

**ФИЗИЧЕСКИЕ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ  
ДИАГНОСТИКИ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**  
**СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**  
**ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ  
И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

## ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие медицинская радиология, включающая в себя лучевую диагностику и лучевую терапию, в связи с бурным развитием науки и техники, переживает своё второе рождение. Появились и уже широко стали использоваться методы лучевого исследования, основанные на высоких технологиях, такие как рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, эмиссионные методы томографии, ультрасонография и тепловидение.

Каждый из этих методов постоянно совершенствуется за счет появления аппаратов нового поколения, основанных на современных **цифровых технологиях**, с большей разрешающей способностью а следовательно, и большими диагностическими возможностями.

Наряду с традиционными методиками в повседневной клинической практике нашли широкое применение и современные методы лучевой диагностики. Так, по данным Всемирной Организации Здравоохранения, на сегодняшний день не менее **85%** клинических диагнозов устанавливается или уточняется с помощью различных методов лучевого исследования. Эти методы успешно используются для оценки результатов лечения и динамического наблюдения за состоянием больных в процессе реабилитации.

Весьма важен тот факт, что некоторые методы лучевой диагностики, используемые с **профилактической целью** (флюорография, маммография, остеоденситометрия), в сочетании с клинико-лабораторными исследованиями играют важную роль в **раннем** выявлении таких широко распространённых заболеваний, как туберкулёз, опухоли, остеопороз.

В связи с тем, что некоторые методы лучевой диагностики уже далеко вышли за рамки только радиологии, появилась совершенно новая отрасль медицины – **интервенционная радиология**, которая находится на стыке двух наук: радиологии и хирургии.

Среди всех онкологических больных **60-80%** имеют показания к проведению лучевой терапии либо в виде самостоятельного курса, либо в сочетании с другими методами лечения. Таким образом, терапевтическая радиология, наряду с хирургическим и химиотерапевтическим методами, занимает важное место в комплексном лечении злокачественных опухолей.

Всё вышеизложенное показывает важность изучения данной дисциплины в процессе получения медицинского образования.

Однако на сегодняшний день студенты нашей Академии сталкиваются с рядом объективных трудностей, связанных с необходимостью изучения большого объёма информации по курсу лучевой диагностики и лучевой терапии, с недостатком современных учебных и методических пособий.

Подготовка данного методического пособия направлена на частичное решение этих проблем и оказание помощи студентам в освоении нашей дисциплины.

Тематика практических занятий в основном охватывает все аспекты современной лучевой диагностики и лучевой терапии в объёме, предусмотренном учебной программой, утверждённой Минздравом РФ. В пособии подчёркивается возможность с помощью лучевых методов исследования оценить состояние различных органов и

систем организма, показать роль методик лучевой терапии в комплексном лечении онкологических больных.

Мы старались изложить материал на современном и доступном для понимания уровне. Авторы надеются, что в процессе подготовки и работы студентов на практических занятиях, данное методическое пособие станет важным дополнением к учебнику, поможет в овладении основами медицинской радиологии.

Авторы с благодарностью примут все замечания и предложения по улучшению качества и содержания данного пособия.

☎ 295-10-71, e-mail: radiology@mail.ru

# ФИЗИЧЕСКИЕ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

## СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

**Цель занятия:** изучить современные способы получения медицинского диагностического изображения, выявить физические и радиобиологические эффекты, лежащие в их основе, изучить принципы организации работы отделений лучевой диагностики.

#### АННОТАЦИЯ

*Лучевая диагностика* – наука о применении излучений для диагностики заболеваний.

*Лучевая терапия* – наука о применении ионизирующих излучений для лечения болезней.

Эти науки относят к области медицины, которая называется *медицинская радиология*. Прошло немногим более 100 лет со дня рождения медицинской радиологии, но на сегодняшний день без неё не может обойтись ни одна медицинская дисциплина. В первую очередь это связано с тем, что радиология открыла небывалые возможности углубленного изучения строения и функции нормальных и патологически изменённых органов путём получения их изображения (medical imaging). Доступность радиологического обследования сегодня воспринимается как нормальная составляющая часть жизни. Так, в развитых странах на каждого жителя ежегодно приходится 0,3-1,0 радиологических исследований. Лучевая терапия, наряду с хирургией и химиотерапией, стала неотъемлемой частью комплексного лечения большинства злокачественных опухолей.

- МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Все методы лучевой диагностики можно подразделить в зависимости от того, какой вид излучений (ионизирующее или неионизирующее) используется для получения диагностической информации.

Напомним, что **ионизирующим** называется любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков, то есть ионизации. Оно может быть: 1) *квантовым* – рентгеновское излучение, тормозное излучение высокой энергии, получаемое в ускорителях,  $\gamma$ -излучение (в результате радиоактивного распада); и 2) *корпускулярным* ( $e^-$ ,  $e^+$ ,  $^1_0n$ ,  $\pi$ -мезоны,  $^{2+}\alpha$ -частицы, осколки тяжелых ядер).

По имеющейся в учебной комнате таблице “Характеристика ионизирующих излучений”, на основании сравнения проникающей и ионизирующей способностей, биологического действия разных видов ИИ, определите возможность их использования в медицинской практике.

Воспользовавшись другой таблицей, определите, какие *свойства ИИ* используются в лучевой диагностике, лучевой терапии и клинической дозиметрии.

Факт ионизации накладывает ограничения на применение методов лучевой диагностики, связанных с ионизирующим излучением. Эти ограничения в виде предельно-допустимых доз (ПДД) облучения фиксируются в Законе страны (В РФ – “Нормы радиационной безопасности”). Для правильного понимания требований этого закона необходимо знать определение и единицы измерения ряда радиологических величин (энергия излучения, активность радионуклида, экспозиционная, поглощённая и эквивалентная дозы). Познакомьтесь с ними по соответствующей таблице в учебной комнате. Нужно помнить, что при применении радионуклидов для цели диагностики, ПДД будет определяться категорией обследуемого больного: АД, БД или ВД. В учебнике подробно описан принцип отнесения пациента к одной из этих категорий, определите, как и почему изменяется величина ПДД для каждой из этих категорий пациентов.

## МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

### РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД

Все методики рентгенодиагностики в качестве источника ионизирующего излучения используют рентгеновскую трубку.

**Традиционные (рутинные)** методики отличаются друг от друга только приёмником излучения, что представлено в таблице 1.

Из этой таблицы видно, что рентгенография и электрорентгенография относятся к группе *прямых аналоговых технологий*, так как и экран, и плёнка являются аналоговыми детекторами, то есть их реакция на постоянную и непрерывно увеличивающуюся дозу излучения также постоянна и непрерывна (плёнка реагирует изменением потемнения, экран – испусканием видимого света (флюоресценцией), а селеновая пластина – изменением заряда).

В современных условиях при флюорографии и рентгеноскопии изображение не наблюдают непосредственно на флюоресцирующем экране. С целью снижения лучевой нагрузки на пациента используют усилители рентгеновского изображения (электронно-оптические преобразователи – ЭОП), то есть *непрямые аналоговые технологии*.

Традиционная рентгенография позволяет создавать послойные изображения – проводить **линейную томографию**. Одновременное перемещение под определённым углом рентгеновской трубки и кассеты с плёнкой относительно неподвижного объекта исследования приводит к тому, что на плёнке чётко визуализируются только те объекты, которые лежат в плоскости исследования, все же другие, которые лежат вне этой плоскости – “размываются”.

### **Компьютерная томография**

При КТ рентгеновскими лучами экспонируются тонкие срезы ткани, соответственно отсутствует наложение или размывание структур, расположенных вне выбранных объектов. Метод основан на определении величин коэффициентов ослабления рентгеновского излучения в тканях исследуемого слоя. Таким образом, субъективная оценка изображения дополнена прямой денситометрией, что позволяет использовать математический анализ изображения. Высокая точность измерений позволяет различать ткани незначительно (на 0,5%) отличающиеся друг от друга по плотности. В связи с этим считается, что объём информации, содержащийся в

компьютерной томограмме, примерно в 1000 раз больше, чем в обычной рентгенограмме. Таким образом, методика КТ относится к *цифровым технологиям*.

В системах КТ получение изображения связано с выполнением следующих операций: формирование коллимированного (узко направленного) пучка рентгеновского излучения; сканирование объекта этим пучком; измерение излучения за объектом детекторами с последующим преобразованием результатов в цифровую форму; машинный синтез изображения; построение изображения на экране видеоконтрольного устройства.

В настоящее время существуют пять конструктивных разновидностей (“поколений”) КТ-установок. Наиболее распространены томографы третьего поколения, в которых сканирование осуществляется веерообразным пучком рентгеновского излучения, полностью перекрывающим тело пациента. Трубка и соосно соединённые с ней детекторы вращаются вокруг пациента на 360°; время получения одного скана (среза) не превышает 5-10". Системы 4-го поколения отличаются лишь тем, что детекторы укреплены по всей окружности рамы сканирующего устройства, внутри которой вращается рентгеновская трубка.

Концепция *спиральной КТ* значительно увеличила эффективность исследования вследствие того, что большая анатомическая область может быть просканирована за один период задержки дыхания пациентом. В процессе исследования стол постоянно и линейно движется через первичный веерообразный луч с одновременным постоянным вращением трубки и массива детекторов. Обеспечивая получение тонких соприкасающихся срезов, спиральная КТ обеспечивает создание качественных изображений, в том числе и трёхмерных (3D).

В любом случае КТ-обследование начинается с выполнения цифровой проекционной радиограммы (топограммы), предназначенной для выбора анатомической области, которая будет послойно визуализирована.

### **Искусственное контрастирование**

В ряде случаев для повышения контрастности изображения прибегают к *искусственному контрастированию* органов (при КТ – *внутривенное усиление*). С этой целью в традиционной рентгенологии и КТ используют негативные и позитивные контрастные средства.

1. *Негативные* рентгенконтрастные средства (воздух, углекислый и другие газы) ослабляют рентгеновское излучение меньше, чем мягкие ткани тела, поскольку газ, по сравнению с ними, содержит значительно меньшее число ослабляющих излучение атомов на единицу объёма.

2. В *позитивном* рентгенконтрастном средстве некоторые атомы (йод, барий) обладают более высоким атомным числом, чем атомы мягких тканей (водород, углерод, кислород), а соответственно имеют большую способность ослаблять рентгеновское излучение. В зависимости от растворимости в воде различают:

2.1. *Водорастворимые* контрастные средства используют для внутрисосудистого введения. Это йодсодержащие препараты. Единственным желанным воздействием контрастных средств является ослабление рентгеновского излучения, все остальные являются нежелательными. Ионные препараты (урографин, верографин, йодамид) обладают рядом токсичных свойств (хемо- и осмотоксичность), что ограничивает их применение в диагностике. Созданные неионные препараты (омнипак, иогексол, ультравист) обладают значительно меньшей токсичностью, поэтому всё шире используются для искусственного контрастирования.

Цифровая методика, основанная на введении контрастного препарата в сосуды, сопровождающаяся вычитанием изображения кровеносных сосудов до контрастирования из их изображения после введения контрастного средства называется **цифровой (дигитальной) субтракционной ангиографией**.

2.2. *Нерастворимые* в воде. К ним относятся две формы сульфата бария: порошок сульфата бария, из которого перед исследованием пищеварительного тракта готовится взвесь в воде, и другая – готовая к использованию взвесь для специальных диагностических целей.

Органоспецифические контрастные средства будут рассмотрены на соответствующих практических занятиях.

## РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА

Все методики радионуклидной диагностики основаны на регистрации гамма-излучения, испускаемого введенным внутрь пациента радиоактивным веществом. В качестве источника ионизирующего излучения используют радиофармацевтические препараты (РФП), то есть комплекс радионуклида и молекулы-носителя фармацевтического препарата, которая и определяет характер его фиксации в организме. Эти методики позволяют оценить не только морфологическое, но главным образом функциональное состояние различных органов, что является главным преимуществом их использования в клинической практике. К РФП, используемым с целью диагностики, предъявляют ряд *требований*, обеспечивающих высокую диагностическую информативность методики и в то же время, снижающих лучевую нагрузку на пациента. К этим требованиям относятся следующие:

1. Радионуклид должен обладать благоприятными *физическими характеристиками*. Предпочтение отдают тем радионуклидам, *спектр излучения* которых представлен только  $\gamma$ -квантами, так как наличие в спектре  $e^-$  ( $\beta$ -частиц) создаёт дополнительную лучевую нагрузку и никак не влияет на диагностический процесс, поскольку эти частицы, в силу своей низкой проникающей способности, не могут быть зарегистрированы над поверхностью тела.

*Энергия излучения* должна быть достаточна для того, чтобы его можно было зарегистрировать с помощью используемой аппаратуры.

*Физический период полураспада* ( $T_{1/2\text{физ.}}$ ) имеет значение при выборе радионуклида, однако необходимо помнить, что при введении РФП внутрь начинают действовать биологические процессы выведения его из организма ( $T_{1/2\text{биол.}}$ ). Общее правило таково, что эффективный период полувыведения РФП ( $T_{1/2\text{эфф.}}$ ) – время за которое из организма выводится половина введенного в него радионуклида за счет физического распада и биологического выведения, должен быть равен времени проведения диагностического исследования.

2. РФП должен включаться в обменные процессы, то есть быть тропным к конкретной ткани, например, органотропным к щитовидной железе, почкам, печени, или туморотропным.

3. Используемый РФП не должен обладать радио- и химиотоксичностью, то есть ни сам радионуклид, входящий в состав РФП, ни продукты его распада не должны быть токсичными для организма пациента.

В настоящее время радионуклидами, наиболее удовлетворяющими данным требованиям, являются:  $^{123}\text{I}^*$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}^*$  и  $^{113\text{m}}\text{In}^*$ , причём последние два получаются

непосредственно в лаборатории из соответствующих генераторов, схема которых представлена в учебной комнате на таблице.

Ниже приводится общая характеристика методик радионуклидной диагностики.

### **Визуализирующие методики радионуклидной диагностики**

1. **Сцинтиграфия.** Использование сцинтилляционных компьютерных гамма-камер практически полностью заменило все выше перечисленные методы исследования. Она даёт возможность получать серию изображений, отображающих все этапы процесса прохождения РФП в организме, например – ангиофросцинтиграфия.

2. **Эмиссионная компьютерная томография.** Подобно рентгенологическому методу, у радионуклидной диагностики имеются методики, позволяющие получать послойные изображения различных органов.

2.1. **Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭТ, SPECT).** Для её проведения используются либо многодетекторные гамма-камеры, либо камеры с вращающимся блоком детектирования, позволяющие изучать характер распределения РФП на срезах различного уровня.

2.2. **Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ, PET).** Самый современный способ радионуклидной диагностики. Основан на использовании позитрон-излучающих ( $^+\beta$ ) радионуклидов ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{15}\text{O}$ , и других). При введении в организм таких радионуклидов происходит взаимодействие позитронов с ближайшими электронами (аннигиляция), результатом которого является появление двух противоположно направленных  $\gamma$ -квантов, имеющих одинаковую энергию (511 кэВ). Это излучение регистрируется позитронно-эмиссионными томографами по принципу совпадения. Необходимость располагать производство этих радионуклидов вблизи от диагностической лаборатории из-за ультракороткого  $T_{1/2\text{физ.}}$  (несколько минут) делают это исследование дорогостоящим. Однако эта технология делающая прорыв в области получения диагностической информации о метаболических процессах в различных органах (в настоящее время – преимущественно в головном мозге), заставляет крупные клинические центры всё шире использовать её не только в научных, но и в клинических целях.

## **ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ**

Современное состояние методов лучевой диагностики позволяет использовать их не только для диагностического поиска, но и для проведения различных оперативных вмешательств, выполняемых под контролем одного из методов лучевой диагностики. Эти методы, по сравнению с традиционными вмешательствами, сокращают объём операции. Иногда их ещё называют методами “минимально инвазивной терапии”. Кратко перечислим возможности современной интервенционной радиологии.

1. **Ангиохирургические** вмешательства: баллонная ангиопластика и тромбэктомия или реканализация сосудов при атеросклерозе, стенозах другого происхождения.

2. Если при ангиографии обнаруживают повреждённый сосуд (травмы, кровотечения из пищеварительного тракта и тому подобное), используют **эмболизационные** вмешательства. Посредством этого вмешательства можно “выключить” орган. Такая необходимость может возникнуть при гиперспленизме, поражении почек злокачественной опухолью или в терминальной стадии почечной недостаточности.

3. Хирургические вмешательства на желчных путях.

4. Дренирование абсцессов и кист под контролем УЗИ или КТ.
5. Урорадиологические вмешательства: дренаж почек, реканализация маточных труб.
6. Вмешательства для ослабления боли: чрескожный лизис невралных структур.

## МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

### МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

МРТ самый молодой метод лучевой диагностики. МР-томографы могут создавать изображения сечений любой части тела в любой заданной плоскости. Основными компонентами МР-томографа являются сильный магнит, радиопередатчик, приёмная радиочастотная катушка и, конечно, компьютер.

Эффект магнитного резонанса наблюдается у атомных ядер, содержащих нечётное число протонов, например  $^1\text{H}$  (протоны),  $^{13}\text{C}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{31}\text{P}$ . Эти ядра отличаются тем, что они являются очень маленькими магнитными диполями. Когда пациента помещают внутрь сильного магнитного поля томографа, все они разворачиваются в направлении внешнего магнитного поля, то есть их ориентация упорядочивается и, кроме того, диполи начинают вращаться вокруг направления внешнего магнитного поля. Это специфическое вращательное движение называется *прецессией*, а его частота – *резонансной частотой*. Резонансная частота строго пропорциональна величине магнитной индукции томографа.

Магнитные поля большинства прецессирующих протонов ориентируются вдоль силовых линий магнитного поля (параллельные), так как это соответствует более низкому энергетическому уровню; число антипараллельно расположенных атомов в миллионы раз меньше. Различие в энергии между энергетическими уровнями пропорционально магнитной индукции томографа (в пределах от 0,1 до 2,0 Тесла, Тл). Приложив такую энергию, можно заставить протоны перейти на более высокий энергетический уровень, то есть изменить ориентацию на антипараллельную. Этот процесс перехода и изменения ориентации (возбуждение), а затем возврата в исходное состояние (*релаксация*) сопровождается потерей избытка энергии в виде излучения той же частоты, что и резонансная. Регистрация данного излучения служит основой для получения МР-изображения.

Различные ткани организма отличаются друг от друга по содержанию протонов (*протонной плотности*). Поглощение ими энергии излучения, соответственно, будет неодинаковым, а регистрация количества обратно испускаемой энергии и отображение её на экране дисплея в виде сигналов различной интенсивности позволяет различать ткани по этому показателю. Однако при патологических состояниях протонная плотность существенно изменяется далеко не всегда, что затрудняет диагностику, основанную на анализе этой магнитной характеристики. В связи с этим большое значение приобретают характеристики *релаксационных времён*. Определяют время релаксации  $T_1$  (*спин-решетчатая*) и время релаксации  $T_2$  (*спин-спиновая*), для чего создают градиентную последовательность внешнего радиочастотного поля с разным временем повторения, которая поворачивает прецессирующие протоны на  $90^\circ$ , а затем регистрируют ответные МР-сигналы. Таким образом, в зависимости от способа

исследования получаются различные изображения одной и той же анатомической области.

**Контрастные МР-исследования.** Первая их группа связана с эффектом протекания жидкости. Высокая скорость кровотока в большинстве случаев будет приводить к тому, что некоторые ядра, находящиеся в срезе, лишаются одного из импульсов, соответственно на МР-томограмме это проявляется в виде потери сигнала (эффект “вымывания”).

Вторая группа основана на выборе в градиентной последовательности очень короткого времени повторения. При этом неподвижные протоны будут многократно подвергаться действию возбуждающего импульса и таким образом насыщаться, а, следовательно, будут давать слабый сигнал. Втекающие в исследуемый слой с кровью “свежие” (ненасыщенные) протоны будут давать сильный сигнал. Это методика называется ангиографией “времени прохождения”.

Третья группа связана с дополнительным использованием контрастных препаратов, что позволяет повысить чувствительность метода. Точкой приложения контрастных препаратов для МРТ являются магнитные характеристики тканей, рассмотренные выше. В отличие от рентгенконтрастных препаратов, сами эти вещества не видны. Наиболее распространёнными являются парамагнитные контрастные препараты Магневист и Омнискан, созданные на основе соединений гадолиния (Gd).

**Ограничения использования МРТ** связаны с некоторым риском для пациента. К ним относятся: эффект “затягивания” в магнит металлических предметов, поэтому при входе в рабочую зону пациента передевают и обыскивают металлоискателем; сдвиг металлических имплантантов в теле пациента: металлические клипсы, сдвиг которых может привести к кровотечению, металлические инородные тела в глазном яблоке. Кроме того, парамагнитные металлы в теле пациента могут приводить к возникновению артефактов на изображении; золото не обладает парамагнитными свойствами и не даёт артефактов. Работа искусственного водителя ритма сердца при МРТ может быть нарушена, поэтому обследование таких больных не допускается. Нагрев тканей при МРТ ограничивает её использование у беременных, больных с нарушениями терморегуляции. Туннельные МР-катушки в ряде случаев не могут быть использованы у людей, страдающих клаустрофобией (боязнь замкнутых пространств).

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА

Ультразвуковая диагностика – одна из самых широко распространённых методик лучевого исследования, основанная на пропускании через тело пациента ультразвукового (УЗ) луча частотой от 3,5 до 10 МГц, его отражении от различных тканей и возвращении обратно к датчику в виде эха. УЗ генерируется датчиком (трансдюсером), основным составляющим которого являются *пьезоэлектрические кристаллы*. Они обладают двумя свойствами: подача электрических потенциалов на кристалл приводит к его механической деформации с такой же частотой, а механическое сжатие его генерирует электрические импульсы. Таким образом, датчик в современных УЗ-аппаратах является одновременно и генератором и приёмником ультразвуковых волн.

На границе мягкая ткань – газ из-за большого акустического сопротивления, практически все УЗ-волны отражаются от неё. Поэтому в качестве прослойки между

датчиком и кожей пациента используют специальные гели, а воздушные лёгкие и наполненные газом петли кишечника препятствуют проведению исследования. Такое же большое сопротивление существует и между мягкими тканями и кортикальным слоем кости. В зависимости от цели исследования используют различные типы датчиков, которые различаются по частоте формируемого УЗ-луча, и своей форме (трансабдоминальные, внутрисполостные, интраоперационные); сконструированы специальные датчики, которые позволяют исследовать внутричерепные образования через кости черепа (транскраниальные) и саму костно-суставную систему.

### ***Режимы УЗ-сканирования***

*А-режим* (амплитудный) – когда эхо с различной глубины изображается в виде вертикальных пиков на горизонтальной линии, отображающей глубину и реальное время. Дает только одномерное изображение, поэтому крайне редко используется в диагностике.

В *М-режиме* (motion, движение) ось глубины на мониторе ориентируется вертикально, различные эхосигналы отображаются как точки с яркостью, определяемой силой эха. Эти точки перемещаются слева направо, создавая таким образом кривые, показывающие изменения положения отражающих структур с течением времени. Данный метод особенно популярен в кардиологии.

В современных условиях используется почти исключительно *В-режим* (brightness), на аппаратах, работающих в реальном масштабе времени. На экране монитора множеством ярких точек формируется изображение (“картинка”). Вертикальное положение этих точек определяется задержкой эха, а горизонтальное – положением приёмного элемента датчика. Амплитуда эха определяет яркость точек.

### ***Допплерография***

Измерение скорости кровотока с использованием УЗ основано на общем физическом явлении, согласно которому частота восприятия звука, издаваемого движущимся объектом, изменяется при её восприятии неподвижным приёмником. При пересечении УЗ-лучом сосуда или полости сердца небольшая часть УЗ-волн отражается от эритроцитов. Частота волн эха, отражённого от этих клеток, движущихся по направлению к датчику будет выше, чем у волн, испускаемых им самим. Разница между частотой принятого эха и частотой генерируемого датчиком ультразвука называется доплеровским сдвигом. Этот сдвиг прямо пропорционален скорости кровотока. Визуально скорости потоков крови отображаются в виде графиков, на которых по оси ординат отложена скорость, а по оси абсцисс – время. Наиболее оптимально в современных условиях проводить доплеровское исследование кровотока в виде дуплексного сканирования, когда направление доплеровского луча накладывается на изображение сосуда в В-режиме.

### ***Современные направления развития метода УЗИ***

*Цифровая ультразвуковая диагностика* подразумевает 1) цифровое формирование УЗ-луча методом поточечной динамической фокусировки; 2) использование цифрового преобразователя изображения, что обеспечивает большую разрешающую способность УЗ-сканеров.

*Получение трёхмерных изображений*, позволяющих повысить диагностическую информативность этого метода исследования.

*Использование контрастных препаратов*, которые увеличивают различия в количестве УЗ-энергии, отражаемой различными структурами тела. Таким образом, экзогенные субстанции, которые вводятся в сосуд или в орган, повышают их экзогенность, то есть способность отражать УЗ-энергию. К таким препаратам относятся: “Эховист” – микропузырьки газа, внедрённые в глюкозу, используются для исследования сердца и магистральных вен. “ЭхоГен” – жидкость, которая вводится в кровь, а затем непосредственно в ней выделяет микропузырьки газа, что улучшает визуализацию глубоко залегающих сосудов.

Развитие дуплексного сканирования – *цветное доплеровское картирование*, при котором в В-режиме неподвижные объекты показываются оттенками серой шкалы, а сосуды – цветной. При этом оттенок цвета отражает скорость и направление кровотока.

## ТЕРМОГРАФИЯ ИЛИ ТЕПЛОВИДЕНИЕ

Среди всех методик термографии, то есть получения изображения путём регистрации естественного теплового излучения тела человека в невидимых инфракрасном, миллиметровом или дециметровом диапазонах, наиболее распространена *дистанционная инфракрасная термография*. При этом с помощью специальных приборов – тепловизоров<sup>1</sup> получают изображение теплового рельефа поверхности тела, закодированное в цветовой шкале, и измеряют температуру в пределах десятых долей градуса в любом его участке.

- ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### План описания

Каждому лучевому синдрому соответствует несколько возможных патологических состояний организма, поэтому каждое образование, выявляемое при лучевом исследовании, должно быть охарактеризовано исчерпывающим образом. Общая лучевая семиотика различает следующие показатели: положение, число, форма, размеры, интенсивность (плотность), структура (рисунок), контуры, смещаемость. Для более лёгкого запоминания этих признаков рекомендуем воспользоваться следующим мнемоническим приёмом: если прочесть первые слоги перечисленных показателей, то получатся два слова, напоминающие фантастические женское и мужское имена – “ПО – ЧИ – ФО – РА” и “ИН – РИ – КО – С”.

### Оценка качества рентгеновского снимка

Условиями получения снимков хорошего качества является: выбор оптимальных физико-технических параметров производства рентгенограмм, подготовка пациента к исследованию, правильная укладка больного и др.

Рассмотрим характеристики качества получаемого изображения, так как от него прямо зависит диагностическая ценность результата исследования. Во время самостоятельной работы на практических занятиях всегда начинайте протокол с описания качества рентгенограммы – это поможет избежать диагностических ошибок. При этом учтите, что рентгенограмма представляет собой *негативное, теневое, плоскостное, суммационное* и всегда *увеличенное* изображение.

При анализе рентгенограммы её светлые участки называются затемнениями, а тёмные – просветлениями. Рентгенограмма хорошего качества является *структурной*, то есть на ней всегда можно отметить большое количество деталей. Видимость их определяется, главным образом, резкостью и контрастностью изображения.

*Резкостью* изображения называют степень перехода одной интенсивности тени в другую. Если этот переход осуществляется скачкообразно, резко, то имеется чёткая очерченность краёв детали, и это является положительным качеством снимка. При постепенном переходе – изображение нерезкое, контуры его размытые. Нерезкость может возникнуть в результате трёх основных причин: 1) неправильно подобранных расстояний между фокусом трубки, объектом съёмки и плёнкой – *геометрическая* нерезкость; 2) пульсаторных, дыхательных и перистальтических движений внутренних органов, а также беспокойным состоянием пациента во время съёмки – *двигательная* нерезкость.

*Контрастностью* называется различие в степени потемнения двух соседних участков плёнки.

*Артефакт* (искусственный факт) – это изображение, не имеющее отношения к исследуемому объекту. Являясь результатом различных погрешностей (неправильное хранение плёнки, фотохимические погрешности, снимки пациента в одежде и др.) артефакт может симулировать патологическое образование.

### **Радионуклидное исследование**

При оценке функциональных исследований сначала проводят их качественную оценку, а затем количественную. Полученные значения сравниваются с разработанными нормативами.

При описании изображения, кроме перечисленных в разделе “план описания” признаков, добавляют специфические для радионуклидного исследования признаки: уровень накопления РФП и характер (равномерность) его распределения в изучаемом органе, скорость накопления и выведения РФП из органа.

### **Компьютерная томография**

Вычисленные коэффициенты ослабления рентгеновского излучения выражаются в относительных величинах, так называемых единицах Хаунсфилда (НУ). Нижняя граница шкалы Хаунсфилда соответствует ослаблению рентгеновского излучения в воздухе (–1000,0 НУ), верхняя – в компактном слое кости (+1000,0 НУ), коэффициент абсорбции воды принят за 0,0 НУ. Для визуального анализа изображения на различных участках шкалы Хаунсфилда в КТ предусмотрены средства управления шириной и положением (центром) окон. *Окно* – определённая часть шкалы Хаунсфилда, которой соответствует перепад величины яркости экрана от белого до чёрного. *Ширина окна* – величина разности наибольшего и наименьшего коэффициента ослабления отображаемая данным перепадом яркости, а его центр – это величина коэффициента ослабления, соответствующая середине окна и выбираемая оператором исходя из условия наилучшего наблюдения плотности некоторой группы тканей. Таким образом, при описании плотности образования пользуются терминами: гиперденсивное (плотное) и гиподенсивное, кроме того, описывают изменение характера образования после проведения внутривенного усиления.

### **Магнитно-резонансная томография**

Наибольшую протонную плотность имеет жировая ткань, которая на экране визуализируется в виде светлых участков, наименьшую – компактная костная ткань, (на экране – тёмная). Релаксационные времена зависят от содержания в тканях воды, которая их удлинняет, белковых молекул (сокращают). Большинство патологических процессов сопровождаются увеличением содержания внутри- или внеклеточной жидкости, а, следовательно, и удлинением релаксационных времён. Соответственно, такие очаги на  $T_2$ -взвешенных томограммах выглядят гиперинтенсивными (яркими) и гипоинтенсивными (тёмными) на  $T_1$ -взвешенных. Исключение составляет потеря воды в межпозвоночных дисках при остеохондрозе – на томограммах они становятся гипоинтенсивными не зависимо от способа реконструкции и в участках кальцификации, которые не дают сигнала в виду отсутствия атомов водорода. Значительно сокращает релаксационные времена меланин и метгемоглобин интактных эритроцитов. Эта особенность позволяет дифференцировать меланобластому от других опухолей и выявлять свежее кровоизлияние.

### **Ультрасонография**

Для правильной оценки состояния органа или образования на ультрасонограмме требуется определить её тип: линейная или секторная, что зависит от используемого датчика и положения самого датчика. Эта информация должна выноситься на ультрасонограмму оператором, который непосредственно проводит исследование. Далее в протоколе описания отмечают все пункты предложенного выше плана. На следующем этапе оценивают акустическую плотность и структуру органа. Темные участки на ультрасонограмме называют эхонегативными, а светлые – эхопозитивными. Большинство паренхиматозных органов визуализируется как эхонегативные структуры, на фоне которых определяются эхопозитивные стромальные элементы. Образования, содержащие жидкость (абсцесс, киста) выглядят как эхонегативные участки. Самые яркие (светлые, эхопозитивные) очаги соответствуют конкрементам.

### **Тепловидение**

При оценке и интерпретации термограмм необходимо помнить, что существует несколько факторов, определяющих температуру кожи, среди них: интенсивность кровообращения, степень выраженности метаболических процессов и теплопроводность тканей, зависящая, в свою очередь, от толщины и гидрофильности кожи и подкожной клетчатки. Поэтому с целью повышения эффективности этого метода исследования проводят различные функциональные пробы: холодовые, на фоне гипергликемии, позволяющие более чётко рассмотреть патологический участок. В норме как правило, температура одинакова на симметричных участках тела, физиологическая асимметрия не должна превышать  $1^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta t \pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Перепад температур на протяжении участка в 1 см более чем на  $1^{\circ}\text{C}$  практически всегда свидетельствует о патологическом состоянии.

# ЛУЧЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОСТНО-СУСТАВНОЙ СИСТЕМЫ

**Цель занятия:** изучить рентгенологическую картину костно-суставной системы в норме, при травматических повреждениях и наиболее часто встречающихся заболеваниях костей и суставов. Изучить возможности современных методов лучевой диагностики в выявлении этих состояний.

## АННОТАЦИЯ

В настоящее время около 40% всех обследований, осуществляемых в рамках общего отделения лучевой диагностики, относятся к костно-суставной системе. При этом наиболее частыми показаниями к обследованию являются травмы, дегенеративно-дистрофические и воспалительные заболевания костей и суставов.

Для успешного овладения данной темой необходимо чёткое знание лучевой анатомии скелета, в том числе в возрастном аспекте. Ещё великий учёный-анатом Е.О. Мухин писал: “Врач не анатом не только бесполезен, но и вреден”. Воспользуйтесь учебниками лучевой диагностики и нормальной анатомии, методическими указаниями по рентгеноанатомии для повторения анатомического строения костно-суставной системы и особенностей её изображения на рентгенограммах.

### • ПОКАЗАНИЯ И ПЛАН ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНОГО

Лучевое исследование скелета показано при всех травматических *повреждениях* опорно-двигательного аппарата. Основной методикой при этом является *рентгенография*, правила проведения которой следующие: на снимке должно быть получено изображение всей кости со смежными ей суставами, или сустава с прилежащими отделами кости; рентгенограммы должны быть выполнены как минимум в двух взаимноперпендикулярных проекциях. При недостаточно ясном характере повреждения на рентгенограммах проводят КТ. При подозрении на повреждение мягких тканей оптимальными методиками лучевого исследования являются УЗИ и МРТ.

Другими частыми причинами проведения лучевого исследования опорно-двигательного аппарата являются дегенеративно-дистрофические, воспалительные заболевания, опухолевое поражение и авитаминозы.

Частой клинической задачей является и тактика обследования больного для выявления *метастазов* рака различной локализации в кости (от правильного решения этой задачи зависит и выбор оптимального метода лечения больного). Начинают исследование с остеосцинтиграфии. При выявлении очагов повышенного накопления РФП, тропных к опухолевой ткани, для подтверждения характера процесса требуется проведение КТ.

## МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### А. Основные

*Рентгенография.* В плане обследования пациента с повреждениями или заболеваниями костей и суставов этот метод занимает первое место. Условия выполнения рентгенограмм описаны выше.

*Рентгеноскопия.* Просвечивание используется для контроля за ходом репозиции отломков при сложных переломах, при вправлении вывихов. Большая лучевая нагрузка на пациента и медицинский персонал заставляют отказаться от широкого проведения этого метода исследования, заменив его *цифровой рентгенографией* (безплёночной), которая, с успехом может быть использована по указанным выше показаниям.

### **Б. Дополнительные**

*Рентгенография в нетипичных проекциях* показана для изучения отдельных сложно устроенных областей скелета, или в тех случаях, когда на рентгенограммах в стандартных проекциях изменения чётко не определяются. Например: рентгенограмма верхнешейного отдела позвоночника через открытый рот, аксиальная проекция при исследовании тазобедренных и плечевых суставов и т.д.

*Томография* (рутинная, линейная). Позволяет получать послойное изображение изучаемой области на интересующих врача уровнях, благодаря одновременному и разнонаправленному движению в горизонтальной плоскости источника излучения (рентгеновской трубки) и кассеты с плёнкой во время производства снимка. Показана для более подробного изучения структуры и протяженности патологического участка, его связи с другими отделами кости или суставами, выявления небольших участков поражения. Большое значение имеет при визуализации отделов скелета, имеющих сложную конфигурацию, например – позвоночник. В современных условиях, при наличии возможности, эту методику лучше заменить КТ или МРТ.

*Функциональные* рентгенограммы, выполненные с нагрузкой на сустав или в момент максимального движения в суставе (сгибания, разгибания и т.д.), позволяют выявить скрытые изменения в суставе (нестабильность двигательного сегмента позвоночника, остеоартроз).

### **В. Специальные методики лучевого исследования**

*Абсорбциометрия (остеоденситометрия)* является достоверным и точным методом диагностики системного или локального остеопороза, позволяющим провести количественную оценку биоминеральной плотности (BMD) различных костей. Используется с профилактической целью (у женщин старше 35 лет, у мужчин старше 40 лет) для ранней диагностики остеопороза, а также в динамическом наблюдении на фоне проводимой терапии. При этом проводятся ежегодные обследования шейк бедренных костей и поясничного отдела позвоночника. Сравнение получаемых данных о биоминеральной плотности с нормальными значениями для данного возраста и пола позволяют проводить адекватную терапию, позволяющую в несколько раз снизить риск возникновения переломов.

Метод остеоденситометрии основан на сравнении степени ослабления того или иного вида излучения после его прохождения через фантом с известной плотностью, и через исследуемый объект, в котором требуется определить биоминеральную плотность. В аппаратах для остеоденситометрии в качестве источников излучения могут быть использованы: рентгеновская трубка (двухфотонная абсорбциометрия), гамма-излучающий радионуклид (гадолиний), пьезоэлектрический кристалл (ультразвуковая остеоденситометрия). Последняя, в силу отсутствия лучевой нагрузки, наиболее предпочтительна.

*Компьютерная томография (КТ, СТ)* в настоящее время в значительной степени заменила традиционную томографию.

Методы радионуклидной диагностики: *остеосцинтиграфия и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ, SPECT)*. В динамическом режиме исследуются кровоток и перфузия. В статическом полипозиционном режиме – распределение РФП в минеральном остове кости. Эта трёхфазная методика проводится с использованием фосфатов, меченных  $^{99m}\text{Tc}^*$  или  $^{113m}\text{In}^*$ . Уровень накопления и характер распределения этих РФП в различных участках скелета обусловлен величиной кровотока, остеобластической активностью и степенью минерализации. Показаниями к применению служат: поиск метастазов в кости при опухолях различной локализации, оценка распространенности первичной костной опухоли, оценка эффективности химио- и лучевой терапии злокачественных опухолей, ранняя диагностика остеомиелита, выявление плохотектируемых на рентгенограммах переломов, оценка восстановления костной ткани после переломов, ранняя диагностика дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов, нарушения минерального обмена.

*Магнитно-резонансная томография (МРТ, MRI)*. Этот метод обеспечивает наилучшую визуализацию мягких тканей и костного мозга, по сравнению с другими методами лучевой диагностики. При этом можно дифференцировать друг от друга мышцы, жир, жидкость, сухожилия, связки, хрящи, сосудистые образования. Методика может быть использована с внутривенным усилением (за счет введения в сосуды специального контрастного вещества на основе гадолиния).

*Ультрасонография (УЗИ)*. Обычно, этот доступный и не дорогой метод, используют для оценки мягких тканей опорно-двигательного аппарата. Показаниями служат: травматические повреждения суставов, сухожилий и связок, суставной выпот, инородные тела (рентгенонегативные). УЗИ позволяет обнаружить изменения объёма надкостницы и находящиеся под ней скопление крови или гноя ещё в тот период, когда на рентгенограмме эти изменения не выявляются. Можно также обнаружить мягкотканый компонент злокачественной опухоли кости, что важно для дифференциальной диагностики. У маленьких пациентов может быть использована для диагностики дисплазии тазобедренного сустава и ранних стадий гематогенного остеомиелита.

*Термография*. Используется для ранней диагностики воспалительных и опухолевых процессов в костях и суставах, сосудистых нарушений в конечностях. В силу неспецифичности данного метода исследования он может быть использован только как дополнение к другим, более информативным методам лучевой диагностики.

### **Г. Методы интервенционной радиологии**

*Артрография*. Введение в полость сустава водорастворимого контрастного вещества (*артрография*), или газа (*пневмоартрография*), или того и другого вместе (*артрография с двойным контрастированием*) позволяет обнаружить неконтрастные внутрисуставные инородные тела, повреждения связочного аппарата и менисков суставов, что не всегда удаётся осуществить при использовании обычного рентгенологического обследования. Иногда артрография сопровождается артроскопией (осмотром полости сустава с помощью волоконной оптики), что повышает диагностическую эффективность обоих методов исследования. В большинстве случаев артрографию в настоящее время заменила магнитно-резонансная томография.

*Фистулография*. При наличии у больного хронического остеомиелита, осложнённого образованием свищей, для хирурга важно знать направление хода свища и характер сообщения свищевого хода с жизненно важными структурами (нервами, сосудами, суставами, эндопротезами). Такого рода информацию можно получить при введении водорастворимого контрастного препарата в свищевой ход.

Точная оценка данных контрастирования полости сустава при артрографии или свищевого хода при фистулографии возможна благодаря проведению не только рентгенограмм во время контрастирования, но и компьютерной томографии.

*Ангиография.* Главное показание для проведения контрастирования сосудов (методика *дигитальной субтракционной ангиографии*) – это определение локализации повреждений сосудов и их эмболизации при кровотечении. Широко используется и для оценки характера кровоснабжения опухолей костей.

*Пункционная диагностическая биопсия.* Использование этой методики *под контролем ультразвукографии* или *компьютерной томографии* позволяет очень точно произвести забор материала из патологического образования кости или полости сустава для дальнейшего микроскопического исследования.

- СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

Среди всех симптомов поражения костно-суставной системы на рентгенограммах можно выделить следующие группы:

## 1. Кость

### 1.1. Изменение положения, величины и формы кости

Наиболее часто изменение *положения* кости происходит при травматических повреждениях.

*Перелом* – повреждение кости с нарушением её целостности под воздействием механической силы, превышающей предел прочности здоровой костной ткани. Патологически изменённая кость (остеопороз, опухоли и кисты) может повреждаться от незначительных усилий, при этом возникает патологический перелом. Признаки перелома на рентгенограммах – линия (плоскость) перелома, нарушение целостности контура кости и смещение отломков. Вид перелома определяется отношением линии перелома к продольной оси кости, т.е. продольный, поперечный, спиралевидный, оскольчатый.

Характер смещения отломков при переломах может быть различным. При этом величину продольного или бокового смещения указывают в сантиметрах, а углового – в градусах. Принято определять смещение по дистальному отломку.

При оценке рентгенограмм костей и суставов детей, требуется учитывать *особенности переломов в детском возрасте:*

*Поднадкостничный перелом:* ведущим симптомом является угловая деформация наружного контура кортикального слоя, так называемый симптом “уступа” или “ступеньки”. При этом линия перелома может не определяться, а смещения отломков практически не бывает.

*Эпифизеолиз* возникает, когда линия перелома проходит по метаэпифизарному ростковому хрящу, в случае если эта линия проходит по хрящу, соединяющему апофиз с телом основной кости, перелом называют – *апофизеолиз*. Примером такого перелома может служить отрыв медиального надмыщелка плечевой кости.

Признаки *заживления* перелома: перестройка костной структуры и сглаженность отломков, при этом соединительнотканная мозоль образуется в течение первых 10 дней, остеонная мозоль – 20 дней, костная мозоль – 30 дней, сформированная костная мозоль – несколько месяцев, восстановление костной структуры и рассасывание избыточной костной мозоли – 24 месяца.

Неудачная репозиция отломков костей, нарушение иммобилизации конечности, отсутствие достаточного кровоснабжения поврежденных тканей ведет к формированию *ложного сустава*, рентгенологическими признаками которого являются: а) сохранение линии перелома, которая становится как бы суставной щелью, б) сглаживание концов костных фрагментов, в) закрытие костномозгового канала.

При травматическом *вывихе* на рентгенограммах при нормальной структуре и конфигурации определяют полное нарушение соответствия суставных концов. На *подвывих* указывают неполное соответствие суставных концов и клиновидная деформация рентгеновской суставной щели.

*Увеличение объёма кости* может быть обусловлено *гиперостозом* – утолщением кости за счет периостального костеобразования с одновременным склерозом (за счет эндостального костеобразования). Этот процесс характерен для хронического остеомиелита и сифилиса. При *вздутии* кости происходит увеличение объёма на фоне уменьшения плотности костной ткани – кость на рентгенограммах более прозрачна, кортикальный слой её истончен. Наблюдается такое состояние при фиброзных кистах, гигантоклеточной опухоли или литической саркоме, но при последней еще разрушается кортикальный слой.

*Уменьшение объёма кости* – *атрофия* может быть функционального характера (длительные неподвижность, иммобилизация, невесомость), встречается при нейротрофических и гормональных расстройствах, а также от длительного давления извне.

## 1.2. Изменение структуры кости

К *остеобластичекому* типу изменения костной структуры относят *остеосклероз* – увеличение количества известьсодержащих элементов в единице объёма кости. Рентгенологические признаки: мелкопетлистая структура, вплоть до полного исчезновения костного рисунка; утолщение и уплотнение кортикального слоя; сужение костномозгового канала вплоть до его полного закрытия. Локальный остеосклероз характерен для хронического остеомиелита, третичного сифилиса. Редко встречающийся системный остеосклероз характерен для мраморной болезни (врожденное заболевание), отравления тяжелыми металлами, остеобластических метастазов рака. Остеосклероз часто сочетается с гиперостозом.

Среди *остеолитических* процессов наиболее часто встречается *остеопороз* – равномерное уменьшение известьсодержащих элементов в единице объёма кости. При этом общий объём кости и её форма остаются без изменения. Рентгенологические признаки: крупнопетлистая костная структура, истончение кортикального слоя, расширение костномозгового канала. По распространённости остеопороза выделяют: местный (начальное проявление деструкции кости при опухолях, остеомиелите), регионарный (в суставных концах костей при артрите), распространенный (нарушение кровоснабжения или иннервации конечности), системный (старческий, при эндокринных и метаболических нарушениях, в том числе и рахите).

*Деструкция* кости – постепенно возникающее (в отличие от травматического повреждения) разрушение кости с замещением её какой-либо другой патологической тканью (гноем, воспалительными грануляциями, опухолевой тканью). Характерна для остеомиелита, при этом нечёткость контуров очага деструкции будет свидетельствовать об обострении процесса. Развитие деструкции на неизменённом фоне кости, с нечеткими границами, сопровождающееся разрушением кортикального слоя, наиболее характерно для злокачественной опухоли (литической саркомы).

Омертвление участка кости вследствие недостаточного или полного прекращения питания называется *остеонекрозом*. На рентгенограмме такой участок не имеет характерной костной структуры, более плотный, чем окружающие отделы. Полностью отторгнувшийся некротический участок – *секвестр* располагается в очаге деструкции (секвестральной полости). Образование секвестров характерно для хронического остеомиелита. При хроническом остеомиелите появление новых секвестров будет свидетельствовать об обострении процесса. Остеонекроз характерен и для остеохондропатий (чаще всего возникает асептический некроз головки бедренной кости – болезнь Легга-Кальве-Пертеса).

### **1.3. Изменение поверхности кости**

Наблюдается, когда патологический процесс вызвал разрушение надкостницы. При воспалительной природе (неспецифической или специфической) эти изменения называются *периоститом*, при опухолевой – *периостозом*. *Отслоенный (линейный)* периостит характерен для острого воспалительного процесса в кости. *Слоистый* периостит наблюдается при нескольких обострениях хронического остеомиелита. При прорыве гноя в окружающие кость мягкие ткани и неравномерном его давлении на периост, возникает *бахромчатый* периостит. *Кружевной* периостит наблюдается при третичном сифилисе, когда в утолщенной надкостнице локализуются специфические гранулёмы – гуммы.

*Игольчатый периостоз*, а также *периостальные козырьки*, характерны для злокачественной опухоли кости. “Иголки” (спикулы) – образованы обызвествлёнными кровеносными сосудами, инфильтрированными опухолевыми клетками.

## **2. Сустав**

### **2.1. Нарушение соотношения суставных поверхностей**

Было описано в разделе 1.1.

### **2.2. Изменение суставных поверхностей**

Деформация суставных поверхностей связана с частичным или полным разрушением покровного хряща и даже кости. Это наблюдается при воспалительных (артриты) и дегенеративно-дистрофических (артрозы) процессах. При артрозах, кроме того, появляются краевые костные разрастания (*остеофиты*), как компенсаторный механизм, увеличивающий площадь суставных поверхностей. При артрозах также может наблюдаться склероз субхондральных замыкательных пластинок.

### **2.3. Изменение ширины рентгеновской суставной щели**

Артрозы сопровождаются уменьшением высоты рентгеновской суставной щели из-за истончения или частичного разрушения суставного хряща. Полное исчезновение суставной щели (*костный анкилоз*) характеризуется переходом костных балок с одной кости на другую, что происходит в результате разрушения не только хряща, но и суставных концов костей. Расширение рентгеновской суставной щели очень редкий симптом. Наличие экссудата, гноя (артрит) или крови (гемартроз) в полости сустава вызывает расширение рентгеновской суставной щели за счёт расхождения суставных концов костей.

## **3. Мягкие ткани**

### **3.1. Изменение объёма и конфигурации**

Острый остеомиелит или артрит как правило сопровождаются увеличением объёма мягких тканей за счёт их отёка вокруг зоны поражения. Длительное отсутствие функции конечности, иммобилизация, или туберкулёз вызывают атрофию мягких тканей, то есть уменьшение их объёма.

### **3.2. Изменение плотности (интенсивности тени) и однородности структуры мягких тканей**

При злокачественной опухоли кости в соседних мягких тканях могут наблюдаться участки патологического костеобразования и обызвествления. Хроническая травматизация (спортивного или профессионального характера) часто вызывает участки кальцификации в мышцах (оссифицирующий миозит). На рентгенограммах в мягких тканях можно выявить обызвествленных паразитов (цистицеркоз, эхинококкоз), а также обызвествлённые гематомы.

Обширные просветления в мягких тканях, по межмышечным пространствам, могут быть обусловлены газовой гангреной или результатом травмы грудной клетки.

#### **• ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

При описании рентгенограмм пользуются определённым планом, ответы на каждый пункт которого позволят сделать в конце правильное заключение о характере патологии.

#### **План описания рентгенограммы**

1. Фамилия, пол и возраст пациента.
2. Что и в каких проекциях снято.
3. Если исследование проводилось с использованием контрастных веществ, то указать название методики и контрастного вещества.
4. Оценка качества снимка (негатив или позитив, контрастность, резкость, наличие артефактов).
5. По состоянию ростковых зон и ядер окостенения определить есть ли нарушение темпов окостенения.
6. Определить наличие травматического повреждения.
  - 6.1. При обнаружении перелома указать: а) локализацию; б) вид перелома; в) характер и степень смещения дистального отломка; г) наличие признаков заживления (характер краев отломков, состояние костно-мозгового канала, наличие периостальной мозоли); д) характер перелома (травматический или патологический);
  - 6.2. При обнаружении вывиха указать: а) локализацию и направление вывиха (по дистальной части конечности); б) соотношение суставных концов (вывих, подвывих); в) характер вывиха (травматический, врождённый или патологический).
7. При отсутствии травматических повреждений – оценить нарушения величины и формы кости.
8. Оценить состояние структуры кости, определить остеолитические и остеобластические симптомы.
9. Локализовать выявленный патологический процесс в кости, определить его величину и форму, а также состояние границ (чёткие, нечёткие).
10. Оценить состояние поверхности кости. При наличии периостальных изменений определить их характер.
11. Определить состояние рентгеновской суставной щели.
12. Оценить состояние мягких тканей в зоне костной патологии.
13. Сделать заключение о характере выявленных патологических изменений.

# ЛУЧЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ

**Цель занятия:** изучить возможности методов лучевой диагностики в выявлении морфологических и функциональных изменений органов пищеварения.

## АННОТАЦИЯ

Пищеварительная система – это совокупность взаимосвязанных органов, обеспечивающих продвижение и переработку пищи. В желудочно-кишечный тракт впадают протоки слюнных желёз, поджелудочной железы и печени. На его протяжении имеются сфинктеры и клапаны, способные на некоторое время прикрывать просвет, кроме того, органы пищеварительной системы совершают перистальтические движения. Всё это нужно учитывать при оценке рентгенограмм различных отделов пищеварительного тракта.

Благодаря развитию эндоскопической техники современная гастроэнтерология имеет широкие возможности в выявлении различных заболеваний. Однако роль лучевых методов исследования, и в большей степени рентгенологического, при этом не уменьшается. Эти два метода исследования должны использоваться в комплексе, дополняя и обогащая друг друга. Надо помнить, что даже такой подход не гарантирует безошибочного заключения о характере патологии, поэтому лечащий врач формулирует клинический диагноз с учётом всех данных клинико-лабораторного и инструментального методов исследования.

Среди всех лучевых методов исследования пищеварительного тракта главная роль принадлежит рентгенологическим методикам. В связи с этим необходимо отметить несколько важных моментов.

1. *Основными методиками* исследования пищеварительной системы являются *рентгеноскопия* и *рентгенография*. Исходя из достоинств и недостатков каждой из этих методик, последовательность их использования в различные возрастные периоды отличается. У взрослых исследование начинают с рентгеноскопии, а на рентгенограммах фиксируют лишь выявленные патологические изменения. При обследовании детей тактика другая – выполняются рентгенограммы через определённые временные интервалы, а затем, в случае необходимости, дополняют их кратковременной рентгеноскопией. Одним из обязательных условий проведения рентгеноскопии является наличие *электронно-оптического преобразователя*, позволяющего снизить лучевую нагрузку на маленького пациента.

2. Так как стенки органов пищеварительной системы поглощают рентгеновское излучение примерно в такой же степени, как и окружающие их ткани, получить их изображение на обычных рентгенограммах или при просвечивании не всегда возможно. С целью лучшей визуализации просвета органа необходимо использовать искусственное контрастирование различных отделов пищеварительного тракта.

Различают *негативное контрастирование* – в качестве контрастного вещества используют воздух или газ (закись азота, кислород, углекислый газ); и *позитивное контрастирование* – с использованием контрастных веществ с большой удельной плотностью (взвесь сульфата бария, гастрोगрафин). Способ введения контрастного вещества зависит от его химического состава, а также от того, какой отдел пищеварительной системы будет изучаться.

3. При оценке состояния пищеварительного тракта необходимо оценивать не только положение, величину, форму и состояние контуров различных его отделов, т.е. *морфологические признаки*, но и *функциональное состояние*. Оценить моторно-эвакуаторную функцию можно по двигательной активности стенок органа (частота и глубина перистальтических сокращений). Для правильной интерпретации полученных данных требуется иметь чёткое представление о нормальной рентгеноанатомии и рентгенофизиологии пищеварительного тракта.

- ПОКАЗАНИЯ И ПЛАН ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНОГО

У взрослых наиболее часто показания к лучевому исследованию связаны с болевым синдромом, подозрением на язвенную болезнь или новообразования различной природы и локализации.

В детском возрасте показаниями как правило является синдром частых рвот и срыгиваний, т.е. при подозрении на пороки развития и аномалии пищеварительного тракта, приводящие к дисфункции пищевода, желудка или кишечника. Такие клинические симптомы, как длительная задержка стула, вздутие живота, пальпируемое объёмное образование в брюшной полости, кровотечение из пищеварительного тракта, также являются показанием для лучевого исследования. Одним из частых показаний для обследования детей является подозрение на инородное тело в пищеварительном тракте (в анамнезе есть указание на игру с мелкими предметами, игрушками).

Необходимо особо подчеркнуть, что во все возрастные периоды могут встречаться urgentные состояния, требующие экстренного лучевого исследования и экстренной помощи. Условно они объединены понятием «острый живот». К ним относятся: перфорация полого органа, острая кишечная непроходимость, перитонит.

- МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### **Бесконтрастное исследование**

Лучевое исследование начинается с выполнения *обзорной рентгенографии* брюшной полости в вертикальном положении больного. При оценке снимка обращать внимание на однородную тень печени под правым куполом диафрагмы, газовый пузырь желудка слева. У старших детей и взрослых в кишечнике содержится небольшое количество газа. При этом можно оценить его положение, изменяющееся при появлении *объёмного образования* в брюшной полости.

*Кишечная непроходимость* вызывает скопление жидкости и газа в петлях кишечника выше места обструкции. На рентгенограммах это проявляется в виде множественных уровней жидкости (симптом «чаш» Клойбера, симптом «арки»). При обнаружении на учебной рентгенограмме признаков кишечной непроходимости постарайтесь ответить на вопросы об её уровне (высокая, низкая) и степени обструкции (полная или частичная).

*Перфорация полого органа* в результате язвенного процесса, проникающего ранения или инородного тела сопровождается попаданием в брюшную полость свободного воздуха. Исследование пациента в вертикальном положении позволяет обнаружить его под диафрагмой в виде симптома “серповидного просветления”.

Наличие свободной жидкости в брюшной полости при *перитоните* приводит к появлению симптома «плавающих петель» и затемнению нижних отделов брюшной полости.

Возможность обнаружения на рентгенограммах *инородных тел* и контроль над

их продвижением по пищеварительному тракту прямо зависит от удельной плотности этих предметов. Кроме того, исследование позволяет выявить рентгенконтрастные камни желчного пузыря и протоков, участки обызвествления (лимфатических узлов, брюшной аорты при атеросклерозе), элементы металлоостеосинтеза (после операции на позвоночнике).

*Эндоскопическая ультрасонография* с использованием специальных внутрисполостных (транспищеводных, эндоректальных) датчиков с частотой 7,5 МГц позволяет оценить состояние всех слоёв стенки исследуемого отдела пищеварительного тракта, а также позволяет визуализировать структуры, прилежащие снаружи к стенке органа.

### **Методики искусственного контрастирования пищеварительного канала**

*Пероральное введение* контрастного вещества. В качестве последнего чаще всего используют водную взвесь сернокислого бария. Для получения однородной и мелкодисперсной взвеси в неё вводят гелеподобные вещества и готовят на миксере. В зависимости от исследуемого органа пропорциональные соотношения сульфата бария и воды разные. Так, для исследования пищевода взвесь должна быть более густой (сметаноподобной консистенции,  $\text{BaSO}_4 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 1$ ) для того, чтобы замедлить её прохождение и тем самым более подробно изучить состояние пищевода. Для исследования желудка и кишечника это соотношение должно быть как 1 : 2.

Методика проведения исследования: больной выполняет 2-3 глотка бариевой взвеси. Это даёт возможность изучить состояние пищевода при тугом заполнении – в момент прохождения взвеси и после опорожнения – складки слизистой оболочки. После этого пациент принимает оставшуюся порцию контрастного вещества, благодаря чему создаётся тугое заполнение желудка, позволяющее оценить его положение, величину, форму и состояние контуров. По мере прохождения бариевой взвеси изучается 12-перстная и вся тонкая кишка.

В период новорожденности из-за опасности регургитации контрастного вещества в бронхиальное дерево (незрелость глотательного рефлекса), а также при подозрении на атрезию пищевода, вместо сульфата бария следует использовать водорастворимый контрастный препарат – омнипак.

Метод досмотра – изучение пассажа бариевой взвеси по тонкой и толстой кишке используется только для изучения эвакуаторной функции кишечника. Ориентировочные сроки пассажа бариевой взвеси у детей младшего возраста и взрослых приведены в таблице.

Для оценки морфологии толстой кишки используют *клизменное исследование (ирригография или ирригоскопия)*. При этом бариевая взвесь (соотношение 1 : 5) вводится в прямую кишку с помощью аппарата Боброва (у взрослых) или газоотводной трубки и шприца Жане (у детей). У новорожденных в качестве контрастного вещества используют водорастворимый препарат 10% концентрации (верографин, урографин, гастрографин). Толстая кишка заполняется полностью до слепой кишки, что позволяет определить её топографию, величину просвета и состояние контуров.

*Методика двойного контрастирования.* С помощью этой методики можно выявить начальные стадии опухолевого поражения, воспалительные изменения, т.к. детально изучается состояние макро- и микрорельефа слизистой оболочки. На первом этапе – обычное контрастирование бариевой взвесью толстой кишки, а затем, после опорожнения толстой кишки от основной порции контрастного вещества (часть его остаётся в межскладочных пространствах), дополнительно вводят воздух или газ.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ СРОКИ ПАССАЖА БАРИЕВОЙ ВЗВЕСИ ПО ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОМУ  
ТРАКТУ

Отдел пищеварительного тракта	Возраст пациента	
	дети до 5 лет	взрослые
<i>Пищевод</i>	10 – 20 с	10 – 20 с
<i>Желудок</i>		
• начало эвакуации из желудка (начало заполнения тонкой кишки)	5 – 15 мин	5 – 15 мин
• полное опорожнение желудка*	1,5 – 2,0 ч	2,0 – 2,5 ч
<i>Тонкая кишка</i>		
• оптимальное заполнение тонкой кишки**	2,0 – 3,0 ч	3,0 – 4,0 ч
• начало перехода из тонкой кишки в толстую кишку	3,0 – 4,0 ч	4,0 – 6,0 ч
<i>Толстая кишка</i>		
• оптимальное заполнение**	6,0 – 8,0 ч	8,0 – 12,0 ч
• полное опорожнение*	12,0 – 24,0 ч	24,0 – 48,0 ч

\*Полное опорожнение желудка или толстой кишки означает, что основная масса контрастного вещества покинула этот орган.

\*\*Оптимальное заполнение тонкой кишки означает, что в желудке бариевой взвеси уже нет, а в толстой кишке её ещё нет, то есть вся бариевая взвесь находится в петлях тонкой кишки. По отношению к толстой кишке это означает, что практически вся порция контрастного вещества перешла из тонкой кишки в толстую кишку.

### Методики исследования печени и желчевыведительных путей

**УЗИ.** Как правило, с этого доступного метода начинают исследование печени.

Ткань печени и желчные пути хорошо визуализируются на ультрасонограммах, но нужно помнить, что большое количество газа в петлях кишечника, снижает информативность исследования. Кроме положения, величины и формы органа, оценивается структура печеночной ткани. В норме экоструктура однородная, визуализируются сосуды и внутрипечёночные желчные протоки. Полипозиционное исследование помогает выявить диффузные и очаговые изменения в паренхиме печени, а также патологию желчного пузыря (аномалии развития, конкременты, воспаление) и протоков. Существуют датчики, которые позволяют проводить интраоперационное ультразвуковое исследование внутри- и внепечёночных протоков.

**Радионуклидные исследования.** В основе визуализации печени лежит использование меченых  $^{99m}\text{Tc}^*$  или  $^{113m}\text{In}^*$  коллоидных частиц. Введённые внутривенно, они фагоцитируются клетками – системными макрофагами и распределяются в печени в соответствии с локальными значениями органного кровотока. Таким образом, *гепатосцинтиграфия* позволяет оценить анатомо-морфологические особенности печени, изучить её структуру и кровоснабжение. Радиоактивный коллоид захватывается и селезёнкой, однако, уровень накопления РФП в ней в норме не превышает 15-20% от уровня накопления в печени.

Информацию о морфо-функциональном состоянии печени, желчного пузыря и желчных протоков получают с помощью *гепатохолесцинтиграфии*. Для этого используются красители (бенгалроз), меченые  $^{131}\text{I}^*$  или  $^{123}\text{I}^*$ , которые при внутривенном введении захватываются печёночными клетками и выводятся с желчью. Таким же механизмом фиксации в печени и выведения через желчные протоки, обладают

меченые  $^{99m}\text{Tc}$ \* препараты имидодиацетовой кислоты (ХИДА, МЕЗИДА и другие).

**Компьютерная томография** позволяет визуализировать весь орган. Её плотность немного больше, чем других органов брюшной полости. Большинство патологических образований визуализируются в виде участков понижения плотности паренхимы, что особенно хорошо заметно при исследовании с внутривенным усилением.

**Магнитно-резонансная томография** – наилучший из имеющихся методов исследования печени, так как использование различных вариантов изображения даёт возможность выявить небольшие участки поражения, особенно при наличии отёка. МРТ даёт больше информации о паренхиматозных и метаболических заболеваниях печени, хорошо выявляет поражение кровеносных сосудов печени.

- ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

### **Пищеварительный тракт**

По уже известному принципу, выделяются *морфологические и функциональные симптомы* различных заболеваний пищеварительного тракта.

Изменение *положения* различных его отделов может быть обусловлено как патологией самого органа пищеварительной системы, так и изменениями в соседних органах и тканях, врождённого или приобретённого характера.

Изменение *формы* всех отделов пищеварительного тракта тесно взаимосвязано с *увеличением* или *уменьшением* его *просвета*, которые в свою очередь могут быть общими и местными.

Оценка состояния *контуров* органов пищеварительного тракта или патологического очага важна при проведении дифференциального диагноза между доброкачественным и злокачественным поражением, для последнего характерны неровные и нечёткие контуры.

Определение количества, толщины и направления хода *складок слизистой оболочки* в каждом отделе пищеварительной системы имеет большое значение для диагностики опухолевых и воспалительных поражений.

*Функциональные симптомы.* Состояние *перистальтики*: если она отсутствует, то говорят о *ригидности* стенки органа (характерно для злокачественного поражения или нарушения иннервации); а если перистальтика видна – определяют её глубину (глубокая или поверхностная, активная или пассивная). Эти симптомы могут быть изучены только при проведении рентгеноскопии. К функциональным симптомам относят и изменение *времени эвакуации* контрастного вещества из каждого отдела желудочно-кишечного тракта в последующий отдел.

### **Язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки**

В зависимости от локализации язвы и проекции исследования, она может быть *на контуре* (видна в профиль, является краеобразующей стенки органа) или *на рельефе* слизистой оболочки, когда располагается на задней или передней стенке органа.

*Прямые* симптомы язвы. “*Язвенная ниша*” – это *депо бариевой взвеси* остроконечной или округлой формы, определяемое на контуре желудка, чаще всего на малой кривизне или 12-перстной кишки, окруженное инфильтративным валом. На рельефе “язвенная ниша” определяется как округлое скопление контрастного препарата, окруженное светлой полоской инфильтративного вала, с конвергенцией (схождением) соседних складок слизистой оболочки к язве, причём в самой язве складки не

определяются (так называемый симптом “морская звезда”)

*Косвенные* рентгенологические признаки язвы. Каждый из них, обнаруженный отдельно, не даёт основания для заключения о наличии язвы, однако их совокупность почти равна выявлению прямого симптома язвенной ниши. К ним относятся: большое количество жидкости в желудке натошак; рефлекторное втяжение противоположной от язвы стенки желудка (симптом “указательного пальца”); спазм привратника; ускоренное продвижение бариевой взвеси в зоне язвы; локальная местная болезненность в области язвы, устанавливаемая при рентгеноскопии и одновременной пальпации .

### **Опухолевые поражения пищеварительного тракта**

Злокачественные опухоли, в зависимости от характера роста могут быть *эндофитными* – растут внутри стенки органа, и *экзофитными* – растущими в просвет органа.

Для эндофитной формы рака характерным рентгенологическим симптомом является *циркулярное сужение просвета* органа. При этом в области поражения стенка органа ригидна, а выше места сужения развивается супрастенотическое расширение.

При экзофитном раке выявляется симптом “*дефект наполнения*” органа контрастным веществом. Контуры этого дефекта неровные, имеет место обрыв и полное разрушение складок слизистой оболочки. При функциональном исследовании можно обнаружить ригидность стенки органа.

Симптом “дефект наполнения” наблюдается и при доброкачественных опухолях. Отличают его в этом случае округлая форма, ровные и чёткие контуры. Складки слизистой оболочки не разрушены, а смещены (оггибают это образование). Перистальтика в зоне доброкачественной опухоли не страдает, или незначительно изменена.

### **Диффузные поражения печени**

*Цирроз печени.* Важнейшим звеном его патогенеза является нарушение кровообращения в портальной системе, что можно обнаружить при ангиографии. На сцинтиграммах обнаруживают уменьшение размеров правой и увеличение левой доли печени. Распределение РФП имеет выраженную диффузную неравномерность. Накопление РФП в селезёнке повышено при *портальной гипертензии*.

### **Очаговые поражения печени**

Наиболее частыми причинами очаговых изменений являются: первичные опухоли печени, метастатическое её поражение, абсцессы и кисты, в том числе и паразитарные (эхинококкоз). Кроме того, подкапсульные гематомы при травмах, расширение желчных протоков, опухоли соседних органов также могут обуславливать появление признаков очагового поражения печени.

Ведущим сцинтиграфическим признаком во всех этих случаях является появление очагов понижения или отсутствия накопления РФП (“холодные” очаги, дефекты накопления).

*Гемангиомы* печени при УЗИ характеризуются как локальные гиперэхогенные образования. Дифференциальная диагностика со злокачественными процессами проводится с помощью КТ и МРТ, при которых после внутривенного введения контрастного вещества появляется феномен усиления от периферии гемангиомы к её центру.

*Кисты* на ультрасонограммах имеют характерные признаки: четкие границы,

эхоотрицательное содержимое и периферическое усиление эхосигнала. При КТ эти образования выглядят хорошо ограниченными, плотность их содержимого по шкале Хаунсфилда приближается к плотности воды, при внутривенном контрастировании эффекта усиления не отмечается.

*Злокачественные* опухоли хорошо выявляются при УЗИ в виде гипо- или гиперэхогенных участков. При КТ или МРТ чётко выявляется их неоднородная структура за счёт участков некроза опухоли. Метастазы имеют множественный характер, низкую плотность, которая не изменяется после внутривенного усиления.

### **Желчекаменная болезнь**

Как уже указывалось, камень при УЗИ имеет вид округлого эхопозитивного образования с типичной акустической “дорожкой” позади. Рентгенконтрастные камни видны на обзорной рентгенограмме. При УЗИ стенка воспалительно-изменённых желчного пузыря и протоков толще, чем в норме. КТ не даёт такой детальной и точной информации в этих случаях, поэтому используется только в случае необходимости оценить окружающие ткани. Гепатохолесцинтиграфия выявляет отсутствие накопления РФП в желчном пузыре.

#### **• ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Используя сведения, полученные при самоподготовке к занятию и при общем разборе, дайте описание рентгенограммы по предлагаемому ниже плану.

#### **План описания рентгенограммы**

1. Фамилия, пол и возраст пациента.
2. Что и в каких проекциях снято. Положение пациента во время производства снимка (вертикальное, горизонтальное, латеропозиция).
3. Какой контрастный препарат использовался. Укажите способ его введения.
4. Через какое время после приёма контрастного вещества сделана рентгенограмма.
5. Какой отдел пищеварительного тракта заполнен контрастным веществом. Полное или частичное заполнение достигнуто.
6. Оценить изменения положения и размеров контрастированного органа.
7. Определить наличие изменений величины просвета органа (расширение, сужение, или их сочетание). Детально описать локализацию, форму и состояние контуров выявленных изменений.
8. Состояние складок слизистой оболочки (истончение, утолщение, неправильное расположение, обрыв, конвергенция).
9. После комплексной оценки всех выявленных изменений сделайте заключение о том, к какой группе патологии относятся выявленные изменения.

# ЛУЧЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОЧЕПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ

**Цель занятия:** изучить возможности современных методов лучевой диагностики в выявлении морфологических и функциональных нарушений мочеполовой системы. Изучить тактику лучевого исследования пациентов при наиболее часто встречающихся заболеваниях и повреждениях мочеполовых органов.

## АННОТАЦИЯ

Лучевые методы исследования занимают ведущее место в уронефрологии. Однако разнообразие нозологических форм заболеваний требует дифференцированного подхода к выбору оптимальной последовательности диагностического поиска. С одной стороны, нужно учитывать предполагаемое заболевание, с другой стороны, диагностические возможности используемых методик исследования. При прочих равных условиях, предпочтение нужно отдавать безопасным, неинвазивным диагностическим исследованиям, которые сопровождаются минимальной лучевой нагрузкой на пациента.

- ПОКАЗАНИЯ И ПЛАН ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНОГО

Наиболее частыми показаниями к лучевому исследованию почек и мочевыводящих путей являются: патологические изменения анализа мочи, боли в животе, пальпируемое объёмное образование в брюшной полости, артериальная гипертензия не ясной этиологии, травма живота и забрюшинного пространства. Исследование репродуктивной системы женщины проводится при опухолевых поражениях матки, кистах яичников, бесплодии.

*Лучевое обследование начинают с морфологической оценки органов с помощью УЗИ. Изображение почек, мочеточников, мочевого пузыря, уретры, предстательной железы можно получить также с помощью рентгеноурологических методик, скинтиграфии (или ОЭТ), КТ, МРТ.*

Для исследования *функции* мочевыделительной системы в настоящее время используется главным образом радионуклидное исследование (ренография – как скрининг-методика, и скинтиграфия). Их использование позволяет оценить отдельно функцию правой и левой почки и даже отдельных сегментов почки, выявить нарушения поглотительно-эвакуаторной функции на ранних стадиях заболевания. С помощью этих методик возможно определение скорости клубочковой фильтрации и эффективного почечного плазмотока, проведение функциональных проб для прогнозирования течения нефрогенной артериальной гипертензии и дифференцирования обструктивной и не обструктивной уропатии, а также возможно оценивать результаты лечения.

В этих случаях рентгеноурологические и ультразвуковые методики заметно уступают по надёжности и чувствительности радионуклидным методикам, однако с их помощью возможно оценить морфологию чашечек, лоханок, мочеточников, мочевого пузыря и уретры.

- МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

**Ультразвуковое исследование** в различных плоскостях (чаще в продольной и поперечной) позволяет выявить огромный спектр патологии: аномалии развития,

кистозные и опухолевые поражения почек и мочевого пузыря, гидронефроз, мочекаменную болезнь, хронические воспалительные заболевания почек, аденому предстательной железы. Проведение исследования высококлассным специалистом, на современном аппарате с высокой разрешающей способностью, позволяет использовать этот метод как скрининг для постановки предварительного диагноза и для планирования дальнейшего лучевого обследования пациента.

**Рентгеноурологическое исследование** начинают с выполнения *обзорной рентгенографии* органов брюшной полости. Особое значение приобретает качество подготовки пациента к исследованию (диета, очистительные клизмы). На снимке можно обнаружить почки в виде однородных, бобовидных теней с ровными и чёткими контурами, расположенные на уровне Th<sub>XII</sub> – L<sub>I</sub> слева, и L<sub>I</sub> – L<sub>III</sub> справа. Продольные оси почек конвергируют кверху (образуют угол, открытый книзу). Контур *m. psoas major* должны быть чёткими. Оценивают состояние костных элементов (позвоночника, нижних пар рёбер, костей таза) для выявления сочетанных заболеваний или аномалий развития.

На обзорном снимке можно выявить рентгенконтрастные камни (конкременты), которые содержат неорганические соли (оксалаты и фосфаты). Органические соли плохо задерживают рентгеновское излучение, поэтому не визуализируются. Нужно помнить, что обзорные снимки не позволяют точно локализовать конкремент (лоханка – мочеточник, лоханка правой почки – желчный пузырь) из-за суммационного закона тенеобразования.

**Урография.** Полные сведения об анатомии почек, и особенно о состоянии чашечно-лоханочной системы (ЧЛС), мочеточников, мочевого пузыря, получают с помощью внутривенной (выделительной или экскреторной) урографии. Метод основан на способности почек захватывать из крови контрастное вещество, концентрировать и выделять его с мочой. В этом случае внутривенно вводят один из водорастворимых контрастных препаратов (урографин, верографин, чаще – неионный омнипак) в дозе 1 мл на 1 кг массы тела пациента (или 25 мл на 1 м<sup>2</sup> поверхности его тела), но не более 60 мл.

При единственно функционирующей почке у пациента, высоких уровнях креатинина в сыворотке крови, а также у всех детей первого года жизни используют вариант *инфузионной урографии*. Контрастный препарат вводят внутривенно капельно из расчёта 2 мл на 1 кг массы тела пациента, при этом его смешивают с таким же количеством 5% раствора глюкозы или физиологического раствора. Это щадящая методика и при её использовании достигается снижение числа осложнений и улучшение контрастирования почек и ЧЛС.

После введения контрастного вещества выполняют серию урограмм: через 5-7 мин, 10-15 мин, и третью – через 20-25 мин в вертикальном положении больного (*ортостатическая проба*). Ортостатическая проба позволяет определить подвижность почек, в норме составляющую высоту тела L<sub>I</sub> плюс межпозвоночный диск. *Отсроченные снимки* через 1, 2 часа выполняют в случае замедленного контрастирования полостной системы, что наблюдается при выраженном снижении функции почек или одной из почек.

**Цистография** выполняется путём ретроградного, через катетер, заполнения контрастным веществом, предварительно опорожнённого мочевого пузыря. В качестве контрастного вещества используют либо газ (негативное контрастирование), либо урографин, верографин (позитивное контрастирование). Выполняется 2 снимка: один после тугого заполнения мочевого пузыря, второй – во время мочеиспускания

(микционная цистография). Целью исследования, кроме оценки морфологии мочевого пузыря, является выявление пузырно-мочеточниково-лоханочных *рефлюксов*. Необходимо подчеркнуть, что в настоящее время чаще используют микционную цистографию.

**Ретроградная (восходящая) пиелография.** Инвазивный инструментальный метод исследования, используется в тех случаях, когда изображение ЧЛС и мочеточника с какой-либо стороны не было получено на урограммах. Выполняется врачом-урологом или хирургом. Под наркозом, в мочевой пузырь вводят цистоскоп, с помощью которого находят устье интересующего мочеточника и вводят в него катетер. Через катетер вводят 5-10 мл контрастного вещества (газ или любой водорастворимый) и делают снимок. Её проведение противопоказано у маленьких детей, в частности – у мальчиков до 5 лет, из-за опасности повреждения мочеиспускательного канала.

**Уретрография.** Эта методика – пример исследования, который не потеснили новейшие методы диагностики. Контрастируют мочеиспускательный канал с помощью водорастворимых контрастных веществ антеградно или ретроградно. Используется для диагностики стриктур уретры, её дивертикулов, опухолей и травматических повреждений.

**Селективная ангиография почечных артерий.** Используется в виде дигитальной субтракционной ангиографии на аппаратах – сериографах, позволяющих проводить скоростную съёмку в момент введения контрастного вещества или визиомагнитную запись. Показания к использованию: предоперационное обследование при объёмных образованиях почек, аномалиях развития почек и почечных сосудов.

**Компьютерная томография (КТ).** Проведение КТ наиболее значимо при объёмных образованиях почек, мочевого пузыря, предстательной железы, так как на поперечных (аксиальных) срезах определяется характер самого образования и его связь с соседними органами. При КТ часто используют методику *внутривенного усиления* – введения контрастного вещества перед сканированием. Последнее поколение томографов позволяет проводить *спиральную компьютерную томографию*. При этом значительно уменьшается время исследования, не требуется длительной задержки пациентом фазы дыхания. Это особенно важно при обследовании пациентов с травматическими повреждениями (ранениями). Возможность реконструкции фронтальных и построение трёхмерных изображений существенно повышает диагностическую информативность исследования.

**Магнитно-резонансная томография (МРТ)** позволяет получать изображение почек в различных плоскостях. Внутривенное введение парамагнитного контрастного вещества Магневист (на основе гадолиния) существенно увеличивает интенсивность изображения паренхимы почек, что облегчает выявление её поражения на ранних стадиях заболевания. Метод незаменим при исследовании органов малого таза (мочевой пузырь, матка, яичники, предстательная железа).

**Радионуклидные исследования почек.** Принципиальная возможность и простота оценки основных физиологических процессов почек – главное преимущество этих методов исследования.

Следует подчеркнуть, что радионуклидные исследования могут использоваться и в случае непереносимости пациентом йодсодержащих рентгенконтрастных препаратов.

**Радионуклидная ренография.** В основу метода положена графическая регистрация процесса изменения радиоактивности в почках после введения

нефротропного РФП, путём счёта излучения двумя направленными на них коллимированными датчиками. Получаемые кривые (ренограммы) отражают способность почек очищать кровь от введенного РФП, а также временные характеристики его транспорта через почки и собирательную систему. Кроме того, для более подробной оценки клиренса крови (скорости очищения крови от РФП) третий датчик устанавливают над областью сердца. Для выявления пузырно-мочеточниковых рефлюксов и оценки суммарной выделительной функции почек, четвёртый датчик располагают в проекции мочевого пузыря. В зависимости от цели исследования выбирается количество и расположение датчиков.

В норме кривые симметричны с обеих сторон (разница их максимальных высот не превышает 15-20%), то есть *относительная секреторная активность (ОСА)* каждой почки составляет  $45 \pm 5\%$ . На ренограмме нормально функционирующей почки можно выделить 3 сегмента: первый – “*сосудистый*” – отражает радиоактивность сосудистого русла почек, имеет быстрый начальный подъём, продолжается 20-30 секунд. Второй – “*секреторный*” – более медленное нарастание высоты до достижения максимального уровня. В норме время максимального накопления РФП ( $T_{max}$ ) составляет 2-4 мин. Третий – “*экскреторный*” – крутизна снижения уровня радиоактивности отражает состояние уродинамики. В норме время полувыведения РФП (время, за которое высота кривой уменьшается в 2 раза относительно максимального значения –  $T_{1/2}$ ) составляет 6-8 мин.

*Динамическая нефросцинтиграфия.* Использование гамма-камеры позволяет более точно определить функциональные показатели, т.к. кривые получают не с области анатомической проекции почек и мочевого пузыря, а непосредственно с изображения этих органов путём построения “зон интереса”. В течение первых 30 секунд после введения осуществляют скоростную регистрацию данных (1 кадр в секунду – ангиофаза), затем в течение следующих 25-30 минут – 1 кадр в минуту (паренхиматозная фаза).

*Статическая нефросцинтиграфия.* РФП, длительно задерживающийся в почечной паренхиме, позволяет получать изображения почек в различных проекциях, что важно не только для оценки морфологического состояния почек, но и количества функционирующей паренхимы. Исследование начинают через 0,5-4 часа после введения РФП, в зависимости от характеристик последнего.

**Лучевое исследование репродуктивной системы женщины** начинают с проведения *УЗИ* органов малого таза при наполненном мочевом пузыре. Хорошо визуализируются аномалии развития и опухолевые поражения матки, кисты яичников. Использование датчиков с низкой мощностью позволяет диагностировать беременность, а также проводить пренатальную диагностику пороков развития плода, не опасаясь вредных последствий биологического действия ультразвука на развивающийся организм.

При сомнительных результатах *УЗИ* проводят *КТ* или *МРТ*, которые особенно ценны при дифференциальной диагностике объёмных образований в области малого таза и их метастазов.

Оценка проходимости маточных труб для выявления причин бесплодия, требует введения контрастного вещества ( водорастворимого) в полость матки и маточных труб с последующим производством рентгенограмм – *гистерография (метросальпингография)*.

- ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

## **Морфологические симптомы**

**Изменение положения почек** может носить врождённый характер – различные варианты *дистопий* как результат нарушения процесса эмбриогенеза. Напомним, что почки в процессе развития поднимаются на своё обычное место из малого таза. Выделяют следующие виды дистопий: гомолатеральная – с каудальным вектором (поясничная, подвздошная, тазовая) и с краниальным вектором (внутригрудная); гемилатеральная (перекрестная), когда обе почки расположены с одной стороны, а мочеточники открываются в мочевой пузырь как обычно.

Изменения положения вторичного характера. Почки могут смещаться за счёт нарушения их фиксирующего аппарата (опущение) или давления из вне, например, опухолью надпочечника, нейрогенной опухолью.

Дифференциальная диагностика опущенной и не поднявшейся почки проводится по оценке длины соответствующего мочеточника, что определяется при проведении ретроградной пиелографии.

Чёткое представление о положении почек дают такие методы исследования, как УЗИ, КТ или МРТ, скintiграфия почек. При опухолях почек наиболее достоверным методом является КТ или МРТ.

**Изменение величины.** Встречаются врождённые *аномалии величины*: гипоплазия. Патологические процессы в почках также могут приводить к уменьшению размеров почек – сморщиванию как результат хронического пиелонефрита.

**Изменения формы.** Наиболее часто встречаются подковообразная почка, S- и L-образные почки. При этом изменяется направление продольных осей почек. Так при подковообразной почке (сращении почек своими нижними полюсами), они конвергируют книзу, при этом длинники полостной системы почек параллельны позвоночнику.

**Аномалии количества почек** - *удвоение* так же изменяет форму почки, она напоминает цифру 8. Различают полное удвоение – когда каждый мочеточник открывается в мочевой пузырь самостоятельным устьем. При неполном удвоении мочеточники сливаются друг с другом и открываются в мочевой пузырь одним устьем. Встречается и противоположный процесс – *аплазия (агенезия)* почки. Не обнаружение почки в обычном месте при УЗИ не позволяет сделать заключение об аплазии; обязательным является изучение всех возможных мест её локализации, учитывая варианты дистопий. Надёжным способом обнаружения почки является статическая скintiграфия всего тела с нефротропными РФП. Окончательное заключение об аплазии или агенезии почки можно сделать, только проведя абдоминальную аортографию с визуализацией почечных артерией. При отсутствии почечной артерии – диагноз агенезии, если почечная артерия изменена, но имеется – диагноз аплазия почки.

**Изменения структуры** также могут иметь врождённый характер: поликистоз, “губчатая почка” (чаще двусторонние) и мультикистоз, солитарная киста почки (чаще односторонние). Уже на первом этапе обследования при ультрасонографии можно провести дифференциальный диагноз между кистозным и солидным образованием в почке. Кисты на ультрасонограммах визуализируются в виде округлых, эконегативных образований, с ровными, чёткими контурами и однородной эхоструктурой. При КТ имеется возможность выявить полости размером 0,3-0,4 см, они имеют вид округлых, однородных и сравнительно невысокой плотности образований.

## **Функциональные симптомы**

В современных условиях наиболее эффективным методом изучения функционального состояния почек является радионуклидный (ренография, скинтиграфия). Эти методы позволяют оценить гломерулярную фильтрацию и канальцевую секрецию, состояние уродинамики. Последнее также можно изучить с помощью экскреторной урографии. Функциональная лучевая семиотика частично была рассмотрена в предыдущих разделах, а также приводится ниже при описании отдельных синдромов.

### **Синдром почечной колики**

Рассмотрим одну из причин почечной колики, связанную с образованием камней в мочевыводящей системе (уролитиаз). Возможности обзорного рентгенологического исследования были приведены выше. На ультрасонограммах визуализируются конкременты размером более 0,5 см, в виде эхопозитивных образований, позади которых видна “эхонегативная дорожка”. Следующим этапом обследования является проведение урографии. С её помощью подтверждается принадлежность камня к мочевыводящим путям, уточняется его локализация. Кроме того, урография позволяет выявить рентгенонегативные, органического происхождения камни, в результате появления симптома “*дефект наполнения*”. При описании урограмм оценивают степень расширения чашечно-лоханочной системы, вызванного обструкцией мочевыводящих путей (*гидрокаликоз, пиелоэктазия, мегауретер*).

При динамической скинтиграфии обнаруживают “*обструктивный*” тип ренографической кривой, при котором она имеет вид нарастающего графика с дифференцируемым сосудистым сегментом, переходящим в секреторный. Однако выведения РФП в пределах времени исследования не наступает. Кроме мочекаменной болезни такая картина возникает и при других вариантах обструктивных и необструктивных уropатий (гидронефроз, стриктуры, спазм, воспалительные изменения). Дифференциальная диагностика этих состояний с помощью фармакологических проб “форсированного диуреза” с диуретиком (лазикс, фуросемид) подробно описана в учебнике.

### **Воспалительные изменения**

При пиелонефрите – неспецифическом воспалительном процессе, сонографическая и КТ-картины малоспецифичны, если процесс не сопровождается гидронефротической трансформацией. При урографии определяется нечёткость контуров *m. psoas major* за счёт воспаления паранефротической жировой ткани, умеренная деформация ЧЛС и замедление эвакуации контрастного препарата поражённой почкой.

Наиболее информативной в этом случае является динамическая нефроскintiграфия, позволяющая детально оценить функцию почек и количество функционирующей паренхимы. На ренограммах обнаруживают “*паренхиматозный*” тип кривой, для которого характерно уменьшение высоты сосудистой фазы, уплощение и растянутость секреторного и экскреторного сегментов. Среди возможных причин таких изменений также могут быть: уменьшение притока крови в почки (стеноз *a. renalis*), интерстициальные изменения (гломерулонефрит и пиелонефрит). Для пиелонефрита, кроме того, характерным является выраженная асимметрия кривых контрлатеральных почек.

Выявление на ренограмме дополнительных пиков, одновременно сочетающихся с падением уровня радиоактивности на кривой с области мочевого пузыря, характерно

для пузырно-мочеточниковых рефлюксов. Такой ретроградный заброс мочи с РФП из мочевого пузыря в мочеточник имеет определённое значение в патогенезе нефропатий.

### **Опухолевые поражения почек и мочевого пузыря**

В условиях медицинского учреждения не оснащенного КТ или МРТ, при подозрении на объёмное образование в какой-либо почке исследование начинают с УЗИ, а затем проводят экскреторную урографию.

УЗИ выявляет увеличение объёма всей почки или какого-либо её участка, деформацию контуров почки и полостной системы за счёт наличия дополнительных образований различных по эхоструктуре, имеющих нечёткие контуры. При локальном объёмном процессе на урограммах определяется ампутация, деформация и смещение чашечно-лоханочной системы. При поражении всей почки полостная система её практически не контрастируется, петли кишечника смещены в противоположную сторону. При ренографии (сцинтиграфии) в зависимости от степени инвазии опухоли получают различного типа патологические кривые вплоть до афункционального.

Наличие возможности провести КТ или МРТ определяет несколько иной диагностический алгоритм: УЗИ → подозрение на объёмный процесс в почке → КТ и/или МРТ → окончательный диагноз.

При планировании нефрэктомии и/или курса лучевой терапии обязательным является проведение ренографии или сцинтиграфии с целью определения наличия функционирующей контрлатеральной почки и последующего послеоперационного мониторинга.

Опухоли мочевого пузыря при УЗИ (оптимальный вариант – трансректальное УЗИ) выявляются по локальному, неравномерному утолщению и деформации стенки органа. На цистограммах обнаруживают дефект наполнения с неровными контурами.

### **Травматические повреждения почек и мочевыводящих путей**

Большое значение имеет тактика лучевого исследования. Если у больного гематурия после относительно незначительной травмы живота, то целесообразно начать обследование с внутривенной урографии. При более тяжёлых повреждениях следует сразу проводить КТ с внутривенным усилением, так как этот метод позволяет оценить степень повреждения почек, околопочечных тканей и выявить повреждения других органов брюшной полости. В острой ситуации УЗИ малоинформативно и приводит только к задержке проведения эффективных диагностических и лечебных процедур.

Контузия почки и образование внутрипочечных гематом визуализируется в виде плотных образований, сдавливающих ЧЛС. При разрыве ЧЛС на урограммах и КТ определяются затёки контрастного препарата в паренхиме почки, подкапсульно или в околопочечном пространстве.

# ЛУЧЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ В НОРМЕ

**Цель занятия:** изучить возрастные особенности рентгеновской картины органов грудной полости в норме. Научить самостоятельно разбираться в рентгенотопографических соотношениях лёгких, сердца, крупных сосудов и диафрагмы. Разобрать основные методики рентгенологического исследования органов грудной полости и изучить возможности использования современных методов лучевой диагностики в пульмонологии и кардиологии.

## АННОТАЦИЯ

Со времени внедрения лучевой диагностики в клиническую медицину, органы грудной клетки являются предметом постоянного и наиболее массового исследования. Несмотря на то, что в арсенале современной медицины существует множество методов исследования органов дыхания и средостения, практически ни в одном случае не обходится без рентгенологического исследования. Для успешного овладения данной темой следует хорошо усвоить рентгеноанатомию лёгких и сердца. Важно также знать и современные дополнительные методики лучевого исследования этих органов, которые находят широкое применение в клинической практике: радионуклидная диагностика, КТ и МРТ, УЗИ.

- РЕНТГЕНАНАТОМИЯ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ И ОРГАНОВ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В начале занятия необходимо вспомнить некоторые *особенности рентгеновского изображения* применительно к органам грудной полости. Рентгенограмма является плоскостным, суммационным, негативным теневым изображением. На ней видны одновременно лёгкие, сердце, передние и задние отделы рёбер, позвонки и грудина. На негативном снимке грудной клетки срединная тень и печень дают белое изображение, рёбра – серое, а лёгочные поля на участках, где отсутствуют тени рёбер – чёрное.

На фоне лёгочных полей видны рёбра, ключицы, латерально от верхушек лёгких располагаются лопатки. *Лёгочный рисунок* представлен линейными тенями, расходящимися радиально от корня лёгкого к периферии с постепенным уменьшением калибра элементов. В норме лёгочный рисунок является отображением сосудов, главным образом артериальных, и в меньшей степени – венозных. Бронхи у маленьких детей не находят своего отображения на рентгенограмме, но при развитии соединительной ткани в их стенке (уплотнении) бронхи принимают участие, наряду с сосудами, в формировании лёгочного рисунка.

В медиальных отделах обоих лёгочных полей располагаются интенсивные тени – *корни лёгких*. Их анатомической основой являются начальные отделы ветвей лёгочной артерии и вен, крупные бронхи (справа – промежуточный, слева – главный и нижнедолевой). Ширина корней лёгких оценивается путём определения соотношения диаметра промежуточной артерии к диаметру промежуточного бронха. В норме это соотношение равно примерно 1:1. Корни лёгких должны быть структурными, то есть граница между бронхом и артерией – чёткой, а просвет бронха прозрачным. Бронхопульмональная группа лимфатических узлов, находящаяся в корнях лёгких, на рентгенограммах здорового человека не визуализируется.

*Диафрагма* является нижней границей лёгочных полей и имеет куполообразную форму. В центральной части она стоит наиболее высоко. Спускаясь латерально книзу, она образует острые наружные рёберно-диафрагмальные углы. Правая половина купола диафрагмы располагается на одно межреберье или ребро выше, чем левая. Контуры диафрагмы чёткие и ровные.

*Средостение*, дающее гомогенную тень, имеет сложное строение (сердце, крупные сосуды, пищевод, трахея, лимфатические узлы, соединительная ткань и др.), увидеть которое при обычном исследовании удаётся лишь частично. Трахея просматривается на уровне верхних грудных позвонков в виде ограниченной полосы просветления. В норме на рентгенограмме органов грудной полости лимфатические узлы средостения не видны. Однако знание мест их расположения помогает при распознавании ряда заболеваний, проявляющихся увеличением различных групп лимфоузлов.

*На рентгенограмме в боковой проекции* хорошо видны костные элементы грудной клетки: косонаправленные рёбра, тела грудных позвонков – сзади, грудина – спереди, являющиеся основным показателем правильности укладки пациента и отправным пунктом для учёта нормальной топографии органов грудной полости. У детей книзу от переднего конца ключицы чётко дифференцируются ядра окостенения грудины в количестве от 4 до 6. Из них верхнее ядро соответствует рукоятке грудины. На тела верхних грудных позвонков накладываются обе лопатки. Задние отделы рёбер видны в виде небольших дуг, идущих косо вниз и кпереди, пересекая тела нижележащих позвонков (4 ребро пересекает тело V позвонка и т.д.). Грудина используется для подсчёта рёбер и тел грудных позвонков. Передний конец 2 ребра прикрепляется на уровне сочленения рукоятки грудины и первого сегмента её тела. Кпереди от тел грудных позвонков в виде полосы просветления определяется трахея, просвет которой книзу несколько суживается – это место соответствует её бифуркации, ниже которой проецируются, расходясь *под прямым углом*, главные бронхи.

На рентгенограмме в *боковой проекции* передне-верхняя часть тени сердца менее интенсивна, чем вся сердечная тень и плавно переходит в прозрачность лёгочной ткани в участке ретростерального пространства. Понижение прозрачности в верхнем отделе последнего у детей обусловлено наличием вилочковой железы.

### ***Возрастные особенности.***

У *новорождённого* грудная клетка короткая, широкая, трапециевидной формы. Рёбра расположены почти горизонтально, а их передние концы далеко отстоят от грудины, так как большая их часть состоит из хрящевой ткани, невидимой на снимке. Позвонки имеют овальную форму и небольшие размеры. Сердце приближается к округлой форме, средостение относительно широкое, прикрывает корни лёгких. Лёгочный рисунок нежный, веерообразно расходится от корней лёгких. Диафрагма приподнята, уплощена, левая половина её купола находится на одном уровне с правой.

У *ребёнка дошкольного возраста* грудная клетка конусовидной формы; средостение частично прикрывает корни лёгких, в верхнем отделе становится более узким. Лёгочный рисунок более выражен. Диафрагма опускается, левая половина её купола располагается ниже, чем правая.

На рентгенограмме *взрослого* грудная клетка цилиндрической формы; средостение в верхнем отделе имеет небольшой диаметр; сердце с выраженной “талией”; больше выражены корни лёгких; лучше виден лёгочный рисунок.

На рентгенограмме человека *пожилого возраста* с инволютивными изменениями грудная клетка приближается к бочкообразной форме, а диафрагма опущена за счёт

возрастной эмфиземы. Хрящевые отделы рёбер частично обызвествлены и поэтому видны на всём протяжении, т.е. до сочленения с грудиной. Сердце удлинённой формы, хорошо прослеживается дуга уплотнённой аорты; корни лёгких широкие.

- **МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЁГКИХ И СЕРДЦА**

Здесь рассматриваются основные и дополнительные методики лучевого исследования. Специальные инструментальные методики подробно будут разбираться на занятиях, посвящённых частным вопросам лучевого исследования при патологии лёгких, сердца и средостения.

### **Рентгенологическое исследование**

*Рентгенография* органов грудной полости – наиболее часто выполняемое лучевое исследование. Этот метод доступен для любого лечебного учреждения и отличается такими достоинствами, как простота и необременительность для больного. При правильном подборе технических условий, использовании современных кассет с усиливающими экранами и рентгеновской плёнки хорошего качества, на снимках получается чёткое изображение всех деталей исследуемых органов. Рентгенограмма является объективным документом и может многие годы храниться в архиве, а затем, при необходимости, быть рассмотренной специалистом с целью изучения динамики процесса путём сопоставления последующих рентгенограмм с предыдущими. Главное же достоинство метода, по сравнению с рентгеноскопией, состоит в том, что он вследствие использования малых экспозиций сопровождается меньшей лучевой нагрузкой на пациента.

Рентгенографию органов грудной полости всегда начинают с производства снимка в передней прямой проекции. После проведённого врачом анализа этого снимка, при необходимости выполняется рентгенограмма в правой и/или левой боковой проекции.

*Рентгеноскопия* имеет следующие преимущества: возможность полипозиционного, пространственного исследования пациента; возможность наблюдать органы в движении. Рентгеноскопия позволяет изучать сократительную функцию сердца, пульсацию сосудов, движение диафрагмы. К недостаткам метода следует отнести большую лучевую нагрузку, чем при рентгенографии, субъективизм в выявлении и оценке данных, отсутствие документальности и относительно низкую разрешающую способность. Однако эти недостатки можно преодолеть. Просвечивание с дополнительным использованием специального прибора – усилителя яркости рентгеновского изображения или электронно-оптического преобразователя – значительно снижает лучевую нагрузку как на врача, так и на пациента, что особенно важно при обследовании детей. Производство прицельных снимков во время исследования, или запись исследования на магнитную плёнку или диск позволяет повысить достоверность и объективность врачебного заключения.

*Флюорография.* Основными достоинствами этого метода являются: возможность обследовать большое число лиц в течение короткого времени, а также экономичность и удобство хранения флюорограмм. Эти качества дают возможность использовать флюорографию как скрининг-метод, позволяющий из большого числа обследованных выявить группу риска (по различным заболеваниям) и далее детально провести их

обследование с применением других, более информативных методик лучевого исследования. Недостатком метода является только то, что различимость мелких деталей на флюорограммах несколько ниже, чем на обычных снимках.

### **Ангиокардиография**

Этот метод исследования, связанный с избирательным введением контрастного вещества в одну из полостей сердца и крупные сосуды с последующей скоростной съёмкой, имеет особое значение в кардиохирургической практике. Используется для уточнения характера клапанной или перегородочной патологии сердца при врождённых и приобретённых пороках сердца, когда необходимо детализировать диагноз перед оперативной коррекцией порока.

### **Ангиопульмонография**

Данная методика отличается от ангиокардиографии лишь тем, что на серии снимков визуализируются сосуды малого круга кровообращения.

### **Компьютерная томография**

КТ является важным рентгенологическим методом диагностики заболеваний и повреждений органов грудной полости. Его выполняют после тщательного изучения клинико-лабораторных данных и результатов традиционного рентгенологического исследования. Стандартное исследование включает выполнение последовательных поперечных томограмм от верхушек лёгких до задних рёберно-диафрагмальных синусов, при толщине слоя и расстоянии между ними 8–10 мм. При обнаружении патологии выполняют дополнительные срезы меньшей толщины и расстояния между ними. Кроме того, используют внутривенное усиление для более подробной оценки выявленного очага поражения. Анализ КТ проводят в оптимальном диапазоне плотностных характеристик шкалы Хаунсфилда. В зависимости от плотности объекта исследования используют окна: “средостенное” – для изучения органов средостения, грудной стенки, диафрагмы, уплотнений в лёгочной ткани; “лёгочное” – для оценки лёгочной ткани, “плевральное” – для детального анализа плевры, субплевральных отделов лёгких, “костное” – для оценки костных структур и обызвествлений в органах и тканях грудной полости.

### **Радионуклидные исследования лёгких**

Целью настоящих методов исследования является изучение вентиляционной функции лёгких и состояния капиллярного кровообращения с помощью сцинтиграфии.

*Перфузионная сцинтиграфия лёгких* основана на временной эмболизации капиллярного русла лёгких частицами макроагрегата или микросферами альбумина человеческой сыворотки крови, мечеными  $^{99m}\text{Tc}^*$ , после их внутривенного введения. Проводят полипозиционную сцинтиграфию. При этом определяют уровень накопления и характер распределения РФП в обоих лёгких. Форма, величина и положение лёгких соответствуют их анатомическому изображению на рентгенограммах. Оба лёгких разделены “холодной” полосой, соответствующей проекции позвоночного столба и средостения.

Для *радиопульмонографии* применяют инертный радиоактивный газ  $^{133}\text{Xe}^*$ , практически не всасывающийся в кровь при его ингаляции с помощью спирографа. Результаты исследования анализируют путём выбора на сцинтиграммах зон интереса и

построения с них кривых “активность–время”, оценка которых позволяет определить показатели функции внешнего дыхания.

### **Радионуклидные исследования сердца**

*Равновесная радионуклидная вентрикулография*, синхронизированная с ЭКГ – метод оценки сократительной функции желудочков сердца. Используются РФП, которые в течение длительного времени не диффундируют из сосудистого русла ( $^{99m}\text{Tc}^*$ -альбумин). Современные компьютерные гамма-камеры, создавая изображение “единого сердечного цикла”, позволяют рассчитывать ряд параметров систолической и диастолической фазы сокращения сердца. Этот метод позволяет повторно, в течение длительного времени (3–4 часа) регистрировать изменения сократительной функции сердца, то есть проводить мониторинг.

*Перфузионная сцинтиграфия миокарда* проводится в покое и на фоне физической или медикаментозной нагрузки после внутривенного введения  $^{201}\text{Tl}^*$ -хлорида или  $^{99m}\text{Tc}^*$ -МИБИ и позволяет количественно оценивать распределение кровотока в миокарде, определять коронарный резерв сосудистого русла, выявлять преходящие ишемии миокарда, диагностировать инфаркт миокарда в более ранние сроки по сравнению с ЭКГ.

### **Ультразвуковое исследование сердца**

УЗИ в В-режиме широко используется в кардиологии, так как позволяет неинвазивным путём оценивать состояние клапанного аппарата сердца, размеры его полостей и толщину их стенок, сократительную функцию миокарда. В связи с абсолютной безвредностью для больного, УЗИ можно проводить многократно с целью контроля параметров центральной гемодинамики на фоне проводимого лечения, а также при проведении функциональных и фармакологических проб. Дополнительное использование цветного доплеровского картирования позволяет объективно оценить скорость и направление кровотока в полостях сердца и сосудах.

### **Магнитно-резонансная томография**

МРТ позволяет получать изображения сердца высокого качества с достаточной разрешающей способностью. Если исследование проводится для определения размеров и объёма полостей сердца, оценки его функции, то срезы получают в плоскостях, которые сходны с таковыми при других методах исследования, для которых уже разработаны нормативы и формулы расчёта. Затем томограммы выполняют в плоскостях, параллельных межжелудочковой перегородке и короткой оси левого желудочка, что позволяет изучить все отделы сердца и провести необходимые измерения. Исследование завершается выполнением серии поперечных срезов. Как и при КТ можно выделить 5 основных уровней сканирования: диафрагмальный, уровень желудочков сердца, его основания, уровень бифуркации лёгочной артерии и уровень дуги аорты.

### **План описания рентгенограммы**

#### **Оценка качества снимка и симметричности укладки**

На качественной рентгенограмме должны получить отображение вся грудная клетка от верхушек до рёберно-диафрагмальных синусов и полностью боковые отделы.

При оценке качества рентгенограммы очень важно определить такие факторы как резкость и контрастность снимка, симметричность укладки. Определения резкости, контрастности были даны на первом занятии. Применительно к рентгенограмме органов грудной полости необходимо отметить следующее.

На рентгенограмме органов грудной полости критерием *резкости* является чёткость контуров передних отрезков рёбер. Они являются наиболее подвижными при дыхании, поэтому на них в первую очередь сказывается динамическая нерезкость, обусловленная не задержанным дыханием во время экспозиции. При оптимальном качестве снимка грудной клетки, на нём отчётливо видны тела верхних трёх - четырёх грудных позвонков.

### **Положение пациента во время исследования**

Рентгенологическое исследование органов грудной полости, как правило, выполняется при вертикальном положении пациента. Прямым признаком его является газовый пузырь желудка с горизонтальным уровнем жидкости, расположенный слева под куполом диафрагмы. К косвенным признакам относятся: более косое положение передних отрезков рёбер (угол между передними и задними отрезками рёбер  $\geq 90^\circ$ ), проекционное наложение ключиц на верхушки лёгких. При горизонтальном положении пациента уровень жидкости в желудке не определяется, угол между передними и задними отрезками рёбер более острый, а ключицы проецируются за пределами грудной клетки – в области нижних отделов шеи. Нужно помнить, что наблюдаемое при таком положении пациента более высокое положение купола диафрагмы и не истинное сгущение лёгочного рисунка нельзя принимать за патологию.

*Положение пациента* во время снимка должно быть таким, чтобы фронтальная плоскость тела пациента была параллельна плоскости кассеты. Определение симметричности укладки пациента является важным критерием качества рентгенограммы. Повороты пациента вокруг своей оси приводят к искажению истинного положения органов средостения и ширины лёгочных полей на рентгенограмме, что может быть неправильно оценено как “патология”.

Для определения *симметричности укладки* обычно пользуются следующим приёмом – сравнивают расстояния от грудинного конца ключиц или места перехода костной части ребер в хрящевую с обеих сторон до виртуальной срединной линии, проведённой через остистые отростки тел грудных позвонков. При правильной укладке пациента эти расстояния справа и слева одинаковые. Увеличение расстояния с одной стороны свидетельствует о повороте пациента в эту сторону.

На рентгенограмме в боковой проекции критерием правильности укладки служит точно профильное изображение грудины или её сегментов.

### **Определение фазы дыхания**

Определение фазы дыхания (вдох, выдох) необходимо для объективной оценки структуры лёгочной ткани. Только снимок, сделанный на фазе задержанного вдоха, даёт возможность оценить истинное состояние органов грудной полости. Фаза дыхания определяется по высоте стояния купола диафрагмы. Если диафрагму по среднеключичной линии справа пересекает передний отрезок 7-го ребра и задний отрезок 9-го ребра – рентгенограмма сделана в фазу глубокого вдоха; вдоху соответствует пересечение диафрагмы по среднеключичной линии передним отрезком 6-го ребра и задним отрезком 10-го ребра, неглубокому вдоху – соответственно 5-го и 9-го ребёр, выдоху – 4-го и 8-го рёбер. Оценка фазы дыхания по этим параметрам будет адекватной только в том случае, если пациент был правильно установлен перед кассетой с плёнкой.

Кроме фазы дыхания, на высоту стояния диафрагмы влияют и другие факторы. Самостоятельно разберитесь, как будет меняться положение диафрагмы при следующих

ситуациях: увеличение объёма лёгкого, уменьшение объёма лёгкого, парез диафрагмального нерва, раздражение диафрагмального нерва, увеличение внутрибрюшного давления (асцит, беременность), уменьшение внутрибрюшного давления (спланхноптоз).

# ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

**Цель занятия:** изучить возможности дополнительных и специальных методов лучевой диагностики в выявлении заболеваний лёгких; изучить лучевую семиотику заболеваний органов дыхания.

## *АННОТАЦИЯ*

Рентгенография заслуженно считается основным методом исследования лёгких, причём в большинстве случаев она является решающей в постановке окончательного диагноза. В ряде случаев, когда интерпретация рентгенографических данных затруднена, приходится прибегать к дополнительным и специальным методам лучевого исследования. Таким образом, для успешной диагностики заболеваний лёгких необходимо чётко усвоить лучевую семиотику заболеваний органов дыхания и правильно выбрать соответствующий метод лучевой диагностики для постановки заключительного диагноза.

- **ПОКАЗАНИЯ И ПЛАН ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНОГО**

Рентгенография должна проводиться при подозрении на внутрилегочный патологический процесс, в том числе для выявления и дифференциального диагноза воспаления, объёмного процесса в лёгких или плевральной полости, аномалии развития сосудов или бронхов, нарушения бронхиальной проходимости, увеличения внутригрудных лимфатических узлов, патологии диафрагмы. Кроме того, все травматические повреждения грудной клетки требуют экстренного проведения лучевого исследования.

С целью раннего выявления лёгочных форм туберкулёза и рака лёгкого проводят профилактическое флюорографическое обследование.

Тактику лучевого обследования пациента выбирает врач-клиницист в зависимости от конкретных клинических, лабораторных и других данных. Так, для выявления небольших выпотов в плевральную полость, следует начинать исследование с проведения УЗИ в разных положениях пациента.

Нарушения капиллярного кровотока при обычной рентгенографии практически не выявляются, поэтому в этом случае пациенту показано провести перфузионную сцинтиграфию лёгких.

Для уточнения степени распространённости патологического процесса при туберкулёзе или раке лёгкого проводят томографическое исследование. Если определены показания для такого обследования, то лучше сразу начинать не с рутинной (линейной) томографии, а с КТ или МРТ. Эти же методики, обладающие большой разрешающей способностью, можно использовать для выявления небольших образований в лёгких.

- **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

### ***Томография***

Для углубленного изучения структуры лёгких используют послойные снимки – методику томографии. Принцип метода хорошо известен и описан в учебнике.

Остановимся на показаниях к его применению. Ими являются: выявление полостей распада в участках инфильтрации или в опухолях, уточнение состояния внутригрудных лимфатических узлов при различной бронхолегочной патологии. Послойное изучение позволяет более точно определить локализацию, форму и величину патологического образования, его структуру и контуры. Исследование корня лёгкого, основных ветвей лёгочной артерии и крупных лёгочных вен, находящихся в воротах лёгкого, также более информативно при использовании томографических методик.

### **Бронхография**

В настоящее время полностью заменена мультиспиральной КТ.

### **Ангиография сосудов лёгких**

Используется искусственное контрастирование сосудов для детального анализа кровеносной системы лёгких. Различают *ангиопульмонографию* – исследование системы лёгочной артерии. Эта методика показана при подозрении на аномалию развития артерии, аневризму, на стеноз и тромбоз лёгочной артерии, артерио-венозные шунты. Осуществляется она путём катетеризации вены локтевого сгиба или бедренной вены, через которые проводят катетер в правое предсердие и правый желудочек сердца и далее в лёгочный ствол, который и заполняют контрастным веществом. Скоростная съёмка с помощью сериографа и использование методов обработки изображения (субтракции) позволяет получить объективную информацию о состоянии сосудов в данной области.

*Бронхиальная ангиография* подразумевает контрастирование бронхиальной артерии. Для этого с помощью катетера, проведённого по методу Сельдингера через бедренную артерию в аорту, а затем в одну из бронхиальных артерий вводится рентгенконтрастный препарат. Эта методика позволяет не только установить источник лёгочного кровотечения, но и путём интервенционных вмешательств (химиоэмболизации) остановить его.

### **Компьютерная томография**

Жидкость в плевральной полости выявляется на КТ в случае, если её количество превышает 30–40 мл. Денситометрические показатели жидкости обычно приближаются к плотности воды, но при высокой концентрации в ней белков или крови могут достигать +40 НУ. В этих случаях для разграничения жидкости и мягкотканых структур показана методика внутривенного контрастного усиления, при использовании которой плотность мягких тканей увеличивается, а жидкости не изменяется.

КТ позволяет достоверно подтвердить или исключить наличие воздуха в плевральной полости при сомнительных результатах рентгенологического исследования, а также в большинстве случаев установить причину развития пневмоторакса а, следовательно, и определить возможность выполнения, вид и объём оперативного вмешательства.

КТ имеет огромное значение в диагностике и определении степени распространённости опухолевого процесса в лёгких, позволяет в этом случае выявлять региональные метастазы во внутригрудные лимфатические узлы, что играет важную роль в выборе тактики лечения больного.

КТ-исследование показано больным с прогрессирующей немотивированной одышкой, рецидивирующим спонтанным пневмотораксом, очевидной клинической

картиной бронхоэктазов, кровохарканьем, а также при обнаружении в мокроте атипичных клеток или микобактерий туберкулёза.

### **Радионуклидные исследования**

При патологии бронхолёгочной системы на скинтиграммах обнаруживаются различной степени выраженности зоны гипо- или гиперфиксация РФП локального или диффузного характера. Эти изменения, выявленные при радиопульмографии, характеризуют различные формы нарушения вентиляционной функции, тогда как перфузионная скинтиграмма отражает изменения лёгочного кровотока.

Эти методы исследования играют важную роль в обнаружении тромбоэмболии ветвей лёгочной артерии. На перфузионных скинтиграммах при этом обнаруживаются участки понижения или отсутствия накопления РФП, соответствующие области нарушенного кровотока, а на вентиляционных скинтиграммах этого же больного такие участки не определяются. Обнаружение такого сочетания признаков является патогномичным для тромбоэмболии лёгочной артерии, поскольку ни одно другое заболевание лёгких его не даёт.

- **ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ**

С целью выявления рентгенологических симптомов заболевания лёгких и плевры следует обращать внимание на следующие признаки.

**Обширное затемнение** лёгочного поля, занимающее всё лёгочное поле или не менее 2/3 его поверхности. Анатомическим субстратом этого синдрома могут быть следующие состояния: безвоздушность или уплотнение лёгочной ткани любого происхождения; патологическое содержимое в плевральной полости; пневмоническая инфильтрация.

В дифференциальной диагностике при этом синдроме следует обращать внимание на следующие два признака:

- *положение органов средостения;*
- *структура затемнения.*

При этом возможны три варианта:

⇒ Органы средостения не смещены.

Чаще всего это характерно для пневмонии, преимущественно острой.

⇒ Средостение смещено в сторону, противоположную затемнению.

При этом если тень однородная, имеет чёткий вогнутый верхний контур – это экссудативный плеврит.

Если тень неоднородная требуется проводить дифференциальный диагноз с диафрагмальной грыжей.

⇒ Средостение смещено в сторону затемнения.

При этом если тень однородная – это ателектаз, если неоднородная – цирроз лёгкого.

**Ограниченное затемнение** лёгочного поля – когда патологический процесс поражает не всё лёгкое, а только часть его: долю, сегмент. Его анатомическим субстратом является инфильтрация лёгочной ткани (пневмония, туберкулёз), ателектаз или склероз лёгочной ткани, опухолевое поражение. Дифференциальная диагностика

возможна лишь после подробной оценки локализации выявленного затемнения (доля, сегмент), его формы, интенсивности и структуры, состояния контуров, а также наличия увеличенных внутригрудных лимфатических узлов.

Для *пневмонической инфильтрации* характерны неровность, нечёткость контуров тени средней интенсивности. На этом фоне могут быть видны просветы бронхов.

Затемнения, обусловленные *туберкулёзной инфильтрацией*, напоминают таковые при пневмонии, однако для туберкулёза будет характерно увеличение внутригрудных лимфатических узлов.

При *ателектазе* – полном спадении, безвоздушности лёгочной ткани, всё лёгкое или доля, сегмент лёгкого уменьшены в размерах. Тень ателектаза однородная, на боковой рентгенограмме – треугольной формы, вершиной направленной к корню лёгкого. При этом происходит смещение междолевых и межсегментарных границ – они становятся вогнутыми в сторону уменьшенных в объёме участков лёгкого. Определяется высокое стояние купола диафрагмы и сужение межрёберных промежутков на стороне поражения.

Участок *пневмосклероза* характеризуется чередованием зон уплотнения и повышения воздушности лёгочной ткани, то есть неоднородностью, а также уменьшением объёма поражённого участка лёгкого.

*Злокачественная опухоль* лёгкого на рентгенограмме выглядит как неоднородное, полициклическое образование, с неровными и нечёткими контурами за счёт отходящих от неё полосок лимфангита, обусловленные инфильтрацией опухоли в окружающую ткань.

**Круглая (шаровидная) тень** диаметром более 1 см является признаком таких состояний, как воспаление лёгкого, туберкулома, не опорожнившаяся киста или абсцесс лёгкого, метастазы опухолей других локализаций в лёгкие. В их дифференциальной диагностике имеют значение следующие критерии:

*Форма образования* позволяет разграничить внутри- и внелёгочную локализацию процесса. Для внутрилёгочного процесса характерно образование округлой тени, тогда как для осумкованного междолевого или пристеночного плеврита – овальной.

*Контур* образования при остром воспалительном процессе и абсцессе нечёткие. Контур кисты, напротив, чётко очерчен.

*Соотношение образования с окружающими тканями* позволяет определить локализацию процесса. Если гипотетический центр, мысленно достроенного до полного объёма образования, лежит в пределах лёгочных полей, значит оно исходит из лёгкого. Если же большая часть образования проецируется на средостение, диафрагму или грудную стенку, то оно исходит из них. При этом контур образования, лежащего в лёгком, образует с контуром средостения, диафрагмы или грудной стенкой острые углы, а образования, исходящего из последних – тупые.

Неоднородная структура, обусловленная дополнительными участками просветления характерна для распада или образования полости, появление же более плотных участков – кальцификатов, характерно для обызвествлённой туберкуломы.

**Кольцевидная тень.** Анатомической основой появления такого симптома может быть: абсцесс лёгкого и туберкулёзная каверна в стадии опорожнения, периферический рак лёгкого в стадии распада, одиночная воздушная киста, буллёзное вздутие и поликистоз лёгкого.

Для частично опорожнившегося абсцесса характерно наличие на фоне инфильтративных изменений лёгочной ткани полости, в которой содержится газ и

жидкость, хорошо выявляемая по симптому горизонтального уровня при вертикальном положении больного. Стенки его имеют неравномерную толщину по окружности.

Так как кавернозный туберкулёз относится к вторичным формам туберкулёза, то на рентгенограмме кроме самой каверны, по своим характеристикам приближающейся к абсцессу, можно увидеть и признаки одной из первичных форм.

Распад периферического рака лёгкого кроме появления на рентгенограммах кольцевидной тени, сопровождается увеличением лимфатических узлов корня лёгкого, обусловленных метастазами рака.

Воздушная киста лёгкого, как правило, одиночное образование с ровными и чёткими контурами, тонкими стенками, располагающееся на неизменённом лёгочном фоне.

Кистозные бронхоэктазы обнаруживаются на рентгенограммах благодаря появлению симптома “мыльных пузырей” – множественных тонкостенных образований, локализующихся главным образом в базальных сегментах лёгких.

**Очаговые тени**, как правило, бывают множественными и могут наблюдаться при ряде патологических процессов. Для диагноза большое значение имеют их размеры.

Различают *мелкоочаговые* тени диаметром 1–4 мм, которые наблюдаются при милиарном (диаметр очагов 1–2 мм) и диссеминированном туберкулёзе (диаметр очагов 3–4 мм). Располагаясь преимущественно в верхних отделах лёгочных полей, они не имеют тенденции к слиянию, мономорфные и плотные. Мелкоочаговая пневмония локализуется преимущественно в нижних отделах, очаги инфильтрации лёгочной ткани имеют тенденцию к слиянию, средней интенсивности, с нечёткими контурами. При пневмокониозах (профессиональном заболевании) – очаги располагаются диффузно на фоне эмфиземы.

*Среднеочаговые* тени имеют диаметр 5–8 мм, встречаются при пневмониях; метастазах злокачественных опухолей. При последних – очаги имеют округлую форму с чёткими и ровными контурами, разные размеры – “монетообразные тени”.

*Крупноочаговые* тени диаметром 9–12 мм имеют место при крупноочаговой пневмонии, опухолях и их метастазах, не опорожнившихся полостных образованиях (киста, абсцесс).

### **Просветления лёгочного поля**

Являются результатом патологического процесса, сопровождающегося увеличением воздухонаполнения всего лёгкого или его части, а также наличием воздуха в плевральной полости.

*Эмфизема* – такое состояние лёгкого, при котором всё лёгкое или его часть увеличивается в размере и содержит меньше ткани на единицу объёма. Часто она сопутствует обструктивной форме хронических неспецифических заболеваний лёгкого, которые приводят к снижению эластичности лёгочной ткани. При этом на рентгенограммах определяется: увеличение объёма грудной полости: низкое положение купола диафрагмы, расширение межрёберных промежутков, увеличение прозрачности лёгочных полей, обеднение лёгочного рисунка. Подвижность диафрагмы при вдохе и выдохе изменяется мало, а при рентгеноскопии определяется удлинение фазы выдоха.

Эмфизема может быть хронической (при инволютивных изменениях в лёгких, хронических заболеваниях); викарной (*вздутие* лёгкого) при патологических изменениях в соседних отделах лёгкого; и обтурационной – при клапанном нарушении бронхиальной проходимости.

*Пневмоторакс* характеризуется наличием воздуха в плевральной полости, что на рентгенограмме выглядит как просветление лёгочного поля с отсутствием элементов лёгочного рисунка в этой области и уменьшением объёма лёгкого (коллабирование) на стороне поражения.

**Изменение лёгочного рисунка** может быть распространённым или отмечаться на ограниченном участке.

*Обеднением* лёгочного рисунка называется уменьшение числа элементов лёгочного рисунка на единицу объёма. Это явление наблюдается при эмфиземе, уменьшении объёма крови в малом круге кровообращения (врождённые пороки сердца – изолированный стеноз лёгочной артерии, тетрада Фалло).

*Усилением* лёгочного рисунка называется увеличение числа элементов лёгочного рисунка на единицу объёма. Может наблюдаться при гиповентиляции, полнокровии (пороки сердца) или отёке лёгких, острых и хронических воспалительных процессах (развитие соединительной ткани).

*Деформация* лёгочного рисунка проявляется в изменении нормального положения его элементов (раздвинуты, сближены), либо в изменении формы отдельных элементов, приобретающих сетчатый или петлистый характер. Может наблюдаться при аномалиях развития бронхо-сосудистой системы лёгкого, при склеротических процессах и объёмных новообразованиях лёгкого.

### **Нарушение бронхиальной проходимости**

Причинами таких нарушений могут быть: инородные тела и опухоли бронхов различного порядка; воспалительная или аллергическая обструкция (гиперсекреция и спазм бронха), сдавление извне увеличенными лимфатическими узлами в корнях лёгких. В соответствии с классической схемой Джексона рассмотрим рентгеносемиотику трёх основных видов нарушения бронхиальной проходимости.

*Первый вид (сквозной, частичный)* характеризуется частичной обтурацией бронха, в результате которой в соответствующий отдел лёгкого во время вдоха поступает меньше воздуха. Наступает гиповентиляция лёгкого или его части. В фазе выдоха воздух выходит из лёгкого, преодолевая некоторое сопротивление суженного просвета бронха. Рентгенологически это проявляется диффузным понижением прозрачности с сохранением деталей лёгочного рисунка, а иногда и усилением его.

При глубоком вдохе средостение смещается в поражённую сторону, а в фазе выдоха – возвращается обратно. Этот признак (*симптом инспираторного смещения органов средостения* Гольцкнехт-Якобсона) является относительно ранним при распознавании наличия рентгенонегативных инородных тел бронхов у детей или опухолевого поражения у взрослых, поэтому при соответствующих показаниях для его выявления выполняют рентгеноскопию (у взрослых) или рентгенограммы в фазу вдоха и выдоха (у детей).

*Второй вид (вентильный, клапанный)* наступает тогда, когда просвет бронха сужен значительно. В результате в фазе вдоха, когда просвет бронха расширен, воздух поступает в лёгкое, а в фазе выдоха, когда бронх спадается, воздух обратно не выходит. Это приводит к вздутию соответствующего лёгкого, доли или сегмента, рентгенологические признаки которого были описаны выше.

При *третьем виде* нарушения бронхиальной проходимости наступает полная обтурация просвета бронха. Воздух не поступает в лёгкое, а остаток его там

рассасывается и наступает ателектаз, рентгенологическая картина которого также уже описана выше.

# ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ОРГАНОВ СРЕДОСТЕНИЯ

**Цель занятия:** изучить возможности использования различных методов лучевой диагностики в выявлении наиболее часто встречающихся заболеваний органов средостения и крупных сосудов.

## **АННОТАЦИЯ**

Рентгенологический метод является одним из основных диагностических методов в современной кардиологии. С первых лет существования рентгенологии исследованию сердца уделялось большое внимание. Уже в самом начале XX столетия была изучена рентгеновская анатомия сердца, описаны рентгенокардиометрические и рентгенофункциональные признаки поражения сердца. Достижения сердечно-сосудистой хирургии явились мощным стимулом прогресса рентгенокардиологии. Появляется новый – инвазивный метод рентгенодиагностики (ангиокардиография). В последние годы наметились две тенденции развития лучевой диагностики в кардиологии. Во-первых, это снижение роли ангиокардиографии, благодаря появлению неинвазивных методов – УЗИ, КТ, МРТ. Во-вторых – внедрение в широкую практику цифровой вычислительной техники, позволяющей достигнуть успешной диагностики и лечения некоторых заболеваний путём эндоваскулярных вмешательств без вскрытия грудной клетки.

В выявлении новообразований средостения наряду с рутинными методами исследования, в настоящее время большой удельный вес приобретают КТ и МРТ.

- **ПОКАЗАНИЯ И ПЛАН ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНОГО**

Наиболее частыми показаниями для лучевого исследования сердца и органов средостения являются врождённые и приобретённые заболевания сердца и магистральных сосудов, различного происхождения новообразования средостения, в том числе связанные с поражением внутригрудных лимфатических узлов.

Алгоритм (план) лучевого исследования зависит от исходных клинических данных и предполагаемого заболевания. Если предполагается патология сердца и крупных сосудов, после рентгенографии или флюорографии в разных проекциях назначаются методики, позволяющие изучить состояние стенок и полостей сердца и сосудов, а также оценить кровоток. При этом на этапе обследования пациента в соматическом стационаре чаще всего ограничиваются УЗИ сердца и крупных сосудов с цветным доплеровским картированием, а в специализированных клиниках добавляют и интервенционные (инвазивные) методики.

При подозрении на новообразование средостения и увеличение внутригрудных лимфатических узлов после рутинных методов исследования на первый план выступают КТ и/или МРТ.

- **МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Рентгеноскопия и рентгенография**

Детальная характеристика этих методов была дана на предыдущих занятиях. Было показано, что рентгеноскопия является методом выбора тогда, когда для

установления диагноза основное значение имеет изучение функции органа и необходимость полипозиционного исследования. Рентгенография даёт возможность более глубокого анализа морфологических изменений.

Дополнительно при исследовании органов средостения могут быть использованы следующие методы:

### **Компьютерная томография (КТ)**

Средостение является одним из наиболее частых объектов КТ-исследования органов грудной полости. Преимущества КТ, по сравнению с традиционным рентгенологическим исследованием, определяется наличием в средостении гомогенной жировой клетчатки, имеющей низкую плотность. На её фоне хорошо видны основные анатомические структуры средостения: аорта и её ветви, общий ствол лёгочной артерии, правая и левая её ветви, крупные венозные сосуды, трахея и главные бронхи, пищевод, лимфатические узлы и вилочковая железа.

Современная КТ-техника позволяет производить реконструкцию срезов для получения трёхмерного изображения сердца и средостения в целом. Выполнение КТ после внутривенного введения контрастного вещества – болюсная КТ с внутривенным усилением – позволяет проводить сравнительный анализ полостей сердца в разные фазы сердечного цикла, осуществлять дифференциальный диагноз новообразований средостения.

### **Ангиокардиография**

Метод интервенционной радиологии с использованием искусственного контрастирования полостей сердца, магистральных сосудов, а также коронарных сосудов. Выполняется на специальных рентгеновских аппаратах (ангиограф, сериограф), позволяющих производить снимки после введения контрастного вещества со скоростью 1–3 кадра в секунду, отражающих различные фазы кровотока. Обработка информации (вычитание тканевого фона, усиление яркости и т.п.) осуществляется с помощью компьютера. Описанная методика носит название цифровой субтракционной ангиографии.

Водорастворимое контрастное вещество вводят с помощью автоматического инъектора и специального катетера, проведённого в правое предсердие или аорту через одну из вен (чаще бедренную). В зависимости от цели исследования, различают вентрикулографию, селективную коронарографию.

Ангиокардиография наиболее показательна при наличии сообщения между правыми и левыми отделами сердца, при стенозах или аневризмах магистральных и коронарных артерий.

### **Радионуклидная диагностика**

Радионуклидные исследования сердца подробно описаны на предыдущем занятии.

Для диагностики новообразований средостения могут быть использованы туморотропные РФП, например,  $^{67}\text{Ga}^*$ -цитрат или меченые антитела к опухолевой ткани (методика иммуносцинтиграфии), позволяющие чётко разграничить доброкачественное и злокачественное поражение, а также оценить степень его инфильтрации в окружающие ткани и выявить отдалённые метастазы. При этом на сцинтиграммах выявляются очаги повышенного накопления РФП.

## **Ультразвуковое исследование**

Может быть использовано как для изучения морфологии сердца, так и для оценки его функции.

УЗИ в различных плоскостях и при различном положении датчика позволяет получить изображение стенок, перегородок, клапанов сердца, крупных сосудов. По ультрасонограммам можно точно измерить все метрические и объёмные показатели, характеризующие морфологию сердца. При этом в отличие от традиционного рентгенологического исследования, методика позволяет выявить прямые признаки заболевания сердца (дефекты перегородок, поражение клапанов, жидкость в полости перикарда и т.д.).

Оцениваются также сократительная функция различных отделов сердца, движение створок клапанов в различные фазы сердечного цикла. Кроме того, с помощью доплерографии оцениваются скорость и характер кровотока в различных полостях сердца и крупных сосудах. Современные аппараты для УЗИ позволяют оценивать все эти данные в комплексе, то есть одновременно получать информацию о морфологии и функции сердца.

Разрабатываются методики УЗИ, позволяющие визуализировать лимфатические узлы средостения. В этом случае возможно не только проводить дифференциальный диагноз при их увеличении, но и выполнять биопсию лимфатических узлов под контролем УЗИ, что повышает точность диагностики.

## **Магнитно-резонансная томография**

МРТ не связана с использованием ионизирующего излучения и, кроме того, позволяет выполнять срезы в любых проекциях. Поскольку при исследовании сердца и оценке состояния его полостей предпочтение отдаётся полипозиционному исследованию, этот метод всё шире стал использоваться в кардиологии.

Для изучения новообразований средостения МРТ применяется только при наличии сомнительных данных КТ.

- Лучевая семиотика патологических состояний сердца и крупных сосудов

**При поражениях сердца** анализ рентгенограмм нужно проводить в определённой последовательности.

### ***Оценка состояния скелета грудной клетки***

Вследствие того, что у детей некоторые отделы костей представлены хрящевой тканью, из-за длительного и неадекватного давления на какой-либо отдел грудной клетки может происходить её *деформация*. Так, при длительном существовании заболевания сердца может развиваться эмфизема лёгких, которая приводит к “бочкообразной” деформации грудной клетки. Задние отрезки рёбер приобретают горизонтальное направление, межрёберные промежутки расширяются. У пациентов с врождёнными пороками сердца, а также с приобретёнными пороками, сформировавшимися в детском и юношеском возрасте, из-за давления увеличенного правого желудочка возникает деформация грудной клетки по типу “сердечного горба” – искривление спереди нижней части грудины.

*Аномалии развития рёбер*: расщепление переднего отрезка ребра (ребро Люшка), синостозы между рёбрами, добавочные шейные рёбра, очень часто могут сочетаться с врождёнными пороками сердца.

*Узурация рёбер* – патогномоничный симптом врождённого порока сердца – коарктации аорты. Узуры выявляются по нижнему краю задних отрезков 4–8 рёбер и объясняются давлением на них расширенных межрёберных артерий.

Узурация по передней поверхности тел грудных позвонков бывает вызвана аневризмой нисходящей части грудного отдела аорты.

### ***Изменение лёгочного рисунка***

Усиление лёгочного рисунка у пациентов с заболеваниями сердца может быть следствием следующих состояний. *Гиперволемиа* – усиление лёгочного рисунка за счёт артериального компонента вследствие увеличения притока крови в лёгкие. Она характерна для врождённых пороков сердца со сбросом крови слева направо (дефекты перегородок, открытый артериальный проток). При этом на рентгенограммах можно определить увеличение правого желудочка, расширение лёгочного ствола и корней лёгких. Левое предсердие при этой группе пороков либо не увеличено, либо увеличено незначительно.

*Застой* – усиление лёгочного рисунка за счёт венозного компонента из-за нарушения оттока крови по лёгочным венам в левое предсердие. Лёгочный рисунок в этом случае имеет грубопетлистую сетчатую структуру. Вследствие периваскулярной трансудации жидкой части крови, на рентгенограммах появляются *линии Керли* – тонкие горизонтальные полосы длиной 1,5–2,0 см в нижелатеральных отделах правого лёгочного поля. Пропотевание форменных элементов крови приводит к появлению очагов *гемосидероза* – неопределённой формы с нечёткими контурами, размером от 2 до 6 мм, в нижних и средних отделах лёгочных полей. Кроме того, признаком застоя является увеличение левого предсердия.

Гиперволемиа и застой носят обратимый характер. В случае несвоевременной коррекции порока возникают необратимые склеротические процессы в сосудах лёгких, что приводит к развитию *лёгочной гипертензии*. На рентгенограмме при этом определяется *обеднение лёгочного рисунка* с одновременным расширением лёгочных артерий, увеличением правого желудочка.

### ***Состояние корней лёгких***

Увеличение ширины корней лёгких является признаком гиперволемии или застоя в малом круге кровообращения и артериальной лёгочной гипертензии. При этом нарушается и структурность корней лёгких. Это может быть связано и с увеличением бронхопульмональной группы лимфоузлов. При врождённых пороках сердца с уменьшенным кровотоком в лёгких, диаметр правой промежуточной артерии в составе корня правого лёгкого уменьшается.

### ***Диафрагма***

Длительно существующие пороки сердца приводят к развитию эмфиземы лёгких, вследствие чего диафрагма будет располагаться ниже обычного уровня.

### ***Положение сердца***

При аномальном положении сердца (декстракардия), оценка расположения газового пузыря желудка и печени под диафрагмой может указать на наличие обратного расположения и внутренних органов (*situs viscerus invertus*), эти состояния могут сочетаться с пороком сердца.

Нужно помнить, что изменения положения сердца могут быть обусловлены изменениями в соседних органах: легких (ателектаз, эмфизема), плевры (гидропневмоторакс), диафрагмы (диафрагмальная грыжа), грудной клетки (сколиоз, деформация грудной клетки).

### ***Величина (размеры) сердца***

Может наблюдаться общее увеличение размеров сердца при комбинированных и декомпенсированных пороках сердца, перикардите или миокардите. Увеличение отдельных полостей сердца или магистральных сосудов изменяет форму (конфигурацию) сердца, то есть эти два признака тесно взаимосвязаны.

### ***Форма (конфигурация) сердца***

Форма сердечно-сосудистой тени характеризуется степенью выраженности “тали”. Увеличение II и III краеобразующих дуг слева приводит к сглаживанию талии сердца. Такая конфигурация сердца называется *митральной*. Она характерна для приобретённых пороков митрального клапана и врождённого порока – открытого артериального протока.

Для *аортальной* конфигурации сердца характерна подчеркнутая “талиа” за счёт увеличения дуг левого желудочка и аорты. По правому контуру преобладает протяжённость I краеобразующей дуги. Такая конфигурация характерна для приобретённых пороков аортальных клапанов и врождённого порока сердца – тетрады Фалло.

*Шаровидная* или трапециевидная форма сердца характерна для диффузных поражений миокарда или экссудативного перикардита. Встречается она и при пороках сердца – дефектах межжелудочковой и межпредсердной перегородок.

Помните, что о характере порока можно судить только на основании всех перечисленных рентгеноморфологических симптомов в совокупности с клинико-лабораторными данными.

## • ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА НОВООБРАЗОВАНИЙ СРЕДОСТЕНИЯ

**Опухоли и кисты средостения** различаются по локализации, характеру контуров, структуре и плотности. Определённое значение имеет также состояние тканей, сосудов и лимфатических узлов, окружающих новообразования. В оценке этих признаков КТ и МРТ имеют преимущества по сравнению с традиционным рентгенологическим исследованием.

**Локализация** патологических образований в средостении имеет существенное значение для правильной оценки их природы. В *верхнем этаже* переднего средостения обычно выявляют загрудинный зоб, опухоли вилочковой железы, злокачественные лимфомы, тератодермоидные кисты. Их следует дифференцировать с аневризмами восходящего отдела аорты.

В *нижнем этаже* чаще наблюдаются перикардальные кисты и парастернальные липомы.

В *центральной средостении* локализуются опухоли трахеи и главных бронхов, бронхо- и энтерогенные кисты, а также лимфатические узлы трахеобронхиальной группы, увеличенные в результате их метастатического поражения, развития

лимфогранулематоза (болезнь Ходжкина), злокачественных лимфом, а также неопухолевых поражений (туберкулёз, саркоидоз, пневмокониоз).

В *заднем* средостении возникают опухоли пищевода, энтерогенные кисты, нейрогенные опухоли. Их нужно дифференцировать с аневризмами нисходящего отдела аорты.

Учитывая возможность атипичной локализации новообразования, этот признак необходимо оценивать в комплексе с другими симптомами патологического процесса.

**Контуры** новообразования и состояние окружающих его тканей. Ровные и чёткие контуры, отсутствие изменений прилежащей жировой клетчатки и лёгочной ткани, а также отсутствие увеличения лимфатических узлов средостения более характерно для доброкачественных образований. Нечёткие, бугристые контуры новообразования, слияние его с прилежащими сосудами, увеличение лимфатических узлов, реактивные изменения в прилежащей лёгочной ткани свидетельствуют о злокачественной природе процесса. Однако эти заключения имеют предположительный характер и должны подтверждаться результатами биопсии.

**Структура** новообразования. Обызвествления более характерны для доброкачественных образований щитовидной железы, туберкулом, тератом и паразитарных кист. Если они возникают в злокачественных опухолях, то имеют вид мелких очагов без чётких контуров.

**Денситометрическая характеристика** по данным КТ. Зоны некроза или кровоизлияния в опухолях и лимфатических узлах имеют пониженную плотность (+10 – +25 HU). Более достоверно они выявляются после внутривенного усиления, так как плотность жизнеспособных тканей образования при этом повышается, а некротизированных участков – не меняется. Кисты средостения имеют плотность, близкую к воде, а отрицательные значения плотности (-100 – -120 HU) характерны для липом и дизэмбриогенетических образований (тератодермоидные опухоли).

# ЛУЧЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОНКОЛОГИИ И ЭНДОКРИНОЛОГИИ

**Цель занятия:** изучить возможности современных методов лучевой диагностики в выявлении морфологических и функциональных нарушений эндокринной системы. Изучить тактику лучевого обследования пациента при опухолях наиболее частых локализаций.

## АННОТАЦИЯ

Во всём мире неуклонно возрастает число эндокринных больных. В большинстве случаев, современные методы лучевой диагностики позволяют не только выявить эндокринное заболевание, но и определить первичное звено его патогенеза а, следовательно, и истоки формирования эндокринной патологии.

У больных с подозрением на опухолевое поражение в план обследования, в первую очередь, включают лучевые методы диагностики. Огромное значение при этом приобретает повышение их информативности, что в достаточно большой степени определяется оптимальной тактикой лучевого обследования пациента и правильной интерпретацией результатов исследования.

- Методики лучевого исследования, показания к их проведению и план обследования больного

## ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА

### Методы оценки функции щитовидной железы

#### **Радиоиммунологический анализ (РИА) “in vitro”**

В настоящее время радиоиммунологический метод анализа имеет широкое распространение, в первую очередь, обусловленное тем, что не сопровождается лучевой нагрузкой на пациента а, следовательно, не имеет противопоказаний к использованию даже у беременных женщин и детей любого возраста. Сегодня существует возможность с помощью данного метода определять огромный спектр веществ в различных биологических средах: гормоны, ферменты, опухолевые антигены, иммуноглобулины.

Обследование пациента с патологией щитовидной железы начинают с радиоиммунологического определения уровня тиреоидных гормонов:  $T_4$  – тироксина и  $T_3$  – трийодтиронина (общую и свободную их фракции), ТГ – тиреоглобулина; антитиреоидных аутоантител к ТГ, к микросомальной фракции, к рецепторам тиреотропного гормона (ТТГ); гормонов гипофиза: ТТГ; транспортных протеинов: тироксинсвязывающего глобулина (ТСГ), в периферической крови.

#### **Визуализация щитовидной железы**

**Ультразвуковое исследование.** С помощью высокочастотных датчиков (7,5 МГц) проводится поперечное и продольное сканирование органа. В силу отсутствия лучевой нагрузки на пациента, этот метод не имеет противопоказаний, а следовательно, может проводиться многократно для динамического наблюдения.

**Сцинтиграфия.** Выполняется после выполнения поглотительного теста с  $^{99m}Tc$  -пертехнетатом (см. п. 1.2). С помощью гамма-камеры или сканера получают изображение органа в 2-х позициях (передней и боковой). Обязательным условием является обозначение анатомических маркеров на сцинтиграммах и/или

сканограммах (ярёмная вырезка, ключицы, пальпируемые образования). Показаниями являются: обнаружение эктопической тиреоидной ткани и подробная характеристика очагового поражения органа.

**КТ** или **МРТ** показаны только в случае загрудинно расположенной щитовидной железы (эктопия или загрудинный зуб).

## **МОЛОЧНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ**

**Маммография** в наши дни в связи с постоянным увеличением случаев рака молочной железы является наиболее часто проводимым рентгенологическим исследованием. В ряде стран внедрены национальные программы всеобщего маммографического скрининга.

Мягкие ткани молочных желёз имеют сравнительно небольшую разницу в степени поглощения рентгеновских лучей. Поэтому для достижения высокой контрастности изображения должны использоваться специально сконструированные рентгеновские аппараты – маммографы. Показания к исследованию зависят от возраста пациентки. Женщины в возрасте до 25 лет должны направляться на маммографию только в порядке исключения, т.к. риск развития карциномы у них крайне мал. В возрасте старше 25 лет маммография показана только при чётких клинических подозрениях на наличие злокачественного образования. Абсолютных противопоказаний к проведению маммографии нет.

*Ультразвуковое исследование* применяется в качестве дополнительной методики. Используется датчик с частотой 7,5 МГц. Показания: дифференциальная диагностика узлового образования с чёткими контурами, выявленного при маммографии (киста или солидное образование); при расхождении данных физикального осмотра и маммографии; подозрение на изменения в недоступных для маммографии анатомических местах (вблизи грудной клетки, лимфатические узлы в верхней части подмышечной впадины); оценка имплантантов.

### **Интервенционные методики**

*Аспирационная тонкоигольная биопсия.* Позволяет узнать гистологическое строение обнаруженной опухоли. Выполняется под контролем ультразвукового исследования, тем самым резко уменьшается число ложноотрицательных результатов биопсии. Для облегчения поиска непальпируемой опухоли во время операции, через иглу можно ввести специальный маркер. Это позволяет проводить операции с лучшим косметическим эффектом.

*Галактография (дуктография).* Искусственное контрастирование системы протоков молочной железы любым водорастворимым контрастным веществом (до 1 мл). Основное показание – патологические выделения из соска (кровянистые или серозные).

## **ВНУТРИЧЕРЕПНЫЕ ОБЪЁМНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

*Рентгенография черепа (краниография).* Выполняется в двух стандартных проекциях на первом этапе обследования пациента. Недостаточная информативность при ряде опухолевых поражений не позволяет использовать её как самостоятельный метод исследования, заставляет дополнять её КТ или МРТ. Однако для оценки костных

элементов, обызвествлений структур головного мозга рентгенография является незаменимой методикой.

*Компьютерная томография.* Современные нейрохирургические клиники не возможно представить без этого метода исследования. Техника спиральной КТ позволяет быстро получить серии срезов с заданными параметрами всего головного мозга. Высокая разрешающая способность, увеличиваемая благодаря использованию контрастных веществ (КТ с внутривенным усилением), делает этот метод незаменимым при поиске даже небольших опухолей головного мозга.

*Магнитно-резонансная томография.* Следует за КТ только в том случае, если требуется более тонкая оценка изменений в паренхиме мозга, детальная оценка топографических соотношений: опухоль – головной мозг. МРТ является методом выбора для выявления патологических процессов в задней черепной ямке, вблизи средней линии и у основания черепа. Чувствительность МРТ по сравнению с КТ выше, а использование парамагнитного контрастного вещества (гадолиний) повышает специфичность метода.

*Ангиография.* Используется водорастворимое контрастное вещество, которое под контролем рентгеноскопии, через катетер селективно вводится в исследуемую артерию (чаще в общую сонную или внутреннюю сонную). Скоростная серия изображений получается с помощью электронно-цифровых систем и фиксируется на рентгеновской плёнке (дигитальная субтракционная ангиография). Методика позволяет осуществлять оперативные вмешательства на сосудах (например, их химиоэмболизацию). Выполняется для предоперационной оценки опухоли (определение источника её питания, отношения к сосудам мозга) после проведения КТ или МРТ.

*Методы радионуклидной диагностики.*

1) В связи с развитием описанных выше методик, отмечается снижение частоты их использования в неврологии и нейрохирургии. Однако они продолжают оставаться высокоинформативными в распознавании опухолевых поражений головного мозга. Кроме того, именно в радионуклидной неврологии созданы предпосылки прорыва на принципиально новый диагностический уровень – получение региональной информации о кровотоке и метаболизме в ткани головного мозга (ОФЭКТ, ПЭТ).

- СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

### **Щитовидная железа**

Изменение положения щитовидной железы может быть вызвано нарушением её внутриутробного развития (*эктопия*, загродинный зоб), или смещением рядом расположенными опухолями.

При визуализации щитовидной железы чаще всего могут встречаться следующие ситуации.

*Очаговые нарушения* распределения РФП. При этом требуется оценить функциональную активность узла. «Горячие» очаги – когда РФП накапливается исключительно в пальпируемом узле; обусловлены наличием автономно функционирующей тиреоидной ткани.

Узлы, которые не накапливают РФП – «холодные», являются неспецифическим признаком таких состояний, как киста, аденома, рак щитовидной железы.

При этом ведущее значение для дифференциальной диагностики имеет УЗИ. Обнаружение эконегативного образования, с чёткими и ровными контурами является

признаком кисты, а плотный узел солидного характера – признаком новообразования.

### **Молочная железа**

**Опухоли.** Ровные, чёткие контуры с высокой вероятностью указывают на доброкачественность образования. Наличие тонкого рентгенпрозрачного ободка повышает вероятность доброкачественности процесса. Неровные контуры с «отростками», характерны для злокачественных опухолей.

**Плотность образования.** Относительно низкая плотность, по сравнению с окружающей паренхимой свидетельствует в пользу доброкачественного образования. Плотное образование увеличивает вероятность того, что оно является злокачественным.

**Структура образования.** Смешанные образования с участками уплотнения практически всегда являются доброкачественными.

**Локализация.** Обнаружение чётко очерченных образований в верхне-наружном квадранте молочной железы (особенно вблизи сосудов) характерно для лимфоузлов, область складки – типичная локализация сальниковых кист.

**Количество.** Множественность образований указывает на их доброкачественное происхождение (кисты, фибroadеномы, лимфатические узлы). Исключение составляет метастатическое поражение железы.

### **Объёмные образования головного мозга**

**КТ.** Оцениваются следующие параметры: положение, величина, форма, плотность очага (гипо- или гиперденсивное), его структура (однородная или неоднородная), наличие зоны отёка вокруг очага, изменение плотности при внутривенном усилении.

**МРТ.** Дополнительно к КТ-характеристикам добавляются характеристика интенсивности очага на  $T_1$ - и  $T_2$ -взвешенных изображениях (гипо- или гиперинтенсивное).

**Ангиография.** Ангиографические признаки опухолевого поражения разнообразны. Ниже перечисляемые критерии не обязательно должны встречаться одновременно. Нормальные сосуды смещены («масс-эффект»: отеснены, выпрямлены), сужены; приводящий сосуд расширен. Появление патологической сети сосудов (неоваскуляризация) и внесосудистых (экстравазальных) скоплений контрастного вещества (затёки). Скорость циркуляции крови в очаге поражения обычно ускорена, отмечается ранний переход контрастного вещества в венозную сеть (артерио-венозное шунтирование).

**Сцинтиграфия и ОФЭКТ.** Сцинтиграфическая манифестация опухолей определяется рядом факторов и, прежде всего: степенью васкуляризации, размером, глубиной и локализацией, скоростью роста, морфологическими особенностями, изменением ГЭБ. Основными задачами при поиске опухолей на сцинтиграммах и/или томограммах является выявление очага гиперфиксации РФП и определение его характеристик (форма, чёткость контуров, уровень накопления РФП и характер его распределения в очаге).

### **Метастазы злокачественных опухолей**

На практических занятиях по частным разделам лучевой диагностики приводились сведения о семиотике метастатических процессов в различных органах. Ниже будут рассмотрены общие принципы выявления метастазов с помощью радионуклидных методов исследования.

1) Негативная визуализация с *органотропными РФП* (меченые коллоиды – для печени, меченый альбумин – для лёгких, пертехнетат технеция или йод – для щитовидной железы). Их использование позволяет выявить метастатическое поражение изучаемого органа в виде очагов отсутствия или гипофиксации РФП («холодные» очаги).

2) *Остеосцинтиграфия* с мечеными фосфатами. Метастазы в кости выявляются в виде очагов повышенного накопления РФП («горячие» очаги).

*Метастатическое поражение головного мозга* на скintiграммах и/или томограммах характеризуется поверхностно расположенными множественными очагами патологической радиоактивности значительной интенсивности с чёткими контурами.

*Метастазы рака щитовидной железы* могут быть обнаружены с помощью радиоактивного  $^{131}\text{I}^*$  только в том случае, если состоят из дифференцированных фолликулярных или альвеолярных клеток. При скintiграфии всего тела они могут быть обнаружены в виде «горячих» очагов.

3) Позитивная визуализация с *туморотропными РФП*. К ним относятся  $^{67}\text{Ga}^*$ -цитрат и меченые противоопухолевые антибиотики, например  $^{113\text{m}}\text{In}^*$ -блеомицин. Избирательно накапливаясь в опухолевых тканях, эти РФП позволяют визуализировать их на скintiграммах в виде горячих очагов.

## ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

**Цель занятия:** изучить возможности лучевой терапии в комплексном лечении основных опухолевых и неопухолевых заболеваний.

### АННОТАЦИЯ

Актуальность темы можно проиллюстрировать рядом статистических данных: в современном мире наблюдается неуклонный рост онкологической заболеваемости (среднегодовой прирост составляет 1,6%), при этом 60–80% всех онкологических больных имеют показания к проведению лучевой терапии либо в виде самостоятельного курса, либо в сочетании с другими методами лечения. При ряде заболеваний (лимфогранулематоз, рак кожи, гемангиомы у детей) использование ионизирующего излучения является наиболее эффективным лечебным средством. Также следует отметить, что лучевая терапия имеет огромное значение не только в онкологической практике, но и при лечении многих неопухолевых заболеваний (воспалительных, неврологических, ортопедических, дерматологических).

#### • ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Современная лучевая терапия характеризуется *локально-региональным* способом воздействия и в то же время имеет черты избирательности благодаря применению средств и способов *управления радиочувствительностью* нормальных и опухолевых тканей (см. лекцию, раздел радиомодификаторы). Однако радикальность излечения больного ограничивается *толерантностью* нормальных тканей (максимальной дозой, не приводящей к лучевым повреждениям). В силу этого в арсенале врача-онколога, кроме методов лучевой терапии, имеются ещё два мощных средства – хирургический и химиотерапевтический методы лечения. С целью полной ликвидации первичного опухолевого очага и предотвращения рецидива опухоли применяют *комбинированный* способ лечения, при котором используют лучевую терапию перед и/или после оперативного лечения; и лучевую терапию с химиотерапией. В том случае, если используется все три основных варианта лечения онкологического больного, способ лечения называют *комплексным*. Использование нескольких методов лучевой терапии, например, дистанционного и внутриволостного облучения, называется *сочетанным* способом лечения.

В современных условиях медицинские учреждения, занимающиеся лечением онкологических больных, работают по принципу *врач – единый радиолог*. Это значит, что каждый больной наблюдается одним врачом, который обследует пациента, назначает лечение и сам проводит курс лучевой терапии.

Главной проблемой современной радиологии является правильный выбор *радиотерапевтического интервала*, то есть ситуации, при которой опухолевые клетки повреждаются максимально (излечение достигает 80–90%), а нормальные ткани имеют минимальную степень лучевого повреждения (не более 5%).

Проведение адекватного курса лучевой терапии возможно только при правильно установленном диагнозе и оценке распространённости опухолевого процесса. В настоящее время во всём мире пользуются *международной классификацией опухолей по системе TNM*.

Система TNM подразумевает оценку первичного опухолевого процесса (T –

tumor), поражения регионарных лимфатических узлов (N – nodulus) и отдалённых метастазов (M – metastasis), зашифрованную в цифровых или буквенных символах. Например: Рак молочной железы T<sub>2</sub>N<sub>1</sub>M<sub>x</sub> (опухоль размером 2–5 см, с метастазами в подмышечные лимфатические узлы на стороне поражения, выявления отдалённых метастазов не проводилось).

- МЕТОДИКИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

### **Контактные методики лучевой терапии**

Методики, при которых расстояние от источника ионизирующего излучения до облучаемого объекта менее 30 см.

*Близкофокусная рентгенотерапия.* Единственным показанием для её использования является гемангиомы у детей.

*Аппликационная.* Используется смоделированный по форме поверхностно расположенного очага аппликатор с нанесенным источником излучения.

*Внутриполостная.* Применяется при локализации опухоли в полном органе (пищевод, матка, прямая кишка).

*Внутриканальная.* Радиохирургический метод, при котором источник излучения вводится непосредственно в ткань опухоли.

При проведении этих контактных методик, в зависимости от задач курса лучевой терапии, могут быть использованы как открытые, так и закрытые источники  $\gamma$ -излучения (<sup>60</sup>Co\*, <sup>198</sup>Au\*, <sup>99m</sup>Tc\*, <sup>137</sup>Cs\*, <sup>182</sup>Ta\*, <sup>192</sup>Ir\*),  $\beta$ -излучения (<sup>32</sup>P\*, <sup>131</sup>I\*) и  $n$ -излучения (<sup>252</sup>Cf\*).

С целью снижения лучевой нагрузки на персонал, проводящий лечение больного, а также устранения неучтённой поглощенной дозы на организм пациента при контактном облучении используют *метод последующего введения (afterloading)*.

*Показаниями* для проведения контактных методов лечения служат поверхностно расположенные опухоли. С целью радикального излучения они должны использоваться только в составе сочетанного курса лучевой терапии.

### **Дистанционные методики лучевой терапии**

*Гамма-терапия.* В аппаратах для дистанционной гамма-терапии в качестве источника ионизирующего излучения используется радиоактивный <sup>60</sup>Co\* (T<sub>1/2</sub>=5,3 г; средняя E $\gamma$ =1,25 MeV).

*Облучение быстрыми электронами* (E=5–20 MeV) проводят с помощью ускорителей элементарных частиц. В современных условиях – это линейные ускорители электронов (ЛУЭ). Так как проникающая способность их мала, область использования ограничена лечением поверхностно-расположенных опухолей.

*Терапия тормозным излучением высокой энергии.* Если на пути разогнанных до высоких энергий электронов в ЛУЭ поставить мишень, то они будут тормозиться об неё и излучать тормозное излучение (оптимальная E=15–20 MeV). Таким образом, ЛУЭ могут работать в двух режимах: режим быстрых электронов и режим тормозного излучения, что удовлетворяет самым современным требованиям медицины. Они обладают возможностью программированного облучения; имеют хорошую равномерность распределения мощности дозы по полю облучения; оснащены современной лазерной системой, позволяющей быстро и точно производить укладку больного и центрировать поле облучения на нём.

Использование *циклотронов* (ускорителей тяжёлых заряженных частиц) позволяет проводить *нейтронную терапию* (средняя  $E_n=7$  MeV). Особенно ценно применение нейтронной терапии при неглубоко расположенных, относительно больших опухолях. Кроме того, циклотрон позволяет организовать производство короткоживущих и ультракороткоживущих радионуклидов для радиоизотопной диагностики.

*Протонная терапия* также возможна с помощью циклотрона, работающего в подвижном режиме. Узкий пучок протонов используют для лечения небольших опухолей головного мозга, гипофиза, аневризм сосудов головного мозга. При этом большое значение приобретает тщательность подготовки больного к облучению.

С целью снижения лучевых повреждений нормальных тканей и более радикального излечения опухоли, используют *многопольное облучение*.

*Показания* для проведения дистанционной лучевой терапии: все глубоко расположенные опухоли внутренних органов.

### **Лечение открытыми источниками ионизирующего излучения**

Для внутреннего облучения используются радиофармацевтические препараты, находящиеся в жидком агрегатном состоянии (растворы  $^{131}\text{I}^*$ ; коллоидные растворы  $^{32}\text{P}^*$  и  $^{198}\text{Au}^*$ ). Они могут вводиться внутрь для лечения рака щитовидной железы и её метастазов ( $^{131}\text{I}^*$ ), истинной полицитемии ( $^{32}\text{P}^*$ ), меланомы ( $^{198}\text{Au}^*$ ); в плевральную и брюшную полость при их раковом поражении ( $^{198}\text{Au}^*$ ). Перспективным направлением является применение антител к тканям опухоли, меченых радионуклидами. Пациенты, получающие такой вид лечения, представляют радиационную опасность для остальных лиц, и поэтому должны находиться в изолированных палатах до тех пор, пока мощность дозы от них не будет соответствовать установленным нормам.

### **Противопоказания к проведению курса лучевой терапии**

*Общие*: нетранспортабельность больного вследствие тяжёлого общего состояния; выраженные кахексия и анемия, лейкопения; сердечно-сосудистая, почечная и печёночная недостаточность в стадии суб- и декомпенсации.

*Относительные*: заболевания сердца, лёгких, почек, печени в стадии обострения; возраст старше 70 лет; активный туберкулёз.

*Местные*: прорастание опухоли в соседние полые органы; распространение опухолевого процесса на крупные сосуды.

В настоящее время генерализация (диссеминация) процесса не является противопоказанием для проведения лучевой терапии, так как разработаны методики *тотального и субтотального облучения*, позволяющие добиться положительного результата в этом случае.

- ПЛАНИРОВАНИЕ КУРСА ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

### **Характер лучевой терапии**

*Радикальный* – облучение, которое приводит к полной ликвидации опухолевых клеток как в первичном очаге, так и в зонах субклинического распространения. Для радикального излечения большинства злокачественных опухолей необходима суммарная очаговая доза 60 – 70 Гр. Такому виду лучевой терапии обычно подлежат большие с чётко отграниченными опухолями, при отсутствии отдалённых метастазов.

Распространённые опухоли обычно подлежат *паллиативному* облучению, при

котором возможно уменьшение размеров опухоли и улучшение состояния больного. Дозы облучения при этом методе выбирают меньшие, по сравнению с радикальным курсом.

*Симптоматический* курс лучевой терапии чаще всего используется для ликвидации болевого синдрома.

### ***Условия начала курса лучевой терапии***

Несомненный диагноз опухоли, имеющий *гистологическое* подтверждение, с указанием наличия метастазов в регионарные лимфатические узлы и отдалённые органы.

Отсутствие противопоказаний.

### ***Предлучевая подготовка***

1. *Топометрическое исследование.* Уточняется топография опухоли, её объём, размеры и состояние регионарных лимфатических узлов. Для этого используются различные методики лучевой диагностики (рентгенография, ангиография, КТ).

2. *Клиническая биометрия и построение анатомо-топометрических карт.* Это изображение (или схематический рисунок), которое передаёт анатомическое строение тела больного с учётом его индивидуальных особенностей на уровнях опухолевого поражения в поперечной плоскости. Лучшее для этих целей использовать КТ. На этом же этапе выбирают и фиксируют укладку пациента, при которой будет проходить лечение.

3. Планирование лучевой терапии (*составление дозиметрической программы облучения* больного). Уточняют методику лучевой терапии, которая будет использована. Выбирается количество, размеры и положение полей облучения. Определяют разовую и суммарную очаговую дозу, подводимую к опухоли с каждого поля.

4. *Разметка полей облучения на теле больного.* Переносят условия облучения с анатомо-топометрической карты на тело больного. Обозначают центр и границы полей облучения на теле пациента.

5. *Контроль полей облучения.* Чтобы определить, правильно ли выбраны поля облучения, используют разные методики: контрольные рентгенограммы (снимок полей облучения с помощью обычных рентгенодиагностических аппаратов); гаммаграфию (снимок полей облучения в рабочем пучке гамма-лучей  $^{60}\text{Co}^*$  на используемом гамма-терапевтическом аппарате). В современных условиях перспективным является использование *симуляторов лучевой терапии*, которые позволяют полностью и с высокой степенью точности смоделировать условия облучения конкретного больного на конкретном аппарате для лучевой терапии.

### **Выбор и фракционирование дозы облучения**

Для подведения суммарной очаговой дозы могут быть использованы несколько режимов её фракционирования (разделение на отдельные сеансы).

Как уже было отмечено, для злокачественного роста характерна *инфильтрация* опухолевыми клетками нормальных тканей и регионарных лимфатических узлов, что может быть причиной рецидива опухоли. Это требует инактивации таких не выявляемых клинически очагов. С этой целью, кроме предоперационного курса лучевой терапии, используют *технику сокращающихся полей*: первоначально выбирают размер поля облучения несколько больший, чем размер опухоли (с захватом возможных зон

субклинического распространения). Постепенно размер поля облучения сокращают, подводя к этой зоне 20–30% от суммарной очаговой дозы.

- **ОСОБЕННОСТИ КУРСА ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ НЕКОТОРЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**

### **Рак кожи**

В структуре заболеваемости злокачественными опухолями занимает 3-е место у мужчин и 2-е место у женщин.

Среди всех методов лечения (хирургический, лазеротерапия, химиотерапия, комбинированный) лучевая терапия даёт лучшие результаты, в том числе и косметические.

### **Рак молочной железы**

Чаще болеют женщины в возрасте 40–60 лет, у которых он занимает первое место в структуре онкологической заболеваемости. Для радикального излечения используют комбинацию хирургического и лучевого методов лечения. При проведении органосохраняющих операций роль лучевой терапии резко повышается. Проводят облучение фигурных полей с использованием дистанционной гамма-терапии или тормозного излучения ЛУЭ.

### **Рак лёгкого**

Чаще болеют мужчины в возрасте 50–60 лет, у которых он занимает первое место в структуре онкологической заболеваемости. С помощью аппаратов для дистанционной гамма-терапии и ЛУЭ (тормозное излучение) облучают область опухоли и зоны регионарного лимфооттока. В силу особенностей локализации и гистологического строения чаще используют паллиативный курс (суммарная очаговая доза 40–45 Гр) лучевой терапии в составе комбинированного лечения.

### **Рак щитовидной железы**

Как самостоятельный метод, чаще используется оперативное лечение. В случае точно установленного гистологического диагноза низкодифференцированной опухоли и при большом её объёме, перед операцией применяют дистанционные методики лучевой терапии в режиме ускоренного фракционирования.

*Выявление отдалённого метастазирования* является показанием для *радиойодтерапии*. Используют открытый ИИИ –  $^{131}\text{I}^*$  (per os).

*Условия начала проведения радиойодтерапии:* метастазы должны гистологически состоять из А-клеток (фолликулярная или папиллярная аденокарцинома), которые активно накапливают йод; полное удаление первичной опухоли и основной функционально активной ткани щитовидной железы.

### **Лимфогранулематоз (Болезнь Ходжкина, Hodgkin)**

Самостоятельная нозологическая форма группы гемобластозов. Сначала возникает в одном лимфатическом коллекторе, затем лимфогенно уницентрически распространяется. Чаще всего первыми поражаются лимфоузлы: верхние шейно-надключичные, верхнегрудные и подмышечные. Могут поражаться и такие органы, как лёгкие, селезёнка, печень, почки, кости и суставы, ЖКТ и ЦНС.

Основным методом лечения является лучевая терапия или комбинация лучевой и химиотерапии (при распространённых формах). Используют дистанционную гамма-

терапию или тормозное излучение высоких энергий (ЛУЭ) по *радикальной программе*. Методика заключается в *облучении с протяжённых (мантиевидных) полей сложной конфигурации*, позволяющая облучать все лимфоколлекторы выше и ниже диафрагмы одновременно. Размер поля облучения 50×50 см с экранированием головок плечевых костей, щитовидной железы и спинного мозга. Режим фракционирования – стандартный, суммарная очаговая доза – 40–45 Гр.

Результаты такого способа лечения: 10-летняя выживаемость больных составляет 85–95%. При использовании химио- и лучевой терапии 73% больных в течение 10 лет не имеют рецидивов заболевания.

При рецидивах заболевания, неходжкинских лимфомах и семиномах используют *тотальное облучение* всего тела: разовая очаговая доза – 0,15 Гр, 2 раза в неделю до суммарной очаговой дозы – 1,5 Гр.

### **Нефробластома (опухоль Вильмса)**

Планирование курса лучевой терапии проводят исходя из оценки стадии заболевания и возраста ребёнка. У детей в возрасте до 1 года, при I стадии заболевания, когда опухоль находится в пределах капсулы почки, проводят только хирургическое лечение.

Второй и третьей стадиям соответствует прорастание опухолью капсулы почки, наличие близлежащих метастазов или метастазов в парааортальные лимфатические узлы. В этом случае проводят два курса лучевой терапии по радикальной программе: в режиме крупного фракционирования дозы облучения в предоперационном и послеоперационном периодах. Дозу подводят с двух противоположных полей с помощью аппаратов для дистанционной гамма-терапии или ЛУЭ в режиме тормозного излучения высокой энергии. При наличии соответствующих условий проводят интраоперационное облучение ложа удаленной опухоли (контактное по методике последующего введения или дистанционное) в дозе 5 Гр. При IV стадии заболевания, когда выявлены отдалённые метастазы в лёгкие или кости, радикальный курс лучевой терапии не показан.

### **Гемангиомы**

Наиболее радиочувствительными являются капиллярные и кавернозные гемангиомы у детей до 1 года. Для проведения курса лучевой терапии используют близкофокусную рентгентерапию. Глаза и нижняя челюсть ребёнка во время сеанса облучения должны быть экранированы. Разовая очаговая доза, подводимая за 1 сеанс, составляет 2–2,5 Гр. Сеансы облучения проводят 1 раз в месяц до достижения суммарной очаговой дозы 6–7,5 Гр.

### **Неопухолевые заболевания**

Показаниями для проведения курса лучевой терапии чаще всего служат *воспалительные заболевания мягких тканей и костей* (фурункулы, карбункулы, гидраденит, абсцесс, флегмона, тромбофлебит, панариций, остеомиелит). *Послеоперационные и раневые осложнения* (постампутационный болевой синдром, свищи). Реже лучевая терапия может быть использована при *дегенеративно-дистрофических заболеваниях* костно-суставного аппарата (артроз, остеохондроз, бурсит); *воспалительных заболеваниях периферической нервной системы* (неврит, синингомелия); *хронических дерматозах* (немикробная экзема, нейродермит, грибковые поражения); *эндокринной патологии* (тиреотоксикоз).