

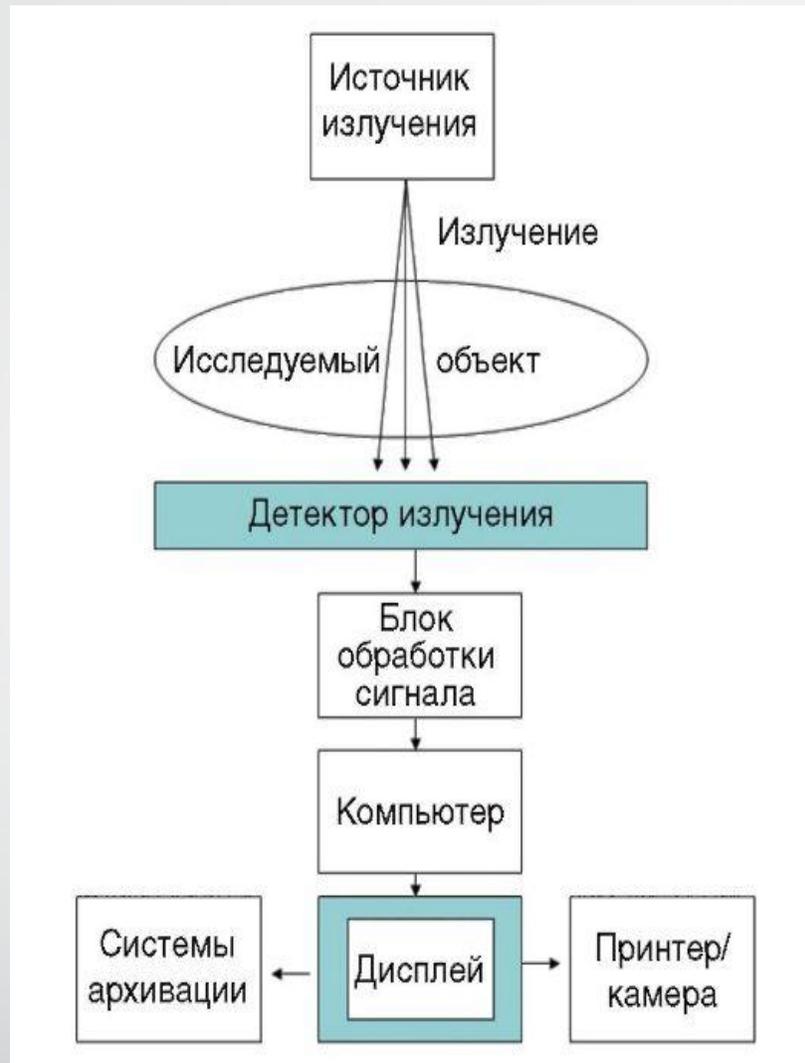


# Рентгенология

# *Общая лучевая диагностика*

**Рентгенология** – раздел радиологии, изучающий методы диагностики различных заболеваний с помощью рентгеновских лучей (рентгенодиагностика) и методы лечения заболеваний с помощью рентгеновских лучей (рентгенотерапия), а также воздействие на организм человека рентгеновского излучения, возникающие вследствие этого заболевания и патологические состояния, их лечение и профилактику.

Методы лучевой диагностики делятся на две категории: **ионизирующие** (рентгенография, рентгеноскопия, ангиография, КТ, радиоизотопные исследования); **неионизирующие** (УЗИ, МРТ). Для расширения диагностических возможностей некоторых методов приходится внутривенно вводить контрастные препараты. Такие методики называют малоинвазивными, в отличие от введения различных инструментов и контрастных веществ в центральные сосуды тела (инвазивные методы). С технической точки зрения изображения организма можно получать проекционными (рентгенография, рентгеноскопия, ангиография, плоскостная сцинтиграфия) и томографическими (послойными) методами (УЗИ, КТ, МРТ, ОФЭКТ, ПЭТ).



**Рис. 1.** Принципиальная схема устройства аппаратов для получения лучевых изображений

Рентгеновское излучение представляет собой электромагнитные волны (поток квантов, фотонов), энергия которых расположена на энергетической шкале между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением.



Рис. 2. Шкала электромагнитных излучений

В медицинских приборах для генерации рентгеновских лучей используются рентгеновские трубки. Их основными компонентами являются катод и массивный анод.

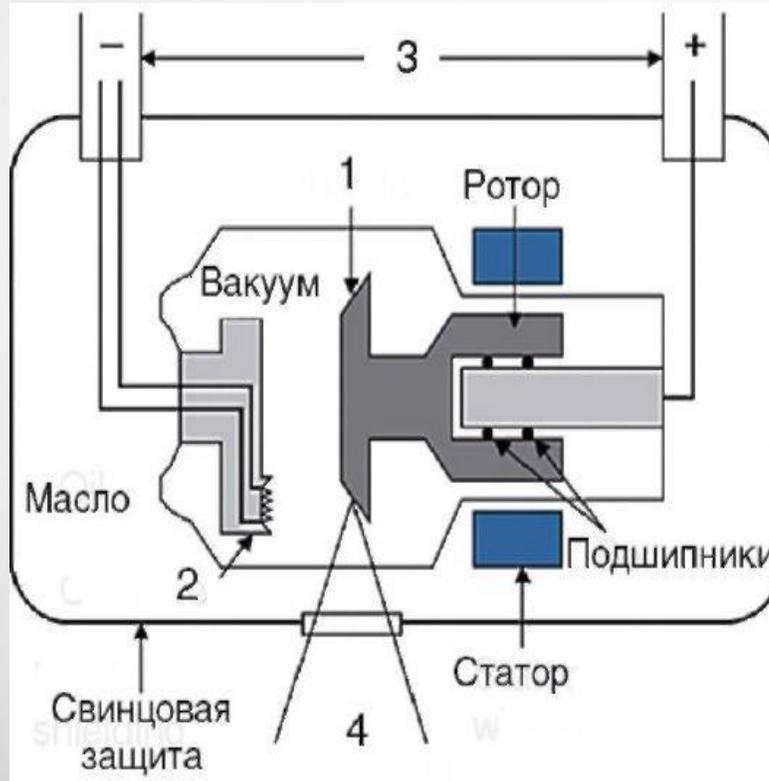


Рис. 3. Схема устройства рентгеновской трубки:

1 - анод; 2 - катод; 3 - напряжение, подаваемое на трубку; 4 - рентгеновское излучение

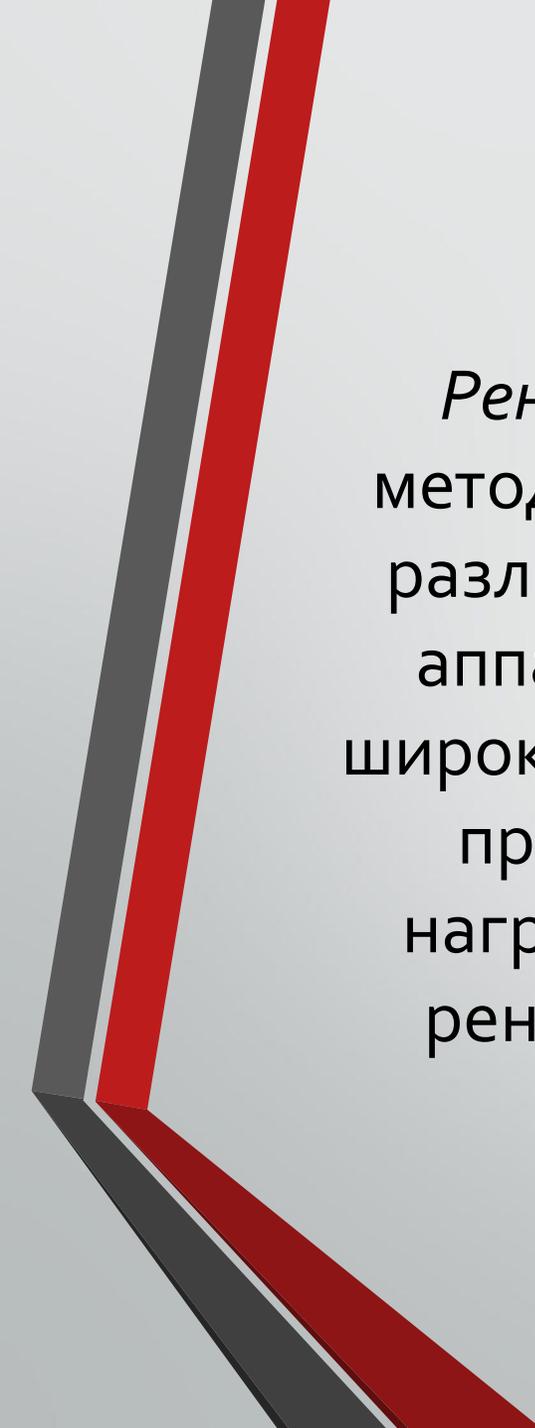
Свойствами рентгеновских лучей, обуславливающими их использование в медицине, являются *проникающая способность, флюоресцирующее и фотохимическое действия.*

**Проникающая способность** рентгеновских лучей и их поглощение тканями человеческого тела и искусственными материалами являются важнейшими свойствами, которые обуславливают их применение в лучевой диагностике. Чем короче длина волны, тем большей проникающей способностью обладает рентгеновское излучение.

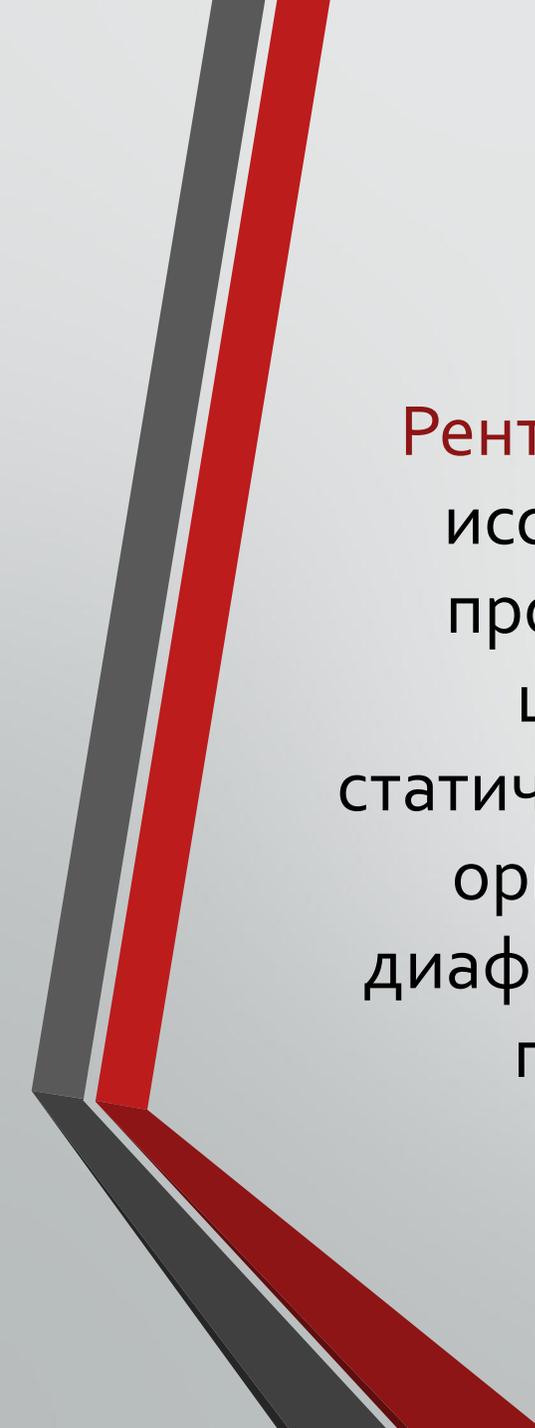
Для регистрации прошедшего через тело излучения используется его способность вызывать **флюоресценцию** некоторых соединений и оказывать **фотохимическое действие** на пленку. С этой целью используются специальные экраны для рентгеноскопии и фотопленки для рентгенографии. В современных рентгеновских аппаратах для регистрации ослабленного излучения применяют специальные системы цифровых электронных детекторов - цифровые электронные панели. В этом случае рентгеновские методы называют цифровыми.



# Методы лучевой диагностики



*Рентгеноскопия и рентгенография* являются основными методами рентгенологического исследования. Для изучения различных органов и тканей создан целый ряд специальных аппаратов и методов. Рентгенография по-прежнему очень широко используется в клинической практике. Рентгеноскопия применяется реже из-за относительно высокой лучевой нагрузки. К рентгеноскопии вынуждены прибегать там, где рентгенография или неионизирующие методы получения информации недостаточны.



**Рентгеноскопия** (греч. *scopere* - рассматривать, наблюдать) - исследование, при котором рентгеновское изображение проецируется на флюоресцирующий экран (или систему цифровых детекторов). Метод позволяет проводить статическое, а также динамическое, функциональное изучение органов (например, рентгеноскопия желудка, экскурсия диафрагмы) и контролировать проведение интервенционных процедур (например, ангиографии, стентирования).

**Рентгенография** (греч *graphein* - писать, изображать) - исследование, при котором получают рентгеновское изображение объекта, фиксированное на пленке (прямая рентгенография) или на специальных цифровых устройствах (цифровая рентгенография).

Различные варианты рентгенографии (обзорная рентгенография, прицельная рентгенография, контактная рентгенография, контрастная рентгенография, маммография, урография, фистулография, артрография и пр.) используются с целью улучшения качества и увеличения количества получаемой диагностической информации в каждой конкретной клинической ситуации.

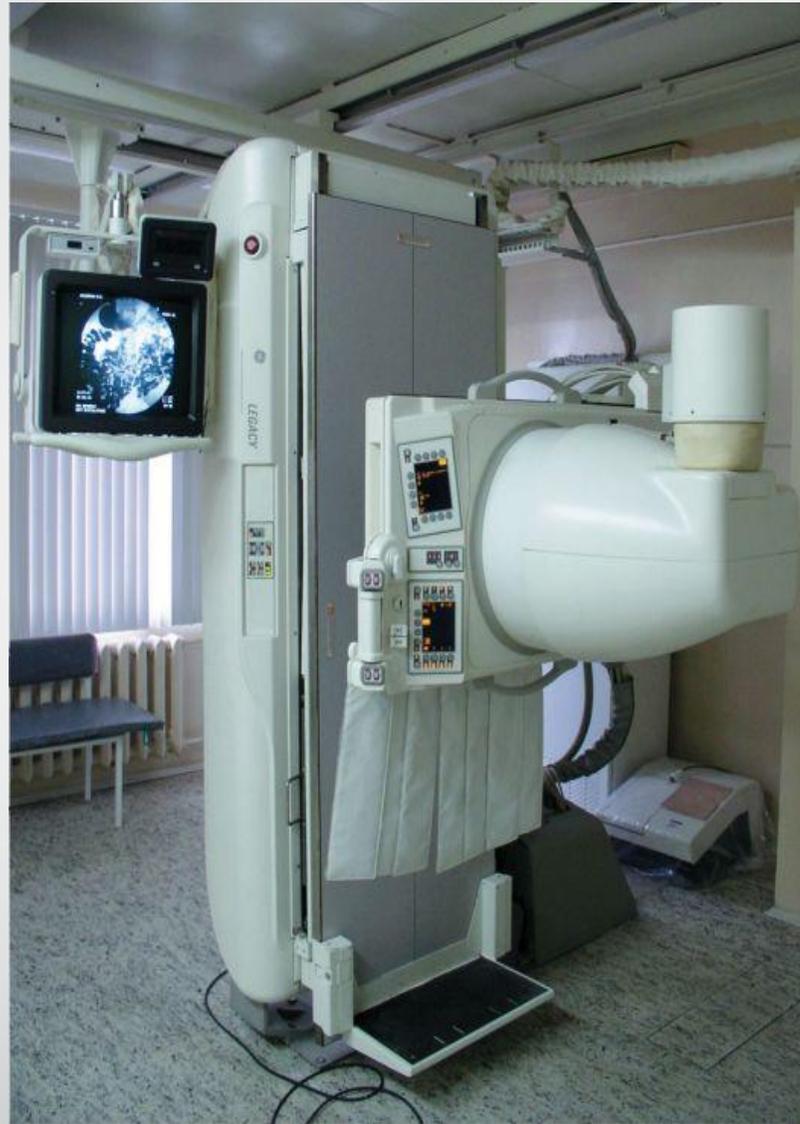


Рис. 4. Современный рентгеновский аппарат

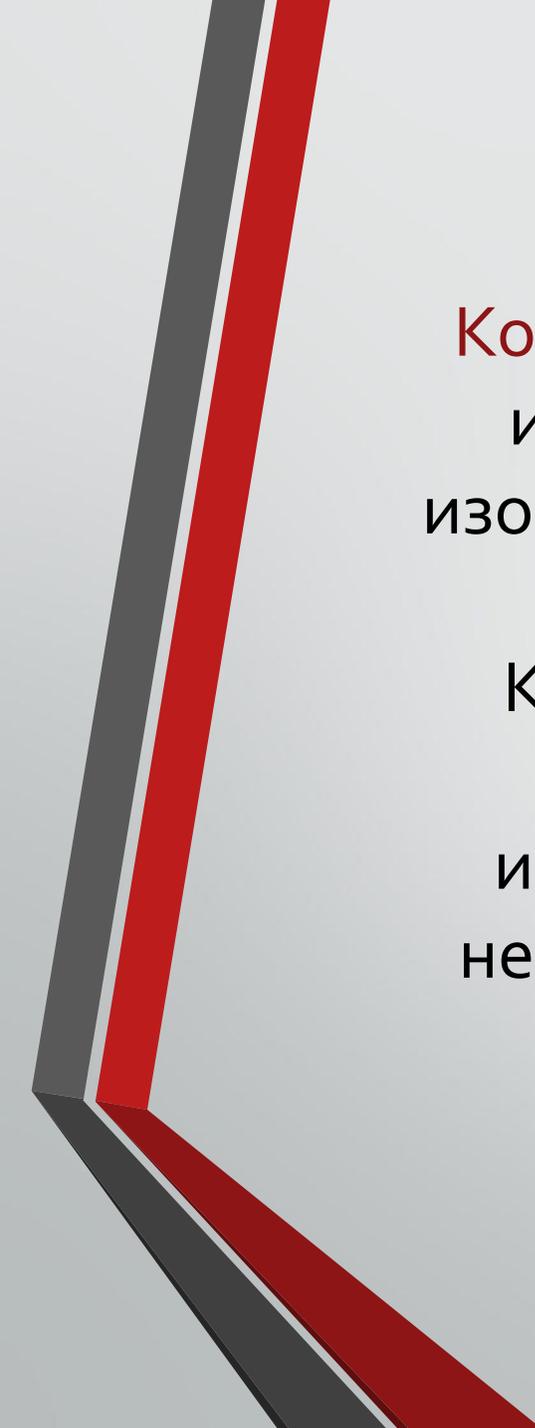
**Ультразвуковая диагностика** (сонография, УЗИ) - метод лучевой диагностики, основанный на получении изображения внутренних органов с помощью ультразвуковых волн. Ультразвуком называют звуковые волны с частотой свыше 20 000 Гц. Это форма механической энергии, имеющей волновую природу. Ультразвуковые волны распространяются в биологических средах. Скорость распространения ультразвуковой волны в тканях постоянна и составляет 1540 м/сек. Изображение получается при анализе отраженного от границы двух сред сигнала (эхо-сигнала). В медицине наиболее часто используются частоты в диапазоне 2-10 МГц.



Рис. 5. Принцип работы ультразвуковой системы



Рис. 6. Современный ультразвуковой аппарат



**Компьютерная томография** (КТ) - метод рентгеновского исследования, основанный на получении послойных изображений в поперечной плоскости и их компьютерной реконструкции.

КТ не имеет абсолютных противопоказаний к своему использованию (кроме ограничений, связанных с ионизирующей радиацией) и может применяться для неотложной диагностики, скрининга, а также как метод уточняющей диагностики.

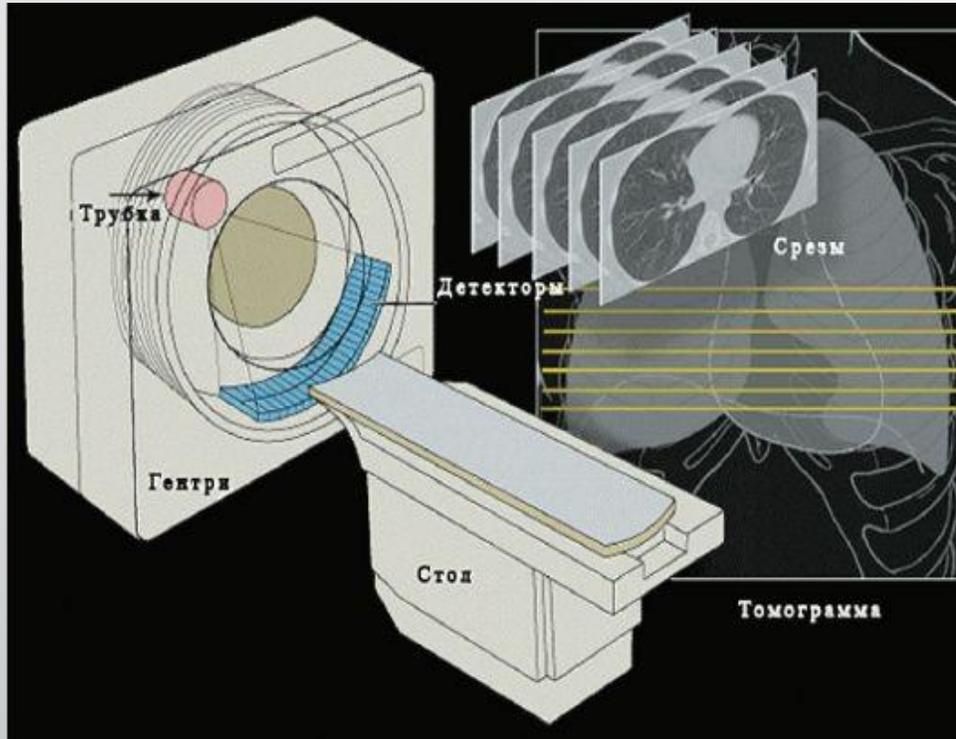
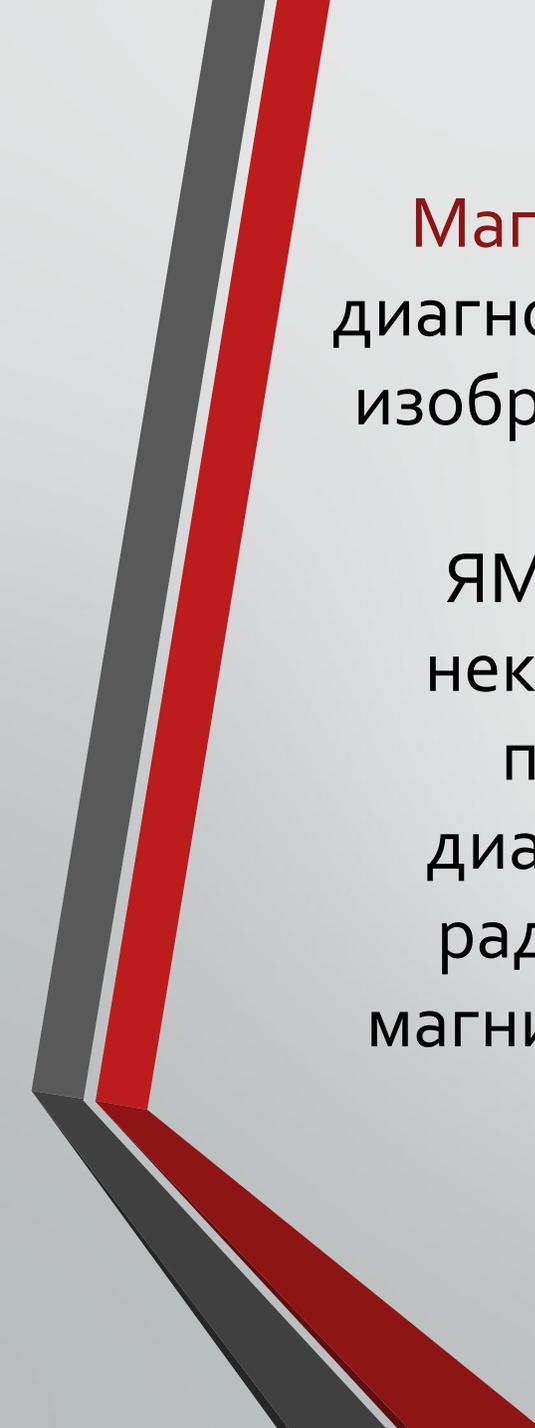


Рис. 7. Схема устройства МСКТ



Рис. 8. Современный 64-спиральный компьютерный томограф



**Магнитно-резонансная томография (МРТ)** - метод лучевой диагностики, основанный на получении послойных и объемных изображений органов и тканей любой ориентации с помощью явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

ЯМР - это физическое явление, основанное на свойствах некоторых атомных ядер, помещенных в магнитном поле, поглощать внешнюю энергию в радиочастотном (РЧ) диапазоне и излучать ее после прекращения воздействия радиочастотного импульса. Напряженность постоянного магнитного поля и частота радиочастотного импульса строго соответствуют друг другу.

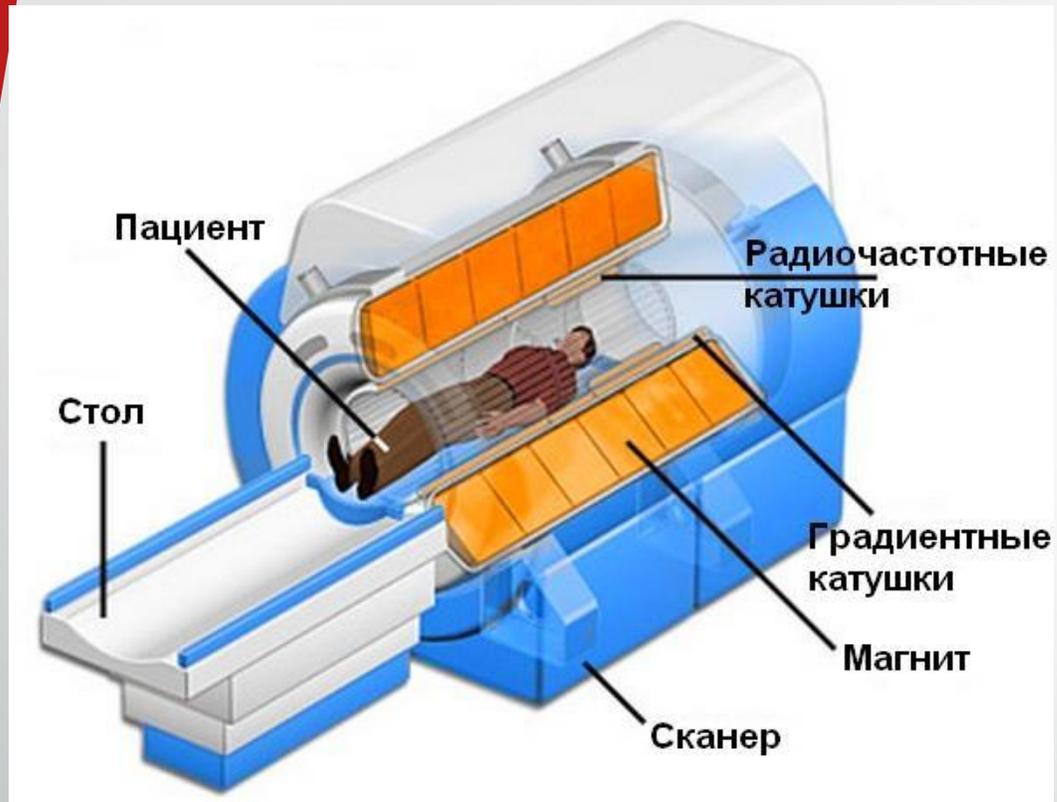


Рис. 9. Схема устройства МРТ



Рис. 10. Современная система МРТ с полем 1,5 тесла

**Радионуклидная диагностика** или ядерная медицина - метод лучевой диагностики, основанный на регистрации излучения от введенных в организм искусственных радиоактивных веществ.

Для радионуклидной диагностики применяется широкий спектр меченых соединений (радиофармпрепаратов (РФП)) и способов их регистрации специальными сцинтилляционными датчиками. Энергия поглощенного ионизирующего излучения возбуждает в кристалле датчика вспышки видимого света, каждая из которых усиливается с помощью фотоумножителей и преобразуется в импульс тока.

Выделяют несколько групп радиодиагностических приборов в зависимости от способа и типа регистрации излучений:

- *радиометры* - приборы для измерения радиоактивности всего тела;
- *радиографы* - приборы для регистрации динамики изменения радиоактивности;
- *сканеры* - системы для регистрации пространственного распределения РФП;
- *гамма-камеры* - приборы для статической и динамической регистрации объемного распределения радиоактивного индикатора.

В современных клиниках большинство приборов для радионуклидной диагностики составляют гамма-камеры различных типов.



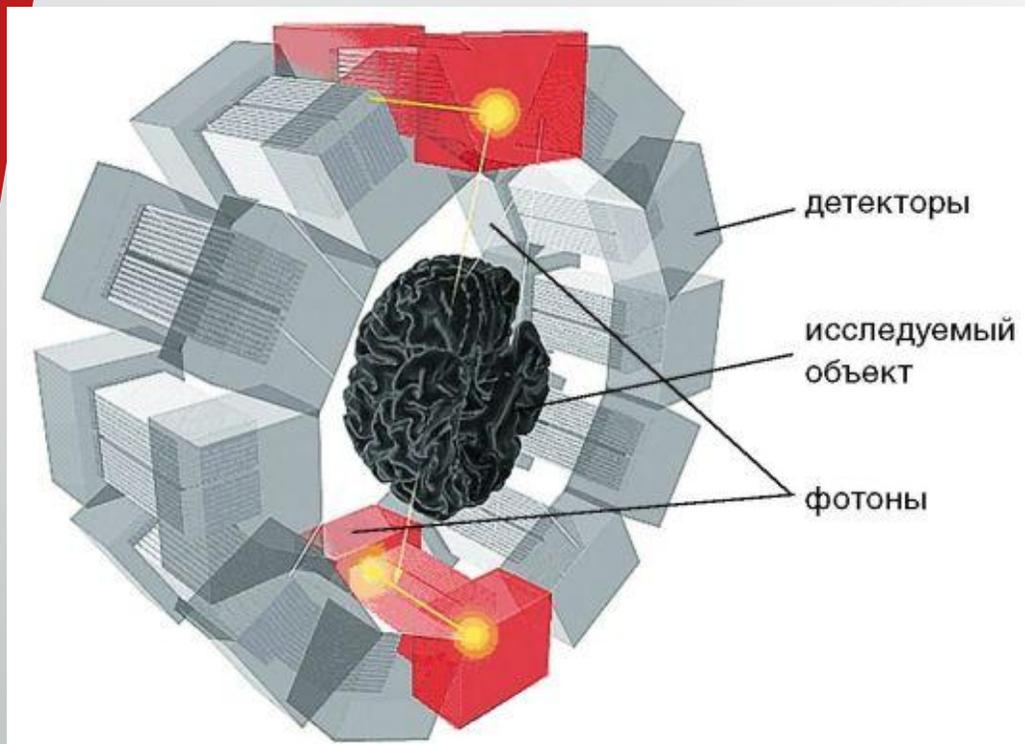
Рис. 11. Схема устройства гамма-камеры

Одной из новых томографических радиоизотопных методик в ядерной медицине является позитронная эмиссионная томография (ПЭТ).

Метод ПЭТ основан на свойстве некоторых короткоживущих радионуклидов при распаде испускать позитроны.

ПЭТ позволяет проводить количественную оценку концентрации радионуклидов и обладает более широкими возможностями для изучения метаболических процессов, чем сцинтиграфия, выполняемая с помощью гамма-камер.

Для ПЭТ используются изотопы таких элементов, как углерод, кислород, азот, фтор. Меченные этими элементами РФП являются естественными метаболитами организма и включаются в обмен веществ. В результате можно изучать процессы, происходящие на клеточном уровне.



**Рис. 12.** Схема устройства ПЭТ



**Рис. 13.** Современная система ПЭТ-КТ

**Ангиография** - метод рентгеновского исследования, связанный с прямым введением контрастного вещества в сосуды с целью их изучения.

Ангиография проводится в специализированных рентгеновских кабинетах. Эти кабинеты отвечают всем требованиям, предъявляемым к операционным. Введение контрастного препарата в сосудистое русло осуществляется путем инъекции шприцем или (чаще) специальным автоматическим инжектором после пункции сосудов.

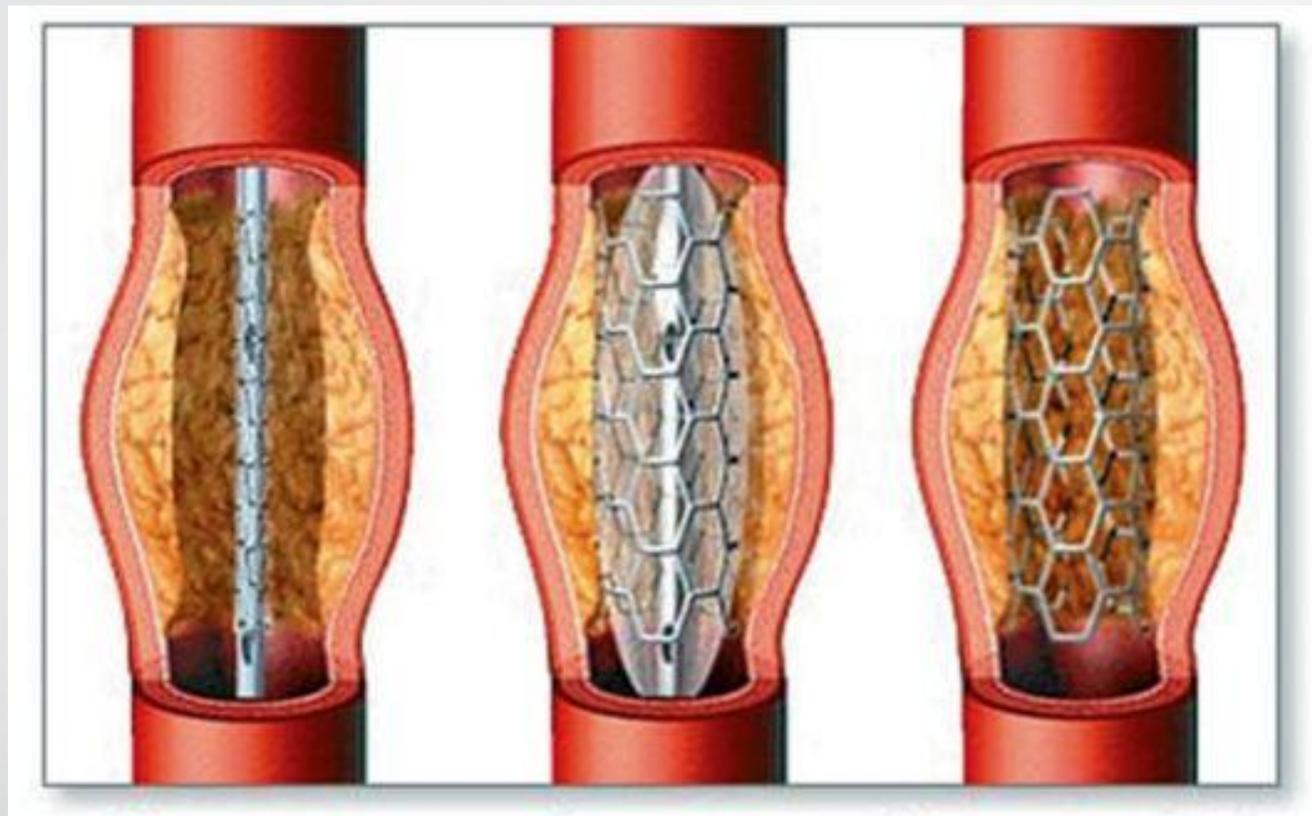


Рис. 14. Современная ангиографическая установка

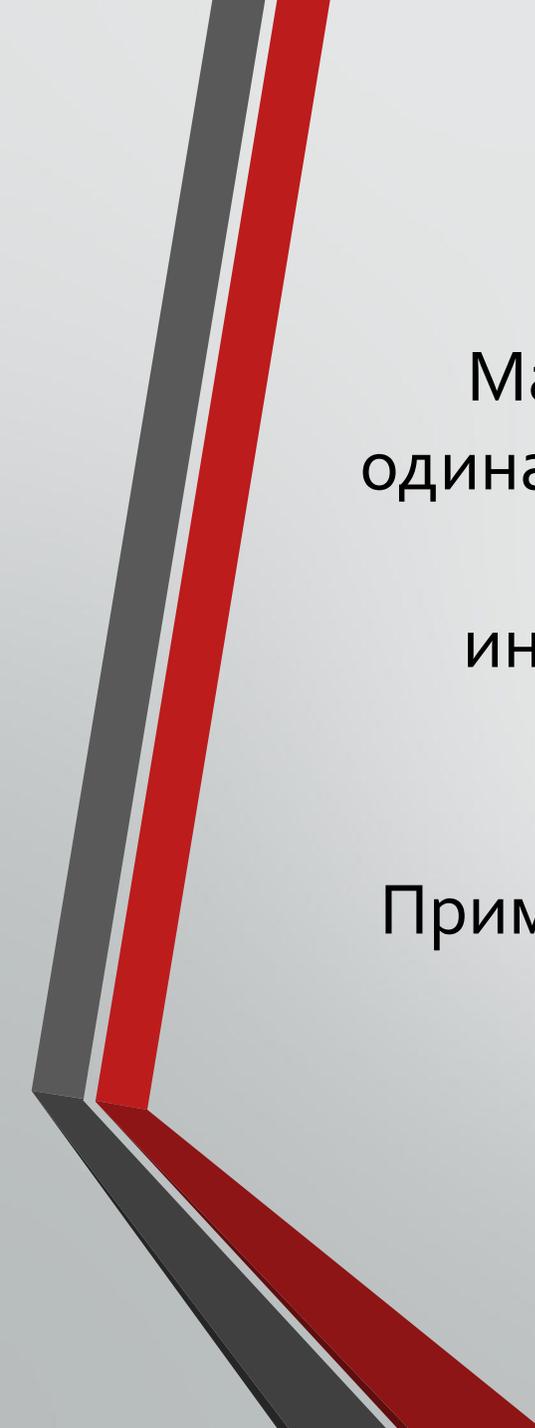
**Интервенционная радиология** - область медицины, основанная на применении методов лучевой диагностики и специальных инструментов для выполнения малоинвазивных вмешательств с целью диагностики и лечения заболеваний.

Интервенционные вмешательства нашли широкое распространение во многих областях медицины, так как зачастую могут заменить большие хирургические вмешательства.

Баллонная ангиопластика коронарных и периферических артерий в настоящее время является одним из основных методов лечения стенозов и окклюзий артерий. В случае рецидива стенозов такая процедура может повторяться многократно.

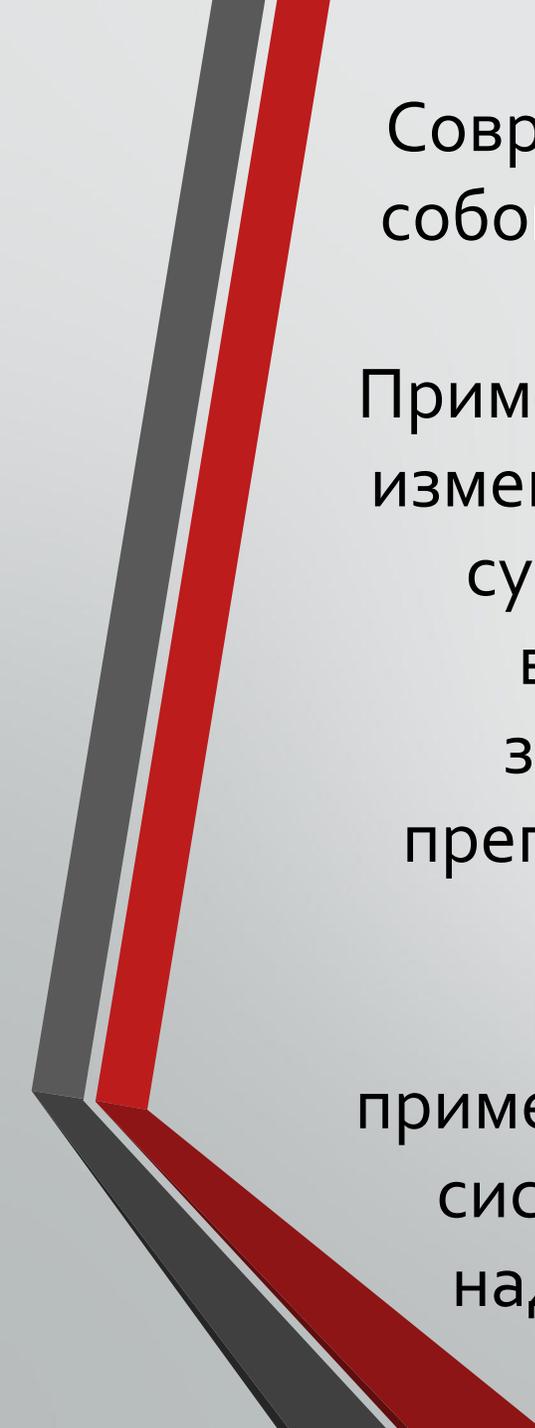


**Рис. 15.** Схема выполнения баллонной ангиопластики и стентирования



Малая контрастность между соседними объектами или одинаковая плотность соседних тканей (например, плотность крови, сосудистой стенки и тромба) затрудняют интерпретацию изображений. В этих случаях в лучевой диагностике часто прибегают к **искусственному контрастированию**.

Примером усиления контрастности изображений изучаемых органов является применение сульфата бария для исследования органов пищеварительного канала.



Современные рентгеноконтрастные средства представляют собой трийодзамещенные соединения, содержащие три или шесть атомов йода.

Применение контрастных препаратов при МРТ направлено на изменение магнитных свойств тканей. В этом заключается их существенное отличие от йодсодержащих контрастных веществ. Если рентгеновские контрастные средства значительно ослабляют проникающую радиацию, то препараты для МРТ приводят к изменениям характеристик окружающих их тканей.

Помимо МР-исследований ЦНС, контрастирование применяется для диагностики заболеваний костно-мышечной системы, сердца, печени, поджелудочной железы, почек, надпочечников, органов малого таза и молочных желез.

Механизм действия этих средств основан на изменениях времени релаксации участка ткани. Большинство из этих препаратов изготавливается на основе гадолиния. Значительно реже применяются контрастные вещества на основе оксида железа. Эти вещества по-разному влияют на интенсивность сигнала. Позитивные (укорачивающие время релаксации  $T_1$ ) обычно создаются на основе гадолиния (Gd), а негативные - (укорачивающие время  $T_2$ ) на основе оксида железа.

Парамагнитные контрастные вещества распределяются во внутрисосудистом и внеклеточном пространствах организма и не проходят через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ). Поэтому в ЦНС в норме контрастируются только области, лишенные этого барьера, например гипофиз, воронка гипофиза, кавернозные синусы, твердая мозговая оболочка и слизистые оболочки носа и придаточных пазух. Повреждение и разрушение ГЭБ приводят к проникновению парамагнитных контрастных веществ в межклеточное пространство и локальному изменению  $T_1$ -релаксации. Это отмечается при целом ряде патологических процессов в ЦНС, таких, как опухоли, метастазы, нарушения мозгового кровообращения, инфекции.