

ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КУРС ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Обсуждено на заседании кафедры  
Протокол № от 2005 г.

ЛЕКЦИЯ

ПО ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Для студентов 4 курса факультета медицинских сестер с высшим образованием.

Т е м а : МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Время 90 минут

Гродно, 2005

### УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ

Научить студентов радиофизическим принципам получения медицинских изображений, основам методов лучевой диагностики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Общее руководство по радиологии / Под ред. Петерсона Х. Серия по мед. визуализации Института NICER т.I. - 1995.
2. Михайлов А.Н. Руководство по медицинской визуализации. Мн.,1996.
3. Габуня Р.И., Колесникова Е.К. Компьютерная томография в клинической практике. М.,1995.
4. 4.Технические средства медицинской интроскопии / Под ред. Б.И.Леонова. М., 1989.
5. Клиническая ультразвуковая диагностика. Руководство для врачей.
6. - т. I. Под ред. Мухарлямова Н.Ш., М.,1987.
7. Руководство по ядерной медицине: Учебн. пособие/ Т.П.Сиваченко,
8. Д.С.Мечев, В.А.Романенко и др. .Под ред. Т.П. Сиваченко. К.Вища шк.,1991.

### МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Слайды: медицинская радиология: ч.1,2,5,6.

### РАСЧЕТ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

№ п /п	Перечень учебных вопросов	Время мин.
1.	Введение	5
2.	Общие принципы визуализации медицинских изображений	5
3.	Рентгенологические методы исследования	25
4.	Частные рентгенологические методы	10
5.	Методы радионуклидной диагностики	12
6.	Принцип и диагностические возможности ультразвукового исследования	16
7.	Магнитно-резонансная томография. Принцип и диагностические возможности метода.	10
8.	Тепловое изображение. Принцип и диагностические возможности метода.	5
9.	Заключение	2

Всего 90 минут.

№№	Тематические разделы	Время (мин)
----	----------------------	-------------

1. Введение 5 мин.

1.1. Лучевая диагностика и лучевая терапия, составные части медицинской радиологии. Их роль в системе преддипломной подготовки врача.

1.2. Краткая история медицинской радиологии. Открытие рентгеновских лучей, радиоактивности.

1.3. Виды электромагнитных, ультразвуковых полей, корпускулярных излучений, применяемых в медицине.

2. Общие принципы визуализации медицинских изображений.

2.1. Система передачи информации в радиационной диагностике

- каскад генерации излучения;
- каскад модуляции;
- каскад детектирования;
- каскад преобразования в световое изображение и его диагностическая оценка.

Демонстрационный материал:

Слайд № 1 (У часть )

### 3. Рентгенологические методы исследования

#### 3.1. Источник рентгеновского излучения и его свойства:

- генератор рентгеновского излучения (рентгеновская трубка);
- основные свойства рентгеновского и гамма-излучения: прямолинейность; скорость распространения, невидимость, фотографическое действие; ионизирующее действие; проникающая способность; биологическое действие.

Демонстрационный материал:

Слайд № 2 (2, часть V) : система рентгенологического исследования.

#### 3.2. Основные методы рентгенологического исследования:

- рентгеноскопия;
- рентгенография;
- электрорентгенография;
- компьютерная рентгеновская томография.

Демонстрационный материал:

Слайд № 3 ( 3,часть V): основные методы рентгенологического исследования;

Слайд № 4 ( 4,часть V) : рентгенологическое исследование на универсальной рентгенодиагностической установке.

Слайд № 5 ( 5,часть V): рентгенография с помощью рентгеновской установки;

Слайд № 6 ( 6,часть V): общий вид электрорентгенографа.

#### 3.3. Особенности рентгенологического изображения при основных рентгеновских методах исследования.

Демонстрационный материал:

Слайд № 7 ( 9,часть 5): рентгенограмма и электрорентгенограмма легких.

#### 3.4. Рентгеновская компьютерная томография: принцип создания рентгеновского изображения органов и тканей с помощью ЭВМ.

Демонстрационный материал:

Слайд № 8 ( 7,часть 5 ) : исследование на компьютерном томографе.

Слайд № 9 ( 41, часть 2 ) : принцип рентгеновской компьютерной томографии (схема):

- 1) рентгеновская трубка;
- 2) рама Гентри;
- 3) детекторы излучения , электронный блок;
- 4) ЭВМ;
- 5) видеоконтрольное устройство.

Преимущество рентгеновской компьютерной томографии перед обычным рентгенологическим исследованием:

- высокая чувствительность, позволяющая дифференцировать отдаленные органы и ткани друг от друга по плотности в пределах до 0,5% ; на обычных рентгенограммах этот показатель составляет 10-20%;
- компьютерная томография позволяет получить изображение органов и патологических очагов только в плоскости исследуемого среза, что дает четкие изображения органов и патологических очагов без наложения, лежащих выше и ниже образований;

- компьютерная томография дает возможность получить точную количественную информацию о размерах и плотности отдельных органов, тканей и патологических образований;

- компьютерная томография позволяет получить томограммы, т.е. продольное изображение исследуемой области.

Томограммы используются для установления протяженности патологического очага и определения количества срезов.

- планирование лучевой терапии ( составление карт облучения и расчета доз).

Демонстрационный материал:

Слайд № 10 ( 44,ч.2) компьютерная томография поджелудочной железы.

5. Специальные методы рентгенологического исследования.

3.5.1.Понятие естественного и искусственного контрастирования.

3.5.2. Контрастные средства в диагностической радиологии.

3.5.2.1. Позитивные контрастные вещества: - водорастворимые йодсодержащие контрастные вещества;

- масляные йодсодержащие рентгенконтрастные средства;

- бариевые контрастные средства;

3.5.2.2. Негативные контрастные средства ( воздух, кислород, закись азота, двуокись углерода).

3.5.2.3. Способы введения рентгенконтрастных средств.

Демонстрационный материал:

Слайд № 11 ( 19,ч.5) : контрастирование пищевода разным количеством контрастной массы;

Слайд № 12 ( 30,ч.6): урография.

Слайд № 13 ( 26,ч.6) раздувание воздухом толстой кишки.

4. Частные методы рентгенологического исследования

4.1. Электронно-оптическое усиление.

4.2. Флюорография.

4.3. Продольная томография.

4.4. Методы регистрации колебательных движений стенок полых органов: рентгенокимография, электрорентгенокимография.

Демонстрационный материал:

Слайд № 14 ( 39 ,ч.6 ): флюорография. Принцип методики ( схема).

Слайд № 15 ( 34,ч. 2 ) : принцип продольной рентгеновской томографии.

Слайд № 16 ( 35,ч.11 ) : томограммы легких (912,ч.5).

Слайд № 17 ( 13,ч.5) : электрокимография сердца и крупных сосудов.

4.5. Дигитальная рентгенография.

4.6. Рентгенодиапневтика.

Демонстрационный материал:

Слайд № 18 (47, ч. 2) : рентгенохирургическое исследование больного в рентгенангиографическом кабинете.

5. Радионуклидная диагностика 13 мин.

- радиография;

- радиометрия;

- сцинтиграфия;

- радиологическая биохимия;

- эмиссионная компьютерная томография;

- позитронная компьютерная томография.

5.1. Радиофармацевтические препараты.

5.2. Приборы для радионуклидной диагностики.

Демонстрационный материал:

Слайд № 19 ( 15,ч.1 ): радиометрическое исследование, определение накопления РФП в щитовидной железе.

Слайд № 20 ( 17,ч. 1 ) : радионуклидное исследование легких.

Слайд № 21 ( 18,ч.1 ): радионуклидное исследование с помощью гамма-камеры.

Слайд № 22 ( 20,ч. 1 ): сцинтиграммы легких в норме.

Слайд № 23 ( 21,ч. 1 ): множественные дефекты в изображении легких.

Слайд № 24 ( 28 ,ч. 2 ) : принцип радиоконкурентного анализа ( схема).

6. Ультразвуковое исследование больного. Принципы и диагностические возможности метода. 15 мин.

6.1. Типы УЗИ изображений : А, В, М, Д.

Демонстрационный материал:

Слайд № 25 ( 8,Ч. 1 ): ультразвуковое изображение желчного пузыря.

7. Магнитно-резонансная томография. Принцип и диагностические возможности метода. 10 мин.

7.1. Факторы магнитно-резонансной томографии:

- протонная плотность;
- T1 - возврат М-вектора вдоль продольной оси магнитного поля.
- T2 - возврат М- вектора в плоскости, перпендикулярной магнитному полю.
- ЭВМ реконструкция.

Демонстрационный материал:

Слайд № 26 ( 45,ч. 2 ) : МРТ головного мозга.

Слайд № 27 ( 46 ,ч.2 ): МРТ верхнего отдела живота.

8. Тепловое изображение. 5 мин.

Принцип и диагностические возможности метода.

Демонстрационный материал:

Слайд № 28 (2,ч. 1): дистанционная термография молочной железы.

Слайд № 29 (6, ч. 1): томограммы нижних конечностей;

Слайд № 30 (7,ч. 1): томограмма таза. Метастазы меланомы в левую паховую область. Зона гипертермии.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: в заключении подчеркивается роль лучевой диагностики в практике.

## ТЕКСТ ЛЕКЦИИ

### Общие принципы визуализации медицинских изображений

Наиболее широко для визуализации непрозрачных и недоступных прямому наблюдению анатомических органов и систем используются электромагнитные излучения. В настоящее время известны электромагнитные излучения с длиной волны от десяти миллиардных долей миллиметра до сотен километров.

Широкая область электромагнитного излучения (0,001-10 нм) принадлежит рентгеновским лучам. Рентгенодиагностика - распространенный вид медицинской интроскопии. В настоящее время в медицине с помощью рентгеновских лучей получают около 90% всех визуализируемых изображений. Излучение, создаваемое радиоактивными веществами, гамма-излучение, принято рассматривать как поток частиц, так как у него более отчетливо выражены корпускулярные свойства, а не волновые. Радионуклидная диагностика, которая основана на визуализации изображений, формируемых гамма-квантами радионуклидов, широко применяется при функциональных исследованиях, диагностике ряда заболеваний.

Большие возможности содержат в себе резонансные эффекты, наблюдения в веществе - ядерный магнитный резонанс.

Широкое применение в медицине нашло звуковидение - совокупность методов и средств для получения оптического изображения ультразвукового поля, возникающего в результате взаимодействия упругих акустических волн и объекта. По периодам волн от 1 мм до 10 км ультразвук совпадает с радиодиапазоном.

Любое изображение приобретает смысл в результате его анализа зрительной системой и последующей интерпретации на основе сведений о характере взаимодействия физического поля и изучаемого объекта.

В актах визуализации и анализа полученного изображения участвуют исследуемый объект, который модулирует параметры визуализируемого физического поля, система визуализации изображения и зрительный анализатор наблюдения (врача, оператора).

Прошедшее отражение или испускаемое исследуемым объектом излучение промодулировано по одному или нескольким параметрам свойствами исследуемого объекта и содержит определенную информацию о нём. Пространственное распределение поля излучения объекта преобразуется устройством визуализации в аналогичное пространственное распределение светового потока, яркость или цвет которого изменяется от элемента к элементу изображения в зависимости от модулированных объектом параметров поля. Важно подчеркнуть, что при любом способе преобразования невидимого изображения в оптическое последнее не может содержать больше информации об объекте исследования, чем исходное изображение, сформированное в невидимом физическом поле. Входное и выходное изображения систем визуализации характеризуется следующими информативными параметрами: геометрическими размерами, детальностью, резкостью, подвижностью, контрастом, интенсивностью в белом (черном), отношением сигнал/шум и спектром (цветом) деталей изображения.

Рентгеновское и гамма - излучения являются наиболее распространенными видами излучения, при помощи которых получают световые изображения в медицинской диагностике. Получение световых изображений можно описать с помощью цепочки преобразований вида

$$\gamma_f \rightarrow \gamma_n - h\nu_1 \rightarrow h\nu_n, \text{ где}$$

$\gamma_f$  - кванты рабочего пучка излучения источника;

$\gamma_n$  - кванты радиационного изображения, т.е. изображения, сформированного излучением в результате взаимодействия рабочего пучка с ослабляющей средой;

$h\nu_1$  - фотоны (кванты), конвертируемые первичным преобразователем “ионизирующее излучение - свет”;

$h\nu_n$  - фотоны изображения, непосредственно воспринимаемые глазом человека.

Радиационное изображение в большинстве случаев представляет собой карты интегралов коэффициентов ослабления рентгеновского излучения излучаемой средой, которые зависят от её химического состава и физического состояния. Поэтому в радиационных изображениях в основном представлена морфологическая информация. Например, рентгеновский снимок грудной клетки даёт в большинстве случаев информацию об анатомическом строении органов человека. Однако в части изображений содержится информация о физиологическом состоянии органов человека. Так, если пациент ингалирует воздух, содержащий нуклид  $^{133}\text{Xe}$ , то в этом случае вариации распределения нуклида в легких будут давать информацию о пространственных характеристиках воздушного потока в легких. Указанное распределение может быть визуализировано при помощи гамма-излучения, испускаемого ксеноном.

Как и любую систему передачи информации систему радиационной диагностики можно представить в виде пространственно-временного фильтра, составленного из нескольких каскадов:

- 1) каскада генерации ионизирующего излучения (рентгеновская трубка, гамма-источник или радионуклид);
- 2) каскада модуляции, который представляется неравномерностью исследуемого объекта или пространственно-временной вариацией распределения радионуклида в органах пациента;
- 3) каскада детектирования (канала регистрации радиационного изображения);
- 4) каскада преобразования в световое изображение и его диагностической оценки.

Представленным выше каскадам соответствуют процессы: 1) генерация излучения, его 2) взаимодействия с органами пациента и 3) формирования радиационного изображения, преобразование последнего в световое, 4) просмотр светового изображения и его профессиональная оценка.

Первые три процесса имеют физико-технический смысл, хотя некоторые из них связаны с физиологическими функциями органа или анатомической системы пациента; четвертый, помимо физических проблем, включает и физиологические, связанные со зрительным аппаратом рентгенолога. Пятый процесс - чисто профессиональный - заключается в том, чтобы из всего многообразия отображенных деталей в световом изображении выделить необходимые, руководствуясь опытом и знанием других клинических данных, поставить правильный диагноз.

#### **Рентгенологические методы исследования**

Рентгенология как наука берет своё начало от 8 ноября 1895 г., когда немецкий физик профессор Вильгельм Конрад Рентген открыл лучи, впоследствии названные его именем. Сам Рентген назвал их X-лучами. Это название сохранилось на его родине и в странах запада.

Основные свойства рентгеновских лучей

1. Рентгеновские лучи, исходя из фокуса рентгеновской трубки, распространяются прямолинейно.
2. Они не отклоняются в электромагнитном поле.
3. Скорость распространения их равняется скорости света.
4. Рентгеновские лучи невидимые, но поглощаясь некоторыми веществами, они заставляют их светиться ярким зеленоватым светом. Это свечение называется флюоресценцией, оно лежит в основе рентгеноскопии.
5. Рентгеновские лучи обладают фотографическим действием. На этом свойстве рентгеновских лучей основывается рентгенография (общепринятый в настоящее время метод производства рентгеноснимков). Это по существу фотография при помощи рентгеновых лучей.
6. Рентгеновское излучение обладает ионизирующим действием и придает воздуху способность проводить электрический ток. Ни видимые, ни тепловые, ни радиоволны не

могут вызвать это явление. На основе этого свойства рентгеновское излучение, как и излучение радиоактивных веществ, называется ионизирующим излучением.

7. Важное свойство рентгеновских лучей - их проникающая способность, т.е. способность свободно проходить через тело и предметы. Проникающая способность рентгеновых лучей зависит от качества лучей. Чем короче длина рентгеновых лучей (т.е. чем жестче рентгеновское излучение), тем глубже проникают эти лучи и наоборот, чем длиннее волна лучей (чем мягче излучение), тем на меньшую глубину они проникают, от объема исследуемого тела: чем толще объект, тем труднее рентгеновы лучи “пробивают” его.

Проникающая способность рентгеновских лучей зависит от химического состава и строения исследуемого тела. Чем больше в веществе, подвергаемом действию рентгеновых лучей, атомов элементов с высоким атомным весом и порядковым номером (по таблице Менделеева), тем сильнее оно поглощает рентгеновское излучение и, наоборот, чем меньше атомный вес, тем прозрачнее вещество для этих лучей. Объяснение этого явления в том, что в электромагнитных колебаниях с очень малой длиной волны, каковыми являются рентгеновские лучи, сосредоточена большая энергия.

8. Лучи Рентгена обладают активным биологическим действием. При этом критическими структурами являются ДНК и мембраны клетки.

Необходимо учитывать еще одно обстоятельство. Рентгеновы лучи подчиняются закону обратных квадратов, т.е. интенсивность рентгеновских лучей обратно пропорциональна квадрату расстояния.

Гамма-лучи обладают такими же свойствами, но эти виды излучений различаются по способу их получения: рентгеновское излучение получают на высоковольтных электрических установках, а гамма - излучение - вследствие распада ядер атомов.

**Методы рентгенологического исследования** делятся на основные и специальные, частные. К основным методам рентгенологического исследования относятся: *рентгенография, рентгеноскопия, электрорентгенография, компьютерная рентгеновская томография.*

*Рентгеноскопия* - просвечивание органов и систем с применением рентгеновских лучей. Рентгеноскопия - анатомо-функциональный метод, который предоставляет возможность изучения нормальных и патологических процессов и состояний организма в целом, отдельных органов и систем, а также тканей по теневой картине флюоресцирующего экрана.

Преимущества: а) позволяет исследовать больных в различных проекциях и позициях, в силу чего можно выбрать положение, при котором лучше выявляется патологическое тенеобразование; б) возможность изучения функционального состояния ряда внутренних органов: легких, при различных фазах дыхания; пульсацию сердца с крупными сосудами; в) тесное контактирование врача-рентгенолога с больными, что позволяет дополнить рентгенологическое исследование клиническим (пальпация под визуальным контролем, целенаправленный анамнез) и т.д.

Недостатки: сравнительно большая лучевая нагрузка на больного и обслуживающий персонал; малая пропускная способность за рабочее время врача; ограниченные возможности глаза исследователя в выявлении мелких тенеобразований и тонких структур тканей и т.д. Показания к рентгеноскопии ограничены.

*Рентгенография* - фотосъемка посредством рентгеновских лучей. При рентгенографии снимаемый объект должен находиться в тесном соприкосновении с кассетой, заряженной плёнкой. Рентгеновское излучение, выходящее из трубки, направляют перпендикулярно на центр плёнки через середину объекта (расстояние между фокусом и кожей больного в обычных условиях работы 60 - 100 см.) Необходимым оснащением для рентгенографии являются кассеты с усиливающими экранами, отсеивающие решетки и специальная рентгеновская пленка. Кассеты делаются из



светонепроницаемого материала и по величине соответствуют стандартным размерам выпускаемой рентгеновской пленки (13 x18, 18x24, 24x 30, 30x40 и 35x35 см и др.).

Усиливающие экраны предназначены для увеличения светового эффекта рентгеновых лучей на фотопленку. Они представляют картон, который пропитывается специальным люминофором (вольфрамо-кислым кальцием), обладающий флюоресцирующим свойством под влиянием рентгеновых лучей. В настоящее время широко применяются экраны с люминофорами, активированными редкоземельными элементами: бромидом окиси лантана и сульфитом окиси гадолиния. Очень хороший коэффициент полезного действия люминофора редкоземельных элементов способствует высокой светочувствительности экранов и обеспечивает высокое качество изображения. Существуют и специальные экраны – Gradual, которые могут выравнивать имеющиеся различия в толщине и (или) плотности объекта съемки. Использование усиливающих экранов сокращает в значительной степени время экспозиции при рентгенографии.

Для отсеивания мягких лучей первичного потока, который может достигнуть пленки, а также вторичного излучения, используются специальные подвижные решетки. Обработка заснятых пленок проводится в фотолаборатории. Процесс обработки сводится к проявлению, полосканию в воде, закреплению и тщательной промывке плёнки в текучей воде с последующей сушкой. Сушка пленок проводится в сушильных шкафах, что занимает не менее 15 мин или происходит естественным путём, при этом снимок бывает готовым на следующий день. При использовании проявочных машин снимки получают сразу после исследования. Преимущество рентгенографии: устраняет недостатки рентгеноскопии. Недостаток: исследование статическое, отсутствует возможность оценки движения объектов в процессе исследования.

*Электрорентгенография.* Метод получения рентгеновского изображения на полупроводниковых пластинах. Принцип метода: при попадании лучей на высокочувствительную селеновую пластину в ней меняется электрический потенциал. Селеновая пластинка посыпается порошком графита. Отрицательно заряженные частицы порошка притягиваются к тем участкам селенового слоя, в которых сохранились положительные заряды, и не удерживаются в тех местах, которые потеряли заряд под действием рентгеновского излучения. Электрорентгенография позволяет в 2-3 минуты перенести изображение с пластины на бумагу. На одной пластине можно произвести более 1000 снимков. Преимущество электрорентгенографии: 1) быстрота; 2) экономичность. Недостаток: недостаточно высокая разрешающая способность при исследовании внутренних органов. Метод применяется в основном при исследовании костей и суставов в травмопунктах. В последнее время применение этого метода все более ограничивается.

*Компьютерная рентгеновская томография (КТ).* Создание рентгеновской компьютерной томографии явилось важнейшим событием в лучевой диагностике. Свидетельством этого является присуждение Нобелевской премии в 1979 г. известными учеными Кормаком ( США) и Хаунсфилдом ( Англия) за создание и клиническое испытание КТ.

Компьютерная томография позволяет изучить положение, форму, размеры и структуру различных органов, а также их соотношение с другими органами и тканями.

Основой для разработки и создания КТ послужили различные модели математической реконструкции рентгеновского изображения объектов. Успехи, достигнутые с помощью КТ в диагностике различных заболеваний, послужили стимулом быстрого технического совершенствования аппаратов и значительного увеличения их моделей. Если первое поколение КТ имело один детектор, и время для сканирования составляло 5-10 мин, то на томограммах третьего - четвертого поколений при наличии от 512 до 1100 детекторов и ЭВМ большой емкости время для получения одного среза уменьшилось до миллисекунд, что практически позволяет исследовать все органы и ткани, включая сердце и сосуды. В настоящее время применяется спиральная КТ,

позволяющая проводить продольную реконструкцию изображения, исследовать быстро протекающие процессы (сократительную функцию сердца).

КТ основана на принципе создания рентгеновского изображения органов и тканей с помощью ЭВМ. В основе КТ лежит регистрация рентгеновского излучения чувствительными дозиметрическими детекторами. Принцип метода заключается в том, что после прохождения лучей через тело пациента они попадают не на экран, а на детекторы, в которых возникают электрические импульсы, передающиеся после усиления в ЭВМ, где по специальному алгоритму они реконструируются и создают изображение объекта, который из ЭВМ подаётся на телемонитор. Изображение органов и тканей на КТ, в отличие от традиционных рентгеновских снимков, получается в виде поперечных срезов. Современные установки позволяют получить срезы толщиной от 2 до 8 мм. Рентгеновская трубка и приёмник излучения движутся вокруг тела больного. КТ обладает рядом преимуществ перед обычным рентгенологическим исследованием:

а) прежде всего высокой чувствительностью, что позволяет дифференцировать отдельные органы и ткани друг от друга по плотности в пределах до 0,5 %; на обычных рентгенограммах этот показатель составляет 10-20% .

б) КТ позволяет получить изображение органов и патологических очагов только в плоскости исследуемого среза, что даёт чёткое изображение без наложения лежащих выше и ниже образований;

в) КТ даёт возможность получить точную количественную информацию о размерах и плотности отдельных органов, тканей и патологических образований;

г) КТ позволяет судить не только о состоянии изучаемого органа, но и о взаимоотношении патологического процесса с окружающими органами и тканями, например, инвазию опухоли в соседние органы, наличие других патологических изменений;

д) КТ позволяет получить топограммы, т.е. продольное изображение исследуемой области наподобие рентгеновского снимка, путем смещения большого вдоль неподвижной трубки. Топограммы используются для установления протяженности патологического очага и определения количества срезов.

е) планирование лучевой терапии (составление карт облучения и расчёт доз).

Данные КТ могут быть использованы для диагностической пункции, она может с успехом применяться не только для выявления патологических изменений, но и для оценки эффективности лечения и, в частности, противоопухолевой терапии, а также определение рецидивов и сопутствующих осложнений.

Диагностика с помощью КТ основана на прямых рентгенологических признаках, т.е. определении точной локализации, формы, размеров отдельных органов и патологического очага и, что особенно важно, на показателях плотности или абсорбции. Показатель абсорбции основан на степени поглощения или ослабления пучка рентгеновского излучения при прохождении через тело человека. Каждая ткань в зависимости от плотности атомной массы по-разному поглощает излучение, поэтому в настоящее время для каждой ткани и органа в норме разработан коэффициент абсорбции (КА) по шкале Хаунсфилда. Согласно этой шкале, КА воды принимают за 0, кости, обладающие наибольшей плотностью - за +1000, воздух, обладающий наименьшей плотностью, - за -1000.

Минимальная величина опухоли или другого патологического очага, определяемого с помощью КТ, колеблется от 0,5 до 1 см при условии, что КА пораженной ткани отличается от такового здоровой на 10 - 15 ед.

Как в КТ, так и при рентгенологических исследованиях возникает необходимость для увеличения разрешающей способности методики "усиления изображения". Контрастирование при КТ производится с водорастворимыми рентгенконтрастными средствами.

Методика “усиления” осуществляется перфузионным или инфузионным введением контрастного вещества.

Такие методы называются *специальными*. Органы и ткани человеческого организма становятся различными, если они поглощают рентгеновские лучи в различной степени. В физиологических условиях такая дифференциация возможна только при наличии естественной контрастности, которая обуславливается разницей в плотности (химическом составе этих органов), величине, положении. Хорошо выявляется костная структура на фоне мягких тканей, сердца и крупные сосуды на фоне воздушной легочной ткани, однако его камеры невозможно выделить отдельно и т.д. (органы брюшной полости). Необходимость изучения рентгеновыми лучами органов и систем, имеющих одинаковую плотность, привело к созданию методики искусственного контрастирования. Сущность этой методики заключается во введении в исследуемый орган искусственных контрастных веществ, т.е. веществ, имеющих плотность, различную от плотности органа и окружающей его среды.

Рентгеноконтрастные средства (РКС) принято подразделять на вещества с высоким атомным весом (рентгенопозитивные контрастные вещества) и низким (рентгенонегативные легкие контрастные вещества). Контрастные вещества должны быть безвредными.

Тяжелые контрастные вещества, которые интенсивно поглощают рентгеновы лучи - это: взвеси солей тяжелых металлов - серноокислый барий, применяемый для исследования ЖКТ. Он не всасывается и выводится через естественные пути - водные растворы органических соединений йода - урографин, верографин, билигност, ангиографин и др., которые вводятся в сосудистое русло, с током крови попадают во все органы и дают кроме контрастирования сосудистого русла контрастирование других систем - мочевыделительной, желчного пузыря и т.д.; масляные растворы органических соединений йода - йодолипол и др., которые вводятся в свищи и лимфатические сосуды.

Неионные водорастворимые йодсодержащие рентгеноконтрастные средства: ультравист, омнипак, имагопак, визипак характеризуются отсутствием в химической структуре ионных групп, низкой осмолярностью, что значительно уменьшает возможность патофизиологических реакций и тем самым обуславливается низкое количество побочных эффектов.

Рентгенонегативные или отрицательные контрастные вещества - воздух, газы “не поглощают” рентгеновские лучи и поэтому хорошо оттеняют исследуемые органы и ткани, которые обладают большой плотностью.

Искусственное контрастирование по способу введения контрастных препаратов подразделяется на:

1. Введение контрастных веществ в полость исследуемых органов (самая большая группа). Сюда относятся исследования ЖКТ, бронхография, исследования свищей, все виды ангиографии.

2. Введение контрастных веществ вокруг исследуемых органов - ретропневмоперитонеум, пневморен, пневмомедиастинография.

3. Введение контрастных веществ в полость и вокруг исследуемых органов. Сюда относится париетография.

Париетография при заболеваниях органов ЖКТ заключается в получении снимков стенки исследуемого полого органа после введения газа вначале вокруг органа, а затем в полость этого органа. Обычно проводят париетографию пищевода, желудка и толстой кишки.

4. Способ, в основе которого лежит специфическая способность некоторых органов концентрировать отдельные контрастные препараты и при этом оттенять его на фоне окружающих тканей. Сюда относятся выделительная урография, холецистография.

Побочное действие РКС

Реакции организма на введение РКС наблюдаются примерно в 25% случаев. По характеру и степени тяжести они делятся на 3 группы:

1. Осложнения, связанные с проявлением токсического действия на различные органы с функциональными и морфологическими поражениями их.

2. Нервно-сосудистая реакция сопровождается субъективными ощущениями (тошнота, ощущение жара, общая слабость). Объективные симптомы при этом - рвота, понижение артериального давления.

3. Индивидуальная непереносимость РКС с характерными симптомами:

а) со стороны центральной нервной системы - головные боли, головокружение, возбуждение, беспокойство, чувство страха, возникновение судорожных припадков, отек головного мозга;

б) кожные реакции - крапивница, экзема, зуд и др.;

в) симптомы, связанные с нарушением деятельности сердечно-сосудистой системы - бледность кожных покровов, неприятные ощущения в области сердца, падение артериального давления, пароксизмальная тахи- или брадикардия, коллапс;

г) симптомы, связанные с нарушением дыхания - тахипноэ, диспноэ, приступ бронхиальной астмы, отек гортани, отек легких.

Реакции непереносимости РКС иногда носят необратимый характер и приводят к летальному исходу.

Механизмы развития системных реакций во всех случаях имеют сходный характер и обусловлены активацией системы комплемента под воздействием РКС, влиянием РКС на свертывающую систему крови, высвобождения гистамина и других биологически активных веществ, истинной иммунной реакцией или сочетанием этих процессов.

В легких случаях побочных реакций достаточно прекратить инъекцию РКС и все явления, как правило, проходят без терапии.

При тяжелых осложнениях необходимо немедленно вызвать реанимационную бригаду, а до ее прибытия ввести 0,5 мл адреналина, внутривенно 30-60 мг преднизолона или гидрокортизона, 1-2 мл раствора антигистаминного препарата (димедрол, супрастин, пипольфен, кларитин, гисманал), внутривенно 10% хлористый кальций. При отеке гортани произвести интубацию трахеи, а при невозможности ее проведения - трахеостомию. При остановке сердца немедленно приступить к искусственному дыханию и непрямому массажу сердца, не дожидаясь прибытия реанимационной бригады.

Для профилактики побочного действия РКС накануне проведения рентгеноконтрастного исследования применяют премедикацию антигистаминными и глюкокортикоидными препаратами, а также проводят один из тестов для прогнозирования повышенной чувствительности больного к РКС. Наиболее оптимальными тестами являются: определение высвобождения гистамина из базофилов периферической крови при смешивании ее с РКС; содержания общего комплемента в сыворотке крови больных, назначенных для проведения рентгеноконтрастного обследования; отбор больных для премедикации путем определения уровней сывороточных иммуноглобулинов.

Среди более редких осложнений могут иметь место «водное» отравление при ирригоскопии у детей с мегаколон и газовая (либо жировая) эмболия сосудов.

Признаком «водного» отравления, когда быстро всасывается через стенки кишки в кровеносное русло большое количество воды и наступает дисбаланс электролитов и белков плазмы, могут быть тахикардия, цианоз, рвота, нарушение дыхания с остановкой сердца; может наступить смерть. Первая помощь при этом - внутривенное введение цельной крови или плазмы. Профилактикой осложнения является проведение ирригоскопии у детей взвесью бария в изотоническом растворе соли, вместо водной взвеси.

Признаками эмболии сосудов являются: появление ощущения стеснения в груди, одышка, цианоз, урежение пульса и падение артериального давления, судороги, прекращение дыхания. При этом следует немедленно прекратить введение РКС, уложить

больного в положение Тренделенбурга, приступить к искусственному дыханию и непрямому массажу сердца, ввести внутривенно 0,1% - 0,5 мл раствора адреналина и вызвать реанимационную бригаду для возможной интубации трахеи, осуществления аппаратного искусственного дыхания и проведения дальнейших лечебных мероприятий.

*Частные методы рентгенологического исследования.*

*Электронно-оптическое усиление.* Работа ЭОП основана на принципе преобразования рентгеновского изображения в электронное с последующим его превращением в усиленное световое. Яркость свечения экрана усиливается до 7 тыс. раз. Применение ЭОУ позволяет различать детали величиной 0,5 мм, т.е. в 5 раз более мелкие, чем при обычном рентгеноскопическом исследовании. При использовании этого метода может применяться рентгенокинематография, т.е. запись изображения на кино - или видеопленку.

*Флюорография* - способ массового поточного рентгенологического обследования, состоящий в фотографировании рентгеновского изображения с просвечивающего экрана на пленку фотоаппаратом.

*Томография (обычная)* - для устранения суммационного характера рентгеновского изображения. Принцип: в процессе съемки рентгенологическая трубка и кассета с пленкой синхронно перемещаются относительно больного. В результате на пленке получается более и менее резкое изображение только тех деталей, которые лежат в объекте на заданной глубине, в то время как изображение деталей, расположенных выше или ниже, становится нерезким, "размазывается".

*Полиграфия* - это получение нескольких изображений исследуемого органа и его части на одной рентгенограмме. Делается несколько снимков (в основном 3) на одной пленке через определенное время.

*Рентгенокимография* - это способ объективной регистрации сократительной способности мышечной ткани функционирующих органов по изменению контура изображения. Снимок производится через движущуюся щелевидную свинцовую решетку. При этом колебательные движения органа фиксируются на пленку в виде зубцов, имеющих характерную форму для каждого органа.

*Дигитальная рентгенография* – включает в себя детекцию лучевой картины, обработку и запись изображения, представление изображения и просмотр, сохранение информации. При этой технологии детектор преобразует рентгеновское излучение после его прохождения через исследуемый объект в электрический сигнал, который в аналого-цифровом преобразователе «превращается» в числовые значения. Компьютерная обработка получаемого цифрового изображения служит созданию такого изображения, которое оптимально пригодно для анализа результата обследования.

*Рентгенодиапневтика* – лечебно-диагностические процедуры. Имеются в виду сочетанные рентгеноэндоскопические процедуры с лечебным вмешательством. Например: при механической желтухе с дренированием желчных путей и введением медикаментов непосредственно в желчный пузырь, внутрисосудистые мероприятия.

В конечном итоге предметом изучения в рентгенологии является теневое изображение. Особенности теневого рентгеновского изображения являются:

1. Изображение, складывающееся из многих темных и светлых участков - соответственно областям неодинакового ослабления рентгеновых лучей в разных частях объекта.
2. Размеры рентгеновского изображения в целом всегда увеличены по сравнению с изучаемым объектом, и тем более, чем дальше объект находится от пленки и чем меньше фокусное расстояние (отстояние пленки от фокуса рентгеновской трубки).
3. Когда объект и пленка не в параллельных плоскостях, изображение искажается.
4. Изображение суммационное. Следовательно снимки должны быть произведены не менее, чем в двух взаимно-перпендикулярных проекциях.
5. Негативное изображение при рентгенографии.

Каждая ткань и патологические образования выявляемые при лучевом исследовании (в том числе и рентгенологическом), характеризуются строго определенными признаками, а именно: числом, положением, формой, размером, интенсивностью, структурой, характером контуров, наличием или отсутствием подвижности, динамикой во времени.

Следующая группа методов, связанная с применением ионизирующих излучений - **радионуклидная диагностика**: применение с диагностической целью меченых радиоактивными нуклидами веществ для исследования функционального и морфологического состояния организма.

Для радионуклидной диагностики используют РФП и различные типы радиодиагностических приборов.

*РФП - называется химическое соединение, содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид, которое разрешено для введения человеку с диагностической или лечебной целью.*

В большинстве случаев в качестве индикаторов применяют физиологически активные или, как принято говорить, тропные к тем или иным органам (физиологическим системам) неорганические или органические соединения, белковые тела (в том числе антигены, антитела, гормоны), в ряде случаев форменные элементы крови. В типичном варианте меченый индикатор вводится в кровеносное русло, и с этого момента начинается процесс собственно радионуклидного диагностического исследования.

Все этапы транспорта индикатора могут быть представлены в систематизированном виде:

- 1) введение в кровеносное русло порции раствора индикатора;
- 2) механический его транспорт по венозному руслу и к сердцу;
- 3) постепенное размешивание препарата в камерах сердца и в кровеносном русле, а в ряде случаев и связывание с белками плазмы;
- 4) проникновение физиологически активного соединения сквозь гематотканевые барьеры;
- 5) прохождение из межклеточного вещества в тропные для данного индикатора клетки;
- 6) концентрирование препарата, реакции его с нейтрализующими соединениями или белками-кондукторами и т.д., а в ряде случаев даже инкорпорирование в специализированных клетках или включение в синтезируемые в организме соединения (аминокислоты, белки и т.д.);
- 7) активный выход препарата из клеток в протоки экскретирующих систем или в межклеточное вещество, затем вновь в кровяное русло или в лимфатические капилляры;
- 8) выведение препарата из организма через выделительные системы.

Очевидно, что первый, второй, третий и восьмой этапы (первая группа) должны быть отнесены к этапам биомеханического транспорта препарата. Четвертый, пятый, шестой и седьмой этап (вторая группа) должны быть отнесены к этапам биохимического или метаболического характера. Разумеется, что последовательность эта условна.

Кроме того, при энтеральном, ингаляционном или интравенозном введении появляется некоторое дополнительное количество этапов транспорта. Наоборот, количество этапов транспорта резко уменьшается, если в качестве индикатора используется физиологически инертное высокомолекулярное соединение или меченые элементы крови, длительное время не покидающие кровяное русло и циркулирующие в нем.

Радионуклидная диагностика строится на применении таких меченых соединений, поведение которых в организме отражает особенности состояния его органов и функциональных систем. При этом, благодаря высочайшей чувствительности радиодиагностических приборов, РФП вводится в индикаторных количествах, не влияя на физиологические и морфологические показатели, а только отражает их состояние.

Таким образом, требованиями, предъявляемыми к РФП, являются:

- 1) малая токсичность;
- 2) испускание частиц, или фотонов, которые удобно регистрировать с помощью существующей аппаратуры;
- 3) диагностический смысл.

Для регистрации радиоактивного нуклида, находящегося в организме человека, необходимо, чтобы его излучение обладало достаточным уровнем энергии гамма-квантов, а большая его часть проникала с минимальным рассеиванием в тканях. В этом плане целесообразны излучатели с энергией гамма-квантов от 50 - 150 кэВ ( $^{99m}\text{Tc}$ ).

Все радиодиагностические методики делятся на группы, характеризующиеся идентичным способом получения информации, ее первичной обработки и использованием одинаковой приборной техники. Эти методики исследования делятся на методики *in vivo* (на целом организме) и методики *in vitro* (в биологических пробах). При исследованиях *in vitro* РФП в организм не вводятся. Выполнение любого радиодиагностического исследования осуществляется с помощью радиоэлектронных приборов, специально предназначенных для этих целей. Весь комплекс радиодиагностических приборов целесообразно классифицировать по медико-функциональному назначению.

В первую группу входят приборы (*радиометры*) при помощи которых производится радиометрия – определения накопления  $\gamma$  и  $\beta$  - излучающих препаратов, установки для определения содержания радиоактивного вещества в радиобиологических пробах и счетчики излучения всего тела человека (СИЧ), позволяющие измерять общую радиоактивность в организме человека.

Вторую группу составляют приборы, называемые хронографами, или *радиографами*, используемые для исследования временных характеристик распределения радиоактивного препарата в организме человека.

Третья группа приборов предназначена для исследования пространственных характеристик распределения РФП в организме пациента и представлена следующими разновидностями: приборами с подвижным детектором, обеспечивающими получение гамма-томографической картины распределения радиоактивных индикаторов в исследуемом органе методом механического сканирования; установками с неподвижным детектором - *гамма-камерами (сцинтиграфия)*. Гамма-камера представляет собой основной радиодиагностический прибор, позволяющий визуализировать распределение индикатора в организме человека. Полученное статическое изображение позволяет судить о размерах, местонахождении, границах, характере патологии и проводить раннюю диагностику заболеваний внутренних органов и систем человека на стадии нарушения обмена веществ. Отличительная особенность гамма-камеры - одновременная регистрация гамма-квантов над всей поверхностью исследуемой области, что резко сокращает время исследования. Это определяет ведущую роль гамма-камеры, как наиболее производительного и универсального прибора радионуклидной диагностики. Выделяют статическую сцинтиграфию, когда исследуется распределение и накопление РФП в исследуемом объекте и динамическую сцинтиграфию, при которой исследуется распределение РФП и временные характеристики накопления и выведения РФП в исследуемом объекте.

Четвертая группа приборов: *гамма-томографы*. В отличие от обычных гамма-камер детектор вращается вокруг тела пациента, что позволяет изучать распределение индикатора по глубине и получить трехмерную картину содержания индикатора в исследуемом объекте (*однофотонная эмиссионная компьютерная томография*).

Пятая группа приборов связана с *позитронной эмиссионной компьютерной томографией (ПЭТ)*: в этих приборах гамма-кванты регистрируются при помощи коллимированных детекторов гамма-камеры. Особенностью ПЭТ является использование метаболически активных субстанций (чаще всего глюкозы), которые метятся позитронными радионуклидами (обычно  $^{18}\text{F}$ ), результатом чего является РФП – флюородезоксиглюкоза (18-ФДГ). Вследствие гиперметаболизма, характерного для

злокачественных опухолей, 18-ФДГ очень активно включается в опухолевые клетки. Регистрация распределения 18-ФДГ ведется по фотонному излучению, возникающему вследствие аннигиляции позитронов. В результате получают более точные данные о распространенности опухолевого процесса, чем при использовании других методов лучевой диагностики. ПЭТ имеет колоссальные потенциальные возможности по изучению метаболических процессов различных заболеваний.

С точки зрения клинической значимости, радионуклидные исследования можно разделить на 4 группы:

- 1) полностью обеспечивающие установление диагноза заболевания;
- 2) определяющие нарушения функции исследуемого органа или системы, на основании которых разрабатывается план дальнейшего обследования;
- 3) устанавливающие особенности анатомо-топографических положений внутренних органов;
- 4) дающие возможность получить дополнительно прогностическую информацию в комплексе клинико-инструментального обследования с целью более полного диагностического заключения.

К первой группе относят комплекс радионуклидных исследований йодного обмена, позволяющий в большинстве случаев установить диагноз заболеваний щитовидной железы; скинтиграфическое исследование скелета с пирофосфатом для распознавания МТС злокачественных опухолей.

Ко второй группе относят исследования функций почек и гепатобилиарной системы, результаты которых определяют необходимость и показания к выполнению других исследований. Таким образом, радионуклидные исследования мочевой и гепатобилиарной систем являются начальными у больных с заболеваниями этих органов.

К третьей группе относят скинтиграфию ряда органов (почек, печени, щитовидной железы, селезенки и др.), поскольку она является надежным способом определения их анатомо-топографического состояния.

К четвертой группе относят исследования легких, сердечно-сосудистой системы, лимфатической системы, головного мозга, а также скелета. В этих случаях удастся не только подтвердить наличие патологического процесса, но и установить его биологическую активность, а также степень и распространенность поражения.

Принципиальной основой методик *радионуклидных исследований un vitro* является конкурентное связывание искомого (немеченых и идентичных искусственно меченых) веществ или соединений со специфически связывающими системами. При этом РФП в организм человека не вводятся, используются биосубстраты (кровь, моча).

Специфическая связывающая система (именуемая “биндер”, т.е. связывающий) вступает в равноправное взаимодействие как с исследуемым веществом (именуемым “лигандом”, т.е. связываемым), так и с его аналогом, меченым радиоактивным нуклидом, связываясь с ними в количествах, пропорциональных их исходным концентрациям. Таким образом, чем больше содержание исследуемого вещества в данной пробе, тем меньшая часть его меченого аналога свяжется со специфической связывающей системой и тем большая часть останется несвязанной. Чаще всего комплекс лиганд + биндер выпадает в осадок, а не связанная часть меченого аналога остается в надосадочной жидкости.

При этом количество искомого вещества в различных пробах варьирует, а количество меченого аналога и специфической связывающей системы постоянно. Кроме того, обычно меченого лиганда больше, чем биндера.

Отделив комплекс меченый лиганд+биндер от несвязавшегося лиганда, можно измерить связавшуюся величину активности, которая обратно пропорциональна содержанию искомого вещества. Одновременно в тех же условиях проводится серия анализов известных концентраций искомого вещества (так называемые стандартные разведения), которые позволяют построить калибровочную кривую, отражающую



изменения связанной активности в зависимости от концентрации немеченого лиганда (искомого вещества).

В настоящее время методики РИА разработаны для более чем 400 соединений различной химической природы и применяется в следующих областях медицины:

1) в эндокринологии для диагностики сахарного диабета, патологии гипофизарно-надпочечниковой и тиреоидной систем, выявления механизмов других эндокринно-обменных нарушений;

2) в онкологии для ранней диагностики злокачественных опухолей и контроля за эффективностью лечения путем определения концентрации альфа-фетопротеина, раковоэмбрионального антигена, а также более специфических гуморальных маркеров;

3) в кардиологии для диагностики инфаркта миокарда путем определения концентрации миоглобина, контроля лечения препаратами дигоксин, дигитоксин;

4) в педиатрии для определения причин нарушения развития у детей и подростков (определение соматотропного гормона, тиреотропного гормона гипофиза);

5) в акушерстве и гинекологии для контроля за развитием плода путем определения концентрации эстрола, прогестерона, в диагностике гинекологических заболеваний и выявления причин бесплодия женщин (определение лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов);

6) в аллергологии для определения концентрации иммуноглобулинов Е и специфических реагинов;

7) в токсикологии для измерения концентрации в крови лекарственных веществ и токсинов.

Широкое применение радионуклидных методов диагностики в различных областях клинической медицины, ее высокая информативность сделали радиоизотопные исследования необходимым звеном.

**Ультразвуковая диагностика.** В современных условиях все большее значение приобретает ультразвуковая диагностика. В данном случае не используется ионизирующее облучение и устраняется возможность возникновения биологических эффектов, присущих ионизирующему излучению.

Получение ультразвуковых изображений внутренних органов (структур) биологических объектов основана на применении звукового поля, формируемого в средах, обладающих упругостью (жидкость, твердое тело). Для исследования биологических объектов используются продольные акустические волны ультразвукового диапазона частот (1 - 15 МГц), при распространении которых направления колебаний частиц среды и движение волны совпадают. Продольные ультразвуковые волны в средах распространения характеризуются вектором скорости, коэффициентом затухания и коэффициентом отражения волн от границ сред, обладающих различным акустическим сопротивлением - импедансом. Все эти характеристики в зависимости от способа их регистрации могут быть использованы для формирования теневых, эхолокционных и других видов ультразвуковых изображений. Основой диагностического применения ультразвука служит феномен отражения ультразвуковой энергии на границе сред (тканей) с различным акустическим сопротивлением.

Распространение и отражение ультразвука - два основных принципа, на которых основано действие всей диагностической ультразвуковой аппаратуры.

Основой генерирования и регистрации ультразвуковых колебаний является прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Для получения ультразвуковых колебаний используют обратный пьезоэлектрический эффект, сущность которого заключается в том, что при создании электрических зарядов на поверхности граней кристалла последний начинает сжиматься и растягиваться. Возникают колебания, частота которых зависит от частоты смены знака потенциала на гранях кристалла. Большим преимуществом пьезоэлектрических преобразователей является то, что источник ультразвука может служить одновременно и его приемником. При этом в действие вступает прямой

пьезоэлектрический эффект, когда при деформации пьезокристалла воспринимаемым ультразвуковым сигналом на его гранях образуются разноименные электрические потенциалы, которые могут быть зарегистрированы. Для получения ультразвуковых колебаний чаще всего используется кристалл титаната циркония.

Частота ультразвукового сигнала при отражении его от движущегося объекта изменяется пропорционально скорости движения лоцируемого объекта вдоль оси распространения сигнала - это явление называется эффектом Допплера. При движении объекта в сторону датчика, генерирующего ультразвуковые импульсы, частота отраженного сигнала увеличивается, и наоборот, при отражении сигнала от удаляющегося объекта частота отраженного сигнала уменьшается. Измеряя частоту отраженного сигнала и зная частоту посланного сигнала, можно по сдвигу частоты ( $\Delta f$ ) определить скорость движения исследуемого объекта в направлении, параллельном ходу ультразвукового луча. При движении объекта под углом по отношению к лучу для определения скорости вносится соответствующая поправка на величину угла.

Ультразвуковые изображения несут информацию о незначительных изменениях параметров сред (порядка 1-2%) и позволяют визуализировать структурно-топографические взаимоотношения внутренних органов и мягких тканей. Сильное отражение ультразвуковых колебаний (почти 100%) от границ раздела мягкая ткань - воздух или мягкая ткань - кость ограничивает применение ультразвуковых исследований (УЗИ) для исследования легких, желудочно-кишечного тракта, головного мозга. Амплитуда эхосигналов несет информацию о процессах поглощения рассеяния и обратного отражения ультразвуковых зондирующих импульсов в исследуемой среде. Путём измерения этих величин, являющихся параметрами эхо-изображения, могут быть определены: 1) глубина залегания неоднородности; 2) направление на неё; 3) линейные размеры и расстояния между несколькими неоднородностями; 4) при соответствующем конструктивном обеспечении возможны измерения, связанные с перемещением отдельных структур объектов относительно направления ультразвукового зондирования.

Простейшим видом отображения информации в ультразвуковой эхоскопии является продольная А-эхограмма, получаемая зондированием среды при неизменном направлении ультразвукового луча. В этом случае эхосигналы представляются в одномерном виде, как амплитудные отметки на оси времени. При неизменном направлении ультразвукового луча может быть получен еще один тип эхо-изображения - М-эхограмма, характеризующая перемещение лоцируемых структур во времени. Такой тип эхограммы может быть сформирован при многократном ультразвуковом зондировании подвижной среды. Данный тип эхо-изображения позволяет фиксировать изменения во времени глубины залегания биологических структур, находящихся на трассе распространения ультразвука вдоль луча при их движении и получил широкое распространение при движении структур сердца.

Ценность метода резко повышается при применении двухмерного ультразвукового В-сканирования. Такие эхограммы называются еще эхотомограммами и характеризуются двухмерным распределением амплитуды эхосигналов. Принцип ультразвукового сканирования заключается в перемещении датчика в направлении, перпендикулярном линии распространения ультразвукового луча. Отраженные импульсы регистрируются на экране в виде светящихся точек. Поскольку датчик находится в постоянном движении, а экран имеет длительное послесвечение, отраженные импульсы сливаются, формируя изображение сечения обследуемого органа.

Получить дополнительную информацию о деталях обследуемой структуры позволяет сложное ультразвуковое сканирование, что достигается приданием датчику двух родов движения: основного и дополнительного. Например, линейное движение датчика может сопровождаться покачиванием его на определенный угол вокруг своей оси (секторальное сканирование).

Допплеровские режимы позволяют регистрировать основные параметры кровотока (скорость, направление и ламинарность). Регистрация результатов доплерографии представляет собой развертку скорости потока крови во времени. Кровоток, направленный от датчика, регистрируется ниже изолинии, а направленный в сторону датчика – выше нее.

*Ультразвуковые контрастные средства.* Ультразвуковые контрастные средства могут быть представлены как эхогенные субстанции, которые вводятся в сосуд или орган для того, чтобы повысить его эхогенность, т.е. способность отражать ультразвуковую энергию. Такие средства могут вводиться внутривенно. Ультразвуковые средства должны обладать низкой токсичностью и способностью к быстрому выделению. Наиболее известные ультразвуковые контрастные средства:

- 1) микропузырьки газа в оболочке из альбумина («Альбунекс»);
- 2) микропузырьки газа, внедренные в галактозу («Эховист») или заключенные в галактозу и жирные кислоты («Левовист»);
- 3) фторуглеродные соединения, при температуре тела человека из жидкой формы переходят в газообразную, образуя микропузырьки газа («Эхоген»).

В то время как «Эховист» захватывается легкими и используется только для исследования сердца и магистральных вен, некоторые другие ультразвуковые контрастные средства проходят через капилляры легких и другие капилляры и могут поэтому применяться для визуализации большего числа органов.

Полезность ультразвуковых контрастных средств состоит в том, что они могут улучшать контрастное разрешение между нормальной и пораженной тканью, помогают выявлять опухоли и сосуды в них. Прочие возможные преимущества состоят в улучшении визуализации стенозов сосудов, например, увеличении способности выявлять зоны инфаркта и ишемии.

При интерпретации сонограмм важным показателем является эхогенность. Плотные структуры (конкременты) полностью отражают ультразвуковые волны, поэтому они эхопозитивны (гиперэхогенны). Жидкость однородна и свободно пропускает ультразвуковые волны, поэтому она эхонегативна.

Тестовым органом, имеющим среднюю эхогенность, является нормальная печень.

Ультразвуковые методы позволили более точно решать вопросы диагностики значительного числа заболеваний сердечно-сосудистой, пищеварительной, мочеполовой систем. С помощью этих методов получают ценные сведения в акушерстве и гинекологии, онкологии, неврологии и нейрохирургии, офтальмологии.

***Магнитно-резонансная томография.*** Важнейшее значение в современной лучевой диагностике приобрела магнитно-резонансная томография (МРТ). МРТ дает ценную диагностическую информацию о физических и химических параметрах, позволяющих судить о природе и морфологическом строении исследуемых органов и тканей. К тому же изображение можно получать в любой плоскости. Основными компонентами МР-томографа являются силовой магнит, радиопередатчик, приемная радиочастотная катушка и компьютер. Большинство магнитов имеют магнитное поле параллельное длинной оси тела человека. Сила магнитного поля измеряется в теслах (Тл). Для клинической МРТ используются поля силой 0,02-3 Тл.

Когда пациента помещают в сильное магнитное поле, все маленькие протонные магниты тела (ядра водорода) разворачиваются в направлении внешнего поля (подобно компасной стрелке, ориентирующейся на магнитное поле Земли). Помимо этого, магнитные оси каждого протона начинают вращаться (прецессировать) вокруг направления внешнего магнитного поля. При пропускании через тело пациента радиоволн, имеющих равную частоту с частотой вращения протонов (Ларморовская частота) магнитное поле радиоволн заставляет магнитные моменты всех протонов вращаться по часовой стрелке. Это явление называют магнитным резонансом.

Под резонансом понимают синхронные колебания, и для изменения ориентации магнитных протонов магнитные поля протонов и радиоволн должны резонировать т.е. иметь одинаковую частоту.

В тканях пациента создается суммарный магнитный момент: ткани намагничиваются и их магнетизм ориентируется точно параллельно внешнему магнитному полю. Магнетизм пропорционален числу протонов в единице объема ткани. Огромное число протонов (ядер водорода), содержащихся в большинстве тканей, обуславливает тот факт, что магнитный момент достаточно велик для того, чтобы индуцировать электрический ток в расположенной вне пациента принимающей катушке. Этот индуцированный электрический ток «МР-сигнал» используется для реконструкции изображения.

В промежутке между передачей импульсов протоны подвергаются двум различным процессам релаксации T1 и T2. Релаксация - это последствие постепенного исчезновения намагниченности, вызванного небольшими различиями в силе местных магнитных полей. T2 релаксация - потеря магнетизма, сильно зависит от физических и химических свойств тканей. T1 релаксация - время восстановления магнетизма. Чем короче T1, тем быстрее восстанавливается магнетизм.

Таблица

Зависимость МР сигнала от исследуемой ткани

Объект исследования	Пример	Интенсивность	
		T1-взвешенный сигнал	T1-взвешенный сигнал
Газ	Газ в легких, придаточных пазухах носа, желудке и кишечнике	Отсутствует	Отсутствует
Ткани, содержащие минералы в большом количестве	Компактное вещество кости, участки обызвествления	Отсутствует	Отсутствует
Слабо минерализованные ткани	Губчатое вещество кости	Средний или близкий к высокому	Низкий
Коллагеновые ткани	Связки, сухожилия, хрящи, соединительная ткань	Низкий	Низкий
Жир	Жировая ткань	Высокой интенсивности	Высокой интенсивности
Паренхиматозные органы, содержащие связанную воду	Печень, поджелудочная железа, надпочечники, мышцы, гиалиновые хрящи	Низкий	Низкий или близкий к среднему
Паренхиматозные органы, содержащие свободную жидкость	Щитовидная железа, селезенка, почки, предстательная железа, яичники, половой член	Низкий	Высокий
Полые органы, содержащие жидкость	Желчный пузырь, мочевой пузырь, простые кисты	Низкий	Высокий
Ткани с низким содержанием белка	Спинномозговая жидкость, моча, отеки	Низкий	Высокий
Ткани с высоким	Синовиальная жидкость,	Средний	Высокий

содержанием белка	пульпозное ядро межпозвоночного диска, сложные кисты, абсцессы		
Кровь	Кровь в сосудах	Отсутствует	Отсутствует

*Контрастные средства для МРТ.* Контрастное разрешение на МР-изображение может быть существенно улучшено различными контрастными средствами. В зависимости от магнитных свойств МР-контрастные средства подразделяются на парамагнитные и супермагнитные.

Парамагнитные контрастные средства. Парамагнитными свойствами обладают атомы с одним или несколькими неспаренными электронами. Это магнитные ионы гадолиния, хрома, никеля, железа, а так же марганца. Наиболее широкое клиническое применение получили соединения гадолиния.

Контрастирующий эффект гадолиния обусловлен укорочением времени релаксации T1 и T2. В низких дозах преобладает воздействие на T1, увеличивающее интенсивность сигнала. В высоких дозах преобладает воздействие на T2 со снижением интенсивности сигнала. Наиболее широкое распространение имеют парамагнитные внеклеточные МР-контрастные средства:

1. Магневист (гадопентат димеглюмина).
2. Дотарем (гадотерат меглюмина).
3. Омнискан (гадодиамид).
4. Проханс (гадотеридол).

Суперпарамагнитные контрастные средства. Суперпарамагнитный оксид железа – магнетит. Его доминирующим воздействием является укорочение релаксации T2. С увеличением дозы происходит снижение интенсивности сигнала.

Так же, как в компьютерной томографии, пероральные контрастные средства используются при исследованиях органов брюшной полости, чтобы дифференцировать кишечник и нормальные или патологические ткани.

Магнетит применяется при исследованиях желудочно-кишечного тракта. Это суперпарамагнитное вещество с преимущественным действием на T2 релаксацию. Действует, как негативное контрастное средство, т.е. снижает интенсивность сигнала.

**Тепловые изображения.** Анализ тепловых полей тела человека как новый диагностический метод начал применяться в медицинской практике с конца 50-х годов и с тех пор нашел широкое применение во многих клиниках мира. Впрочем, еще врачи древней Греции определяли локализацию глубокого расположения опухоли по местам наиболее быстрого высыхания ила, тонким слоем которого смазывали больного.

В конструкции тепловизоров используются два метода получения тепловых изображений. Приборы, создающие видимое изображение тепловой картины объекта без сканирования, и сканирующие радиометры. В устройствах без сканирования преобразование теплового излучения в видимое осуществляется одновременно по всему полю зрения, тогда как при использовании сканирования преобразование осуществляется последовательно от точки к точке.

Итак, инфракрасная термография - способ бесконтактной дистанционной регистрации изображения кожных покровов человека по его собственному спонтанному инфракрасному излучению, обусловленному процессами термogenesis и теплоотдачи тканей в диапазоне электромагнитных волн от 0,76 мкм до 0,1 мм.

Наиболее широко в тепловизорах используется одноэлементный приемник из антимиона индия, который охлаждается жидким азотом. Под действием падающего на приемник потока излучения изменяется его электропроводность (электрическое сопротивление). Падение напряжения на фотосопротивлении измеряется.

Термографическое исследование, как абсолютно безвредное, используют только на первом этапе диагностического алгоритма, а также для контроля эффективности лечения тех или иных заболеваний.

Проведение осмотров населения в кабинетах термодиагностики должно быть ориентировано на выявление в первую очередь следующих групп заболеваний:

1. Злокачественные новообразования: кожи и молочной железы, губы, полости рта и глотки, носа, уха, околоносовых пазух, гортани, мочеполовых органов.

2. Болезни системы кровообращения: флебит и тромбофлебит, облитерирующий атеросклероз.

3. Болезни органов пищеварения: язвенная болезнь желудка и 12 -перстной кишки, гастрит, панкреатит, холецистит.

Например, термография выявляет практически все случаи рецидивов и МТС в лимфатические узлы; МТС в позвоночный столб, ребра, кости таза выявляются в 80% наблюдений обычно за 1-1,5 месяца до их рентгенологического выявления.

Заключение: в заключении подчеркивается значение лучевой диагностики для клинической практики.