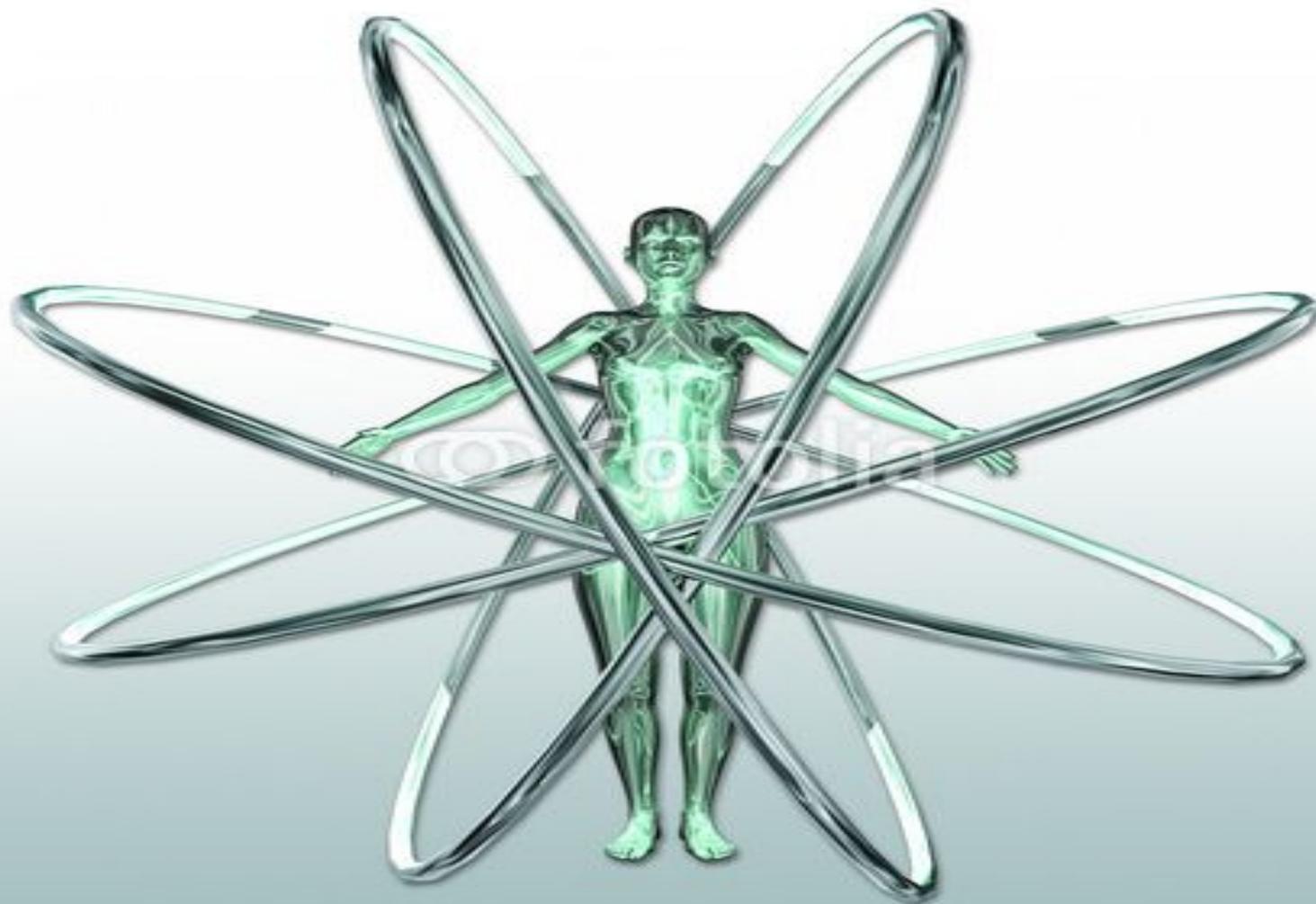


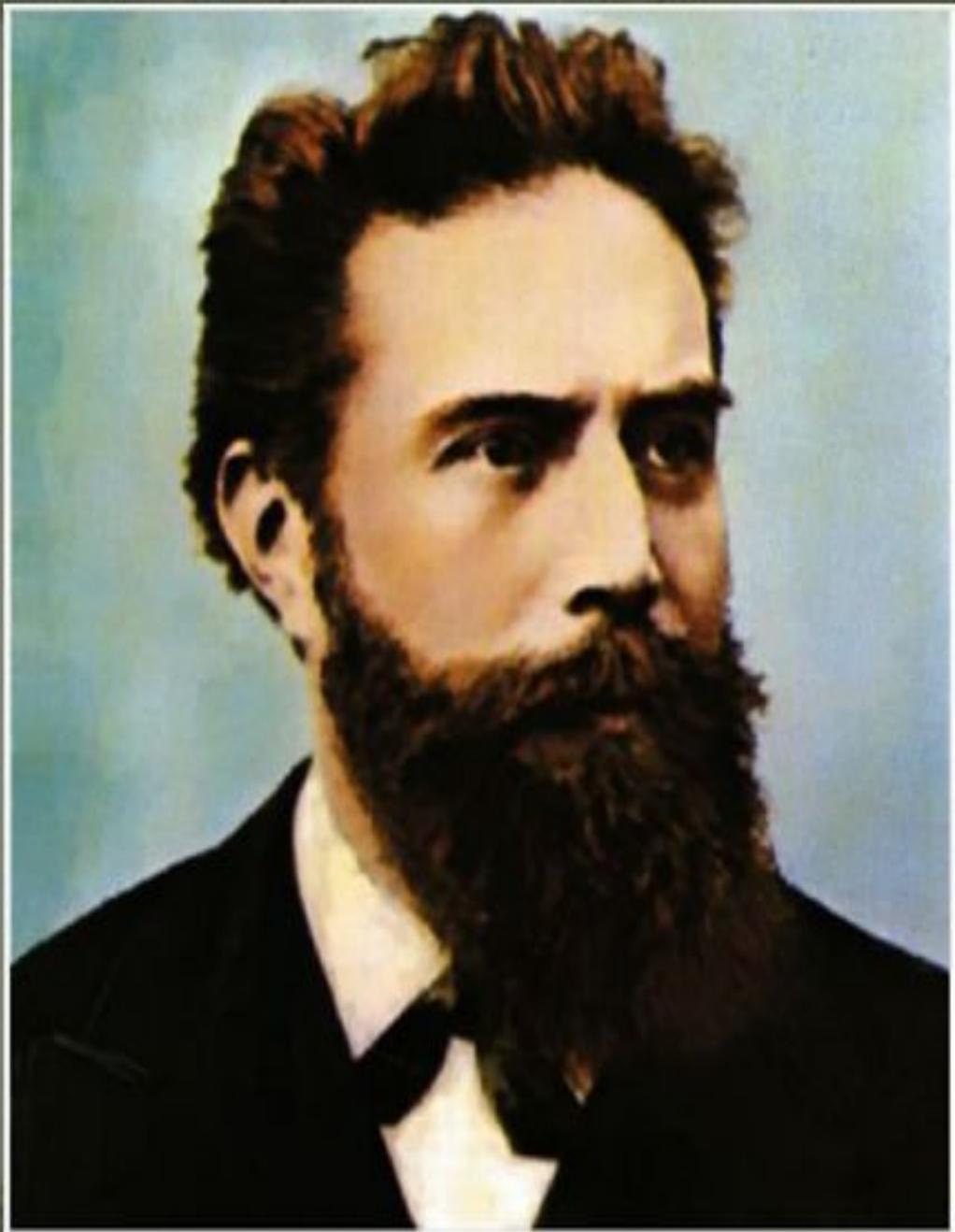
Введение в лучевую диагностику



#22195838

- **Лучевая диагностика** - наука о применении излучений для изучения строения и функции нормальных и патологически измененных органов и систем человека в целях профилактики и диагностики заболеваний. Известно, что большая часть (около 80%) заболеваний диагностируется с помощью приборов лучевой диагностики. Львиная доля в этом перечне принадлежит рентгеновским приборам, имеющим много разновидностей: базовые, универсальные, флюорографы, маммографы, дентальные, передвижные и др.

Лучевая диагностика за последнее столетие претерпела бурное развитие, трансформацию методик и аппаратуры, завоевала прочные позиции в диагностике и продолжает удивлять своими поистине неисчерпаемыми возможностями.

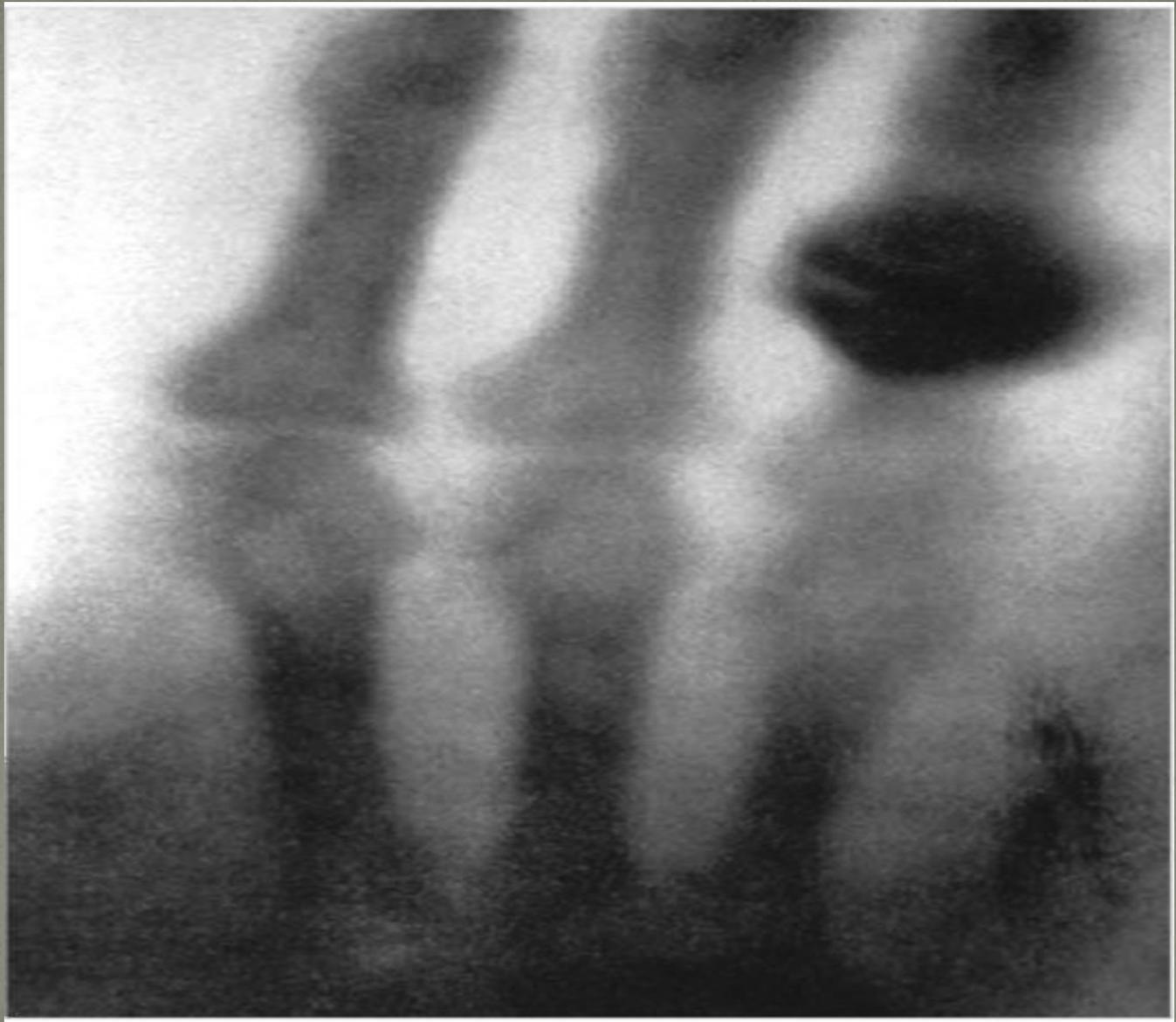


- Вильгельм Конрад
- Рентген

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ

ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

- Рождение лучевой диагностики как науки и позднее специальности состоялось 8 ноября 1895 г., когда профессор Вюрцбургского университета Вильгельм Конрад Рентген проводя эксперименты с катодными трубками, открыл X-лучи, названные впоследствии в его честь «рентгеновскими лучами». Уже 22 декабря 1895 г. Рентген произвел 15-минутную экспозицию X-лучами руки своей жены Берты и получил снимки костей кисти с кольцами на пальцах .



- Сообщение об открытии Вильгельма К. Рентгена произвело сенсацию в научном мире. Уже в январе 1896 г. приват-доцент МГУ П.Н. Лебедев выступил с сообщением об открытии Рентгена. В течение 1896 г. рентгеновские снимки были выполнены в ведущих клиниках и лабораториях Вены, Парижа, Лондона, Санкт-Петербурга и Москвы. В России первый рентгеновский снимок выполнил знаменитый ученый Александр Степанович Попов. В деле применения X-лучей Россия всегда находилась на передовых рубежах.

- Так, например, одним из первых применил рентгенологическое исследование во фронтовых условиях хирург Н.Н. Кочетов. Он наладил работу рентгеновских аппаратов в условиях осажденного Порт-Артура во время Русско-японской войны 1904-1905 гг. В 1918 г. в Петербурге открылся первый в мире рентгенологический, радиологический и раковый институт. В Петербурге был открыт и первый в мире памятник В.К. Рентгену. Открытие Вильгельма Рентгена дало старт целой серии потрясающих открытий.

- Изучая в 1896 г. в Париже один из рентгеновских снимков, Антуан Анри Беккерель заинтересовался механизмом образования X-лучей и, в частности, их связью с флюоресценцией. Спустя два месяца он доказал, что похожие лучи испускает уран. Вначале эти лучи были названы беккерелевыми - по аналогии с рентгеновскими. Однако в дальнейшем было установлено, что подобные лучи испускают многие природные вещества. Через два года Пьером Кюри и Марией Склодовской-Кюри в 1898 г. был открыт радий, а затем начались работы по изучению возможностей его медицинского применения.

- С этого момента начались углубленное изучение строения атома, развитие радиохимии, появление искусственных изотопов и, наконец, атомной энергии и ее применение в медицине.
- Таким образом, за три года были сделаны открытия, определившие направления научно-технического развития XX в.
- В 1934 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри обнаружили явление искусственной радиоактивности, благодаря этому появились новые возможности в диагностике и лечении болезней человека.

- Началось производство разнообразных радиоактивных изотопов, стало возможным определять их местонахождение в человеческом организме. Метод радиоактивной индикации с использованием природных изотопов впервые применил ученый Дьердь Хевеши (позже он был награжден Нобелевской премией в области физики) в 1913 г. В 1922 г. Антуан Лекассань сформулировал принцип радиографии. В 1936 г. физик Карл Давид Андерсон получил Нобелевскую премию за открытие позитрона, без чего не было бы возможным создание позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

- Так возникли предпосылки для развития радиоизотопной диагностики (ядерной медицины).
- В 1929 г. немецкий врач Вернер Форсманн впервые в мире выполнил на себе катетеризацию правых отделов сердца. В 1956 г. он вместе с двумя другими учеными (А. Курнандом и Д. Ричардсом) получил Нобелевскую премию по медицине за разработку метода ангиографии. Первые ангиографии были выполнены еще до второй мировой войны Э. Моницем и Дос Сантосом (1927 и 1929 гг.).



В. Форсманн,
пионер ангиографии

- После второй мировой войны началось быстрое развитие ангиографии и радионуклидной диагностики. В 1953 г. шведские ученые - И. Эдлер и К.Х. Герц - получили первое ультразвуковое изображение сердца. В 1964 г. американский врач Чарльз Доттер и его ассистент М. Джадкинс впервые в мире смогли пройти проводником (специальной металлической струной для катетеризации сосудов по методике С.И. Сельдингера, предложенной в 1953 г.) просвет окклюзированной подвздошной артерии, что дало толчок развитию новой области медицинской диагностики - интервенционной радиологии.

- Триумфальный успех швейцарского врача Андреаса Грюнтцига, который в 1977 г. впервые выполнил баллонную ангиопластику коронарной артерии, закрепил лидирующее положение интервенционной радиологии в лечении многих заболеваний.
- В 1963 г. Дж. Ангер разработал сцинтилляционную камеру, заложив техническую основу метода радионуклидной визуализации - сцинтиграфии.
- В начале 1970-х гг. произошло событие, резко изменившее представления медицинской общественности о возможностях лучевой диагностики.

- В 1971 г. в Лондоне был установлен прототип рентгеновского компьютерного томографа. Он был создан инженером Годфри Хаунсфилдом, работавшим в звукозаписывающей компании ЭМИ (отсюда первое название аппарата - ЭМИ-сканер). Ученые, преодолев серьезные технические трудности, в 1975 г. создали рентгеновский компьютерный томограф для исследования всего тела. За создание метода компьютерной томографии Годфри Хаунсфилду и Алану Кормаку в 1979 г. была присуждена Нобелевская премия по медицине.



Г. Хаунсфилд,
создатель КТ

- Основы другой томографической методики - магнитно-резонансной томографии (МРТ) - заложили работы двух Нобелевских лауреатов - физиков Ф. Блоха и Э. Парселла (1952 г.), открывших эффект ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В 1973 г. физик Поль Лаутербур создал методику пространственной локализации МР-сигнала и получил первые изображения тест-объектов. В 1977 г. американский врач Р. Дамадьян выполнил первые МР-томограммы животных и человека. С этого периода началось быстрое внедрение магнитно-резонансной томографии в диагностику.



В 1979 г.
швейцарский
исследователь Р.
Эрнст получил
Нобелевскую
премию по химии за
разработку методов
МР-спектроскопии, а
в 2003 г. Нобелевская
премия по медицине
была вручена П.
Лаутербуру и П.
Мансфилду за
разработку МРТ.

- Исторически сложилось так что на кафедрах лучевой диагностики преподаются и основы лучевой терапии. Это объясняется тем, что на заре новой эры в медицине, через некоторое время после открытия Вильгельма Рентгена, была открыта естественная радиоактивность в 1896г Антуаном Анри Беккерелем а также открытие М. Склодовской и П. Кюри радиоактивных свойств полония и радия в 1898г. Супруги Кюри переработали 8 тонн смоляной урановой руды и выделили 1 г нового химического элемента, названного радием - «лучистым».

Радиоактивность радия оказалась в миллион раз выше, чем у урана. В последующие 20 лет были открыты все другие естественные радиоактивные элементы



Антуан Анри
Беккерель (1852-
1908). Нобелевская
премия по физике,
1903 год



Мария Склодовская-Кюри (1867-1934).
Нобелевская премия по физике, 1903 год.
Нобелевская премия по химии, 1911 год.

Дальнейшие открытия физиков также лежат в основе современной лучевой терапии. В том же 1898 г. Э. Резерфорд обнаружил две составляющие излучения урана: менее проникающую, названную α -излучением, и более проникающую, названную β -излучением. Третья составляющая урановой радиации, самая проникающая из всех, была открыта позже, в 1900 г., П. Виллардом и названа по аналогии с резерфордовским рядом γ -излучением.

Э. Резерфорд и его сотрудники показали, что радиоактивность связана с распадом атомов (значительно позже стало ясно, что речь идет о распаде атомных ядер),

сопровождающимся выбросом из них определенного типа излучений. В последующих исследованиях Резерфорда было показано, что α -излучение представляет собой поток α -частиц, которые являются ядрами изотопа гелия ${}^4\text{He}$, β -излучение состоит из электронов, а γ -излучение является потоком высокочастотных электромагнитных квантов, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбужденных в более низколежащие состояния. Открытие в 1932 г. нейтрона принадлежит физику Дж. Чедвику. В том же 1932 г. К. Андерсон открыл позитрон.

- В 1934 г. супруги Жолио-Кюри впервые получили в лаборатории искусственные радиоактивные изотопы, которые с тех пор стали использовать в лучевой диагностике и лучевой терапии наряду с рентгеновскими лучами. Из общего числа (около 2000) известных ныне радиоактивных изотопов лишь около 300 - природные, а остальные получены искусственно в результате ядерных реакций. Между искусственной и естественной радиоактивностью нет принципиального различия.

- Открытия конца XIX века вызвали небывалый интерес в среде ученых и медиков, которые немедленно стали экспериментировать с новым видом энергии. В этот период времени отсутствие знаний о природе лучей и их действии на живые организмы привело к появлению поражения кожи у людей, которые проводили эксперименты с длительным или частым облучением. Возникновение ожогов кожи у физиков-экспериментаторов навело ученых на мысль о наличии повреждающего действия рентгеновских лучей, а позднее и радия, а также на идею использования этого эффекта для уничтожения злокачественных опухолей.

- Одной из первых попыток рентгенотерапии рака считают работу доктора Дж. Джиллмана из Чикаго, к которому с сильными ожогами обратился физик Е. Груббе после опытов с X-лучами. Увидев такое действие облучения, Джиллман направил к Груббе больную с неоперабельным раком молочной железы. Сеанс облучения был проведен 29 января 1896г. Известно, что среди пострадавших от воздействия облучения на кожу оказался и Анри Беккерель, который по просьбе Пьера Кюри подготовил препарат радия для демонстрации его свойств на конференции и положил стеклянную трубочку с радием в карман жилета,

- где она находилась почти 6 часов. Спустя 10 дней на коже под карманом появилось покраснение, а еще через несколько дней образовалась язва.
- Как и А. Беккерель, супруги Кюри получили ожоги кожи, после чего в совместной работе 1901 г. они не только описали патологическое влияние радия на кожу, но и высказали предположение об использовании радия для лечения опухолей. После того, как было признано значение радия для лечения злокачественных опухолей, резко поднялись цены на радиевые источники.

- В 1908 г. впервые начали лечить радиом рак матки. Незадолго до начала Первой мировой войны Парижский университет и Пастеровский институт учредили Радиевый институт для исследований радиоактивности. М. Склодовская-Кюри была назначена директором отделения фундаментальных исследований и медицинского применения радиоактивности. С 1919 по 1935 г. в институте в Париже прошли лучевую терапию 8319 больных злокачественными опухолями.

Физика ионизирующего излучения.

- Все излучения, используемые в медицинской радиологии, разделяют 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. распада на противоположно заряженные частицы - ионы.
- К числу неионизирующих излучений принадлежит тепловое (инфракрасное) излучение и резонансное, возникающее в объекте (тело человека), помещенного в стабильное магнитное поле, под действием высокочастотных импульсов.

- Кроме того, к **неионизирующим излучениям** условно относят ультразвуковые волны, представляющие собой упругие колебания среды.
- **Ионизирующие излучения** характеризуются способностью к ионизации атомов окружающей среды, в том числе атомы, входящие в состав тканей человека. Все эти излучения делят на **квантовые и корпускулярные**.
- Это деление в значительной мере условно, так как любое излучение имеет двойственную природу и в определенных условиях проявляет то свойство волны, то свойство частицы.
- К **квантовым ионизирующим излучениям** относят тормозное (рентгеновское) и гамма-излучение.

- К корпускулярным излучениям относят пучки электронов, протонов, нейтронов, мезонов.
- Для медицинских целей наиболее активно используют вид искусственного наружного излучения – рентгеновское.
- Рентгеновская трубка представляет собой вакуумный стеклянный сосуд, в концы которого впаяны два электрода – катод и анод.
- Катод выполнен в виде тонкой вольфрамовой спирали. При его нагревании вокруг спирали образуется облако свободных электронов (термоэлектронная эмиссия).

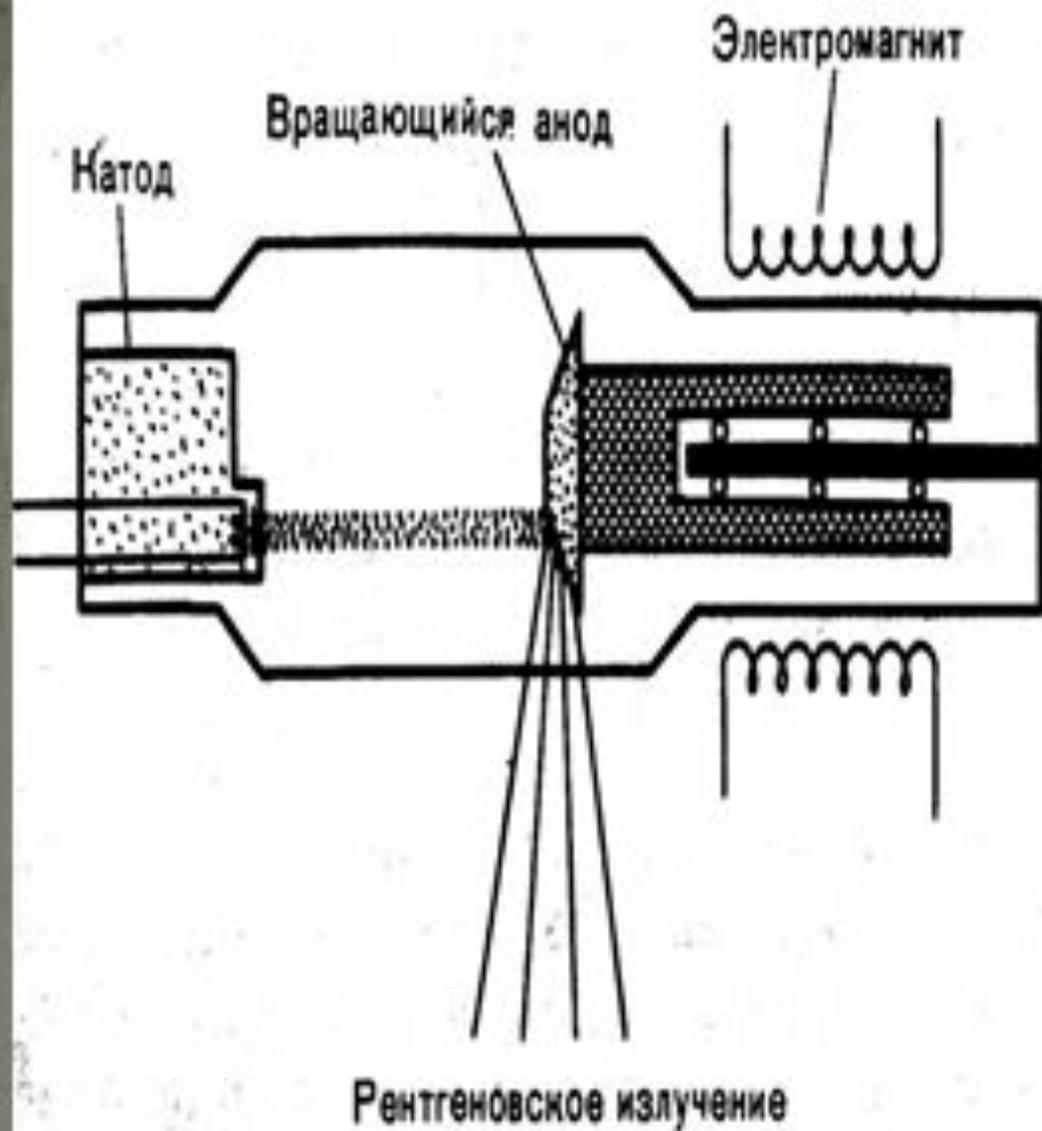


Рис. 1.2. Рентгеновская трубка (схема).

- 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 мин.), для равномерного распределения частиц и предупреждения расплавления анода. В результате торможения электронов на аноде часть их кинетической энергии превращается в электромагнитное излучение.
- Рентгеновское излучение это разновидность тормозного излучения.

- Другим источником ионизирующих излучений для медицинских целей являются радиоактивные нуклиды. Их получают в атомных реакторах на ускорителях заряженных частиц, или при помощи 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 полем или электрическим. По характеру ускоряемых частиц в них различают ускорители электронов (бетатрон, микротрон, линейный ускоритель) и тяжелых частиц – протонов и т.д. (циклотрон, синхрофазотрон).

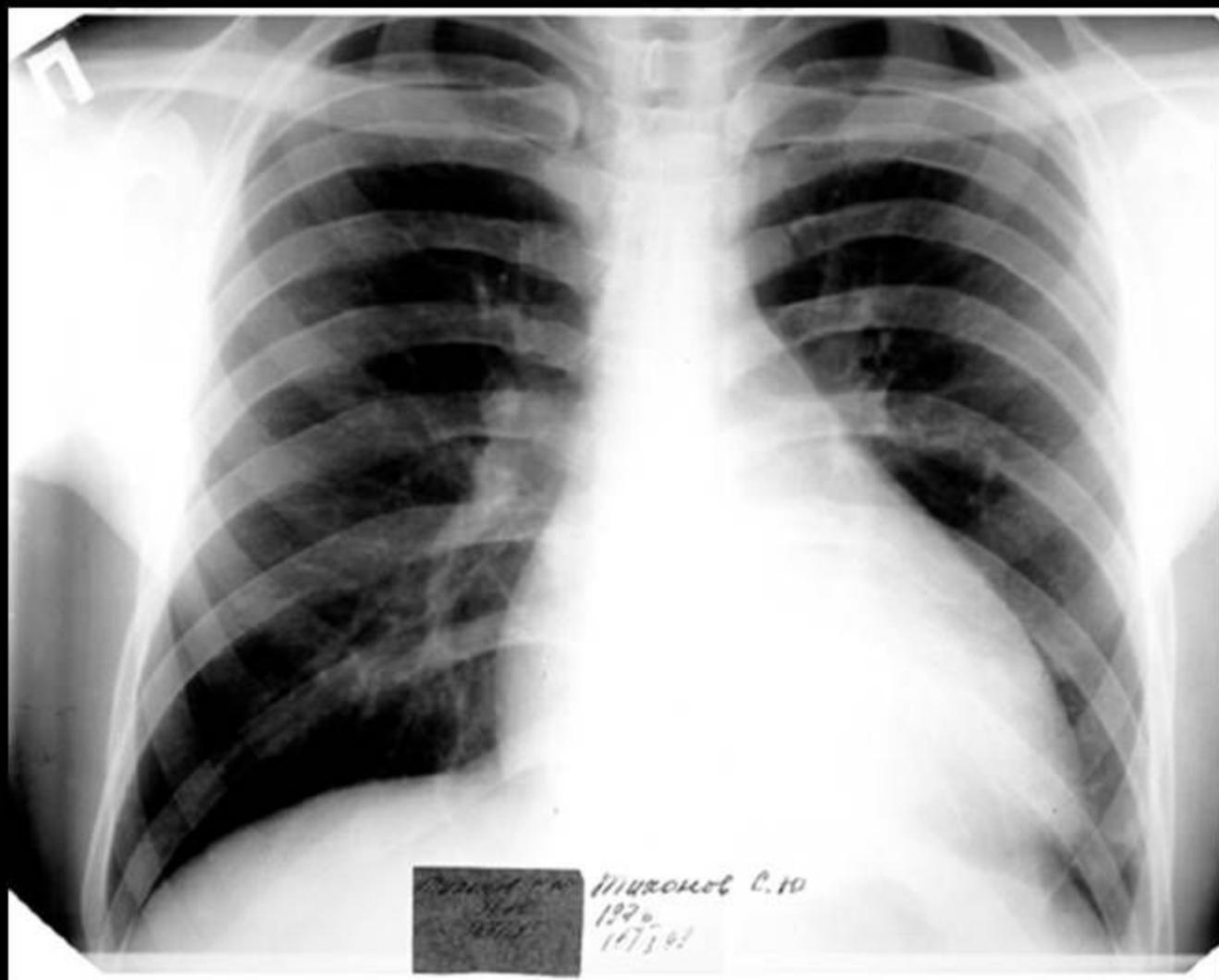
- В диагностике ускорители используют для получения радионуклидов, преимущественно с коротким и ультракоротким периодом полураспада.
- **В основу современной медицинской визуализации положены следующие физические явления:**
- - поглощение в тканях рентгеновского излучения (рентгенодиагностика);
- - возникновение радиочастотного излучения при возбуждении непарных ядер атомов в магнитном поле (МРТ);
- - испускание гамма-квантов радионуклидами, сконцентрированными в определенных органах (радионуклидная диагностика);

- - отражение в сторону датчика высокочастотных лучей направленных ультразвуковых волн (УЗИ);
- - самопроизвольное испускание тканями инфракрасных волн (инфракрасная визуализация, термография).
- Все эти методы, за исключением ультразвукового, основаны на электромагнитном излучении в различных областях энергетического спектра. Ультразвуковая визуализация основана на улавливании колебаний, генерируемых пьезоэлектрическим кристаллом.

- **Методы визуализации можно сгруппировать и по следующему признаку:** получают изображение всего объема ткани или ее тонкого слоя.
- При обычном рентгеновском исследовании трехмерный объем отображается как двухмерное изображение. На пленке получают суммационное изображение различных органов. При аксиальной визуализации, например, КТ, излучение направляется только на тонкий слой тканей. Главным преимуществом данного метода является хорошее контрастное разрешение.



.



Муковид C.10
122
1971/82

Муковид C.10
122
1971/82



- **Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.**
- Проходя через любую среду, в том числе ткани человека, все ионизирующие излучения действуют практически одинаково: все они передают свою энергию атомам этих тканей, вызывая их возбуждение и ионизацию.
- Протоны и особенно альфа-частицы имеют большую массу, заряд и энергию. Поэтому они движутся в тканях прямолинейно, образуя густые скопления ионов. Иначе говоря, у них большая линейная потеря энергии в тканях. Длинна же их пробега зависит от исходной энергии частицы и характера вещества, в котором она перемещается.

- Электрон в тканях имеет извилистый пробег. Это связано с его малой массой и изменчивостью своего направления под действием электрических полей атомов. Но электрон способен вырывать орбитальный электрон из системы встречного атома – производить ионизацию вещества. Образующиеся пары ионов распределены по пути следования электрона менее густо, чем в случае протонного пучка или альфа-частиц. Быстрые нейтроны теряют свою энергию главным образом в результате столкновений с ядрами водорода. Эти ядра вырываются из атомов и сами создают в тканях короткие густые скопления ионов.

- После замедления нейтроны захватываются атомными ядрами, что может сопровождаться выделением гамма-квантов высокой энергии или протонов высокой энергии, которые в свою очередь дают плотные скопления ионов.
- Часть ядер, в частности ядра атомов натрия, фосфора, хлора, вследствие взаимодействия с нейтронами становятся радиоактивными. Поэтому после облучения человека потоком нейтронов в его теле остаются радионуклиды, являющиеся источником излучения (это явление наведенной радиоактивности).

- Таким образом, в результате взаимодействия заряженных и нейтральных частиц с атомами человеческих тканей происходит ионизация вещества тканей. При этом для каждого вида излучения характерно определенное микро-распределение ионов (энергии) в тканях.
- Поток фотонов ослабляется в любой среде, в том числе в биосубстрате, за счет двух факторов : рассеяния фотонов в пространстве и их взаимодействие с атомами среды.
Пространственное ослабление происходит также, как ослабление лучей видимого света: чем дальше от источника, тем в большем объеме рассеиваются фотоны и тем меньше их приходится на единицу облучаемой поверхности.

- Интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника излучения (закон «обратных квадратов»).
- Таким образом, при основных процессах взаимодействия тормозного и гамма-излучения с веществом часть их энергии превращается в кинетическую энергию электронов, которые производят ионизацию среды. Процесс ионизации обуславливает биологические эффекты излучений. Все излучения способны вызывать изменения в биологических объектах. Такое биологическое воздействие является результатом поглощения энергии излучения элементами биоструктуры.

- Но энергия ультразвуковых волн и высокочастотных электромагнитных колебаний, используемых в диагностике, значительно ниже энергии, которая сопровождается механической и химической реакцией тканей. Вопрос о биологическом действии ультразвука, стабильного магнитного поля и высокочастотных радиоволн продолжает изучаться, хотя до настоящего времени не получено достоверных сведений об их вредном воздействии.
- Совершенно другое действие производит ионизирующие излучения.

- **Первый этап** биологического воздействия представляет собой физический процесс взаимодействия излучений с веществом. Все излучения сами или опосредованно вызывают возбуждение или ионизацию атомов биосистем. В результате в тканях появляются возбужденные и/или ионизированные атомы и молекулы, обладающие высокой химической активностью. Они вступают во взаимодействие друг с другом и окружающими атомами – под влиянием облучения возникает большое количество высокосвободных радикалов. Затем разворачивается уже их действие.

- Все биологические последствия облучения сводятся не только к клеточным и тканевым реакциям – они лишь лежат в основе сложных процессов нарушения деятельности нервной, кроветворной, эндокринной и др. систем организма. Наиболее важные изменения в клетках: а) повреждение механизма митоза (деления) и хромосомного аппарата облученной клетки. Причем самые ранние эффекты в клетках вызываются не митотической гибелью, а обычно связаны с повреждением мембран; б) блокирование процессов обновления и дифференцировки клеток; в) блокирование процессов пролиферации и последующей физиологической регенерации тканей.

- Наиболее радиочувствительными являются клетки постоянно обновляющихся (дифференцирующихся) тканей некоторых органов (костный мозг, половые железы, селезенка и т. п.) Причем стволовые и пролиферативные клетки, претерпевающие множество делений, наиболее радиочувствительны. Изменения на клеточном уровне, гибель клеток приводят к таким нарушениям в тканях, и в функциях отдельных органов, и в межорганных взаимосвязанных процессах организма, которые вызывают различные последствия для организма или гибель организма.

- **Принципы и уровни лучевой диагностики.**
- С чего начинается любая диагностика и в том числе лучевая? Собственно диагностика начинается с исследования больного, и здесь очень важно знать, какую программу обследования избрать. Ведущим звеном в процессе диагностики, конечно, остается квалифицированное клиническое исследование. Но оно уже не сводится к осмотру больного, а представляет собой организованный целенаправленный процесс, который начинается с осмотра, но включает в себя применение ряда специальных методов, среди которых видное место занимают лучевые методы.
- В распоряжении современного врача имеется большой набор лучевых и инструментальных методов исследования больного.

- Их рациональное использование при многих типичных клинических ситуациях обеспечивает быструю и точную постановку диагноза. Но непременным условием является продуманный выбор необходимых методов и последовательности их применения. Однако не все врачи достаточно четко ориентированы в возможностях и пределах лучевых методов. Отсюда неоправданные вмешательства, потеря времени, увеличение дозовых нагрузок, ненужная трата средств.
- Чтобы эффективно проводить лучевую диагностику и грамотно оценивать результаты лучевых исследований, необходимо придерживаться строгих методических 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 неосуществим.
- **Второй принцип**: при выборе метода исследования следует учитывать лучевую (дозовую) нагрузку на больного. В инструктивных документах ВОЗ предусмотрено, что рентгенологическое обследование должно обладать несомненной диагностической и прогностической эффективностью;

- в противном случае оно является напрасной тратой средств и представляет вследствие напрасного применения радиации опасность для здоровья. При равной информативности нужно отдать предпочтение методу, при котором нет облучения больного или оно менее значительно.
- **Третий принцип:** при лучевом обследовании следует придерживаться правила: необходимо и достаточно, избегая излишних процедур. Среди необходимых исследований надо двигаться от наиболее щадящих и необременительных к более сложным и инвазивным (от простого к сложному).

- Но не нужно забывать, что иногда приходится сразу идти на сложные диагностические вмешательства ввиду их высокой информативности и важности для планирования лечения больного.
- **Четвертый принцип:** организация лучевого обследования требует учета экономических факторов (стоимостной эффективности методов). Приступая к обследованию больного, врач обязан взвесить экономические издержки. Цена некоторых лучевых исследований столь велика, что неразумное применение их может сильно сказаться 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 отделения. Для того, чтобы в общем поднять эффективность диагностики, ВОЗ предложила на ближайший период ввести **3 стандартных уровня диагностики.**
- **Первый уровень:** стандартная рентгенография, рентгеноскопия с использованием усилителей рентгеновского изображения (по показаниям), обычная томография, базовое ультразвуковое исследование с частотой локации ниже 5 МГц.

- **Второй уровень:** специальные методы рентгенографии. Маммография, ангиография, дигитальная ангиография, специализированное ультразвуковое исследование (доплеровское, внутриполостное, пункционное, с высокочастотными датчиками), КТ, сцинтиграфия.
- **Третий уровень:** магнитно-резонансная томография, позитронная эмиссионная томография, иммуносцинтиграфия. Первый уровень обследования рекомендуется обеспечить в первичном звене здравоохранения: поликлиниках, небольших городских и сельских больницах.

- **Второй уровень** должен быть доступен крупным областным и городским больницам, медицинским центрам. **Третий уровень**, по данным ВОЗ, пока еще существенной роли не играет ввиду его высокой стоимости и используется в крупных научно-исследовательских медицинских центрах.

- **Характеристика методов лучевой диагностики:**

- **Рентгенологический метод:** Рентгеновское излучение обладает следующими свойствами, нашедшими применение в медицинской диагностике. Оно проникает через тела и предметы, не пропускающие свет.





- Оно вызывает свечение ряда химических соединений, на чем основана рентгеноскопия - методика рентгеновского просвечивания. Оно разлагает галоидные соединения серебра, входящие в состав фотоэмульсий, что позволяет получать рентгеновские снимки.

Рентгеновский метод- это способ изучения строения и функции различных органов и систем, основанный на качественном и/или количественном анализе пучка рентгеновского излучения, прошедшего через тело человека.

- Рентгеновское излучение, возникшее в аноде рентгеновской трубки, направляют на больного, в теле которого оно частично

- поглощается и рассеивается, а частично проходит насквозь. Датчик преобразователя изображения улавливает прошедшее излучение, а преобразователь строит видимый световой образ, который воспринимает врач.
- **Методики:**
- **Рентгенография.**
- Это способ рентгенологического исследования, при котором изображение объекта получают на рентгеновской пленке путем ее прямого экспонирования пучком излучения. Пленочную рентгенографию выполняют на специальном аппарате. Пациент располагается между рентгеновской трубкой и пленкой.

- Исследуемую часть тела максимально приближают к кассете.
- Это необходимо, чтобы избежать значительного увеличения изображения из-за расходящегося характера пучка рентгеновского излучения. Рентгеновскую трубку устанавливают в таком положении, чтобы центральный пучок проходил через центр снимаемой части тела и перпендикулярно к пленке. Все части тела, не входящие в зону интереса экранируют.
- Съемку можно проводить в различном положении больного. При необходимости исследование проводят во взаимно перпендикулярных проекциях.

- Следует помнить, что рентгеновский снимок по отношению к изображению, видимому на флуоресцентном экране при просвечивании, является **негативом**. Поэтому прозрачные участки на рентгенограмме называют **темными**, а затемненные – **светлыми**.
- Показания к рентгенографии очень широкие, но в каждом конкретном случае должны быть обоснованы, так как рентгенологические исследования связаны с лучевыми нагрузками.
- **Рентгеноскопия.**
- Это метод рентгенологического исследования, при котором изображение объекта получают на светящемся экране.

- Это экран, покрытый специальным составом который начинает светиться под воздействием рентгеновского излучения. Со стороны обращенной к врачу экран покрыт свинцовым стеклом, предохраняющим врача от прямого воздействия Р-излучения. У рентгеноскопии немало достоинств: она легко выполняема, общедоступна, экономична, ее можно проводить в различных отделениях и даже в палате пациента. Позволяет изучить перемещение органов при изменении положения тела, сокращении и расслаблении сердца и пульсацию сосудов, дыхательные движения и т.д.

- Но она связана с большей лучевой нагрузкой как на пациента, так и на медицинский персонал.
- **Рентгенотелевизионное просвечивание:**
- Это более поздний метод. Выполняется с помощью усилителя рентгеновского изображения, в состав которого входят рентгеновский электронно-оптический преобразователь и замкнутая телевизионная система.
- Одним из преимуществ является более низкая лучевая нагрузка как на пациента, так и на персонал.

- **Флюорография.**
- Это метод рентгенологического исследования, заключающегося в фотографировании изображения с рентгеновского флюоресцентного экрана на фотопленку небольшого формата.
- Основным назначением флюорографии в нашей стране является проведение диспансеризации, т.е профилактических обследований. Важное достоинство – возможность исследования большого числа лиц в течении короткого времени, экономичность, удобство хранения флюорограмм.

- В целом, в таком виде рентгенодиагностика успешно работала на протяжении более чем 70 лет. Прорыв в рентгеновскую визуализацию был сделан в 70-е годы, когда начала создаваться компьютерная томография.
- **Компьютерный томограф** - поистине вершина научной мысли и электронной технологии последней четверти XX века. Рентгеновская компьютерная томография из экзотического метода исследования, который на первых порах использовался только для изучения головного мозга, превратился в настоящее время в один из самых распространенных и достоверных методов рентгенологической диагностики патологических изменений органов и тканей организма человека.

- **Физические принципы КТ.**

- Все технологии и методики визуализации с использованием рентгеновских лучей основываются на факте, что разные ткани ослабляют рентгеновские лучи в различной степени. При КТ рентгеновскими лучами экспонируются только тонкие срезы ткани. Отсутствуют мешающее наложение или размывание структур, расположенных вне выбранных срезов. В результате разрешение по контрастности значительно превышает характеристики проекционных рентгеновских технологий.

- Узкоколлимированный (ограниченный) рентгеновский пучок сканирует (просматривает) человеческое тело по окружности. Проходя через ткани, излучение ослабляется соответственно плотности и атомному составу этих тканей. По другую сторону от пациента и трубки установлена круговая система датчиков рентгеновского излучения, каждый из которых (а их количество может достигать 1000 и более) преобразует энергию излучения в электрические сигналы. Эти сигналы трансформируются в цифровой код, который хранится в памяти компьютера. Зафиксированный сигнал отражает степень ослабления пучка в каком-либо одном направлении.

- Вращаясь вокруг пациента, рентгеновский излучатель просматривает его тело под различными ракурсами, в общей сложности под углом 360°. К концу вращения излучателя в памяти компьютера оказываются зафиксированными все сигналы от всех датчиков.
- **Общая характеристика КТ.**
- КТ обладает рядом преимуществ перед обычным рентгенологическим исследованием:
- 1) прежде всего высокой чувствительностью, что позволяет дифференцировать отдельные органы и ткани друг от друга по плотности.

- 2) в отличие от обычной томографии, где на так называемом трансмиссионном изображении органа (обычный рентгеновский снимок) суммарно переданы все структуры, оказавшиеся на пути лучей, КТ позволяет получить изображения органов и патологических очагов только в плоскости исследуемого среза и дает четкое изображение без наложения выше и ниже лежащих образований. Современные томографы позволяют получать изображения очень тонких слоев - толщиной от 1 до 5 мм;
- 3) КТ дает возможность получить точную количественную информацию о размерах и плотности отдельных органов, тканей и патологических образований, что позволяет

- делать важные выводы относительно характера поражения;
- 4) КТ позволяет судить не только о состоянии изучаемого органа, но и о взаимоотношении патологического процесса с окружающими органами и тканями, например инвазии опухоли в соседние органы, наличие других патологических изменений?
- 5) КТ позволяет получить топограммы, т.е. продольное изображение исследуемой области наподобие рентгеновского снимка путем перемещения больного вдоль неподвижной трубки.

- Топограммы используют для установления протяженности патологического очага и определения количества срезов.
- Диагностика с помощью КТ основана на прямых рентгенологических симптомах, т.е. определении точной локализации, формы, размеров отдельных органов и патологического очага, и, что особенно существенно, на показателях плотности. Плотность измеряют в условных единицах- единицах Хаундсфилда.
- Современная медицина немыслима без КТ.
- Но её значение не ограничивается ее использованием в диагностике самых разнообразных заболеваний.

- Под контролем КТ производят пункции и прицельную биопсию различных органов и патологических очагов. КТ играет важную роль в контроле за консервативным и хирургическим лечением больных. КТ является ценным средством точной локализации опухолевых образований и наводки источника излучения на очаг при планировании лучевого лечения злокачественных новообразований.
- **3) ЭМИССИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ**
- Подобно рентгеновской КТ, у радионуклидной визуализации есть своя томографическая технология. Применяются два основных томографических метода:

- 1) однофотонная эмиссионная КТ (ОФЭКТ, SPECT),
- 2) позитронная эмиссионная томография (ПЭТ, PET).
- **Однофотонная эмиссионная КТ**
- ОФЭКТ основана на вращении вокруг тела пациента обычной гамма-камеры. Фиксируя радиоактивность при различных углах, можно реконструировать секционное изображение. ОФЭКТ - это широко используемый метод, особенно в кардиологических и неврологических обследованиях.



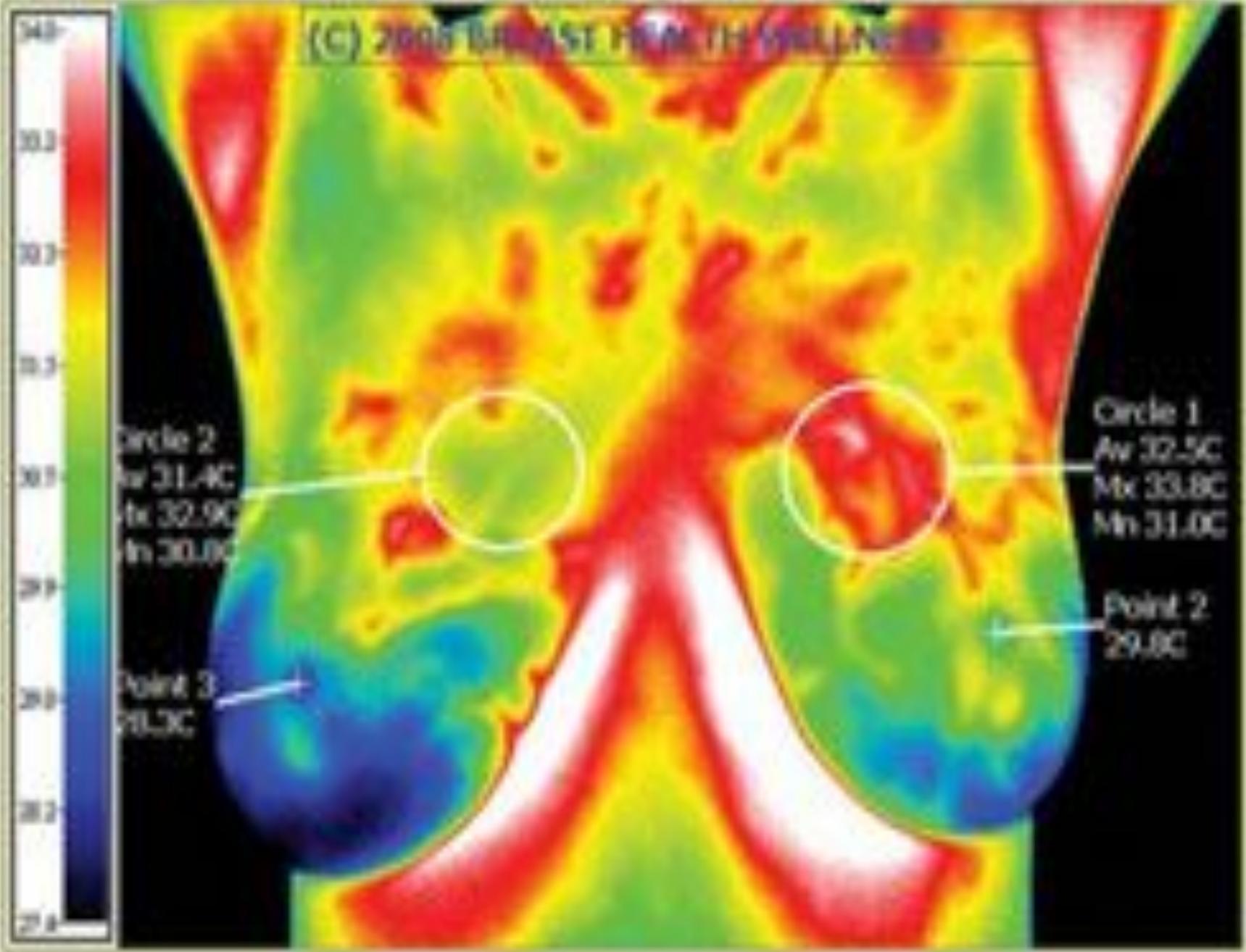
● Позитронная эмиссионная томография

- Эта томографическая технология основывается на использовании испускаемых радионуклидами позитронов. Позитроны и электроны имеют одинаковую массу, но противоположный заряд. Испускаемый позитрон сразу же реагирует с ближайшим электроном; данная реакция называется аннигиляцией и приводит к возникновению двух гамма-квантов по 511 кэВ, распространяющихся в диаметрально противоположных направлениях. Для обнаружения аннигиляционных квантов применяют специальные детекторы: энергия фотона (511 кэВ) слишком велика, чтобы использовать обычную гамма-камеру.

- Чувствительность ПЭТ настолько высока, что удается констатировать изменение расхода глюкозы, меченной ^{11}C , в глазном центре головного мозга при открывании глаз.
- Поэтому ПЭТ используют при исследовании тончайших метаболических процессов в мозге, вплоть до мыслительных. С помощью ПЭТ изучают метаболизм глюкозы, жиров, белков, кинетику переноса веществ через клеточные мембраны, динамику концентрации водородных ионов в клетках, фармакокинетику и фармакодинамику лекарственных препаратов.

- ПЭТ позволяет осуществлять количественную оценку концентрации радионуклидов и включает в себе колоссальные потенциальные возможности по изучению метаболических процессов на различных стадиях заболевания, в том числе психических. Основные недостатки радионуклидов для ПЭТ - это необходимость использования для их производства дорогих циклотронов и короткие периоды полураспада (периоды полураспада ^{15}O и ^{18}F составляют 2 мин и 11 мин соответственно). Быстрый распад требует очень близкого расположения циклотрона к лаборатории, этим отчасти объясняется медленное распространение ПЭТ.

(C) 2005 BREAST HEALTH SPALLNESS



● 4) МЕДИЦИНСКАЯ ТЕРМОГРАФИЯ

- Медицинская термография - метод регистрации естественного теплового излучения тела человека в невидимой инфракрасной области электромагнитного спектра. Как известно, любое физическое тело, имеющее хоть какую-нибудь температуру, отличную от абсолютного нуля, служит источником излучения тепла (теплового радиоизлучения). Интенсивность теплового излучения пропорциональна температуре тела. При термографии определяется характерная тепловая картина всех областей тела. У здорового человека она относительно постоянна, но при патологических состояниях меняется.

- Впервые клиническое значение тепловидения было подробно обосновано в 1956 году канадским врачом Лоусоном, который показал, что рак молочной железы может быть диагностирован путем анализа изменения температуры соответствующих областей кожи. Однако подлинный расцвет метода относится к 70-м годам, когда были созданы компьютеризированные тепловизионные системы с высокой способностью различать температуру тела человека на расстоянии. Тепловое поле человека создается инфракрасным излучением.

- Последнее, как известно, является электромагнитным излучением и занимает промежуточное положение между видимым светом и радиоволнами. Инфракрасные лучи невидимы. Их можно зарегистрировать только с помощью специальных инфракрасных датчиков.
- Подготовка пациента предусматривает отмену лекарственных средств, влияющих на кровообращение и метаболические процессы. На поверхности тела не должно быть никаких мазей и косметики. Пациенту запрещают курить за 4 часа до исследования. Это особенно важно при изучении периферического кровообращения. В норме каждая область поверхности тела имеет характерный тепловой рельеф.

- Над крупными кровеносными сосудами температура выше, чем в окружающих областях. Более высокая температура отмечается в зонах интенсивной васкуляризации, как, например, в области лба и глазниц, в околоротовой области, в верхней части молочных желез. Температура выше в складках кожи и впадинах, где перекрещиваются тепловые потоки. Тепловое фото содержит обширную информацию о состоянии организма. Перепад температур на протяжении 1 см более чем на 10 С четкой границей свидетельствует о патологическом состоянии.

- Для воспалительных процессов и для злокачественных опухолей характерна зона гипертермии, соответствующая области инфильтрации с разницей в температуре с окружающими тканями от 1 до 2,50. При нарушении артериального кровообращения (ангиоспазм, сужение или полный стеноз сосуда) определяется зона гипотермии, которая по положению, форме и размерам соответствует области снижения кровотока. Наоборот, при поражениях венозных сосудов обычно выявляется зона повышенной температуры.

- Термография находит применение в диагностике таких патологических состояний, как, в первую очередь расстройств кровообращения, воспалительных, опухолевых и некоторых профессиональных заболеваний. С помощью термограмм выявляют нарушения мозгового кровотока, окклюзии артерий и вен конечностей. В отношении раковых заболеваний термография оказалась наиболее полезной при исследовании молочных желез.
- Метод термографии объективен, прост и абсолютно безвреден. К нему нет противопоказаний.

- Существует весьма интересная разновидность термографии - жидкокристаллическая. Она основана на свойстве некоторых жидких кристаллов, например, эфира холестерина, менять свои оптические свойства в зависимости от температуры.
- При выполнении жидкокристаллической термографии врач наносит на поверхность тела больного специальный состав в виде пленки. В зависимости от интенсивности теплового излучения покрытая пленкой поверхность тела раскрашивается всеми цветами радуги, сигнализируя о местоположении участков аномальной теплопродукции.



- 5) МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

- Рентгеновская КТ и МР-томография имеют много общего. Однако, лежащий в основе этих методов физический принцип измерения принципиально различный. В рентгеновской КТ используется дифференцированная абсорбция рентгеновских лучей различными тканями, в то время как МРТ использует свойства материи. В отличие от рентгеновской КТ, измеряющей только физический параметр – абсорбцию, МРТ выдает информацию, допускающую более тонкую дифференциацию ткани. МРТ – самая молодая из радиологических методик. МР томографы могут создать изображения сечений любой части тела. При этом ионизирующее излучение не используется.

- В сравнении с ультразвукографией и КТ данная методика дороже, технически сложнее и теоретически труднее для понимания. Несмотря на это, МРТ полностью революционизировала некоторые области диагностической радиологии.
- Мы с Вами остановимся лишь на упрощенном объяснении основных принципов этого метода. По сравнению с рентгеновским и радионуклидным методами, МРТ использует энергию с противоположного края электромагнитного спектра. До настоящего времени не было сообщений об опасных побочных эффектах МРТ. Энергия МРТ на девять порядков ниже, чем энергия рентгеновского и радионуклидного методов.

● **Физические основы МРТ**

- МР интроскопия основана на явлении магнитного резонанса. Если систему, находящуюся в постоянном магнитном поле, облучить внешним переменным магнитным полем, частота которого равна частоте перехода между энергетическими уровнями ядер атомов, то ядра начнут переходить в вышележащие по энергии квантовые состояния.
- Иначе говоря, наблюдается избирательное (резонансное) поглощение энергии электромагнитного поля. При прекращении воздействия переменного магнитного поля возникает резонансное выделение энергии.

- МР исследование опирается на способность ядер некоторых атомов вести себя как магнитные диполи. Этим свойством обладают ядра, которые содержат нечетное число нуклонов, которые отличаются ненулевым спином и соответствующим ему магнитным моментом.
- Современные МР-томографы настроены на ядра водорода. Ядра водорода, часто в данном контексте именуемые протонами, являются очень маленькими магнитными диполями с северным и южным полюсами. Когда пациента помещают внутрь сильного магнитного поля МР-томографа, все маленькие протонные магниты тела разворачиваются в направлении внешнего поля (подобно магнитной стрелке, ориентирующейся на магнитное поле Земли).

- Помимо этого, магнитные оси каждого протона начинают вращаться вокруг направления внешнего магнитного поля. Это специфическое вращательное движение называют прецессией. Огромное число (примерно 10^{22} в мл воды) содержащихся в большинстве тканей протонов (т.е. ядер водорода) обуславливает тот факт, что чистый магнитный момент достаточно велик, для того чтобы индуцировать электрический ток в расположенной вне пациента принимающей катушке. Эти индуцированные МР-сигналы используются для реконструкции МР-изображений. МРТ- один из вариантов МР интроскопии. МРТ позволяет получать изображение любых слоев тела человека

- Система для МРТ состоит из магнита, создающего статическое магнитное поле. Магнит полый, в нем имеется туннель, в котором располагается пациент. Стол для пациента имеет автоматическую систему управления движением. Для радиоволнового возбуждения ядер водорода внутри магнита устанавливают дополнительную высокочастотную катушку, которая является и приемником сигнала релаксации.
- Как почти все в нашем мире, МР-томографы появляются самых разных размеров: очень малые, малые, средние, большие и очень большие.

- В силу технической природы МРТ их называют томографами и с ультраслабым, слабым, средним, сильным и сверхсильным магнитными полями. Эти эпитеты относятся к напряженности постоянного магнитного поля соответствующего прибора. Сила магнитного поля измеряется в теслах (Тл), заменивших несколько лет назад прежнюю единицу Гаусс ($1\text{Тл}=10000\text{Гс}$). Для клинической МРТ используются поля силой от 0,1 до 2 Тл (в эксперименте также используют 4Тл. В клинической обстановке служба радиологической безопасности запрещает применение МР-томографов с полем более 2,5 Тл. Свыше этого предела поля предполагаются потенциально опасными и могут допускаться для исследовательских лабораторий.

- **Противопоказания и потенциальные опасности МРТ**

- До настоящего времени не доказаны вредные эффекты используемых в МРТ постоянных и переменных магнитных полей. Однако наличие любого ферромагнитного объекта в теле пациента является абсолютным противопоказанием к применению МРТ. Наиболее важными и опасными объектами являются металлические хирургические клипсы после операции на головном мозге, металлические осколки в теле, искусственные суставы, внутриглазные металлические инородные тела. Наибольшая потенциальная опасность, связанная с этими объектами, - тяжелое кровотечение.

- Наличие кардиостимуляторов является абсолютным противопоказанием для МРТ.
- На функционирование этих приборов может повлиять магнитное поле, и, более того, в их электродах могут индуцироваться электрические токи с возможным нагревом электрода.
- Передаваемые радиочастотные волны всегда вызывают нагрев тканей. Для предотвращения опасного нагрева максимально допустимая энергия, излучаемая на пациента, регулируется международными рекомендациями. Первые три месяца беременности некоторыми авторами расцениваются как абсолютное противопоказание для МРТ из-за риска нагрева плода.

- МР-томография - исключительно ценный метод исследования.
- Он позволяет получать изображения тонких слоев тела человека в любом сечении:
- во фронтальной, сагиттальной, аксиальной и косых плоскостях, при этом воздух и кости не являются помехой для визуализации. Можно реконструировать объемные изображения органов, синхронизировать получение томограмм с зубцами электрокардиограммы.
- Исследование не обременительно для больного и не сопровождается никакими ощущениями и осложнениями.

- На МР-томограммах лучше, чем на компьютерных томограммах, отображаются мягкие ткани: мышцы, жировые прослойки, хрящи, сосуды. Преимущества этого метода особенно заметны при визуализации головного мозга. На МР-томограммах видны все анатомические структуры головного мозга: борозды, ядра, отдельно белое и серое вещество, мозговые желудочки. Более того, даже небольшие опухоли мозговой ткани, которые не могут быть выявлены при рентгеновской КТ, хорошо визуализируются на МР-томограммах.

- Это и понятно: время релаксации опухолевой ткани иное, чем здоровой. Таким образом, МРТ под силу анализировать и получать изображения внутренних органов, основываясь не только на их физической структуре, но и на их химических свойствах. Вследствие небольшого содержания воды в костной ткани последняя не создает экранирующего эффекта, как при рентгеновской КТ, т.е. не мешает изображению, например, спинного мозга, межпозвоночных дисков и т.д. Следовательно, при получении МР-томограмм выпадает отрицательное экранирующее действие костей.

- Для МРТ не являются препятствием и заполненные воздухом полости, например, легкие, кишечник, желудок, что имеет место при УЗИ. Еще одно важное свойство МРТ: поскольку характеристика сигнала меняется при движении жидкости, можно получить изображения сосудов, не вводя в них контрастное вещество, (МР-ангиография).
- МРТ за последние десять лет стала одним из ведущих методов неинвазивной диагностики. В мире установлены более 10000 МР-томографов. Миллионы пациентов прошли обследования на этих приборах и, в большинстве случаев, врачами получены уникальные диагностические данные для установления точного диагноза.

- Показания к применению метода постоянно расширяются. Если на первых порах основное клиническое применение ограничивалось клиникой неврологических болезней, то в настоящее время исследования проводятся пациентам с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, сердца и крупных сосудов, органов малого таза, молочных желез, ЛОР-органов, органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Аппараты с большой напряженностью магнитного поля, начиная с 1,5Тл, дополнительно к МРТ выполняют программы спектроскопии, что позволяет изучать химический состав тканей и процессы метаболизма.



● УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА

- Ультразвуковой метод- это способ дистантного определения положения, формы, величины, структуры и движений органов и тканей, а также патологических очагов с помощью ультразвукового излучения. Ультразвук используется в радиологии для двух основных задач: формирования секционных изображений и измерения скорости тока крови. Применять ультразвук для исследования внутренних органов начали в 40-х годах. Впервые ультразвуковое обследование больного с целью выявления опухоли головного мозга произвел в 1942 году австрийский невропатолог Дуссик.

- Исследование органов брюшной полости началось несколько позже, с 1951 года.
- Наибольшее распространение в клинической практике нашли три метода УЗ диагностики: одномерное исследование (эхография), двухмерное исследование (сонография), измерение скорости кровотока (доплерография). Ультрасонография - это одна из наиболее широко распространенных в лучевой диагностике методик. Рассмотрим основные принципы ультрасонографии.
- Под ультразвуком подразумевают звуковые волны с частотой выше 20000 Гц, т.е. выше порога слышимости человеческого уха.

- Наиболее часто используются частоты в диапазоне 2-10 МГц. Известно, что ультразвук способен проходить через плотные вещества, в том числе через человеческое тело. При этом звуковые волны легко реагируют на малейшие изменения в структуре объекта.

Ультразвуковая волна отражается от границы двух сред с различным акустическим сопротивлением, например, крови и мозга, крови и мышц, мышц и жировой ткани, мышц и кости. Ультразвук отражается от различных тканей и возвращается к датчику в виде эха. Если на больного направить ультразвуковой сигнал то,

- войдя в человеческое тело, он отразится от границы двух сред с различным волновым сопротивлением и возвратится обратно в то же место, откуда он излучался, где луч и воспринимается электронным прибором. Ультразвуковые сканеры по своей диагностической способности, конечно же, уступают компьютерным томографам. Конечно, очень часто, врач, проводящий исследование, сталкивается с трудностями, обусловленными чисто физическими ограничениями ультразвука, например, недостаточной разрешающей способностью метода, которая не позволяет хорошо визуализировать отдельные эхоструктуры размерами 3-4 мм.

- Сюда же следует отнести невозможность провести дифференциацию уже обнаруженных очаговых эхоструктур в случае их экзогенности. Большое значение также играют такие факторы, как расположение органов, их синтопия, наличие на поверхности кожи послеоперационных рубцов и повязок. Наконец, важную роль играют знание врачом ультразвуковой анатомии и владение навыками УЗИ. УЗИ является оператор-зависимой методикой, где квалификация и практические навыки проводящего исследование определяют успех и неудачу исследования.

- Однако, сама процедура ультразвуковой диагностики непродолжительна, безболезненна, может многократно повторяться. Ультразвуковая установка занимает мало места, не требует никакой защиты. Стоит УЗ аппаратура относительно дешево, проще и дешевле её эксплуатация. УЗ исследования могут быть использованы для обследования как стационарных, так и амбулаторных больных. Но самое главное преимущество УЗИ в том, что оно не связано с ионизирующим излучением и в применяемом в диагностике диапазоне не вызывает биологических эффектов, то есть абсолютно безвредно.

- Поэтому в отличие от рентгенологического и радионуклидного методов УЗИ широко применяется в педиатрии, акушерстве. Пожалуй, наиболее важное значение УЗ диагностика приобрела в акушерстве. С помощью УЗИ можно определить состояние плода, его размеры, изучить состояние внутренних органов. УЗ диагностика эффективна в исследованиях паренхиматозных органов брюшной полости, органов малого таза, заболеваний щитовидной железы.
- **6) Радионуклидный метод**
- **Радионуклидный метод**- это способ исследования функционального и морфологического состояния органов и систем с помощью

- радиоактивных нуклидов и меченных ими индикаторов.
- Общее между рентгенологическими исследованиями и радионуклидной диагностикой - использование ионизирующего излучения. Все рентгенологические исследования, включая КТ, базируются на фиксации прошедшего через тело пациента, т.е. пропущенного, излучения. В то же время радионуклидная визуализация основана на регистрации излучения, испускаемого находящимися внутри пациента радиоактивным веществом. РФП могут использоваться как для диагностических, так и для терапевтических целей.

Аппарат для радионуклидной диагностики



- Все они имеют в своем составе радионуклиды - нестабильные атомы, спонтанно распадающиеся с выделением энергии. Способность изучения физиологических функций главное преимущество радионуклидной визуализации по сравнению с альтернативными радиологическими методиками. Относительный недостаток - низкое пространственное разрешение.

● **Благодарю за
внимание!**