

Флюорография. Охрана здоровья в рентгенологии

План:

- 1 Флюорография
- 2 Рентгеноскопия, рентгенотелевидение
- 3. Цифровая рентгенография
- 4 Рентгенодиагностическая аппаратура отечественного производства
- 5 Влияние рентгеновского излучения на человека и охрана здоровья в рентгенологии

I Флюорография

Флюорография является методом преимущественно профилактического рентгенологического исследования органов грудной клетки, при котором изображение, получаемое на люминисцентном экране, регистрируется с уменьшением на фотопленку размером 110х110 мм, 70х170 мм или с помощью ПЗС матрицы и позволяет, в частности, выявлять туберкулез на ранней стадии и другие заболевания легких.

Основными блоками флюорографического аппарата являются


генератор,

рентгеновская трубка,

кабина, защищающая рентгенлаборанта от рентгеновского излучения,

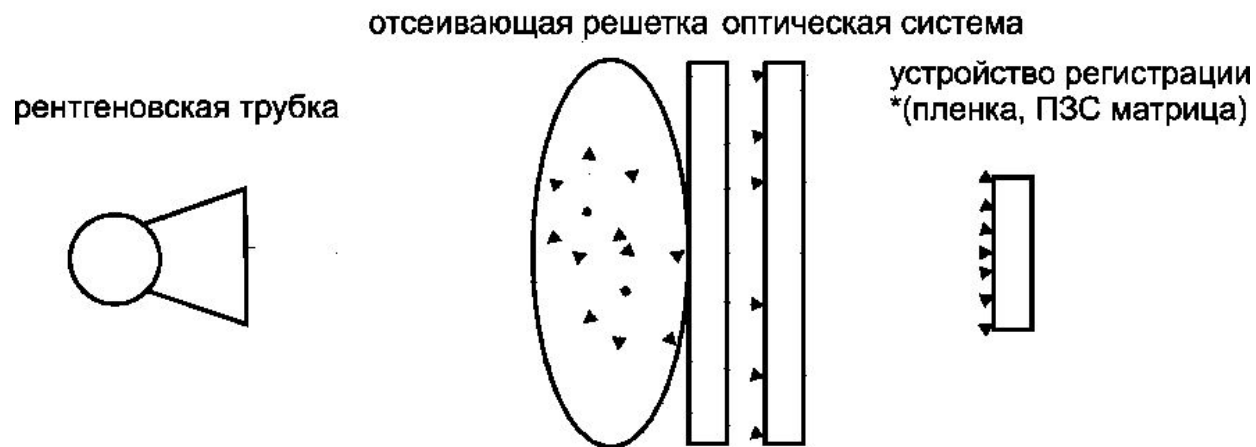
флюоресцентный экран,

система регистрации изображений.



Основными блоками флюорографического аппарата являются генератор, рентгеновская трубка, кабина, защищающая рентгенлаборанта от рентгеновского излучения, флюоресцентный экран и система регистрации изображений.

Рентгеновское излучение, созданное рентгеновской трубкой, проходя через тело пациента, попадает на люминесцентный экран



Принципиальная схема флюорографического аппарата

Рабочее поле экрана соответствует размеру грудной клетки взрослого человека.

Экран изготавливается на основе люминофора. Полученное световое излучение фокусируется на пленку или ПЗС матрицу с помощью оптической системы, важным параметром которой является светосила.

Чем выше светосила, тем с большей интенсивностью световой поток попадет на регистрирующее устройство. Каждая оптическая система в некоторой степени искажает изображение на его периферической части.

Основными параметрами, характеризующими нелинейную передачу изображения, являются:

виньетирование (снижение освещенности от центра к краю)

разрешающая способность по центру и на краях изображения.

Пленочные флюорографические аппараты -

относительно дешевые системы, обеспечивающие высокую пропускную способность, но их существенным недостатком является низкая информативность снимка.

Указанный недостаток позволило преодолеть использование в качестве устройства регистрации рентгеновского изображения ПЗС матриц, сигнал с которых оцифровывается и передается на компьютер для дальнейшей обработки.

Дальнейшим развитием данного метода исследования стало появление **сканирующего флюорографического аппарата**.

В аппарате для регистрации изображения используется кремниевый линейный детектор, который состоит из 1024 независимых элементов, непосредственно регистрирующих рентгеновское излучение.

Для получения снимка детектор перемещают в горизонтальной плоскости вдоль грудной клетки одновременно с веерообразным рентгеновским пучком, формируемым щелевой диафрагмой.

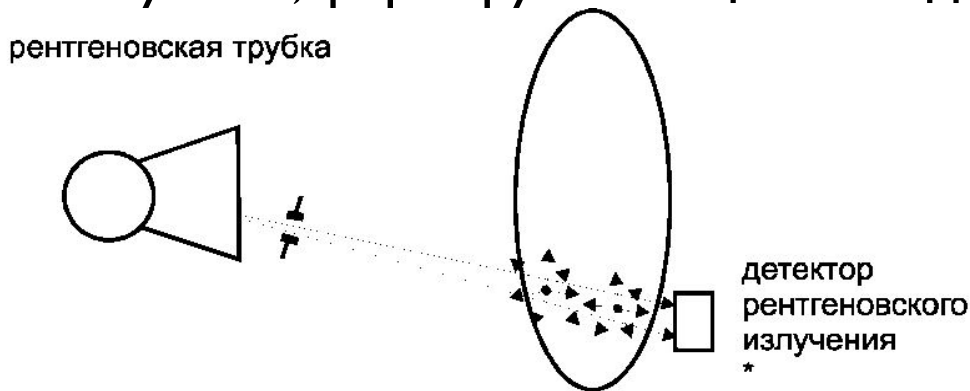


Рис. 1.16. Принципиальная схема сканирующего флюорографического аппарата

Поскольку веерообразный пучок лучей практически не создает рассеянное излучение, то в аппарате не используется **отсеивающая решетка**.

Отсутствие раstra и оптической системы позволяет повысить разрешающую способность по контрастности на снимках в 7 раз и снизить дозу облучения, полученную пациентом практически в 5 раз по сравнению с флюорографическими аппаратами, регистрирующими изображения на пленке или с помощью ПЗС матрицы.

2 Рентгеноскопия, рентгенотелевидение

Рентгеноскопия явилась ранней методикой рентгенологического исследования человека наряду с первыми рентгенограммами, выполненными на стеклянных фотопластинках.

Сущностью рентгеноскопии является «просвечивание» рентгеновскими лучами с регистрацией изображения на флюоресцирующем экране. В качестве люминофора использовались соли цинка, кадмия и цезия.

Изображение при рентгеноскопии на флюоресцирующем экране **ПОЗИТИВНОЕ** (относительно негативного, получаемого на рентгенограмме).

Достоинством рентгеноскопии является возможность рентгенофункционального исследования, что позволяет наблюдать в реальном времени функцию органов, обладающих двигательной активностью: сердце, легкие, желудочно-кишечный тракт.

Однако, до появления рентгенотелевидения недостатки рентгеноскопии были многочисленны:

большая лучевая нагрузка на пациента и персонал кабинета;

низкая разрешающая способность и невысокая яркость свечения флюоресцирующего экрана;

необходимость темновой адаптации и переадаптации органа зрения врача-рентгенолога, что иногда требует значительного времени (до 20-50 мин.)

Революционным прорывом в рентгентехнике явилось создание усилителей рентгеновского изображения и рентгено-телевидения, что обеспечило новую жизнь рентгеноскопии - методу исследования, значимому и в XXI веке.

В основе усиления рентгеновского изображения (УРИ) лежит использование электронно-оптического преобразователя (ЭОП), трансформирующего неяркое изображение, возникающее при рентгеноскопии на входном люминесцентном экране, в электронное.

Последнее в ЭОП под воздействием высокого напряжения на выходе из него превосходит яркость свечения входного экрана в 2500-3000 раз ([рис.](#)).

Далее изображение транслируется с помощью телевизионной трубки в приемное устройство, со всеми возможностями телевизора по управлению качеством изображения на его экране.

РИС

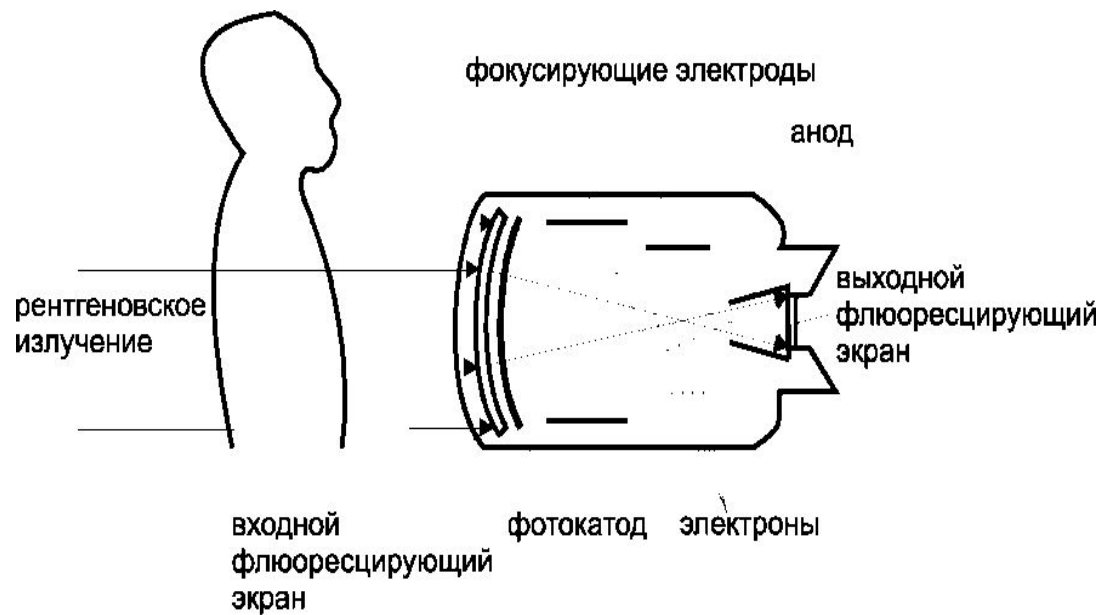


Рис. 1.13. Регистрация рентгеновского изображения электронно-оптическим преобразователем

С этого периода рентгеноскопия в ее рентгентелевизионном варианте обрела новые возможности:

1. повышение яркости изображения без увеличения мощности рентгеновского излучения;
2. уменьшение лучевой нагрузки на пациента и врача-рентгенолога;
3. возможность проведения исследования при обычном освещении в рентгеновском кабинете;
4. отсутствие необходимости «темновой» адаптации и переадаптации органа зрения врача-рентгенолога;
5. возможность регистрации, получаемой при рентгентелевизионном исследовании информации по аналоговому принципу (видеозапись и т. п.) или в цифровом варианте;
6. создание с помощью кинорентгенографии фильмов, отражающих динамические процессы в органах, обладающих двигательной активностью;
7. с помощью специальных люминофорных пластин можно накапливать информацию, получаемую при рентгентелевизионном исследовании, с последующим ее воспроизведением в виде твердых копий на пленочных носителях, записи на магнитных или оптических дисках; копий на фотопленке, изготовленных с помощью лазерных принтеров и т. д.

3. Цифровая рентгенография

В последние годы все более широкое распространение находят цифровые методы рентгенографии, предполагающие получение изображений в цифровом виде. Использование цифровых методов визуализации позволяет снизить себестоимость проведения исследований за счет перехода на «беспленочные технологии», обеспечивающие экономию материалов и времени затрачиваемых на печать пленок, а также экономию площадей, отводимых под архив.

Цифровые изображения хранятся на относительно недорогих носителях, обеспечивающих надежное хранение данных и быстрый своевременный доступ к ним. Наличие изображений в цифровом виде позволяет проводить сложную компьютерную обработку, направленную на улучшение качества изображений и подчеркивание диагностически ценной информации, обеспечивает одновременный доступ к изображениям различных специалистов в рамках данного учреждения и позволяет проводить сеансы телемедицины с привлечением различных специалистов из других лечебных учреждений.

- При преобразовании в цифровое изображение рентгеновское аналоговое изображение разбивается на мельчайшие элементы, называемые пикселями (pixel - picture element - элемент изображения), яркость которых определяется степенью поглощения излучения тканями.
- *В результате получается матрица с размерностью $N_x \times N_y$, где N_x - количество строк, N_y - количество столбцов, и соответственно каждый пиксель имеет свои пространственные координаты. Размеры матрицы цифрового изображения, как правило, составляют от 1024×1024 до 4096×4096 .*
- *Яркость пикселя в цифровом рентгеновском изображении представлена 12 битами, которым соответствуют 4096 градций серой шкалы, что позволяет на изображениях одновременно дифференцировать как плотные, так и мягкие структуры.*

- Основными методами получения цифровых рентгеновских изображений являются:
- **оцифровка** рентгеновского изображения, получаемого на выходе с усилителя рентгеновского изображения (УРИ);
- применение запоминающих **люминофорных пластин**;
- использование **полупроводниковых детекторов** для регистрации рентгеновского изображения.

- Наиболее широко используемым методом получения цифровых изображений является использование подсистем, позволяющих оцифровать видеосигнал с выхода УРИ. Такие системы построены на базе аналогово-цифрового преобразователя (АЦП). АЦП регулярно измеряет амплитуду видеосигнала и в зависимости от ее величины присваивает цифровое значение (рис. 17).

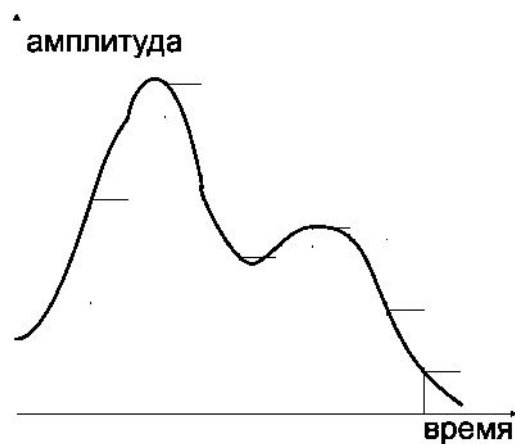



Рис. 1.17. Преобразование аналогового сигнала в цифровой



Число измерений выполняемых в течение секунды называется частотой модуляции. Чем выше эта частота, тем более точно будет оцифрован видеосигнал.

Метод является относительно дешевым, используется более 15 лет и позволяет получать цифровые изображения высокого качества.

Разрешение получаемых цифровых изображений в основном определяется разрешением ЭОП и видеосистемы УРИ. Существенным недостатком метода является ограничение визуализируемой области входным диаметром ЭОП.

В основе метода цифровой рентгенографии с использованием люминофорных пластин лежит способность некоторых люминофоров запоминать рентгеновское изображение.


Пластины люминофора располагаются в светонепроницаемых кассетах, которые по размерам соответствуют обычным кассетам, используемым с пленкой. Кассеты загружаются в экраноснимочное устройство.

Регистрация рентгеновского изображения происходит в момент экспозиции. Такое изображение может храниться в течение нескольких часов. Считывание изображения выполняется инфракрасным лазером, вызывающим вынужденную люминесценцию, при которой накопленная кристаллами люминофора энергия высвобождается в виде фотонов светового излучения. Интенсивность светового излучения пропорциональна количеству поглощенных рентгеновских фотонов.

Световое излучение преобразуется фотоэлектронным умножителем в электрический сигнал, который усиливается, а затем оцифровывается АЦП. Сигнал записывается в форме матрицы цифрового изображения.

Оставшееся скрытое изображение стирается интенсивным световым потоком, после чего люминофорную пластину можно использовать вновь.

- Использование люминофорных пластин позволяет получать цифровые рентгеновские изображения с высоким качеством и высокой разрешающей способностью (5-6 пар линий/ мм). По сравнению с традиционными изображениями на рентгеновской пленке, изображения, полученные с помощью люминофорных пластин, характеризуются более широким динамическим диапазоном, что обеспечивает более высокую контрастность между тканями.
- Полупроводниковые детекторы представляют собой полноформатные матрицы размером 400 x400 мм, содержат 2048x2048 элементов и позволяют регистрировать рентгеновские изображения с высоким качеством и разрешением. Существует два метода регистрации рентгеновских изображений.



Первый метод предполагает преобразование рентгеновского излучения в световое. В этом случае детектор содержит слой люминофора на основе соединения иттрия, активированного европием, или соединения цезия, активированного таллием (рис.).

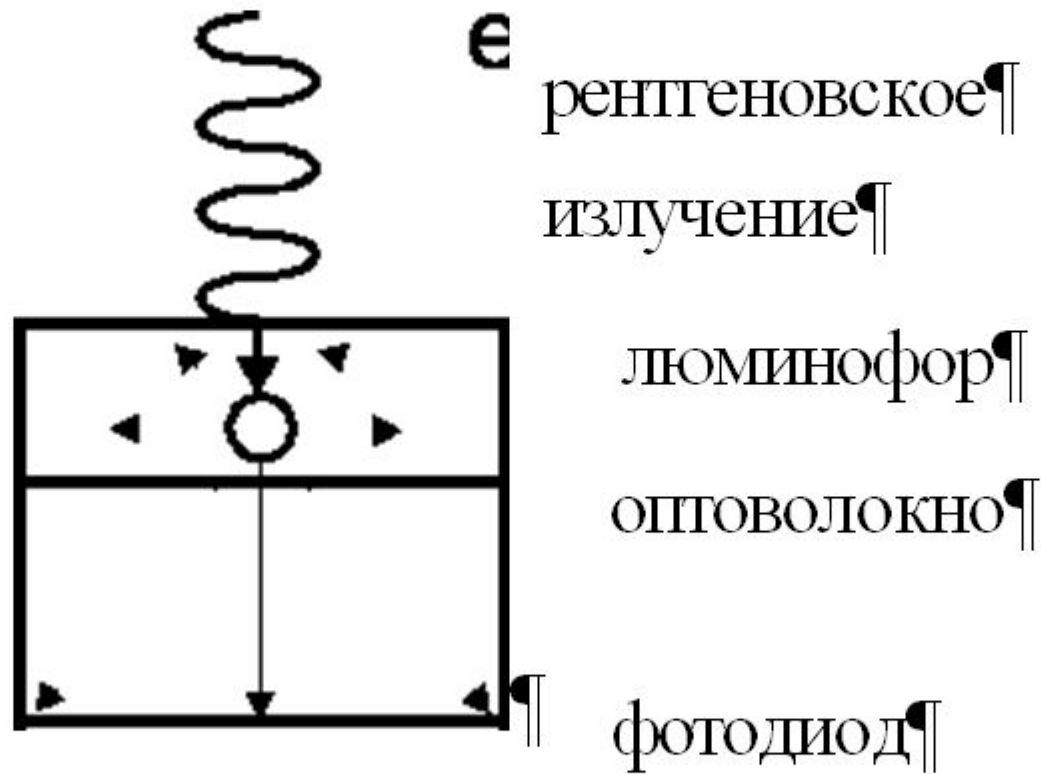



Рис. Полупроводниковый детектор с преобразованием рентгеновского излучения в световое



Рентгеновское излучение, преобразованное люминофором в световое, передается по оптоволокну кремниевому диоду, который преобразует его в электрический сигнал, затем оцифровываемый АЦП и используемый для формирования изображения.

Метод позволяет быстро считывать информацию, что позволяет его использовать как для рентгенографии, так и для рентгеноскопии.

- **Второй** метод основан на непосредственном преобразовании детектором рентгеновского излучения в электрический сигнал.
- Указанный метод называется **прямой цифровой рентгенографией**. Прямая рентгенография в отличие от традиционной съемки на пленку, использования УРИ и других методов цифровой рентгенографии, позволяет получать более точную информацию о характере поглощения рентгеновского излучения и более четкие изображения. Это связано с меньшим количеством преобразований рентгеновского излучения и отсутствием флюоресцирующих экранов, которые приводят к нечеткости изображений. К недостаткам данного метода можно отнести большое время, необходимое для считывания полученных данных и высокая стоимость детектора.

В качестве примера эффективности цифровой рентгенодиагностики можно привести результат использования аппарата «Prestige» (фирма «General Electric», США), который позволяет:

- модулировать контрастность и яркость изображений, что способствует одновременному изучению низко- и высококонтрастных структур;
- проводить обработку изображения за счет фильтра подчеркивания контура, инвентирования, вычитания изображений, измерения расстояния, углов, сегментов, увеличения зоны интереса;
- архивировать изображения на жесткие диски и внешние носители (стример, CD, MOD);
- передавать изображения в формате DICOM 3.0 на рабочее место врача-рентгенолога или в сеть Интернет без потери качества;
- сокращать время исследования и лучевую нагрузку в 10 раз (время исследования в среднем 2 мин при лучевой нагрузке 1,2 Гр) по сравнению с выполнением равнозначной методики на обычных рентгенодиагностических аппаратах с УРИ;
- выводить одновременно на экран до 15 изображений, что позволяет проследить движение контрастирующего вещества с заданной частотой кадра;
- сохранять изображения путем видеозахвата, что позволяет увеличить и расширить возможности последующего анализа;
- уменьшать расход рентгенопленки и реактивов наряду с увеличением количества полученных изображений с частотой заданной режимом записи (2-6 изображений в секунду) в виде замкнутой кинопетли (Макогонова М. Е. [и др.], 2004)

4 Рентгенодиагностическая аппаратура отечественного производства

- Рентгенодиагностические аппараты в зависимости от конструкции и условий эксплуатации подразделяют на стационарные, передвижные и переносные.
- К стационарным отечественным рентгенодиагностическим аппаратам относятся рентгенодиагностический комплекс - «Рентген-50-2» на 3 рабочих места, «РУМ-20 М» на 2 рабочих места, рентгенодиагностический телеуправляемый комплекс «Рентген-100Т», предназначенный для проведения полного объема рентгенодиагностических исследований. Передвижные рентгеновские аппараты позволяют обследовать больных и пострадавших в послеоперационных палатах и отделениях реанимации (например палатный аппарат 12П6), в военно-полевых, экспедиционных и экстремальных условиях (аппарат 9Л5, РУМ-24, импульсный аппарат «Дина-2» и др.).
- Постоянно совершенствуется и пополняется новыми моделями парк специализированной рентгенодиагностической аппаратуры, к которой относятся флюорографы 12Ф7, 12Ф7-Ц с 70 и 100 мм фотокамерами, а также флюорографы с цифровой записью изображения, предназначенные для массовых профилактических обследований населения, прежде всего для выявления туберкулеза и рака легких.

- Рентгенодиагностическая аппаратура в стоматологии в настоящее время представлена **ортопантомографами**, позволяющими одновременно производить панорамные снимки обеих челюстей и всех зубов.

- Следует подчеркнуть, что современные рентгенодиагностические комплексы оборудованы устройствами для формирования потока излучения, обеспечивающими максимальную защиту пациента от облучения. К таким устройствам относятся диафрагмы, тубусы, фильтры, отсеивающие решетки; коллиматоры, формирующие поток рентгеновского излучения в пространстве; автоматические рентгеноэкспонометры и стабилизаторы яркости изображения.
- Регистрация рентгеновского изображения, помимо использования пленок и усиливающих экранов, осуществляется такими устройствами, как телевизионный видеоконтрольный монитор, сопряженный с УРИ (ЭОП); видеомагнитофонная запись, фото- и киносъемка; цифровая запись изображения, с последующим его воспроизведением с помощью лазерных принтеров; субтракционные методики, в частности субтракционная (вычитательная) ангиография; возможность передачи рентгенодиагностической информации по электронным сетям.

- В целом в России производится достаточно рентгенодиагностического оборудования общего назначения и все виды рентгенозащитной техники. Однако производство высококлассных цифровых рентгенодиагностических систем и, прежде всего, компьютерных томографов, ангиографических комплексов, ортопантомографов и т.д., остается еще делом будущего.
- Таким образом, развитие рентгенодиагностической аппаратуры с ее многофункциональными возможностями идет по пути непрерывного совершенствования, основанного на передовых достижениях науки и техники, в частности цифровой регистрации виртуального рентгеновского изображения. Это позволяет заменить непрерывное облучение импульсным, и тем самым снизить дозу облучения пациента, что является одной из задач прогрессивного развития современной рентгенодиагностики.

5 Влияние рентгеновского излучения на человека и охрана здоровья в рентгенологии

- Рентгеновские лучи относятся к тормозному варианту квантового ионизирующего излучения (ИИ). Проходя через биологические структуры, ИИ вызывает возбуждение и ионизацию атомов, вследствие чего в тканях появляются атомы и молекулы, характеризующиеся высокой физико-химической активностью.
- Взаимодействуя друг с другом, окружающими их неионизированными молекулами и атомами, под воздействием дальнейшего ИИ, они образуют активные радикалы и перекиси, что приводит к функциональным и морфологическим изменениям клеток тканей и органов.
- Отсюда возникает необходимость определения допустимых доз рентгеновского ИИ при исследовании организма человека, что входит в задачи медицинской радиологии.

- Рентгеновские лучи относятся к тормозному варианту квантового ионизирующего излучения (ИИ). Проходя через биологические структуры, ИИ вызывает возбуждение и ионизацию атомов, вследствие чего в тканях появляются атомы и молекулы, характеризующиеся высокой физико-химической активностью. Взаимодействуя друг с другом, окружающими их неионизированными молекулами и атомами, под воздействием дальнейшего ИИ, они образуют активные радикалы и перекиси, что приводит к функциональным и морфологическим изменениям клеток тканей и органов. Отсюда возникает необходимость определения допустимых доз рентгеновского ИИ при исследовании организма человека, что входит в задачи медицинской радиологии.

- Величины этих доз определяются чувствительностью кле - ток тканей и органов к ИИ. В наибольшей степени отрицательному воздействию рентгеновского ИИ подвержены клетки, находящиеся в активной фазе своего жизненного цикла, клетки системы крови. В наименьшей степени могут пострадать от рентгеновского ИИ клетки костной и мышечной систем, хрящевой и жировой тканей.
- Степень воздействия рентгеновского ИИ на организм человека определяется величиной поглощенной дозы, которая измеряется в греях ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Эта величина численно равна отношению средней энергии, переданной ИИ веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме. На практике радиологического контроля действия источника ИИ (включая рентгеновское излучение), используется величина, измеряемая в зивертах (Зв). Зиверт - это доза ИИ любого вида, производящая биологическое воздействие такое же, как доза рентгеновского излучения в 1 Гр.

- Законодательно установлены следующие категории людей, подвергающихся воздействию ИИ, включая рентгеновское излучение:
- группа «А» - лица, непосредственно работающие с техногенными источниками ИИ;
- группа «Б» - лица, которые в связи с условиями работы находятся в сфере воздействия источника ИИ;
- группа «В» - все остальное население. К этой группе также относятся медицинские работники, которые по роду своей деятельности, периодически находятся в сфере действия ИИ. Это, в частности, ангиохирурги, травматологи, эндоскописты и другие специалисты, выполняющие манипуляции под рентгеновским контролем.

- Техника безопасности складывается из целого ряда составляющих:
- расположение рентгенодиагностических кабинетов, источников ИИ в учреждениях здравоохранения должно соответствовать существующим законодательным нормативам, призванным обеспечить радиологическую безопасность человека и окружающей среды;
- постоянный контроль исправности рентгенодиагностической аппаратуры, плановое проведение ее профилактических осмотров с определением соответствия нормальным показателям радиологических параметров функционирования этой аппаратуры и состояния воздушной среды в кабинете;
- применение внутри рентгеновских кабинетов защитных устройств, призванных обеспечить максимальную защиту персонала от ИИ (ширмы, фартуки, перчатки из просвинцованной резины и т. п.);

- максимальная защита органов и частей тела пациента, вне области осуществляемой рентгенодиагностики, приспособлениями из просвинцованной резины;
- использование фактора «защиты расстоянием» при проведении исследования, поскольку интенсивность облучения снижается обратно пропорционально квадрату расстояния от источника до облучаемой поверхности;
- обязательное наличие в рентгенодиагностических кабинетах средств оказания экстренной медицинской помощи, имея в виду, в частности, возможные осложнения при использовании рентгеноконтрастирующих веществ (аллергия, анафилаксия) и т. п.;

- использование персоналом рентгеновского кабинета индивидуальных дозиметров, работающих по принципу накопления дозы ИИ за определенный период времени, с четким ведением соответствующей документации;
- соблюдение положений, ограничивающих возможность работы в сфере ИИ, включая рентгенодиагностику по состоянию здоровья;
- использование и соблюдение норм трудового законодательства, предоставляющего льготы лицам, занимающимся рентгенодиагностикой.



- **Спасибо за внимание!!!**