

Методы лучевой диагностики

Классификация методов лучевой
диагностики по типу используемого
излучения:


```
graph TD; A[Классификация методов лучевой диагностики по типу используемого излучения:] --> B[Ионизирующее излучение: рентгенологические (1) методы, радионуклидные (2) методы.]; A --> C[Неионизирующее излучение: МРТ (3), УЗИ (4).];
```

Ионизирующее излучение:
рентгенологические (1)
методы, радионуклидные
(2) методы.

Неионизирующее
излучение: **МРТ (3),**
УЗИ (4).

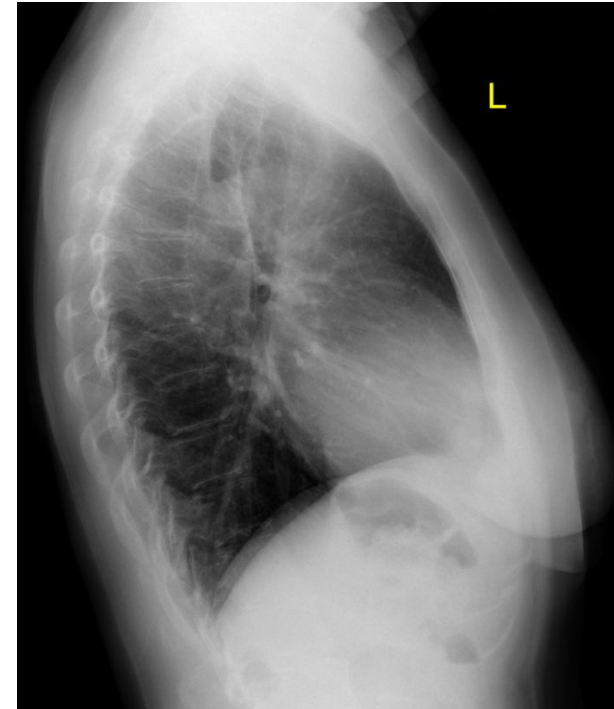
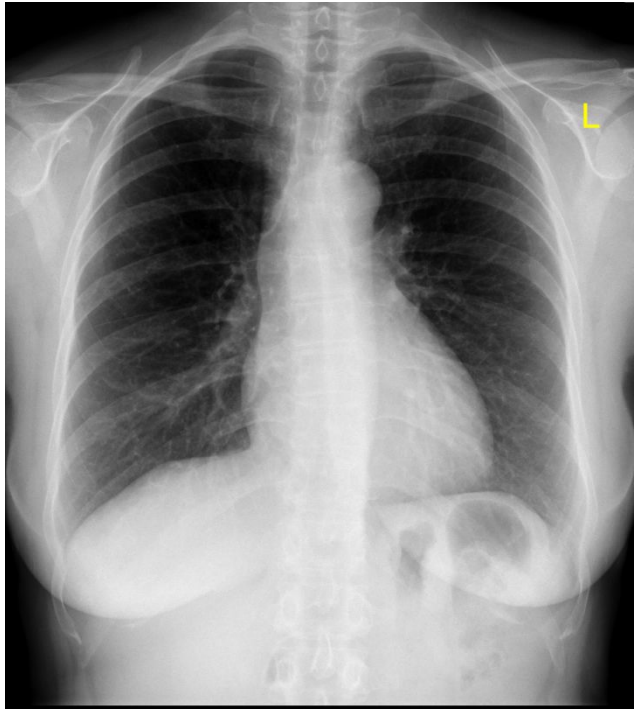
I. Рентгенологические методы:

В основе – анализ пучка рентгеновского излучения, прошедшего через тело человека.

Методы:

1) Рентгенография – метод получения изображений анатомических структур организма посредством прохождения через них рентгеновских лучей. Полученное изображение называется **рентгенограммой**. Рентгенография может быть дополнена контрастным исследованием, тогда она будет называться **рентгенографией с контрастированием**.

Пример: рентгенограммы (цифровые) органов грудной клетки в прямой и боковой проекциях (две проекции нужны для пространственной локализации пат. процесса):



Показаний к рентгенографии довольно много: травмы и заболевания костей, суставов, связок (в меньшей степени); заболевания лёгких и органов средостения (пневмонии, пневмокониозы, туберкулёз, отёк лёгких, онкологические заболевания и др.); заболевания органов брюшной полости (абсцессы, повреждения стенок полых органов и др.). Какой-либо особой подготовки к исследованию нет, за исключением соблюдения правил установки пациента в каждом конкретном случае, отсутствия артефактов во время исследования (украшений, одежды и др.).

Отдельные методы:

- **эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография (ЭРХПГ)** - осуществляется путём катетеризации большого сосочка ДПК под визуальным контролем в условиях дуоденоскопии с последующим введением в желчные пути контрастного вещества (сульфата бария/йодсодержащего вещества).

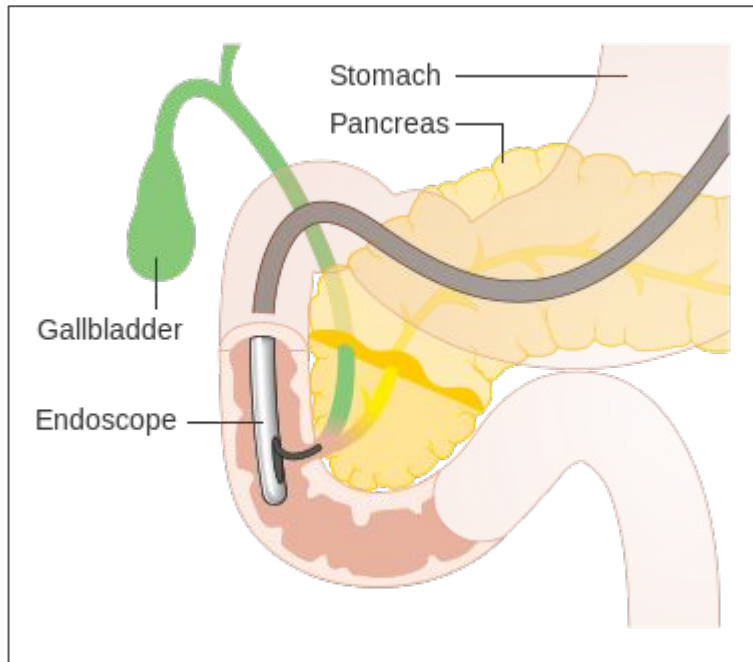
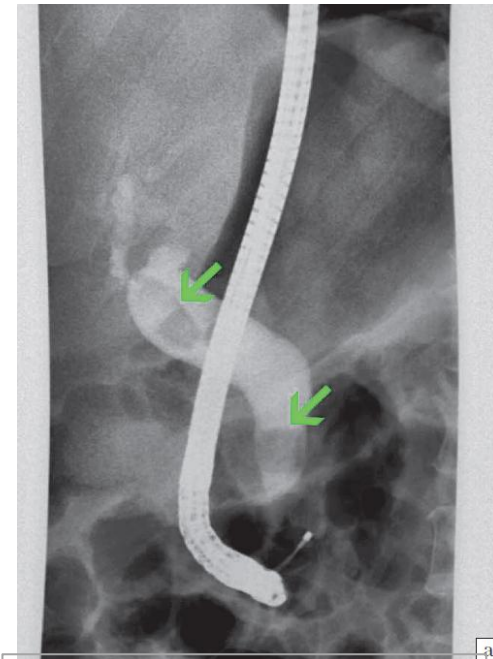


Схема процедуры.



ЭРХПГ. Конкременты в просвете ЖП.

Проводится в диагностических и терапевтических целях. При подпеченочной желтухе, желчекаменной болезни, опухолях желчных протоках, подозрении на травму желчных путей, дисфункции сфинктера Одди и др. Интраоперационно можно произвести: сфинктеротомию, удаление конкрементов, введение стентов и др.

- **чрескожная чреспечёночная холангиография (ЧЧХГ)** - представляет собой антеградное контрастное исследование желчных протоков путем чрескожной слепой (или под контролем УЗИ) пункции печёночных протоков.

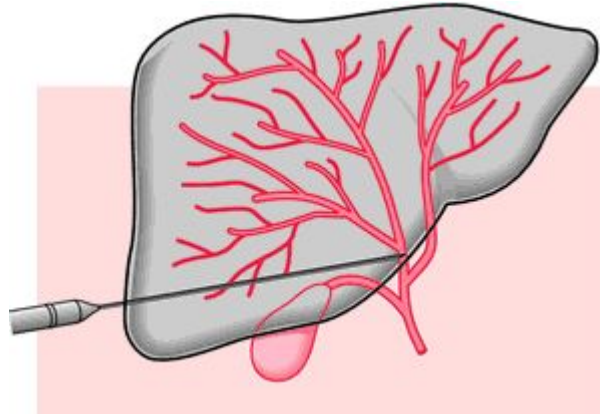


Схема процедуры.



ЧЧХГ

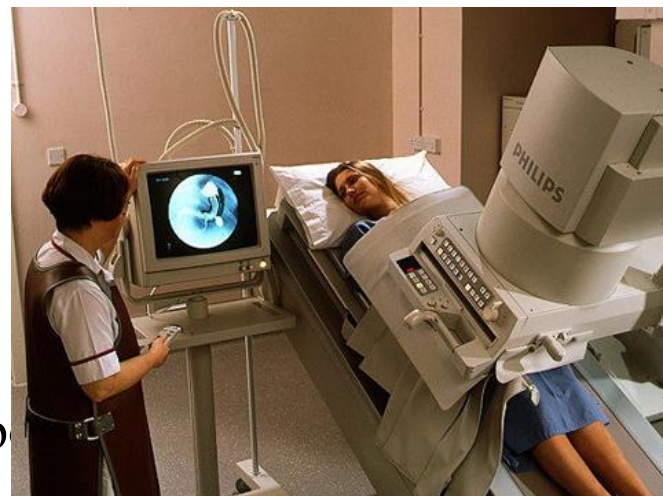
Проводится в диагностических и терапевтических целях в условиях, при которых невозможно выполнить ЭРХПГ: при невозможности провести дуоденоскоп в нисходящую часть ДПК из-за рубцово-язвенной деформации привратника и луковицы, при сдавлении кишки резко увеличенной поджелудочной железой, при невозможности катетеризации ампулы сосочка из-за папиллита, резкого стеноза папиллы, околососочкового дивертикулита. Наиболее частое показание – механическая желтуха. Характеризуется большим риском развития осложнений, чем ЭРХПГ.

2) Рентгеноскопия — метод исследования анатомических структур организма человека **в реальном времени** посредством прохождения через них рентгеновских лучей. Изображение непосредственно передаётся на экран монитора.

Показания:

- контроль за заполнением контрастным веществом органов пациента (например, органов ЖКТ);
- контроль за введением медицинских инструментов (пункционных игл, катетер и др.);
- оценка некоторых физиологических процессов (акта глотания, экскурсии диафрагмы).

Во время проведения рентгеноскопии может быть сделан единичный снимок, который также будет называться **рентгенограммой**.



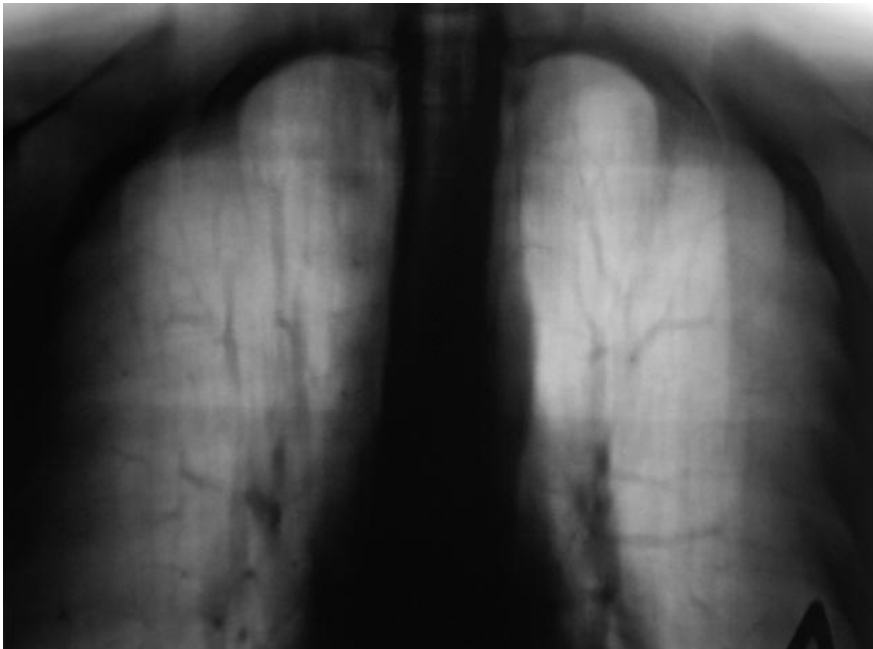
3) Флюорография – метод исследования анатомических структур организма человека, при котором полученные тени этих структур переносятся с флюорисцентного экрана либо на плёнку путём фотографирования (практически не используется в наст. время), либо на цифровой формат и экран монитора. Изображение, полученное таким способом, называется **флюорограммой**. Отличие от рентгенографии в том, что при флюорографии используется меньшее излучение, но и изображение получается менее детализированным. Благодаря этим особенностям данный метод используют для **скрининга легочного туберкулёза**.

Флюорограмма органов грудной клетки в прямой проекции:

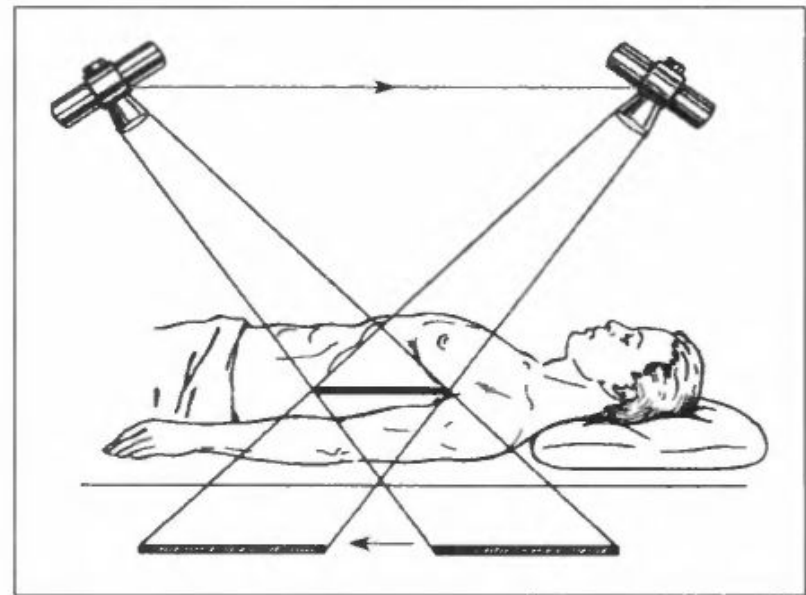


4) Линейная томография – метод послойного рентгенологического исследования (не путать с компьютерной томографией).

Метод позволяет получить изображение определённого слоя исследуемой области и избежать наложения теней от тканей с других слоёв. Изображение, полученное таким методом, называется **томограммой**. **Показания:** выявление скрытых полостей на фоне инфильтрации, обнаружение гиперплазии внутригрудных лимфатических узлов, оценка структуры околоносовых пазух, гортани.



Пример томограммы.



В отличие от рентгенографии, для получения томограммы система «излучатель-плёнка» движается вокруг исследуемой области.

5) Ангиография– рентгенологический метод исследования сосудов с использованием контрастных препаратов (йодсодержащих). Включает артериографию (чаще просто называемую ангиографией), флебографию, лимфографию. Показания к данному методу: окклюзии, стенозы, сосудистые мальформации.

Подготовка: сбор аллергологического анамнеза, развернутое исследование крови (протромбиновое время, кол-во тромбоцитов, уровень креатинина); накануне пациенту проводят гидратацию (увеличенное потребление жидкости) и премедикацию. За 4 ч. до исследования пациенту запрещено принимать пищу и воду.



Ангиограмма ветвей лёгочной артерии при ТЭЛА (определяется дефект контрастирования одной из ветвей).

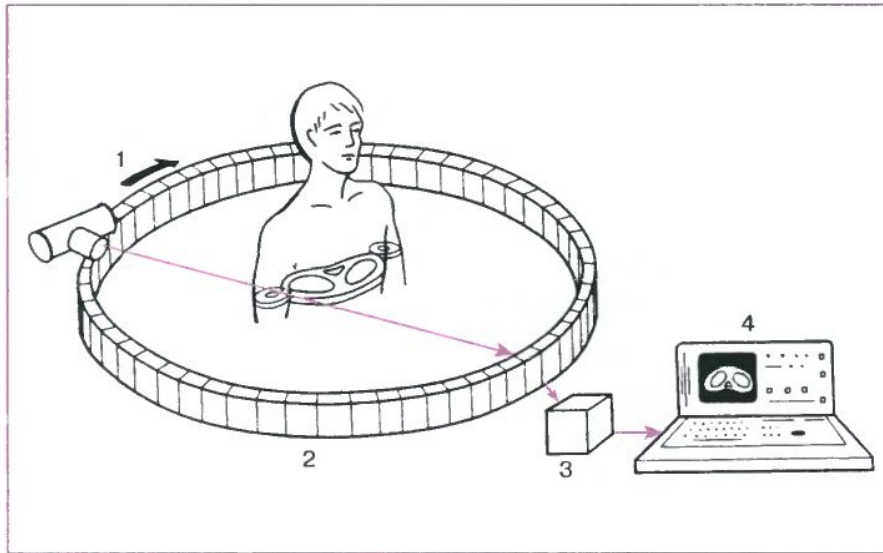


Флебограмма нижней конечности (контраст вводят в одну из вен стопы, снимки делают стоя в покое и во время пробы Вальсальвы) – тромбоз, варикозное

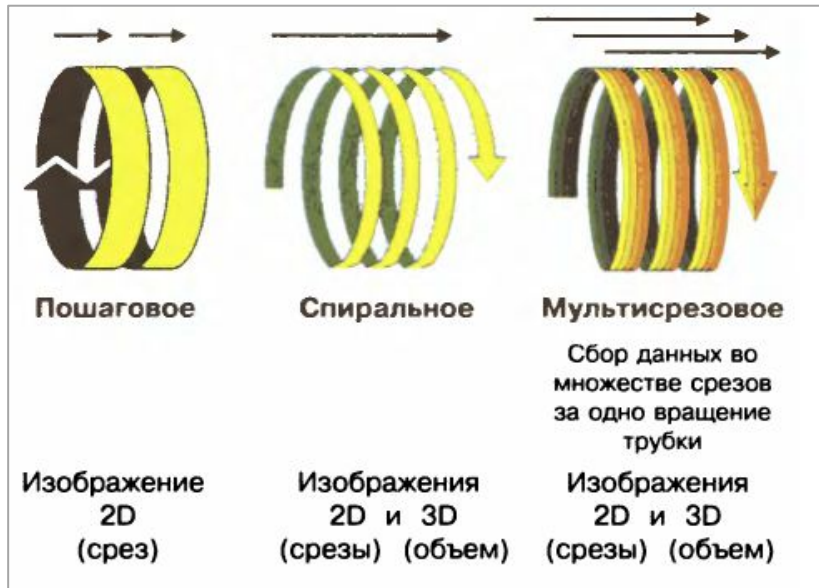


Ангиолимфограмма (визуализируются лимф. узлы и сосуды). Метод практически не используется, заменён УЗИ.

6) Компьютерная томография (КТ)– послойное рентгенологическое исследование, основанное на компьютерной реконструкции изображения, получаемого при круговом сканировании объекта узким пучком рентгеновского



Принцип основан на наличии подвижного излучателя(1), который движется вокруг исследуемой области и пропускает рентген. лучи через исследуемый слой на круговой детектор(2). С детектора необработанная информация о внутренней структуре слоя передаётся на компьютер(3), где происходит её обработка, построение «слоя» и вывод изображения на экран монитора (4).



Пошаговое сканирование – устаревший вид сканирования, при котором происходит 1 оборот детектора вокруг среза, затем пациент передвигается на следующий срез, где процесс повторяется.

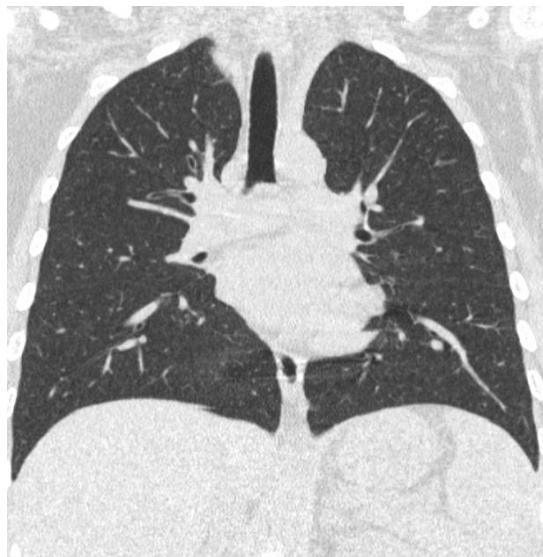
Спиральное сканирование – происходит непрерывное движение стола с пациентом внутри томографа.

Мультисрезовое – непрерывное движение, несколько колец детекторов, геометрическая форма пучка (наиболее

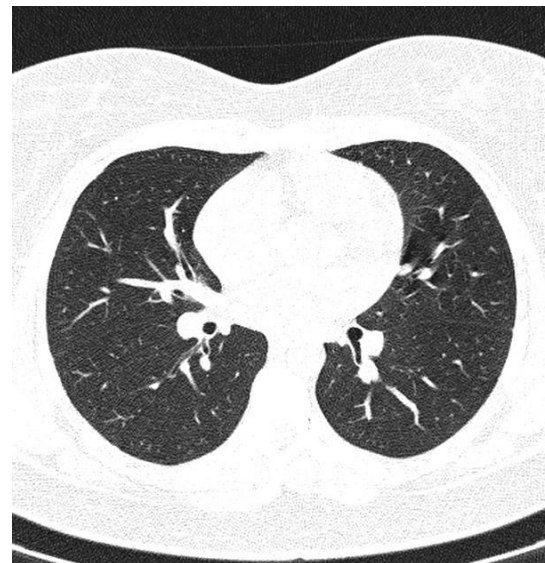
Изображение единичного среза, представленного на плёнке или экране монитора, называется **томограммой**. Если одновременно представлено несколько срезов, то они носят название **серии томограмм**.

Преимущества КТ: даёт наиболее точное представление о топографии исследуемого участка, визуализирует большее число тканей, чем стандартная рентгенография, даёт возможность оценки плотности различных тканей, даёт возможность 3D-реконструкции исследуемой области и др.

Показания к назначению КТ: травмы и заболевания твёрдых и мягких тканей головы, грудной клетки, брюшной полости, нарушения психического статуса, КТ-контроль инвазивных манипуляций и др.

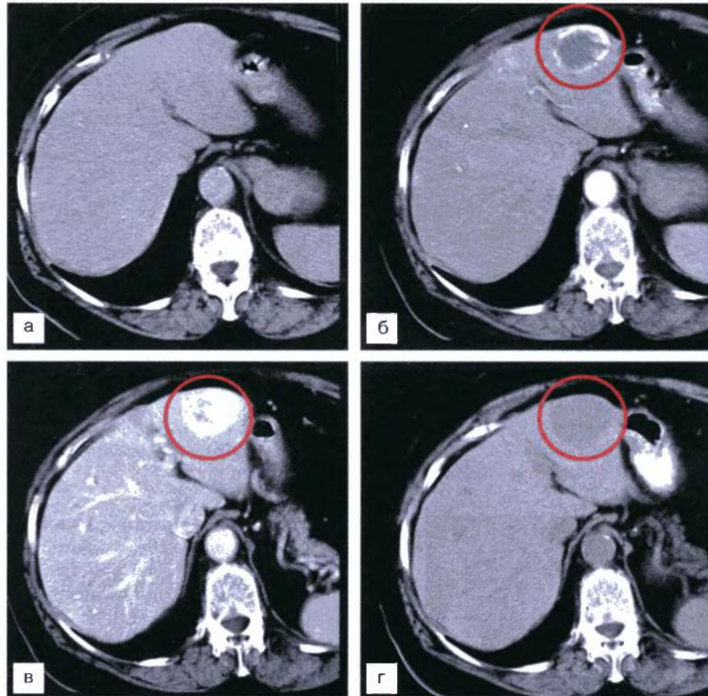


Пример: томограммы органов грудной клетки в корональной (слева) и аксиальной (справа) проекциях. Представленно лёгочное окно (режим, наиболее подходящий для визуализации тканей лёгкого).



КТ также может быть дополнена **контрастированием**. Контрастное вещество может быть введено внутривенно (исследование сосудов и перфузии органов) или перорально (исследование ЖКТ).

Для внутривенного контрастирования используются неионные йодсодержащие препараты (омнипак, ультравист, визипак и др.). Методика: 1) сначала проводят КТ-исследование до введения препарата (**нативное сканирование**); 2) с помощью шприца-инжектора вводят 100-150 мл контраста струйно, через 20-30 с повторно выполняют КТ-исследование, визуализируя артериальное русло (**артериальная фаза**); 3) через 40-60 с визуализируется портально-венозная система (**портально-венозная фаза**); 4) через 180 с повторяют исследование для оценки вымывания контраста из различных тканей (**отсроченная фаза**).



а) нативная фаза (патологии не выявлено); б) артериальная фаза: скопление препарата по краям образования; в) портально-венозная фаза: узел контрастируется более интенсивно, видны печеночные вены; г) отсроченная фаза: препарат быстрее вымывается из опухоли, поэтому его плотность ниже плотности печени.

Контрастные вещества, используемые при рентгенологических исследованиях: **рентгенопозитивные** (сульфат бария, йодсодержащие соединения) – дают интенсивную тень (светлую на негативном снимке) на рентгенограмме; **рентгенонегативные** (воздух, закись азота, углекислый газ) – дают просветление (тёмное на негативном снимке).

Препараты сульфата бария применяются для исследования пищеварительного тракта. Сульфат бария нерастворим в воде и желудочных соках. Данное контрастное вещество НЕ применяют при подозрении на перфорацию ЖКТ (т.к. сульфат бария способствует развитию перитонита и его трудно удалить, что будет создавать артефакты при последующих исследованиях) и не используют при Компьютерной Томографии – барий создает значительные помехи при обработке изображений.

Йодсодержащие растворы органических соединений. Применяются для исследования кровеносных сосудов и полостей сердца, чашечно-лоханочного комплекса почек, мочеточников, мочевого пузыря. Препараты делятся на две группы – ионные (высокоосмолярные) и неионные (низкоосмолярные). К первой группе относят урографин, ко второй – омнипак, ультравист, оптирей, визипак. На ионные препараты наиболее часто возникает аллергическая реакция.

Газы используют для исследования пищеварительного тракта (для раздувания его стенок, для лучшего их исследования). Сочетанное применение сульфата бария и газов называется двойным контрастированием (применяется, например, при ирригоскопии).

II. Радионуклидные методы

Радионуклидные методы работают по единому принципу: в приборах имеется детектор, преобразующий ионизирующее излучение от **радиоактивного препарата** в теле пациента в электрические импульсы, которые компьютер преобразует и выводит на экран монитора. Детектор излучения называется сцинтиллятором и, соответственно, методы исследования называются **сцинтиграфией**. Полученные изображения называются **сцинтиграммами**.

Методы сцинтиграфии:

- Планарная сцинтиграфия
- Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ/SPECT)
- Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ/PET)
- Гибридная сцинтиграфия (ОФЭКТ + КТ, ПЭТ+КТ)

Радиофармпрепараты (РФП) – основа методов сцинтиграфии. РФП выбирают с учётом их тропности к исследуемым тканям. РФП, в основном, вводятся внутривенно. При сцинтиграфии лёгких возможна также ингаляция РФП для оценки его распределения по респираторной части лёгких.

Диагностические радиофармпрепараты и области их применения

<i>Радиофармпрепарат</i>	<i>Область применения</i>
^{99m}Tc -альбумин	Исследование кровотока
^{99m}Tc -микросферы альбумина	Исследование легких
^{99m}Tc -коллоид	Исследование печени
^{99m}Tc -технефит	Исследование печени
^{99m}Tc -HIDA	Исследование печени
^{99m}Tc -пертехнетат	Исследование щитовидной железы
^{99m}Tc -МАО (макроагрегаты альбумина)	Исследование легких
^{99m}Tc -пирофосфат (дифосфонат)	Исследование скелета
^{99m}Tc -сестамиби (MIBI)	Туморотропный препарат
^{99m}Tc -MAG3	Исследование почек
^{99m}Tc -DMSA	Исследование почек
^{99m}Tc -DTPA	Исследование почек, головного мозга
^{99m}Tc -моноклональные антитела	Туморотропный препарат
^{133}Xe	Исследование легких
^{123}I -MIBG	Исследование надпочечников
^{131}I na	Исследование щитовидной железы
^{67}Ga -трансферин	Туморотропный препарат
^{18}F -DG (меченая глюкоза)	Исследование головного мозга и сердца.
^{82}Rb	Туморотропный препарат
	Исследование сердца

Поскольку при радионуклидных исследованиях используются радиофармпрепараты, важными моментами **подготовки** пациента являются: выяснение факта возможной беременности и кормления грудью, сбор аллергологического анамнеза, оценка функции почек по уровню креатинина, СКФ, достаточная гидратация пациента за день до обследования, воздержание от употребления пищи в день проведения обследования.

Некоторые радионуклидные обследования имеют дополнительно собственные правила подготовки:

1. Сцинтиграфия щитовидной железы. Если пациент принимает гормоны щитовидной железы, антитиреоидные препараты, богатую йодом пищу или если пациент недавно подвергался контрастированию йодсодержащими препаратами, то исследование должно быть отложено до элиминации эффектов этих факторов.
2. Сцинтиграфия миокарда. Если планируется физический стресс-тест, то пациент должен быть удобно одет. Еда и препараты, содержащие кофеин, должны быть исключены из рациона за 24 часа до обследования. Для установки диагноза ИБС, по возможности необходимо воздержаться от применения β -блокаторов и нитроглицерина.

- 1. Планарная сцинтиграфия** – метод радионуклидного обследования, при котором в организм пациента вводят радиофармпрепарат (РФП) и получают **двумерное изображение** путём захвата излучения сцинтиллятором.

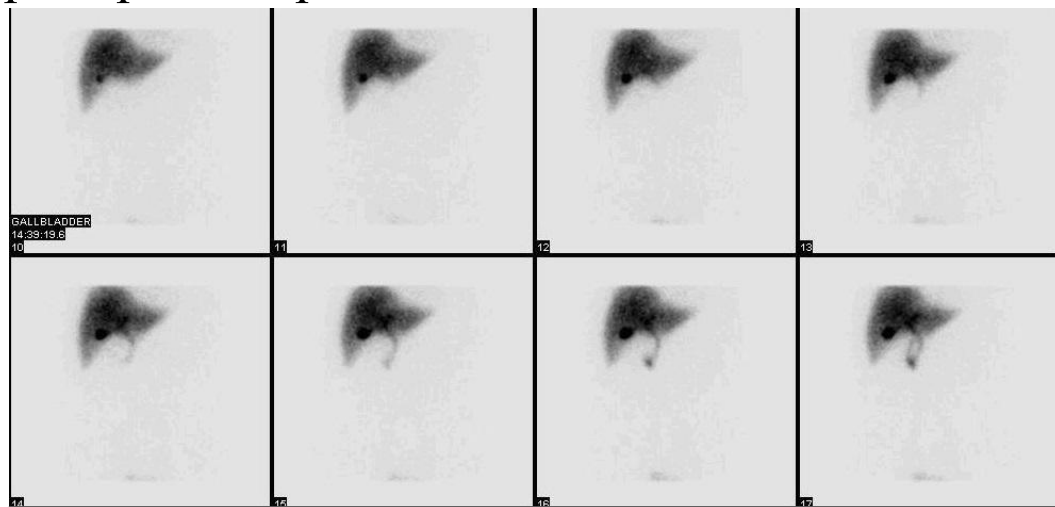


Планарную сцинтиграфию применяют для исследования многих систем организма:

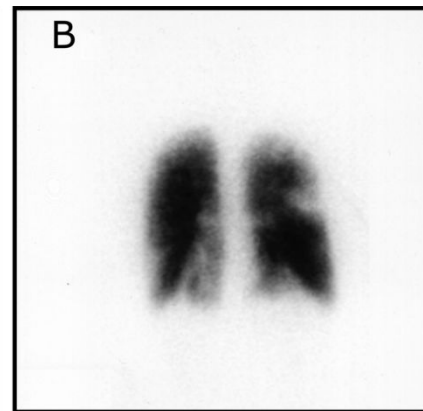
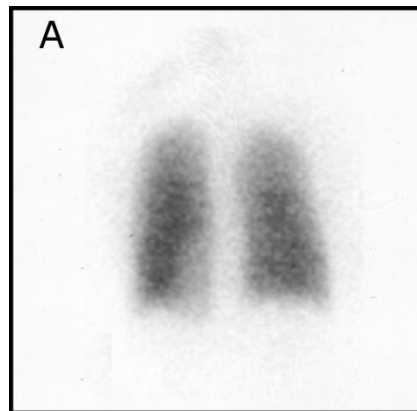
- сцинтиграфия миокарда: ведущий метод диагностики ИБС;
- сцинтиграфия костей скелета (остеосцинтиграфия): метод диагностики остеобластических и остеокластических метастазов костей, переломов;
- сцинтиграфия почек: позволяет визуализировать выделительную и накопительную функцию каждой почки по отдельности;
- сцинтиграфия щитовидной железы: оценка размеров, обнаружение образований;
- сцинтиграфия легких: оценка перфузии (диагностика ТЭЛА, легочной гипертензии, болезни Такаясу и др.);
- сцинтиграфия гепатобиллиарной системы: оценка функционального состояния гепатоцитов, моторной функции желчного пузыря, проходимости желчевыводящих путей и др.



Примеры изображений:



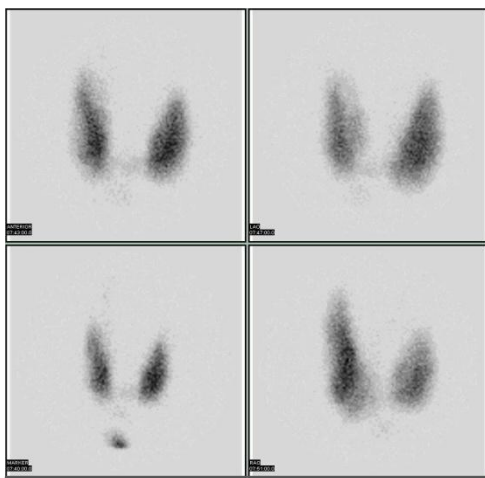
Динамическая холесцинтиграмма, оценивающая желчный пузырь и желчные протоки



А – сцинтиграмма лёгких в задней проекции после ингаляции Xe-133 показывает равномерную вентиляцию лёгких.

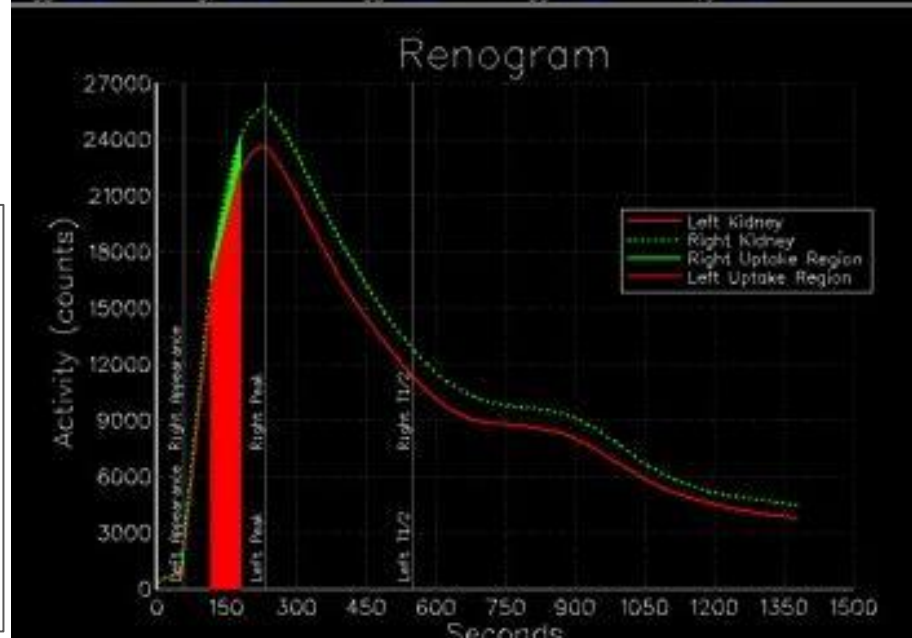
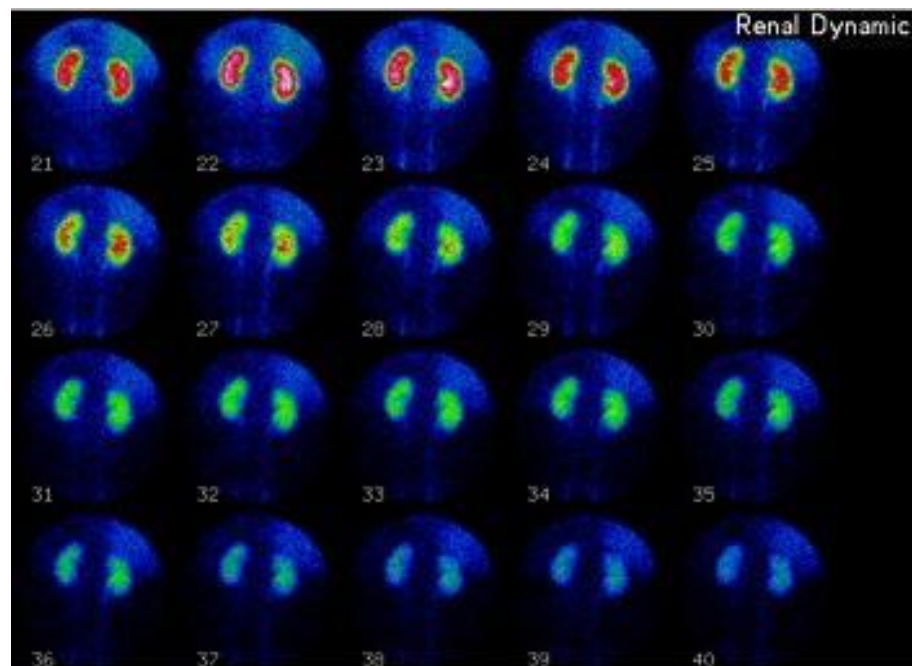
В – сцинтиграмма в задней проекции после в/в введения макроагрегатов альбумина, меченных Tc-99m, показывает

Остеосцинтиграмма, визуализирующая множественные метастазы в костях. Первичная опухоль – локализована в предстательной железе.



Серия планарных сцинтиграмм щитовидной железы с I-123

Серия динамических сцинтиграмм почек, оценивающих размер, форму и положение. Кривые (ренограммы) отражают 3 фазы РФП: 1 – фазу перфузии (30-60с в N), 2 – фазу накопления (вершина кривой – T_{max} 4-5мин), 3 – фазу экскреции (5-8 мин).

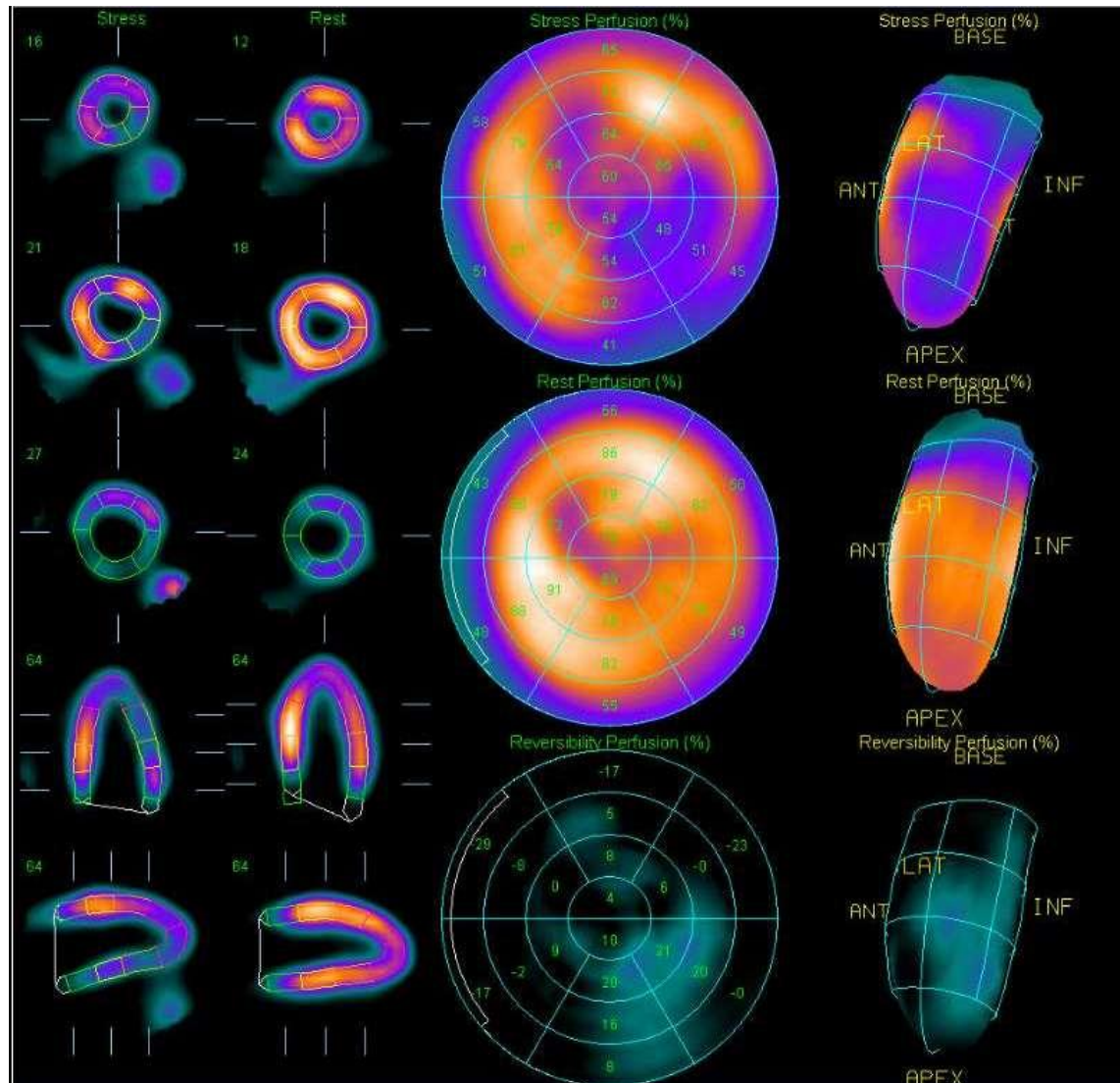


2. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)— принцип метода сходен с предыдущим, отличие лишь в возможности получения изображения исследуемой области в нескольких плоскостях. Соответственно, метод является более современным и постепенно вытесняет стандартную планарную сцинтиграфию. При ОФЭКТ используются те же РФП, что и при планарной сцинтиграфии.



Наиболее часто применяется в ситуациях, когда необходимо получить истинное 3D изображение, например, онкодиагностика, оценка перфузии миокарда, сцинтиграфия костей, щитовидной железы, мозга и др. В целом, показания к ОФЭКТ схожи с таковыми для планарной сцинтиграфии.

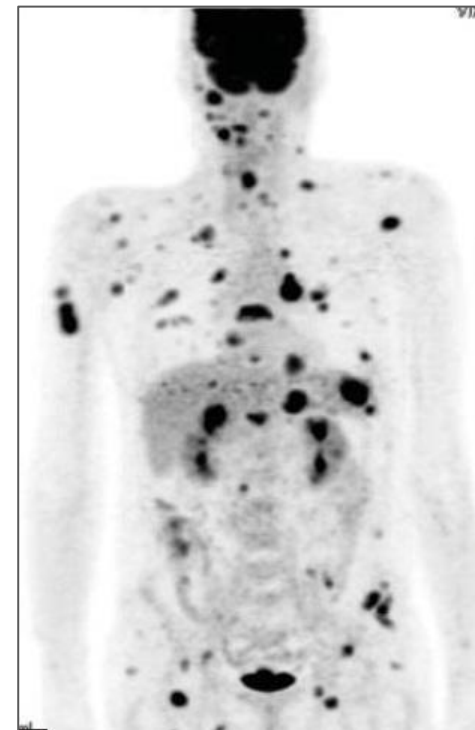
Пример. Перфузионная сцинтиграмма миокарда. Проводится после функциональной нагрузки на миокард (физической или медикаментозной) – стресс тест. «Холодные очаги» свидетельствуют о дефекте накопления контраста в определённых участках (можно предположить ишемию).



3. Позитронная (двухфотонная) эмиссионная томография (ПЭТ) - радионуклидный метод томографического исследования внутренних органов человека, основанный на регистрации пары γ – квантов (фотонов), возникающих в результате аннигиляции позитронов (испускаемых при распаде радионуклида) с электронами.

В качестве РФП используют вещества, испускающие позитроны: углерод-14, кислород-15, фтор-18, азот -13. Наиболее оптимальным из них является фтор-18. Данные радионуклиды помещают на биологически-активные вещества (напр., глюкозу), вводят в организм пациента и наблюдают за распределением препарата, оценивая метаболическую активность тканей.

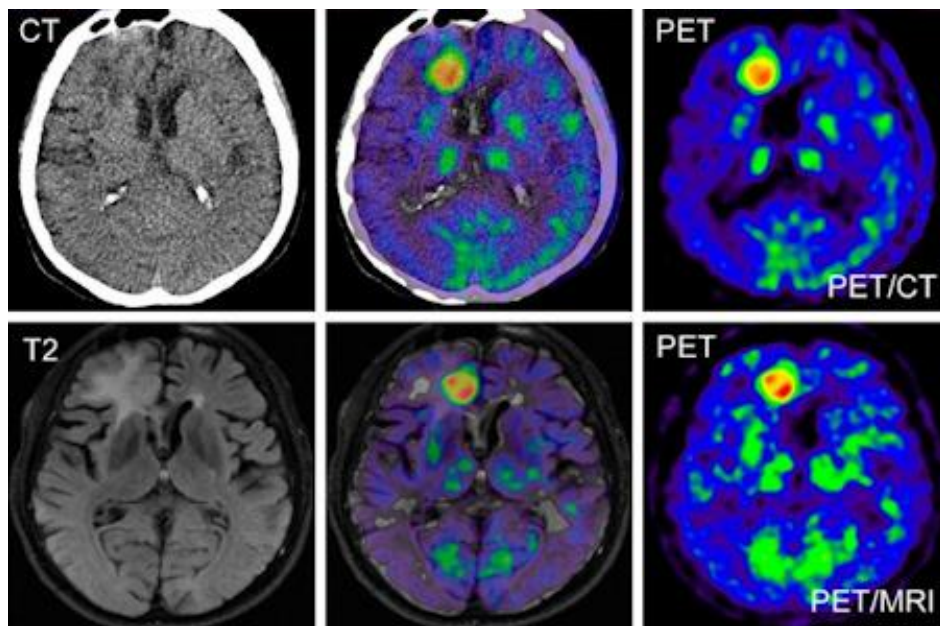
Метод широко применяется в онкологии (поиск метастатических поражений), нейрорадиологии, кардиологии, инфекционных заболеваниях, фармакологии.



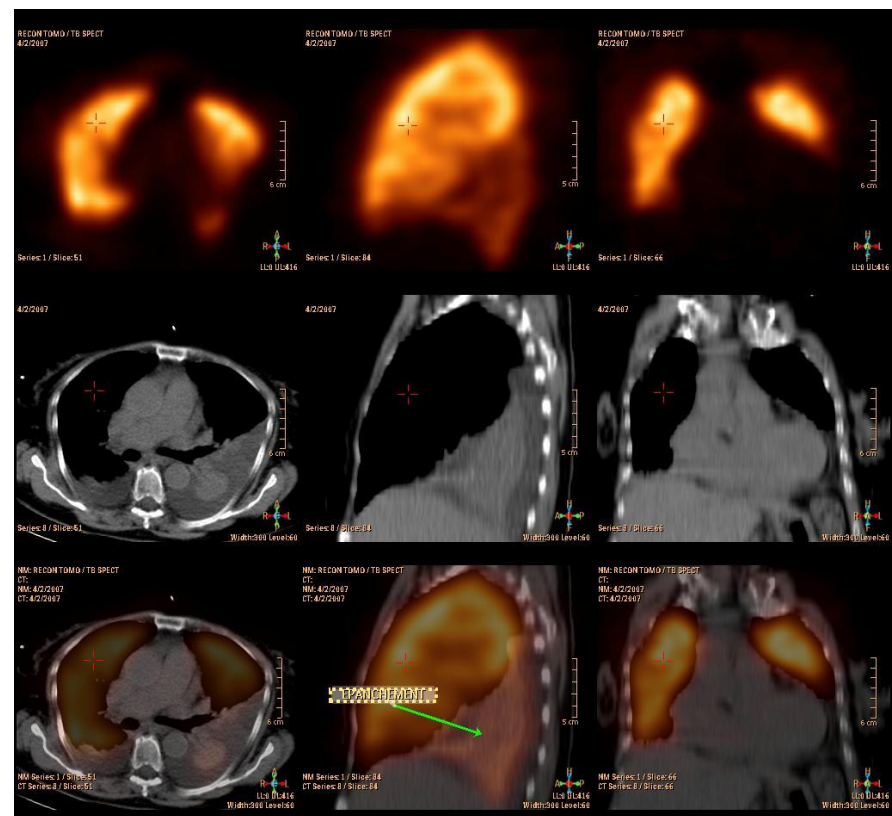
ПЭТ всего тела, выполненная с меченой глюкозой (^{18}F -DG). Множественные метастазы опухоли (интенсивные очаги). Накопление РФП в головном мозге обусловлено физиологически высоким метаболизмом глюкозы тканями мозга.

4. Гибридные методы – методы, совмещающие несколько модальностей (ОФЭКТ+КТ, ПЭТ + КТ и др.).

Примеры изображений:



*ПЭТ/КТ (сверху),
ПЭТ/МРТ (снизу).
Астроцитома.*



*ОФЭКТ (сверху), КТ
(посередине), ОФЭКТ/КТ
(снизу). Плевральный
выпот.*

III. Магнитно-резонансный метод

Магнитно-резонансная томография – метод получения послойного изображения внутренних органов человеческого тела, основанный на явлении ядерно-магнитного резонанса.

Основными показаниями являются:

- заболевания и травмы суставов (в основном – мягких компонентов);
- заболевания центральной нервной системы;
- заболевания позвоночника;
- заболевания сердца и средостения;
- заболевания гепатобиллиарной системы и паренхиматозных органов БП;
- другие;

Достоинства метода: отсутствие ионизирующего излучения, более детальная информация о мягких тканях.



Подготовка:

- сбор анамнеза на предмет наличия магнитных имплантов в теле (запрещено проходить исследование, имея кохлеарные импланты, некоторые виды клипс для аневризм, практически все виды пейсмейкеров и кардиоимплантов);
- при планировании МРТ с контрастом, выяснение наличия аллергической реакции на гадолиний;
- для женщин – выяснение факта возможной беременности на I триместре;
- для сканирования детей раннего возраста и взрослых с психическими отклонениями проводится наркоз (для обеспечения неподвижного состояния)

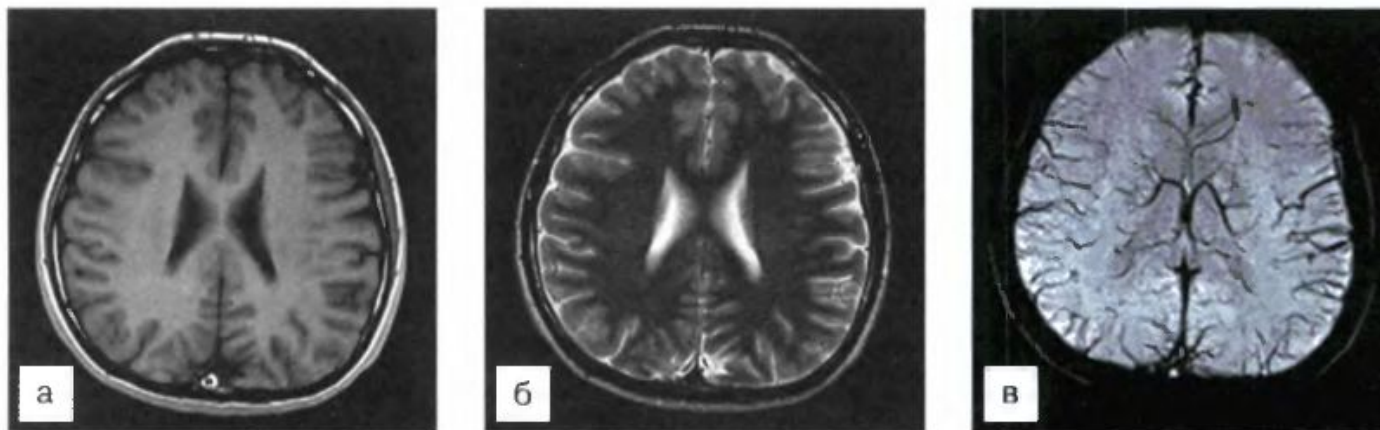


Рис. 95. МРТ головного мозга.

а — T1-взвешенное изображение; б — T2- взвешенное изображение; в — магнитно-взвешенное изображение: видна мелкая гемангиома (указано красной стрелкой), не определяемая на предыдущих изображениях.

*T1-жировая
ткань светлая,
ткань, с
большим
содержанием
воды – тёмная;
T2-жировая
ткань тёмная,
ткань, с
большим
содержанием
воды – светлая.
гемангиома в*

IV. Ультразвуковой метод

УЗ-метод – способ дистанционного определения положения, формы, величины, структуры и движения органов и тканей, а также патологических очагов с помощью ультразвукового излучения.

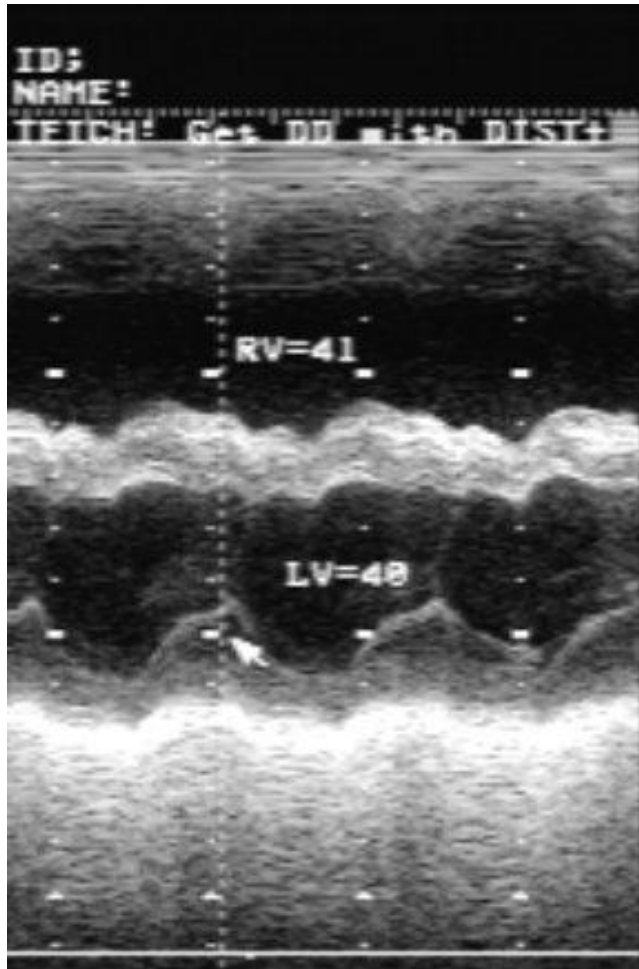
Основными достоинствами являются:

- непродолжительность процедуры
- безболезненность
- возможность многократного повторения
- небольшая величина аппарата
- чувствительность к изменению плотности биологических сред.

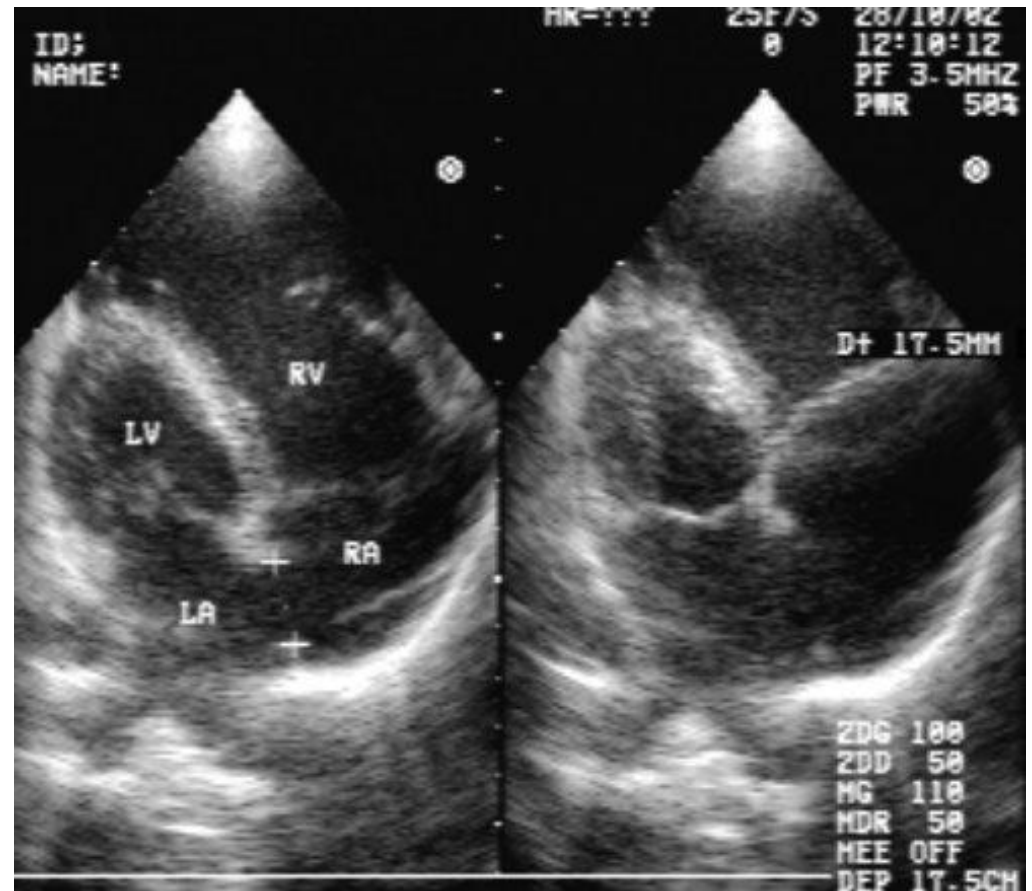


Для изучения большинства органов особой **подготовки** не требуется. Перед исследованием органов брюшной полости следует тщательно подготовить кишечник, чтобы в нем не было скопления газа. Пациент должен явиться в ультразвуковой кабинет натощак. Исследование органов таза рекомендуется проводить при наполненном мочевом пузыре.

Различают три основных режима УЗ-исследования: М-режим, В-режим и доплерографию. М-режим позволяет получить одномерное изображение, В-режим (сонография, наиболее распространённый метод) – двумерное.

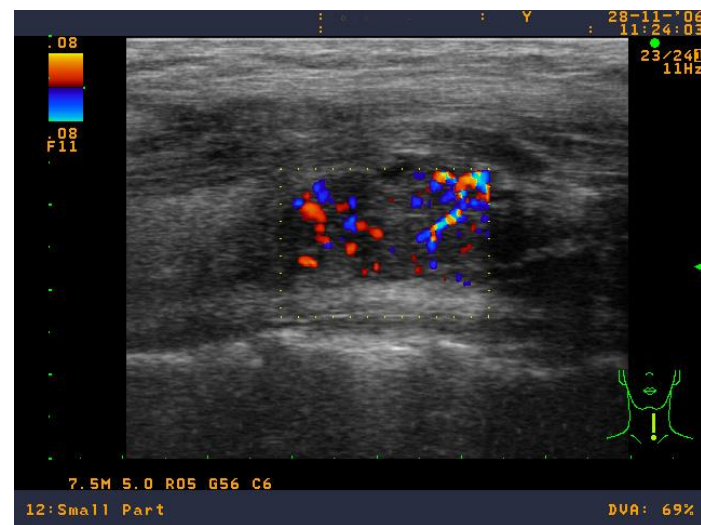
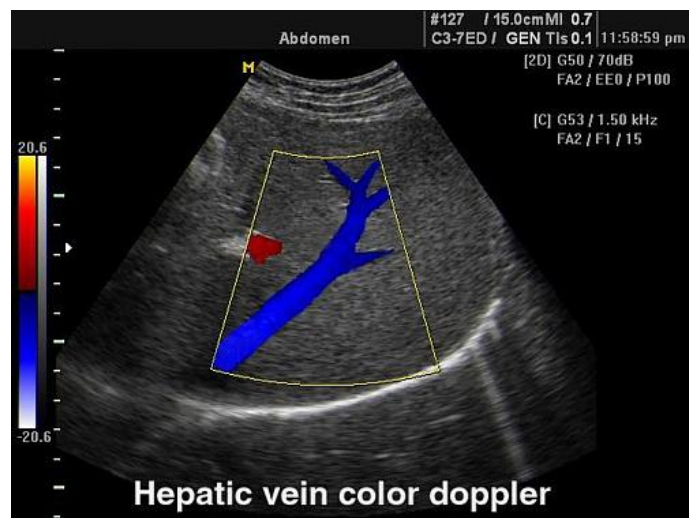


М-режим



В-режим

Допплерография основана на эффекте Допплера - изменение частоты волны, отраженной от движущегося объекта. Если объект приближается к датчику, отраженная частота выше начальной, и наоборот. Благодаря этому можно измерить скорость кровотока. Широкое распространение в медицине получил метод цветного доплеровского картирования (ЦДК). Кровь,двигающаяся к датчику – окрашивается в красный цвет, кровь,двигающаяся от датчика – в синий. Кровь,двигающаяся в промежуточных направлениях, имеет различные оттенки – от жёлтого до оранжевого.



По принятой терминологии, образования при УЗИ делятся на гипозоногенные – зоны чёрного цвета (кровь, моча, желчь, экссудат, транссудат) и гиперзоногенные – более светлые зоны (кость, кальцинаты, воздух). В сонографической картине также принято указывать изоденсный (однородный) и гетероденсный (неоднородный) характер патологического образования.