков, свидетельствующее о полном переломе кости (рис. III.341, 111.342).

При поднадкостничных неполных переломах (трещины) смещения отломков не происходит. Смещение обусловлено действующей силой и сокращением прикрепляющихся к отломкам мышц. Переломы с повреждением кожных покровов, разрывом слизистых оболочек, проходящие через кортикальную пластинку лунок, верхнечелюстную пазуху и полость носа относят к открытым. Воспалительные изменения пародонта и периапикальных тканей зубов, расположенных на линии перелома, могут быть причиной возникновения травматического остеомиелита.

Смещение отломков, обнаруженное на рентгенограмме, — патогномичный признак перелома, исключающий необходимость отличительного распознавания (см. рис. 111.341, III.342). Для выявления смещения отломков необходимо выполнить рентгенограммы по крайней мере в двух взаимно перпендикулярных проекциях.

При клинической картине, подозрительной на наличие перелома, если на рентгенограммах перелом не диагностируется, через 2—3 дня выполня-



**Рис. Ш.339.** Ортопантомограмма. Косой открытый перелом в области переднего отдела нижней челюсти справа без смещения отломков проходит через лунки III. Уменьшение высоты межзубных перегородок на  $\frac{1}{3}$  длины корней (I степень).



**Рис. Ш.340.** Рентгенограмма лицевого черепа в лобно-носовой проекции. Двойной открытый перелом нижней челюсти в области угла слева и соответственно клыку справа. Межчелюстная бимаксиллярная фиксация.

Рис. III.341. Рентгенограмма переднего отдела нижней челюсти вприкус. Открытый перелом альвеолярной части в области 2|12 со смещением отломка.



Рис. III.342. Рентгенограмма левой половины нижней челюсти в боковой проекции. Поперечный перелом основания мышелкового отростка со смещением отломков.



ют повторные снимки. Вследствие остеопороза и резорбции костных балочек на концах отломков линия перелома становится более широкой и лучше определяется на рентгенограмме.

Вследствие нарушения целостности костных балок линия перелома определяется в виде полосы просветления с нечеткими контурами. Наиболее отчетливо линия перелома видна при нарушении целостности кортикальных отделов кости (кортикальных пластинок челюсти или лунки).

Изображение линии перелома на снимке меняется в зависимости от проекционных условий исследования. В случае прохождения центрального луча параллельно плоскости перелома на снимке видна полоса или линия разрежения костной ткани. *При переломе язычной и щечной кортикальных пластинок нижней челюсти на разных уровнях на снимке видны как бы две линии перелома, образующие овал и симулирующие оскольчатый перелом* (рис. III.343). Выполнение панорамных томограмм в этих случаях разрешает диагностические трудности.



Рис. III.343. Рентгенограмма левой половины нижней челюсти в боковой проекции. Открытый перелом в области угла нижней челюсти, проходящий через лунку **7**. Периаостальные наслоения в виде шипа по нижнему краю. Перелом язычной и щечной кортикальных пластинок произошел на разных уровнях, линия перелома имеет форму овала, симулируя оскольчатый перелом.

При продольном смещении с захождением отломков вследствие их суперпозиции зона перелома выглядит как полосовидный участок уплотнения. В сложных случаях диагностики переломов существенную помощь может оказать компьютерная томография (рис. 111.344).

### 12.6.1. Переломы нижней челюсти

Анатомические особенности строения нижней челюсти предопределяют излюбленную локализацию переломов: на уровне клыка, по средней линии (соответственно межчелюстному шву), в области угла и шейки мышелкового отростка (см. рис. 111.340).

Среди факторов, влияющих на смещение отломков (направление действующей силы, масса самого отломка), наибольшее значение имеет тяга мышц, прикрепляющихся к отломку.

Смещение с захождением отломков происходит при поперечных и косых переломах в области ветви челюсти, двойных переломах тела челюсти, переломах шейки мышелкового отростка. В 40 % случаев наблюдаются двойные, в 4,5–6 % — тройные переломы.

При травматических повреждениях нижней челюсти рекомендуется следующий подход к рентгенологическому исследованию: 1) всем больным выполняют прямую обзорную лобно-носовую рентгенограмму, дающую возможность выявить множественные переломы других костей (скуловых дуг, покровных костей черепа), некоторые из которых клинически выраже-

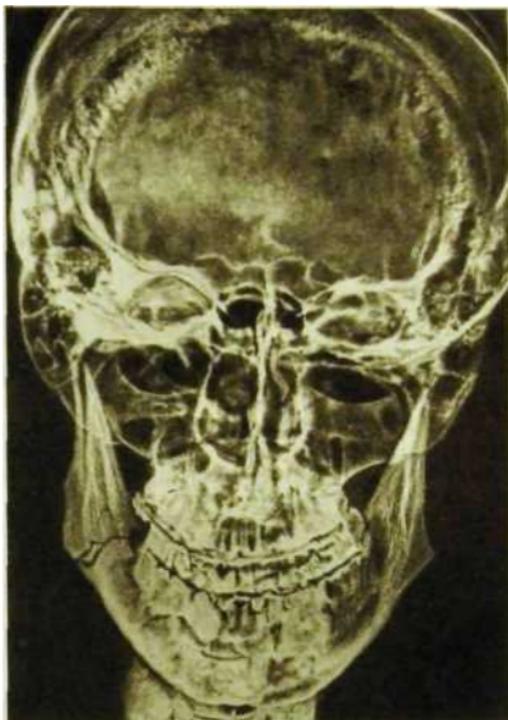
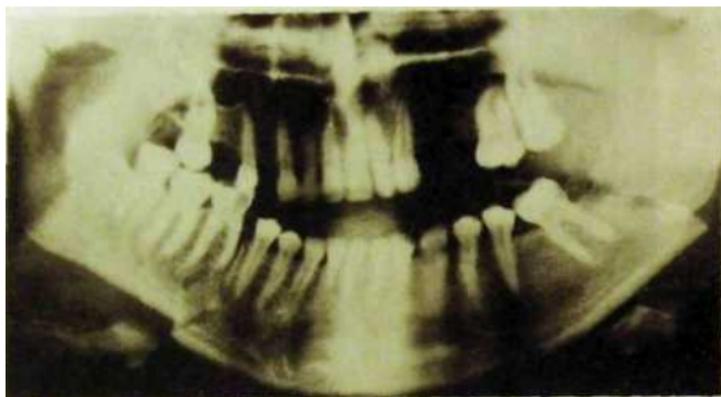


Рис. III.344. Электрорентгенограмма лицевого черепа в лобно-носовой проекции. Перелом в области угла нижней челюсти справа. Зубы шинированы.

ны нечетко и иногда являются случайной рентгенологической находкой. Вследствие проекционных искажений величина диастоза на этих снимках больше, чем в действительности; 2) для того чтобы получить представление о состоянии альвеолярной части, кортикальных пластинок лунок и зубов в области перелома производят внутривитовые контактные рентгенограммы. При невозможности этого выполняют внеротовые рентгенограммы в косых контактных проекциях. В каждом конкретном случае выбор методики определяется локализацией перелома; 3) для исследования передних отделов челюсти производят прямую панорамную рентгенографию; 4) при переломах тела, угла и ветви челюсти выполняют ортопантограммы или боковые рентгенограммы (см. рис. 111.339, 111.342; рис. 111.345, 111.346); 5) при переломах мышечкового отростка производят ортопантограммы, боковые рентгенограммы тела и ветви нижней челюсти (см. рис. 111.342). При переломах головки и высоко расположенных переломах шейки необходимы томограммы или зонограммы височно-нижнечелюстного сустава в боковой проекции с открытым ртом.

В раннем детском возрасте преобладают поднадкостничные переломы по типу зеленой ветки, смещение отломков наблюдается редко. У детей в



**Рис. III.345.** Ортопантограмма. Двусторонний перелом тела нижней челюсти — линия перелома справа проходит между 61 и 51, слева — в области угла. Отломок смещен вертикально. Открытый прикус — отсутствуют контакты между передними зубами.



**Рис. III.346.** Фрагмент рентгенограммы нижней челюсти в левой лобно-носовой проекции. Перелом основания мышслкового отростка с угловым смещением отломков

возрасте 3—9 лет наиболее слабым местом при травме является шейка мыщелкового отростка. На долю переломов шейки (травма только шейки или в сочетании с повреждениями других отделов) приходится 30 % всех переломов нижней челюсти.

### 12.6.2. Переломы верхней челюсти

Переломы верхней челюсти часто сочетаются с повреждением других костей лицевого черепа и иногда основания черепа. С учетом «линий слабости» Лефор выделил три типа переломов, которые в чистом виде наблюдаются крайне редко. Верхний перелом (тип Лефор III) — линия перелома проходит через носовые и слезные кости, дно глазницы по направлению к крыловидному отростку основной кости, происходит отлом скуловой кости с верхней челюстью и носовыми костями от основания черепа. Средний перелом (тип Лефор II) — плоскость перелома идет через носовые, слезные кости, дно глазницы, челюстно-скуловой шов, наблюдается отлом верхней челюсти от основания черепа и скуловой кости. При нижнем переломе (тип Лефор I) плоскость перелома проходит через альвеолярные отростки (отлом альвеолярного отростка), верхнечелюстные бугры и нижние отделы крыловидных отростков основной кости (рис. III.347). При этих переломах происходят смещение альвеолярного отростка с зубами и нарушение прикуса. Косвенным рентгенологическим признаком перелома является снижение пневматизации верхнечелюстной пазухи в связи с кровоизлияниями и нарушением целостности одной из ее стенок. Переломы средней зоны лица

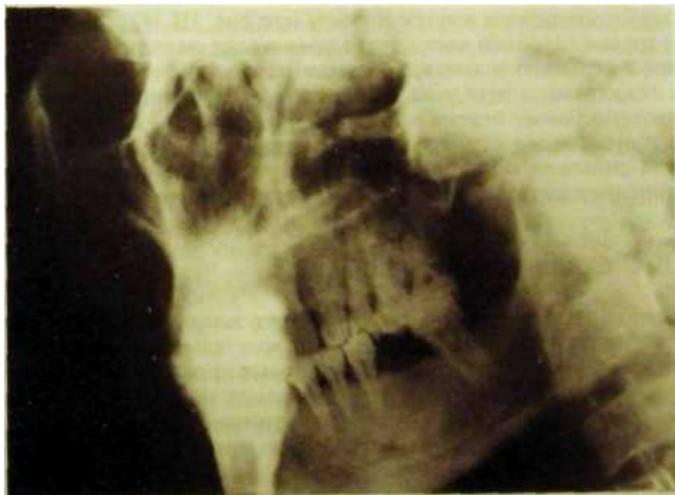


Рис. III.347. Рентгенограмма области моляров и премоляров во второй контактной проекции. Перелом альвеолярного отростка — линия перелома проходит над верхушками корней 4567 к бугру верхней челюсти. Перелом скуловой дуги.

могут вызвать травматический гайморит. Кровоизлияния и отечность мягких тканей щеки на обзорной рентгенограмме симулируют картину затемнения верхнечелюстной пазухи. В дифференциальной диагностике помогают ортопантомография, томография и зонография, предпочтительно в вертикальном положении больного. При нарушении целостности тела челюсти и попадании воздуха в мягкие ткани возникает эмфизема с типичной рентгенологической картиной.

Ввиду сравнительно быстрой соединительнотканной фиксации отломков даже при смещении их возникают выраженные деформации и функциональные нарушения, для устранения которых требуются сложные реконструктивные операции. Этим обусловлена необходимость распознавания травматических повреждений в возможно более короткие сроки для проведения репозиции отломков.

При травматических повреждениях верхней челюсти выполняют следующие снимки: 1) подбородочно-носовую рентгенограмму; 2) полуаксиальную или аксиальную рентгенограмму; 3) боковую обзорную рентгенограмму черепа; 4) ортопантомограмму; 5) для исследования фронтальных отделов челюсти — прямую панорамную рентгенограмму; 6) для оценки состояния альвеолярного отростка и зубов в зоне перелома — внутриротовые контактные рентгенограммы, рентгенограммы твердого неба вприкус, внеротовые контактные рентгенограммы в косой проекции.

### 12.6.3. Перелом скуловой кости

Наиболее часто встречаются переломы височного отростка скуловой кости, который отделяется и от височной кости, и от тела скуловой, при этом отломок смещается кнутри и книзу (см. рис. III.347).

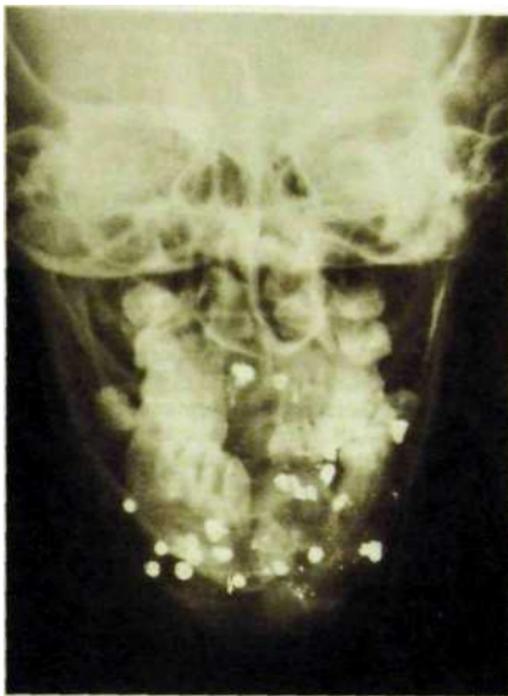
При травме скуловой кости часто происходит смещение ее тела кнутри, внедрение в верхнюю челюсть, кровоизлияние в верхнечелюстную пазуху.

Для локализации перелома и определения смещения отломков выполняют рентгенограмму черепа в аксиальной проекции. Достаточно информативна прицельная тангенциальная рентгенография этой области: кассету с пленкой помещают ниже угла челюсти, центральный луч направляют сверху вниз по касательной к скуловой дуге перпендикулярно пленке.

### 12.6.4. Сращение переломов

Сращение перелома происходит в результате метаплазии сгустков крови в околочелюстных мягких тканях (паростальная мозоль), за счет реакции эндоста, выстилающего костномозговые пространства (эндостальная мозоль) и реакции надкостницы (периостальная мозоль).

Ориентировочно через 35 дней после травмы остеоидная ткань обызвествляется и превращается в костную. На рентгенограмме оссифицированные периостальные наслоения чаще всего определяются в виде линейной тени по краю нижней челюсти. Хотя восстановление структуры костной ткани в зоне линии перелома заканчивается через 3–4 мес, линия перелома на снимках видна на протяжении 5–8 мес. Ориентация костных trabекул в плоскости перелома отличается от преимущественно горизон-



**Рис. III.348.** Рентгенограмма лицевого черепа в лобно-носовой проекции. Огнестрельное ранение. Множество инородных металлических тел (дробь) и осколков преимущественно о переднем отделе нижней челюсти.

тального направления основных костных трабекул в рядом расположенном губчатом костном веществе.

Рассасывание мелких осколков продолжается 2–3 мес. Сращение перелома в области головки и шейки мышелкового отростка происходит быстрее (уже через 3–4 мес линия перелома не определяется; рис. III.348).

### 12.6.5. Осложнения сращения переломов

Одно из часто возникающих осложнений переломов челюстей — травматический остеомиелит. К осложнениям относится также формирование по линии перелома ложного сустава (псевдоартроза) со стойким нарушением непрерывности кости, вследствие чего возможно возникновение несвойственной этому отделу подвижности (рис. III.349). Образование ложного сустава может быть обусловлено неправильным сопоставлением и фиксацией отломков, интерпозицией между ними мягких тканей, тяжестью травмы (потеря значительной части кости, размоложение мягких тканей), нарушением кровоснабжения отломков кости.



**Рис. III.349.** Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Ложный сустав.

Обнаружение патологической подвижности кости при клиническом исследовании дает возможность поставить диагноз ложного сустава. Однако патологическая подвижность может отсутствовать в связи с фиксацией отломков фиброзной тканью. В этих случаях наиболее информативно рентгенологическое исследование в двух взаимно перпендикулярных проекциях, иногда в сочетании с томографией.

На рентгенограмме ложного сустава отсутствует соединяющая отломки тень костной мозоли, концы отломков закруглены и сглажены, иногда покрыты замыкательной кортикальной пластинкой (см. рис. 111.349). Пространство между отломками, заполненное соединительной тканью, называют суставной щелью. В зависимости от выраженности процессов костеобразования и формы отломков различают атрофические и гипертрофические ложные суставы.

### 12.6.6. Вывих нижней челюсти

В связи с топографоанатомическими особенностями строения височно-нижнечелюстного сустава чаще всего возникают передние вывихи. Причиной вывиха является травма или чрезмерно широкое открывание рта, в частности при выполнении врачебных манипуляций. Различают вывихи полные и неполные (подвывихи), односторонние и двусторонние.

Цель рентгенологического исследования — определить, не сочетается ли вывих с переломом мышелкового отростка. Для диагностики вывиха выполняют рентгенограммы по Парма или томограммы. На томограмме в боковой проекции выявляется суставная впадина, го-



**Рис. III.350.** Рентгенограмма левого височно-нижнечелюстного сустава по Парма. Передний вывих — головка мышелкового отростка в подвижной ямке

ловка мышелкового отростка при вывихе располагается кпереди от суставного бугорка в подвисочной ямке (рис. 111,350).

Вывихи в других направлениях (кзади, кнаружи и кнутри) встречаются редко и, как правило, сопровождаются переломами мышелкового отростка и височной кости.

### 12.6.7. Вывихи и переломы зубов

Вывихи и переломы зубов происходят при острой травме и удалении зуба или корня (рис. III.351, 111,352). Хроническая травма зубов имеет место при аномалиях прикуса и после неправильно проведенных ортопедических вмешательств.

При вывихе происходят разрыв тканей пародонта и изменение положения зуба в лунке (частичный или полный вывих). В случае смещения зуба из лунки на рентгенограмме отмечаются расширение периодонтальной щели у верхушки и деформация щели. Вывихи зубов чаще всего происходят в переднем отделе верхней челюсти. При вколоченном вывихе с разрушением кортикальной пластинки лунки периодонтальная щель в периапикальной области отсутствует. Вколоченные вывихи молочных зубов могут сопровождаться повреждением соответствующих зачатков постоянных зубов с нарушением их формирования и гибелью. При травме временного зуба без повреждения пульпы рассасывание корня происходит в обычные сроки.

Линия перелома может располагаться поперечно (см. рис. III.352) или косо в любой части корня и шейки, между шейкой и серединой корня;



Рис. III.351. Внутриротовая рентгенограмма вприкус. Обломок корня 6 в верхнечелюстной пазухе, перелом нижней стенки 3. Изогнутый корень 3.

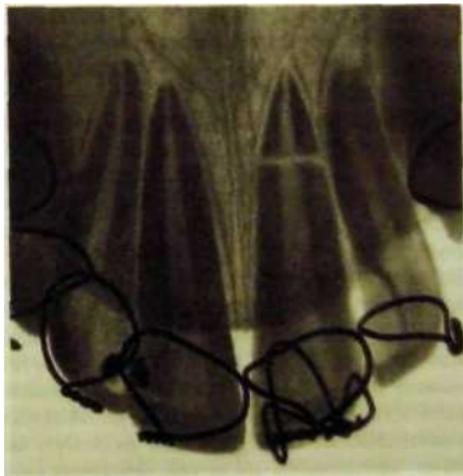


Рис. III.352. Внутриротовая рентгенограмма переднего отдела верхней челюсти вприкус. Поперечный перелом корня 1. Зубы шинированы.

между **серединой корня** и **верхушкой**; встречаются также продольные переломы корня и коронки.

При переломах и вывихах зубов рентгенологическое исследование позволяет установить, нет ли перелома кортикальной пластинки и альвеолярного отростка.

Сращение перелома происходит редко. На рентгенограмме в этих случаях определяется муфтообразное утолщение зуба, изображение линии перелома исчезает в результате образования дентина.

При сохранении пульпы при анализе повторных снимков обращают внимание на наличие или отсутствие заместительного дентина в полости зуба и каналах, состояние отломков корней, периодонтальной щели и кортикальной пластинки лунки.

Погибшую при травме пульпу постоянного зуба удаляют и производят пломбирование каналов отломков, которые могут быть скреплены штифтом. При дефекте коронки используют вкладки на штифте, длину и глубину введения которого определяют с учетом размера корня. На повторных рентгенограммах оценивают состояние периодонтальной щели и кортикальной пластинки лунки.

## 12.7. Рентгенодиагностика кист челюстей

Согласно Международной гистологической классификации одонтогенных опухолей, кист челюстей и смежных заболеваний (ВОЗ, 1971 г.), различают кисты челюстей, формирующиеся в результате нарушения их развития, и кисты воспалительной природы (радикулярные).

В группу кист, связанных с нарушением развития, включены одонтогенные (первичная киста — кератокиста, зубосодержащая — фолликулярная киста, десневая киста и киста прорезывания) и неодонтогенные (киста носонебного канала и шаровидно-верхнечелюстная) фиссуральные кисты и носогубная киста.

Среди кист преобладают фолликулярные и радикулярные. Они в 3 раза чаще образуются на верхней челюсти.

**Зубосодержащая (фолликулярная) киста** является пороком развития зубообразовательного эпителия, встречается преимущественно на втором-третьем десятилетии жизни. На рентгенограмме определяется одиночный очаг деструкции ткани округлой или овальной формы диаметром 2 см и более с четко очерченными, иногда волнистыми контурами. Весь зачаток, коронка или часть ее, иногда два зачатка погружены в полость кисты (рис. III.353). Корни зубов на разной стадии формирования могут находиться вне кисты. Зуб в зубном ряду отсутствует, однако фолликулярная киста может развиваться и из зачатка сверхкомплектного зуба. Экспансивно растущая киста вызывает смещение зачатков рядом расположенных зубов. Так, смещение зачатка третьего нижнего моляра вверх может служить косвенным признаком наличия фолликулярной кисты. Кисты вызывают выраженную деформацию лица вследствие вздутия челюсти, кортикальные пластинки смещены, истончены, однако деструкция их отмечается редко.

Болевые ощущения при фолликулярной кисте, как правило, отсутствуют, и ее обнаружение на рентгенограмме может явиться случайной находкой. Задержка прорезывания зуба иногда является единственным клини-



Рис. Ш.353. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Фолликулярная киста вокруг ретеннированного П; радикулярные кисты у S; Зачаток B смещен.

ческим признаком, позволяющим заподозрить патологию. Боли появляются при инфицировании кисты и давлении на чувствительные нервные окончания. Исключение составляют фолликулярные кисты, располагающиеся в зоне молочных моляров, иногда сопровождающиеся болевыми ощущениями, возможно, обусловленными давлением кисты на незащищенную пульпу резорбированного корня молочного зуба.

Взаимоотношения кист в области верхних моляров и премоляров с верхнечелюстной пазухой показаны на рис. Ш.354 и Ш.355.

Значительные трудности, возникающие при диагностике фолликулярных кист верхней челюсти у детей, обусловлены тем, что интерпретацию рентгенологической картины затрудняют расположенные над молочными зубами зачатки постоянных зубов.

**Радикулярная киста**, являющаяся конечным этапом развития кистогранулемы, образуется вследствие пролиферации метаплазированного эпителия и превращения гранулематозной ткани в муциноподобное вещество. Она может образоваться и как осложнение эндодонтических мероприятий при проталкивании некротизированной пульпы в периодонт периапикально, особенно при манипуляциях, проводимых под анестезией.

У детей в возрасте 7—12 лет радикулярные кисты чаще развиваются в области нижних моляров (в 2—3 раза чаще, чем на верхней челюсти), у взрослых поражается главным образом верхняя челюсть во фронтальном отделе.

Рост кисты происходит не столько за счет разрастания эпителия, сколько в результате увеличения внутриполостного давления. Отмечается увеличение кисты в объеме с рассасыванием и перестройкой окружающей костной ткани. Давление внутри кисты колеблется от 30 до 95 см вод. ст. В течение нескольких лет диаметр кисты достигает 3—4 см.

Радикулярная киста представляет собой полость, выстланную оболочкой и содержащую богатую холестерином жидкость. Наружный слой оболочки представлен плотной фиброзной соединительной тканью, внутренний — многослойным плоским неороговевающим эпителием.

*На рентгенограмме киста определяется в виде очага деструкции костной ткани округлой или овальной формы с четкими, ровными, иногда склерозированными контурами (рис. Ш.356, Ш.357).* В отличие от гранулемы для радикулярной кисты характерно наличие склеротического ободка по контуру.

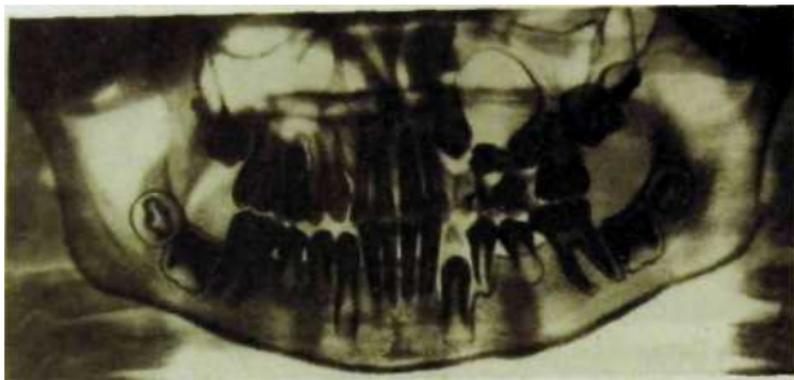


Рис. Ш.354. Ортопантограмма. Фолликулярная киста верхней челюсти слева, оттесняющая дно верхнечелюстной пазухи и смешающая зачатки 45.

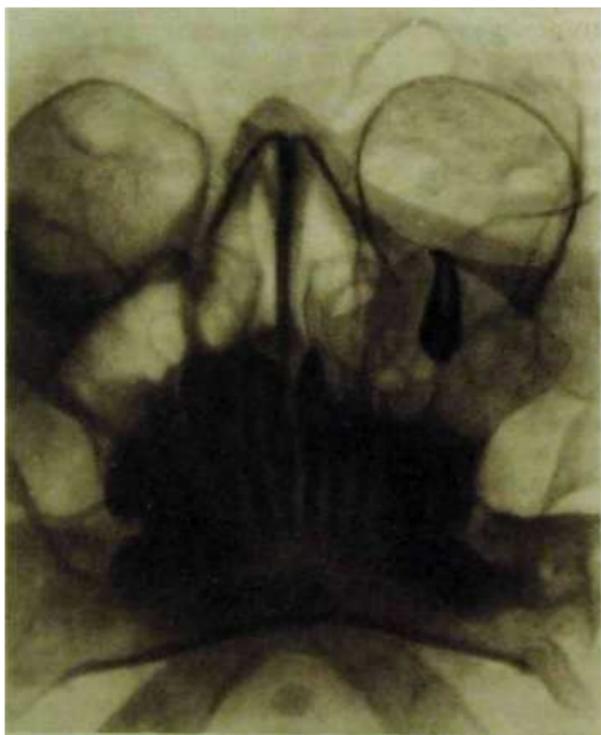


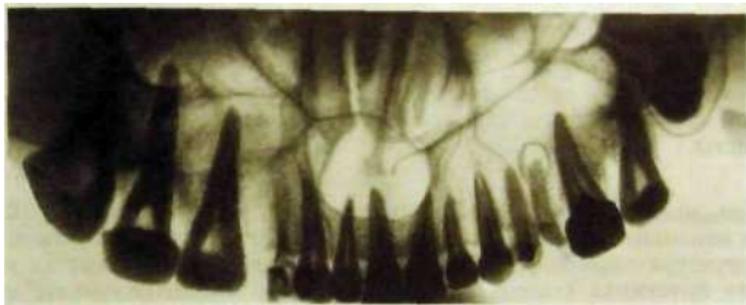
Рис. Ш.355. Рентгенограмма черепа в подбородочно-носовой проекции. Фолликулярная киста 45, проросшая в левую верхнечелюстную пазуху; пазуха затемнена, наружная стенка ее истончена.



Рис. III.356. Внутривитовая рентгенограмма вприкус. Радикулярная киста в области 2 с избыточным пломбирочным материалом. Каналы корней 432 запломбированы. Корень 1 не сформирован



Рис. III.357. Панорамная рентгенограмма верхней челюсти. Радикулярная киста, оттесняющая дно полости носа. Вершины корней 21 погружены в полость кисты; каналы корней 11 запломбированы. Высота межзубных перегородок уменьшена на  $\frac{1}{3}$  длины корней (II степень). Гранулематозный периодонтит 5.



Вместе с тем надежно отличить радикулярную кисту от гранулемы по рентгенологическим данным невозможно. При присоединении вторичного воспалительного процесса (нагноившаяся киста) четкость контуров нарушается, могут появляться свищевые ходы.

*Верхушка корня зуба, обычно пораженного кариесом или леченного по поводу пульпита или периодонтита, погружена в полость кисты. По мере экспансивного роста киста вызывает смещение кортикальных пластинок; на нижней челюсти преимущественно в щечно-язычном направлении, на верхней — в небно-вестибулярном. Иногда киста растет вдоль губчатого слоя нижней челюсти, не вызывая ее деформации.*

Направление роста кисты в определенной степени обусловлено особенностями анатомического строения нижней челюсти. При кистах, расположенных до третьих нижних моляров, деформация происходит преимущественно в щечном направлении, так как кортикальная пластинка с этой стороны тоньше, чем с язычной. При распространении кисты за третий моляр вздутие чаще происходит в язычную сторону, где пластинка тоньше.

В результате вздутия кости возникает асимметрия лица. В зависимости от состояния отесненной кортикальной пластинки при пальпации этой области отмечается симптом пергаментного хруста (при резком истончении пластинки) или флюктуация (при ее прерванности пластинки). Киста вызывает смещение и раздвигание корней рядом расположенных зубов (дивергенция корней и конвергенция коронок). Положение причинного зуба обычно не изменяется. При дефекте зубного ряда в этой области коронки веерообразно наклоняются друг к другу.

У больных с гранулемами, оставленными после удаления причинного зуба, может развиться **остаточная (резидуальная) киста**. Киста, расположенная у лунки удаленного зуба, обычно имеет эллипсоидную форму, диаметр ее не превышает 0,5 см. В дальнейшем киста вызывает деформацию челюсти и асимметрию лица. Резидуальные кисты чаще образуются на верхней челюсти у мужчин.

В связи с наличием признаков хронического воспаления в стенках кист, расположенных у корней верхних премоляров и моляров, они могут вызывать неспецифическую реакцию близко прилегающей к ним слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи. Степень выраженности реакции слизистой оболочки зависит от толщины костной прослойки между ней и патологическим очагом у верушки корня.

В зависимости от взаимоотношения между кистой и верхнечелюстной пазухой различают прилегающие, оттесняющие и проникающие кисты.

При прилегающих кистах между слизистой оболочкой и кистой видны неизменная кортикальная пластинка альвеолярной бухты и костная структура альвеолярного отростка. При оттесняющих кистах кортикальная пластинка альвеолярной бухты пазухи смещена кверху, но целость ее не нарушена. На рентгенограмме проникающие кисты имеют вид полусферической тени с четким верхним контуром на фоне воздуха верхнечелюстной пазухи, кортикальная пластинка альвеолярной бухты местами прерывается или отсутствует (рис. III.358). Значительную помощь при определении взаимоотношений между кистой и верхнечелюстной пазухой оказывают ортопантограммы, боковые панорамные рентгенограммы и контактные внеротовые снимки в косой проекции.

Отличительное распознавание радикулярных кист верхней челюсти и **ретенционных кист слизистой оболочки** верхнечелюстной пазухи сопряжено с определенными трудностями. На зонограммах и томограммах в лобно-носовой проекции киста имеет вид тени овальной, сферической формы, иногда сужающейся к основанию, с четким контуром на фоне воздушной пазухи. Ретенционные кисты могут увеличиваться, остаются без изменений или подвергаются регрессии.

Для выявления взаимоотношения радикулярных кист с дном полости носа (см. рис. III.357) целесообразно выполнить прямые панорамные рентгенограммы.

При больших кистах верхней челюсти, прорастающих в мягкие ткани щеки, наиболее информативны рентгенограммы в косых тангенциальных проекциях.



**Рис. III.358.** Рентгенограмма лицевого черепа и добно-носовой проекции. Радикулярная киста, проросшая в правую верхнечелюстную пазуху.

**Кератокиста** возникает как порок формирования зубного зачатка и характеризуется кератинизацией выстилающего полость многослойного ороговевающего плоского эпителия. Она чаще локализуется за третьими нижними молярами в области угла и ветви и имеет склонность распространяться вдоль тела и в межальвеолярные перегородки, смещая корни зубов, но не вызывая их резорбции. Контуры полости ровные, четкие, склерозированные.

Развиваясь иногда вблизи формирующегося фолликула, киста отделена от него лишь соединительнотканной капсулой и по формальной рентгенологической картине напоминает фолликулярную кисту. Окончательный диагноз устанавливают лишь после гистологического исследования. Рецидивы после операции возникают в 13–45 % случаев.

**Киста носонебного канала** относится к фиссуральным неондонтогенным кистам. Киста развивается из эмбриональных остатков пролиферирующего эпителия, иногда сохраняющегося в резцовом канале. Рентгенологически киста проявляется в виде очага разрежения костной ткани округлой или овальной формы с ровными четкими контурами. Киста расположена по средней линии в передних отделах твердого неба выше корней центральных резцов. Замыкающие кортикальные пластинки лунок и периодонтальные щели прослеживаются на фоне кисты.

## 12.8. Рентгенодиагностика доброкачественных одонтогенных опухолей

Различают одонтогенные и неодонтогенные доброкачественные опухоли челюстей. Среди одонтогенных новообразований чаще всего встречаются одонтомы и амелобластомы.

**Одонтома** — доброкачественная опухоль, состоящая из различных тканей зуба (эмаль, дентин, цемент, пульпа, фиброзная ткань), развивается преимущественно в возрасте до 20 лет. Обычно больные поступают на рентгенологическое исследование с жалобами на задержку прорезывания постоянных зубов. Иногда одонтомы обнаруживают случайно при рентгенологическом исследовании по другому поводу.

Согласно классификации ВОЗ, различают составную и сложную одонтому. В составной одонтоме представлены все ткани зуба на разной стадии их формирования, в сложной — содержатся несформированные ткани зуба и мягкотканый компонент. Составные одонтомы в большинстве случаев локализуются на верхней челюсти во фронтальном отделе, сложные — преимущественно на нижней челюсти в области первого-второго моляров.

На рентгенограмме одонтомы имеют высокую интенсивность, состоят из множества очагов кальцификации неправильной формы, зубоподобных фрагментов или зубов на разной степени формирования (рис. У1.359).

Контуры одонтом четкие, иногда волнистые, фестончатые, по периферии видна полоса просветления, обусловленная наличием капсулы (см. рис. III.359). При нагноении одонтомы контуры окружающей ткани становятся нечеткими, могут появляться свищевые ходы.



Рис. III.359. Ортопантомограмма Одонтома верхней челюсти слева в области моляров и бугра. Тень высокой интенсивности с полосой просветления по перифе-

Одонтомы растут экспансивно, вызывая смещение, истончение кортикальных пластинок челюсти, отек, асимметрию лица, склонны к прорезыванию в полость рта.

**Амелобластома (адамантинома)** — доброкачественная опухоль, развивающаяся из пролиферирующего одонтогенного эпителия, расположенного в соединительной ткани. Обычно ее диагностируют на 4—5-м десятилетии жизни. В 80 % случаев амелобластома развивается на нижней челюсти, в 20 % — на верхней. На нижней челюсти в 70 % случаев она локализуется в области моляров и ветви, в 20 % — премоляров и в 10 % — в зоне резцов.

На рентгенограммах амелобластома имеет вид поликистозного (многокамерного) образования или одиночной кистозной полости (рис. III.360). Поликистозная амелобластома напоминает картину пузырей мыльной пены: состоит из множества очагов деструкции костной ткани округлой и овальной формы, отделенных друг от друга костными перегородками.

Картина многокамерности иногда обусловлена тем, что опухоль вдаётся в губчатую и корковую части кости на различную глубину (рис. III.361).

Амелобластома вызывает деформацию нижней челюсти вследствие ее вздутия, при этом на отдельных участках челюсти отмечаются смещение, истончение и прерванность кортикальных пластинок. Зубы, находящиеся в зоне роста опухоли, смещены, корни их иногда резорбированы. Если нет вторичного воспалительного компонента, то реакция надкостницы отсутствует. Впечатление прерванности кортикальной пластинки челюсти может быть обусловлено не только деструкцией, но и смещением ее.

В опухоли могут располагаться один или несколько непрорезавшихся зубов. Нижнечелюстной канал смещается книзу.

Дифференциальная диагностика с другими кистозными поражениями челюстей, в частности с остеокластомой, возможна лишь на основании результатов гистологического исследования.

Из неодонтогенных опухолей наиболее часто встречаются остеомы, остеокластомы, гемангиомы.

**Остеома** — зрелая доброкачественная опухоль, развивающаяся из дифференцированной костной ткани. В зависимости от особенностей строения различают компактные, губчатые и смешанные остеомы.

Наиболее часто остеомы локализируются в околоносовых пазухах, обычно в лобной и решетчатой костях и на язычной поверхности нижней челюсти.

На рентгенограмме периферически расположенные остеомы имеют вид округлого костного образования на широком основании или узкой ножке, с четкими, ровными контурами исходящего из кости (рис. III.362, III.363). На стенках лобных и верхнечелюстных пазух они определяются в виде плотных костных масс, могут прорасти в смежные области (см. рис. III.362).

Множественные остеомы верхней и нижней челюстей иногда сочетаются со сверхкомплексными зубами, полипозом толстой кишки.

Рентгенодиагностика остеом в большинстве случаев не вызывает затруднений. При расположении их в задних отделах твердого неба и на язычной поверхности передних отделов нижней челюсти возникают слож-



**Рис. Ш.360.** Рентгенограмма тела и ветви левой половины нижней челюсти в боковой проекции. Сплошная амелобластома в области угла и ветви. Венечный отросток увеличен в объеме.



**Рис. Ш.361.** Рентгенограмма тела и ветви левой половины нижней челюсти в боковой проекции. Кистозная амелобластома в области ветви.

ности при дифференциальной диагностике от небного и нижнечелюстного бугров (torus palatinus и torus mandibularis).

**Остеокластома (osteobластокластома, гигантоклеточная опухоль).** На нижней челюсти остеокластомы локализуются значительно чаще (в 10 %



**Рис. III.362.** Рентгенограмма лицевого черепа в подбородочно-носовой проекции. Губчатая остеома верхней челюсти, занимающая почти всю левую верхнечелюстную пазуху; пазуха увеличена в объеме за счет смещения наружной стенки.



**Рис. III.363.** Рентгенограмма верхней челюсти в тангенциальной проекции. Губчатая остеома на широком основании.

всех случаев), чем в других отделах скелета. Их наиболее часто диагностируют на 3-м десятилетии жизни; остеокластомы характеризуются сравнительно медленным ростом.

В зависимости от особенностей рентгенологической картины выделяют ячеистый, кистозный и литический варианты остеокластом. При ячеистом варианте на фоне очагов деструкции выявляется ячеисто-трабекулярная структура — большое количество полостей различной формы и величины, отделенных друг от друга тонкими костными перегородками (рис. III.364).

Кистозная форма представлена кистовидной полостью округлой или овальной формы с четкими контурами. По мере роста опухоль вызывает вздутие и истончение кортикальных пластинок челюсти.

При литическом варианте, диагностика которого сопряжена с большими трудностями, остеокластома определяется в виде одиночного краевого очага деструкции, иногда неравномерного по интенсивности, с довольно четкими контурами.

Контур остеокластом на границе с непораженной костью видны хотя и достаточно хорошо, но не столь четко, как при радикулярных кистах. Реактивный остеосклероз по краям опухоли отсутствует.

По мере роста остеокластомы отмечаются смещение, истончение и прерывистость коркового слоя, вздутие челюсти. Прерывистость коркового



Рис. III.364. Рентгенограмма правой половины нижней челюсти в боковой проекции. Ячеистая форма остеокластомы тела челюсти.

слоя и прорастание в околочелюстные мягкие ткани и под слизистую оболочку не являются свидетельством агрессивности ее течения или озлокачествления.

Новообразование вызывает деформацию челюсти, резорбцию корней, смещение и подвижность зубов. На верхней челюсти опухоль может прорасти в верхнечелюстную пазуху, глазницу, полость носа, вызывая деформацию лица.

На верхней челюсти остеокластома поражает преимущественно альвеолярный отросток и представлена очагами деструкции неправильной формы с полициклическими контурами. Приводя к выпячиванию, истончению и прерыванию кортикальной пластинки челюсти, опухоль прорастает в околочелюстные мягкие ткани, вызывая деформацию лица.

Поскольку вздутие происходит преимущественно в щечно-язычном направлении, для оценки состояния кортикальных пластинок информативны рентгенограммы нижней челюсти в аксиальной проекции.

К остеокластомам относят и локализующиеся на альвеолярном отростке гигантоклеточные эпюлиды, которые по мере роста вызывают образование краевой костной деструкции (рис. III.365).

Остеокластома следует отличать от кератокисты, амелобластомы, миксомы, фиброзной дисплазии, внутрикостных гемангиом. Рентгенологическая картина литической формы может напоминать таковую при остеогенной саркоме. Дифференциальная диагностика, особенно при опухолях, локализующихся на верхней челюсти, возможна лишь на основании результатов гистологического исследования.

После лучевой терапии отмечается усиление репаративных процессов в виде утолщения кортикальных пластинок челюсти и костных балок. Вместе с тем ячеистая и кистозная формы могут превратиться в литическую, и даже ускорится темп роста.



Ряс. Ш.365. Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Гигантоклеточный эпупид в переднем отделе. Первичная частичная адентия [123].

**Гемангиома.** Сосудистые опухоли — гемангиомы возникают в околочелюстных мягких тканях или внутри кости и состоят из пролиферирующих кровеносных сосудов. Нижняя челюсть поражается чаще, среди больных больше женщин. Гемангиомы чаще выявляют между 10 и 20 годами.

Некоторые авторы относят гемангиому к дисэмбриобластическим опухолям, возникающим как следствие врожденного порока развития сосудов. У детей первого года жизни врожденные гемангиомы иногда подвергаются обратному развитию. При гемангиомах околочелюстных мягких тканей на снимках иногда видны тени флеболитов и ангиолитов диаметром 5—6 мм. Гемангиомы, возникающие в околочелюстных мягких тканях, оказывая давление на кость, вызывают краевой блюдцеобразный дефект. У детей гемангиомы нарушают развитие челюстей и зачатков зубов.

Рентгенологическая картина гемангиом челюстей чрезвычайно полиморфна: в виде единичной кистовидной полости с четкими или нечеткими контурами или множественных очагов деструкции костной ткани различной формы и величины (картина «мыльных пузырей»).

При развитии гемангиом из сосудов нижнечелюстного канала выявляют очаг разрежения округлой или овальной формы по ходу канала.

Гемангиома может вызывать утолщение костных трабекул, как бы в виде лучей, расходящихся из одного центра (картина «колеса со спицами»; рис. Ш.366).

Внутрикостные гемангиомы по мере роста вызывают смещение и истончение кортикальных пластинок, а в некоторых случаях могут привести к их разрушению. Периостальные наслоения, как правило, отсутствуют. Зубы, расположенные в зоне роста опухоли, подвижны, корни их резорбированы. При надавливании на коронку зубы «утапливаются», а после прекращения давления занимают прежнее положение.

При удалении зубов, расположенных в зоне артериальной гемангиомы, могут возникнуть профузные кровотечения, угрожающие жизни.

**Фиброзная дисплазия** относится к опухолоподобным поражениям. В основе патологического процесса лежит врожденный порок костеобразования, возникающий как в эмбриональном, так и в постнатальном периоде и

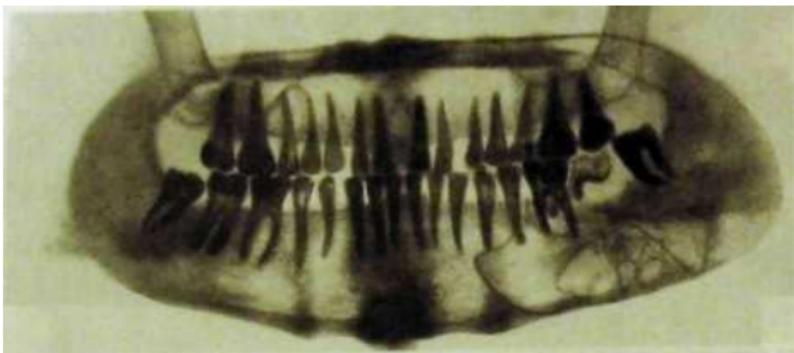


Рис. III.366. Ортопантограмма. Внутрикостная гемангиома в области нижней челюсти слева соответственно [45678, корни [7 и часть коронки резорбированы.

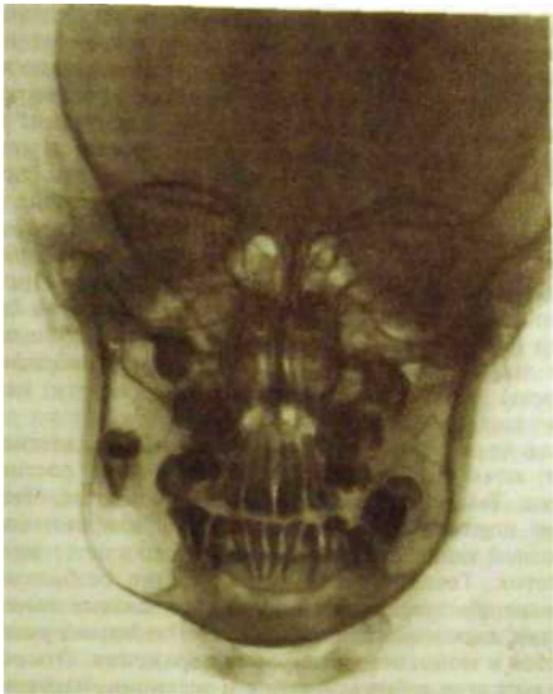
характеризующийся нарушением перехода мезенхимальной ткани и ее производных — соединительной и хрящевой тканей — в костную. Заболевание наиболее часто обнаруживают в период активного роста челюстных и лицевых костей — в возрасте от 7 до 12 лет.

В зависимости от вовлечения одной или нескольких костей скелета различают моно- и полиоссальную формы. Поражаются не только кости лицевого и мозгового черепа, но и другие отделы скелета. Полиоссальная форма заболевания часто сочетается с различными эндокринными нарушениями.

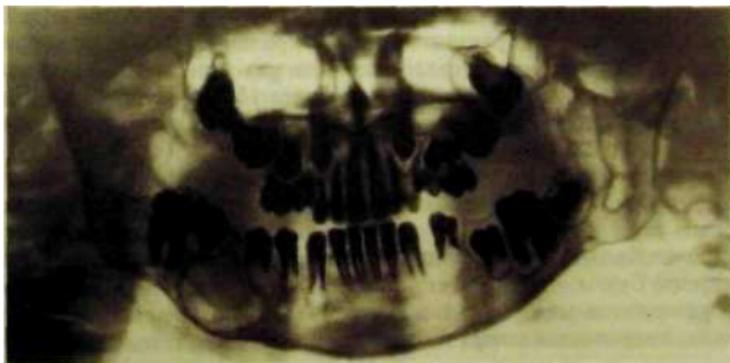
Рентгенологическая картина фиброзной дисплазии разнообразна и отражает патологоанатомическую сущность процесса. В ранней стадии развития процесса определяется очаг разрежения костной ткани с четкими или нечеткими контурами.

Поражение челюстей чаще имеет монооссальный характер. На нижней челюсти участок разрежения, обычно расположенный в толще, имеет овальную или эллипсоидную форму. Верхняя челюсть поражается несколько чаще нижней, в процесс вовлекается глазница, может произойти облитерация верхнечелюстной пазухи. Увеличивается асимметрия лица, может нарушаться формирование и прорезывание зубов, происходит их смещение (рис. III.367, III.368). Возможна резорбция корней, однако зубы остаются неподвижными. Иногда замыкающие кортикальные пластинки лунок в зоне поражения отсутствуют. Деформация альвеолярного отростка происходит преимущественно в щечно-язычном направлении. Увеличение челюсти иногда сопровождается болями, что позволяет заподозрить хронический остеомиелит.

По мере созревания остеоидной ткани появляются очаги склероза, вначале обычно по периферии участка разрежения. В дальнейшем явления кальцификации нарастают, очаги ее сливаются и на рентгенограмме определяются в виде участков уплотнения высокой или средней интенсивности (картина «матового стекла»), без четких границ переходящих в окружающую кость.



**Рис. III.367.** Рентгенограмма лицевого черепа в лобно-носовой проекции. Двусторонняя фиброзная дисплазия нижней челюсти.



**Рис. III.368.** Ортопантограмма. Двусторонняя фиброзная дисплазия нижней челюсти.

Иногда нарастание асимметрии лица прекращается только после 20 лет (к моменту полового созревания и прекращения роста костей).

**Синдром Олбрайта** включает триаду симптомов: одиночные или множественные очаги фиброзной дисплазии в костях, преждевременное половое созревание у девочек, пигментацию кожи. Увеличение очагов происходит одновременно с ростом ребенка, в дальнейшем отмечается их стабилизация. Рентгенологическая картина такая же, как при фиброзной дисплазии.

**Херувизм** — своеобразная форма дисплазии, при которой поражается только лицевой череп, — имеет наследственный характер. Заболевание протекает медленно безболезненно в возрасте от 2 до 20 лет. Поражаются нижняя (преимущественно области углов и ветви) и верхняя (дно глазницы, бугор) челюсти (см. рис. III.367, III.368), при этом происходит смещение глазных яблок вверх, что придает лицу ребенка своеобразное выражение («лицо херувима»). Венечные отростки нижней челюсти, как правило, не вовлекаются в патологический процесс.

Заболевание начинается в возрасте 1 года — 2 лет, диагностируют его в 3 года — 5 лет; затем оно прогрессирует, а к 30 годам состояние больного стабилизируется. Лицо приобретает обычные очертания. Чаще заболевают мальчики. Очаг поражения состоит из васкуляризированной пролиферирующей фиброзной ткани, содержащей большое количество многоядерных гигантских клеток. Течение заболевания обычно безболезненное. *Кость вздута вследствие образования множества кистевидных полостей различной формы и величины, корковый слой истончен и на отдельных участках прерывается*. Встречается и монокистозная форма поражения. Отмечаются различные аномалии развития зубов (дистопия и ретенция, нарушение формирования зачатков зубов, резорбция корней).

## 12.9. Рентгенодиагностика злокачественных опухолей челюстей

В зависимости от гистологических особенностей различают эпителиальные опухоли — рак и соединительнотканые — саркомы (остеогенные, хондросаркомы, ретикулосаркомы и др.). Поражение челюстей происходит вторично в результате прорастания опухоли, развившейся из эпителия слизистой оболочки различных отделов полости рта. Среди опухолей преобладает рак, на долю сарком приходится не более 10 %. Метастазы в челюстях возникают при аденокарциномах молочной, щитовидной и предстательной желез, гипернефроме.

**Рак слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи.** Из слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи развиваются преимущественно плоскоклеточные формы рака. Иногда на внутриротовых контактных рентгенограммах премоляров и моляров обнаруживают деструкцию кортикальной пластинки альвеолярной бухты, что должно привлечь внимание врача. Разрушение хорошо определяется на ортопантомограммах, боковых панорамных рентгенограммах, внеротовых косых и внутриротовых контактных снимках.

В зависимости от распространенности опухолевого процесса различают внутрипазушную фазу и фазу, когда опухоль выходит за ее пределы. Возможности рентгенологического выявления опухоли во внутрипазушной

фазе ограничены. Практически пока не произойдет деструкция костных стенок пазухи рентгенологически невозможно предположить наличие злокачественного процесса.

Вследствие нарушения оттока из пазухи и присоединения вторичного воспалительного процесса ее затемнение, как правило, имеет диффузный характер. Нередко рак обнаруживают случайно после морфологического исследования материала, полученного при выполнении оперативного вмешательства по поводу предполагаемого гайморита.

Прорастание опухоли в костные стенки пазухи проявляется вначале их истончением (стенки не имеют обычной интенсивности), а затем их очаговой и полной деструкцией. В дальнейшем опухоль выходит за пределы пазухи и определяется в виде мягкотканной тени в прилежащих к пазухе полостях (глазнице, полости носа, решетчатом лабиринте, крылонебной и подвисочной ямках). Прорастание опухоли в мягкие ткани щеки хорошо определяется на полуаксиальных рентгенограммах черепа в виде симптома мягкотканной сопровождающей тени, расположенной параллельно нижнеглазничному краю. Периостальные реакции отсутствуют.

Рентгенологические симптомы рака слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи заключаются в ее затемнении, деструкции костных стенок, появлении мягкотканной тени (рис. III.369).

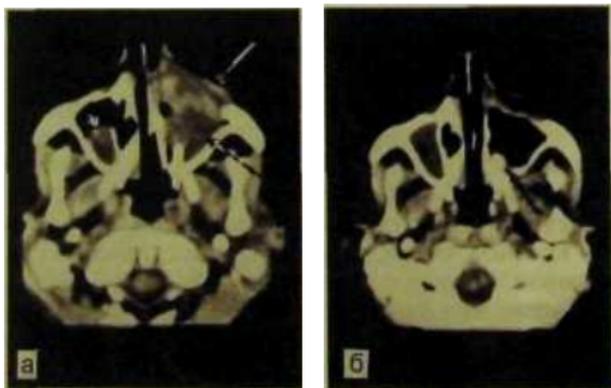
Важное значение в оценке локализации и распространенности опухоли имеет компьютерная (рис. III.370) и магнитно-резонансная (рис. III.371) томография.

**Рак слизистой оболочки альвеолярных отростков и твердого неба.** Челюсти поражаются вторично вследствие прорастания раковых опухолей слизистой оболочки альвеолярных отростков, твердого неба и прилежащих отделов (ротоглотки, дна полости рта, языка). Опухоль локализуется преимущественно по краю альвеолярного отростка. При прорастании опухоли в кость исчезает замыкающая кортикальная пластинка и возникает краевая деструкция альвеолярного отростка (рис. III.372). В дальнейшем очаг деструкции приобретает форму буквы «V» — глубина поражения преобладает над распространением в переднезаднем направлении. Контуры очага деструкции нечеткие, «изъеденные». В результате разрушения костной ткани межзубных перегородок и замыкающих кортикальных пластинок лунок зубы, лишённые костной основы, как бы висят в воздухе. Реже по мере роста опухоли происходит разрушение только щечных или язычных отделов кости. На первых этапах на рентгенограмме определяется как бы смазанный рисунок костной ткани, что иногда расценивают как плохое качество рентгенограммы.

Прорастание опухоли в передний отдел полости носа хорошо определяется на прямых панорамных рентгенограммах. При вовлечении в патологический процесс верхнечелюстной пазухи в области премоляров и моляров исчезает изображение кортикальной пластинки ее дна на том или ином протяжении. Этот симптом, определяемый и на внутриротовых контактных рентгенограммах, более отчетливо виден на ортопантомограммах и боковых панорамных рентгенограммах. Прорастание рака в верхнечелюстную пазуху часто сопровождается присоединением вторичного воспаления, что проявляется в виде ее равномерного затемнения на рентгенограмме.



**Рис. III.369.** Рентгенограмма черепа в подбородочно-носовой проекции. Правая верхнечелюстная пазуха равномерно затемнена, верхняя, медиальная и частично наружная стенки ее разрушены (рак слизистой оболочки).



**Рис. III.370.** Компьютерные томограммы в аксиальной проекции, выполненные через середину верхнечелюстных пазух.

а — рак слизистой оболочки правой верхнечелюстной пазухи с деструкцией передней, медиальной и частично задней стенок (указано стрелками); ретенционная киста (указана стрелкой) в левой верхнечелюстной пазухе; б — после проведения дистанционной гамма-терапии — полное обратное развитие опухоли.

**Рак слизистой оболочки твердого неба** встречается редко. Оценить состояние костной ткани, особенно в начальных стадиях опухолевого процесса, сложно. На боковой рентгенограмме челюстно-лицевой области вследствие суммации теней неизменных отделов твердого неба невозможно определить начальные деструктивные изменения. При более выраженном процессе отмечается снижение интенсивности тени, образуемой твердым небом.

**Остеогенная саркома (остеосаркома).** Челюсти поражаются в 3–6 % всех случаев остеогенных сарком скелета. Среди больных 75 % составляют дети, преимущественно мальчики, и юноши в возрасте от 10 до 25 лет. Чаще поражается нижняя челюсть. Остеогенная саркома развивается внутри кости из костеобразующей соединительной ткани.

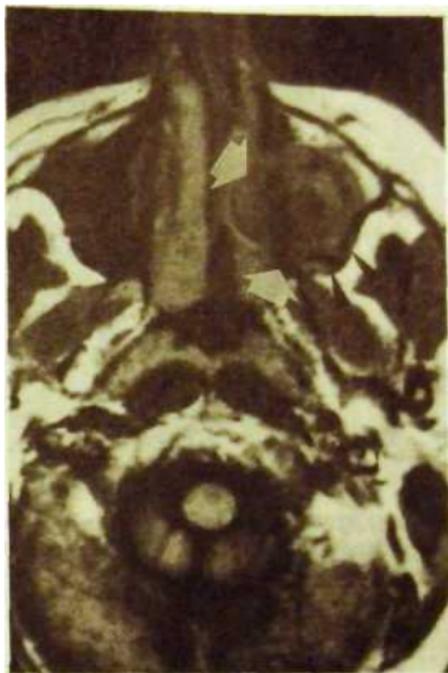
По рентгенологической картине различают остеосклеротические (остеопластические), остеолитические (остеокластические) и смешанные саркомы.

В начальной стадии на рентгенограмме определяется одиночный очаг деструкции костной ткани неправильной формы с нечеткими контурами. Распространяясь и разрушая корковый слой, опухоль отслаивает и смещает надкостницу. Для выявления периостальных наслоений пораженный участок кости должен быть выведен при рентгенографии в краеобразующее положение (рентгенограммы в тангенциальной проекции). Периодонтальные щели зубов, расположенных в зоне роста опухоли, расширены.

При остеопластической форме саркомы с выраженным костеобразованием видны беспорядочно расположенные бесформенные сливающиеся и проецирующиеся друг на друга очаги уплотнения.

При смешанном варианте имеют место также очаги деструкции и участки уплотнения; при остеолитических саркомах происходит лишь деструкция костной ткани.

Характерным видом периостальных наслоений являются так называемые спикулы - тонкие игольчатые разрастания, идущие перпендикулярно поверхности кости (рис. Ш.373), возникающие в результате обызвествления адвентициального слоя сосудов надкостницы, перфо-



**Рис. Ш.371.** Магнитно-резонансная томограмма в аксиальной проекции. Рак слизистой оболочки правой верхнечелюстной пазухи, прорастающий в правую половину полости носа и крылонебную ямку.



**Рис. Ш.372.** Рентгенограмма тела и ветви левой половины нижней челюсти в боковой проекции. Рак слизистой оболочки с деструкцией альвеолярной части от 8 до 13, зубы отсутствуют.

пирующих корковый слой кости. Нейротрофические нарушения, сопровождающие развитие опухоли, вызывают остеопороз прилегающих к новообразованию отделов кости.

**Хондросаркома.** Хондросаркома чаще развивается у мужчин в возрасте 20—60 лет (преимущественно на 4-м десятилетии жизни) в переднем отделе верхней челюсти. Излюбленная локализация на нижней челюсти — область премоляров и моляров, подбородочный отдел, венечный и мышелковый отростки.

Рентгенологически опухоль вначале определяется в виде очага деструкции с бугристыми нечеткими контурами. В дальнейшем, начиная с периферических отделов, на его фоне появляются беспорядочные очаги обызвествления. В зоне опухоли отмечается резорбция **верхушек корней** зубов.

При прорастании коркового слоя может возникать периостальная реакция в виде спикул, опухоль распространяется в мягкие ткани, образуя внекостный компонент.

**Ретикулосаркома.** Развиваясь внутри тела нижней челюсти или в стенке верхнечелюстной пазухи из ретикулярной соединительной ткани, опухоль в дальнейшем прорастает в пазуху и околочелюстные мягкие ткани.

Рентгенологически выявляются очаги деструкции костной ткани, обычно с нечеткими контурами, в сочетании с участками остеосклероза. Очаги деструкции без четких границ переходят в окружающую костную ткань, и их сравнивают по внешнему виду с тканью, изъеденной молью. Картина **иногда напоминает пчелиные соты**: множество очагов деструкции



**Рис. П.373.** Рентгенограмма тела и ветви нижней челюсти слева в боковой проекции. Остеогенная саркома нижней челюсти в области [678] видны множественные очаги деструкции костной ткани, участки остеосклероза, спикулообразные периостальные наслоения по нижнему краю.



**Рис. П.374.** Панорамная рентгенограмма нижней челюсти. Ретикулосаркома переднего отдела с выраженными спикулообразными периостальными наслоениями.

костной ткани преимущественно округлой формы, сливающихся между собой и образующих более крупные очаги (рис. П.374). Надкостница реагирует на рост опухоли образованием спикул. Отличительное распознавание с амелобластомой и миксомой возможно лишь на основании результатов гистологического исследования.

Значительные трудности возникают при диагностике саркомы Юинга, которая развивается преимущественно у детей и подростков. Начальные признаки саркомы Юинга напоминают клинические проявления остеомиелита. Диагноз устанавливают лишь после гистологического исследования.

## 12.10. Рентгенодиагностика заболеваний височно-нижнечелюстного сустава

Сложность анатомического строения и функции височно-нижнечелюстного сустава, связь последней с состоянием прикуса и жевательных мышц, отсутствие прямой зависимости между клинической картиной и рентгенологическими изменениями обуславливают значительные затруднения в распознавании заболеваний этого сочленения. В 70—80 % случаев патологические процессы в суставе связаны с патологией его мягкотканых компонентов — суставного диска, внутрисуставных связок и капсулы. На основании результатов исследований с применением высокоэффективных технологий (контрастная артротомография, рентгеновская компьютерная артротомография, магнитно-резонансная томография, артроскопия) предложена классификация заболеваний височно-нижнечелюстного сустава<sup>1</sup>.

**Деформирующий артроз.** Дистрофические изменения в суставе относятся к наиболее часто наблюдающимся поражениям, возникающим в результате нарушений смыкания, артикуляции, тонуса жевательной мускулатуры, гормональных и эндогенных нарушений, травмы.

Деформирующий артроз начинается с развития дистрофии суставных хрящей, которая приводит к их истончению, трещинам, разрушению. Наряду с дефектами и деформацией суставного диска отмечается адгезия диска с головкой и задним скатом суставного бугорка, возникающая как следствие спаечного процесса. Обнаруженные участки кости при движении скользят друг по другу. В наиболее нагруженных субхондральных отделах костей происходит остеосклеротическая перестройка (субхондральный склероз) замыкательных пластинок. В связи с появлением дополнительных краевых костных разрастаний в местах прикрепления связок и мышц увеличивается площадь сочленяющихся костей и как следствие уменьшение давления на единицу поверхности. Краевые костные разрастания вначале возникают в области суставной впадины, а затем — в суставной головке.

Деформирующий артроз иногда проявляется несколько большей подвижностью в суставе (передний подвывих). *Наиболее характерные симптомы деформирующего артроза — сужение рентгеновской суставной щели, склероз и повышение интенсивности кортикальных замыкательных пластинок головки и заднего ската суставного бугорка* (рис. III.375, III.376). При этом нарушается функция сустава: экскурсия головки ограничена, реже возникают выпяляющиеся вывихи и подвывихи.

При деформирующем артрозе происходят изменения формы головки и суставного бугорка: уплощение и стирание головки по высоте, остроконечная или булавовидная деформация и образование экзофитов, уплощение бугорка или экзофитные образования на нем.

Аналогичные клинические симптомы могут наблюдаться при изменениях положения диска. В этих случаях диагностика облегчается при введении в сустав контрастного вещества (артрография) в сочетании с выполне-

<sup>1</sup> Сысолятин П.Г., Берзуков В.М., Ильин А.А. Классификация заболеваний височно-нижнечелюстного сустава//Стоматология.— 1997 — Т. 76 — С. 29—34.



Рис. III.375. Томограмма правого височно-нижнечелюстного сустава. Деформирующий артроз.



Рис. III.376. Рентенограмма правого височно-нижнечелюстного сустава по Парма. Деформирующий артроз — клювовидное костное разрастание по переднему контуру головки.

нием компьютерных томограмм или проведении магнитно-резонансной томографии без контрастирования.

**Артриг.** Воспалительные процессы в височно-нижнечелюстных суставах развиваются реже. Инфицирование суставов может произойти при детских инфекциях, распространении воспалительного процесса на костные элементы сустава, остеомиелите нижней челюсти, паротите, отите, травмах.

Первым признаком воспаления сустава является выраженное нарушение подвижности головки, через 15—20 дней возникают остеопороз ее и неравномерное сужение рентгеновской суставной щели. Кортикальные замыкательные пластинки на отдельных участках теряют четкость, выявляются краевые узуры головки и по заднему краю бугорка.

Гибель диска и суставных хрящей у детей и подростков приводит к развитию **костного анкилоза**. В этих случаях изображение рентгеновской суставной щели на снимке отсутствует полностью или частично, структура костной ткани головки переходит на костную ткань впадины сустава. Функция сустава отсутствует.

Анкилоз в раннем детском возрасте приводит к нарушению роста нижней челюсти на стороне поражения и деформации челюстно-лицевой об-

ласти. Для отличительного распознавания костного анкилоза и деформирующего артроза, фиброзного анкилоза необходимо выполнить томограммы в прямой и боковой проекциях.

Поражение височно-нижнечелюстных суставов выявляют у 50 % больных ревматизмом. В начальных стадиях рентгенологически отмечается лишь нарушение подвижности головки, при обострении — остеопороз элементов сустава, нечеткость кортикальных пластинок, сужение суставной щели, ограничение подвижности головки. В дальнейшем эти изменения служат фоном для развития дегенеративно-дистрофических изменений.

Артриты височно-нижнечелюстного сустава, развивающиеся у 60 % больных болезнью Бехтерева, вызывают фиброзный или костный анкилоз с утратой функции сустава.

## **12.11. Рентгенодиагностика заболеваний слюнных желез**

Крупные слюнные железы (околоушная, поднижнечелюстная, подъязычная) имеют сложное трубчато-альвеолярное строение: они состоят из паренхимы и протоков I—V порядков (соответственно междольковые, междольковые, внутридольковые, вставочные, исчерченные).

**Околоушная железа.** Ее рост и формирование происходят до 2 лет. Размеры железы у взрослого: вертикальный 4—6 см, сагиттальный 3—5 см, поперечный 2—3,8 см. Длина околоушного (стенонова) протока 40—70 мм, диаметр 3—5 мм. В большинстве случаев проток имеет восходящее направление (косо сзади кпереди и вверх), иногда — нисходящее, реже форма его прямая коленчатая, дугообразная или раздвоенная. Форма железы неправильно-пирамидальная, трапециевидная, иногда полулунная, треугольная или овальная.

С целью исследования околоушной железы выполняют рентгенограммы в лобно-носовой и боковой проекциях. В лобно-носовой проекции ветви железы проецируются кнаружи от нижней челюсти, а в боковой они накладываются на ветвь нижней челюсти и занижнечелюстную ямку. Выходя из железы на уровне переднего края ветви, проток открывается в преддверие полости рта соответственно коронке второго верхнего моляра. На лобно-носовых рентгенограммах происходит проекционное укорочение протока. Наиболее оптимальные условия для изучения протока создаются на ортопантомограммах.

**Поднижнечелюстная слюнная железа** имеет уплощенно-округлую, яйцевидную или эллипсоидную форму, длина ее 3—4,5 см, ширина 1,5—2,5 см, толщина 1,2—2 см. Основной поднижнечелюстной (вартонов) выводной проток имеет длину 40—60 мм, ширину 2—3 мм, в устье до 1 мм; как правило, он прямой, реже дугообразный, открывается по обе стороны от уздечки языка.

Размеры подъязычной слюнной железы 3,5x1,5 см. Подъязычный (бартолинов) выводной проток имеет длину 20 мм, ширину 3—4 мм, открывается по обе стороны уздечки языка.

В связи с анатомическими особенностями (узкий проток открывается в нескольких местах подъязычной складки или в поднижнечелюстной протоке) произвести сиалографию подъязычной железы не удастся.

Инволютивные изменения крупных слюнных желез проявляются уменьшением размеров желез, происходит удлинение и сужение просвета протоков, они приобретают сегментарный, четкообразный вид

В зависимости от этиологии и патогенеза различают следующие заболевания слюнных желез: 1) воспалительные; 2) реактивно-дистрофические сиалозы; 3) травматические; 4) опухолевые и опухолеподобные.

Воспалительное заболевание протока слюнной железы получило название «сиалодохит», паренхимы железы — «сиаладенит». Инфицирование паренхимы слюнных желез происходит через протоки из полости рта или гематогенно.

Острое воспаление слюнной железы является относительным противопоказанием к проведению сиалографии, так как возможно ретроградное инфицирование при введении контрастного вещества. Диагноз устанавливают на основании клинической картины результатов серологического и цитологического исследований слюны.

Хронические неспецифические воспаления слюнных желез делят на интерстициальные и паренхиматозные.

В зависимости от выраженности изменений в железе на сиалограммах выделяют три стадии процесса: начальную, клинически выраженную и позднюю.

Методики рентгенологических исследований включают бесконтрастную рентгенографию в различных проекциях, сиалографию, пневмосубмандибулографию, компьютерную томографию и их сочетания.

**Хронический паренхиматозный сиаладенит** поражает преимущественно околоушные железы. В этих случаях наблюдается лимфогистиоцитарная инфильтрация стромы, местами отмечается запустевание протоков в сочетании с их кистозным расширением (рис. 111.377, III.378).

В начальной стадии на сиалограмме выявляются округлые скопления контрастного вещества диаметром 1—2 мм на фоне неизменных паренхимы и протоков.

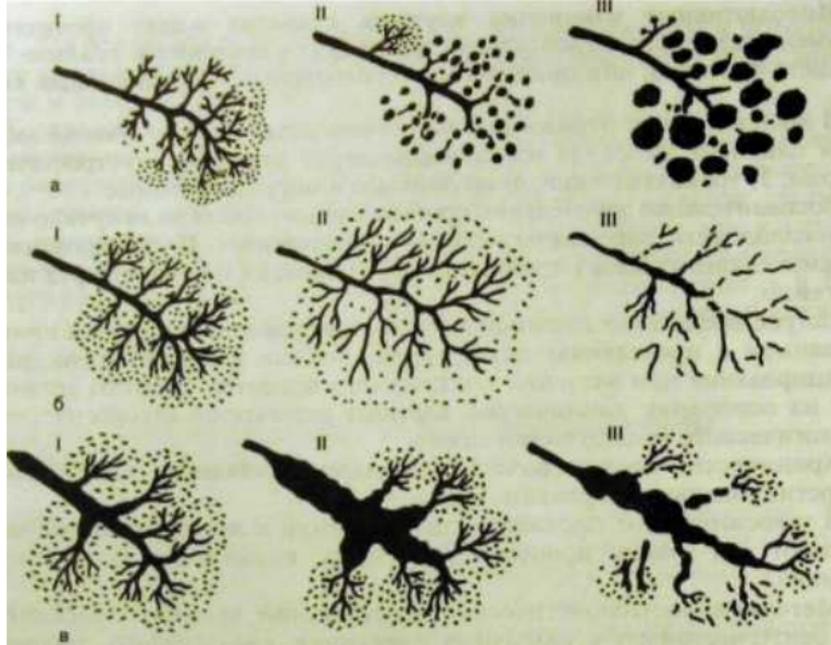
В клинически выраженной стадии резко сужены протоки II—IV порядков, контуры их ровные и четкие; железа увеличена, плотность паренхимы уменьшена, появляется большое количество полостей диаметром 2—3 мм.

В поздней стадии в паренхиме происходят образование абсцессов и рубцевание. Видны множественные различной величины и формы (преимущественно округлые и овальные) скопления контрастного вещества в полостях абсцессов (диаметр их от 1 до 10 мм). Протоки IV и V порядков на сиалограмме сужены, на отдельных участках отсутствуют. Масляное контрастное вещество задерживается в полостях до 5—7 мес.

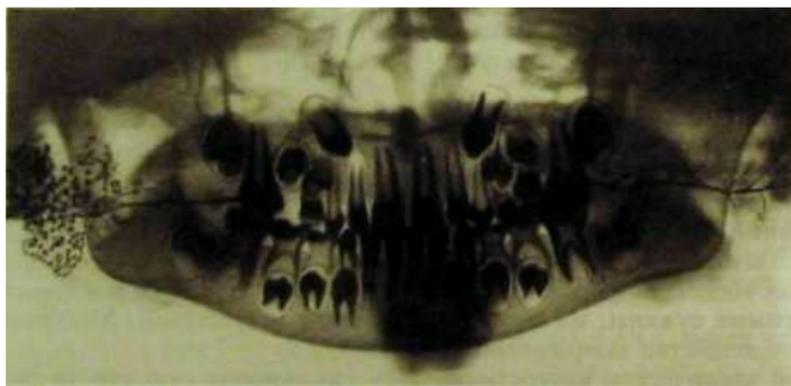
При **хроническом интерстициальном сиаладените** отмечают разрастание стромы, гиалинизация с замещением и давлением паренхимы и протоков фиброзной тканью. Преимущественно поражаются околоушные железы, реже — поднижнечелюстные.

В начальной стадии процесса выявляются сужение протоков II—V порядков и некоторая неравномерность изображения паренхимы железы (рис. III.379; см. рис. III.377).

В клинически выраженной стадии протоки II—IV порядков значительно сужены, плотность паренхимы уменьшена, железа увеличена, контуры протоков ровные, четкие (см. рис. III.377).



**Рис. 111.377.** Схематическое изображение изменений в слюнной железе при хроническом паренхиматозном паротите (а), хроническом интерстициальном паротите (б) и хроническом сиалодохите (в) в начальной (I), клинически выраженной (II) и поздней (III) стадиях заболевания [по Ромачевой И.Ф. и др., 1987].



**Рис. 111.378.** Ортопантомограмма. Хронический правосторонний паренхиматозный паротит (поздняя стадия).

В поздней стадии все протоки, включая основной, сужены, контуры их неровные, на отдельных участках не контрастируются.

Диагноз **специфических хронических сиаладенитов** (при туберкулезе, актиномикозе, сифилисе) устанавливают с учетом серологических и гистологических исследований (обнаружение друз при актиномикозе, микобак-



**Рис. III.379.** Сиалогамма левой поднижнечелюстной слюнной железы. Хронический интерстициальный сиаденит.



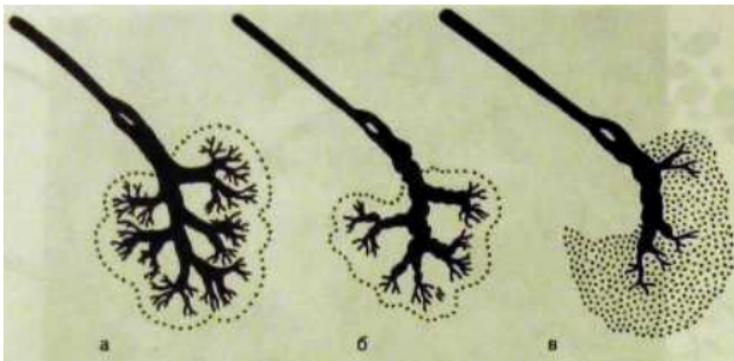
**Рис. III.380.** Сиалогамма левой поднижнечелюстной слюнной железы. Сиалодохит.

терий при туберкулезе). У больных туберкулезом выявление на рентгенограмме обызвествлений в железе имеет важное диагностическое значение. На сиалогамме обнаруживают множественные полости, заполненные контрастным веществом.

**Хронический сиалодохит.** Преимущественно поражаются протоки околоушных желез (см. рис. III.377; рис. III.380).

В начальной стадии на сиалогамме главный выводной проток неравномерно расширен или не изменен, расширены протоки I—II, иногда II—IV порядков. Расширенные участки протоков чередуются с неизмененными (вид четок).

В клинически выраженной стадии просвет протоков значительно расширен, контуры их неровные, но четкие. Участки расширения чередуются с местами сужения.



**Рис. III.381.** Схема изменений поднижнечелюстной слюнной железы на разных стадиях слюнно-каменной болезни [по Ромачевой И.Ф. и др., 1987].

а — в стадии ретенции слюны все протоки за конкрементом расширены; б — картина хронического сиалодохита, развивающегося в результате повторных воспалительных процессов в протоках; в — рубцовые изменения вследствие повторных обострений воспалительного процесса.



**Рис. III.382.** Рентгенограмма дна полости рта вприкус. Камень в протоке правой поднижнечелюстной слюнной железы.

В поздней стадии на сialogрамме участки расширения и сужения протоков чередуются; иногда ход протоков прерывается.

**Слюнно-каменная болезнь** (сиалолитиаз) — хроническое воспаление слюнной железы, при котором в протоках образуются конкременты (слюнные камни). Наиболее часто поражается поднижнечелюстная (рис. III.381, III.382), реже — околоушная и крайне редко — подъязычная железа. На долю слюнно-каменной болезни приходится около 50 % всех случаев заболеваний слюнных желез.

Один или несколько камней располагаются преимущественно в местах изгиба основного протока, масса их колеблется от нескольких долей грамма до нескольких десятков граммов. Они локализуются в железе или вне ее. Окончательный диагноз устанавливают после проведения рентгенологического или ультразвукового исследования.

Камни могут располагаться в главном выводном протоке или в протоках I—III порядков (их принято называть «камни железы»). Камни в большинстве случаев обызвествлены и на рентгенограмме определяются в виде четко очерченных плотных теней округлой или неправильно-оваль-

ной формы. Интенсивность тени variabelна, определяется химическим составом и величиной камней. Для диагностики камней вартонова протока поднижнечелюстной слюнной железы применяют внутриротовую рентгенографию дна полости рта вприкус, а при подозрении на «камни железы» - рентгенографию нижней челюсти в боковой проекции. При рентгенографии околушной слюнной железы производят рентгенограммы нижней челюсти в боковой проекции и снимки в лобно-носовой проекции.

С целью выявления необызвествленных (рентгенонегативных) камней и оценки изменений в слюнной железе особое значение имеет сиалография с применением водорастворимых препаратов. На сиалограммах камни имеют вид дефекта наполнения. Иногда они обволакиваются, пропитываются контрастным веществом и становятся видимыми на снимке.

В начальной стадии на сиалограмме определяется расширение всех протоков, расположенных за конкрементом (стадия ретенции слюны).

В клинически выраженной стадии участки расширения и сужения протоков чередуются.

В поздней стадии в результате повторных обострений возникают рубцовые изменения, приводящие к образованию дефектов наполнения. Контуры протоков железы неровные.

Рентгенологически выявляют камни размером 2 мм и более, лучше видны камни, расположенные в железе.

В группу реактивно-дистрофических процессов включены болезнь Шегрена и болезнь Микулича.

**Болезнь и синдром Шегрена.** Заболевание проявляется прогрессирующей атрофией паренхимы слюнных желез с развитием фиброзной соединительной ткани и лимфоидной инфильтрации.

В начальной стадии заболевания изменения на сиалограммах отсутствуют. В дальнейшем появляются экстравазаты вследствие повышения проницаемости стенок протоков. В поздних стадиях возникают полости округлой и овальной формы диаметром до 1 мм, протоки III—V порядков оказываются незаполненными. По мере прогрессирования заболевания полости увеличиваются, контуры их становятся нечеткими, протоки не заполняются, основной проток расширен. В целом сиалографическая картина такая же, как при хроническом паренхиматозном сиаладените.

**Болезнь Микулича.** Заболевание сопровождается лимфоидной инфильтрацией или развитием грануляционной ткани на фоне хронического воспалительного процесса.

На сиалограмме основной проток слюнной железы сужен. Лимфоидная ткань, сдавливая протоки в воротах долек, делает невозможным заполнение мельчайших протоков контрастным веществом.

**Доброкачественные в злокачественные образования слюнных желез.** На сиалограммах при злокачественных опухолях ввиду их инфильтративного роста граница между нормальной тканью и опухолью нечеткая, соответственно опухоли виден дефект наполнения. При доброкачественных опухолях определяется дефект наполнения с четкими контурами. Заполнение протоков в периферических отделах опухоли позволяет предположить доброкачественный характер процесса. Диагностические возможности расширяются при комбинации сиалографии с компьютерной томографией.

При подозрении на злокачественную опухоль сиалографию предпочтительнее проводить с применением водорастворимых контрастных веществ, которые выделяются и рассасываются быстрее, чем масляные. Это важно, так как у некоторых больных в дальнейшем планируется проведение лучевой терапии.

**Ультразвуковая диагностика заболеваний слюнных желез.** Метод позволяет диагностировать сиаладениты в разных стадиях их развития, дифференцировать их от лимфаденита внутрижелезистых лимфатических узлов.

На эхограммах хорошо визуализируются камни независимо от степени их минерализации.

При новообразованиях слюнных желез появляется возможность уточнить их локализацию и распространенность.

## МОЛОДОМУ ИССЛЕДОВАТЕЛЮ

*Я видела, как голубь шел по льду.  
Он падал и скользил, и злится от бессилья.  
Л было все легко, он просто позабыл,  
Что у него есть воздух, небо, крылья!*

Г. Новицкая

*Если путь твой к познанию мира ведет,  
Как бы ни был он долог и труден — вперед.*

Фирдоуси

Продолжим рассуждения, начатые ранее. Важной составной частью профилактической медицины является превентивная радиология. Следует ожидать увеличения ее роли в планомерном оздоровлении всех членов общества. Лучевые методы будут играть важную роль в диспансеризации выбранных контингентов, а в дальнейшем — всего населения с организацией последующего диспансерного наблюдения и лечебно-оздоровительных мероприятий.

**Проблема третья.** Необходима отработка организации и форм превентивной радиологии. В настоящее время на авансцену выдвигаются пять форм массового лучевого скрининга: 1) обследование беременных (ультразвуковые методы и радиоиммунный анализ); 2) флюорография легких (для выявления туберкулеза и рака легкого); 3) маммография и сономаммография; 4) абсорбциометрия скелета (для оценки минеральной плотности костей); 5) сонография предстательной железы (у мужчин старше 50 лет с положительной реакцией на специфический простатический антиген). Очень важна научная разработка этой проблемы.

**Проблема четвертая.** До настоящего времени не существует подлинной прогностической профилактики заболеваний у представителей разных профессий. Нужны организационные формы, методы и средства профессионального отбора и изучения адаптации работников к новым условиям жизни и труда в промышленности, аграрном секторе и других

Мы не знаем, когда Вам доведется познакомиться с этим учебником. Ясно лишь, что студентам и врачам будущего десятилетия придется работать в новых условиях, которые потребуют нового подхода к диагностическим ситуациям. По нынешним временам несколько лет - это большой срок. Радиологи смогут, по-видимому, использовать для диагностики практически все физические поля и излучения. При этом нужные данные будут получать с помощью преимущественно бесконтактных и малоопасных или вообще безвредных для организма способов. Так будет даже при использовании ионизирующих излучений, так как удастся применить датчики, воспринимающие раздражители чрезвычайно малой интенсивности. Ведь воспринимают те же фоторецепторы глаза действие одного или двух квантов света!

Объективизация выявления симптомов будет в значительной степени обеспечена их выражением в цифровой форме. Применение наборов математических алгоритмов для реконструкции изображений позволит проводить автоматический анализ результатов обследования больного. В сложных случаях врачу послужат опорой информационно-поисковые системы, которые предоставят в его распоряжение не только данные литературы, но также изображения, полученные во всех случаях предполагаемой болезни, зарегистрированные в банках медицинских данных. Однако в связи с этим возникают новые научные и организационные проблемы.

*Проблема пятая.* Необходимы разработка и оценка эффективности тактики комплексного обследования больных с различными патологическими состояниями. В третьей части учебника мы привели некоторые типовые схемы, отражающие тактику лучевого исследования при поражениях разных органов (так называемые ветвящиеся диагностические программы). Однако нужно составить подобные программы, включающие не только лучевые, но и все другие диагностические методики, определить диагностический «вес» всех основных симптомов, проверить чувствительность и специфичность разных приемов, оценить эффективность намечаемых алгоритмов, изучить экономическую сторону дела, составить компьютерные программы для поликлиник, больниц и диагностических центров.

*Проблема шестая.* Жизнь — это непрерывные циклы обмена химических веществ. Главным препятствием в познании организма является чрезвычайно сложное строение биологических объектов. Так, например, у человека 10 млн генов. Невообразимо море сигналов, составляющих суть регуляторных процессов. В человеческом мозге в течение 1 с совершается около  $10^{14}$  элементарных операций. Какие средства информационной технологии способны охватить этот мир? В какой мере диагностике помогут новые возможности переноса анализа из двухмерного мира в реальное трехмерное пространство, а также создание радиологической виртуальной интроскопии?

*Проблема седьмая (философско-психологическая).* С одной стороны, развитие телемедицины драматически изменит привычную взаимосвязь пациента и врача и приведет к некоторой перестройке инфраструктуры медицинской помощи. Будет создан рынок телерадиологических услуг. Однако

перед нами неизбежно встанут вопросы о медико-правовых основах телерадиологии и, в частности, обеспечении конфиденциальности телерадиологических консультаций. С другой стороны, не уменьшит ли автоматический анализ результатов исследования, базирующийся преимущественно на изучении цифровых кодов, роль визуализации как универсального до последнего времени принципа исследования в лучевой диагностике? Не вытеснит ли цифрократия видеократию? Не поведет ли всеобщая информационная технологизация к потере индивидуальности врача? По выражению Ханны Арендт, не станет ли тотальная «машина» организовывать жизнь людей без права иметь права?

Если хотя бы эти завораживающие воображение перспективы не могут Вас воодушевить и не пробудят в Вас фантазию — качество величайшей ценности для исследователя, то нам остается надеяться, что вы найдете точку приложения своих творческих сил в других областях теории и практики медицины.

## Часть IV Лучевая терапия

*Когда одни кормились рядом с другими на  
дне беспомощной лодки,  
мне вдруг померещилось, будто бы буря,  
и ночь, и я стали единым целым и что мы  
выживаем, ибо в нашем лице выживает само  
Мироздание.*

Рауль Сурита (Чили)



• Дама в саду? клад Моне, 1867

Мы не случайно начали эту часть учебника с благородных слов Монтеня. Известный популяризатор медицины австрийский врач Гуго Глязер писал: «Медицина, которая служит человеку, складывается из науки и искусства, и над ними простирается чудесный покров героизма». Трудно придумать лучшее определение для лучевой терапии. Эта клиническая дисциплина прошла сравнительно короткий, но славный исторический путь — от первых робких попыток лечения кожных болезней рентгеновским излучением (1896) до всеми признанного метода лечения больных со злокачественными опухолями и некоторыми неопухолевыми заболеваниями.

С высоты сегодняшнего дня история лучевой терапии представляет собой «драму идей». На *первом этапе* применение рентгеновского излучения основывалось на эмпирических данных. Метод использовали для лечения кожных заболеваний и грибковых поражений (с целью удаления волос — эпиляции). В 1902—1903 г. в России впервые при лечении рака кожи применили препараты радия. В 1903 г. М.Я. Брейтман на XIV Международном съезде врачей доложил о первых результатах радиевой терапии заболеваний кожи по материалам русских авторов. В 1906 г. приват-доцент Клиники кожных болезней Московского университета Д.Ф. Решетилло выпустил первое отечественное руководство по лучевой терапии «Лечение лучами Рентгена с предварительным изложением рентгенологии и рентгенодиагностики». В 1911 г. известный русский ученый Е.С. Лондон опубликовал первую в мире монографию «Радий в биологии и медицине». Однако возможности воздействия на глубоко расположенные органы были ограничены из-за повреждения кожи, которая поглощала большое количество лучей низкой энергии.

Вскоре технический прогресс в области рентгентехники открыл путь к облучению глубоко расположенных тканей и органов. Начался *второй период* развития лучевой терапии, в котором отправным пунктом стала идея массивного однократного облучения опухоли. Эта идея получила наибольшее признание в Германии и США. Лечение проводили главным образом хирурги и гинекологи, которые видели свою задачу в уничтожении опухоли путем однократного подведения к ней большой дозы ионизирующего излучения. Опухолевая ткань, в которой происходит интенсивный клеточный обмен, должна дать выраженную реакцию на такое ударное воздействие. Фактически речь шла не о лучевой терапии, а о лучевой хирургии.

Установлено, что под влиянием интенсивного облучения препаратами радия или рентгеновским пучком опухоль уменьшается в результате некроза ее чувствительных элементов. В связи с этим в те годы считали высшим техническим достижением получение как можно большей дозы за кратчайший период. Однако значительное повреждение окружающих опухоль здоровых тканей, тяжелая интоксикация организма и прогрессирующее расстройство кровообращения в облученной области не только лимитировали дозы, но и приводили к тяжелым осложнениям и даже смерти больных.

*Третий этап* лучевой терапии заслуженно связывают с именем французского радиолога Клода Рего. В противоположность сторонникам концепции, господствовавшей во втором периоде, он и его сотрудники стремились избежать некроза и ожога и добиться избирательного разрушения опухоли с воз-

можно меньшим повреждением окружающих структур. В экспериментах, начатых в 1919 г., было показано, что повторные облучения в сравнительно небольших дозах значительно эффективнее массивных однократных воздействий. В 1922 г. К. Рего и его сотрудники представили Международному конгрессу оториноларингологов, проходившему в Париже, 6 больных раком гортани, у которых были получены отличные результаты лучевой терапии. Трое из них хорошо себя чувствовали даже спустя 15 лет после лечения.

С этого момента стало ясно, что *лучевая терапия — самостоятельная специальность*, которой не должны «по совместительству» заниматься хирурги, гинекологи или онкологи, поскольку, помимо технических знаний, требовалось серьезное внимание к проблемам радиобиологии. Подчеркнем, что французские и русские радиологи того времени на первый план выдвинули принцип индивидуального подхода к больному. Они больше интересовались состоянием больного, чем величиной дозы облучения. «...Вот наш скальпель, а вот — X-лучи, вскоре, вероятно, получим еще какой-нибудь биологический или химический фактор. Это удел всех приходящих и уходящих традиций. Позвольте же нам отделить себя от них и, прежде чем мы уйдем, продолжим служить нашему Богу, который есть Забота и Любовь» (К. Рего)

На смену третьему периоду, для которого было характерно проведение лечения в условиях тщательного клинического наблюдения, но без твердого заранее составленного плана, пришел новый, *четвертый, этап*, на котором в основу лучевой терапии группа английских физиков и радиологов (так называемая манчестерская школа) положила четкий дозиметрический контроль и предельную точность в наводке пучка излучения на очаг. Разработаны таблицы распределения излучения разной энергии в тканях тела человека. Требовалось педантичное определение величины и положения опухоли и скрупулезный расчет дозы излучения, поглощенной в опухоли, окружающих тканях и организме в целом. Новый период ознаменовался тесным сотрудничеством лучевых терапевтов и физиков, осуществляющих дозиметрическое планирование.

На основе концепций, разработанных на предыдущих этапах, развернулся нынешний, *пятый, период* развития лучевой терапии. Он знаменуется кооперацией специалистов, сочетанием физико-дозиметрических, технических, клинических и радиобиологических подходов к лечению каждого больного с опухолевым или неопухолевым заболеванием.

## **1. ПРИНЦИПЫ РАДИАЦИОННОЙ ОНКОЛОГИИ (СТРАТЕГИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ)**

*Знание некоторых принципов легко возмещает незнание некоторых фактов.*

Гельвеции

Главной стратегической основой эффективности хирургического, лучевого и медикаментозного лечения является ранняя диагностика опухолево-

Го "современная онкология - мультидисциплинарная наука. Стратегия лечения определяется взаимодействием хирурга (онколога), лучевого терапевта

и химиотерапевта. Правильный выбор метода лечения – это, по существу, критический момент для пациента. Недаром говорят, что первый шанс излечить злокачественную опухоль — это часто последний шанс, и его нельзя упустить: ошибочный выбор может оказаться фатальным для больного.

В онкологической клинике применяют три основных варианта лечения больного: хирургический, лучевой и медикаментозный (химиотерапия). Лечение может быть чисто хирургическим, чисто лучевым или чисто медикаментозным. Оно может заключаться в комбинации оперативного вмешательства и облучений или курса химиотерапии и облучений — комбинированное лечение.

Сочетание с химиотерапией позволяет существенно уменьшить дозу облучения больного. Цель комбинации лучевого и хирургического методов состоит в том, чтобы посредством облучений уничтожить радиочувствительные клетки в опухоли и зоне ее субклинического распространения, а с помощью операции удалить центральное ядро опухоли, в котором сконцентрированы радиорезистентные гипоксические клетки. Наконец, нередко используют комплекс, состоящий из хирургической операции, курса облучений и курса химиотерапии — *комплексное лечение*. Лучевая терапия занимает важное место в этом комплексе. Так, поданным Л.П. Симбирцевой (1987), лучевую терапию применяют при опухолях шейки матки в 98 %, полости рта и глотки в 93 %, гортани в 82 %, кожи в 78 %, молочной железы в 52,3 % случаев. В общем радикальное или паллиативное лучевое лечение используют у 50—60 % всех **онкологических больных**.

**В** основе лечебного применения ионизирующих излучений лежит их биологическое действие, т.е. способность вызывать изменения в клетках, тканях, органах и организме в целом. Это действие по своему характеру всегда повреждающее и выражается в функциональных сдвигах и анатомических изменениях в облучаемых органах и во всем организме.

Степень повреждений, возникающих в связи с облучением, различна. Небольшие повреждения приводят к усилению регенеративных способностей тканей и в определенных ситуациях — к нормализации нарушенных функций, тогда как значительные повреждения обуславливают такие изменения, за которыми следуют дистрофические процессы и гибель клеток и тканей.

Биологическое действие оказывает та часть энергии излучения, которая была передана тканям. Ее называют *поглощенной дозой излучения*. В случае онкологического заболевания «мишенью» является *опухоль*. Стратегия лучевого лечения основывается на знании физики ионизирующих излучений, в частности их взаимодействия с биосубстратом, и на данных клинической радиобиологии.

Ионизирующее излучение — мощный лечебный фактор, и его нужно точно дозировать и подводить к опухоли строго отмеренными порциями и в определенные интервалы времени. С этой целью используют разные методы и технические устройства.

Существующие методы облучения больных делят на *дистанционные* и *контактные*. При *дистанционном* облучении источник излучения находится на расстоянии от больного, при *контактном* - прилежит к патологическому очагу. Этого добиваются путем размещения радиоактивных препаратов на поверхности облучаемого участка - *аппликационный метод*, введения их в полость органа - *внутриполостное облучение* или непосредственно в ткань опухоли - *внутриканевый метод*.

Разновидность контактного метода - применение радиоактивных препаратов, находящихся в *жидком агрегатном состоянии*, - *истинные*, или *коллоидные, растворы*, предназначенные для приема внутрь или введения в кровь. Для лечения некоторых заболеваний сочетают *одновременное* или *последовательное дистанционное и контактное облучение*. Такая методика получила название *\*сочетанная лучевая терапия\**.

Показания к лучевой терапии определяют совместно клиницист и лучевой терапевт на основании оценки состояния органов и систем больного и характеристики опухоли. Главенствует принцип: «Лечить не опухоль, а больного, страдающего опухолевым заболеванием».

Отсюда — необходимость полного индивидуального диагноза. «*Ignoti nulla curatio morbi*» (лат.) — «Нельзя лечить неузнанную болезнь». Облучение — мощный фактор воздействия как на опухоль, так и на весь организм человека, поэтому с помощью клинических, лучевых, инструментальных и лабораторных методов определяют состояние органов и систем больного, локализацию и характер роста опухоли, стадию ее развития.

В тех случаях, когда это возможно, стадию заболевания устанавливают по системе TNM, где Т — параметры опухоли, N — наличие или отсутствие поражения лимфатических узлов, M — наличие или отсутствие отдаленных метастазов. В подавляющем большинстве случаев требуется морфологическое подтверждение клинического диагноза посредством биопсии, цитологического исследования пунктатов или смывов.

Во всех случаях проведения лучевой терапии лечебный комплекс направлен на повреждение опухоли, сохранение окружающих здоровых тканей и укрепление защитных сил организма.

Лечение злокачественных опухолей может быть радикальным, паллиативным и симптоматическим. Радикальное лечение предусматривает полное уничтожение опухолевых элементов как в первичном очаге, так и в зонах возможного метастазирования.

Такое лечение осуществимо при четко отграниченных опухолях в отсутствие метастазов или при одиночных метастазах в регионарных лимфатических узлах без отдаленных метастазов. Цель *паллиативного лечения* - *продлить жизнь больного, задержать рост и распространение опухоли. Симптоматическая терапия* - это разновидность паллиативного лечения. Ее проводят чтобы «снять» наиболее тяжелые проявления болезни, например боли в костях при метастазах рака или нарушение кровотока и отек тканей при сдавлении верхней полой вены опухолью.

Показания и противопоказания к радикальной, паллиативной или симптоматической терапии устанавливают на основании результатов обследования больного, т.е. в каждом случае индивидуально.

Радикальная лучевая терапия показана главным образом в тех случаях, когда опухоль не может быть удалена оперативным путем. При радиочувствительных опухолях используют курс облучений, нередко комбинируя его с химиотерапией. При радиорезистентных новообразованиях, особенно в ранней стадии, предпочитают комбинацию курса облучений с оперативным вмешательством.

В самостоятельном виде лучевую терапию часто применяют при раке кожи и полости рта, опухолях глотки и гортани, гипофиза, пищевода, молочной железы, мелкоклеточных формах рака легкого, раке шейки и тела матки, мочевого пузыря, прямой кишки и некоторых других локализаций. Большое значение приобрела лучевая терапия злокачественных лимфом, семином, опухоли Юинга. Лучевая терапия показана при рецидивах опухоли после хирургического или комбинированного лечения и локальных метастазах в лимфатических узлах, костях, легких.

Лучевую терапию не следует применять при очень тяжелом состоянии больного, резком истощении, анемии и лейкопении, острых септических состояниях, декомпенсированных поражениях сердечно-сосудистой системы, печени, почек. Относительным противопоказанием является активный туберкулез легких. К числу местных противопоказаний относится распространение опухоли на соседние полые органы и прорастание ею крупных сосудов. Лечение всегда осложняется сопутствующим воспалительным процессом, на который должно быть направлено медикаментозное лечение.

После принципиального решения о необходимости лучевой терапии составляют план лечения больного. Он включает три основных пункта: 1) *клинико-радиобиологическое обоснование лучевого воздействия*; 2) *дозиметрическое планирование облучений*; 3) *технологическое обеспечение курса лучевой терапии*.

## **2. КЛИНИКО-РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛУЧЕВОГО ЛЕЧЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ**

*О, если бы в пустыне просиял  
Живой родник и влагой засверкал!  
Как смятая трава, приподнимаясь,  
Упавший путник ожил бы, привстал.*

**Омар Хайям**

*Ни одно из наших желаний не останется неисполненным,  
если мы проникнем достаточно глубоко в фундамент жизни.*

**А. Сент-Дьерди**

Лучевое лечение больных строят на основе представлений экспериментальной и клинической радиобиологии. Именно они позволяют выбрать необходимую суммарную дозу облучения и оптимальный режим лучевого воздействия.

В первой части учебника было кратко описано биологическое действие различных видов ионизирующего излучения. Здесь же уместно рассмотреть влияние облучения на опухолевую ткань: ведь именно опухоль служит объектом воздействия лучистой энергии.

## 2. 1. Действие ионизирующего излучения на опухоль

Опухоль — это сложная клеточная система с определенной внутренней организацией. В ней в разных соотношениях сочетаются клеточные популяции и неклеточные компоненты соединительной ткани. Эта система реагирует на излучение в соответствии с общими радиобиологическими закономерностями.

Как фотонные, так и корпускулярные излучения вызывают в молекулах ДНК опухолевых клеток разнообразные повреждения — одно- и двунитевые разрывы, изменения азотистых оснований, сшивки ДНК — белок. При электронной микроскопии определяются набухание и вакуолизация ядра, митохондрий, цистерн и канальцев эндоплазматического ретикулума и пластинчатого комплекса (комплекс Гольджи), расслоение и разрывы мембран.

Вследствие генных мутаций и хромосомных aberrаций, обусловленных повреждением нуклеопротеидов, клетки после ряда делений погибают. В опухоли появляется также много гигантских клеток. Это те клетки, которые потеряли способность к размножению, но еще продолжают расти. Ядра клеток принимают необычную форму, в них скапливается хроматин в виде отдельных глыбок. В цитоплазме возникают вакуоли.

Опухоль расслаивается на отдельные фрагменты вследствие разрастания грануляционной ткани, в которой избыточно много капилляров, эпителиоидных и лимфатических клеток, гистиоцитов, фибропластов. Существенные изменения происходят в сосудах, питающих опухоль. Мелкие сосуды облитерируются, в результате чего нарушается трофика тканей. В крупных сосудах развиваются эндофлебит и эндартериит, что также приводит к нарушению питания опухоли. При достаточной дозе излучения гибнут все опухолевые клетки, а грануляционная ткань постепенно превращается в рубцовую.

Радиочувствительность клетки, т.е. ее реакция на облучение, определяется большим числом факторов. Она зависит от возраста и состояния больного, состояния окружающих опухоль тканей, гистологического типа новообразования, соотношения в нем объемов клеточных и стромальных элементов, скорости репопуляции клеток, наличия некротических участков, количества клеток с небольшим содержанием кислорода. Среди всех факторов явно доминируют два: количество гипоксических клеток и непролиферирующих покоящихся клоногенных элементов.

Опухоли любого и даже одинакового гистологического строения всегда содержат как *недифференцированные, так и дифференцированные клетки*. *Васкуляризация* и *оксигенация* этих клеток неодинаковы: имеются клетки, нормально насыщенные кислородом, с пониженным насыщением (гипоксические) и резко пониженным (аноксические). Количество клеток разного рода зависит от кровоснабжения, но также от развития стромы, состояния

сосудистого русла в ложе опухоли и других факторов. Появлению гипоксических клеток способствует пониженное давление перфузии и локальное расширение сосудов, а также наличие многочисленных артериовенозных соустьев, по которым артериальная кровь, не насытив ткань опухоли кислородом, сбрасывается в венозное колено кровотока. В ранних стадиях развития опухоли процент гипоксических клеток невелик, но по мере ее роста он значительно возрастает. При облучении опухоли клетки с высоким содержанием кислорода погибают, а гипоксические клетки выживают и служат источником продолженного роста. Для уничтожения этих клеток требуется очень высокая доза излучения (примерно в 3 раза больше, чем для оксигенированных клеток), которая превосходит выносливость окружающих нормальных тканей.

Здоровые ткани и опухолевая ткань мало различаются по радиочувствительности. Причинами радиорезистентности опухолей являются, как уже отмечалось, большая доля гипоксических клеток и способность опухоли к быстрой репопуляции. Успех лучевой терапии зависит от создания наибольшей концентрации излучения в опухоли и направленного изменения радиочувствительности опухоли и окружающих ее нормальных тканей с помощью различных средств и методов.

Следовательно, основной проблемой лучевой терапии является искусственное управление лучевыми реакциями нормальных и опухолевых клеток с целью максимального повреждения опухоли и сохранения нормальных тканевых элементов.

Средства, которые усиливают поражение опухоли или ослабляют лучевые реакции здоровых клеток, называют *радиомодифицирующими агентами*.

## **2.2. Управление лучевыми реакциями опухолей и нормальных тканей**

Самым старым способом управления радиочувствительностью опухолевых и нормальных тканей является изменение условий облучения — вариации суммарной и разовых доз, ритма и времени облучений, т.е. режима облучения.

### **2.2.1. Выбор режима облучения**

Первая задача состоит в том, чтобы подвести к опухоли *оптимальную суммарную дозу*. Оптимумом принято считать уровень, при котором достигается наивысший процент излечения при приемлемом проценте лучевых повреждений нормальных тканей.

На практике *оптимум* — это суммарная доза, при которой излечивают более 90 % больных с опухолями данной локализации и гистологической структуры и повреждения нормальных тканей возникают не более чем у 5 % больных (рис. гв.1). Значение локализации подчеркнуто не случайно: ведь осложнение осложнению рознь! При лечении опухоли в области позвоночни-

ка недопустимо даже 5 % лучевых миелитов, а при облучении гортани — даже 5 % некрозов ее хрящей.

На основании многолетних экспериментальных и клинических исследований установлены примерные *эффективные поглощенные дозы*. Микроскопические агрегаты опухолевых клеток в зоне субклинического распространения опухоли могут быть ликвидированы при облучении в дозе 45—50 Гр в виде отдельных фракций в течение 5 нед. Приблизительно такие же объем и ритм облучений необходимы для разрушения радиочувствительных опухолей типа злокачественных лимфом.

Для уничтожения клеток плоскоклеточного рака и аденокарциномы требуется доза 65—70 Гр в течение 7—8 нед, а радиорезистентных опухолей — сарком костей и мягких тканей — свыше 70 Гр примерно за тот же срок. В случае комбинированного лечения плоскоклеточного рака или аденокарциномы ограничиваются облучением в дозе 40—45 Гр за 4—5 нед с последующим хирургическим удалением остатка опухоли.

При выборе дозы учитывают не только гистологическое строение опухоли, но и особенности ее роста. Быстро растущие новообразования более чувствительны к ионизирующему излучению, чем медленно растущие. *Экзофитные* опухоли отличаются большей радиочувствительностью, чем *эндофитные*, инфильтрирующие окружающие ткани.

Эффективность биологического действия разных ионизирующих излучений неодинакова. Приведенные выше дозы указаны для «стандартного» излучения. За *стандарт принимают действие рентгеновского излучения с граничной энергией 200 кэВ и со средней линейной потерей энергии 3 кэВ/мкм. Относительная биологическая эффективность такого излучения (ОБЭ) принята за 1*. Примерно такой же ОБЭ отличаются гамма-излучение и пучок быстрых электронов. ОБЭ тяжелых заряженных частиц и быстрых нейтронов значительно выше — порядка 10. Учет этого фактора, к сожалению, достаточно труден, так как ОБЭ разных фотонов и частиц неодинакова для различных тканей и доз за фракцию.

Биологическое действие излучения определяется не только величиной суммарной дозы, но и временем, в течение которого она поглощается. Путем подбора оптимального соотношения доза — время в каждом конкретном случае можно добиться максимально возможного эффекта. Данный принцип реализуют путем дробления суммарной дозы на отдельные фракции (разовые дозы). При *фракционированном облучении* клетки опухоли облучаются в разные стадии роста и размножения, т.е.

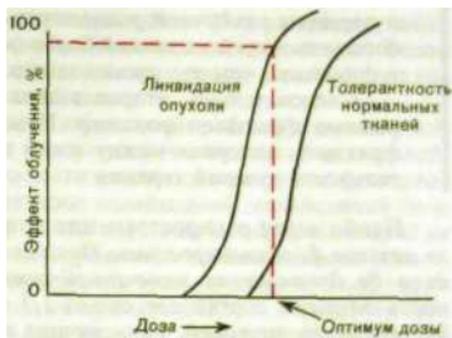


Рис. ГУЛ. Кривые зависимости эффекта облучения от радиочувствительности опухоли и толерантности нормальных тканей.

в периоды различной радиопоражаемости. При нем используется способность здоровых тканей более полно восстанавливать свою структуру и функцию, чем это происходит в опухоли.

Следовательно, вторая задача заключается в выборе правильного режима фракционирования. Нужно определить разовую дозу, число фракций, интервал между ними и соответственно общую продолжительность лучевой терапии.

Наибольшее распространение в практике получил *режим классического мелкого фракционирования*. Опухоль облучают в дозе 1,8—2 Гр 5 раз в неделю до достижения намеченной суммарной дозы. Общая продолжительность лечения составляет около 1,5 мес. Режим применим для лечения большинства опухолей, обладающих высокой и умеренной радиочувствительностью.

При *крупном фракционировании* ежедневную дозу увеличивают до 3—4 Гр, а облучение выполняют 3—4 раза в неделю. Такой режим предпочтительнее для радиорезистентных опухолей, а также для новообразований, клетки которых имеют высокую потенцию к восстановлению сублетальных повреждений. Однако при крупном фракционировании чаще, чем при мелком, наблюдаются лучевые осложнения, особенно в отдаленном периоде.

С целью повышения эффективности лечения быстро пролиферирующих опухолей применяют *мультифракционирование*: облучение в дозе 2 Гр проводят 2 раза в день с интервалом не менее 4—5 ч. Суммарная доза уменьшается на 10—15 %, а продолжительность курса — на 1—3 нед. Опухолевые клетки, особенно находящиеся в состоянии гипоксии, не успевают восстановиться после сублетальных и потенциально летальных повреждений. Крупное фракционирование применяют, например, при лечении лимфом, мелкоклеточного рака легкого, метастазов опухоли в шейных лимфатических узлах.

При медленно растущих новообразованиях используют режим *гиперфракционирования*: ежедневную дозу облучения 2,4 Гр разбивают на 2 фракции по 1,2 Гр. Следовательно, облучение проводят 2 раза в день, но ежедневная доза несколько больше, чем при мелком фракционировании. Лучевые реакции выражены нерезко, несмотря на увеличение суммарной дозы на 15—25 %.

Особым вариантом является так называемый *расщепленный курс облучения*. После подведения к опухоли половины суммарной дозы (обычно около 30 Гр) делают перерыв на 2—4 нед. За это время клетки здоровых тканей восстанавливаются лучше, чем опухолевые. Кроме того, в связи с уменьшением опухоли оксигенация ее клеток повышается.

При *внутриклеточном лучевом воздействии*, когда в опухоль имплантируют радиоактивные источники, используют *непрерывный режим облучения в течение нескольких дней или недель*. Достоинством такого режима является воздействие радиации на все стадии клеточного цикла. Ведь известно, что клетки наиболее чувствительны к облучению в фазе митоза и несколько меньше в фазе синтеза, а в фазе покоя и в начале постсинтетического периода радиочувствительность клетки минимальна.

При *дистанционном фракционированном облучении* также пытались использовать неодинаковую чувствительность клеток в разные фазы цикла.

Для этого больному вводили химические препараты (5-фторурацил винкристин), которые искусственно задерживали клетки в фазе синтеза. Такое искусственное накопление в ткани клеток, находящихся в одной фазе клеточного цикла, называют синхронизацией цикла.

Таким образом, применяют много вариантов дробления суммарной дозы, и их необходимо сравнивать на основе количественных показателей. Для оценки биологической эффективности различных режимов фракционирования Ф.Эллис предложил концепцию *номинальной стандартной дозы (НСД)*. НСД — это суммарная доза за полный курс облучений, при которой не происходит существенного повреждения нормальной соединительной ткани. Также предложены и могут быть получены из специальных таблиц такие факторы, как *кумулятивный радиационный эффект (КРЭ)* и *отношение время — доза — фракционирование (ВДФ)*, для каждого сеанса облучения и для всего курса облучений.

## 2.2.2. Физические и химические средства радиомодификации

Эффективность лучевого воздействия может быть повышена путем усиления радиопоражаемости опухоли или ослабления лучевых реакций нормальных тканей. С этой целью используют ряд физических и химических факторов, которые называют *радиомодифицирующими агентами*.

Успех лучевой терапии опухолей тесно связан с *кислородным эффектом*, о котором уже упоминалось ранее. Под кислородным эффектом понимают зависимость лучевых биологических реакций от снабжения клеток кислородом, а именно: снижение их радиочувствительности при уменьшении содержания кислорода. При облучении тяжелыми заряженными частицами или нейтронами кислородный эффект почти не играет роли, но для остальных видов ионизирующих излучений он весьма существен.

Кислородный эффект можно использовать в лучевой терапии двумя путями: повысить оксигенацию опухоли или уменьшить содержание кислорода в здоровых тканях (вызвать их гипоксию). В первом случае повышается радиочувствительность опухоли, во втором — увеличивается устойчивость (радиорезистентность) нормальных тканей.

С целью повышения оксигенации опухоли больного облучают в условиях повышенного давления кислорода, помещая его в барокамеру. Здоровые ткани содержат оптимальное количество кислорода, поэтому увеличение его содержания в плазме крови не приводит к повышению их радиочувствительности. Что же касается гипоксических клеток опухоли, то при этом происходит диффузия кислорода в эти клетки и радиочувствительность их повышается.

Для технической реализации методики *оксибарорадиотерапии* необходимы барокамера и радиотерапевтический аппарат, так как кислород проявляет сенсibiliзирующее действие только в момент лучевого воздействия. Оксibarорадиотерапия особенно эффективна при лечении опухолей головы и шеи.

Снижения радиочувствительности нормальных тканей добиваются, обеспечивая вдыхание пациентом во время облучения *гипоксических смесей*,

содержащих около 10 % кислорода. Больной вдыхает смесь через обычную маску, соединенную с наркозным аппаратом. Состав смеси постоянно контролируют с помощью газоанализатора. Такую методику лечения называют *гипоксирадитерапией*.

В качестве *радиомодифицирующих агентов* применяют химические соединения, которые повышают чувствительность опухоли к излучению. К таковым относятся *электроноакцепторные вещества*, из которых на практике используют *метронидазол* и *мизонидазол*. Имитируя функцию кислорода — его сродство к электрону, эти соединения избирательно сенсibiliзируют гипоксические опухолевые клетки, повышая их радиопоражаемость. К сожалению, оба препарата токсичны (особенно мизонидазол). Тем не менее уже прием метронидазола внутрь в дозе 6 г/м<sup>2</sup> обеспечивает концентрацию его в крови, при которой отмечается радиосенсибилизирующий эффект. По возможности дополнительно осуществляют аппликацию тампона с метронидазолом на область опухоли. С целью защиты нормальных тканей используют производные индолилалкиламинов (мексамин) и меркаптоалкиламинов (цистамин).

Более перспективными модификаторами при лучевой терапии оказались искусственная кратковременная *гипергликемия* и *гипертермия*. Наиболее выраженный эффект получен при их сочетании: вначале проводят облучение, за которым следует глюкозная нагрузка, после чего выполняют гипертермию опухоли. Основными факторами повышения эффективности облучения при этом являются подавление кровотока, снижение внутриклеточного рН, нивелирование клеток по фазам клеточного цикла.

Опухолевые клетки по сравнению с нормальными обладают способностью к интенсивному гликолизу, т.е. биологическому расщеплению глюкозы с образованием молочной кислоты. Нарушение микроциркуляции также способствует удержанию в опухоли молочной кислоты. Поскольку опухоль исключительно активно поглощает из крови глюкозу, введение ее в организм больного приводит к более быстрому накоплению глюкозы в опухоли — к временной *гипергликемии* опухоли. Для поддержания гипергликемии в течение 3 ч требуется 230—520 г глюкозы при среднем уровне гликемии 25 ммоль/л.

К числу агентов, потенцирующих радиационный эффект, относится и *гипертермия*. Первый международный симпозиум по данной проблеме состоялся в Вашингтоне в 1975 г. За прошедшие годы разработаны системы нагрева опухоли и контроля за ее температурой. Локальный нагрев осуществляют с помощью генераторов электромагнитного излучения в СВЧ-, УВЧ- и ВЧ-диапазонах. На практике для глубоко лежащих опухолей применяют излучение с частотой 3—16 МГц. Можно прогревать новообразования, находящиеся на любой глубине. Созданы антенны-излучатели и для внутрисполостного нагревания (например, опухоли прямой кишки). Температуру опухоли поддерживают на уровне 42—44 °С в течение 1 ч. Термоконтроль осуществляют с помощью катетерных полупроводниковых датчиков или инвазивных термодатчиков-термисторов на базе инъекционной иглы. Нагреваемую при гипертермии поверхность кожи охлаждают с помощью специальных прокладок.

Самостоятельный терапевтический потенциал гипертермии и гипергликемии невелик. К тому же при СВЧ-гипертермии реакции несколько сильнее. Однако в комбинации с облучением достигается выраженный эффект, особенно при радиорезистентных опухолях, не окруженных толстой жировой прослойкой (во избежание ее перегрева). При сочетании облучения (в обычных условиях или в условиях вдыхания гипоксических газовых смесей) с кратковременной гипергликемией (2-3 ч) и локальной сверхчастотной гипертермии, а в случае необходимости дополняя этот комплекс оперативным вмешательством, удается добиться стойкого эффекта даже у больных, которые еще недавно считались инкурабельными.

Сочетание различных радиомодифицирующих воздействий — так называемая *полнорadiомодификация* — перспективный путь дальнейшего развития лучевой терапии злокачественных опухолей.

### **3. КЛИНИКО-ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

*Цифры не управляют миром, но указывают, как им управлять.*

В. Гете

На успех лечения влияют многие факторы: локализация и стадия развития опухоли, ее строение, примененный вид ионизирующего излучения, избранная суммарная доза радиации и ее распределение во времени. Однако независимо от типа технического устройства и характера используемого излучения существует единый определяющий принцип лучевой терапии, исходя из которого разрабатывают тактику лечения и выбирают средства ее реализации.

Основное правило лучевой терапии опухолей состоит в том, чтобы сконцентрировать максимум энергии излучения в опухолевой ткани при максимальном снижении дозы в окружающих непораженных тканях и во всем организме. В связи с этим главная клинико-дозиметрическая задача заключается в создании в теле больного наиболее благоприятного пространственного распределения намеченных поглощенных доз излучения как для всего курса лечения, так и для каждого отдельного сеанса облучения.

Составляя дозиметрический план лечения, лучевой терапевт и инженер-физик основываются на сведениях двоякого рода: данных об облучаемом объеме и желаемой поглощенной дозе в нем; радиационно-физической характеристике имеющихся в отделении радиотерапевтических аппаратов.

#### **3.1. Выбор поглощенной дозы и ее распределение в облучаемом объеме**

Лучевой терапевт намечает необходимую дозу излучения для каждого новообразования. При этом он руководствуется радиобиологическими закономерностями, изложенными выше, и результатами осмотра больного.

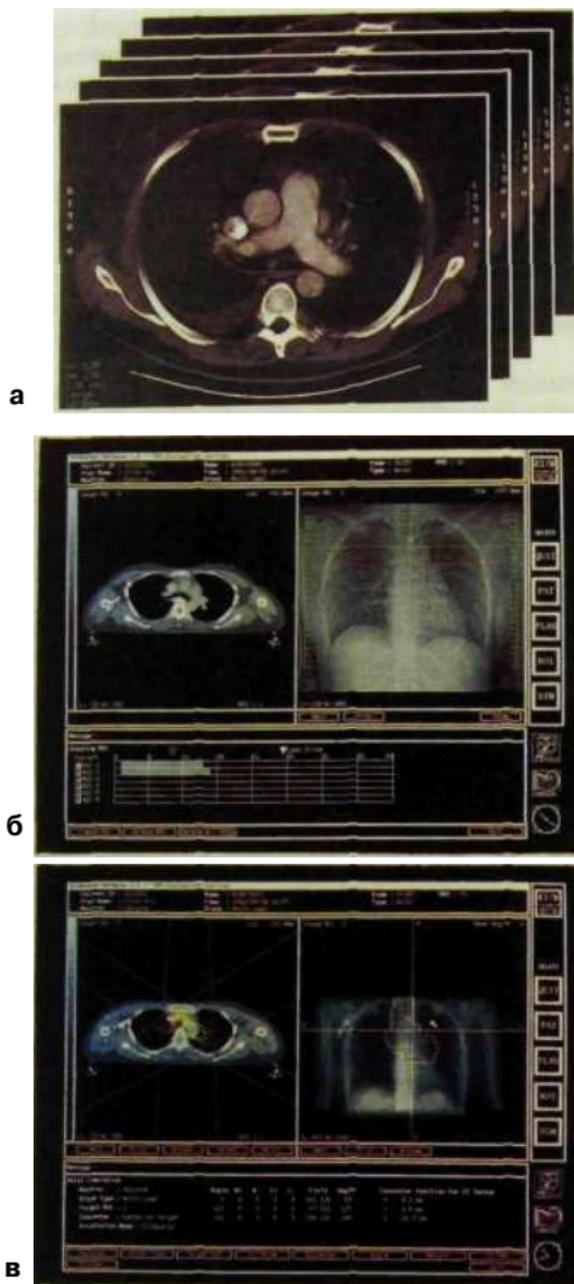


кую тонометрию. На основе рентгенограмм в прямой и боковой проекциях можно построить поперечные (аксиальные), сагитальные и фронтальные топометрические схемы. В большинстве радиологических кабинетов "w<sup>1</sup>^o|T<sup>аиичиив</sup>" аются схемами сечения тела в поперечной плоскости (рис. IV.2). Поперечный срез делают на уровне центра опухоли, но при больших новообразованиях - на двух-трех уровнях. Для того чтобы воспроизвести размеры и контуры тела на избранном уровне, при рентгеноскопии на коже больного можно отметить положение центра опухоли в двух взаимно перпендикулярных проекциях, а затем посредством свинцовой ленты смоделировать периметр тела и на ленте пометить точки проекций. Полученный чертеж переносят на бумагу. Созданы также специальные несложные приборы, используемые с той же целью — *механические контуромеры*.

Однако лучшим способом *тонометрии* является изготовление компьютерных томограмм облучаемой области (рис. IV.3). Для специалиста, составляющего дозиметрический план, важно знать не только локализацию и объем опухоли, но и структуру тканей по всему сечению тела. *Вычислительный комплекс (КТ + ЭВМ)* выдает *трехмерную картину дозного поля и имитирует дозиметрический план лечения с суммарной погрешностью не более 5 %*. Большим достоинством томограмм является отображение всех тканей, окружающих новообразование, в частности наиболее чувствительных к излучению органов — так называемых *критических органов*, для головы и шеи критическими органами считают головной и спинной мозг, глаза, орган слуха, для груди — спинной мозг, легкие и сердце, для живота — почки и спинной мозг, для таза — мочевой пузырь и прямую кишку. Кроме того, для всех областей тела критическим органом является кожа.

Для того чтобы составить представление о распределении поглощенных доз в облучаемой среде, на топометрические схемы наносят *изодозные кривые* и получают таким образом карту изодоз (см. рис. IV.2). *Изодозные линии соединяют точки с одинаковым значением поглощенной дозы*. Обычно отмечают не абсолютные значения поглощенных доз (их, как известно, выражают в грях), а относительные — в процентах от максимальной поглощенной дозы, принимаемой за 100%. *В практике лучевой терапии дозное распределение считают приемлемым, если вся опухоль заключена в зоне 100—80% изодозы, зона субклинического распространения опухоли и регионарного метастазирования находится в пределах 70—60% изодозы, а здоровые ткани — не более 50—30% изодозы*.

В радиологических отделениях имеются атласы типовых дозиметрических планов для дистанционного, внутритоплостного и сочетанного облучения. В атласах приведены стандартные изодозные карты, построенные по результатам измерений, проведенных в однородной тканеэквивалентной среде. В качестве подобной среды целесообразно использовать воду вследствие ее подобия мягким тканям человеческого тела. Однако стандартное дозное распределение всегда корректируют по приготовленной для пациента *изодозной карте*, чтобы осуществить индивидуальный расчет, поскольку распределение доз в теле каждого больного отличается от фантомного в связи с различиями в анатомо-топографических соотношениях, плотности и размерах тканей, конфигурации опухоли и других индивидуальных особенностях.



**Рис. IV.3.** Этапы компьютерного планирования лучевой терапии.

**а** — получение серии послынных снимков; **б** — определение локализации опухоли; **в** — дозиметрические расчеты.

При составлении плана облучения инженер-физик основывается на первичной дозиметрической информации относительно излучения имеющихся в отделении радиотерапевтических аппаратов. Все эти аппараты всегда снабжены набором изодозных карт для типичных геометрических условия облучения. Для характеристики радиационного выхода источника излучения используют понятие «экспозиционная доза».

Под экспозиционной дозой излучения понимают количество энергии, поглощенной из данного пучка в единице массы воздуха.

Системной единицей экспозиционной дозы является кулон на килограмм (Кл · кг<sup>-1</sup> *внесистемной* — рентген (Р).  $1 Р = 2,58 \cdot 10^{-4} Кл \cdot кг^{-1}$ .

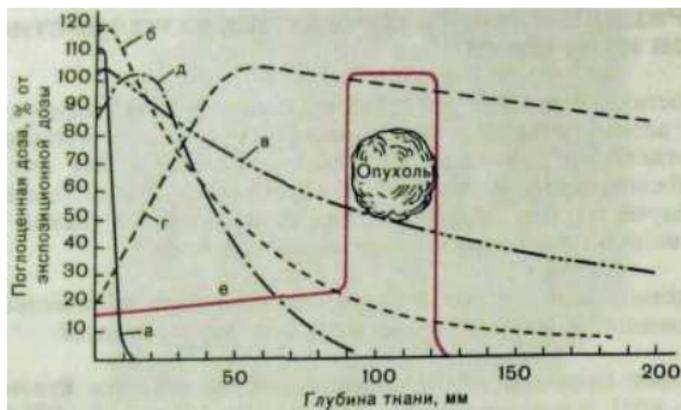
Р — доза излучения, при которой сопряженная корпускулярная эмиссия в 0,001293 г на 1 СМ<sup>3</sup> воздуха производит в воздухе ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака. Производные единицы — миллирентген (мР) и микрорентген (мкР).

Доза излучения, измеренная в течение определенного отрезка времени, называется мощностью экспозиционной дозы. Внесистемной единицей этой величины является рентген в секунду (минуту, час). В системе СИ единицей мощности экспозиционной дозы является ампер на килограмм ( $A \cdot кг^{-1} / Pc > = 2,5810^{-4} Акг^{-1}$ ).

Сравнительный анализ изодозных карт различных радиотерапевтических аппаратов позволяет сделать ряд выводов, важных для планирования облучений (рис. IV.4).

Так, рентгеновское излучение низких и средних энергий, т.е. генерируемое при анодном напряжении 30—200 кВ, обуславливает максимум поглощенной дозы на поверхности тела человека. Следовательно, сильнее всего облучается кожа. В глубине тканей доза непрерывно и значительно уменьшается. При анодном напряжении 40 кВ доза на глубине 3 см составляет всего 10 % от дозы на поверхности. При анодном напряжении 200 кВ излучение проникает, естественно, глубже. Однако и здесь наблюдается быстрое и значительное уменьшение поглощенной дозы: на глубине 10 см остается всего 20 % от поверхностной дозы. При глубоко расположенной опухоли основная часть энергии поглощается не в «мишени», а в здоровых тканях. К тому же из-за низкой энергии фотонов возникает много лучей рассеяния, также поглощаемых в здоровых тканях. Большое количество рентгеновского излучения поглощается в костной ткани, что может привести к повреждению кости и хряща. В связи с изложенным рентгенотерапевтические установки используют только для облучения поверхностно лежащих новообразований.

Гамма-установки, заряженные <sup>60</sup>Со, испускают почти однородный пучок фотонов сравнительно большой энергии (1,17 и 1,33 МэВ). Максимум поглощения сдвигается на 0,5 см вглубь, в результате чего уменьшается облучение кожи. На глубине 10 см остается не менее 50 % поверхностной дозы. Следовательно, относительные глубинные дозы выше, чем при использовании рентгенотерапевтических установок. К тому же поглощение гамма-излучения мало различается в мягких и костной тканях.



**Рис. IV.4.** Распределение поглощенной энергии излучения в тканях при воздействии разных видов излучения.

а — рентгеновское излучение, генерируемое при напряжении 30 кВ; б — рентгеновское излучение, генерируемое при напряжении 200 кВ; в — гамма-излучение  $^{60}\text{Co}$  (энергия гамма-квантов 1,17 МэВ); г — тормозное излучение с энергией фотонов 25 МэВ; д — быстрые электроны с энергией 30 МэВ; е — протоны с энергией 160 МэВ.

В свою очередь значительные преимущества перед гамма-излучением имеет *тормозное излучение высокой энергии*. В частности, при энергии фотонов 25 МэВ максимум поглощенной дозы находится на глубине 4–6 см от поверхности тела больного. Ткани, расположенные перед этим уровнем, получают не более половины максимальной дозы. Однако у тормозного излучения есть недостаток — сравнительно медленное уменьшение дозы после достижения ее максимума (см. рис. IV.4). Это означает, что сильно облучаются ткани за опухолью.

*Линейные ускорители* производят также пучки электронов высокой энергии. В этом случае максимум поглощенной дозы определяется на глубине 1–3 см, после чего доза быстро снижается и на глубине 10 см ткани практически не облучаются. Это оптимально для неглубоко расположенных новообразований. Однако для облучения опухолей, залегающих в глубине тела, особыми достоинствами обладают пучки тяжелых заряженных частиц (протонов, альфа-частиц, отрицательных пи-мезонов — пионов).

*Протоны высокой энергии* до момента «остановки» в тканях движутся практически прямолинейно. Попадая в ткани, они постепенно замедляют ход, причем линейная потеря энергии (ЛПЭ) возрастает, достигая максимума в конце пробега (см. рис. IV.4). Если пучок состоит из протонов примерно одинаковой энергии, то длина пробега у них сходна и максимум поглощения энергии создается в конце пути. Этот «острый» максимум называют пиком Брэгга. Поскольку протоны мало рассеиваются в тканях, то облучение можно проводить очень тонким пучком, которым удастся избирательно разрушать внутри тела человека участки объемом менее  $1\text{ см}^3$  (например, опухоль гипофиза).

Ориентируясь на намеченную поглощенную дозу и выбранный вид излучения, инженер-физик наносит на топометрическую схему сечения тела расчетные данные — процентные глубинные дозы в «мишени» и окружающих тканях и органах. По сравнению со стандартными картами изодоз из атласов ему приходится вносить ряд поправок: на объем «мишени» и ее конфигурацию, кривизну поверхности тела в данной области, неоднородность тканей. В частности, необходимо учитывать наличие скоплений воздуха (например, в легочной ткани, гортани), костных массивов и т.д.

Ответственным моментом является выбор направления пучков излучения, числа и величины входных полей. Лишь при небольших поверхностных образованиях удастся добиться необходимой поглощенной дозы через одно поле (с помощью излучения лазера или низковольтной рентгенотерапии). Некоторые небольшие опухоли целесообразно лечить с помощью размещенных над ними *аппликаторов* с набором радиоактивных препаратов. Однако в большинстве случаев лучевую терапию осуществляют путем *облучения «мишени» с нескольких полей*. Иногда выбирают *поля сложной конфигурации («фигурные»)*. В связи с этим инженеру-физику приходится выполнять ряд расчетов, выбирая оптимальное направление пучков излучения, расстояние от источника до поверхности тела, вспомогательные устройства, формирующие необходимое сечение пучка.

Значительным шагом вперед в дозиметрическом планировании явилось создание *программ для ЭВМ*, которые позволяют на основании клинического задания, адаптированного к конкретному пациенту, определить оптимальные условия облучения. ЭВМ дает возможность установить минимум полей облучения и наиболее выгодную ориентацию их. При комбинации ЭВМ с компьютерным томографом расчет дозиметрического плана выполняют за доли секунды. Более того, инженер-физик или лучевой терапевт может с помощью светового «карандаша» взаимодействовать с ЭВМ, сопоставляя различные варианты облучения.

## 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

*Нет предела развитию человечества, и никогда человечество не скажет себе: «Стоит, довольно, больше идти некуда».*

Виссарион Белинский

В радиологических центрах и отделениях имеется широкий ассортимент технических средств, предназначенных для лечения больных различными квантовыми и корпускулярными излучениями. По характеру источника радиации эти средства делят на две большие группы: *1) электрофизические установки; 2) радиоактивные препараты закрытого и открытого типов*. Совокупность технических (исполнительских) устройств и приспособлений для получения излучений и для их применения в лечебной практике принято называть *радиационной терапевтической техникой*.

Лучевую терапию проводят в специализированных радиологических отделениях и кабинетах лучевой терапии. Радиологические отделения организуют, как правило, в составе онкологических диспансеров.

*Радиологическое отделение* представляет собой комплекс, включающий блоки для дистанционного облучения, применения закрытых радиоактивных источников, диагностики и лечения открытыми радиоактивными препаратами, кабинеты для планирования лучевого лечения и дозиметрии излучений, а также стационар для больных. В больших радиологических центрах стремятся иметь несколько медицинских ускорителей, позволяющих получать тормозное излучение и пучки быстрых электронов разной энергии. Один медицинский ускоритель обеспечивает обслуживание около 500 тыс. жителей.

Организация радиологических отделений связана с большими затратами на сложное радиологическое оборудование и защитные сооружения, поэтому желательно создавать отделения с большим коечным фондом. Что касается отдельных кабинетов лучевой терапии, то они сохраняются лишь в некоторых клинических учреждениях, в которых осуществляют лучевое лечение неопухолевых заболеваний.

При любом организационном варианте лучевую терапию можно проводить только в условиях хорошо налаженного радиационного контроля. Он должен обеспечивать соблюдение норм радиационной безопасности и постоянную информацию о радиационной обстановке в рабочих помещениях отделения, санитарно-защитной и наблюдаемой зонах, а также неуклонное соблюдение правил работы с источниками ионизирующего излучения.

## **4.1. Дистанционное облучение**

Для дистанционного облучения больных используют линейные ускорители, бетатроны, реже — гамма-терапевтические аппараты, а для лечения воспалительных и дегенеративных заболеваний, рака кожи — рентгенотерапевтические аппараты.

Блок дистанционного облучения располагают в отдельном здании или изолированной части лечебного корпуса. При строительстве и оборудовании кабинетов, в которых находятся радиотерапевтические аппараты, предусматривают специальные меры радиационной защиты. Работа на аппаратах допускается лишь при оформлении санитарного паспорта, который выдают местные органы Государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Все радиотерапевтические установки обеспечивают простое и точное наведение на облучаемый объект. Этому способствуют специальные рентгеновские установки, которые имитируют пучок излучения и позволяют получить изображение облучаемой области. Такие установки называют *симуляторами*. Многие из аппаратов оснащены *компьютерами*, которые позволяют в автоматическом режиме проводить облучения по заданной программе. Входная дверь в кабинет имеет электрическую блокировку; ее невозможно открыть в тот момент, когда проводят облучение больного. Для связи с больным имеются переговорное и телевизионное устройство. При входе в кабинеты имеется световое табло со знаком радиационной опасности, а внутри размещены датчики дозиметрического контроля.

Основным прибором для дистанционного облучения в последние годы становится медицинский линейный ускоритель (рис. IV.5) Он генерирует пучки фотонов или электронов высокой энергии (5-23 МэВ) Ускоритель снабжен радиационной головкой, которая позволяет формировать поля облучения. Этой цели служат специальные устройства - *коллиматоры*, в которых для тормозного излучения имеются вольфрамовые мишени и фильтры излучения, а для электронного пучка — рассеивающая фольга. В нижней части радиационной головки находится диафрагма, состоящая из вольфрамовых брусков. Перемещая их, можно создавать поля облучения различной величины.

Как уже отмечалось, лечение пучками высокой энергии линейных ускорителей имеет ряд преимуществ. С их помощью удастся подвести к мишени значительно большую дозу энергии, предохранив при этом от нежелательного облучения окружающие здоровые ткани, поэтому линейные ускорители постепенно приходят на смену гамма-терапевтическим установкам. Однако пока в онкологических диспансерах преобладают гамма-аппараты.

Отечественная промышленность выпускает такие аппараты двух типов — серии «Рокус» и серии «Агат», позволяющие выполнять автоматизированное и полуавтоматизированное облучение, управление которым осуществляет микрокомпьютер. Гамма-аппарат состоит из следующих основных частей: радиационной головки, штатива, на котором ее крепят, стола для укладки больного и пульта управления.

В радиационной головке размещается источник излучения — *препарат "Со высокой активности*. В нижней части головки имеется диафрагма, состоящая из вольфрамовых блоков. С помощью дистанционного управления диафрагмой оператор формирует необходимые поля облучения. В зависимости от конструкции аппарата головка позволяет осуществлять как статическое, так и подвижное облучение. Стол для укладки больного имеет подвижную крышку, которую легко перемещать во всех направлениях вручную или автоматически. Это дает возможность точно направить рабочий пучок на любой участок поверхности тела пациента. По сигналу с пульта управления радиоактивный препарат перемещается в рабочее положение и начинается процесс облучения. По окончании заданного срока реле времени автоматически выключает установку и прекращает облучение. Одновременно радиоактивный препарат переводится в положение хранения. Для программного управления гамма-аппаратами созданы специальные системы. В этих случаях весь режим облучения задается и контролируется индивидуально для каждого больного.

*Основной вид рентгенотерапевтических аппаратов, используемых в лучевой терапии,— близкофокусный.* Такие аппараты предназначены для облучения с небольшого расстояния патологических очагов, главным образом опухолей, расположенных на поверхности тела или слизистой оболочке полых органов.

*Близкофокусные аппараты* снабжены двумя или тремя рентгеновскими трубками которые работают при напряжении от 8 до 100 кВ. Так, отечественный аппарат РУМ-21 имеет три трубки. В основной из них

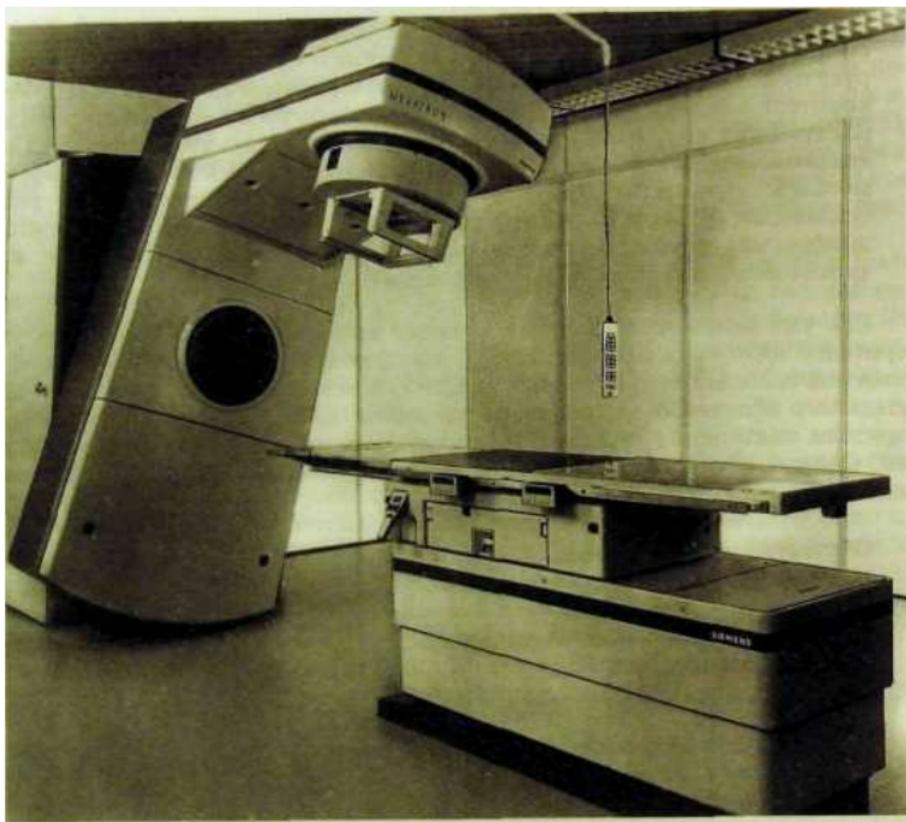


Рис. Гv.5. Линейный ускоритель.

анод имеет боковой выход пучка излучения через бериллиевое окно. Облучение проводят с расстояния 1,5–5 см. Имеется набор трубов различных формы и размеров, с помощью которых ограничивают размер облучаемого поля и обеспечивают постоянство расстояния от источника до поверхности тела. Две другие трубки — с выносным скошенным анодом и с вынесенным конусным анодом — служат для *внутриполостной терапии*. Выносной анод можно вводить в полые органы: полость рта, прямую кишку, влагалище, чтобы облучать очаг, локализующийся на слизистой оболочке.

В немногих научных и лечебных центрах для лучевой терапии используют ускорители тяжелых заряженных частиц: синхроциклотроны для получения протонов и циклотроны для нейтронного излучения. Такие ускорители представляют собой сложные инженерно-технические сооружения, оснащенные специальным электрофизическим оборудованием. В них, помимо различных физических исследований, осуществляют самостоятельную медицинскую программу. С целью ее реализации создается медицинский тракт.

## 4.2. Контактные методы облучения

Контактные облучения проводят в основном с помощью закрытых радиоактивных источников и в очень ограниченных случаях с использованием открытых радиоактивных препаратов. *Под закрытым источником излучения (закрытый радиоактивный препарат) понимают радиоактивное вещество, заключенное в такую оболочку или находящееся в таком физическом состоянии, при которых исключено распространение вещества в окружающую среду.*

В качестве закрытых источников наиболее часто используют *иглы и трубочки с  $^{137}\text{Cs}$*  (энергия гамма-излучения 0,66 МэВ, срок полураспада 30 лет) и *препараты  $^{60}\text{Co}$*  (энергия гамма-излучения 1,17 и 1,33 МэВ, срок полураспада 5,26 года). Применяют также препараты радия, проволоку из радиоактивного иридия, шарики из цезия, препараты радиоактивного золота и т.д. Открытые источники — принимаемый внутрь  $^{131}\text{I}$ , вводимый внутривенно  $^{90}\text{P}$  и коллоидный раствор радиоактивного иттрия для внутривенного введения.

*Блок закрытых источников излучения* включает специальные помещения и комнаты общепользовательного назначения (кабинеты врачей и сестер, буфетные и т.д.). К специальным помещениям относятся хранилище радиоактивных препаратов, радиоманипуляционная, процедурная, радиологическая операционная, рентгенодиагностический кабинет, кабинет для шлангового гамма-терапевтического аппарата, стационар для больных (с «активными» койками), разрядная. При входе в помещения, предназначенные для работы с радиоактивными препаратами, помещают знак радиационной опасности.

Рассмотрим всю цепочку технологического обеспечения контактных облучений. В хранилище расположены *защитные сейфы*, в которых хранятся радиоактивные препараты. Отсюда их по транспортной ленте передают в *манипуляционную*, где подготавливают к применению. На защитном манипуляционном столе с помощью дистанционного инструментария препараты вводят в *радионесущие устройства*. К последним относятся приспособления, размещаемые на поверхности кожи или слизистых оболочках (аппликаторы), эндостаты и кольпостаты, муляжи и маски, сделанные из пластмассы. В манипуляционной персонал работает за защитными ширмами, в защитных фартуках и перчатках. Аппликаторы стерилизуют антисептиками.

Из манипуляционной радионесущие устройства конвейером или на защитных тележках и в защитных боксах отправляют в *процедурную*, в которой источники излучения устанавливают на больных. Для проведения внутритканевого облучения препараты транспортируют в радиологическую *операционную*. Как процедурная, так и операционная снабжены всем необходимым защитным оборудованием. После установки или введения радиоактивных препаратов их размещение в тканях или полостях тела проверяют посредством *рентгенотелевизионного просвечивания*. *Рентгеновский аппарат лучше смонтировать с процедурным или хирургическим столом*, тогда оператор может наблюдать за введением препаратов на телевизионном экране. В противном случае больного отвозят в расположенный рядом рентгеновский кабинет. Убедившись в правильном размещении радионесущих устройств, больного транспортируют в стационар. Там его помещают в отдель-

ную защитную палату или маленькую общую палату, но с защитным ограждением койки. Каждая такая койка оборудована переговорным устройством или видеотелевизионным устройством для наблюдения за больным. Удаление источников облучения осуществляют в специальной разрядной комнате.

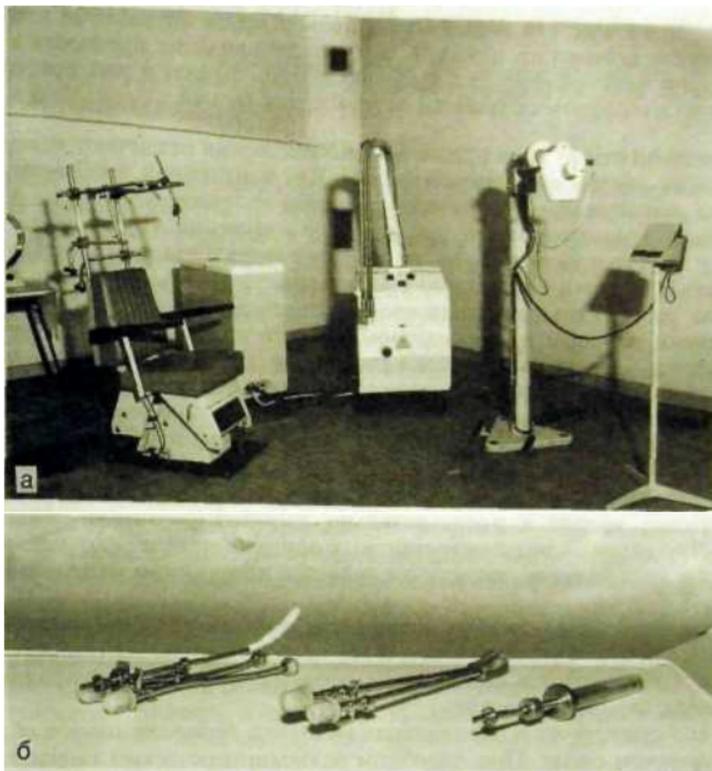
В блоках, где хранят закрытые и открытые источники, строго соблюдаются требования радиационной безопасности. Особым образом организованы сбор, хранение и удаление радиоактивных отходов. В отделениях, где используют открытые радиоактивные вещества, воздух из шкафов и боксов очищают на специальных фильтрах. Для персонала установлена предельно допустимая доза излучения, равная 50 мЗв/год, получаемая всем телом, гонадами, красным костным мозгом. В блоке, где содержатся закрытые источники, осуществляют внутриволокнистую гамма-терапию, а также аппликационную и интратканевую лучевую терапию.

*Внутриполостной метод* облучения предназначен для подведения высокой поглощенной дозы к опухоли, расположенной в стенке полого органа, при максимальном сжатии окружающих тканей. Основным радионуклидом для внутриполостной гамма-терапии является  $^{60}\text{Co}$ . Его препараты имеют вид цилиндров или шариков, покрытых тонким слоем золота, которое поглощает бета-излучение кобальта, но пропускает его гамма-излучение.

Для фиксации препаратов в облучаемой полости (полости рта, носоглотки, матки, влагалища, прямой кишки) используют специальные приспособления — *аппликаторы или эндостаты* (рис. IV.6). Каждый аппликатор состоит из одной или нескольких полых металлических трубок, например у гинекологического аппликатора их три. Центральную трубку, изогнутую по форме матки, вводят в ее полость, две другие трубки, заканчивающиеся насадками из оргстекла, — в боковые своды влагалища. Правильность расположения аппликатора проверяют при рентгенотелевизионном просвечивании. Затем в аппликатор посредством автоматических устройств вводят радиоактивные препараты, размещая их в линию или в определенном объеме (*«линейные» и «объемные» источники*). Далее вновь выполняют рентгенологическое исследование, чтобы убедиться в оптимальном расположении препаратов.

Кроме радиоактивного кобальта, являющегося источником гамма-излучения, для внутриполостной терапии применяют *радионуклид калифорния* —  $^{252}\text{Cf}$ . Он является источником не только гамма-излучения, но и нейтронов с энергией 2,35 МэВ. Нейтронное облучение обладает высокой биологической активностью. Кроме того, при взаимодействии нейтронов с тканью опухоли не имеет значения кислородный эффект. Эффект облучения не зависит от концентрации кислорода в опухолевых клетках, поэтому нейтронная внутриполостная терапия особенно показана при опухолях, резистентных к гамма-излучению и тормозному излучению.

В настоящее время оптимальным вариантом выполнения внутриполостного облучения является применение *шланговых терапевтических аппаратов*. Созданы разновидности таких аппаратов для лечения опухолей матки, прямой кишки, мочевого пузыря, полости рта, пищевода. Шланговый аппарат дает возможность осуществлять процедуру лечения в два этапа. Вначале в полость органа вводят аппликатор и рентгенологически проверяют его расположение, а затем по шлангам в аппликатор вводят ра-



**Рис. IV.6.** Шланговый аппарат для гамма-терапии, а — общий вид; б — набор эндостатов.

диоактивные источники (метод поэтапного, или последовательного, введения). Следовательно, облучения персонала во время этой процедуры не происходит. Подобный метод облучения получил название «автолодинг».

Разновидностью контактного облучения является *аппликационный метод*. Он заключается в размещении закрытых радиоактивных препаратов над поверхностно расположенными очагами поражения. Препараты располагают в муляже из пластмассы с таким расчетом, чтобы опухоль облучалась равномерно. В качестве радиоактивных источников используют  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ . Система размещения радионосных трубочек была разработана английскими учеными и известна под названием Манчестерской системы. Этот метод применяют при небольших опухолях кожи и слизистых оболочек, распространяющихся в глубину тканей не более чем на 1–2 см.

Другой разновидностью контактного воздействия является *внутриканальное облучение*. В этом случае радиоактивный препарат вводят непосредственно в ткань опухоли. Облучение ее происходит непрерывно,

вследствие чего его воздействию подвергаются опухолевые клетки во все фазы клеточного цикла. К тому же локализация препарата в самой опухоли обеспечивает его высокую концентрацию в ней при относительно несильном облучении окружающих тканей.

В зависимости от вида применяемого излучения различают *внутриканальную гамма-, бета- и нейтронотерапию*. Для постоянной имплантации используют *радионуклиды с коротким периодом полураспада* —  $^{195}\text{Au}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{125}\text{I}$ , обладающие сравнительно низкой энергией излучения. Препараты изготавливают в виде гранул или зерен, покрытых снаружи золотом или платиной. Их вводят в опухоль с помощью специальных *внедрителей*. Имплантацию в опухоль радиоактивных препаратов для временного облучения осуществляют двумя способами: посредством ручного введения или по методике последовательного введения, описанной выше. При использовании последней в опухоль первоначально вводят различные по форме *интрататы* в виде пластмассовых трубок. Расположив трубки в намеченном порядке, в их просвет ручным способом или посредством шлангового аппарата вводят радиоактивные источники ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и др.). Удобным источником для внутритканевой терапии является проволока из радиоактивного иридия, которую вводят в предварительно имплантированные нейлоновые трубки. Для лечения радиорезистентных опухолей применяют *радионесные трубочки с калифорнием*, так как он является источником нейтронного излучения.

Внедрение радиоактивных препаратов в ткань опухоли представляет собой оперативное вмешательство, и его необходимо выполнять в условиях асептики и антисептики. Обязательно соблюдение всех правил радиационной защиты, описанных выше.

Однако существует и специальная методика *внутриканального облучения на операционном столе*. При подобном радиохирургическом вмешательстве опухоль удаляют в пределах здоровых тканей, а в операционной ране оставляют *интратат* для последующего введения в него радиоактивного препарата. Если хирургическое удаление опухоли невозможно, то после вскрытия полого органа, лапаротомии или торакотомии в ее ткань внедряют радиоактивные источники с коротким периодом полураспада.

В последние годы развивается другая методика *интраоперационного облучения*. После предоперационного курса дистанционного или сочетанного облучения обнажают опухоль, находящуюся в брюшной полости, выполняют резекцию новообразования, а затем больного транспортируют в кабинет дистанционной лучевой терапии. Облучение целесообразнее проводить электронным пучком. С этой целью используют набор тубусов-аппликаторов разного диаметра. Для того чтобы были видны остаток опухоли или ее ложе, тубусы сделаны из пластика. Методика обеспечивает хорошее дозное распределение, так как желудок и петли кишечника можно отодвинуть от «мишени», а позади остатка опухоли или зоны ее субклинического распространения доза излучения быстро уменьшается.

При диссеминации опухоли по плевре или брюшине можно прибегнуть к введению в серозную полость коллоидного раствора радиоактивного иттрия или золота. Подобное паллиативное лечение направлено в первую очередь на ликвидацию сопутствующего опухоли плеврита или асцита.

## 5. КУРС ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

*Важнейшая ошибка при лечении болезни та, что есть врачи <то тела и врачи йля души, в то время как то и другое неразделимо.*

Платон

Больных направляют на лучевое лечение врачи разных специальностей — онкологи, хирурги, терапевты, дерматологи, эндокринологи, гинекологи и др. У поступающего на лечение должны быть направление или история болезни. В этих документах содержатся краткие клинические данные, диагноз заболевания, указания на проведенное ранее лечение, а также мотивы, по которым считается необходимой лучевая терапия.

Лучевой терапевт должен убедиться в правильности диагноза. Для этого он обязан лично ознакомиться с историей болезни, осмотреть больного, сопоставить данные клинического обследования с результатами лабораторных исследований, обратив особое внимание на картину крови и костного мозга. В том случае, если имеющихся сведений недостаточно, лучевой терапевт назначает дополнительные исследования.

При опросе выясняют, не проводилось ли больному в прошлом лучевое лечение. Если оно имело место, то следует узнать все подробности (когда и по какой методике выполняли лучевую терапию, какие отделы организма облучали, в какой суммарной дозе, какие осложнения наблюдались). Нельзя полагаться только на сообщение больного — нужна выписка из истории болезни или письменная справка из медицинского учреждения, в котором он проходил лечение. Это крайне важно, потому что при лечении опухолей повторный курс облучения можно проводить только через 60—70 дней после окончания первого и с учетом условий предыдущего облучения. Впрочем, выше уже отмечалось, что эффективность повторных курсов низка. Первый курс должен быть максимально радикальным и по возможности единственным.

На основании результатов всестороннего обследования больного онколог, лучевой терапевт и химиотерапевт (а нередко терапевт и гематолог) вырабатывают согласованную стратегию лечения. Она зависит от локализации опухоли, ее размеров, гистологической природы и стадии развития.

Опухоль небольшого размера может быть излечена с помощью как оперативного вмешательства, так и лучевой терапии. В этом случае выбор метода зависит прежде всего от локализации новообразования и возможных косметических последствий вмешательства. К тому же нужно учитывать, что опухоли, исходящие из разных анатомических областей, различаются по своим биологическим характеристикам.

*К числу опухолей, поддающихся радикальному лечению (радиокурабельные опухоли) относят рак кожи, губы, носоглотки, гортани, молочной железы, шейки матки и эндометрия, предстательной железы, а также ретинобластомы медуллобластомы, семиномы, дисгерминомы яичника, локализованные лимфомы и лимфогранулематоз.* Разумеется, успех может быть достигнут на относительно ранних стадиях роста опухоли.

Лучевое уничтожение большой опухоли наталкивается на почти непреодолимые трудности ввиду лучевого повреждения ее сосудов и стромы с исходом в радиационный некроз. В таких случаях прибегают к *комбинированному лечению*. Комбинация лучевого воздействия и оперативного вмешательства дает хорошие результаты при опухоли Вилмса и нейробластомах у детей, раке сигмовидной и прямой кишки (так называемый колоректальный рак), эмбриональном раке яичка, рабдомиосаркомах, саркомах мягких тканей.

Оперативное вмешательство очень важно для удаления остатка опухоли после лучевой терапии. В то же время лучевая терапия показана при рецидиве раковой опухоли после хирургического или комбинированного лечения (рецидив рака кожи, нижней губы, шейки матки), а также при локальных метастазах в лимфатических узлах, костях, легких.

## 5.1. Предлучевой период

В *предлучевом периоде* проводят подготовку больного к лечению. Ее следует начинать с психологической подготовки. Пациенту разъясняют необходимость лучевого воздействия, его эффективность, указывают на возможные изменения самочувствия и некоторые лучевые реакции, особенности режима и питания. Беседа с больным должна вселить в него надежду и уверенность в хороших результатах лечения.

Дальнейшими этапами подготовки являются усиленное питание с потреблением большого количества жидкости, насыщение организма витаминами (в частности, не менее 1 г витамина С в сутки), санация облучаемых поверхностей и полостей. В местах, подлежащих облучению, кожа должна быть чистой, без садин и гнойничков. Все физиотерапевтические процедуры и медикаментозные средства для наружного применения типа мазей, болтушек отменяют. При облучении лицевого отдела головы проводят санацию полости рта. Запрещают употребление спиртных напитков и курение. При сопутствующем воспалительном процессе назначают антибиотики, при анемии — средства для ее коррекции.

Следующим ответственным этапом является *клиническая тонометрия*, описанная выше. Здесь же необходимо еще раз подчеркнуть, что в связи с появлением компьютерной и магнитно-резонансной томографии создаются принципиально новые возможности предельно точной наводки пучков излучения на «мишень». От анализа расположения «мишени» на плоскости совершается переход к объемному восприятию опухоли, от анатомической информации — к геометрическим представлениям, к построению сложных дозиметрических распределений, обеспечиваемых компьютерными программами.

На основании результатов клинико-радиобиологического анализа и топометрии подбирают такой вид излучения и такие физико-технические условия облучения, чтобы произошло поглощение намеченного количества энергии в опухоли при максимальном снижении дозы в окружающих тканях. Иными словами, устанавливают оптимальную суммарную поглощенную дозу излучения, разовую дозу (дозу от каждого облучения), общую длительность лечения.

В *предлучевом периоде* клиницисту и инженеру-физику приходится решать много задач. С учетом топографоанатомических особенностей

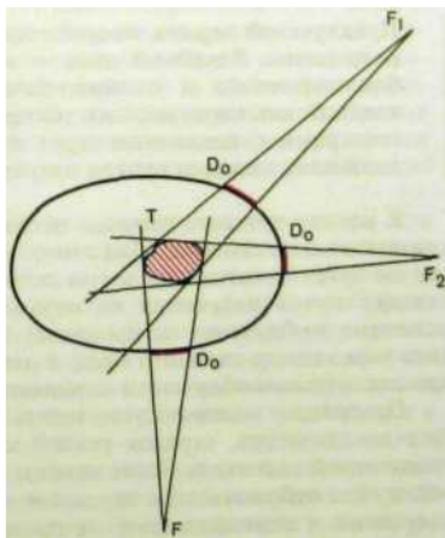
опухоли и ее гистологической структуры выбирают дистанционное контактное или сочетанное облучение. Определяют технологию облучения и вид устройства (аппарата), которое будет использовано. С лечащим врачом согласовывают условия проведения курса - амбулаторно или в стационаре. С инженером-физиком врач по дозиметрическому плану намечает оптимальное распределение полей для дистанционного облучения.

Статическое облучение можно проводить через одно входное поле на поверхности тела (*однополюсное облучение*) либо через несколько полей (*многополюсное облучение*). Если поля расположены над облучаемой областью с разных сторон таким образом, чтобы опухоль оказалась в перекресте радиационных пучков, говорят о *многополюсном перекрестном облучении* (рис. IV.7). Это наиболее распространенный способ. Он позволяет значительно увеличить очаговую дозу по сравнению с дозой в соседних органах и тканях.

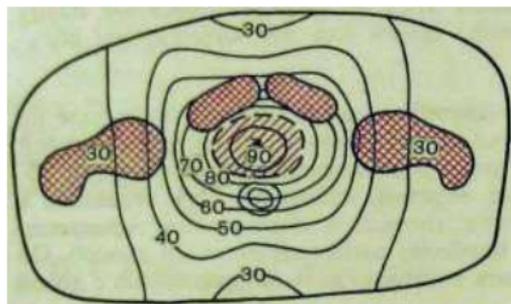
Выбор количества, локализации, формы и величины полей строго индивидуален. Он зависит от вида и энергии излучения, требуемых разовой и суммарной доз, размеров опухоли, величины зоны ее субклинического распространения. Наиболее часто используют два противлежащих поля, три поля (одно спереди или сзади и два сбоку), четыре поля с перекрещивающимися в очаге пучками.

При *подвижном облучении* источник радиации перемещается относительно больного. Наиболее распространены три способа подвижного облучения: *ротационное, секторное и касательное*. При всех этих способах пучок излучения наведен на опухоль.

В случае *ротации* облучение проводят по всему периметру тела больного. Достоинством метода является концентрация поглощенной дозы в очаге поражения с одновременным уменьшением дозы в окружающих тканях, особенно в коже. Однако интегральная поглощенная доза в организме пациента оказывается значительной. Условно можно считать, что ротационный метод является предельным вариантом многополюсного перекрестного облучения, когда количество полей крайне велико. Метод показан при локализации опухоли вблизи срединной оси тела (например, при раке пищевода).



Ряс. IV.7. Схема многополюсного перекрестного облучения,  $\rho$   $r$ ,  $F_2$  — разные положения источника излучения;  $B_0$  — доза в области входного поля для каждого положения пучка излучения; Т — опухоль, в которой скрещиваются лучи.



**Рис. IV.8.** Распределение доз при дистанционной гамма-терапии рака предстательной железы в режиме двухзонной ротации. Угол качания  $180^\circ$ , размер поля  $6 \times 9$  см, расстояние между осями ротации — 5 см.

При *секторном облучении* источник перемещается относительно тела больного по дуге в пределах выбранного угла —  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$  (рис. IV.8). Такой метод целесообразно применять при эксцентрическом расположении опухоли в теле больного (например, при раке легкого или мочевого пузыря).

При *касательном облучении* центр вращения системы находится на небольшой глубине под поверхностью тела. Тем самым пучок из перемещающегося источника все время направляется по касательной относительно облучаемого отдела тела пациента. Это выгодно при облучении поверхностно расположенного

очага достаточной протяженности (например, при диссеминации раковых узелков в коже грудной стенки после удаления молочной железы).

Предлучевой период завершается окончательным оформлением лечебного плана. Лечебный план — это набор документов клинико-радиобиологического и клинико-дозиметрического планирования, включающий как карту дозного распределения в теле пациента, так и рентгенограммы, сделанные через входные поля и подтверждающие правильность наводки пучков излучения на очаг.

К началу лучевого периода необходимо произвести *разметку полей облучения на теле больного*. Для этого пациенту придают то положение, которое он будет занимать во время лечебных облучений. Далее осуществляют наводку пучка излучения на опухоль (конечно, установка при этом не включена и облучение не проводят). Центральная ось пучка должна проходить через центр входного поля и центр опухоли, поэтому наводку на очаг при статическом облучении называют *центрацией*.

Центрацию можно осуществлять с помощью *механических средств*: тубуса-локализатора, стрелок-указателей или стержней, соединенных с радиационной головкой. Более удобны *оптические методы* центрации: световой пучок отбрасывается зеркалом в направлении пучка ионизирующего излучения и освещает поле на поверхности тела больного. Это световое поле совмещают с размеченным на коже запланированным полем и световыми «зайчиками», направленными перпендикулярно к нему от дополнительных центраторов. Однако наиболее надежны *рентгенологические средства* наводки: с помощью рабочего пучка аппарата или дополнительной рентгеновской трубки делают прицельный снимок на пленке, помещенной позади облучаемой области. На таком снимке изображение опухоли должно находиться в центре поля облучения.

В последние годы созданы специальные аппараты для рентгеновской центрами - *симуляторы*. Они „азвань, так потому чтс^призваны имитировать (симулировать) все движения источника излучения *СиТулятор-это рентгеновская установка, снабженная усилителей рент,ено7скоТшо-бражени и дисплеем для демонстрации изображения*. Трубка может перемещаться по окружности вокруг больного. Рентгеновский пучок точно имитирует лечебный пучок. При этом источник света обозначает границы рентгеновского пучка на поверхности тела пациента. По изображению на экране врач имеет возможность контролировать правильность наводки на очаг, а при наличии компьютера с помощью светового опера» корректировать направление и размеры пучка излучения.

## 5.2. Лучевой период

*Лучевой период — это период проведения облучений при постоянном врачебном наблюдении за больным.* Клиническое курирование пациента в лучевом и послелучевом периодах не менее важно, чем сами облучения. Оно позволяет видоизменять лечебный план и определять необходимое сопутствующее лечение.

Для облучения каждого поля больному придают удобное положение (чаще всего это горизонтальное положение на спине). Исключительно важна *иммобилизация пациента*. Даже небольшое перемещение его ведет к изменению дозного распределения. Иммобилизацию осуществляют посредством разных приспособлений. Для фиксации головы и шеи применяют подголовник из пенопласта. Как подголовник, так и другие фиксирующие приспособления удобно делать индивидуально для данного пациента из термопластического материала. Его размягчают в горячей воде, а затем моделируют для соответствующего больного, после чего материал быстро затвердевает.

Правильность наводки пучка проверяют с помощью симулятора или рентгенографии (в последнем случае на края намеченного поля помещают рентгеноконтрастные тонкие катетеры или свинцовые метки, чтобы получить их изображение на снимках). В процессе облучения врач или лаборант наблюдают за больным на экране телевизора. Переговорное устройство обеспечивает двустороннюю связь врача и больного. По окончании облучения больному предписывают отдых в течение 2 ч на свежем воздухе или в палате с хорошей вентиляцией. Данные о каждом облучении записывают в историю болезни.

Как видно из изложенного, в процессе лечения большое внимание уделяют формированию рабочего пучка и его наведению на пациента. С этой целью применяют различные вспомогательные приспособления: компенсаторы (болюсы), клиновидные и решетчатые фильтры, экранирующие и рассеивающие блоки.

Стандартные карты изодоз показывают распределение поглощенной энергии в тканях при условии, что пучок излучения падает на облучаемую поверхность перпендикулярно к ней. Однако реальная поверхность тела человека на большинстве участков округло-выпуклая. Для того чтобы избежать искажения расчетного распределения дозы, используют компенсато-

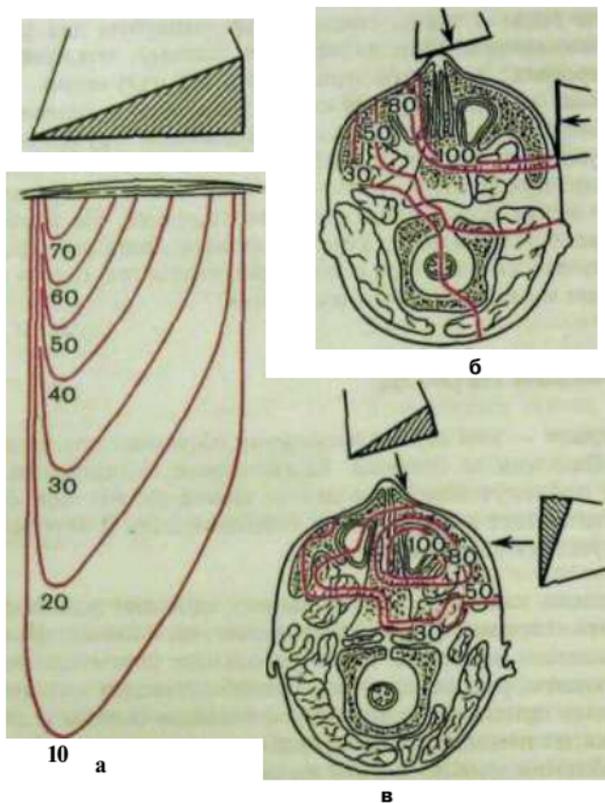


Рис. IV.9. Применение свинцового клиновидного фильтра при дистанционной гамма-терапии.

а — дозное поле под фильтром; б — дозное поле при облучении опухоли верхнечелюстной пазухи с двух полей размером 6х4 см без фильтра; в — дозное поле при облучении той же опухоли с двух полей того же размера с использованием клиновидных фильтров.

ры, или *болюсы*, изготовленные из тканеэквивалентного материала (например, парафина). Болюсы прикладывают к поверхности тела так, чтобы образовалась плоская поверхность, перпендикулярная оси пучка излучения.

*Фильтр в форме клина* позволяет изменять дозное распределение в тканях, так как под узкой частью клина поглощенная доза заметно выше, чем под расширенной (рис. IV.9).

При распространенных опухолях иногда проводят неравномерное облучение с помощью *решчатых фильтров*. Такой фильтр представляет собой свинцовую пластину с многочисленными отверстиями. Излучение попадает только на те участки поверхности тела, которые находятся под отверстиями. Под закрытыми свинцом участками доза в 3—4 раза меньше и обусловлена только рассеянным излучением. Однако на глубине из-за рассеяния лучей и их расходящегося характера разница в величине доз под откры-

тыми и закрытыми участками пластины уменьшается. Неравномерное облучение способствует восстановительным процессам в тканях за счет менее облученных участков. Это позволяет подвести относительно большую дозу к опухоли и при этом уменьшить реакцию кожи и подкожной жировой клетчатки на облучение.

При облучении объектов неправильной формы возникает необходимость в применении полей облучения сложной конфигурации. Такие «*фигурные*» поля можно получить с помощью *свинцовых* или *вольфрамовых экранирующих блоков*. Их размещают на специальных подставках, которые крепят к радиационной головке аппарата. С этой же целью используют фигурную экранирующую диафрагму, составленную из свинцовых блоков. Этим путем удастся защитить особенно чувствительные к облучению органы: глаза, спинной мозг, сердце, гонады и др., которые могут оказаться вблизи зоны облучения. Иногда защитный свинцовый блок располагают в центральной части рабочего пучка. Он как бы расщепляет дозное поле на две половины. Это целесообразно, например, при облучении легких, когда нужно защищать от облучения спинной мозг и сердце.

Таким образом, *главная задача при проведении сеансов облучения — обеспечить точное воспроизведение на терапевтической установке запланированных условий облучения.*

### **5.3. Реакции организма на лечебное лучевое воздействие, послелучевой период**

Лучевая терапия опухолей сопровождается *общими и местными реакциями*. При современной технологии облучений эти реакции, как правило, не достигают тяжелой степени. Тем не менее врач должен быть ознакомлен с их проявлениями и обязан принять все меры для их предотвращения и лечения.

Выраженность *общей реакции* организма зависит от области, подвергающейся облучению, интегральной поглощенной дозы и ритма облучения. Наиболее выраженную реакцию вызывает облучение всего тела или значительных его частей. Меньшие изменения возникают при воздействии в той же дозе на отдельные органы (локальное облучение). Реакция сильнее, если в зону облучения попадают органы грудной и брюшной полостей, малого таза, и значительно слабее при воздействии на конечности. Разделение суммарной дозы на фракции и проведение облучений с интервалами способствуют уменьшению выраженности лучевых реакций. Заметим, что общая реакция организма связана не только с прямым действием ионизирующей радиации, но и с повреждением опухоли и всасыванием продуктов распада тканей.

Общая реакция проявляется в снижении тонуса, вялости, повышенной раздражительности. Пациент жалуется на отсутствие аппетита, иногда тошноту, бессонницу или, наоборот, сонливость, головокружения, болевые ощущения в суставах. Нередко отмечают нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы: одышка, тахикардия, аритмии, понижение артериального давления. Часто регистрируются симптомы поражения пищеварительных органов: усиленная саливация или, наобо-

рот, сухость во рту, чувство саднения в глотке, горечь или металлический привкус во рту, отрыжка, жажда, метеоризм, боли в животе, понос. Характерно уменьшение массы тела. Объективным показателем общей лучевой реакции служит уменьшение числа лейкоцитов в периферической крови, поэтому клинический анализ крови нужно производить каждые 5—7 дней.

С целью предупреждения и «смягчения» симптомов общей лучевой реакции больному назначают богатое витаминами питание с достаточным количеством жидкости. Определенную пользу приносит лечебная физкультура. Применяют комплекс лекарственных средств, включающий антигистаминные препараты, вещества антитоксического действия и стимуляторы кроветворения, особенно лейкопоэза. При необходимости прибегают к переливаниям небольшого количества (100—150 мл) одногруппной крови или лейкоцитной массы. В случае развития воспалительных процессов назначают антибиотики.

Дистанционное облучение неизбежно связано с *местными лучевыми реакциями кожи и слизистых оболочек*. К числу реакций кожи относятся ее *покраснение (эритема) и сухой радиодерматит*. Легкое покраснение кожи наблюдается уже в первые часы и дни после облучения и объясняется вазомоторными расстройствами. Стойкая эритема появляется через 1—2 нед после начала лечения и сопровождается небольшой болезненностью и отечностью кожи в зоне облучения. После прекращения лучевого воздействия покраснение кожи уменьшается и начинается ее мелкое шелушение. Затем отмечается пигментация, которая может сохраняться длительное время.

При более интенсивном и продолжительном облучении эритема более яркая, отечность выражена резко. Эпидермис истончается. Развивается сухой радиодерматит. Он завершается отслойкой эпидермиса целыми пластами. Кожа еще долго шелушится, остается сухой и пигментированной.

При использовании правильной методики лучевого лечения *мокнущий (влажный) радиодерматит* не должен развиваться. При его появлении кожа инфильтрирована, на ней образуются пузырьки, наполненные серозной жидкостью. После отторжения эпидермиса возникает мокнущая ярко-розовая поверхность со скудным отделяемым. Она постепенно эпителизируется, но кожа долго шелушится и остается неравномерно пигментированной.

С целью уменьшения лучевых реакций поля облучения присыпают индифферентной пудрой. После развития эритемы их смазывают рыбьим жиром или облепиховым маслом.

При внутритканевой гамма-терапии реакции кожи выражены сильнее. Сосочки кожи теряют свой покров, на облученной поверхности появляются пузырьки с серозным содержимым. Возникает мокнущий радиодерматит. Область поражения нередко покрывается пленкой фибрина. Эпителизация продолжается 2—3 нед. Впоследствии кожа сохраняет темную окраску, лишена волосяного покрова. Для лечения экссудативного радиодерматита применяют повязки с борной жидкостью, преднизолоновой или метилурациловой мазью.

Реакция слизистых оболочек на облучение начинается с гиперемии и отечности, усиливающихся с увеличением дозы. Слизистая оболочка теряет блеск, кажется помутневшей и уплотненной. Затем происходит

десквамация эпителия и появляются одиночные эрозии покрытые некротическим налетом - пленкой. Так возникают островки пленчатого радиоэпителиита. Далее следует фаза сливного пленчатого эпителиита - на ярко-красном фоне определяется эрозированная поверхность, покрытая белым фибринозным налетом. По окончании облучений в течение 10—15 дней происходит эпителизация эрозий, после чего еще некоторое время отмечаются отечность и гиперемия слизистой оболочки.

Лучевые реакции слизистых оболочек болезненны. При облучении полости рта болезнен прием пищи, при облучении глотки и пищевода может возникнуть дисфагия, при облучении гортани наблюдается охриплость. В случае облучения живота нередко возникают тенезмы, отмечается частый жидкий стул со слизью. Дело в том, что слизистая оболочка тонкой кишки особенно чувствительна к ионизирующей радиации. При развитии лучевого цистита больные жалуются на болезненное и частое мочеиспускание.

С целью предупреждения и при лечении лучевых реакций слизистых оболочек производят санацию облучаемых полостей, запрещают употреблять раздражающую пищу, спиртные напитки, курить. Полости промывают слабыми дезинфицирующими растворами и вводят в них витаминизированные масла (рыбий жир, растительное или облепиховое масло и др.) попеременно с 1 % раствором новокаина, проводят орошение 5—10 % раствором димексида.

*Лучевые реакции — неизбежный спутник лучевого лечения.* Однако, к сожалению, радикальная терапия в ряде случаев может приводить к местным лучевым повреждениям. По данным М.С.Бардычева (1988), их частота достигает 10 %. Как следствие интенсивных курсов облучений могут возникать *лучевые повреждения* разных органов и тканей. На практике приходится наблюдать *подкожные лучевые склерозы, некрозы, язвы, пневмониты, энтероколиты, ректосигмоидиты, лучевые дистрофические повреждения костей, отек конечностей в результате расстройства крово- и лимфообращения, а также такое тяжелое осложнение, как лучевой миелит.*

Местные лучевые повреждения делят на ранние и поздние. К ранним причисляют повреждения, развившиеся в процессе лучевой терапии или в течение 3 мес после ее завершения. К поздним лучевым повреждениям относят такие, которые возникли в любые сроки по истечении 3 мес после лучевой терапии.

*Ранние повреждения* наблюдаются главным образом в тех случаях, когда суммарная лучевая доза на 30—50 % выше толерантности облучаемых тканей. Если суммарная доза не превышает толерантность тканей или превышает ее незначительно, то лучевые повреждения могут развиваться в отдаленные сроки, особенно при неблагоприятных дополнительных обстоятельствах (механическая или химическая травма поля облучения, инсоляция и т.д.). В этих условиях нарушения жизнедеятельности кожи способствуют возникновению лучевого некроза и затем образованию язвы. Лучевые язвы характеризуются стойкостью, нередко для их ликвидации требуется хирургическое лечение - пересадка кожи на поверхность грануляции или иссечение пораженного участка с последующей пластикой.

Лечение местных лучевых повреждений должно быть комплексным. Оно состоит в проведении общеукрепляющей терапии и местном применении противовоспалительных и рассасывающих лекарственных средств. При безуспешности длительного консервативного лечения выполняют оперативное вмешательство.

Строгое клинико-дозиметрическое и радиобиологическое обоснование и гибкое планирование лучевой терапии позволяют в большинстве случаев избежать тяжелых осложнений. Однако, принимая во внимание длительный период реабилитации, лучевой терапевт совместно с врачами соответствующих специальностей должен длительно наблюдать за больным, осуществляя мероприятия, направленные на предупреждение и лечение возможных последствий облучения. Цена излечения опухоли с помощью лучевой терапии не должна быть чрезмерно высокой.

После периода реабилитации пациент может находиться в обычных для него бытовых или производственных условиях, но соблюдать данные ему рекомендации и периодически являться на диспансерное обследование.

## **6. ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ**

*Рак красной каймы нижней губы, слизистой оболочки рта и глотки составляет несколько более 4 % всех злокачественных новообразований; 90 % случаев рака приходится на плоскоклеточные и 10 % — на другие формы злокачественных опухолей (рак слюнных желез, саркомы, лимфомы, меланомы и др.).*

У больных раком слизистой оболочки рта лучевую терапию в качестве самостоятельного метода используют примерно в 70 % случаев, в комбинации с оперативным вмешательством — в 15 %. Только хирургическое лечение проводят 10 % больных. У больных раком красной каймы нижней губы лучевая терапия является методом выбора.

При планировании лучевой терапии в качестве *самостоятельного метода лечения* в каждом конкретном случае определяют характер курса — радикальный или с паллиативными целями. В последнем случае она позволяет устранить тяжелые клинические проявления заболевания (боли, нарушения жевания, глотания, речи, кровотечения, запах изо рта, тризм) и уменьшить их выраженность. *Суммарная очаговая доза при паллиативном курсе обычно составляет не менее 75 % дозы при радикальном курсе.* Подавляющему большинству больных, даже с заболеванием в поздних стадиях, но при удовлетворительном общем состоянии обычно назначают радикальный курс. Относительными показаниями к выбору лучевой терапии с паллиативными целями являются старческий возраст, обширная опухолевая инфильтрация языка, дна рта, массивное разрушение челюсти опухолью, метастазы, кахексия, недавно перенесенные сосудистые нарушения (инфаркт, инсульт). Однако и в этих случаях при благоприятной ответной реакции опухоли на облучение и хорошей его переносимости изменяют тактику и проводят радикальный курс.

Перед лучевой терапией в возможно более короткие сроки должна быть проведена санация полости рта. Правильно проведенная санация позволяет

уменьшить тяжесть местных лучевых реакций слизистой оболочки и частоту таких осложнений, как аспирационная пневмония и лучевой остеонекроз. Особенности проведения санации в каждом конкретном случае зависят от методики лучевой терапии. Так, при планировании радикального курса дистанционной гамма-терапии в зоне интенсивного лучевого воздействия подлежат удалению зубы, леченные по поводу пульпита и периодонтита. Лучевая терапия может быть начата через 7—10 дней после удаления зубов, при использовании внутритканевого метода — через 2—3 дня.

При проведении предоперационного курса у больных со злокачественными опухолями верхней и нижней челюсти на стороне локализации опухоли подлежат удалению только корни зубов. Иногда для облегчения проведения тубуса рентгенотерапевтического аппарата приходится удалять один или несколько здоровых зубов.

*Радикальное облучение* обычно проводят с двух встречных полей, расположенных по обе стороны лица, с включением лишь клинически определяемой опухоли.

*Расщепленный радикальный курс* лучевой терапии состоит из двух этапов, которые проводят с интервалом в 2 нед. Во время перерыва стихают местные лучевые реакции на слизистой оболочке. Для смягчения местных лучевых реакций предпочитают проводить многократно расщепленный курс дистанционной гамма-терапии. Общее количество этапов определяется ответной реакцией опухоли и переносимостью облучения. С целью повышения эффективности лечения назначают радиомодификаторы или локальную СВЧ-гипертермию. Если через 6 нед (но не ранее) после окончания радикального курса обнаруживают гистологически верифицированный остаток опухоли, ставят вопрос об оперативном вмешательстве.

*Комбинированный метод* лечения объединяет лучевое воздействие и оперативное вмешательство. Предпочтение отдают предоперационному курсу, вызывающему уменьшение опухоли за счет наиболее чувствительной периферической части ее, снижающему митотическую активность опухолевых клеток и риск возникновения рецидивов и метастазов после операции.

*Послеоперационный курс* назначают в тех случаях, когда во время операции не удалось радикально удалить опухоль. В таких ситуациях лучевое лечение значительно снижает частоту возникновения рецидивов. Интервал до начала лучевого лечения не должен превышать 6 нед, иначе снижается эффективность курса.

С целью поглощения вторичного излучения от зубов и металлических конструкций, возникающего при дистанционной гамма-терапии, во время проведения сеанса лучевой терапии на зубы надевают защитные фиксирующие прикусные блоки из быстротвердеющей пластмассы (рис. IV. 10). Съёмными протезами разрешают пользоваться только во время еды до появления местных лучевых реакций на слизистой оболочке.

*При раке красной каймы нижней губы предпочтение отдают лучевому методу лечения, не уступающему по эффективности операции и превосходящему ее по косметическим результатам.* К оперативному вмешательству и криодеструкции прибегают при рецидивах опухолей или нечасто встречающихся радиорезистентных формах. При прорастании опухоли в челюсть предпочтение отдают комбинированному методу с предоперационным курсом.

*При раке различных отделов слизистой оболочки рта (язык, дно, щека, десна, ротоглотка) в случаях инфильтрации лишь подслизистого слоя лучевую*



Рис. Гв.10. Прикусный блок на верхнюю челюсть.

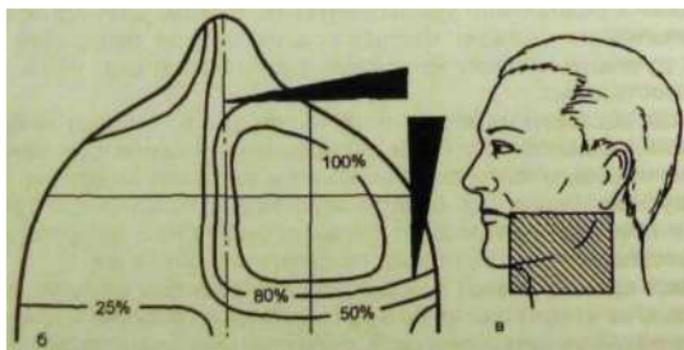
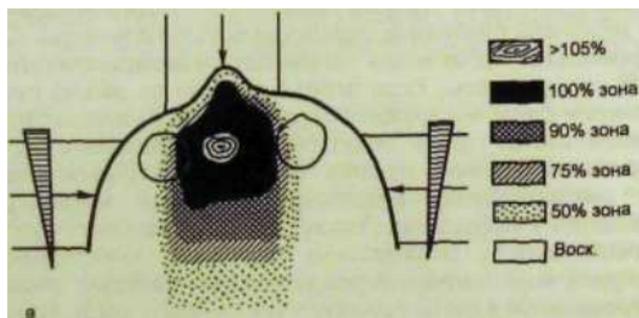


Рис. IV. 11. Положение дозных полей и дозное распределение при дистанционной гамма-терапии.

а — рака слизистой оболочки полости носа и решетчатого лабиринта с переднего открытого и двух боковых полей с клиновидными фильтрами; б — рака слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи с переднего и бокового полей с использованием клиновидных фильтров 45°; в — положение поля при лучевой терапии рака средней трети языка.



<sup>64</sup>S- IV. П. Рентгенограмма лицевого черепа в прямой проекции. Положение игл с <sup>60</sup>Со при внутритканевой лучевой терапии рака слизистой оболочки щеки.

*терапию проводят в качестве самостоятельного метода лечения. Предпочтение отдают внутривполостным методикам (рентгенотерапия, лечение на АГАТ-В). При инфильтрации опухолью подлежащих мышц не более чем на 2 см показан сочетанный метод, включающий дистанционную гамма-терапию (рис. IV. 11) с последующим внедрением радионосных игл с <sup>60</sup>Со или внутривполостным облучением (рис. IV. 12).*

При более распространенном опухолевом процессе с вовлечением мышц и деструкцией костной ткани челюсти планируется комбинированный метод лечения с предоперационным курсом дистанционной гамма-терапии и последующей операцией через 4—5 нед.

При лучевом лечении воздействуют как на первичную опухоль, так и на пути регионарного метастазирования. Тактика лечения **метастазов рака** определяется их размерами, количеством, спаянностью с соседними тканями, локализацией, клинической формой роста и стадией первичной опухоли. Больным с множественными метастазами показано комбинированное лечение с предоперационным курсом, значительно снижающее частоту рецидивов.

## 6.1. Лучевые реакции и осложнения при лучевой терапии опухолей челюстно-лицевой области

При лучевой терапии злокачественных опухолей челюстно-лицевой области и шеи приблизительно у Ю % больных возникают **общие лучевые реакции** различной степени выраженности, которые характеризуются главным образом функциональными нарушениями и, как правило, обратимостью процесса.

На слизистой оболочке местные лучевые реакции проявляются в виде **эритемы, очагового (островкового) и диффузного (сливного) эпителиита (радиомукозита)**.

Все три стадии, как правило, имеют место при проведении дистанционной гамма-терапии рака слизистой оболочки различных отделов рта. Наиболее радиочувствительна слизистая оболочка боковых стенок ротоглотки.

Гиперемия, отечность, повышенное ороговение слизистой оболочки при продолжении облучения нарастают, появляются участки десквамации, эрозии, покрытые белесоватой пленкой, состоящей из фибрина и лейкоцитов (очаговый эпителиит). При повышении дозы отдельные эрозии, покрытые белесовато-желтой пленкой (диффузный эпителиит), сливаются.

Развитие реакции уже в течение первой недели сопровождается извращением вкусовых ощущений (нет восприятия сладкого, соленого, появляется металлический привкус во рту), болями при разговоре, глотании, приеме пищи. Выраженная сухость слизистой оболочки (ксеростомия) и боли становятся столь интенсивными, что больные не могут глотать и отказываются от приема пищи, настаивают на прекращении лечения. Больным назначают обезболивающие препараты, антибиотики с нистатином, теплые щелочные полоскания, обработку полости рта перекисью водорода, жидкую пищу, обильное питье. Сухость слизистой оболочки особенно выражена при облучении околушных желез.

**Поздние лучевые повреждения** могут возникать во всех тканях, включенных в зону прямого лучевого воздействия. В поздние сроки после стихания влажного дерматита и диффузного эпителиита происходит атрофия кожи и слизистой оболочки. На истонченной, лишенной обычного блеска коже не растут волосы, имеются телеангиоэктазии, нарушена ее пигментация (чередование участков де- и гиперпигментации) (рис. IV.13). Слизистая оболочка сухая, истонченная, легко ранимая. Язык, лишенный сосочков, становится «лаковым».

Облучение глазницы вызывает ксерофтальмию, развитие катаракты, глаукомы, атрофию сетчатки и зрительного нерва. В результате фиброзных изменений в височно-нижнечелюстном суставе и мышцах затруднено открывание рта.

Измененные участки кожи и слизистой оболочки легко ранимы, поэтому следует избегать их механической, термической, химической травмы, резкой смены температур. В результате травмы могут возникать некрозы с формированием длительно текущих лучевых язв, увеличивающихся в размерах и не склонных к заживлению.

Лучевые повреждения зубов и челюстей описаны в разделах III.12.4 и



Рис. ГУ. 13. Постлучевые изменения кожи левой щеки после окончания дистанционной гамма-терапии по поводу рака слизистой оболочки левой верхнечелюстной пазухи.

## 7. ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ НЕОПУХОЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*Мера — высший дар богов.*

(Латинское изречение)

Лучевую терапию сравнительно редко применяют для лечения **неопухолевых заболеваний**. Дело вовсе не в ее низкой эффективности; наоборот, она относится к числу ценных лечебных методик. Однако, во-первых, появилось много нелучевых способов лечения: антибиотико-, гормонотерапия и др. Во-вторых, радиологами накоплены данные о возможных неблагоприятных соматических и генетических последствиях лучевой терапии у больных, особенно подвергшихся облучению в детском возрасте. Конечно, вероятность тяжелых отдаленных поражений незначительна, но с ней нельзя не считаться при лечении болезней, которые не угрожают жизни и могут контролироваться другими терапевтическими приемами.

Однако было бы неправильно вообще исключить облучение из арсенала современных лечебных средств. Оно оказывается весьма полезным, а

порой и незаменимым при лечении фурункулов, карбункулов, гидраденита, панарициев, подострого и хронического тромбофлебита, рожистого воспаления, послеоперационных воспалительных осложнений (анастомозит, панкреатит и др.), невритов и невралгий, арахноидита, постампутационного болевого синдрома, плечелопаточного или локтевого периартрита, деформирующего артроза с болевым синдромом, пяточного бурсита и некоторых других состояний.

Лучевую терапию при неопухолевых заболеваниях осуществляют только по строгим индивидуальным показаниям при неэффективности лучевых методов лечения. У детей, подростков и беременных проведение лучевой терапии неопухолевых процессов противопоказано.

При лечебном использовании ионизирующей радиации ограничиваются щадящими способами облучения. Пучок лучей направляют точно на патологический очаг, а излучение подбирают таким образом, чтобы в окружающих тканях поглощалось как можно меньше его энергии. Разовые и особенно суммарные дозы должны быть небольшими по сравнению с применяемыми при лечении злокачественных опухолей. В большинстве случаев лучевое воздействие дополняют лекарственными и общеукрепляющими средствами.

Основным методом лучевой терапии неопухолевых заболеваний является *прямое местное облучение патологического очага с помощью дистанционной рентгенотерапии*. Перед началом дистанционного облучения точно определяют локализацию очага, его размеры и соотношение с соседними органами и тканями. Поля облучения размечают по границам очага, а при воспалительных инфильтратах — на 0,5—1 см дальше. Здоровые ткани защищают специальными экранами или просвинцованной резиной.

При **воспалительных поражениях** облучение вызывает местное полнокровие тканей с повышением проницаемости капилляров, усиленную миграцию в ткани форменных элементов крови, распад лейкоцитов и особенно лимфоцитов с образованием биологически активных веществ.

На период лучевого лечения и реабилитации отменяют все тепловые и физиотерапевтические процедуры, а также мазевые повязки. Облучения сочетают с лекарственным лечением. При уже сформировавшихся ограниченных гнойниках проводить лучевую терапию нецелесообразно. Она противопоказана также при флегмонах у ослабленных больных.

При **дистрофических поражениях** костной системы лучевое воздействие не может привести к излечению больного, но оно позволяет устранить болевой синдром или уменьшить его выраженность и тем самым повысить трудоспособность больного. Большинство больных — немолодые люди, у которых опасность лучевых генетических последствий ничтожна. В основе терапевтического эффекта лежит лучевое влияние на иммуноспецифические реакции суставных тканей и нервные рецепторы.

Облучения дают эффект при **деформирующих артрозах, остеохондрозах позвоночника, бурситах, перитендинитах**. Они показаны в тех случаях, когда лекарственные средства, физиотерапия или бальнеологическое лечение не

показаны или оказались безуспешными. Разовые дозы 0,3—0,5 Гр, суммарные 3—5 Гр при интервале между фракциями 48 ч. Иногда удается ограничиться и меньшими суммарными дозами. Величина полей должна соответствовать размерам облучаемого сустава или пораженного двигательного сегмента позвоночника. Терапевтический эффект обычно проявляется только к концу курса облучений или даже спустя 4—6 нед после его окончания, что надо иметь в виду при оценке результатов лечения. Обострение процесса в начале курса или, наоборот, быстрый положительный эффект следует рассматривать как показание к увеличению или уменьшению суммарной дозы.

При лучевой терапии **функциональных и воспалительных заболеваний центральной нервной системы** рассчитывают на изменение функционального состояния нервных центров и узлов, уменьшение концентрации в них биологически активных веществ, увеличение проницаемости гематоэнцефалического барьера. Благодаря этим процессам состояние больного улучшается, ускоряется разрешение воспаления. При невритах, невралгиях и радикулитах облучение нервных узлов, корешков черепных и спинномозговых нервов, а также периферических нервных рецепторов нередко дает хороший лечебный эффект.

Определенное место занимает лучевая терапия при лечении **синдромов миелии**. Это — хроническое заболевание спинного мозга, проявляющееся в разрастании глиальной ткани в его сером веществе. Новообразованная ткань склонна к распаду и образованию полостей. Вследствие этого нарушается иннервация тканей и органов, что выражается в расстройстве чувствительности, движений и трофики.

Под влиянием облучения молодые глиальные клетки погибают и развитие болезни приостанавливается. Применяют дистанционное облучение через узкие длинные поля, расположенные на 3—4 см по бокам от позвоночного столба на уровне пораженных отделов спинного мозга. Пучок излучения направляют на спинной мозг с наклоном с каждого поля. Облучения проводят ежедневно или через день в дозе 1,5 Гр. Суммарную дозу доводят до 10—12 Гр.

Важную роль играет лучевая терапия в устранении **постампутационного болевого синдрома**. Как известно, у многих больных после ампутации конечности возникают мучительные боли в культе или фантомные боли, которые воспринимаются как исходящие из несуществующей (ампутированной) конечности. Лучевому воздействию подвергают культю, соответствующие рефлексогенные зоны, а при наличии расстройства симпатической нервной системы — ее узлы (на верхней конечности это уровень  $C_3—D_n$ , на нижней —  $D_{10}—S_2$ ). Облучение в разовой дозе 0,3—0,4 Гр проводят с интервалом 2—3 дня. Суммарная доза в области культы составляет 2—3 Гр, в рефлексогенных зонах — 1,5—2 Гр, на симпатические узлы — до 1 Гр.

При лечении **тиреотоксикозов** используют лекарственные средства и выполняют оперативные вмешательства на щитовидной железе, но в отдельных случаях прибегают к лучевому воздействию на тиреоидную ткань. Для этого больному назначают строго рассчитанную дозу радионуклида йода —  $^{131}I$ . Накапливаясь в щитовидной железе, он вызывает частичное разрушение тиреоидных клеток. Недостатком этого метода является возможность передозировки  $^{131}I$  и развития стойкого гипотиреоза, в связи с чем пациент всегда будет нуждаться в заместительной йодотерапии.

## МОЛОДОМУ ИССЛЕДОВАТЕЛЮ

*Объективное отношение врача к самому себе составляет самое лучшее условие его дальнейшего развития и его душевного спокойствия в тех поистине тяжелых обстоятельствах жизни, в которых нередко приходится ему действовать.*

СП. Боткин

*Ваша идея, конечно, безумна. Весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы оказаться верной.*

Нильс Бор

Лучевая терапия злокачественных опухолей — одна из самых трудных и деликатных областей медицины. Врач лечит больного, находящегося в состоянии обеспокоенности или угнетенности, догадывающегося или знающего, что у него опухолевое заболевание. К этому добавляется понятная настороженность пациента в связи с предлагаемым ему воздействием ионизирующего излучения.

Немалое значение для обеспечения успеха лечения имеют искусство и опыт лучевого терапевта. Он должен быть знаком с основами онкологии и химиотерапии в той области, в которой работает. У него должны быть хорошие знания по радиационной физике и радиобиологии. Наконец, он должен обладать способностью чутко и правильно оценивать состояние больного, лучевые изменения в опухоли и окружающих тканях, а это умение обычно достигается годами. Несмотря на значительные достижения в развитии радиационной терапевтической техники и дозиметрии, опыт врача значит вдвое больше для исхода лечения больного.

Можно ли с учетом изложенного рекомендовать привлечение студентов к научным исследованиям по лучевой терапии? Безусловно! Во-первых, ставка на молодежь — это расчет на принципиально новые идеи. Известно, например, что мысль о неспецифическом адаптационном синдроме зародилась у Г. Селье, когда он студентом присутствовал на клиническом разборе больных. А идея искусственного рентгеновского контрастирования пищеварительного тракта была воплощена в эксперименте на животных студентом В. Кенноном — будущим нобелевским лауреатом. Во-вторых, в настоящее время в лучевой терапии назрел вопрос об обработке архивных материалов. На протяжении последних 10—15 лет во многих радиологических центрах внедряли новые методики лучевого лечения, испытывали различные варианты крупного фракционирования, расщепленных курсов облучений, субтотального облучения при генерализованных опухолевых поражениях, изучали разные способы полирадиомодификации, в том числе сочетания облучений с гипергликемией, гипертермией, вдыханием гипоксических газовых смесей и т.д.

Наступила пора, когда очень важно корректно обработать накопившиеся архивные массивы, чтобы определить истинную эффективность и перспективность указанных лечебных комплексов. В онкологии для этого нужны массивы, включающие данные о больных за 10—15 лет. Эту задачу мы предлагаем решить молодым исследователям. А результаты такой работы в свою очередь явятся источником новых идей в области лучевой и комбинированной терапии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ПОСЛЕСЛОВИЕ)

Завершен наш курс — путешествие в страну «Медицинская радиология». Нам оно казалось необходимым элементом подготовки врача общей практики. Мы не рассчитывали на запоминание большого количества изложенных в книге фактов. Вы всегда сможете вернуться к учебнику при изучении других клинических дисциплин как к своеобразному справочнику. Основная наша цель состояла в том, чтобы пробудить интерес к обсуждаемым вопросам, заставить Вас задуматься над многими важными проблемами клинической медицины, чтобы в дальнейшем не было основания заявить: «Мы стали богатыми в познаниях, но бедными в мудрости» (КГ. Юнг).

Благодарим всех, кто серьезно и вдумчиво поработал над учебником. За таких мы спокойны. «Коль скоро вы вкусили от древа познания, вы вряд ли сможете сделать другое, чем идти дальше с этим знанием» (Н. Винер). Однако, наверное, среди Вас есть немало тех, кто без энтузиазма проглядел учебник и может сказать про себя словами русской сказки: «И я там был, и мед я пил, по усам текло, да в рот не попало». Мы желаем им восстановить этот пробел в последующем, когда придет понимание необходимости того, что некоторые радиологические материалы должен знать любой клиницист. Однако не откладывайте дела надолго. «Надежда — это хороший завтрак, но плохой ужин» (Ф. Бэкон).

У медицинской радиологии — славное прошлое. У ее истоков стояли выдающиеся и благородные ученые — физики, клиницисты, первые радиологи. Часть из них стали жертвой профессионального долга. Во дворе больницы им. Г.С. Альберса-Шонберга, одного из пионеров рентгенологии, в Гамбурге стоит скорбный монумент — «Памятник чести рентгенологии». На его каменных гранях начертаны имена ученых, создававших клиническую радиологию и погибших от лучевых повреждений, поскольку в те времена не была обеспечена лучевая безопасность (да к тому же многие физиологи и врачи экспериментировали с рентгеновским и радиевым излучением на себе). В этом печальном и гордом перечне есть имена 13 наших соотечественников.

Пионеры радиологии проложили путь к сегодняшним успехам. Медицинская радиология стала одной из ведущих научных дисциплин атомного века. И пределов ее дальнейшему расцвету не видно!

Любопытно вспомнить, что в 1882 г. известный физиолог А. Дюбуа-Раймон выступил с речью «О границах познания природы». «Ignoramus et ignorabimus» («Не знаем и не узнаем никогда»), — утверждал он. На это ему вскоре ответил замечательный естествоиспытатель, блестящий материалист Э. Геккель: «Бесстрашные, вперед!». Пусть же Ваша дальнейшая деятельность продолжается под этим девизом. Он призывает к упорной и постоянной учебе — этому пожизненному делу умных и мужественных людей, предлагает высокие нравственные ориентиры.

Выступая на съезде французских врачей по вопросам морали, писатель А. Моруа трогательно говорил: «Медицинская наука станет еще точнее, ее оснащение приумножится, но рядом с ней, как и сегодня, будет стоять, сохраняя свое место в медицине врач классического типа — тот, чьим призванием останется человеческое общение с пациентом. И, как прежде, он будет утешать страдальцев и ободрять павших духом... И жизнь врача оста-

нется такой же, как сегодня,— трудной, тревожной, **героической** и возвышенной».

Двигаясь по этому пути, Вы до конца поймете счастье врачевания, цену слез выздоравливающего больного, вдохновение научного подвига, красоту мира, освященного музыкой Бетховена, кистью Ренуара, строками Пушкина и Толстого, человечностью Боткина.

Авторы этого учебника — немолодые люди, со своими традициями и представлениями. Найдут ли они отклик в Ваших сердцах? Прочитайте в заключение чудесные строки американского индейского писателя Хаймий-остса (Чак) Сторма: «...Люди вышли к большой Реке... К Чуду Жизни, но характерно, что старушка по имени Традиция отказывается переплыть реку вместе с молодыми юношами. Традиция — это то, чему молодежь должна научиться, но в то же время традиция — упрямая и сварливая старуха, которая боится замочить ноги. Юноши понимают, что непременно должны взять старушку с собой за реку, но ведь она отказывается. Народная традиция отказывается перешагнуть рубез. Юноши почитают традицию, но она же повергает их в отчаяние. И все же среди них появится один, который перенесет ее через реку. Это юноша Перевернутый Лук. Он не такой, как все остальные; он — иная сторона каждой личности. И вот благодаря ему традиция уже на другом берегу реки. Но взгляните, как она изменилась: она стала юной, прекрасной девушкой...».

«Настоящий конец образования дает только сама жизнь и сознательная деятельность каждого» (Д.И. Менделеев). Успеха Вам на этом пути!

От авторов . . . . .	7
<b>Часть I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ</b> . . . . .	<b>11</b>
1. Что такое «Медицинская радиология» . . . . .	13
2. «Минувшее проходит предо мною...» . . . . .	14
2.1. Открытие странного мира . . . . .	14
2.2. Лучи имени Рентгена . . . . .	18
2.3. Звездный час Беккереля . . . . .	19
2.4. Что скрывалось за «беккерелевыми лучами»? . . . . .	21
2.5. Наступление продолжается. Врачи следуют за физиками . . . . .	22
2.6. Два рождения отечественной радиологии . . . . .	25
3. Излучения, используемые в медицинской радиологии, их биологическое действие . . . . .	28
3.1. Группировка излучений, применяемых в радиологии . . . . .	28
3.2. Источники ионизирующих излучений, применяемых в радиологии . . . . .	30
3.3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом . . . . .	31
3.4. Биологическое действие излучений . . . . .	34
3.5. Осторожно, радиация! . . . . .	36
4. Элементы медицинской информатики . . . . .	39
4.1. Как устроен компьютер . . . . .	41
4.2. Программное обеспечение компьютеров . . . . .	52
4.3. Оценка эффективности диагностических исследований . . . . .	58
4.4. Медицинская информация как объект обработки на компьютере . . . . .	66
Молодому исследователю . . . . .	69
<b>Часть II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ</b> . . . . .	<b>71</b>
1. Великий рентгенологический метод . . . . .	73
1.1. Получение рентгеновского изображения . . . . .	73
1.2. Искусственное контрастирование органов . . . . .	77
1.3. Рентгенография . . . . .	79
1.4. Рентгеноскопия . . . . .	86
1.5. Флюорография . . . . .	88
1.6. Томография . . . . .	89
1.7. Компьютерная томография . . . . .	92
1.8. Ангиография . . . . .	99
2. Радионуклидный метод исследования . . . . .	Ю6
3. Ультразвуковой метод исследования . . . . .	124
4. Магнитно-резонансный метод исследования . . . . .	135
5. Термография . . . . .	143
. . . . .	146
6. Интервенционная радиология . . . . .	143
7. Медицинское изображение как объект информатики . . . . .	154
Молодому исследователю . . . . .	154
<b>Часть III. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ И ЗАБОЛЕВАНИЙ</b> . . . . .	<b>165</b>
1. Общие принципы лучевой диагностики . . . . .	170
2. Легкие . . . . .	170
2.1. Лучевая анатомия легких . . . . .	170

2.2. Лучевое исследование функции легких	110
2.3. Лучевые синдромы поражения легких	114
2.3.1. Затемнение легочного поля или его части	114
2.3.2. Просветление легочного поля или его части	193
2.3.3. Изменения легочного и корневого рисунка	195
2.4. Лучевые симптомы поражений легких	198
2.4.1. Повреждения легких и диафрагмы	198
2.4.2. Острые пневмонии	200
2.4.3. Тромбоземболия ветвей легочной артерии	204
2.4.4. Хронические бронхиты и эмфизема легких	206
2.4.5. Хронические пневмонии и ограниченные неспецифические пневмосклерозы	210
2.4.6. Пневмокониозы	210
2.4.7. Туберкулез легких	214
2.4.8. Первичный рак легкого	220
2.4.9. Диффузные (диссеминированные) поражения легких	227
2.4.10. Плевриты	228
2.4.11. Объемные образования в средостении	229
2.4.12. Интенсивная терапия и интервенционные вмешательства под контролем лучевых методов	230
3. Сердечно-сосудистая система	231
3.1. Лучевая анатомия сердца	232
3.2. Лучевое исследование функции сердца	243
3.3. Лучевые симптомы поражения сердца	250
3.4. Лучевая картина поражений сердца	253
3.4.1. Ишемическая болезнь сердца. Инфаркт миокарда	253
3.4.2. Митральные пороки	257
3.4.3. Аортальные пороки	261
3.4.4. Врожденные пороки	263
3.4.5. Перикардиты	264
3.5. Лучевая ангиология	265
3.5.1. Грудная аорта	265
3.5.2. Брюшная аорта и артерии конечностей	266
3.5.3. Вены нижних конечностей	272
4. Пищевод, желудок, кишечник	274
4.1. Лучевое исследование глотки и пищевода	276
4.1.1. Нормальный пищевод	276
4.1.2. Инородные тела глотки и пищевода	278
4.1.3. Заболевания пищевода	279
4.1.4. Дисфагия	286
4.2. Лучевое исследование желудка и двенадцатиперстной кишки	287
4.2.1. Нормальные желудок и двенадцатиперстная кишка	290
4.2.2. Заболевания желудка и двенадцатиперстной кишки	292
4.3. Лучевое исследование кишечника	303
4.3.1. Нормальная тонкая кишка	304
4.3.2. Нормальная толстая и прямая кишка	307
4.3.3. Заболевания кишечника	310
5. Печень и желчные пути. Поджелудочная железа	321
5.1. Лучевое исследование печени и желчных путей	322
5.2. Лучевая картина поражений печени и желчных путей	330
5.3. Лучевое исследование поджелудочной железы	342
5.3.1. Лучевая диагностика поражений поджелудочной железы	345
5.4. Селезенка	349

6. Мочевыделительная система	349
6.1. Методы лучевого исследования мочевыделительной системы	350
6.2. Основные клинические синдромы и тактика лучевого исследования	364
7. Череп и позвоночник. Головной и спинной мозг	385
7.1. Лучевая анатомия черепа	385
7.2. Лучевая анатомия головного мозга	388
7.3. Повреждения черепа и головного мозга	393
7.4. Нарушения мозгового кровообращения. Инсульт	397
7.5. Инфекционные и воспалительные заболевания головного мозга. Гипертензивный синдром	399
7.6. Опухоли черепа и головного мозга	401
7.7. Лучевая анатомия позвоночника и спинного мозга	408
7.8. Повреждения позвоночника и спинного мозга	414
7.9. Вертеброгенный болевой синдром	416
7.10. Воспалительные заболевания позвоночника	422
8. Опорно-двигательная система	425
8.1. Лучевая анатомия скелета	426
8.2. Лучевые симптомы и синдромы поражения скелета	433
8.3. Повреждения костей и суставов	437
8.4. Заболевания костей и суставов	445
8.4.1. Системные и распространенные поражения	446
8.4.2. Очаговые поражения костей	453
9. Щитовидная и паращитовидные железы. Надпочечники	469
9.1. Лучевая анатомия щитовидной железы	469
9.2. Лучевое исследование физиологии щитовидной железы	471
9.3. Клинико-радиологические синдромы и диагностические программы при заболеваниях щитовидной железы	494
• 9.4. Аденома паращитовидной железы	480
9.5. Заболевания надпочечников	480
10. ЛОР-органы. Глаз и глазница	482
10.1. Полость носа и околоносовые пазухи	482
10.1.1. Заболевания носа и околоносовых пазух	485
10.2. Гортань. Глотка	487
10.3. Ухо и височная кость	489
10.4. Глаз и глазница	491
10.4.1. Повреждения и заболевания органа зрения	494
11. Репродуктивная система женщины. Молочная железа	499
11.1. Лучевая анатомия матки и яичников	499
11.2. Лучевое исследование гормональной регуляции репродуктивной функции женского организма	503
11.3. Беременность и ее нарушения	5U4
11.4. Заболевания репродуктивной системы	5U9
11.5. Молочная железа	5^
11.5.1. Методы исследования. Нормальная молочная железа	310
11.5.2. Заболевания молочных желез	5 2 1
	529
12. Рентгенодиагностика в стоматологии	•••••
12 1 Методы рентгенологического исследования челюстно-лицевой области	D ^
12.1.1. Внутриротовая контактная (периапикальная) рентгенография	529
12.1.2. Внутриротовая рентгенография вприкус	**>
12 1.3. Интерпроксимальные рентгенограммы	""
<b>12.1.4. Внеротовые (экстраоральные) рентгенограммы</b>	3 1 -!

12.1.5.	Томография	533
12.1.6.	Панорамная томография	->-> <sup>5</sup>
12.1.7.	Панорамная рентгенография с прямым увеличением изображения	535
12.1.8.	Телсрентгенография	«
12.1.9.	Методы исследования с использованием контрастных веществ	537
12.1.10.	Компьютерная томография	540
12.1.11.	Радиовизиография	541
12.1.12.	Защита больного при рентгенографии челюстно-лицевой области	542
12.1.13.	Магнитно-резонансная томография	543
12.2.	Развитие и анатомия зубов и челюстей в рентгеновском изображении	544
12.2.1.	Зубы в рентгеновском изображении	546
12.2.2.	<b>Верхняя челюсть</b>	<b>547</b>
12.2.3.	Нижняя челюсть	548
12.2.4.	Височно-нижнечелюстной сустав	551
12.3.	Рентгенологическое исследование при врожденных и приобретенных деформациях челюстно-лицевой области	551
12.3.1.	Аномалии развития зубов	552
12.3.2.	Аномалии развития челюстей	557
12.4.	Рентгенодиагностика кариеса, пульпита, периодонтита, заболеваний пародонта	559
12.4.1.	Рентгенодиагностика кариеса	559
12.4.2.	Лучевые поражения зубов	564
12.4.3.	Рентгенодиагностика заболеваний пульпы	564
12.4.4.	Рентгенодиагностика периодонтита	565
12.4.5.	Рентгенодиагностика заболеваний пародонта	568
12.5.	Рентгенодиагностика воспалительных заболеваний челюстей	572
12.6.	Рентгенодиагностика травматических повреждений челюстей и зубов	579
12.6.1.	Переломы нижней челюсти	582
12.6.2.	Переломы верхней челюсти	585
12.6.3.	Перелом скуловой кости	586
12.6.4.	Сращение переломов	586
12.6.5.	Осложнения сращения переломов	587
12.6.6.	Вывих нижней челюсти	588
12.6.7.	Вывихи и переломы зубов	589
12.7.	Рентгенодиагностика кист челюстей	590
12.8.	Рентгенодиагностика доброкачественных одонтогенных опухолей	596
12.9.	Рентгенодиагностика злокачественных опухолей челюстей	604
12.10.	Рентгенодиагностика заболеваний височно-нижнечелюстного сустава	610
12.11.	Рентгенодиагностика заболеваний слюнных желез	612
	Молодому исследователю	618

## **Часть IV. ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ** **621**

1.	Принципы радиационной онкологии (стратегия лучевой терапии злокачественных опухолей)	623
2.	Клинико-радиобиологические основы лучевого лечения опухолей	626
2.1.	Действие ионизирующего излучения на опухоль	627
2.2.	Управление лучевыми реакциями опухолей и нормальных тканей	628
2.2.1.	Выбор режима облучения	628
2.2.2.	Физические и химические средства радиомодификации	631
3.	Клинико-дозиметрическое планирование лучевой терапии	633
3.1.	Выбор поглощенной дозы и ее распределение в облучаемом объеме	633
3.2.	Радиационно-физическая характеристика пучков излучения	637

4. Технологическое обеспечение лучевой терапии. . . . .	639
4.1. Дистанционное облучение. . . . .	640
4.2. Контактные методы облучения. . . . .	<b>643</b>
5. Курс лучевой терапии. . . . .	<b>647</b>
5.1. Предлучевой период. . . . .	648
5.2. Лучевой период. . . . .	651
5.3. Реакции организма на лечебное лучевое воздействие. Посллучевой период. . . . .	653
6. Основы лучевой терапии злокачественных опухолей челюстно-лицевой области. . . . .	656
6.1. Лучевые реакции и осложнения при лучевой терапии опухолей челюстно-лицевой области. . . . .	660
7. Лучевая терапия неопухолевых заболеваний. . . . .	661
Молодому исследователю. . . . .	664
Заключение (послесловие). . . . .	665