

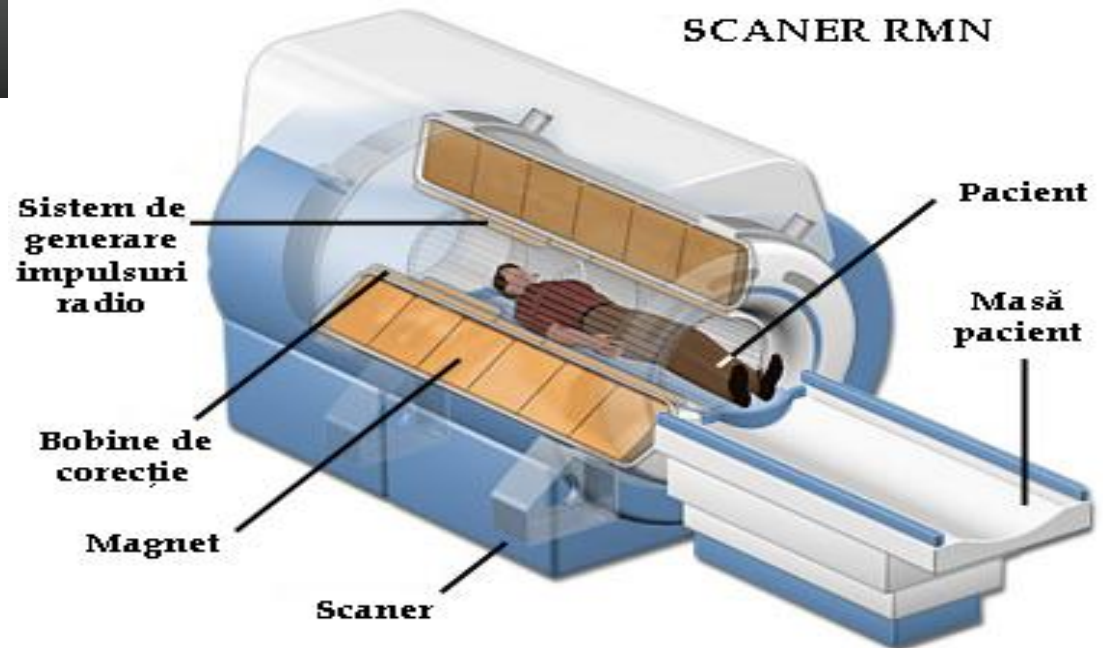
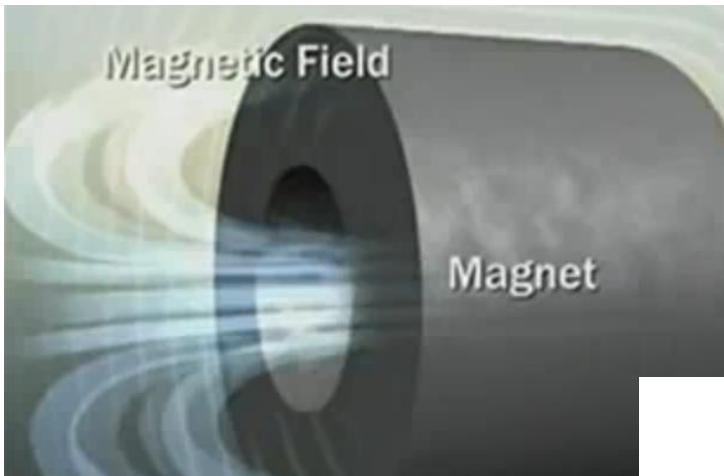
**Магнитно-резонансная
томография. Ультразвуковая
диагностика. Ядерная медицина.**

Магнитно-резонансная томография

- Магнитно-резонансная томография (МРТ) в настоящее время является одной из самых современных и сложных технологий, использующих магнитные поля, радиоволны и компьютер для получения изображений структур тела с высоким разрешением;
- Аппарат магнитного резонанса создает магнитное поле, которое вместе с приложением волн определенной радиочастоты временно изменяет расположение протонов водорода в теле.



Магнитно-Ядерная Томография (Ядерно-магнитный резонанс)

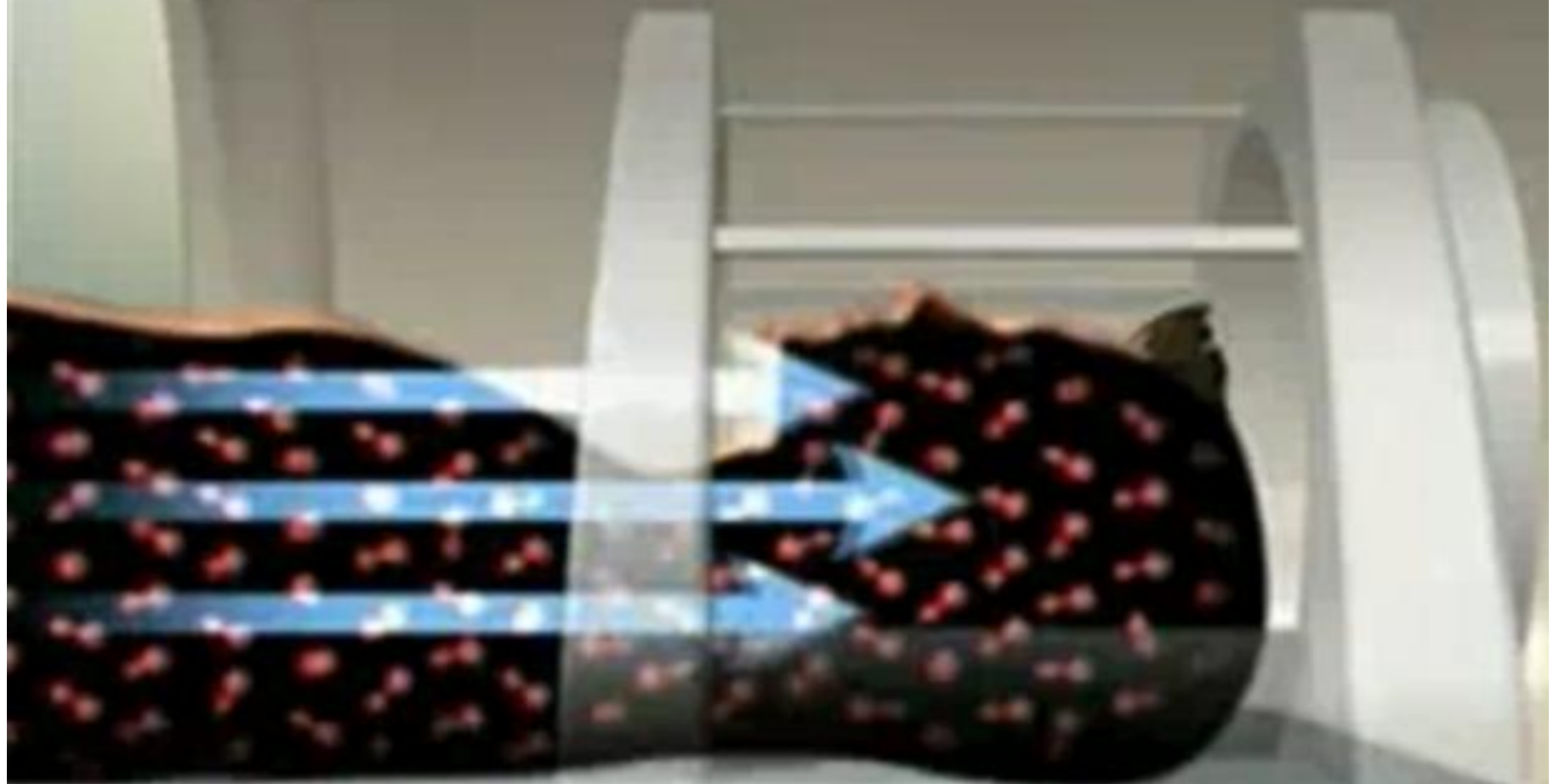




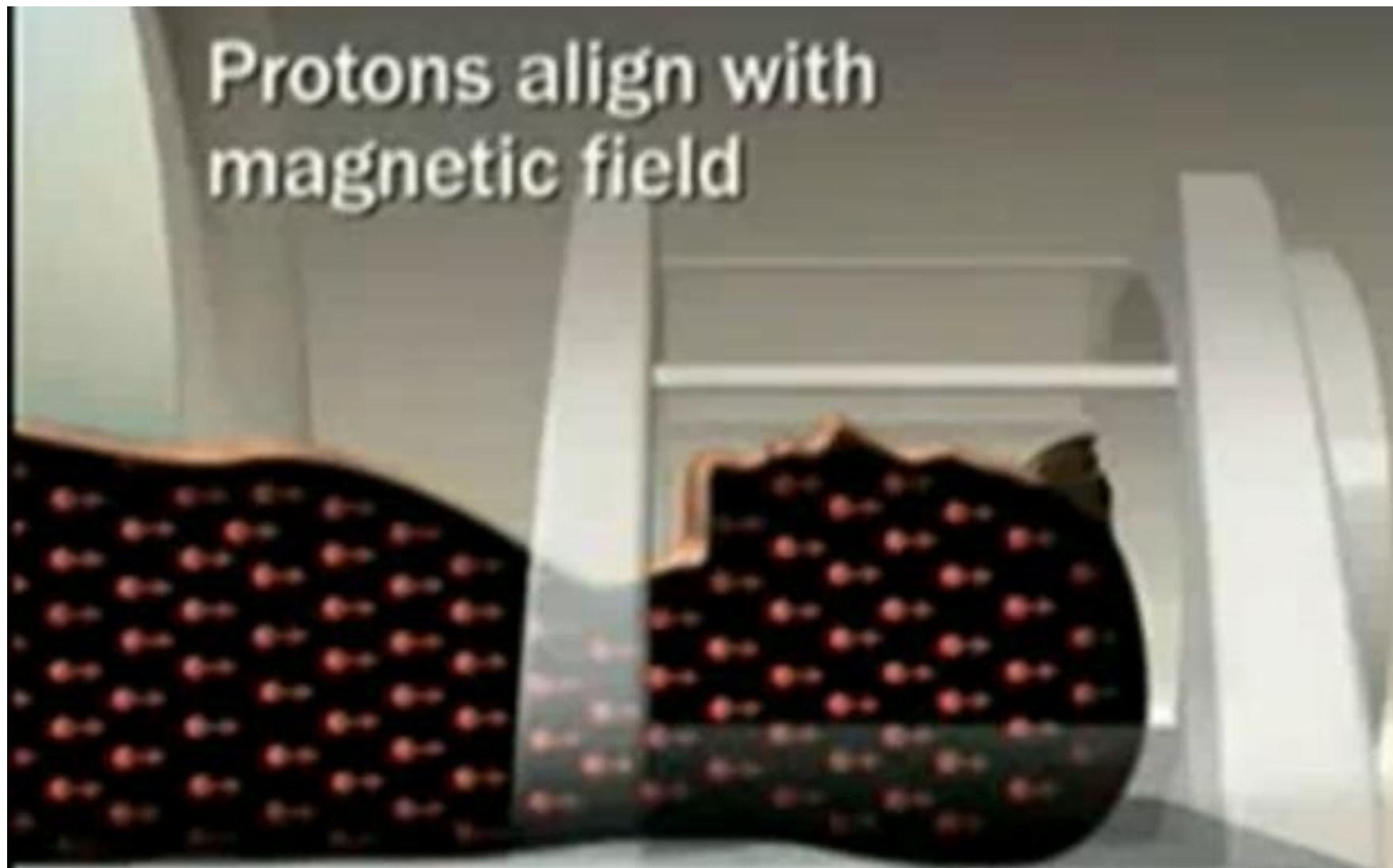
Magnetic Field



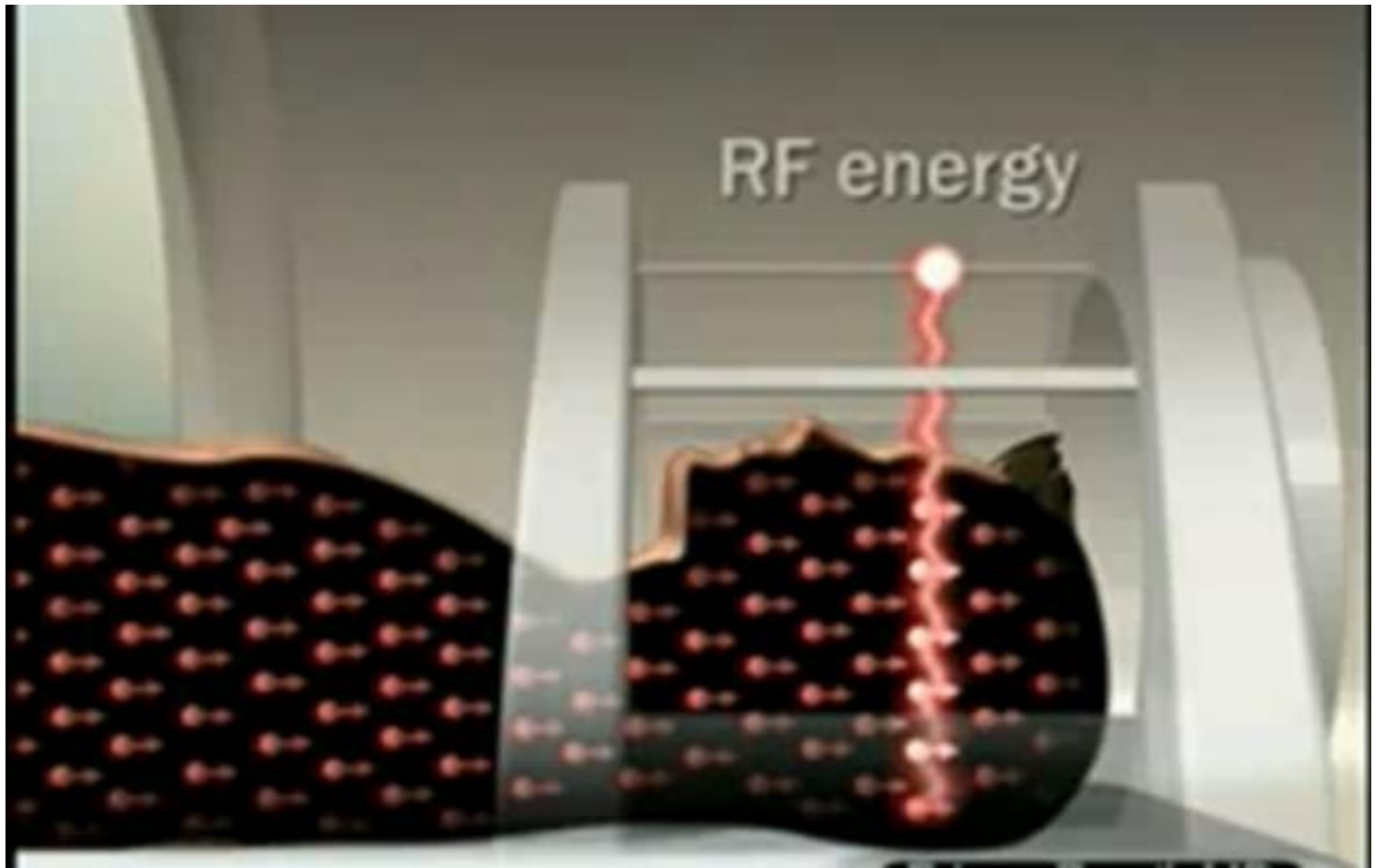
Protons

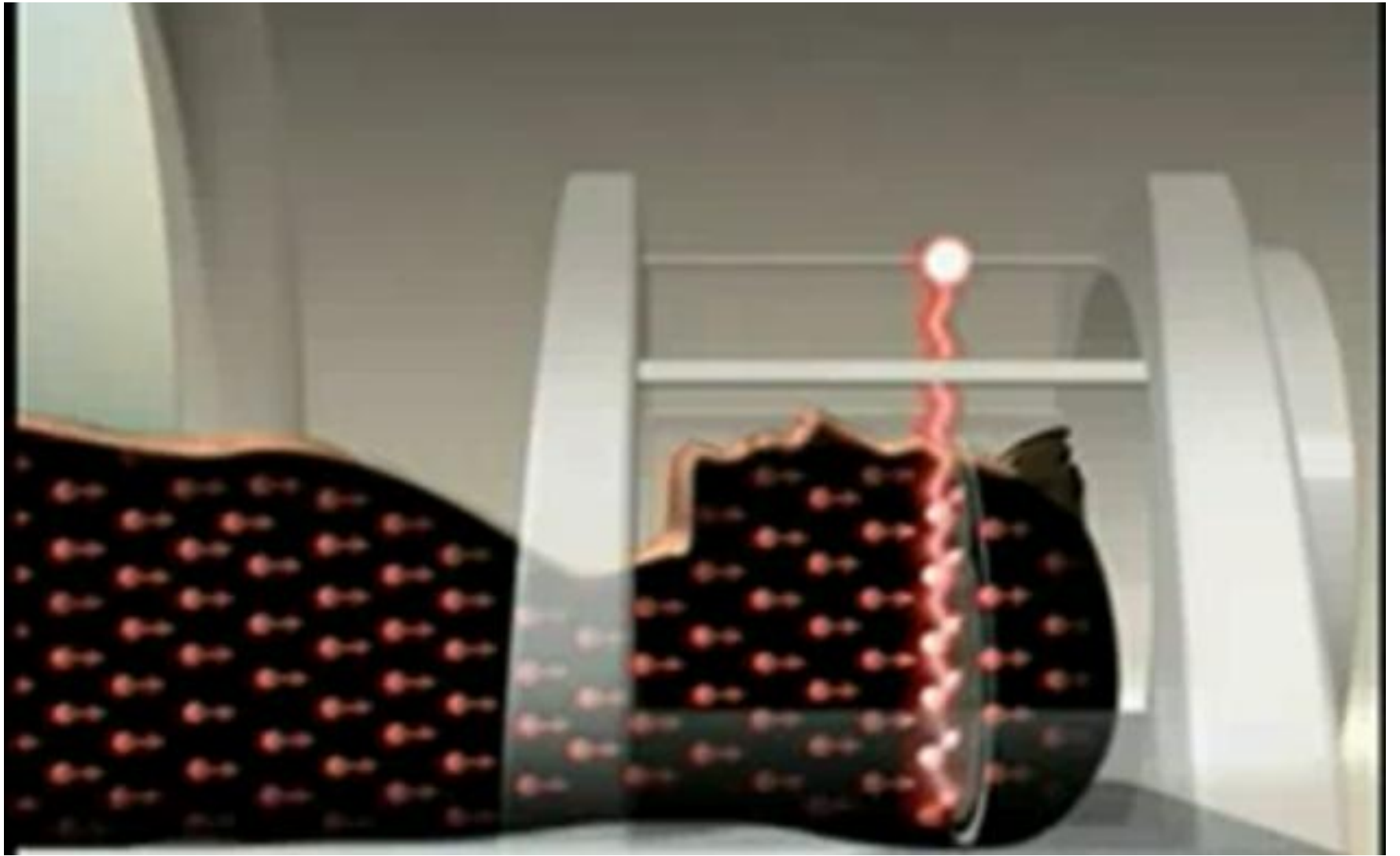


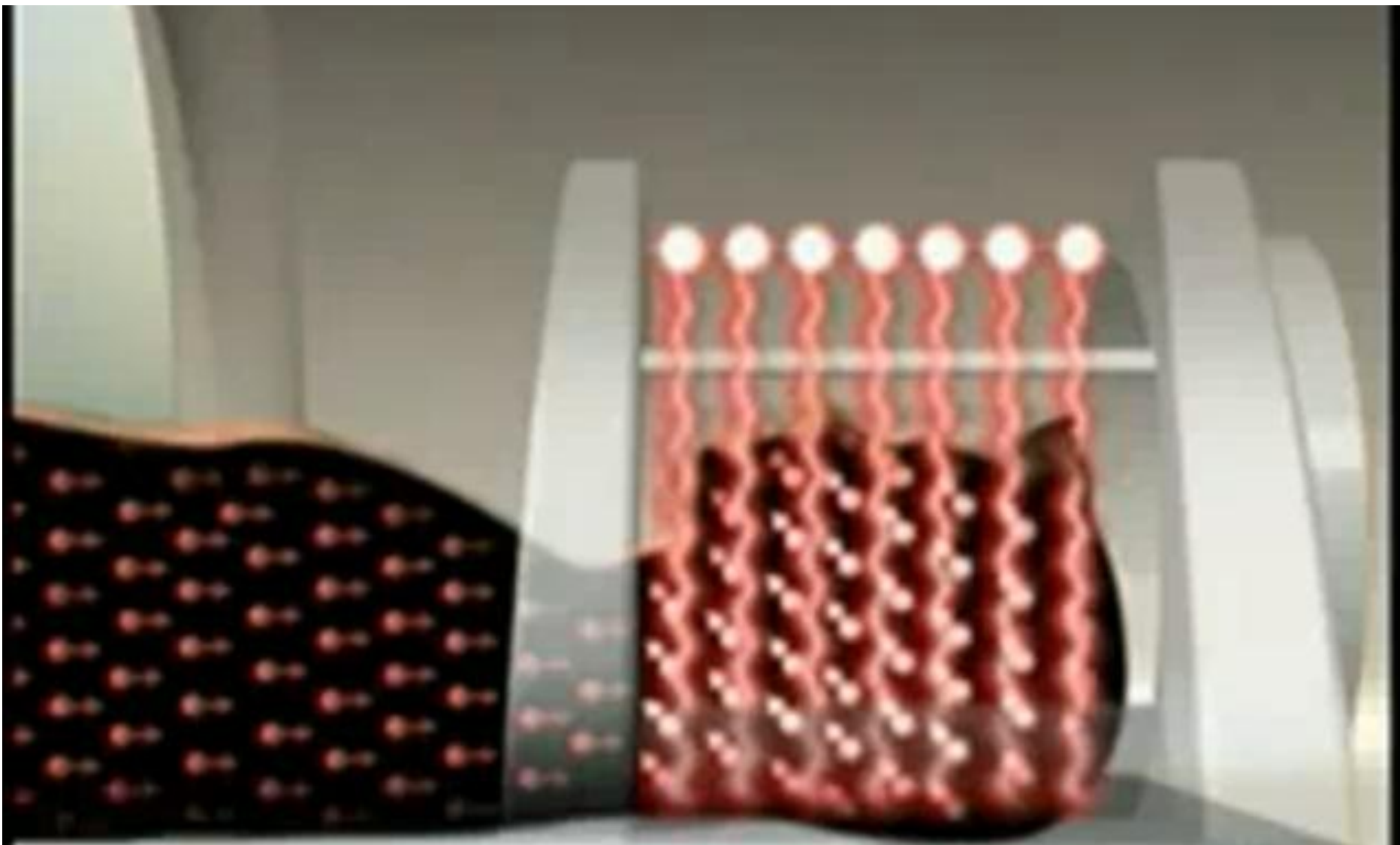
Protons align with
magnetic field

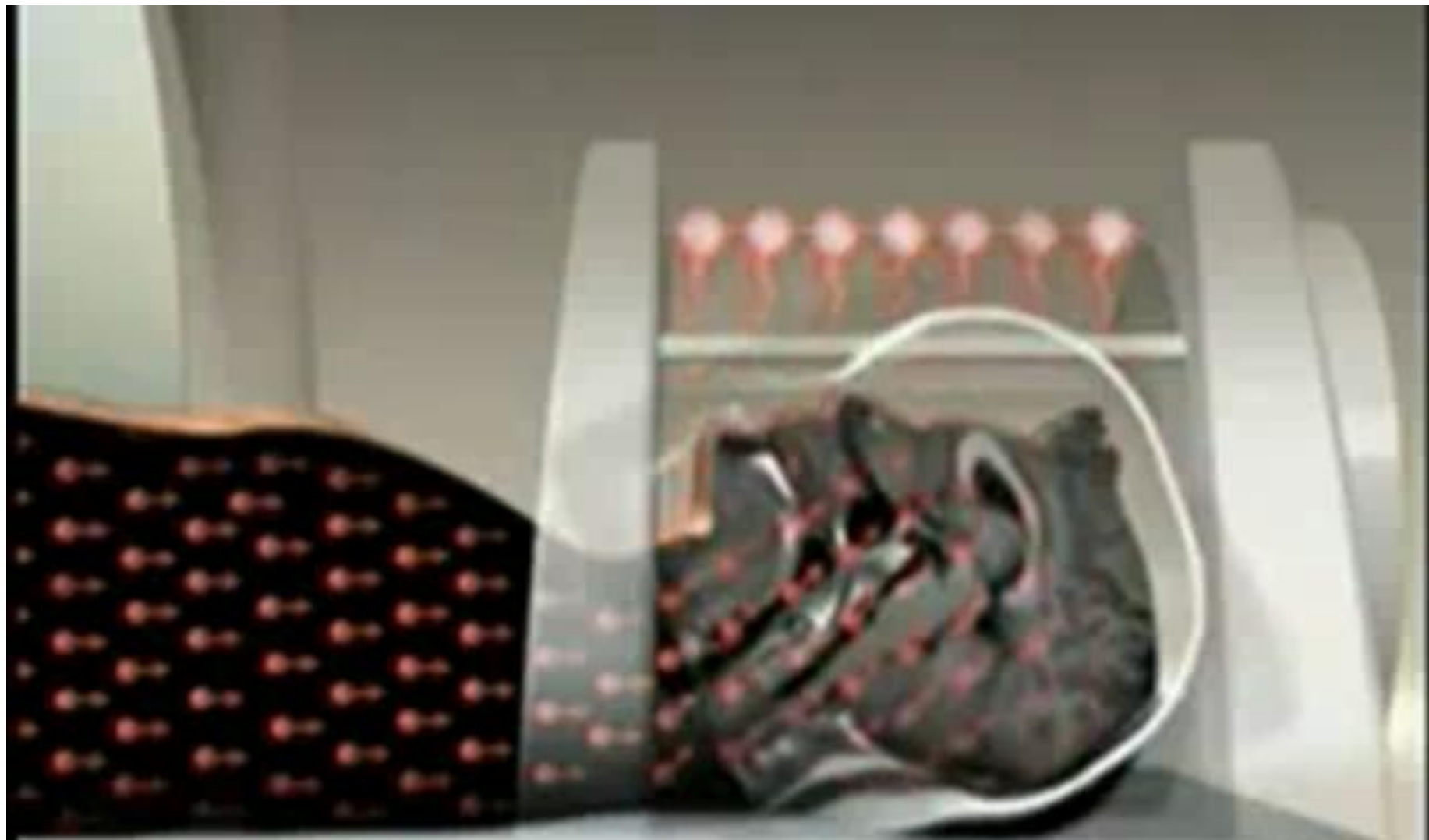


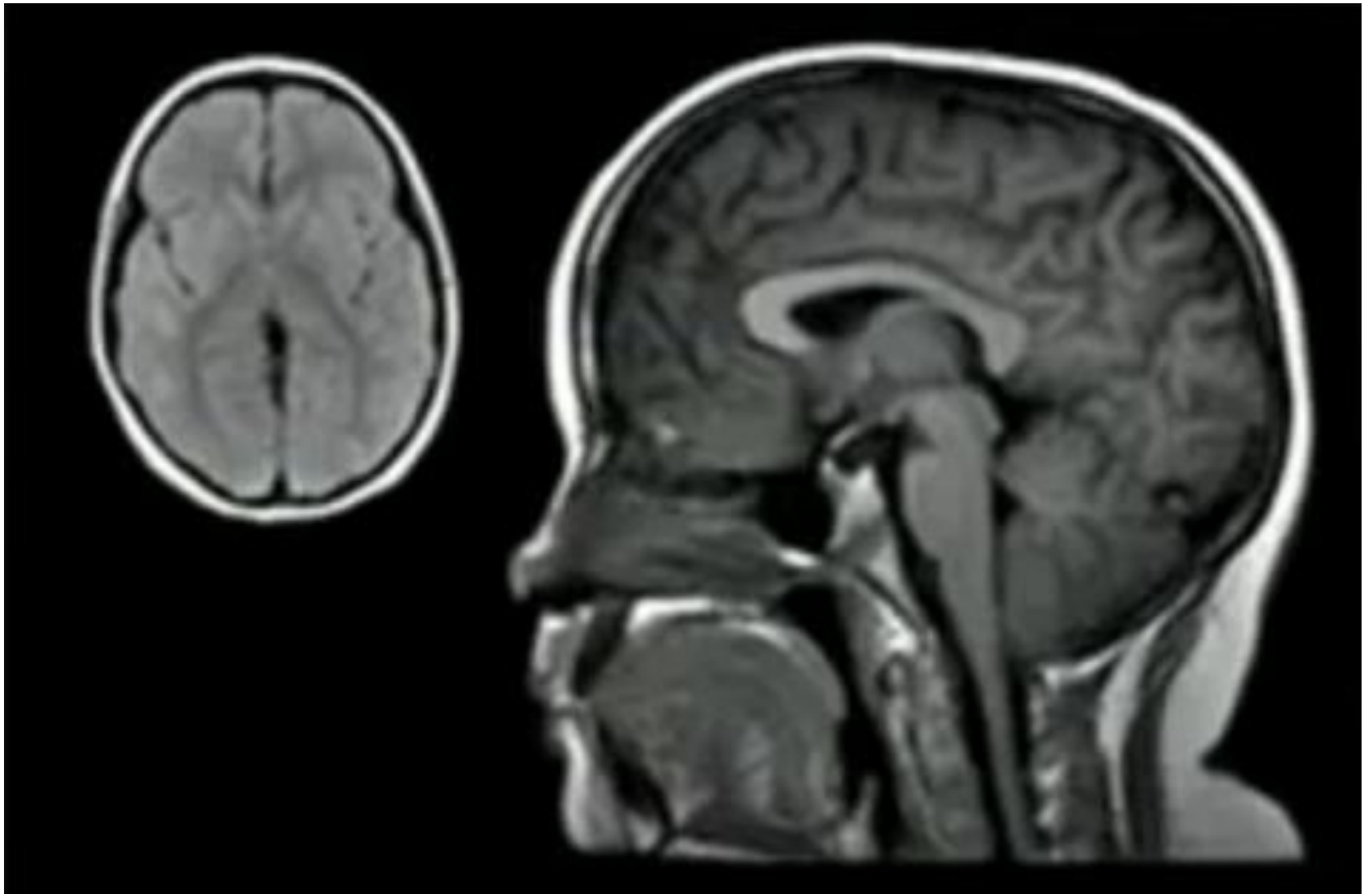
RF energy













**T2- сагиттальный
взвешенный срез**



**T1-сагиттальный
взвешенный срез**

T1

Взвешенные изображения

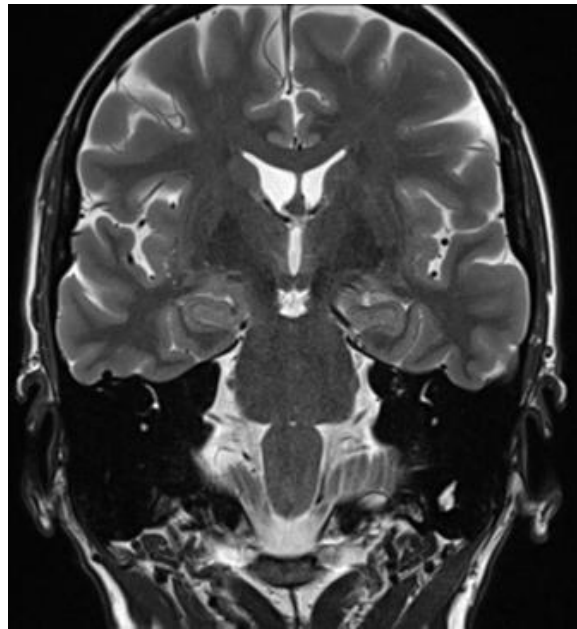
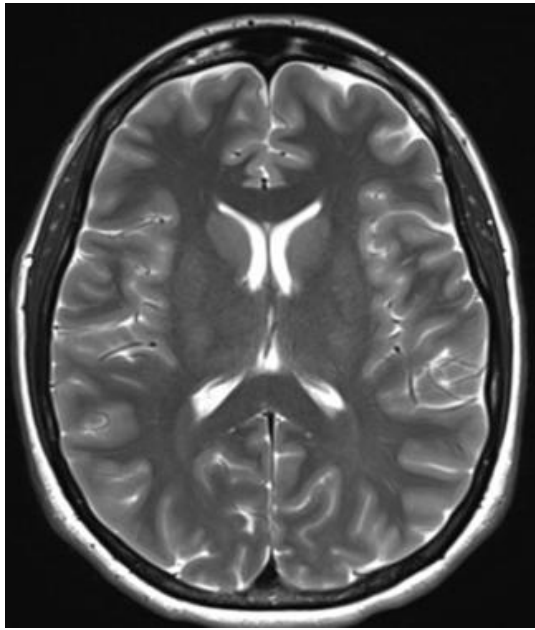
- Время T1 характеризует продольную намагниченность ткани (соответствует восстановлению продольной намагниченности 63%). Чем короче T1 ткани, тем быстрее восстанавливается ее продольная намагниченность. Порядок величины для биологических тканей 500 - 1000 мс.



T2

Взвешенные изображения

- Время T2 характеризует поперечную релаксацию ткани (уменьшение поперечной намагниченности на 63%). Чем дольше T2 ткани, тем дольше сохраняется ее поперечная намагниченность. Порядок величины для биологических тканей 50 - 100 мс.



Недостатки

- Высокие эксплуатационные расходы;
- Длительное сканирование, и на протяжении всего исследования пациент должен стоять неподвижно;
- Неоптимальные изображения полей легких;
- Невозможность обследования пациентов с металлическими инородными телами (осколки, послеоперационные зажимы, кардиостимуляторы и т. Д.);
- Пациентам с клаустрофобией может потребоваться анестезия.

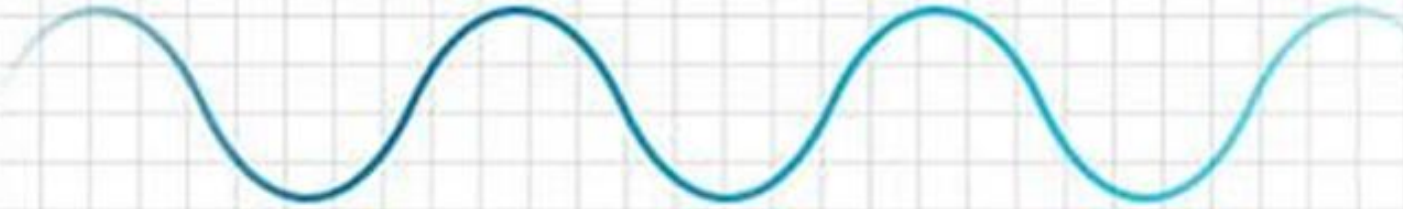


УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

- Ультрасонография (ультразвук) - это отрасль медицинской визуализации, основанная на использовании механических акустических волн.
- Звуки, воспринимаемые человеческим ухом, имеют частоту от 16 Гц до 20000 Гц;
- В ультразвуковом исследовании используются волны с частотой от 2 до 20 МГц.

SOUND WAVES

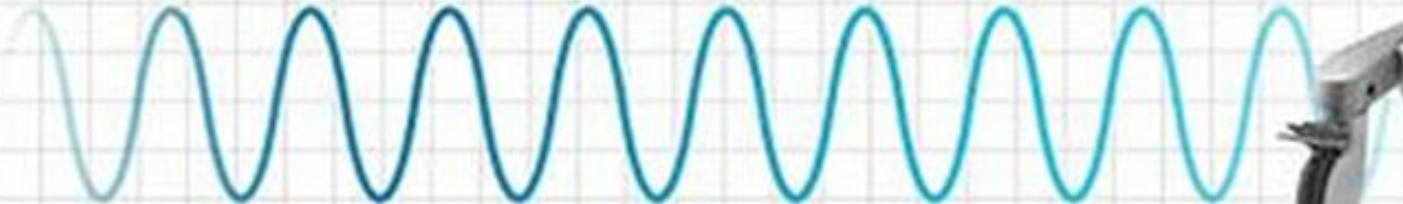
Infrasound (below 16 Hz)



Audible frequencies (16 Hz - 20kHz)



Ultrasound (over 20kHz)



УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Преимущества:

- не использует ионизирующее излучение;
- относительно недорого (намного дешевле компьютерной томографии и МРТ);
- доступное для любого пациента, безболезненное и не инвазивное;
- можно повторять сколько угодно раз;
- его можно проводить в любых условиях (у постели больного, в операционной), интерпретация результатов производится сразу, даже во время исследования;
- во многих случаях достаточно чтоб сформулировать окончательный диагноз, а также контролировать и оценивать результаты указанного лечения.

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Недостатки:

- Зависит от оператора.
- Плохое распространение ультразвуковых волн в газовой или костной среде вызывает неудовлетворительную визуализацию нижележащих структур.
- Неудовлетворительное распространение ультразвуковых волн через жир может ухудшить качество изображения при ожирении.

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

- Пьезоэлектрический кристалл используется для получения ультразвуковых волн. Его главное свойство - преобразовывать механические колебания в электрические и наоборот.
- Пьезоэлектрический кристалл помещается внутри преобразователя (зонда, датчика) и работает пульсирующе: меньшее время для излучения ультразвукового сигнала и большее время для приема эхо.
- Современные зонды снабжены не кристаллом, а матрицей пьезокристаллов.
- Таким образом, датчик работает как для передачи, так и для приема сигнала.



Convex



Linear



Phased array



Micro convex



T-type linear



Biplanar



Endocavitary



Linear



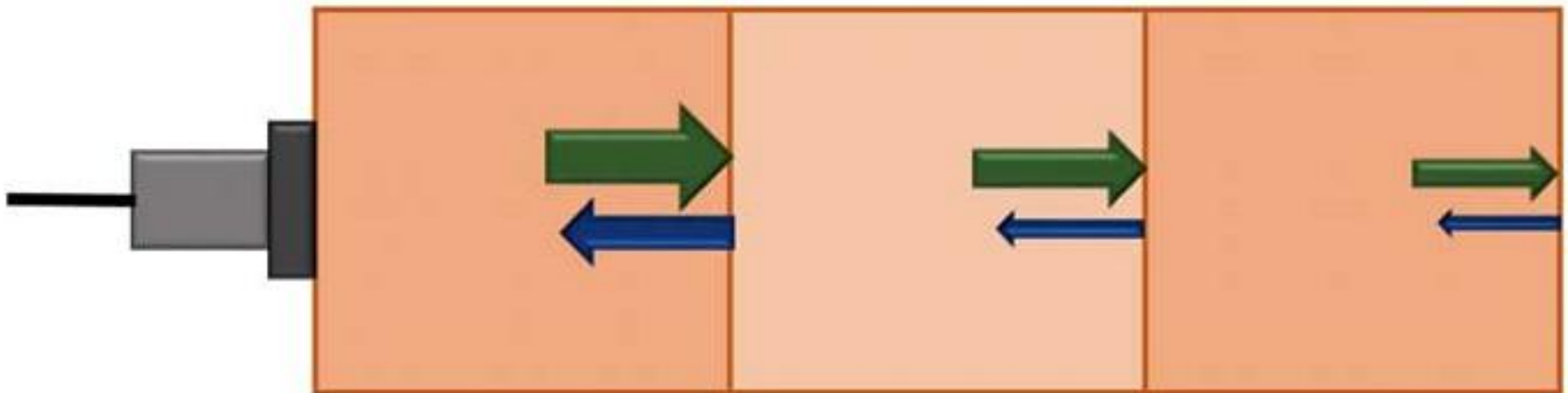
Intrarectal



Linear

Принцип УЗИ

- Основой для получения изображения является свойство ультразвука пересекать окружающую среду и частично отражаться от границы раздела двух сред с разной плотностью (вернее, с разным акустическим импедансом).
- Ультразвук, излучаемый датчиком (зеленые стрелки), распространяется через окружающую среду; с увеличением глубины (расстояния от преобразователя) происходит их затухание. На каждой границе раздела между двумя средами с разным акустическим импедансом есть свое отражение ультразвука (синие стрелки): создается эхо, которое затем принимается преобразователем, который служит как передатчиком, так и приемником эхо-сигналов (ультразвука).

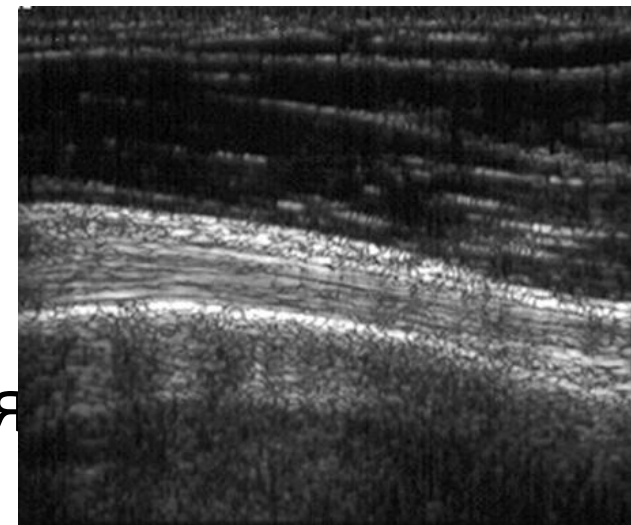


- Каждой точке на экране соответствует корреспондент в исследуемых анатомических структурах, ее яркость находится в прямой зависимости от акустического импеданса отражающего элемента.
- Как правило, за некоторыми исключениями, отражающие структуры имеют белый цвет и соответствуют твердым тканям, в то время как неотражающие структуры кажутся черными и соответствуют жидкостям.
- В ультразвуковой терминологии отражающие элементы называются «эхогенными» или «рефлектогенными», а неотражающие элементы - «анэхогенными» или «транссоническими».



«Неотражающее» образование (киста печени), расположенное в непосредственном контакте с другим, сильно отражающим (диафрагмой).

- Эхо, отраженное от разных структур, будет давать изображение с разными оттенками серого.
- Если разница в акустическом импедансе и отражении ультразвука соответственно больше, изображение будет от светло-серого до белого и будет называться **гиперэхогенным**.
- И наоборот, если отражение меньше, изображение будет темно-серым и будет называться **гипоэхогенным**.



УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

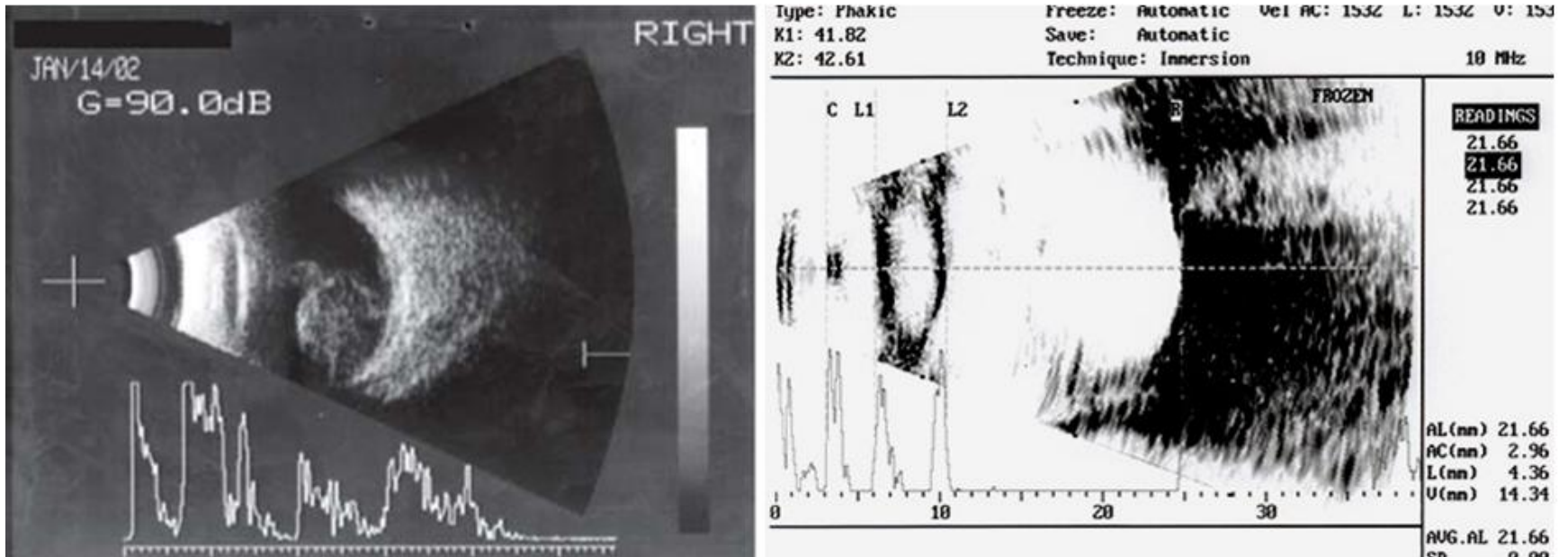
В настоящее время существует несколько способов (типов) ультразвукового исследования, к которым относятся: УЗИ в режиме А (от слова «амплитуда»), В («яркость»), М («движение»), 3D, 4D, доплеровском режиме и т. Д.

Методики:

- Одномерная эхография: А, М,
- Двухмерная эхография В
- Трех-, четырехмерная эхография
- Допплерэхография: пульсирующий, цветной т. Д.

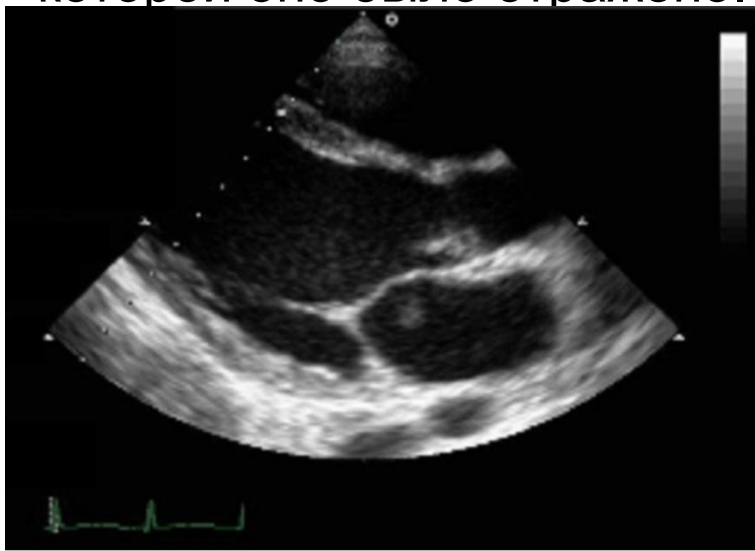
Модуль А

- Режим А («Амплитуда») - исследование тканей в одном направлении. На экране мы видим серию пиков, которые появляются в виде прямой линии. Амплитуда пика характеризует плотность тканей, а расстояние между ними - глубину, на которой эти структуры расположены.
- В настоящее время метод используется относительно редко, последняя область применения - офтальмология.



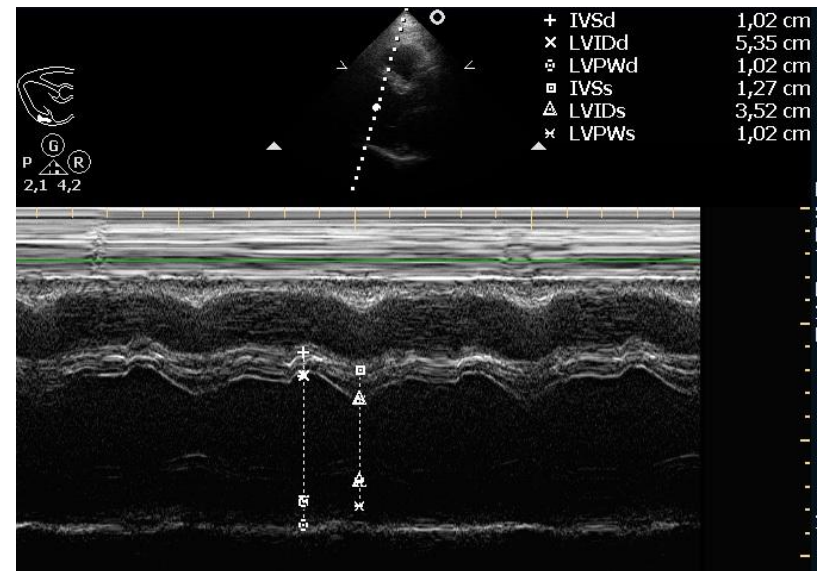
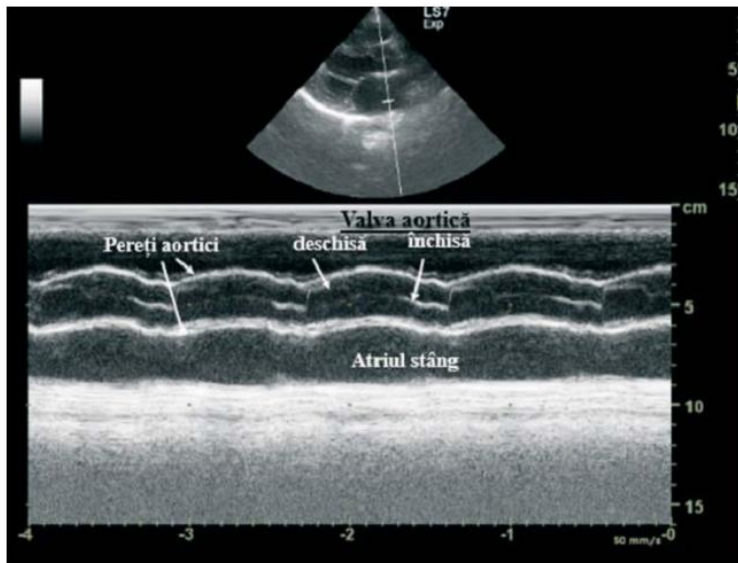
Модуль В

- Режим В от английского слова «*brighthness*» (яркость), другими словами двумерный ультразвук (2D), является наиболее часто используемым режимом ультразвука как для прямого получения информации, так и для управления другими режимами (режим М, Допплер).
- Двумерное изображение состоит из набора эхо-сигналов, отраженных от структур, расположенных в плоскости сечения. Каждому эхо соответствует цветная точка в оттенке серого (от белого до черного), в зависимости от плотности структуры, от которой оно было отражено.



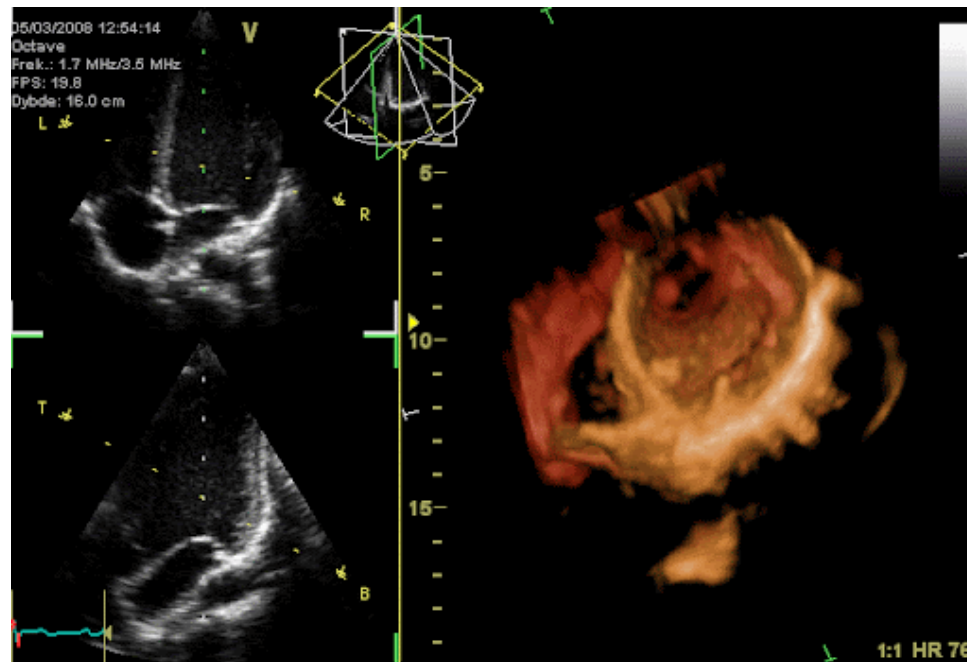
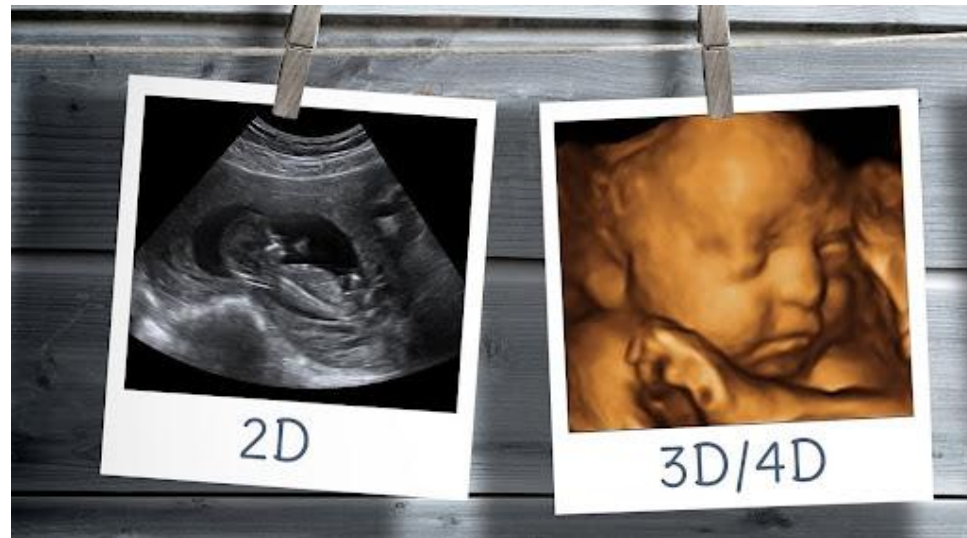
Модуль М

- Режим М (от слова *motion* «движение») используется для оценки движущихся структур, особенно в эхокардиографии. Эхо от стенок сердца записывается на мониторе в виде кривых. Это был первый способ исследования сердца, который до сих пор сохраняет свою ценность (даже остается необходимым) для измерений.



Модуль 3D / 4D

Режимы 3D и 4D представляют собой трехмерную виртуальную реконструкцию (в случае 4D - трехмерную + время) исследуемых структур по результатам реального двухмерного сканирования и требуют специальных датчиков и программного обеспечения. Полученные изображения впечатляют, но реальная потребность и показания относительно ограничены.

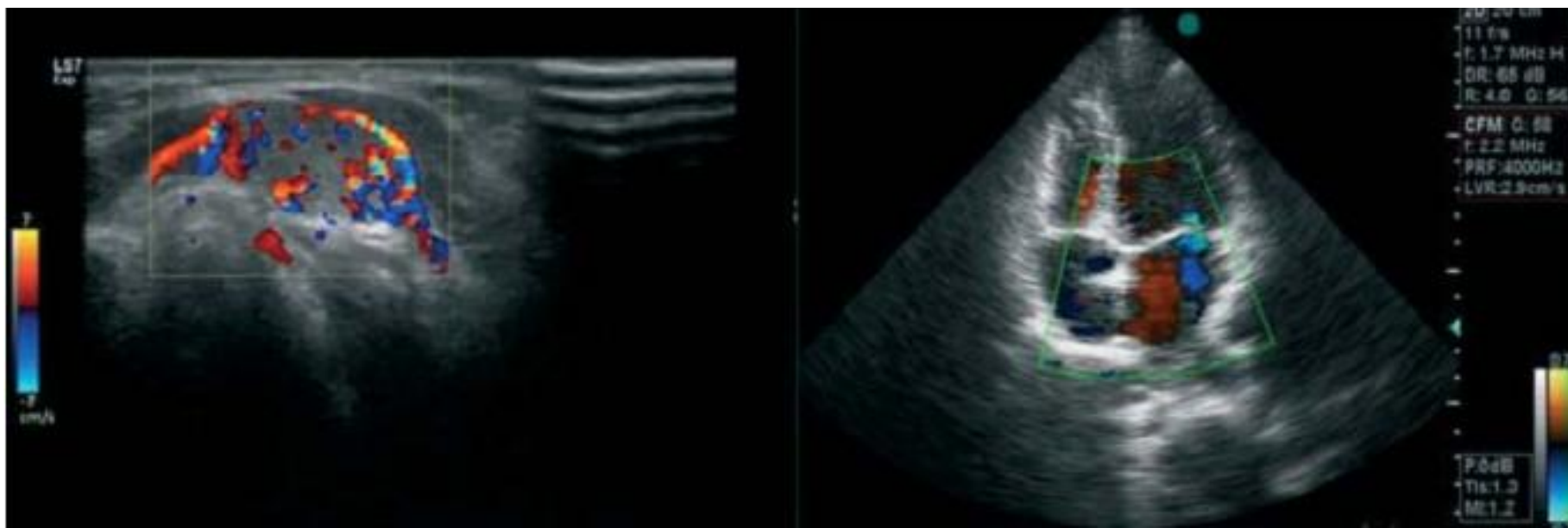


Допплерография

- Допплерография основана на отражении ультразвука от движущихся структур. Если в случае стационарных конструкций частота излучаемого, отраженного и принимаемого ультразвука будет одинаковой, то в случае движущихся структур частота принимаемого ультразвука будет изменяться в зависимости от направления движения конструкции к преобразователю: он будет больше по сравнению с оригиналом, если объект исследования приближается к преобразователю, и меньше - если он удаляется.
- Допплеровское ультразвуковое исследование, как и «простое» ультразвуковое исследование, включает в себя несколько способов: спектральный доплер (пульсирующий и непрерывный), цветной доплер, тканевый доплер и т. Д.

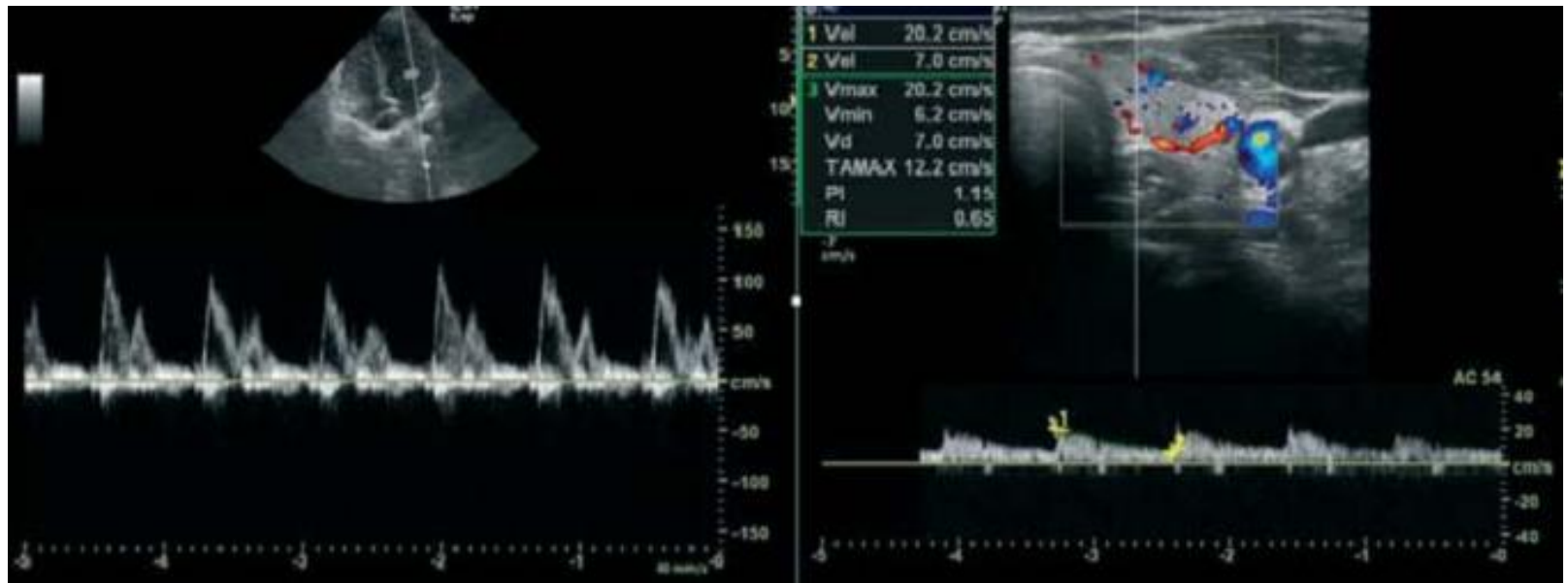
Цветной доплер

- Цветовой доплеровский режим - это импульсный доплеровский режим с цветовой кодировкой. Благодаря возможности оценки скорости и направления струи крови в определенной точке, эта оценка производится в нескольких точках, после картирования (в английской терминологии используются понятия «color flow mapping»).
- По соглашению, любая струя крови, направленная на датчик, кодируется **красным** цветом, а направленная от датчика - **синим**.



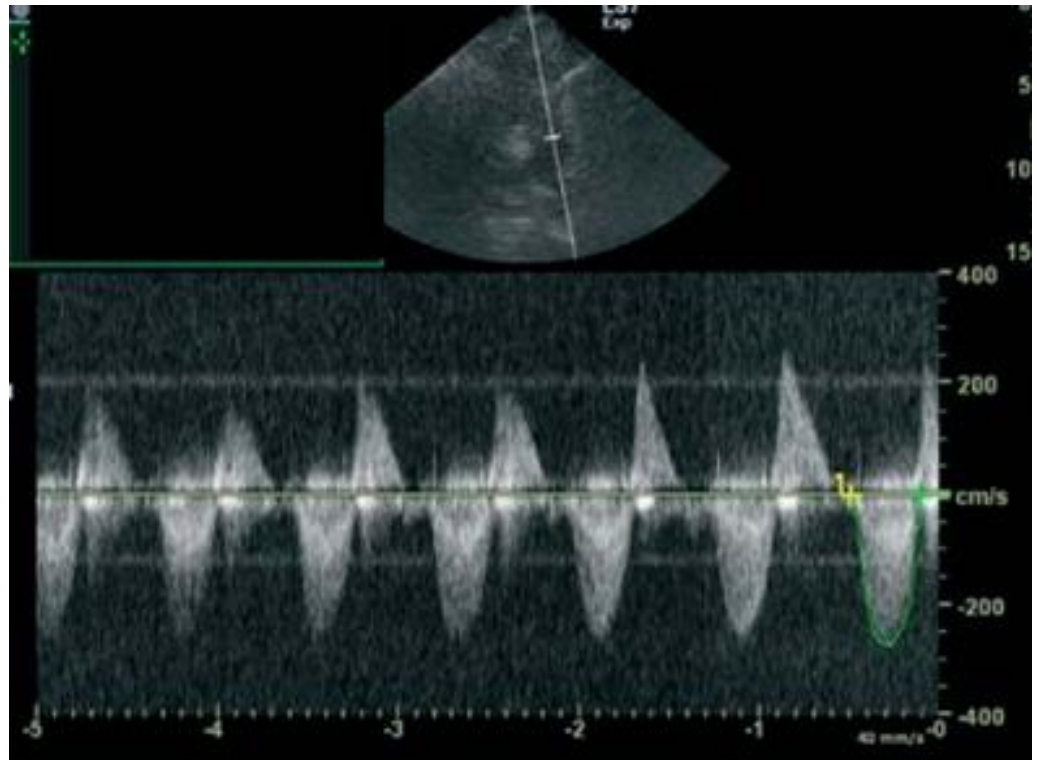
Пульсирующий доплер

- В пульсирующем (импульсном) доплеровском режиме ультразвуковой импульс периодически излучается датчиком, тот же датчик принимает отраженное эхо, но выборочно только тот, который отражается с определенного расстояния, выбранного исследователем (точное место на линии излучения). Таким образом, скорость струи крови можно оценить в любой выбранной точке.
- Недостатком является то, что измеряемая скорость ограничена в зависимости от частоты повторения импульсов. В случае высоких скоростей (например, клапанного или сосудистого стеноза) метод не будет информативным.



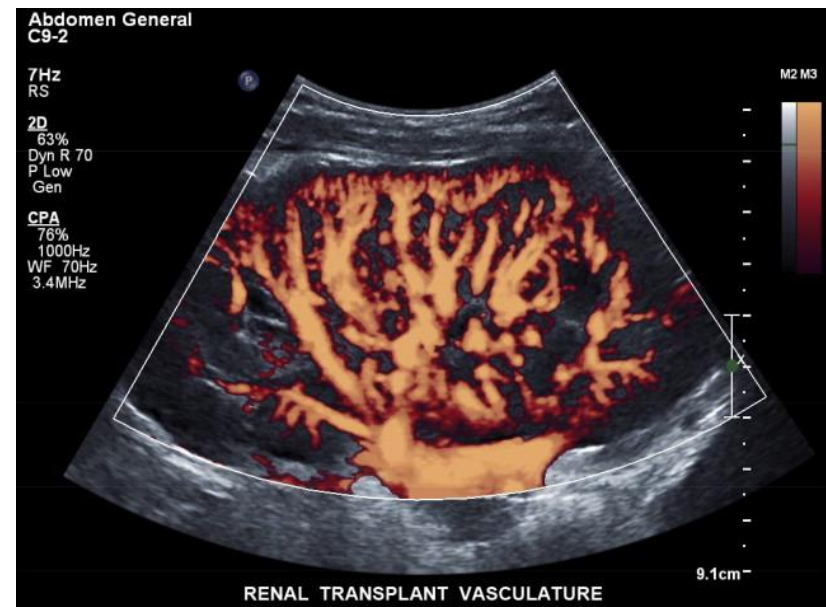
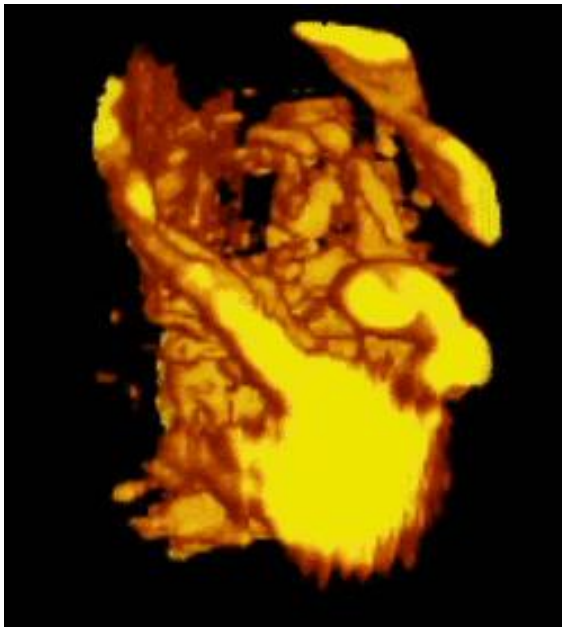
Непрерывный доплер

- Высокая скорость струи крови может быть определена количественно с помощью метода непрерывного доплера с непрерывной передачей и приемом сигнала. В этом случае можно оценить максимальную скорость на всей линии передачи, независимо от того, насколько она велика.
- Недостатком является то, что неподвижное место на линии излучения, где струя крови ускоряется, невозможно оценить.



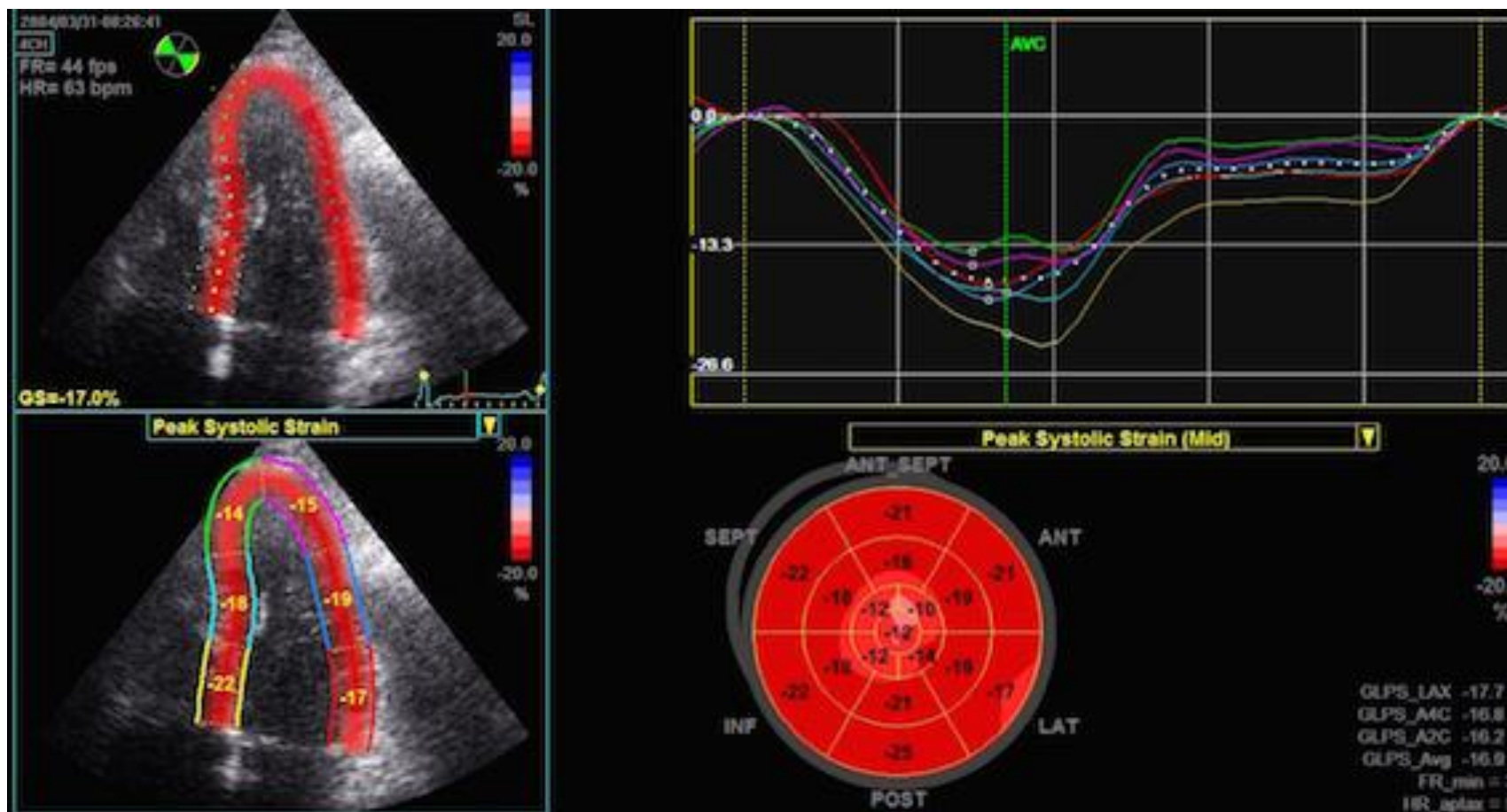
Энергетический доплер

- Метод энергетического доплера гораздо более чувствителен при обнаружении кровотока, чем цветной доплер.
- Он основан на энергии собранного доплеровского сигнала и используется для обнаружения кровотока в мелких сосудах, расположенных внутри органа, например трансплантата почки.
- Этот метод не дает правильной информации о направлении потока.



Тканевый доплер

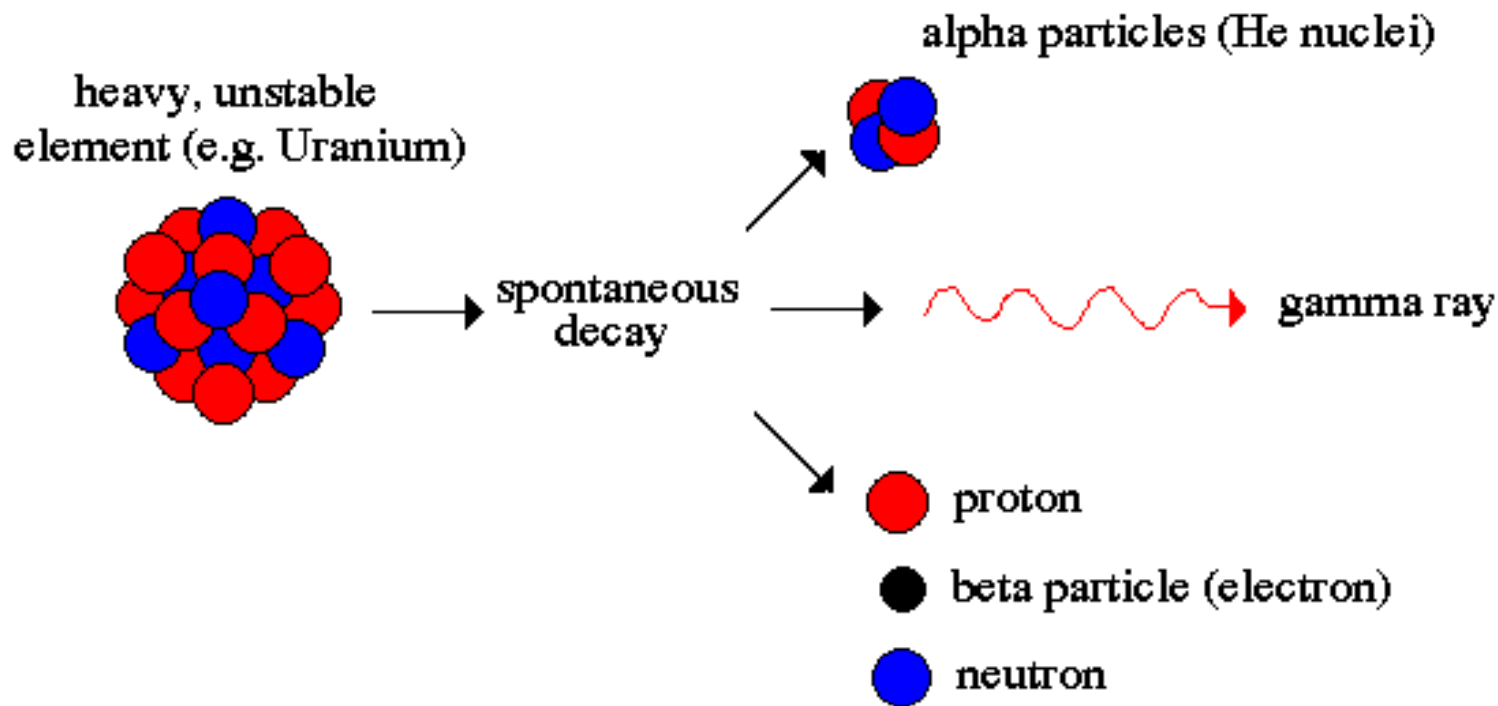
- Тканевый доплер позволяет оценивать движущиеся ткани в режиме реального времени, что способствует оценке регионального движения стенок миокарда.



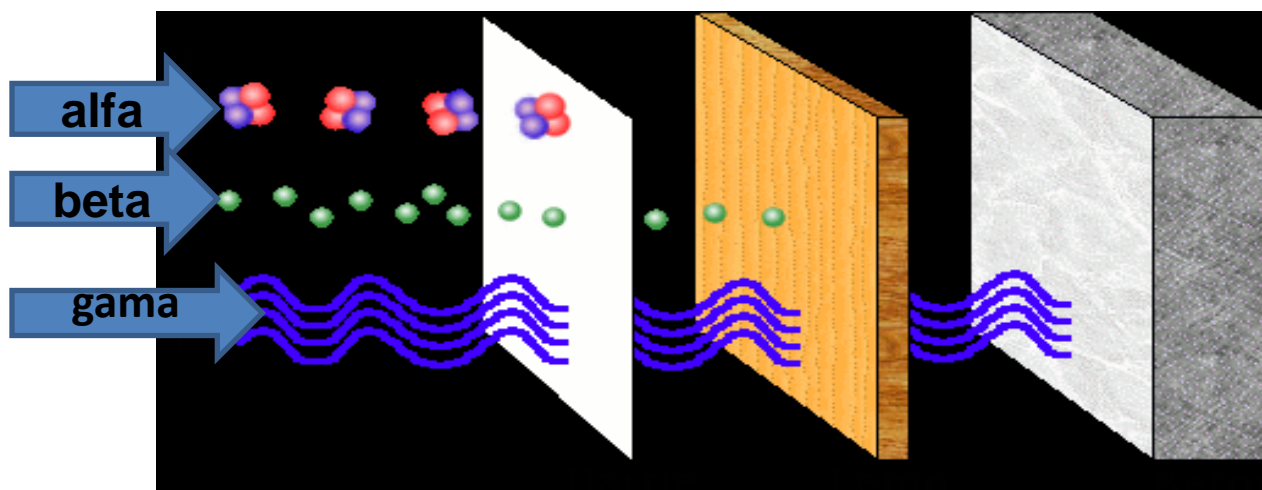
РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА (ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА)

- Ядерная медицина - это современная медицинская специальность, использующая радиоактивные вещества для диагностики и лечения заболеваний в области онкологии, эндокринологии и др.

Radioactivity



РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА (ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА)



Лист
бумаги

Деревянная
или
алюминиевая
пластина

Слой бетона толщиной
около 1 м или
свинцовая пластина
толщиной около 15 см

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

- Основной принцип исследований ядерной медицины - введение в организм пациента (перорально или обычно внутривенно) радиоактивного вещества. Таким образом, пациент становится источником излучения.
- Эти излучения фиксируются детектором (гамма-камерой или сцинтилляционным детектором), в то время как компьютер обрабатывает полученную информацию, и на мониторе отображается изображение, показывающее распределение радиоактивного вещества в организме.
- Таким образом мы можем получить представление об анатомии органа, но, что наиболее важно, мы можем с большой точностью узнать информацию о функциях этого органа.

Понятие о радионуклиде и радиофармацевтическом препарате (РФП)

- Фактическим источником гамма-излучения является радионуклид - радиоактивный изотоп, введенный пациенту.
- Для регистрации гамма-излучения, испускаемого конкретным органом, радионуклид вводится пациенту не изолированно, а в комплексе с биологическим веществом для избирательного накопления в органе-мишени или интересующей области.
- Такое сочетание радионуклида с биологическим веществом называется **радиофармацевтическим препаратом (РФП)**.
- Например, технеций ^{99m}Tc (^{99m}Tc), фиксированный дифосфонатом, который используется в метаболических процессах костной ткани, является основой для производства костного радиоактивного индикатора ^{99m}Tc -MDP (^{99m}Tc -метилендифосфонат). После инъекции в тело он будет включен в скелет, отражая интенсивность метаболизма костей и обнаруживая участки с аномальным метаболизмом.

Понятие о радионуклиде и радиофармацевтическом препарате (РФП)

В зависимости от патологического субстрата и механизма накопления радиофармпрепарата в различных тканях:

- области с аномально повышенной радиоактивностью называют областями гиперфиксации, теплые узелки, гиперметаболические очаги,
- области с аномально низкой или отсутствующей радиоактивностью называют областями гипоактивности, холодные узелки или очаги, фотопенические области.

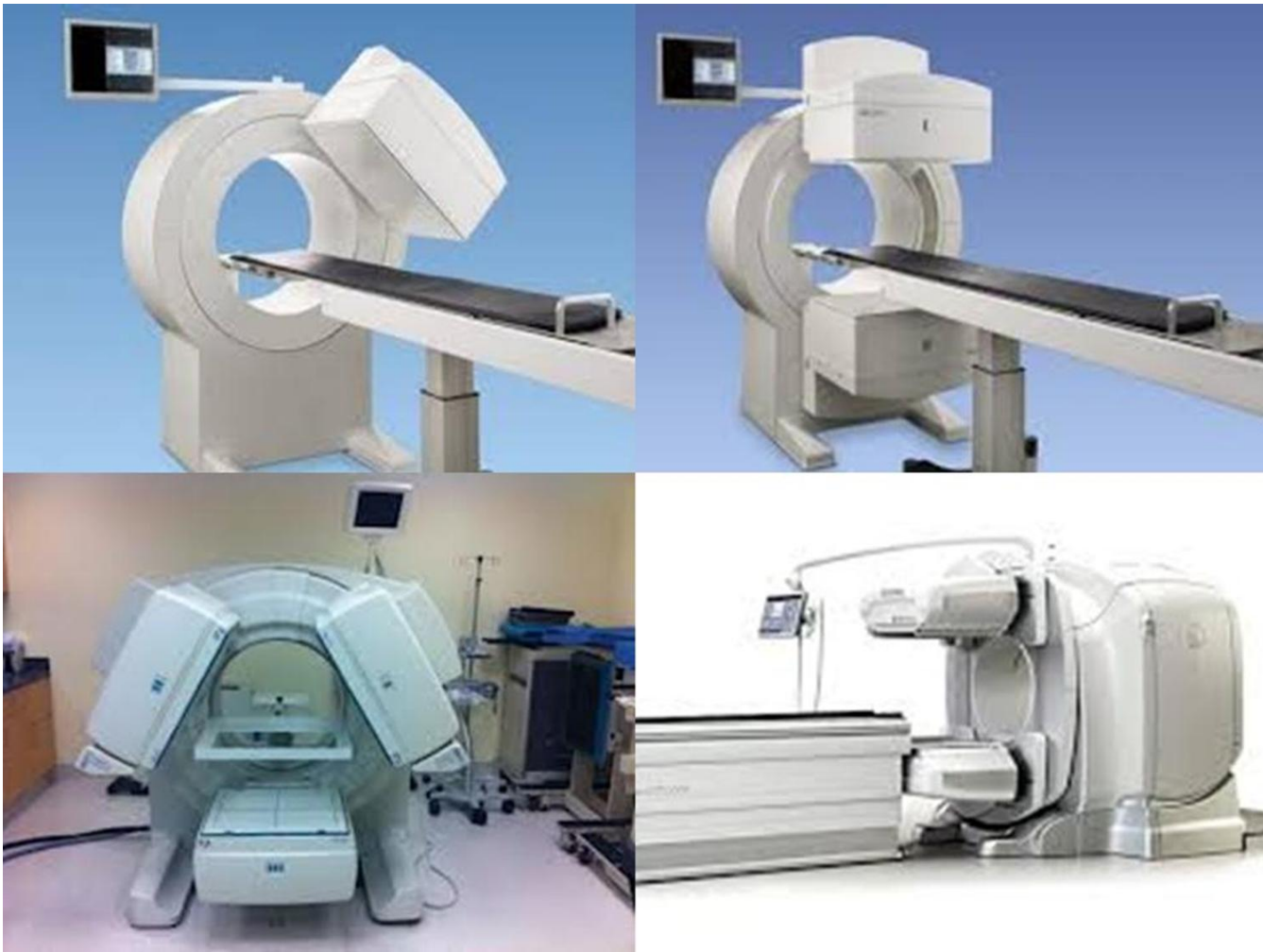
Требования к радионуклидам и РФП

Чтобы использовать радиоактивный изотоп в медицинской диагностике, он должен отвечать определенным требованиям:

- Распадаться, испуская только гамма-лучи;
- Быть чистым, т.е. не содержать других радиоактивных изотопов;
- Быть стабильным, быть фиксированным в составе радиофармацевтического препарата, чтобы иметь возможность отслеживать его накопление в соответствующем органе или ткани;
- Быть выведенным из организма как можно скорее и полностью, но достаточным для проведения исследования. Также желательно, чтобы по окончании исследования доза излучения, исходящая от организма, значительно снизилась: сам пациент является источником ионизирующего излучения и, соответственно, может быть опасен для окружающих его людей. Для этого используются изотопы с коротким периодом полураспада.

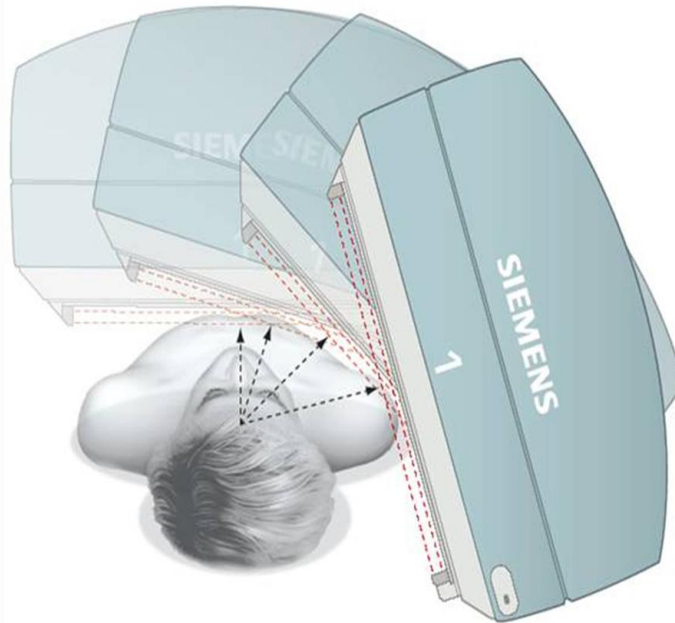
Сцинтиграфия

- Изображения, полученные с помощью сцинтилляционной камеры в статическом положении, являются двумерными, и этот метод называется сцинтиграфией.

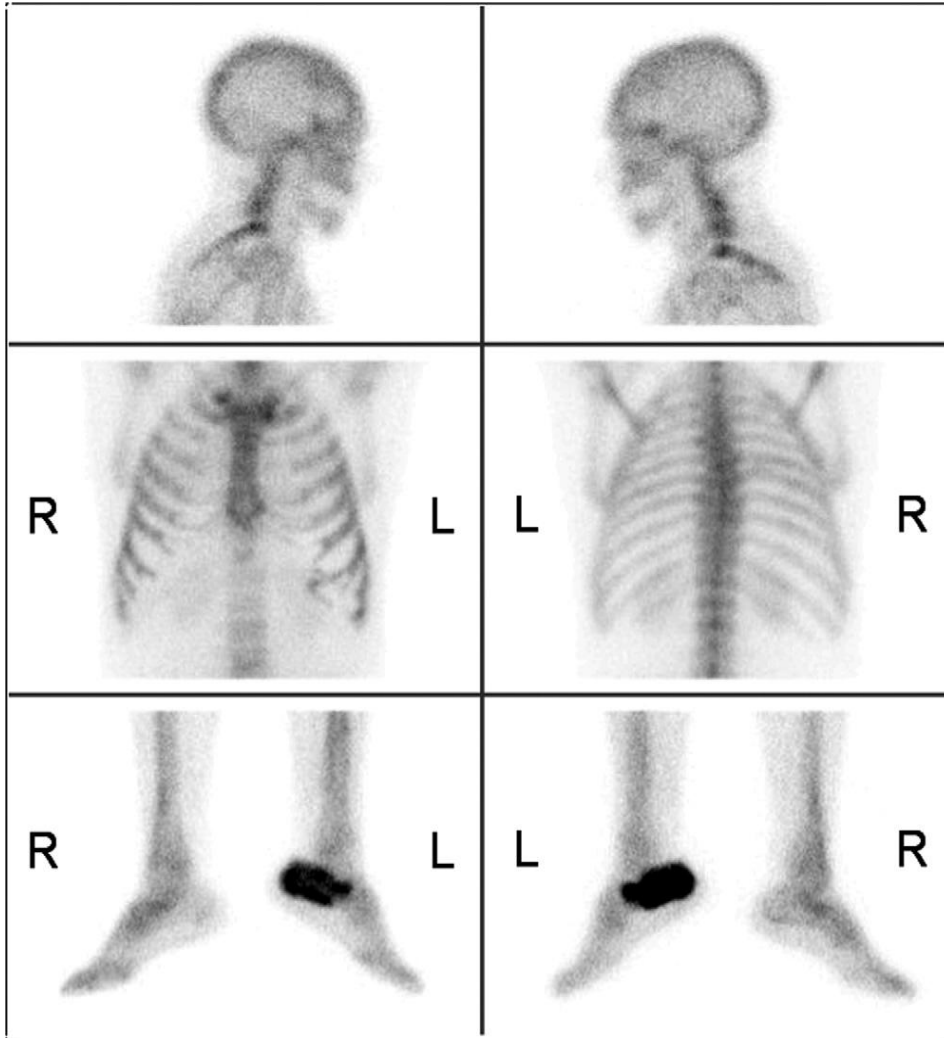


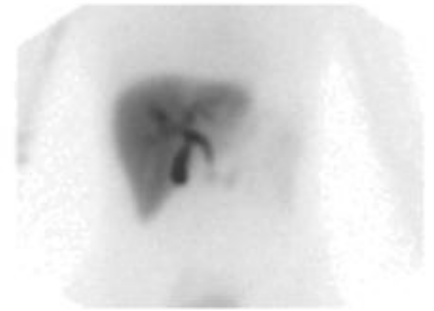
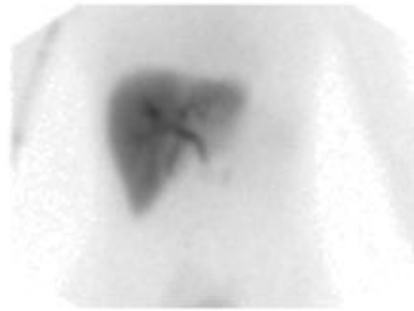
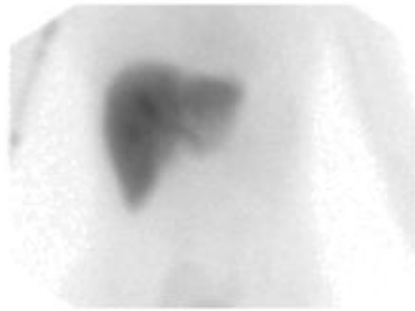
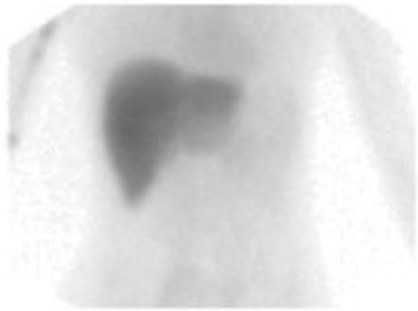
Сцинтиграфия

- Для уменьшения облучения пациента вводится минимальная возможная доза радиофармпрепарата, позволяющая получить адекватные изображения, поэтому формирование сцинтиграфических изображений длится более длительный период по сравнению с формированием рентгенографических изображений, которое происходит практически мгновенно.
- В большинстве сцинтиграфических исследований используются 2 детектора (гамма-камеры), которые позволяют одновременно получать изображения в 2-х разных проекциях.

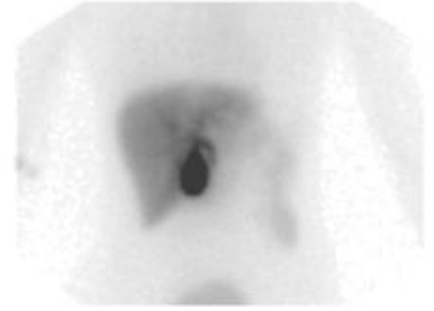
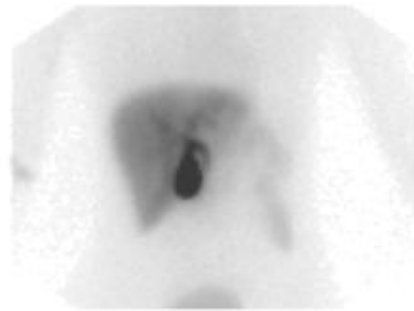
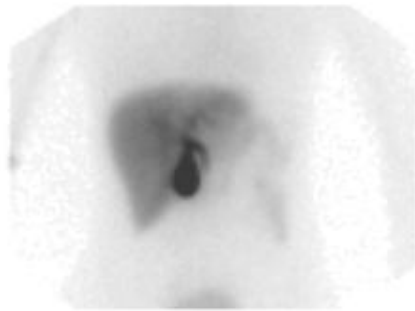
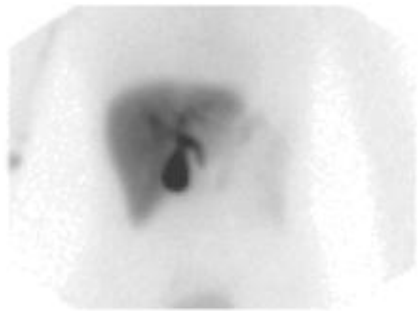


Сцинтиграфия костей

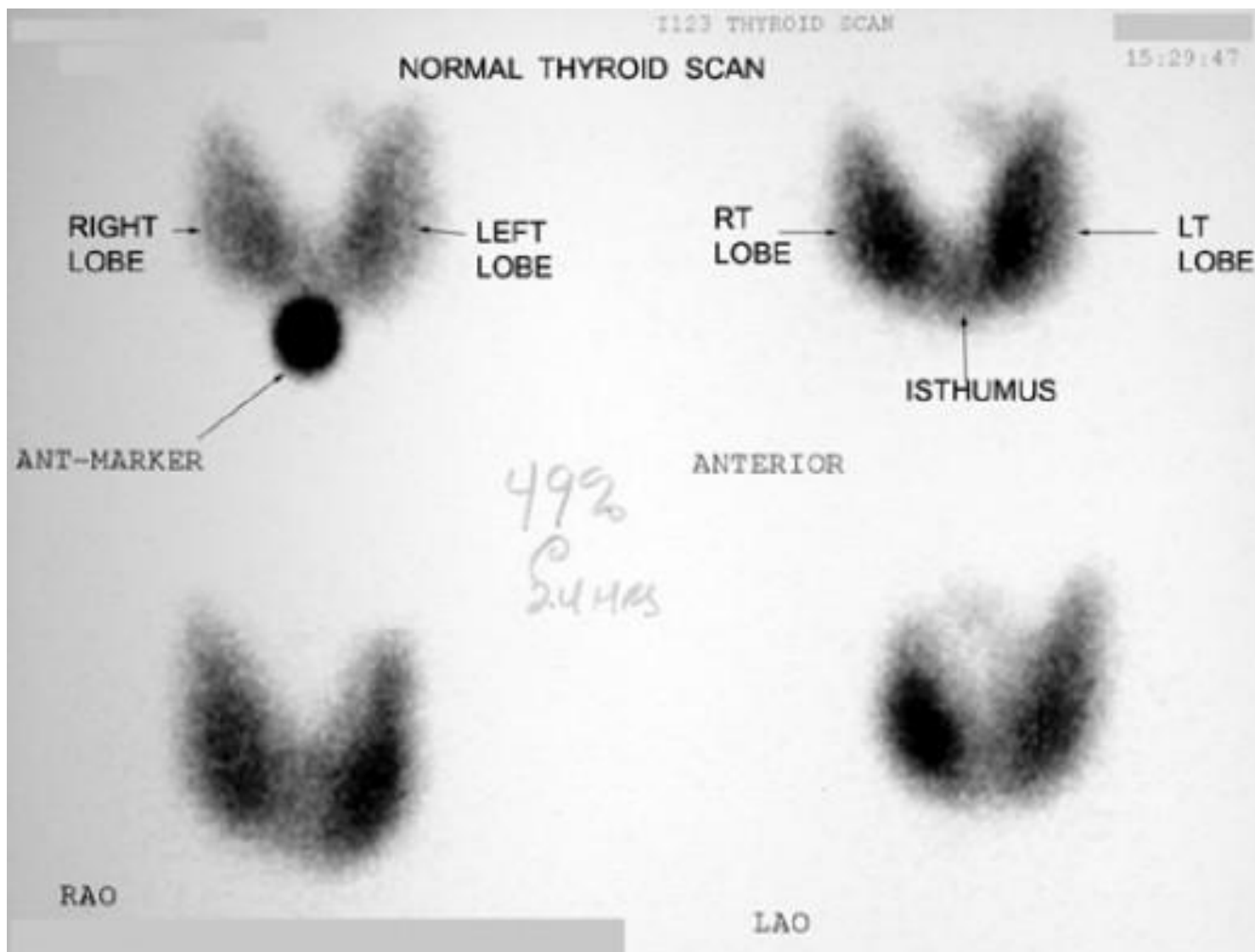




5 minutes per frame

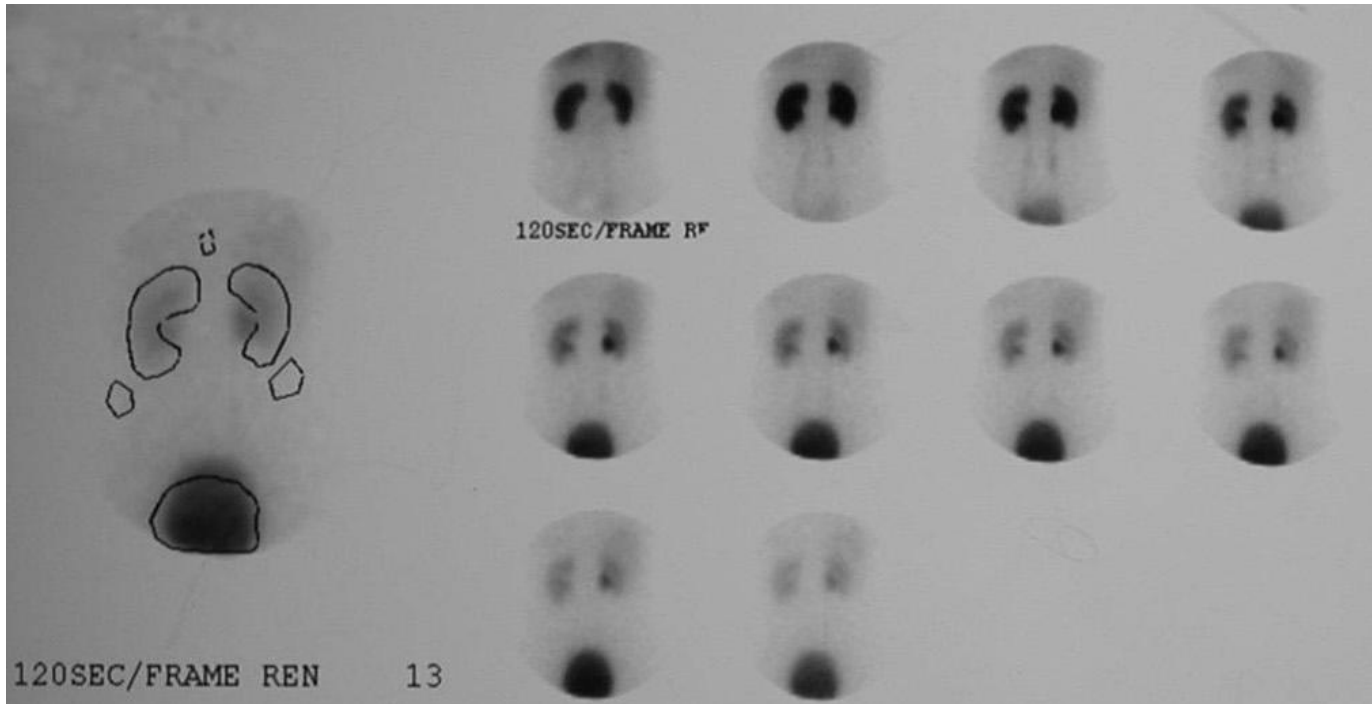


Гепатобилиарная сцинтиграфия



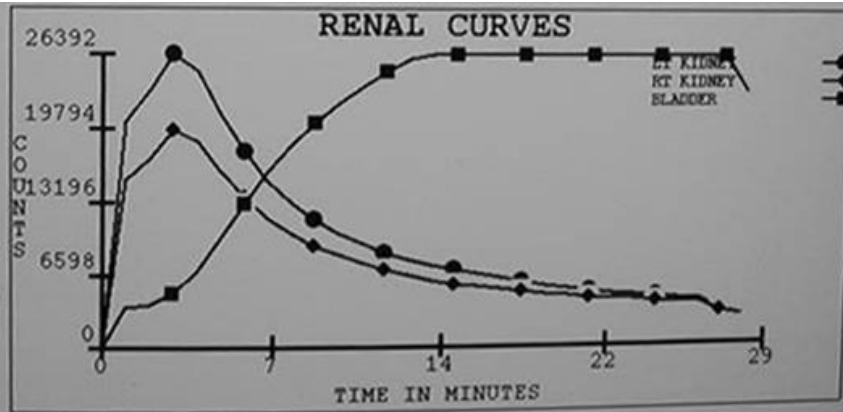
Сцинтиграфия щитовидной железы

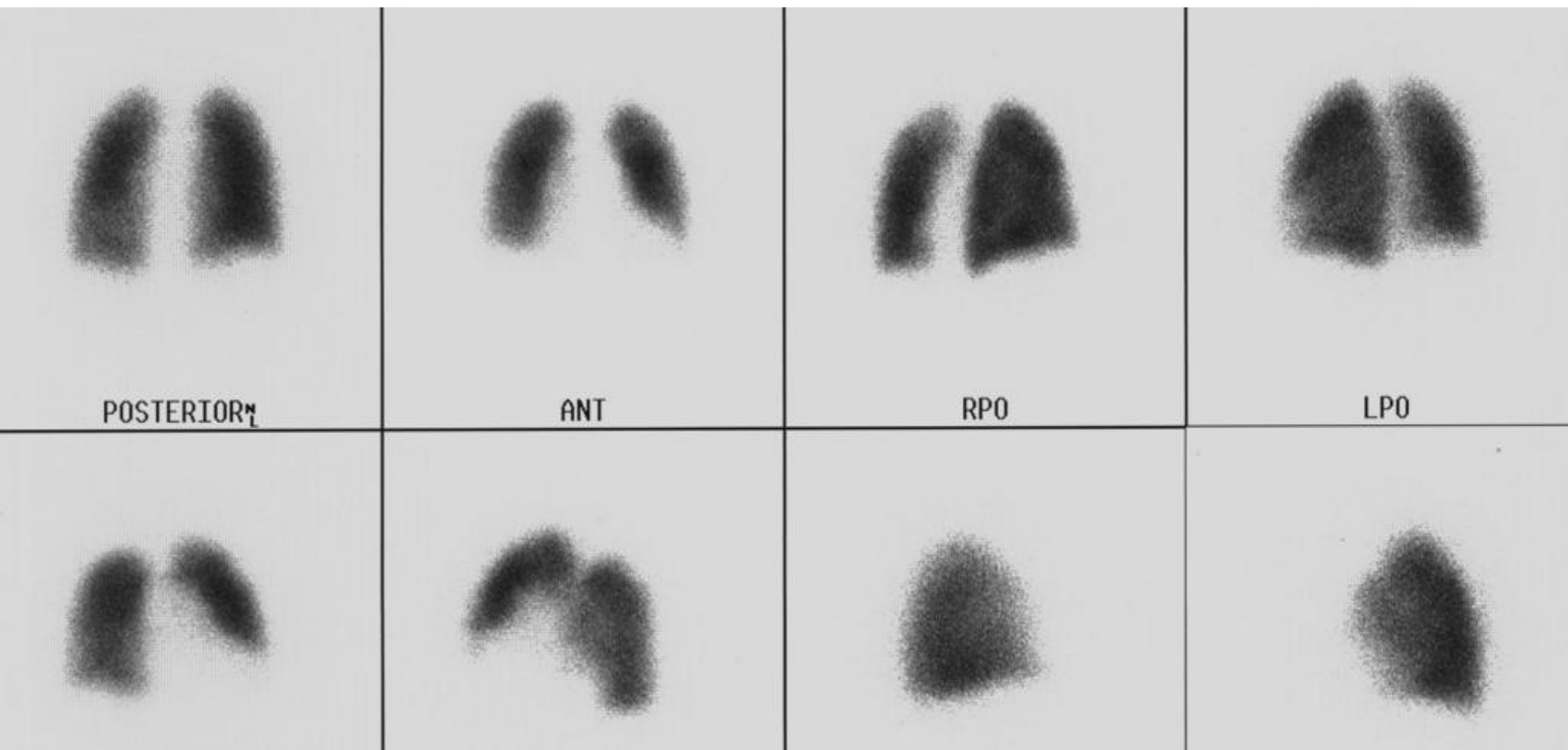
Почечная сцинтиграфия



RENOGRAM CURVE RESULTS

CURVES IN COUNTS	LEFT	RIGHT
PEAK TIME in MIN:	3.0	3.0
PEAK COUNTS:	26392	19569
T 1/2 in MIN:	5.0	6.0
20MIN/PEAK RATIO:	20.1 %	23.5 %
DIFFERENTIAL (%):	57.4 %	42.6 %
DIFF TIME in MIN:	2-3	

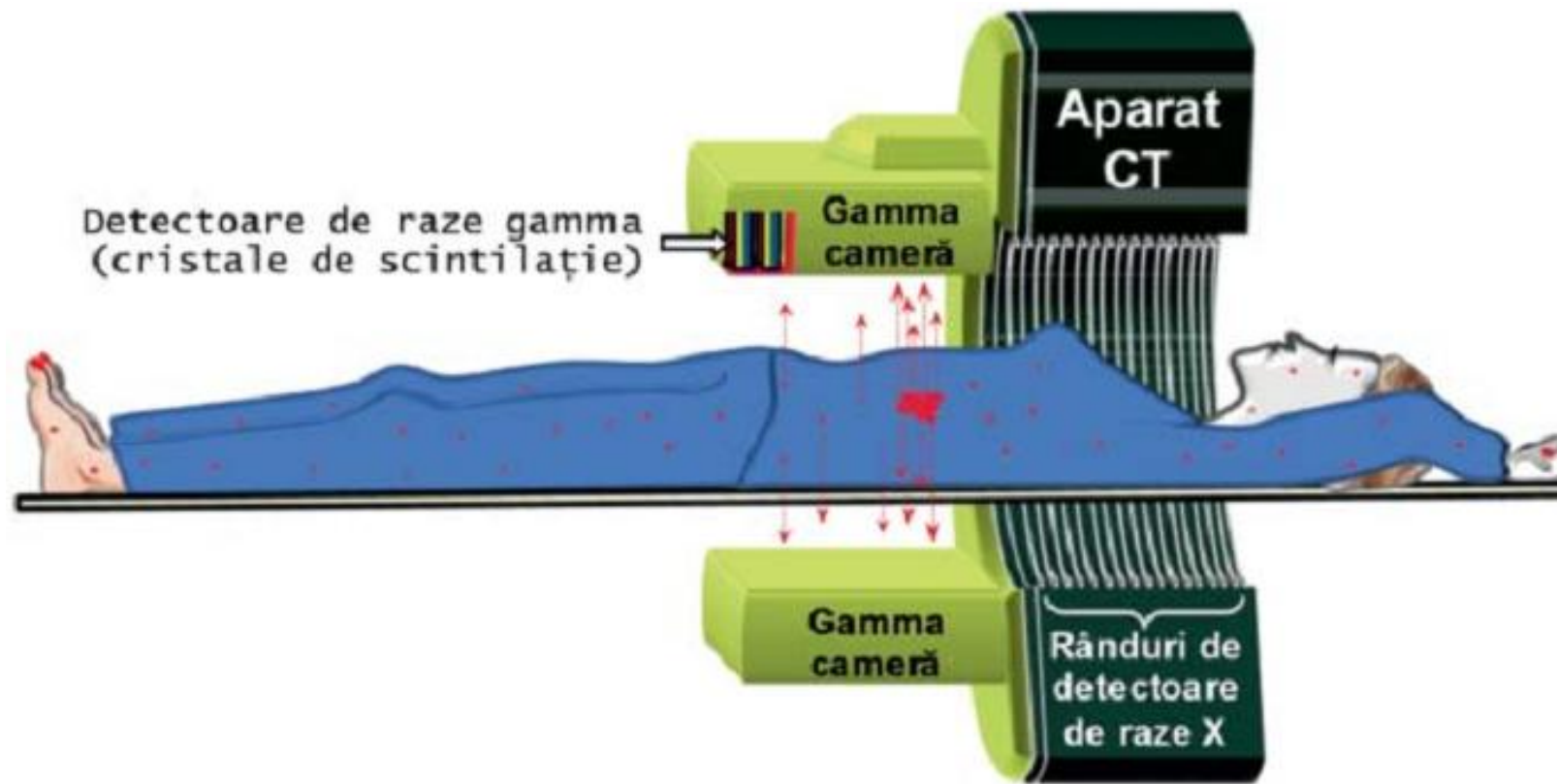




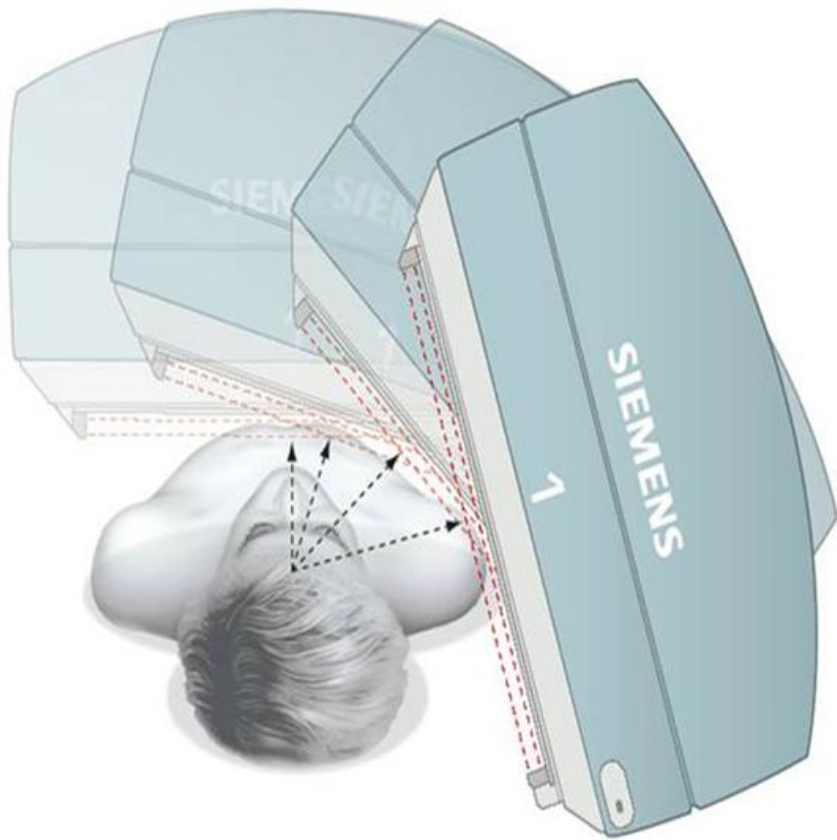
Сцинтиграфия легких

ОФЭКТ (Однофотонная Эмиссионная Компьютерная Томография)

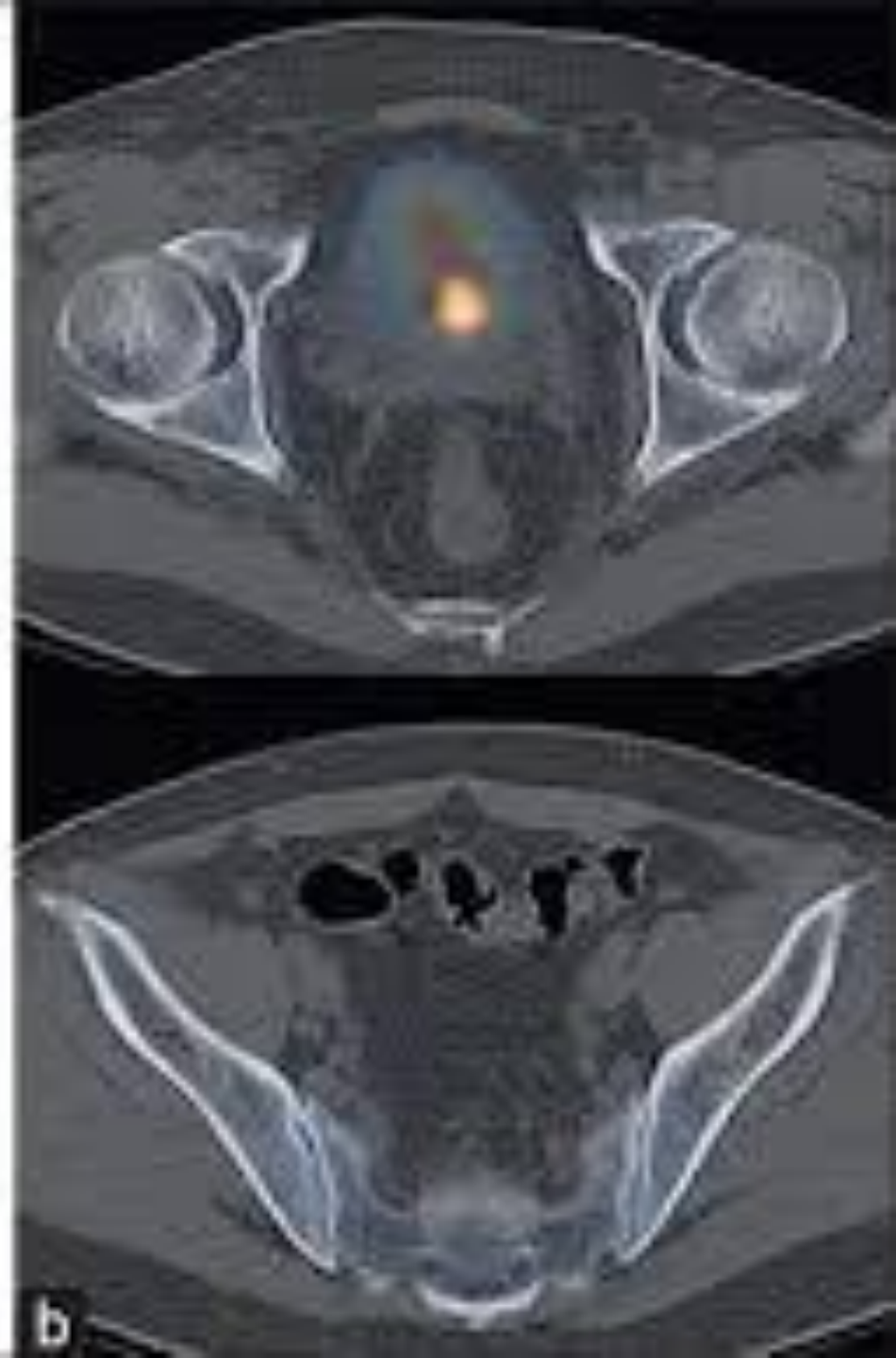
- Вращение детекторов позволяет получать трехмерные изображения с разрезом сканируемой области, а метод называется однофотонной томосцинтиграфией или эмиссионной томографией (чаще используется аббревиатура SPECT - Single Photon Emission Computer Tomography).
- Основное преимущество КТ-сканирования по сравнению с планарной сцинтиграфией связано с улучшением контраста и получением дополнительных данных с возможностью визуализации интересующей области в срезах, а недостаток связан со значительным увеличением времени сканирования и дозы.
- Следует также отметить, что в ядерной медицине доза облучения пациента зависит не от количества полученных изображений, а от дозы радиофармпрепарата, введенной пациенту в начале исследования.



- Вращение гамма-камер вокруг пациента позволяет проводить трехмерную оценку и визуализацию на участках распределения радиофармпрепарата в сканируемой области (получение функциональных изображений ОФЭКТ).
- Выполнение компьютерной томографии позволяет визуализировать срезы анатомических тканей и структур в данной области (получение структурных изображений КТ).
- Их перекрытие приводит к получению гибридных изображений ОФЭКТ / КТ, которые позволяют визуализировать радиофармпрепарат, вводимый в различные ткани и анатомические структуры.

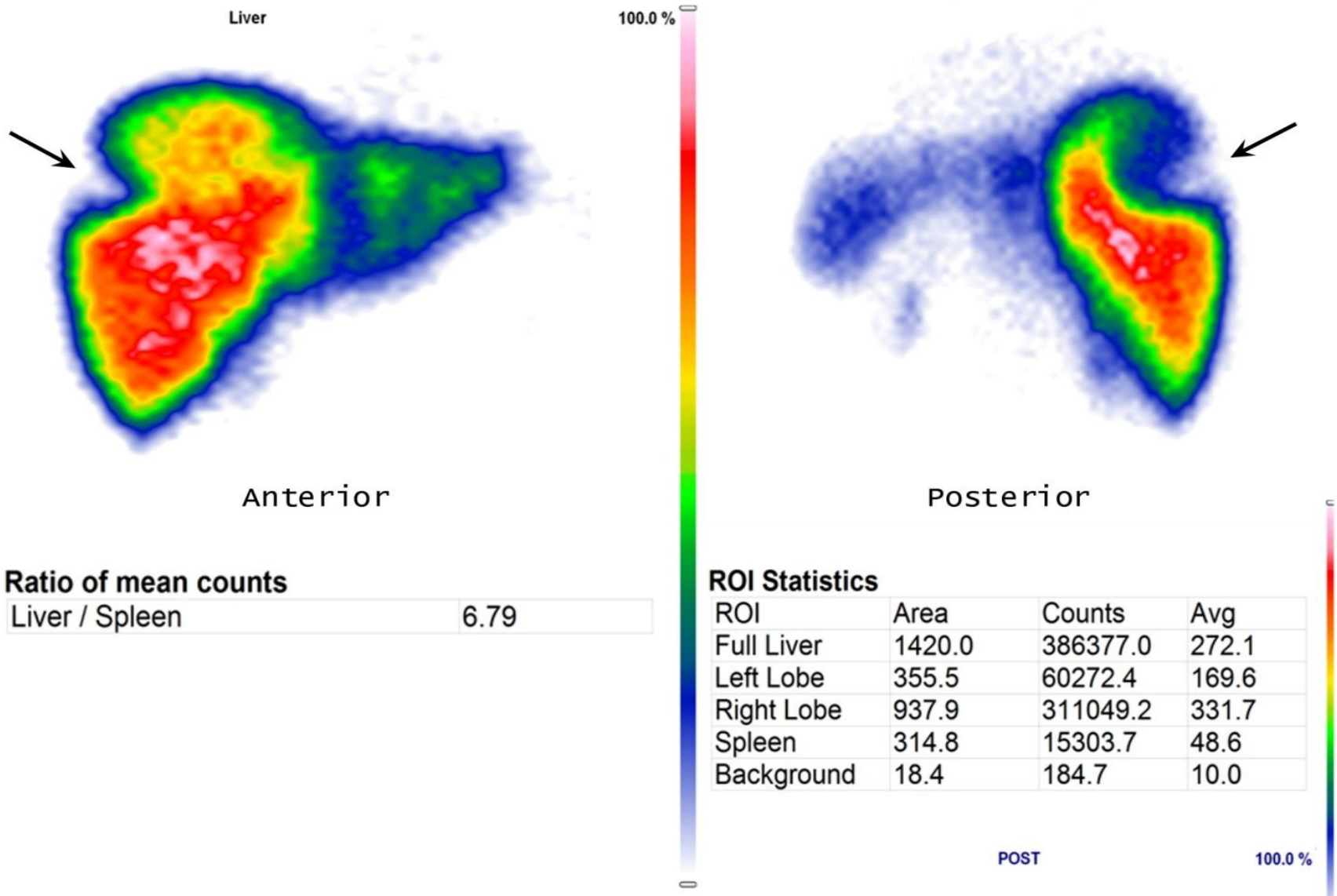


16 year old male, HLA-B27 positive; presents with back pain. Bilateral pars defects on CT but only left L5 shows increased activity. SPECT/CT confirms that only the left side is a functionally significant abnormality. Source: British Columbia Children's Hospital.

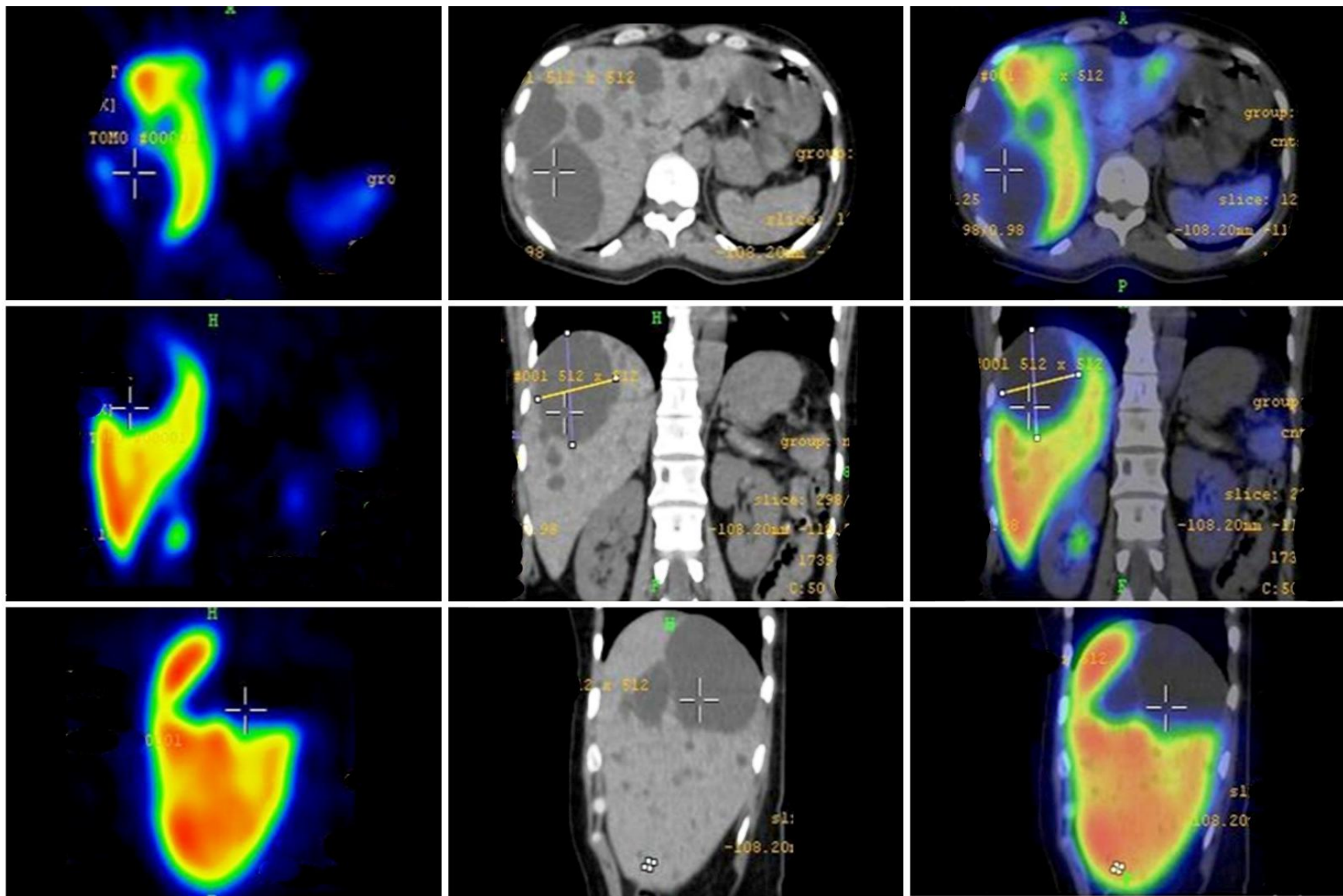


ОФЭКТ / КТ

- Изображения, полученные с помощью сцинтиграфии или томосцинтиграфии (ОФЭКТ), представляют собой функциональные изображения, которые отражают распределение радиофармпрепарата в сканируемой области.
- В необходимых случаях возможна корреляция с анатомическими структурами путем выполнения компьютерной томографии (КТ), которая выполняется в рамках одного исследования без изменения положения пациента.
- Для этой цели используются гибридные устройства, которые включают в себя одну или несколько (чаще всего две) гамма-камеры, соединенные с устройством компьютерной томографии. Таким образом, после выполнения томосцинтиграфии (ОФЭКТ), стол устройства перемещается внутри устройства компьютерной томографии (КТ), при этом гибридное исследование называется ОФЭКТ / КТ.
- Поскольку во время исследования пациент остается неподвижным, результаты могут обрабатываться автоматически, перекрывая распределение радиофармпрепарата в различных анатомических структурах и получая гибридные изображения ОФЭКТ / КТ.



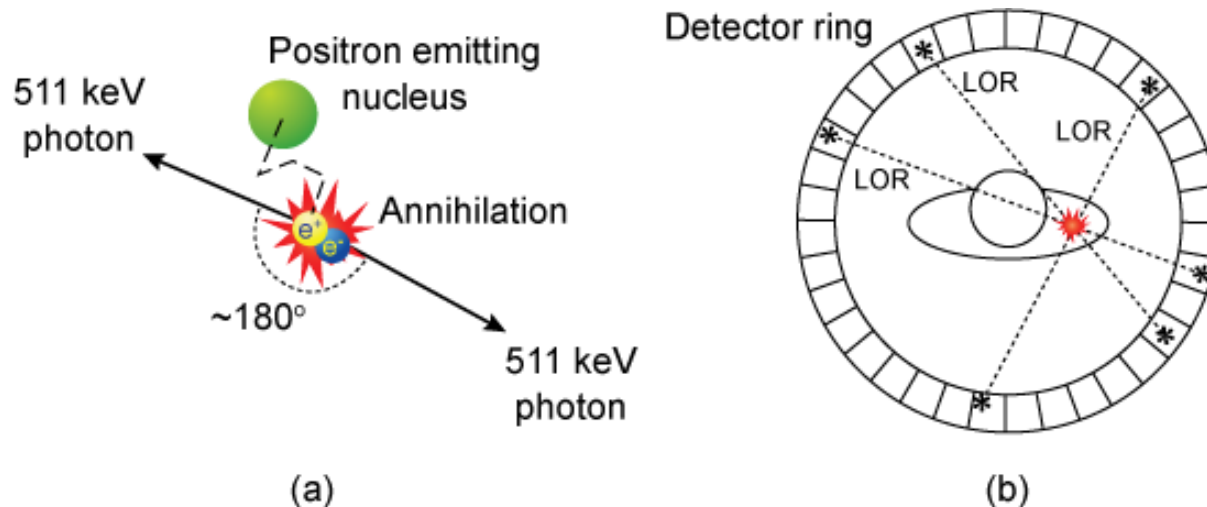
Сцинтиграфия печени с ^{99m}Tc -сульфоколоидом



Изображения SPECT / CT, полученные как продолжение сцинтиграфии для уточнения диагноза

ПЭТ (Позитронная Эмиссионная Томография)

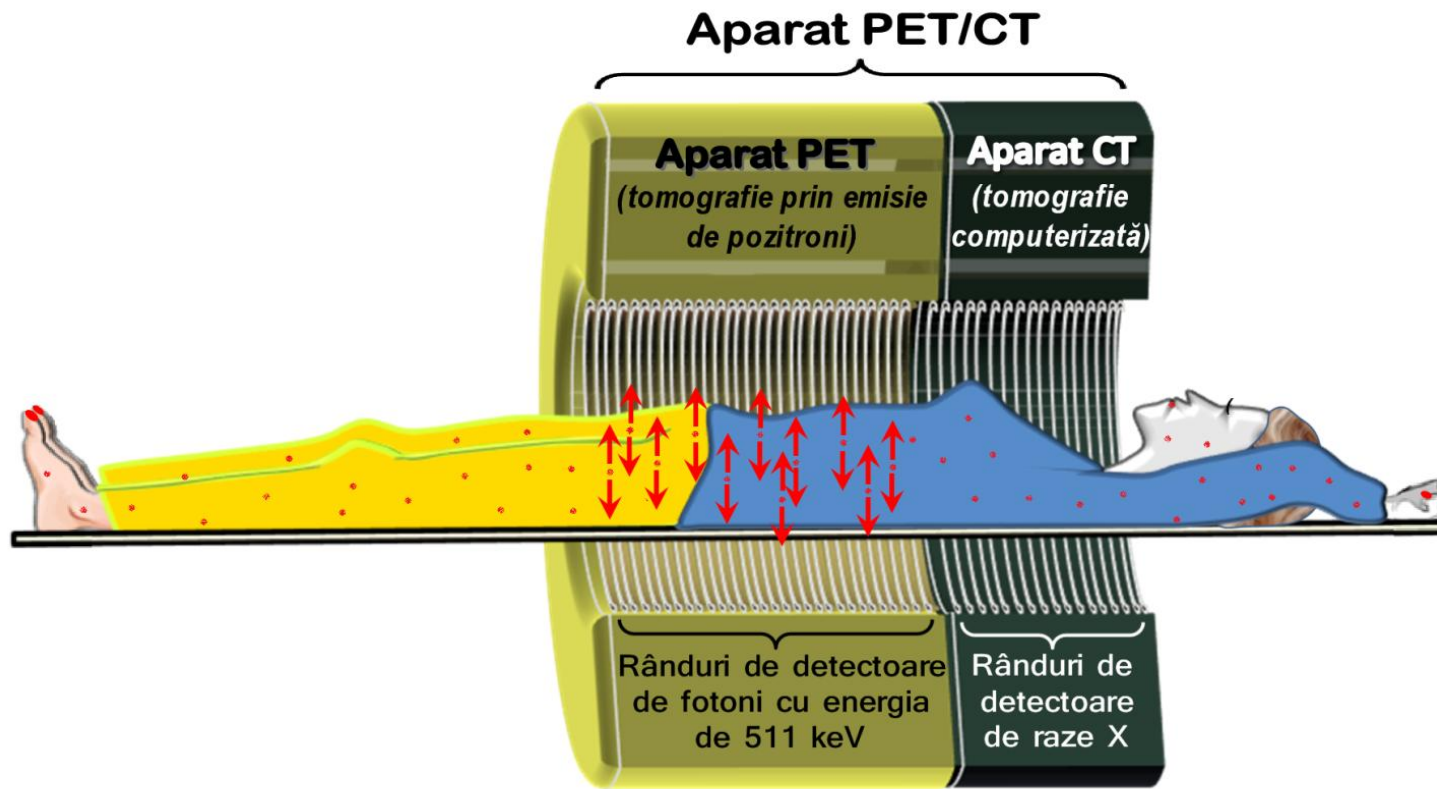
- Позитронно-эмиссионная томография (часто используется английская аббревиатура PET - Positron Emission Tomography) - это современный метод визуализации в ядерной медицине, в котором используются радиофармпрепараты, которые испускают позитроны из ядра во время распада.
- Позитрон, испускаемый из ядра, будет соединяться с электроном в соседней ткани из-за противоположных зарядов и взаимного притяжения; расстояние, которое проходит позитрон после излучения, относительно невелико (до нескольких миллиметров в тканях человеческого тела).
- Процесс сопровождается взаимной аннигиляцией двух частиц с испусканием двух аннигиляционных гамма-квантов с энергией 511 кэВ, которые движутся в противоположных направлениях от места аннигиляции под углом 180 градусов. Эти фотоны также называют аннигиляционным излучением.



ПЭТ (Позитронная Эмиссионная Томография)

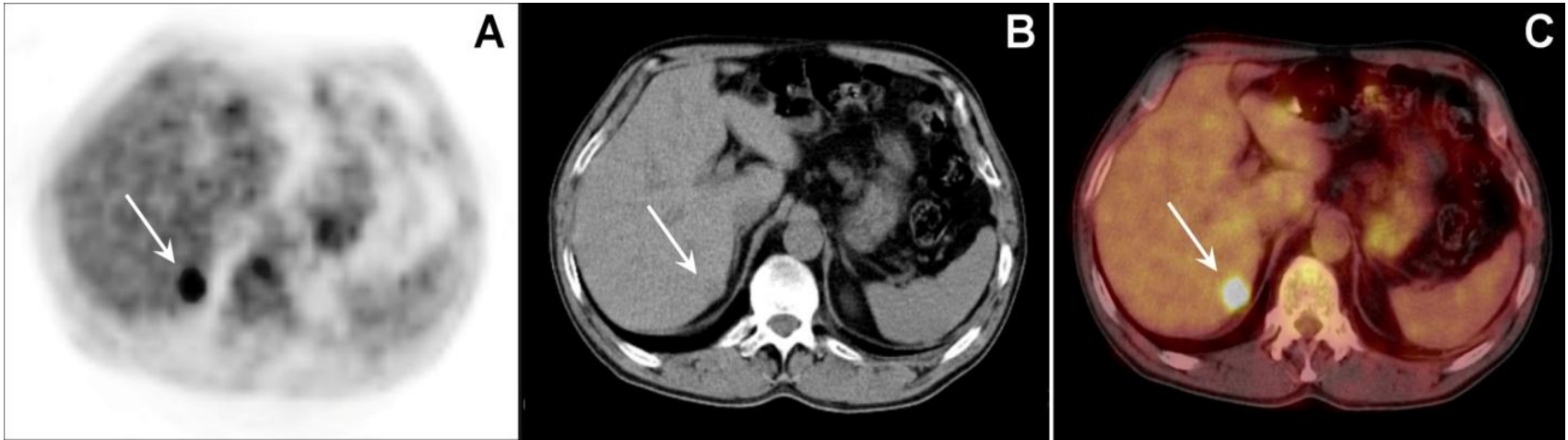
- Одним из наиболее часто используемых в медицинской практике изотопов, излучающих позитроны, является изотоп фтора - ^{18}F (физический период полураспада $T_{1/2} = 110$ минут) из-за возможности его присоединения к молекуле глюкозы.
- Полученный радиофармпрепарат представляет собой 2- ^{18}F -дезоксид-D-глюкозу (^{18}F -FDG) и позволяет оценивать метаболические процессы в различных тканях и органах.
- Использование ^{18}F -FDG приобрело большое значение в онкологии, позволяя диагностировать и детально оценить степень неопластических процессов из-за повышенного метаболизма опухолевых тканей и, таким образом, накопления большего количества радиоактивно меченой глюкозы (^{18}F -FDG).





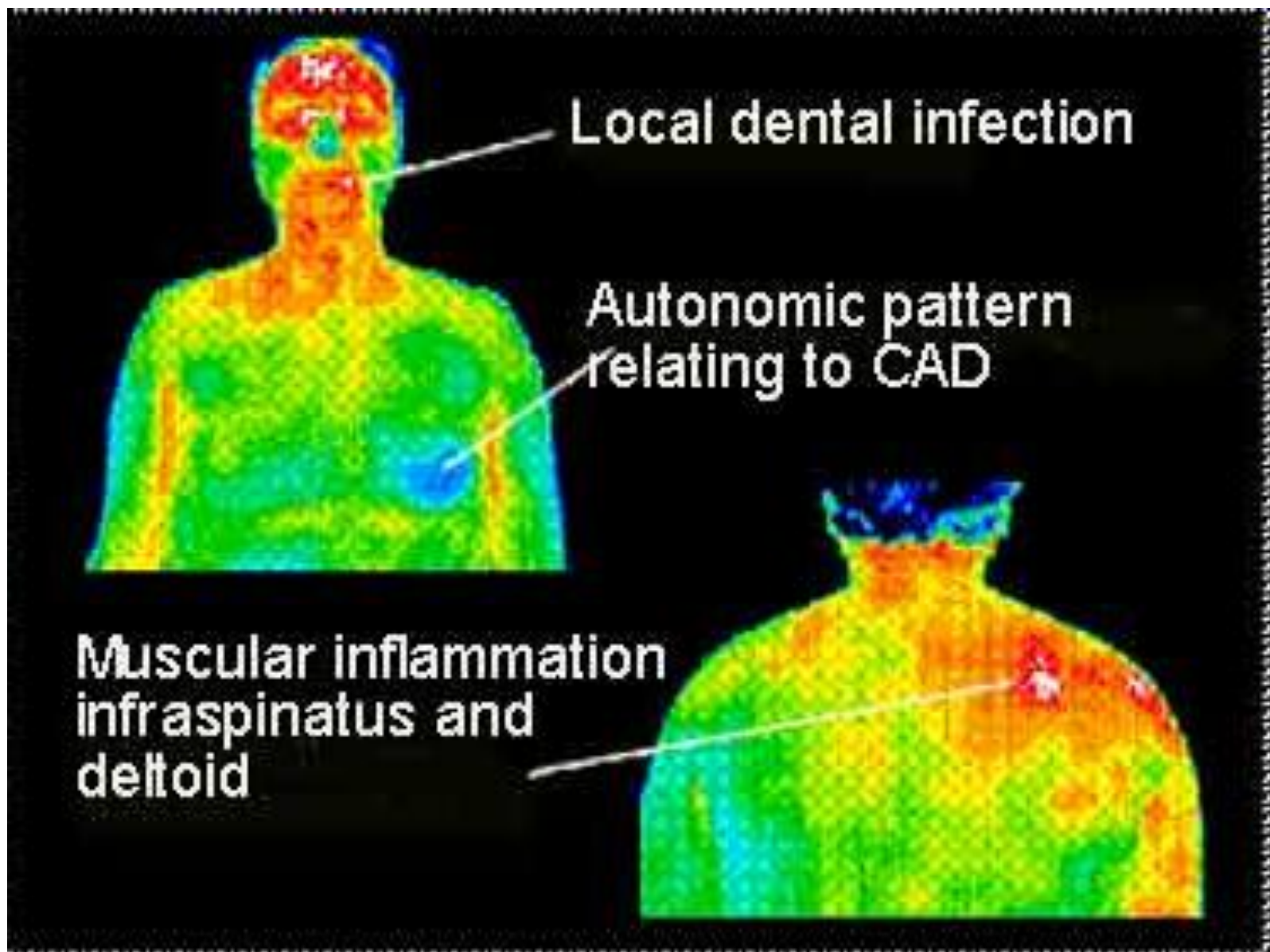
- Схематическое изображение исследования ПЭТ / КТ. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) позволяет проводить трехмерную и многосекционную оценку распределения радиофармпрепаратов в области сканирования (получение функциональных изображений ПЭТ).
- Компьютерная томография (КТ) позволяет визуализировать участки анатомических тканей и структур в соответствующей области (получение структурных изображений КТ).
- Их перекрытие приводит к получению гибридных изображений ПЭТ / КТ, которые позволяют визуализировать радиофармпрепарат, накопленный в различных тканях и анатомических структурах.

ПЭТ / КТ



- Поперечный разрез исследования с помощью гибридной позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) в сочетании со стандартной компьютерной томографией (КТ).
- А - ПЭТ-изображение, отражающее распределение ^{18}F -ФДГ;
- Б - КТ-изображение с визуализацией анатомических структур, полученное с пациентом в таком же положении;
- С - гибридное изображение ПЭТ / КТ, которое отражает распределение ^{18}F -FDG, наложенное на анатомические структуры. Стрелка указывает на наличие метастаза в печень.

Термография





Теперь все ясно?