

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Институт ветеринарной медицины и биотехнологии

Кафедра эпизоотологии, микробиологии, паразитологии  
и ветеринарно-санитарной экспертизы

Иванов Д.В., Крапивина Е.В.

## **РЕНТГЕНОЛОГИЯ.**

Методы исследований в рентгенодиагностике  
болезней животных

Учебно-методическое пособие  
для студентов института ветеринарной медицины  
и биотехнологии специальности «Ветеринария»

Брянская область 2022

УДК 615.849 (076)

ББК 53.6

И 20

Иванов, Д. В. Рентгенология. Методы исследований в рентгенодиагностике болезней животных: учебно-методическое пособие для студентов института ветеринарной медицины и биотехнологии специальности «Ветеринария» / Д. В. Иванов, Е. В. Крапивина. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. - 66 с.

В учебно-методическом пособии представлены основные положения таких методов лучевой диагностики, применяемых в ветеринарии, как рентгеноскопия, флюороскопия и флюорография, рентгенография и электрорентгенография (ксерорентгенография), томография, рассмотрены усилители с рентгеновскими электронно-оптическими преобразователями (РЭОП). Приводятся наиболее распространённые препараты, применяемые при контрастировании и правила их использования в рентгенодиагностике патологических процессов, а также способы обнаружения в теле животных инородных тел. Рассмотрены и другие методы лучевой диагностики различных болезней.

Материал иллюстрирован 6 рисунками, которые позволяют студентам лучше усвоить материал в процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины «Рентгенология» раздела «Методы исследований в рентгенодиагностике болезней животных». Учебное пособие предназначено для студентов института ВМиБ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Рецензент: Симонов Ю.И., кандидат ветеринарных наук.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института ВМиБ Брянского ГАУ, протокол № 7 от 31.03.2022 г.

© Брянский ГАУ, 2022

© Иванов Д.В., 2022

© Е.В. Крапивина, 2022

## **Ветеринарная рентгенодиагностика**

Рентгенодиагностика - распознавание болезней различных органов и систем у животных с использованием рентгенологических методов исследования. Рентгенодиагностический процесс условно можно разделить на несколько этапов: предварительный (определение объекта исследования, изучение (сбор) анамнеза, установление методики исследования, вида и проекции съёмки), съёмка и получение изображения; разграничение "нормы" и "патологии; определение по снимкам ведущих рентгенологических симптомов; заключительный (проверка правильности установленного диагноза с помощью дополнительных исследований или посредством наблюдения за течением болезни).

Разные заболевания могут обусловить одинаковую рентгенологическую картину. Поэтому перед рентгенологическим исследованием врач-рентгенолог собирает анамнез о больном животном, исследует его или получает данные из клинических документов, что в совокупности составляет предварительный этап рентгенодиагностики.

Опознавание рентгеновских образов требует знаний рентгеноанатомии разных видов животных и сущности рентгенологических методов. При этом необходимо определить, какая часть тела или орган изображены на экране или снимке, а также установить методику, с помощью которой проводилось исследование. Следует иметь в виду, что любая часть тела и каждый орган животного дают на снимке характерное рентгенологическое изображение. Вместе с тем изображение одного и того же органа может выглядеть по-разному в зависимости от примененного метода и проекции исследования.

При распознавании болезни, прежде всего, необходимо отличить патологию от нормы. Такое разграничение представляет собой процесс сравнения обобщенного обра-

за нормы с конкретным изображением и выявление отклонений от привычной картины, т.е. определение рентгенологических симптомов болезни. Под симптомами понимают такие изменения признаков рентгеновской тени, которые не встречаются на снимках здоровых животных.

Обычно на рентгенограмме больного животного выявляют большое количество симптомов, которые имеют различную диагностическую значимость. Поэтому, в первую очередь, определяют симптом или набор из нескольких симптомов, которые отражают морфологическую и патфизиологическую сущность основного заболевания. Методом сравнения рентгенологического эталона и патологии относят установленные симптомы к определенной группе патологических процессов или к определенному заболеванию.

С целью оценки достоверности рентгенологического диагноза на заключительном этапе проводят дополнительные исследования, контролируют и оценивают эффективность лечебных мероприятий, а также состояние животного в динамике болезни.

Современные методы рентгенологического исследования делятся на основные и вспомогательные. К основным относятся рентгеноскопия, рентгенография и электрорентгенография (ксерорентгенография), к вспомогательным - пневмоаортография, томография, фистулография и другие.

### **Рентгеноскопия**

Это получение теневого рентгеновского изображения на флюороскопическом экране. При этом используются такие свойства рентгеновых лучей, как способность распространяться прямолинейно, проникать через непрозрачные предметы, вызывать свечение некоторых химических веществ, свойство тканей поглощать лучи в зависимости от собственной плотности (количества электронов на единицу массы).

**Рентгеноскопия** - это метод визуализации, который использует рентгеновские лучи для получения движущихся изображений внутренней части объекта в реальном времени. В своем основном применении визуализации **флюороскоп** позволяет врачу видеть внутреннюю структуру и функции пациента, так что, например, можно наблюдать насосное действие сердца или движение глотания. Это полезно как для диагностики, так и для терапии и встречается в хирургии с использованием изображений.

Чтобы рентгеновские лучи, прошедшие через исследуемый участок тела, стали видимыми, используют флюороскопические экраны. Экран состоит из белого картона размером до 30x40 см, который с одной стороны покрыт веществом, способным светиться желто-зеленым светом под действием рентгеновых лучей - цинк-кадмий сульфатом. Яркость свечения экрана зависит от жесткости и интенсивности излучения. Экран под действием лучей видимого света со временем теряет способность к свечению, поэтому его необходимо хранить в затемненном положении.

Собственно экран помещается в кассету, одна стенка которой состоит из тонкого листа пластмассы, а другая - из просвинцованного стекла со свинцовым эквивалентом 1,0-1,5 мм. Стекло предохраняет от повреждений рабочую поверхность экрана и защищает рентгенолога от прошедшего через исследуемый участок и экран излучения. Поскольку яркость свечения экрана невысокая, то исследование проводят в темном помещении или используют криптоскоп, врачу-рентгенологу при этом необходимо пройти теневую адаптацию в течение 10-15 минут.

При просвечивании на экране получают плоскостное, позитивное, теневое изображение исследуемого объекта в увеличенном размере. Экран светится тем ярче, чем больше попадает на него лучей и чем они жестче. Это свечение происходит согласно закону Стокса: длина волны света возбужденного больше длины волны света возбудителя.

Расстояние от объекта исследования до рентгеновской трубки не должно превышать 60-65 см, а экран располагается с противоположной стороны исследуемого участка тела вплотную к нему, перпендикулярно направлению центрального пучка лучей (ЦПЛ). Это связано с тем, что при увеличении расстояния между экраном и трубкой в 2 раза, освещаемая площадь возрастает в 4 раза и во столько же раз уменьшается интенсивность свечения экрана. Кроме того, чем ближе объект к экрану, тем большее соответствие его истинных размеров величине изображения. При расположении экрана не перпендикулярно направлению ЦПЛ искажается форма исследуемого органа.

У крупных животных для рентгеноскопии доступны голова, шея, грудная клетка, конечности (режимы рентгенологического исследования: 60-75 кВ, 5-7 мА). У мелких животных просвечиванию доступен практически любой участок тела (режимы: 40-50 кВ, 4-5 мА). При просвечивании плотных тканей экран будет светиться слабо, поскольку лучи этими тканями поглощаются практически полностью. Это связано с тем, что плотные ткани содержат атомы с значительно большим количеством электронов, чем у водорода и кислорода, которые резонансно поглощают кванты рентгеновского излучения. Мягкие ткани задерживают меньше лучей (так как состоят из атомов с небольшим количеством электронов) и на экране дают полутень. Легкие и трахея, содержащие воздух, на экране светятся ярко, они как бы «прозрачны» для рентгеновского излучения, поскольку поглощают мало лучей.

Рентгеноскопия обладает рядом положительных моментов: метод прост и экономичен, т.к. не требует затрат на пленку и реактивы; позволяет проследить работу органов в динамике; результат исследования виден сразу; можно исследовать пациента в любых положениях.

Вместе с тем рентгеноскопия имеет и ряд существен-

ных недостатков, основные из которых следующие: не остается объективного документа результатов исследования, требуются затемненное помещение или криптоскоп, на светящемся экране плохо различимы мелкие детали изображения, значительная лучевая нагрузка на рентгенолога и пациента.

Для устранения этих недостатков сконструированы электронно-оптические преобразователи (усилители) рентгеновского изображения. Принцип их работы заключается в том, что они посредством оптической системы фокусируют с экрана изображение на фотокатоде электронно-усилительной трубки.

Электронно-оптический усилитель рентгеновского изображения – это устройство, предназначенное для многократного увеличения яркости изображения на рентгеновском экране путем преобразования светового изображения в электронное и последующего преобразования его в световое. Такое усиление изображения в электронно-оптическом усилителе достигается с помощью электровакуумного прибора, называемого электронно-оптическим преобразователем. Усилитель рентгеновского изображения (УРИ) применяют главным образом при просвечивании, рентгенокинематографии и использовании телевидения в рентгенодиагностике.

Основным преимуществом электронно-оптического усилителя является резкое снижение дозы рентгеновского излучения при диагностических исследованиях, особенно при рентгенокинематографии, а также возможность благодаря резкому увеличению яркости изображения просвечивать в слабо затемненном помещении, пользуясь при этом маломощными рентгеновскими аппаратами.

Электронно-оптический усилитель рентгеновского изображения – устройство для преобразования рентгеновского изображения в оптическое, во много раз превосхо-

дящее по яркости изображение на обычном рентгеновском экране. Увеличение яркости изображения достигается путем промежуточного преобразования рентгеновского изображения в электронное и усиления последнего за счет дополнительно подводимой электрической энергии.

Основным усилительным элементом такого устройства является вакуумный прибор, называемый электронно-оптическим преобразователем (рис. 1). Наиболее широкое применение получили усилители с рентгеновскими электронно-оптическими преобразователями (РЭОП). Первичным приемником рентгеновского излучения является в этом случае люминесцентный экран из  $ZnS - Ag$ - или  $ZnS \cdot CdS - Ag$ -люминофора внутри вакуумной трубки. Экран находится в оптическом контакте с полупрозрачным сурьмяно-цезиевым или мультищелочным фотокатодом. Экранокатодный узел вместе с конусообразным анодом и подфокусирующим электродом образует трехэлектродную ускоряющую и фокусирующую систему преобразователя. У основания анодного конуса расположен выходной катодолуминесцентный экран. На анод подается высокий положительный потенциал (25 кВ) относительно катода, на фокусирующий электрод - небольшой потенциал (200-300 В)

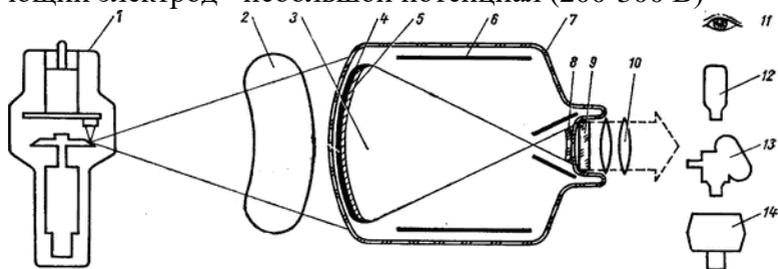


Рис. 1. Схема устройства рентгеновского электронно-оптического преобразователя фирмы Филипс с рентгеновским экраном, находящимся в оптическом контакте с фотокатодом: 1 - рентгеновская трубка; 2 - объект исследования; 3 - РЭОП; 4 - входной рентгеновский экран; 5 - фотокатод; 6 - подфокусирующий электрод; 7 -

колба; 8 - выходной экран; 9 - защитное стекло; 10 - оптическая система; 11 - глаз исследующего; 12 - телевизионная камера; 13 - кинокамера; 14 - широкоформатная кинокамера

Пучок рентгеновых лучей, попадая на выходной экран, вызывает его свечение (рентгенолюминесценцию). Под действием квантов света фотокатод испускает (эмиттирует) электроны, причем распределение плотности электронов в пучке воспроизводит распределение освещенности, создаваемой экраном на поверхности фотокатода. В результате световое изображение преобразуется в электронное. Поток электронов, устремляясь к аноду, бомбардирует выходной люминесцентный экран, вызывая его свечение. Таким образом, осуществляется обратное преобразование электронного изображения в световое. Увеличение яркости достигается путем ускорения электронов в электростатическом поле и электронно-оптического уменьшения изображения, что приводит к увеличению плотности потока электронов. Изображение на выходном экране наблюдают через оптическую систему, увеличивающую его размеры до нормальных. Его можно также фотографировать на широкоформатную пленку, на кинопленку или передавать на телевизионную трубку.

Современные усилители с РЭОП обладают коэффициентом усиления, равным 3000 или более. Это означает, что яркость свечения их выходного экрана превосходит яркость свечения обычного экрана для рентгеноскопии в 3000 или более раз. Это основное преимущество усилителя, дающее возможность увеличить степень восприятия информации, заложенной в изображении, благодаря повышению остроты зрения и контрастной чувствительности глаза; сократить время исследования; уменьшить вероятность ошибок, связанных с утомлением глаз; устранить необходимость в затемнении и дополнительной адаптации; уменьшить облучение пациента при рентгеноскопии; про-

изводить рентгенокино съемку, а также применять телевизионные установки с использованием видиконов в качестве передающих трубок.

Недостатком усилителя с РЭОП является относительно небольшой размер рабочего поля (технически сложно сделать РЭОП с диаметром выходного экрана более 220-230 мм). Для увеличения рабочего поля используют усилители яркости рентгеновского изображения иной конструкции со световым электронно-оптическим преобразователем (рис. 2). В этом усилителе рентгеноскопический экран находится вне ЭОП, а изображение, получаемое на экране, проектируется на фотокатод преобразователя светосильной зеркально-линзовой оптикой. Недостатками такой системы являются громоздкость и значительные потери света при переносе изображения с экрана на фотокатод.

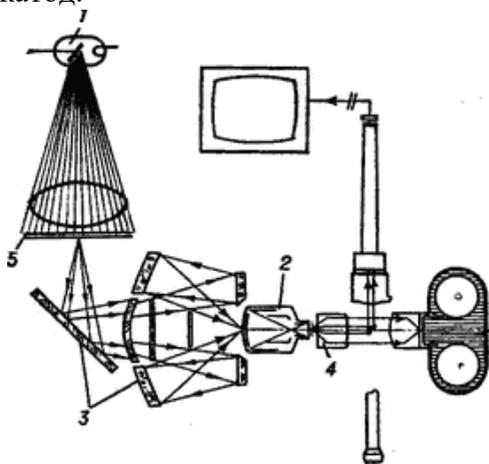


Рис. 2. Схема устройства усилителя яркости рентгеновского изображения «Цинеликс» с переносом изображения с рентгеновского экрана на фотокатод при помощи зеркально-линзовой оптики: 1 – рентгеновская трубка; 2 – световой электронно-оптический преобразователь; 3 – входная оптика; 4 – выходная оптика; 5 – рентгеноскопический экран.

Электронно-оптические усилители рентгеновского изображения применяют при исследовании пищеварительного тракта и сердечно-сосудистой системы, для рентгеноскопического контроля при введении зондов, катетеров и радиоактивных препаратов, для быстрого исследования травматических повреждений и во всех случаях, когда применение обычного метода просвечивания сопряжено с опасностью чрезмерного облучения пациентов и персонала.

Телевизионные установки с усилителем позволяют производить одновременное наблюдение группой врачей и осуществлять рентгенологический контроль при операциях непосредственно у операционного стола.

Рентгенокиносъемка при помощи усилителя сочетает в себе одно из важных преимуществ рентгенографии – документальность с возможностью функциональных исследований различных органов. Двухканальная выходная оптическая система позволяет визуально контролировать процесс киносъемки.

При использовании новейших усилителей рентгеновского изображения интегральная доза при рентгеноскопии в ряде случаев уменьшается в 10-15 раз.

Стремление свести к минимуму облучение пациентов и персонала и расширить возможности рентгенодиагностики приводит к ограничению сферы применения обычного рентгенологического исследования с заменой его исследованием при помощи электронно-оптического усилителя рентгеновского изображения.

Уменьшенные снимки получают с помощью флюорографии и рентгенокинематографии. Размеры флюорограмм могут быть 70 X 70, 90 X 90 мм и более. Они изучаются с помощью флюороскопа. При обнаружении изменений в структуре объекта дообследование осуществляется путем рентгенографии или электрорентгенографии.

В настоящее время в качестве усовершенствованного метода рентгеноскопии применяют метод рентгенотелевидения – просвечивание с помощью системы электронно-оптического преобразователя (ЭОП) и телевизионной системы. В ЭОП видимое изображение на флюоресцирующем экране усиливается и преобразуется в электрический сигнал, который отображается на телевизионном мониторе. Такое рентгеновское изображение можно изучать при обычном освещении. Лучевая нагрузка на пациента и персонал при применении ЭОП значительно меньше. Телесистема позволяет записать проводимое исследование, что особенно важно для изучения движений органов. Для лучшей оценки мелких деталей, объективизации результатов исследования и динамического наблюдения за пациентом рентгеноскопию часто дополняют серией снимков. Необходимо отметить, что в последнее время появились новые технологии, которые дали возможность заменить флюоресцирующий экран на систему цифровых детекторов (матрицу) и позволили применить цифровые технологии в данном виде исследования.

**Рентгенография** (греч. *grearho* – писать, изображать) – метод рентгенологического исследования, при котором получают изображение исследуемого объекта на пленке (прямая, или аналоговая, рентгенография) или специальных цифровых устройствах (цифровая рентгенография). Изображение при данном методе статическое, в отличие от рентгеноскопии, где получают динамическое изображение в режиме реального времени. Метод основан на получении изображения исследуемого объекта на рентгеновской пленке. Полученный снимок называется рентгенограммой.

Рентгенограмма представляет собой объективное, негативное теневое изображение объекта на рентгеновской пленке, где светлые участки следует подразумевать темными, а темные - светлыми, то есть изучение и описание

рентгенограммы ведется в понимании позитива, согласно изображению на флюоресцирующем рентгеновском экране, где органы в зависимости от анатомической структуры в силу различной степени лучепроницаемости имеют позитивное изображение. Необходимыми условиями качественно выполненных рентгенограмм являются четкость и структурность изображения объекта.

Рентгеновское изображение плоскостное и суммационное; – изображение несколько увеличенное, так как рентгеновские лучи имеют расходящийся характер, а исследуемые органы всегда удалены на некоторое расстояние от кассеты с пленкой или другого приемника изображения. Рентгеновский луч, проходя через объект исследования, пересекает множество точек, и все образования по ходу луча как бы складываются в одну точку на приемнике изображения, т. е. они суммируются. В этом заключается эффект суммации рентгеновского изображения. Плоскостной характер рентгеновского изображения проявляется тем, что разноудаленные точки на плоскости выглядят равноудаленными. Учитывая перечисленные особенности, необходимо выполнять одно из важнейших правил рентгенологического исследования: для получения отдельного изображения всех анатомических структур исследуемой области нужно стремиться делать снимки как минимум в двух взаимно перпендикулярных проекциях (прямой и боковой). Технические условия выполнения рентгенографии объектов находятся в прямой зависимости от типа рентгеновского аппарата, чувствительности рентгеновских пленок, качества усиливающих экранов, химикатов, возраста, упитанности пациента и других факторов. Чем больше жесткость рентгеновского излучения (кВ) и меньше выдержка (с), тем выше качество рентгенограммы и меньше лучевая нагрузка на пациента. Снимки выполняют в пря-

мой и боковой проекциях, а при необходимости - в атипичных положениях.

Различают обычные (нормальные), увеличенные и уменьшенные рентгенограммы. При обычной рентгенографии исследуемый объект укладывают на кассету с рентгеновской пленкой. Расстояние от источника излучения (рентгеновской трубки) до кассеты 90 - 100 см. Увеличенные снимки получают с помощью специального приспособления, позволяющего увеличивать расстояние между объектом исследования и кассетой в заданном варианте. Чем больше это расстояние, тем больше размеры изображения объекта исследования на рентгенограмме. Технические условия выполнения снимка аналогичны таковым при обычных снимках. Метод применяется для обнаружения мелких изменений в структуре объекта с целью раннего выявления патологического процесса.

### **Цифровые технологии получения рентгеновского изображения**

Развитие компьютерных технологий дало возможность применения цифрового способа получения и обработки изображения – дигитальная, или цифровая, рентгенология (англ. digit – цифра). В настоящее время существует три основных технологии цифрового способа получения рентгеновского изображения: рентгенография с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП), 2 4 1 3 8 7 6 5 9 6 7 9 рентгенография на запоминающих люминофорах и прямая цифровая рентгенография (рентгенография с использованием цифровой матрицы). В цифровых рентгеновских аппаратах с АЦП рентгеновское изображение с ЭОП поступает в систему АЦП, в котором аналоговый электрический сигнал преобразуется в цифровой, затем поступает в компьютер, обрабатывается и выводится на монитор. В настоящее время данная методика используется мало, так как появились более современные технологии.

Вторым видом цифровой рентгенологии является рентгенография на запоминающих люминофорах. Основными ее элементами являются запоминающие люминофорные пластины, считывающее устройство (сканер) и рабочая станция. При данной технологии вместо обычной кассеты с экранами и рентгеновской пленкой используется кассета со специальной люминофорной пластиной. На пластине во время экспозиции формируется скрытое изображение, схожее со скрытым изображением на рентгеновской пленке при традиционной, аналоговой рентгенографии. Люминофорные пластины могут использоваться многократно, данные о пациенте вводятся через специальный штрихкод. После экспонирования кассета с люминофорной пластиной помещается в считывающее устройство, где пластина автоматически извлекается из кассеты и скрытое изображение считывается лазером. Затем сигнал оцифровывается, что позволяет в дальнейшем его обрабатывать, просматривать и распечатывать. В последующем изображение с пластины стирается, она сама вставляется обратно в кассету и может опять использоваться. Весь процесс занимает от 20 с до нескольких минут. Рабочая станция включает в себя системный блок компьютера, штриховое считывающее устройство, монитор для воспроизведения изображения и клавиатуру с мышью (или трекболом) для управления параметрами изображения. Полученное изображение либо архивируется, либо распечатывается на специальном принтере и пленке. Важным достоинством рентгенографии на запоминающих люминофорах является возможность использования данной системы на обычном оборудовании для аналоговой рентгенографии – пленочно-экранные кассеты можно заменить кассетами с люминофорными пластинами и наоборот. При прямой цифровой рентгенографии используются детекторы, непосредственно преобразующие рентгеновское изображение в цифровой

формат. В этих системах применяются так называемые плоские панели, детекторы большой площади (до  $43 \times 43$  см), которые созданы на базе матриц из аморфного кремния или селена. Указанная система не требует использования кассет, что ускоряет процесс рентгенографии. Таким образом, цифровая рентгенология обладает следующими преимуществами перед аналоговой, или традиционной, рентгенологией: – значительное снижение лучевой нагрузки на пациента (в несколько раз); – возможность компьютерной обработки и коррекции полученного изображения (постпроцессинг) - коррекция яркости и контрастности, подавление «шума», что практически исключает получение некачественных снимков, увеличение, при необходимости, изображения зоны интереса, преимущественное выделение определенных структур и т. д.; - высокая производительность (отсутствует химическая обработка); - отсутствие контакта с химреактивами у медперсонала; - не требуется пленочный архив; - отсутствие ошибок с идентификацией рентгенограмм и их повреждений; - быстрый поиск изображений в архиве; - возможность быстрой передачи изображения на значительные расстояния без потери качества, в том числе и в другие учреждения, организация консультаций специалистов, находящихся на значительном удалении (телемедицина). Недостатком цифровых систем является высокая стоимость и ремонт оборудования (особенно дорогостоящей является цифровая матрица).

**Флюорография** – методика рентгенологического исследования, при которой производят фотографирование изображения с флюоресцирующего экрана на пленку различного формата ( $70 \times 70$ ,  $100 \times 100$  и  $110 \times 110$  мм). Таким образом, при флюорографии изображение всегда уменьшено.

Основным назначением флюорографии является массовое (профилактическое) обследование для выявления

скрыто протекающих заболеваний легких (так называемая профилактическая флюорография). Основными преимуществами флюорографии перед рентгенографией является экономия дорогостоящей рентгеновской пленки и быстрота выполнения, т. е. большая пропускная способность — на выполнение одной флюорограммы тратится в 3 раза меньше времени, чем на выполнение одной рентгенограммы. Недостаток методики — меньшая разрешающая способность и, соответственно, меньшая информативность. Флюорографические аппараты достаточно компактны, их можно монтировать на кузов грузового автомобиля. Это делает возможным массовое обследование в местах, где рентгенодиагностическая аппаратура отсутствует. Хотя по информативности флюорография уступает рентгенографии, но при использовании крупнокадровых флюорограмм различия между методиками становятся не столь существенными. Поэтому в лечебных учреждениях у пациентов с заболеваниями органов дыхания, особенно при повторных исследованиях, часто рентгенографию заменяют флюорографией. Такую флюорографию называют диагностической. В последнее время пленочную флюорографию все больше вытесняет цифровая. Название «цифровой флюорограф» является в достаточной мере условным, ведь в этих аппаратах не производится фотографирование изображения с флюоресцирующего экрана на пленку, здесь экран заменен детекторами — цифровой матрицей. По сути, эти флюорографы представляют собой цифровые рентгенографические аппараты.

Флюороскопия похожа на рентгенографию и рентгеновскую компьютерную томографию (рентгеновская компьютерная томография) в том, что она генерирует изображения с использованием рентгеновских лучей. Первоначальная разница заключалась в том, что рентгенография фиксировала неподвижные изображения на пленке, тогда

как рентгеноскопия давала живые движущиеся изображения, которые не сохранялись. Однако сегодня рентгенография, компьютерная томография и рентгеноскопия - все это режимы цифровой визуализации с программным обеспечением для анализа изображений, хранением и поиском данных.

Главными отличиями цифровых технологий в рентгеноскопии от пленочных рентгенографических технологий являются способность производить цифровую обработку рентгеновского изображения и сразу выводить на экран монитора записывающее устройство с записью изображения, например, на бумагу.

Цифровые технологии в рентгеноскопии можно разделить на:

- полнокадровый метод;
- сканирующий метод.

#### Полнокадровый метод

Этот метод характеризуется получением проекции полного участка исследуемого объекта на рентгеночувствительный приёмник (пленка или матрица) размера близкого к размеру участка.

Главным недостатком метода является рассеянное рентгеновское излучение. При первичном облучении всего участка объекта (например, тело) часть лучей поглощается телом, а часть рассеивается в стороны, при этом дополнительно засвечивает участки, поглотившие первоначально прошедшие рентгеновские лучи. Тем самым уменьшается разрешающая способность, образуются участки с засветкой проецируемых точек. В итоге получается рентгеновское изображение с уменьшением диапазона яркостей, контрастности и разрешающей способности изображения.

При полнокадровом исследовании участка тела одновременно облучается весь участок. А значит доза облучения относительно велика. Попытки уменьшить величину

вторичного рассеянного облучения применением радиографического раstra приводит к частичному поглощению рентгеновских лучей, но и увеличению интенсивности источника, увеличению дозировки облучения.

#### Сканирующий метод

В этом методе можно выделить:

- однострочный сканирующий метод;
- многострочный сканирующий метод.

##### *Однострочный сканирующий метод*

Наиболее перспективным является сканирующий метод получения рентгеновского изображения. То есть рентгеновское изображение получают движущимся с постоянной скоростью определенным пучком рентгеновских лучей. Изображение фиксируется построчно (однострочный метод) узкой линейной рентгеночувствительной матрицей и передаётся в компьютер. При этом в сотни и более раз уменьшается дозировка облучения, изображения получают практически без потерь диапазона яркости, контрастности и, главное, объёмной (пространственной) разрешающей способности.

##### *Многострочный сканирующий метод*

В отличие от однострочного сканирующего метода, многострочный наиболее эффективен. При однострочном методе сканирования из-за минимальной величины размера пучка рентгеновского луча (1-2 мм), ширины однострочной матрицы 100 мкм, наличием разного рода вибраций, люфтов аппаратуры, получают дополнительные повторные облучения. Применяв многострочную технологию сканирующего метода, удалось в сотни раз уменьшить вторичное рассеянное облучение и во столько же раз снизить интенсивность рентгеновского луча. Одновременно улучшены все прочие показатели получаемого рентгеновского изображения: диапазон яркости, контраст и разрешение. Приоритет этого метода принадлежит русским ученым и защищён патентом.

Рентгеноскопия аналогична рентгенографии и рентгеновской компьютерной томографии (КТ) в том, что она генерирует изображения с использованием рентгеновских лучей. Первоначальное различие заключалось в том, что рентгенография фиксировала неподвижные изображения на пленке, тогда как рентгеноскопия давала живые движущиеся изображения, которые не сохранялись. Однако сегодня рентгенография, компьютерная томография и рентгеноскопия – это все цифровые режимы визуализации с программным обеспечением для анализа изображений, хранения и извлечения данных.

Рентгенография считается наиболее точной методикой, дающей подробную информацию. Она позволяет правильно поставить диагноз, установить эффективность терапии, выявить динамику выздоровления. У флюорографии таких возможностей нет. Невозможно сказать, какой из методов лучше, так как они имеют неодинаковые цели исследования. Рентгенографический метод следует назначать после флюорографии, если во время прохождения последнего метода обнаруживаются проблемы. В ветеринарной практике флюорографию проводят, чтобы выявить ранние, субклинические формы легочных заболеваний у овец, ягнят, телят, а также для диагностики минеральной недостаточности у животных. Главное достоинство флюорографии – массовое исследование за короткий промежуток времени. Выявленные больные животные выделяются из стада в отдельные группы, где производится их лечение.

Вопросы техники, организации и методики проведения флюорографии животных в стационарных и полевых условиях подробно описаны в работах Р. Г. Мустакимова и многих других ученых и практиков.

Если стоит выбор – рентгенография или флюорография, то фактор, что вреднее и опаснее для здоровья, часто является основным и решающим. Сравнивать нужно лечебное воздействие. Зависит оно не только от выбранной ме-

тодики, но и от вида аппаратуры. Цифровое имеет ряд преимуществ. Для сравнения:

1. При флюорографии с использованием аппарата с цифровой фиксацией результата объект получает облучение 0,05 мЗв.
2. При R-обследовании эти цифры увеличиваются почти в 10 раз – 0,3 мЗв – 0,5 мЗв.

### **Электрорентгенография (ксерорентгенология)**

Электрорентгенография основана на эффекте фотопроводимости полупроводников, при котором изображение документируется на обычной писчей бумаге. Носителем записи в электрорентгеновском процессе является электростатически заряженный слой аморфного селена, нанесенный на заземленную проводящую алюминиевую основу (подложку). Электрорентгенографический процесс состоит из следующих этапов: электростатическая зарядка – «очувствление» (сенсбилизация) селеновой пластины. При зарядке возникает эмиссия электронов, которые перемещаются по поверхности селена. После зарядки селеновая пластина становится чувствительной к видимому свету, рентгеновым лучам. Второй этап – экспонирование. При облучении пластины рентгеновыми лучами в селеновом слое возникает фототок. Если между падающими рентгеновыми лучами и пластиной расположить снимаемый объект, то на поверхности селенового слоя остается заряд, представляющий скрытое электростатическое изображение просвечиваемого предмета – так называемый потенциальный невидимый рельеф, а со светлых мест изображения заряд уходит. Третий этап – проявление изображения. В основе его – выявление невидимого изображения на пластине отложением проявляющего порошка пропорционально плотности заряда. Используют главным образом проявление методом порошкового облака, порошкообразная краска прилипает к заряженным местам, в тех участках, где нет изоб-

ражения, остаются светлые пространства. Четвертый этап – перенос изображения. Существует несколько способов, наиболее приемлемый – электростатический. Между воспринимающей поверхностью листа бумаги и фотополупроводниковым слоем создается электрическое поле, вследствие чего проявляющий порошок переходит с поверхности селеновой пластины на воспринимающий бумажный лист. Закрепление изображения сводится к давлению порошков металлическими валиками, между которыми пропускают электрорентгенограмму. После очистки селеновой пластинки от остатков проявляющего порошка она вновь готова для получения новой электрорентгенограммы. Электрорентгенография отличается высокой экономичностью, простотой исследования и быстротой получения окончательных результатов исследования. Уже через 2-3 минуты врач может получить готовое электрорентгенографическое изображение исследуемого объекта.

Электрорентгенография в условиях клиники чаще всего проводится с помощью различных марок аппарата ЭРГА.

### **Томография**

Название метода происходит от греч. tomos – слой, что означает послойное рентгенологическое исследование, позволяющее получать изображение анатомических или патологических образований, расположенных на определенной глубине внутри объекта.

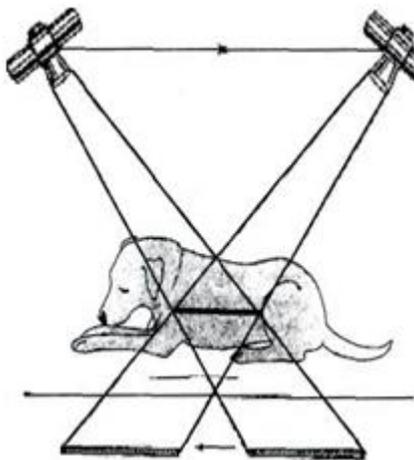


Рис. 3. Движение рентгеновской трубки и кассеты при томографии

На обычной рентгенограмме получается суммарное изображение всей толщи исследуемой части тела. По ходу лучей изображения одних структур накладываются на изображение других, поэтому теряются многие важные элементы рентгеновской картины. Томография служит для получения изолированного изображения деталей, расположенных в какой-либо одной плоскости, в одном слое толщиной несколько миллиметров.

Эффект томографии достигается тем, что во время снимка трубка и заряженная кассета перемещаются в противоположных направлениях по отношению к неподвижному пациенту. При этом четкое изображение дают только те образования, которые находятся на уровне центра вращения системы «трубка - пленка». Контуры объекта, расположенные выше или ниже уровня выбранного слоя, оказываются нечеткими, размытыми, поэтому наложение их теней не оказывает перекрывающего действия на интересующую нас картину.

Процесс томографии состоит из следующих этапов:

определения глубины расположения процесса, укладки и расчета уровня среза, выбора технических условий и производства снимков. Метод основан на синхронном перемещении рентгеновской трубки и кассеты с пленкой в противоположном направлении при неподвижности пациента. Расстояние между двумя соседними слоями называется томографическим шагом, величина которого зависит от толщины исследуемого органа. Для легких шаг может быть от 0,5 до 2 см и более.

Для обзорной томографии легких рекомендуется угол поворота рентгеновской трубки  $30^\circ$  и длина пути перемещения его 400 мм, а детального послойного исследования – соответственно  $45-50^\circ$  и 600 мм.

Томографию можно производить в прямой, боковой и поперечной проекциях, а также в атипичных положениях. Томограмма позволяет получить объективную оценку локализации, формы, размера и структуры патологического образования и его взаимоотношения с окружающими органами и тканью. Использование многослойной (симультанной) кассеты при томографии позволяет получить изображение нескольких слоев, что сокращает время исследования и значительно уменьшает дозу облучения пациента.

Томография широко применяется при диагностике опухолей и различных заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, скелета, органов брюшной полости и ряда других органов. Важным моментом является правильная укладка объекта. Для мелких очагов деструкции томографию производят срезами по 0,5 см, а в остальных случаях - через 1 см.

### **Методы искусственного контрастирования**

При обычном рентгенографическом исследовании легко получить изображение органов, которые в разной степени поглощают рентгеновское излучение, т. е. обладают естественной контрастностью (например, кости хорошо

определяются при обычной рентгенографии). Однако этот метод не может обеспечить различное изображение органов и тканей, обладающих приблизительно одинаковой способностью поглощать рентгеновское излучение. Так, на обзорном снимке грудной полости видны контуры сердца, но нельзя различить его камеры, заполненные кровью, поскольку кровь и сердечная мышца в одинаковой степени задерживают рентгеновские лучи. Это относится ко всем мягкотканым структурам организма. Для того чтобы дифференцировать ткани, обладающие одинаковыми способностями задерживать рентгеновские лучи, применяют искусственное контрастирование. В организм вводят вещества, способные поглощать рентгеновское излучение сильнее или слабее, чем мягкие ткани, что позволяет достичь необходимого контраста исследуемых органов. Различают два типа искусственного контрастирования: прямое и непрямое. Прямое контрастирование основано на введении контрастного вещества непосредственно в полость исследуемого органа или в окружающую его полость, ткань. Данный метод применяют для исследования органов желудочно-кишечного тракта, сосудов, матки, слюнных желез, свищевых ходов и др. Непрямое контрастирование основано на способности некоторых органов (например, печень, желчный пузырь, почки) избирательно улавливать из крови контрастное вещество, концентрировать его и выводить со своим физиологическим секретом. После введения контрастного вещества через определенное время при рентгенологическом исследовании можно различить у пациента желчные протоки, желчный пузырь, полостную систему почек, мочеточники, мочевой пузырь. Методики искусственного контрастирования значительно расширили возможности рентгенологических методов исследования в различных областях медицины.

Благодаря использованию контрастных веществ стало

возможным рентгенологическое исследование почти всех органов и систем живого организма, а эти методы стали ведущими в рентгенодиагностике.

Все контрастные вещества, применяемые при рентгенологических исследованиях, делятся на две группы.

К первой группе относятся контрастные вещества с высоким атомным весом, способные поглощать рентгеновские лучи и соответственно давать интенсивную тень на экране и рентгенограмме. К ним относятся соли тяжелых металлов – соединения бария и йода.

Химически чистый сернокислый барий для рентгенологического исследования выпускается в специальной упаковке по 100 г, совершенно безвреден, нерастворим в жидкостях организма и, не раздражая слизистую оболочку, выделяется без изменения. К препаратам, содержащим сернокислый барий относятся сульфабар, рекон - паста, содержащая 60 % бария сульфата, удобная для приема. Применяются они в виде водной взвеси различной концентрации при рентгенологических исследованиях пищеварительного канала, бронхиального дерева и других органов.

Самое широкое распространение получили соединения йода, которые применяются в виде водного или масляного раствора различной концентрации и в таблетках. Водные растворы выпускаются в ампулах и представляют собой сложные соли йода, содержащие его от 30 до 90%.

Триомбрат представляет собой трийодсодержащий препарат йода. Выпускается 66% и 76% водный раствор для инъекций, содержащий смеси натриевой и метилглукामीновой солей триомбрата. Прозрачная бесцветная или светло-желтого цвета жидкость. 1 мл 60 % раствора содержит 292 мг, 1 мл 76 % раствора - 370 мг йода.

Применяют для рентгенологического исследования кровеносных сосудов и сердца (ангиокардиография, аортография, артериография и др.), почек, мочевыводящих пу-

тей. Препарат вводят внутривенно или в полости (мочевой пузырь, почечные лоханки). Он быстро выводится из организма почками.

Обязательным является изучение индивидуальной чувствительности пациента к йоду, для чего накануне ему вводят в вену 1 мл триомбраста (медленно). В случае повышенной чувствительности (появление зуда, крапивницы, насморка, цианоза и др.) применение препарата противопоказано.

Противопоказаниями являются идиосинкразия к препаратам йода, гипертиреоз, тяжелые повреждения печени и почек, активный туберкулез, поражения миокарда, шок, коллапс, повышение свертывания крови и общее тяжелое состояние больного.

Аналогичные препараты выпускаются под названием верографин, урографин, уротраст.

Верографин - 60% и 76% водные растворы, выпускаются в ампулах по 20 и 1 мл. В 1 мл 60 % раствора содержится 292 мг, а в 1 мл 76 % — 370 мг йода.

Урографин - 76% водный раствор, выпускается в ампулах по 20 и 2 мл. В 1 мл содержится 370 мг йода.

Уротраст - 60 % и 76% водные растворы, выпускаются в ампулах по 20 и 2 мл.

Трийодотраст - от 50% до 70% водные растворы, выпускаются в ампулах по 20 и 2 мл.

Йодамид - белый кристаллический порошок, по химической структуре близок к триомбрасту, является трийодсодержащим препаратом. Выпускается в виде 65% раствора йодамида-300 и 80% раствора йодамида-380 для инъекций. В 1 мл йодамида-300 содержится 300 мг йода, а в 1 мл йодамида-380-380 мг йода. Эти препараты применяют для исследования сосудов, сердца, почек и мочевыводящих путей. Для ангиокардиографии необходимо от 30 до 50 мл, для периферической артериографии и флебографии – от 15 до 30

мл йодамида-380. Для церебральной ангиографии используют только йодамид-300 в количестве до 10 мл. При экскреторной урографии внутривенно вводят от 20 до 40 мл йодамида-300 или 20 мл йодамида-380. Снимки производят через 5-12 мин после инъекции. Ретроградно в мочевые пути вводят 6-8 мл. Выпускается в ампулах по 20 и 2 мл.

Билигност - белый мелкокристаллический порошок. Хорошо растворим в растворах едких щелочей. Содержит 65 % йода. Выпускается в виде 50% раствора метилглюкаминной соли. Прозрачная жидкость желтоватого цвета. Применяется для рентгенологического исследования желчевыводящих путей (холеграфии, холангиографии, холецистохолеграфии и инфузионной холеграфии) путем внутривенного введения (в течение 5 мин) 20 мл теплого раствора. Исследования начинают через 20 мин. Детям вводят из расчета 0,5-0,75 мл/кг.

Для исследования обязательна проверка на чувствительность к йоду (вводят в вену 1-2 мл раствора билигноста).

Иногда наблюдаются рвота, понижение артериального давления.

Противопоказаниями являются обтурационная желтуха, острые заболевания печени и почек, декомпенсация сердечно-сосудистой системы, базедова болезнь и т. д.

Выпускается в ампулах по 20 и 1 - 2 мл.

Билиграфин - 30% водный раствор, выпускается в ампулах по 20 и 2 мл. Применяется для исследования желчевыводящих путей путем внутривенного введения раствора после проведения пробы на чувствительность к йоду. При наличии повышенной чувствительности к йоду применение препаратов йода внутривенно категорически запрещается.

Кислота иопановая представляет собой порошок кремового цвета, растворимый в воде. Для исследования желчевыводящих путей применяется внутрь по 0,5 в дозе 1,5-3 г на ночь по схеме. Холецистографию производят через 12-14

ч. При получении тени скармливают желчегонный корм (2-3 яичных желтка) и через 1,5 ч делают повторный снимок.

Возможные побочные явления: понос, дизурические расстройства. Противопоказания как у билигноста.

Выпускается в виде таблеток по 0,5 по 6 штук в тубике.

Синонимы: йопагност, холевид.

Билимин - белый или слегка желтоватый порошок. Применяется для пероральной холецистографии. При приеме внутрь препарат быстро всасывается в тонкой кишке, поступая из крови в печень. Избирательно улавливается печеночными клетками и в составе желчи выделяется в желчные протоки и желчный пузырь. Животному с массой 60-80 кг назначают 3-6 г по 0,5 г через каждые 10 мин по схеме. Пациентам с большей массой дают по 3 г препарата дважды: в 20 и 22 ч.

После приема билимина иногда наблюдаются скопление газа в кишечнике, рвота, понос. Могут быть аллергические кожные высыпания.

Противопоказаниями являются идиосинкразия к препаратам йода, тиреотоксикоз, декомпенсация сердечно-сосудистой системы, тяжелые поражения печени и почек. Выпускается в таблетках по 0,5 г, в упаковке по 6 и 40 таблеток в тубиках и баночках.

Этиотраст - прозрачная, бесцветная или светло-желтая жидкость. Хорошо растворим в спирте, нерастворим в воде. Применяется как рентгеноконтрастное средство для миелографии (изучение спинного мозга, его оболочек и корешков, связочно-суставного аппарата) и лимфографии (при нарушениях лимфооттока, метастазах опухоли). Обязательна проверка на чувствительность к йоду.

При миелографии этиотраст вводят эндолумбально в поясничную область или затылочную цистерну в дозе 1,5-3-6-9 мл в течение 15 с. После окончания исследования препарат отсасывают.

При лимфографии этиотраст вводят в периферический лимфатический сосуд конечности из расчета 0,15 мл/кг. При введении этиотраста возможны реакции в виде повышения температуры, рвоты, болей в позвоночнике и т. д.

Противопоказаниями к назначению препарата являются идиосинкразия, острые воспалительные процессы головного и спинного мозга, повреждения печени и почек, гипертиреоз, легочно-сердечная декомпенсация, шок, коллапс и т. д. Выпускается в ампулах по 3 мл.

Хромолимфотраст - густая маслянистая жидкость зеленого цвета со своеобразным запахом. Применяют для контроля за качеством иссечения лимфатических узлов при оперативном удалении опухоли. Вводят эндолимфатически за 3-7 дней до операции. Окрашивание лимфатических узлов в зеленый цвет сохраняется в течение 30 дней. В зависимости от локализации опухоли медленно (1 мл за 10 мин) вводят в соответствующий сосуд 5-10 мл хромолимфотраста.

Противопоказания: тромбофлебит, сердечно-сосудистая недостаточность, поражения печени и почек, идиосинкразия к йоду и т. д.

Выпускается в ампулах по 5 и 10 мл.

Йодолипол - маслянистая жидкость буро-желтого цвета. По вкусу напоминает касторовое масло. Содержит 29-31 % йода. Применяют для рентгенологического исследования полостных органов: трахеи, бронхов, слюнных протоков и желез, свищевых ходов и полостей, матки и т. д.

Для бронхографии вначале вводят 2-5 мл йодолипола, затем постепенно доводя до 10-20 мл.

Противопоказаниями являются тяжелое состояние больного, декомпенсация сердечно-сосудистой системы, аневризма грудной части аорты, эмфизема легких, острые воспалительные процессы в легких.

Для метросальпингографии в полость матки вводят 3-4

мл йодолипола и тут же делают первый снимок. Второй снимок для определения проходимости труб делают через 10-15 мин.

Выпускается в ампулах по 5, 10, 20 мл. Синонимы: сульфойодол - 20 % соединение йода в масле. Выпускается в ампулах по 10 мл.

Пропилюдон - белый кристаллический порошок, содержит 28,4% йода. Рентгеноконтрастное вещество для исследования бронхов, свищевых ходов и т. д. Применяют в виде 50% водной и 60% масляной суспензии. Её готовят перед употреблением путем смешивания содержимого двух флаконов, в которых выпускается препарат (в одном 10 г пропилюдона, в другом – 15 г основы для приготовления суспензии). В бронхи вводят специальным катетером 10-20 мл суспензии после анестезии. Температура суспензии равна температуре тела. После исследования суспензию отсасывают. Противопоказания такие же, как и у йодолипола.

Ко второй группе относятся контрастные вещества низкого удельного веса, не поглощающие рентгеновских лучей, - воздух и различные газы (кислород, закись азота, углекислый газ). В практической работе чаще применяют воздух и кислород после фильтрации через стерильную вату.

Для контрастирования органов или систем контрастные вещества вводятся в основном тремя способами.

При первом способе контрастное вещество вводится перорально или путем контрастной клизмы. Применяют водную взвесь сульфата бария различной концентрации или воздух при исследовании пищевода, желудочно-кишечного тракта.

Этим же способом исследуют гортаноглотку, бронхиальное дерево (бронхография), матку и рога матки (метросальпингография), ретроградным введением водного раствора йода или воздуха – мочевыводящие пути (восходя-

щая пиелография), путем введения масляного соединения или водного раствора йода - слюнные железы и протоки (сиалография), свищевые ходы (фистулография) и т. д.

Ларингография - метод контрастного исследования гортани, который обладает высокой диагностической информативностью, особенно при распознавании ранних стадий опухолей гортаноглотки.

В качестве контрастного вещества используют специально приготовленную мелкодисперсную взвесь сульфата бария, йодосодержащие препараты (ларингографин, сульфойодол), тантал и другие.

Оптическая плотность тантала в 25 раз выше плотности тени от йодосодержащих контрастных веществ.

Вначале производят анестезию слизистой корня языка и задней стенки гортани 1-2 мл 1% раствора дикаина и 5 мл 5% раствора новокаина.

Контрастирование слизистой гортани, глотки и начальной части трахеи достигается пылью тантала в количестве от 1 до 1,75 г за 2-3 мин. Применение ее позволяет получить все детали слизистой гортани, задних и боковых отделов глотки.

При введении контрастная масса, разбрызгиваясь, обмазывает слизистую надгортанника, заднюю стенку гортани и глотки.

Рентгенографию производят в прямой, боковой и при необходимости в косых проекциях при различных функциональных состояниях гортани.

Контрастная ларингография имеет важное значение при дифференциальной диагностике заболеваний гортани. Она позволяет выявлять функциональные нарушения гортани и объективно оценить форму, величину и контуры патологического процесса.

Бронхография - контрастное исследование бронхиального дерева с помощью йодолипола, сульфойодола и вод-

ной взвеси сульфата бария. Контрастное вещество вводят после анестезии верхних дыхательных путей путем ингаляции, смазывания или распыления. Катетер вводят через носовые ходы или ротовую полость.

Противопоказаниями являются острые лихорадочные заболевания, декомпенсация сердечно-сосудистой системы, эмфизема легких и т.д.

Метросальпингография - метод контрастного исследования полости матки и рогов матки. В качестве контрастного препарата применяют иодолипол, пропилйодон, триомбрат, которые вводят в матку через влагалище. Исследование позволяет изучить полость матки, выявить воспалительные процессы и опухоли.

Восходящая (ретроградная) пиелoureteroграфия - метод рентгенологического изучения верхних отделов мочевыводящих путей (чашечек, лоханки и мочеточника) путем заполнения их контрастным веществом. Для этого через уретру в мочевой пузырь, а затем в соответствующий мочеточник, вводят мочеточниковый катетер. Наружный конец его соединяют со специальным шприцем и отсасывают из лоханки мочу. Затем вводят контрастное вещество триомбрат или его аналоги в мочевой пузырь - резиновым катетером, а в уретру специальным шприцем. Если вместо контрастного вещества вводится воздух, метод называется воздушной пиелографией.

Сиалография (саливография) - контрастное исследование слюнных протоков и желез. Применяют 0,3-1 мл йодолипола, который вводят маленьким шприцем с тупо заточенной иглой в наружное отверстие слюнного протока. Снимки производят различных проекциях в зависимости от исследуемой железы.

Противопоказаниями являются острые воспалительные процессы, травмы и язвенные поражения слизистой полости рта.

Фистулография - исследование свищевых ходов путем заполнения их контрастным веществом. Позволяет изучить местоположение, направление свищевых ходов и их разветвление, установить связи их с очагами деструкции кости и соседними органами. Применяют йодолипол, водорастворимые соли йода или водную взвесь сульфата бария после стерилизации. Их вводят шприцем в наружное отверстие свищевого хода. После заполнения всех ходов производят снимки.

Фистулография дает полное представление о направлении, форме, размере и протяженности свищевого хода, о наличии карманов и полостей, помогает выявить связи с внутренними органами и т. д. Противопоказаниями являются острые воспалительные процессы у свищевого хода и тяжелое состояние больного.

При втором способе контрастные вещества вводятся парентерально. Например, триомбрат, верографин, йодамид и другие аналоги вводятся в сосудистое русло (вазография) или в сердце (кардиография). С помощью внутривенного введения верографина или урографина исследуют мочевыводящие пути (экскреторная урография), билигноста или билиграфина – желчевыводящие пути (холеграфия) и т.д.

Вазография - контрастное исследование всех сосудов (артериальных и венозных) различных органов и систем. Метод включает в себя ангиографию, артериографию, венографию и т.д. Для исследования применяют триомбрат, верографин и другие препараты йода. Контрастное вещество вводится в артерию или вену путем их пункции. Так изучают сосуды мозга, грудную и брюшную аорту с ветвями, периферические сосуды. При введении контрастного вещества в вену определяют состояние воротной вены, вен конечностей, верхней и нижней полой вены, легочной артерии и т.д. Изучение сосудов сердца называется ангиокардиографией, сосудов легких - ангиопульмонографией.

Для контрастирования обнажают сосуд и в него вводят зонд. Под контролем экрана его продвигают до нужного места, затем специальным шприцем вводят контрастное вещество и с помощью специальной рентгеновской установки производят серию рентгенограмм.

При ангиографии зонд вводят в левую локтевую вену, а для исследования сосудов почек - в бедренную артерию.

При ангиографии необходимая для исследования доза контрастного вещества зависит от возраста, массы тела, конституции, состояния пациента и характера исследования. Обследуемому при массе 60-70 кг для исследования грудной аорты необходимо 60 мл три йодистых препаратов, брюшной аорты – 40-50 мл 5% или 76% раствора контрастного вещества, коронарных артерий -10 мл. Ангиография позволяет установить пороки сердца различного происхождения и локализации, изучить аорту с ветвями, сосудов того или иного органа, во многих случаях оказывает большую помощь в дифференциальной диагностике опухолей и воспалительных процессов. Она дает объективную информацию о состоянии периферических сосудов, особенно при их заболеваниях.

Противопоказаниями к ангиографии являются острые и хронические заболевания сердца, тяжелое состояние пациента, нарушение функции почек, печени и т.д.

Лимфография - метод рентгенологического исследования лимфатических путей с помощью контрастных веществ йодаипола или этиодола.

Различают прямую и непрямую лимфографию. При прямой лимфографии контрастное вещество вводят непосредственно в просвет лимфатического сосуда, при непрямой – создают депо контрастного; вещества в мягких тканях, откуда оно поступает в лимфатические пути.

Широкое применение получила прямая лимфография, с помощью которой определяют метастазы рака в лимфати-

ческие узлы, их распространенность при системных поражениях лимфатического аппарата, контролируют динамику изменения лимфатических узлов в процессе лучевой, и химиотерапии, устанавливают причины отека конечности, контролируют качество удаления лимфатических узлов при хирургических операциях.

Лимфография противопоказана при декомпенсации сердечнососудистой системы, болезнях печени, почек, хронических заболеваниях легких, инфекционных и тяжелом состоянии больного и т.д.

Внутривенная холеграфия - исследования желчевыводящих путей с помощью введения в локтевую вену 20% билигноста в количестве от 30 до 50 мл или 50% раствора в количестве 20 мл в течение 5 мин. Могут быть использованы билиграфин и другие аналоги. Через 20 мин после введения производят первую рентгенограмму, затем через каждые 20 мин до получения контрастной тени желчного пузыря и протоков в течение двух часов. После получения тени желчевыводящих путей пациенту скормливают два яичных желтка или 20 г пищевого сорбита. Через 30 - 60 мин производят снимки для изучения моторно-эвакуаторной функции желчного пузыря.

Противопоказаниями являются острые холангиты и нефрит, уремия, гипертиреоз и сердечно-сосудистая декомпенсация.

Экскреторная урография - исследование мочевыводящих путей путем введения контрастного вещества (урографина или верографина, триомбраста и др.) в локтевую вену в количестве 20-40 мл в течение 3-4 мин. Рентгенограмму делают через 7-15-25 мин после вливания. Метод дает полное представление о морфологии и функции мочевыводящих путей, позволяет обнаружить камни, рубцовые сужения или расширения и воспалительные процессы. Дает возможность изучить положение органа и соотношение его с другими органами брюшной полости.

При третьем способе контрастное вещество (газ или воздух) вводят путем прокола в различные органы: в плевральную полость (диагностический пневмоторакс), брюшную полость (пневмоперитонеум), забрюшинное пространство (пневморетроперитонеум), средостение (медиастинография), полость сустава (артрография), околопочечную клетчатку (пневморен) и т. д.

Диагностические пневмоторакс и пневмоперитонеум производятся с помощью специального пневмотораксного аппарата. Применяют воздух или кислород в количестве от 100 до 1600 мл в зависимости от конкретного случая и задачи. Выполняют процедуру в условиях соблюдения антисептики. Метод позволяет изучить состояние диафрагмы, печени, селезенки, помогает установить месторасположения патологического процесса и его связь с окружающей тканью и органами.

Метод противопоказан при плеврите, перитоните, острых воспалительных процессах в малом тазу и декомпенсациях сердечнососудистой системы.

Пневмомедиастинография - метод изучения органов средостения после введения газа (воздуха или кислорода) в количестве от 200 до 800 мл с помощью пневмотораксного аппарата, путем пункции паратрахеально, паравертебрально. После введения газа пациенту придается удобное положение, чтобы газ равномерно распространился, что наблюдается через 1-2 ч. Это контролируется рентгеновским экраном. Затем производят рентгенограммы и томограммы. Метод позволяет обнаружить метастазы в лимфоузлах средостения, изменения плевры, выявить и провести топическую дифференциальную диагностику опухолей средостения, легких и пищевода, уточнить особенности заболеваний сердца и аорты.

Противопоказаниями являются острые воспалительные процессы средостения и декомпенсация сердечнососудистой системы.

Пневморетроперитонеум - контрастное исследование забрюшинных органов с помощью введения газа в забрюшинное пространство натошак, после анестезии. Через 30-90 мин приступают к исследованию органов забрюшинного пространства с помощью рентгенографии и томографии.

Метод позволяет изучить расположение забрюшинных органов, их форму, величину, контуры, патологические процессы и новообразования, выявить их связь с соседними органами. Применяется для исследования почек и лоханок, поджелудочной железы, селезенки, печени и толстой кишки.

Метод противопоказан при наличии гнойного процесса в забрюшинном пространстве.

Пневморен – метод контрастирования околопочечной клетчатки путем введения 500-800 см<sup>3</sup> кислорода или газа натошак. Применяется для изучения надпочечников и почек. После 15 мин полного покоя и равномерного распределения газа производят снимки в прямом и косых положениях, а также томографию на глубине 6-9 см от спины.

Метод противопоказан при гидронефрозе, пионефрозе, паранефрите и т. д.

Пневмоартрография - искусственное контрастирование газом (очищенный воздух, кислород) полости сустава (сухожильных влагалищ и слизистых сумок) с последующей рентгенографией. Чаще применяется для исследования коленного сустава, но может быть использована и при изучении других суставов (плечевого, локтевого, лучезапястного, тазобедренного, и др.).

Воздух вводят с помощью прибора, состоящего из иглы, резинового шланга с металлическим фильтром со стерильной ватой, крана Агали и шприца или шара Ричардсона. Укол делают после подготовки поля операции по всем правилам хирургии в общепринятых местах для пункции. Воздух накачивают в таком количестве, которое создает

некоторое выпячивание в области синовиальных выворотов сустава или сухожильного влагалища.

После этого производят снимок. На снимке обращают внимание на размер и расположение синовиальных выворотов, наличие экссудата, перемычек, спаек, включений, форму и структуру суставных поверхностей костей, характер суставной щели.

Рентгенограммы производят в прямой, боковой и косых проекциях, при необходимости выполняют томографию. Вместо газа может быть введено контрастное вещество (йодолипол, гипак, стерильная взвесь сульфата бария на персиковом масле и др.).

### **Рентгенофункциональные методы исследования**

Рентгенофункциональные методы исследования позволяют изучить функцию органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, контрастированные бронхи, пищевод, желудок и мочеточник.

Рентгенокимография - метод регистрации движения различных органов с помощью рентгеновских лучей, проходящих через узкую щель. Различают однощелевую и многощелевую кимографию. Последний имеет преимущество перед однощелевой, однако у однощелевой кривая растянута и богата деталями. Кимография выполняется в прямой, боковой и косых проекциях. Форма зубцов кимограммы разнообразна и специфична для каждого органа.

Электрокимография - метод, основанный на определении яркости свечения рентгеновского экрана при помощи фотоэлемента и фотоумножителя. Сцинтилляционный датчик аппарата преобразует энергию рентгеновских лучей, проходящих через исследуемый орган, в электрические колебания, которые усиливаются фотоусилителем и передаются регистрирующему блоку, где записываются в виде кривой на движущейся ленте. Нисходящее колено характеризует, повышение прозрачности органа, восходящее

- понижение. При исследовании датчик фотоэлемента располагают на уровне интересующей части легочного поля. Площадь его равна в среднем 5x20 мм.

Метод позволяет изучить изменения прозрачности ограниченного участка (местная денсиграфия) или всего (общая денсиграфия) легочного поля.

Полиграфия - метод получения двух снимков в фазе вдоха и выдоха на одной пленке (диплография) или средних зон обоих легких в трех фазах дыхания (триплография) при одних и тех же технических условиях и экспозиции. Метод позволяет изучить состояние подвижности органов дыхания (легких, ребер, диафрагмы) и степень выраженности пневматизации легких, которые характеризуют состояние функциональных нарушений при пневмокониозах и эмфиземе легких. Данный метод применяется также для изучения сократительной функции пищевода и желудка.

### **Методы установления места нахождения инородных тел**

Для обнаружения инородных тел с высоким атомным весом у мелких животных (в любой части тела), а так же в области головы, шеи, грудной части, пищевода и на свободной части конечностей у крупных животных используют рентгеноскопию и рентренографию. Диагностировать инородное тело в брюшной полости у крупного рогатого скота и лошадей сложно.

Инородные тела, эквивалентные по плотности тканям в мышцы обычно не внедряются, а находящиеся в полостях диагностируются с помощью контрастирования по «дефекту наполнения».

Для установления места нахождения инородного тела сначала устанавливают его проекцию на тело животного, а

затем устанавливают глубину, на которой находится инородное тело.

*Обнаружение места нахождения инородного тела и установление его проекции на тело животного.*

1) Метод снимков в двух проекциях используют при исследовании конечностей и головы. Например, делают снимок участка спереди и сбоку, и тогда становится ясным положение инородного тела (рис. 4).

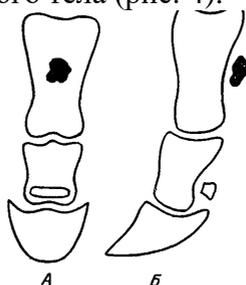


Рис. 4. Определение места залегания инородного тела методом снимков в двух проекциях:

*А* - палец лошади, прямая проекция (схема). Инородное тело проецируется на тень путовой кости;

*Б* - тот же участок, боковая проекция. Фактически инородное тело находится позади путовой кости в мягких тканях.

2) Метод двух координат (по Л.А. Крутовскому). На участок тела животного, где подозревают наличие инородного тела, прикрепляют металлическую сетку и отмечают ее углы на коже, затем прикладывают кассету и производят снимок. На проявленной рентгенограмме видно, на пересечении каких координат металлической сетки располагается инородное тело. Далее сетку прикладывают к телу животного, производят отсчет координат по вертикали, затем – по горизонтали и против места, где расположено инородное тело на рентгенограмме, ставят метку на коже

(рис. 5). Этот метод дает точку проекции инородного тела на кожу.

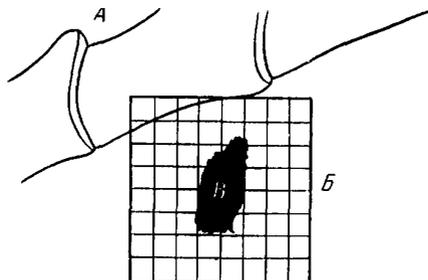


Рис. 5. Определение места залегания инородного тела методом двух координат (сетки). Схема с рентгенограммы:

А - тень шейных позвонков; Б - тень сетки;

В - тень инородного тела на фоне сетки.

3) Инженер П.Е. Крашенинников предложил использовать рентгеновскую пленку с нанесенной на ней координатной сеткой. После проявления такой пленки ее прикладывают к телу животного, производят отсчет координат и отмечают на коже место залегания инородного тела.

4) Н.А. Антонов вместо готовой координатной пленки рекомендует закладывать в кассету тонкую медную сетку.

*Определение глубины залегания инородного тела.* Для хирургического удаления инородного тела необходимо точно знать глубину, на которой находится инородное тело, чтобы выбрать тот или иной оперативный доступ к нему с учетом анатомических особенностей данной области. Для определения глубины залегания инородного тела пользуются следующими методами.

1) Метод двух координат в сочетании с введением инъекционной иглы. Сначала делают снимок с сеткой (по Л. А. Крутовскому), а затем в точке проекции инородного тела на коже вкалывают инъекционную иглу до тех пор, пока конец ее не упрется в инородное тело.

2) Геометрический метод (Макензи - Давидсона) ос-

нован на использовании подобия треугольников. Суть его состоит в том, что на одной пленке половинными экспозициями делают два снимка при двух положениях трубки, смещаемой строго параллельно каскете.

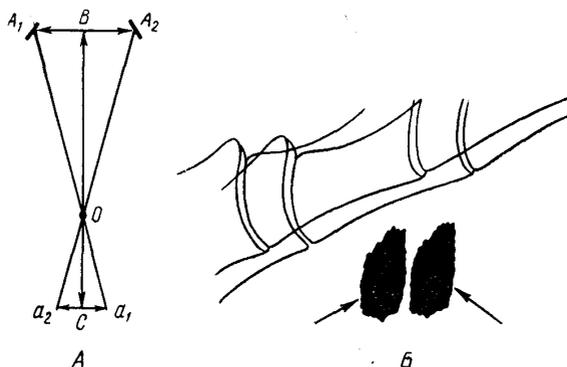


Рис. 6. Определение глубины залегания инородного тела геометрическим методом:

А – построение для расчета;  $A_1-A_2$  - расстояние смещения трубки для второго снимка;  $a_1- a_2$  - расстояние смещения тени инородного тела на  $O$  - место залегания инородного тела;

Б - схема рентгенограммы, полученной по этому методу (стрелками показаны две тени одного и того же инородного тела).

Для первого снимка трубку устанавливают так, чтобы фокус ее находился на 5 - 6 см в стороне от центра каскеты. После снимка трубку смещают в другую сторону на 5 - 6 см от центра каскеты и делают второй снимок. При проявлении на рентгенограмме получается две тени от одного инородного тела. Для расчетов необходимо знать расстояние от анода до каскеты, расстояние смещения трубки и расстояние смещения тени на рентгенограмме. Глубина залегания ( $x$ ) инородного тела равна расстоянию перемещения тени инородного тела на пленке, умноженной на

расстояние от антикатада до кассеты и деленной на сумму расстояния перемещения трубки и перемещения тени на пленке (рис. 6).

Например, расстояние перемещения тени 2 см, расстояние от антикатада до кассеты 70 см, расстояние перемещения трубки 12 см. Следовательно, глубина залегания инородного тела в данном примере будет равна 10 см.

3). Метод трех координат, (по А.А. Веллеру и Л.А. Крутовскому). Изготавливают конус-центратор (высотой 20-22 см) из бумаги или картона так, чтобы фокус трубки и вершина конуса находились на одной прямой. На подготовленное поле операции химическим карандашом наносят две точки, одна от другой на расстоянии 10 см. На одну из точек кладут свинцовый квадратик 20 - 24 мм<sup>2</sup> с отверстием в середине (5 - 6 мм). Устанавливают тубус трубки перпендикулярно кассете, подводят вершину бумажного конуса против центра квадратика и делают первый снимок. Затем убирают первый квадратик и на другую, отмеченную на коже точку помещают второй квадратик с треугольным вырезом по нижнему контуру. Центрируют трубку на центр этого квадратика и делают еще снимок. Рентгенограмму проявляют. Затем на нее накладывают отмытую от эмульсии пленку или кальку, обводят контуры квадратиков и отмечают точки квадратиков и точки центров инородного тела; все точки соединяют линиями, место пересечения этих линий прокалывают инъекционной иглой. Потом эту целлулоидную пленку накладывают на кожу так, чтобы метки на коже совпадали с квадратиками на пленке. Через отверстие на целлулоиде вводят иглу в ткани до встречи с инородным телом.

## Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ) - метод лучевой диагностики, основанный на использовании магнитного поля и радиоволн для получения послойных и объемных изображений органов и тканей, восстановленных математическими методами. При этом на изображении фиксируется как разница в плотности тканей, т. е. количество ядер атомов в единице объема, так и разница в скорости восстановления этих ядер после их возбуждения радиочастотным импульсом. МРТ является самым сложным из всех методов лучевой диагностики, как с точки зрения физико-технических основ, так и технологии производства и компьютерного обеспечения, кроме того, это один из самых дорогостоящих методов исследования. МРТ основана на явлении ядерно-магнитного резонанса, открытого в 1946 г. F. Bloch и E. Purcell, которые показали, что некоторые ядра, находящиеся в магнитном поле, индуцируют электромагнитный сигнал под воздействием радиочастотных импульсов. В 1952 г. за открытие магнитного резонанса им была присуждена Нобелевская премия. В начале 1970-х гг. британский ученый P. Lauterburg открыл возможность получать двухмерное изображение созданием градиента в магнитном поле. Американский ученый P. Mansfield развил исследования P. Lauterburg и создал математическую систему, в кратчайшие сроки способную преобразовывать электромагнитные сигналы в двухмерное изображение. В 2003 г. P. Mansfield и P. Lauterburg за исследования в области МРТ была присуждена Нобелевская премия по медицине. В МРТ используются радиоволны с частотой, которая существенно ниже той, что требуется для ионизации атомов (в отличие от рентгеновских методов). **МРТ не оказывает ионизирующего (повреждающего) воздействия на биологические ткани** и в настоящее время считается практически безвредной.

### *Физические принципы магнитно-резонансной томографии*

Физические принципы МРТ основаны на том, что ядра атомов тканей человека могут поглощать и в ответ излучать радиоволны определенной частоты во время нахождения этих ядер во внешнем магнитном поле. Эти ответные радиосигналы регистрируются приемником и содержат информацию о тканях человека. Электрические сигналы регистрируются АЦП и затем поступают в компьютер, где с помощью специальных программ формируется изображение. При МРТ происходит взаимодействие радиоволн и статических магнитных полей непосредственно с атомным ядром. Не все ядра реагируют на магнитное поле – лишь те, которые имеют нечетное число протонов или нейтронов:  $1\text{ H}$ ,  $13\text{ C}$ ,  $14\text{ N}$ ,  $17\text{ O}$ ,  $39\text{ K}$ ,  $19\text{ F}$ ,  $23\text{ Na}$ ,  $31\text{ P}$  (ядра атомов организма). Однако на практике используется только ядро атома водорода, которое состоит из одного протона, так как водород в большом количестве содержится в любом организме. Тело человека и животных примерно на 85 % состоит из воды, а каждая молекула воды состоит из 2 атомов водорода и одного атома кислорода. Кроме этого, водород имеется в составе других молекул. Необходимо отметить, что элементарные частицы (в случае атомного ядра это протон и нейтрон) обладают квантово-механическим параметром – спином, который имеет в классической физике аналог – вращательный момент. Для лучшего понимания принципа ядерномагнитного резонанса можно представить ядро в виде вращающегося волчка – он вращается вокруг собственной оси и одновременно его ось вращения описывает окружность. Явление вращения отклоненной оси называется прецессией. Она возникает в каждом случае, когда вращающийся объект подвержен действию внешней силы. Например, вертящийся волчок под воздействием силы гравитации испытывает прецессионное движение или колеблется около ли-

нии, определяемой направлением силы тяжести, планета Земля (условно – ее ось) совершает прецессионные движения под воздействием гравитационных сил Солнца и окружающих ее планет, протон водорода (его спин) – под воздействием внешнего магнитного поля. Скорость прецессии протона в магнитном поле увеличивается с увеличением самого магнитного поля. Частота вращения прямо пропорциональна напряженности магнитного поля и называется частотой Лармора. На ядро, которое находится в прецессии в приложенном магнитном поле, можно воздействовать внешним переменным электромагнитным полем – радиоволной. Воздействие радиочастотного излучения увеличивает угол наклона прецессии ядра. Однако радиоволны могут воздействовать на прецессирующие ядра только вследствие совпадения собственной частоты с частотой прецессии. Такое совпадение частот называют резонансом. Величина угла отклонения зависит от частоты, интенсивности, продолжительности и направленности радиоволны. Воздействие радиочастотного излучения отклоняет ось прецессии от почти вертикального направления (параллельно направлению статического магнитного поля) до горизонтального - под прямым углом к статическому магнитному полю. Длительность импульса, изменяющего ось прецессии, составляет доли секунды. Наглядным примером резонанса могут служить качели. Для того чтобы увеличить амплитуду раскачивания, необходимо, чтобы человек, раскачивающий качели, толкал их в соответствии с собственной частотой качания качелей. Энергия воздействия другой частоты не окажет на систему  $P$  + никакого воздействия. Поэтому частота радиоволн должна быть в резонансе с частотой прецессирующего ядра. В этом состоит суть метода магнитного резонанса – используются радиочастотные волны с частотой прецессии ядра водорода. После прекращения воздействия внешнего электромаг-

нитного сигнала ядра возвращаются в свое первоначальное положение, при этом излучают электромагнитные волны той же частоты, что и частота посланных радиоволн. Этот процесс называется релаксацией. Ответные радиоволны улавливаются принимающей катушкой во время фазы регистрации магнитно-резонансного сигнала. Затем эти сигналы передаются в компьютер, где происходит их математическая обработка и построение изображения. Кроме изменения угла наклона прецессии ядра существует другой вид воздействия радиочастотного импульса. Так, при подаче радиоволны ядра начинают прецессировать в одной фазе, т. е. моменты вращения их спинов начинают совпадать. После отключения радиочастотного импульса происходит их «расфазировка». Таким образом, существуют два вида воздействия радиоволны на прецессирующие ядра при совпадении частот обеих систем, и, соответственно, два вида релаксации - T1- и T2-релаксация. T1-релаксация происходит, когда спины ядер начинают прецессировать на все меньшие углы и переходят из состояния горизонтальной, или поперечной, прецессии в вертикальную. Этот процесс носит название продольной, или спин-решетчатой, релаксации. Время, за которое сигнал уменьшается до 63% от первоначального значения, и носит название T1-релаксации. T2-релаксация - это когда после воздействия радиочастотного сигнала происходит «расфазировка» (т. е. ядра начинают прецессировать не в фазе друг с другом), результатом которой является поперечная, или спин-спиновая релаксация. Во время T2-релаксации интенсивность магнитно-резонансного сигнала уменьшается. Время, требующееся для уменьшения сигнала до 63% от его максимального значения, обозначается как T2-релаксация. Скорость этих процессов зависит от существующих химических связей, наличия или отсутствия кристаллической решетки, неоднородности магнитного поля и др. Обработ-

ка данных разных видов релаксации позволяет получать различные изображения. Помимо времени релаксации существует еще один фактор, играющий роль в получении изображения, - спиновая плотность, или «плотность протонов», - чем больше ядер водорода в объеме ткани, тем сильнее магнитно-резонансный сигнал. Однако спиновая плотность является второстепенным фактором, поскольку все ткани организма имеют приблизительно одинаковую спиновую плотность. МРТ - метод, фундаментально отличный от других методов лучевой визуализации. Если при рентгенографии изображение определяется плотностью и ядерным весом атомов ткани при прохождении рентгеновских лучей, то в МРТ самым важным фактором в формировании изображения является скорость восстановления ядер после воздействия радиоволн (скорость релаксации). Например, высокая плотность кости не влияет на контраст изображения в МРТ. Серое и белое вещество головного мозга, ствол головного мозга и мозолистое тело четко визуализируются вследствие различного времени релаксации ядер в этих тканях. Принцип построения и реконструкции изображения при МРТ аналогичен РКТ, но гораздо более сложный. Поэтому, для того чтобы компьютер с помощью соответствующих программ мог воссоздать МРТ изображение, необходимо было определить ту основную единицу, которая в дальнейшем могла бы быть основой для построения изображения определенной области. Такой единицей является томографический срез, или плоскость. Изображение определенного среза понятно врачу, оно соответствует его представлению о внутреннем анатомическом строении человеческого организма, при анализе множества срезов компьютер может построить объемное изображение любой области, любого органа или системы. Наиболее важным компонентом МРТ является магнит. Он создает мощное постоянное (статическое) поле, вокруг

вектора напряженности которого прецессируют ядра. Все типы магнитов отличаются способом создания магнитного поля, которое измеряется в единицах Тесла (Тл) в системе СИ (по имени Никола Тесла (1856–1943), работавшего в США, хорвата по происхождению) или в единицах Гаусса в системе СГС (Карл Ф. Гаусс (1777–1855), немецкий физик) - 1 Тл = 10 000 Гаусс. В настоящее время чаще всего в клинической практике используют томографы с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл, хотя существуют МРТ с напряженностью 7 Тл (используют только в научных целях). Для сравнения, магнитное поле Земли составляет приблизительно 0,00005 Тл. Наиболее распространенным типом магнита является сверхпроводящий, который также является электромагнитом. Он использует свойство сверхпроводимости, которое свойственно некоторым материалам при очень низких температурах. Сверхпроводящий материал практически не имеет электрического сопротивления, поэтому на поддержание мощного потока электричества в катушке почти не требует энергетических затрат. Однако затратным является снабжение магнита низкотемпературными охлаждающими криогенными материалами - для этого применяют либо жидкий азот (-195,8 °С), либо жидкий гелий (- 268,9 °С). Сверхпроводящие магниты создают магнитное поле высокой напряженности - 2,0-3,0 Тл и более. Более сильное магнитное поле позволяет увеличить соотношение «сигнал – шум», что значительно улучшает качество получаемого изображения. В зависимости от напряженности магнитного поля различают несколько типов томографов: – до 0,1 Тл - сверхнизкопольный; – от 0,1 до 0,5 Тл - низкопольный; - от 0,5 до 1 Тл - среднепольный; - от 1 до 2 Тл - высокопольный; - более 2 Тл - сверхвысокопольный.

*Методики магнитно-резонансного исследования*

Основные противопоказания к проведению МРТ свя-

заны с воздействием статического магнитного поля, которое окружает магнит (его еще называют периферическим магнитным полем), на металлические объекты (ферромагнитные материалы). Металлические объекты не должны попадать в область действия этого поля (они могут быть как снаружи, так и внутри тела пациента), поскольку опасность притяжения такого рода предметов резко увеличивается по мере приближения к магниту. Например, при магните в 1,5 Тл ферромагнитный объект, находящийся на расстоянии в 1 м, будет притягиваться к магниту с силой в 10 раз больше силы притяжения Земли, и если отпустить небольшой объект вблизи магнита, он может полететь со скоростью до 70 км/ч. Кроме основного магнита существует воздействие и радиочастотных импульсов на различные электронные устройства, находящиеся внутри тела пациента, например на сердечные имплантаты (водители ритма, кардиостимуляторы). Научно подтвержденных данных о негативном влиянии статического магнитного поля на живой организм до сих пор не получено, также нет доказательств тератогенного эффекта магнитного поля на плод. Тем не менее, беременность часто рассматривается как относительное противопоказание для проведения МРТ, особенно первый триместр. Относительными противопоказаниями являются клаустрофобия (панические приступы во время нахождения в тоннеле аппарата могут не позволить провести исследование), а также крайне тяжелое состояние пациента, для которого необходим физиологический мониторинг. В МРТ радиочастотные импульсы могут подаваться в различных комбинациях - их называют импульсными последовательностями. Они позволяют получать различную контрастность одних и тех же изображений мягкотканых структур. Такие изображения разделяют на T1- взвешенные (T1-ВИ), T2-взвешенные (T2-ВИ) и протон-взвешенные. Импульсные последовательности еще

называются стандартными методиками МРТ. Цвет различных анатомических структур при T1-ВИ и T2-ВИ отличается. Различные импульсные последовательности выбираются таким образом, чтобы получить различную контрастность на одном и том же изображении. Это помогает лучше увидеть те или иные патологические изменения.

Помимо стандартных методик МРТ применяются также специальные методики: контрастное МРТ-исследование, магнитно-резонансные ангиография, миелография, холангиопанкреатография, урография, методика жироподавления, функциональная МРТ, магнитно-резонансные диффузия, перфузия и др. МРТ-исследование позволяет выполнять ангиографию как с введением контрастного вещества, так и без него. Если для рентгеновских исследований смысл применения контрастных веществ состоит в их способности «задерживать» рентгеновские лучи и таким образом усиливать контрастность органов и мягких тканей, которые не обладают такими свойствами, то для МРТ-исследований применение контрастных веществ основано на других явлениях. В настоящее время наиболее широко используют контрастные вещества на основе гадолиния (Gd) - Гадовист, Магневист, Омнискан. Препарат вводится внутривенно, основным путем выведения из организма являются почки, поэтому основным противопоказанием для такого рода исследования является почечная недостаточность. Кроме того, абсолютным противопоказанием для МРТ-исследования с применением контрастных веществ является беременность (срок значення не имеет). Препараты гадолиния являются парамагнитными веществами, они сокращают время T1- и T2-релаксации протонов, ускоряют выравнивание спинов ядер по внешнему магнитному полю, что усиливает магнитно-резонансный сигнал и, соответственно, контраст изображения. Контрастные вещества при МРТ улучшают визуа-

лизацию небольших опухолей и опухолей, которые имеют такую же интенсивность сигнала, что и нормальные ткани. Наиболее часто они используются для исследования центральной нервной системы. Контрастные вещества часто позволяют дифференцировать первичное опухолевое заболевание от других процессов (например, отека), оценить метастазы, воспалительные процессы, подострые мозговые инфаркты и др. Подводя итог вышеизложенному можно выделить основные преимущества и недостатки МРТ относительно других методов лучевой диагностики. *Преимущества МРТ:* - применение различных импульсных последовательностей позволяет получить изображение различных мягкотканых структур высокой контрастности в любой плоскости с толщиной среза до 1 мм; - отсутствие лучевой нагрузки на пациента; - возможность безконтрастной ангиографии, миелографии, урографии. *Недостатки метода:* - ограничение исследования у определенных групп пациентов; - чувствительность к двигательным артефактам; - худшая визуализация костных структур (из-за низкого содержания воды); - высокая стоимость оборудования и, соответственно, одного исследования. И, тем не менее, метод МРТ в настоящее время является одним из самых высокоинформативных, безопасных (неионизирующих) методов лучевой диагностики, который применяется для исследования практически всех органов и систем человеческого организма.

#### *Интервенционная радиология*

Интервенционная радиология - это раздел лучевой диагностики, объединяющий возможности различных способов исследования (катетеризационная ангиография, УЗИ, КТ и др.) с лечебными мероприятиями (сосудистая хирургия, техническое и фармакологическое обеспечение). В кардиологии, ангиологии, сосудистой хирургии получили признание методы реканализации сосудистых (артериаль-

ных и венозных) стенозов и окклюзии: чрескожная баллонная и лазерная ангиопластика, механическая и аспирационная реканализация, тромбэктомия и способы контролируемого тромболизиса, установка стентов, восстанавливающих кровотоки, установка кавафильтров, удаление «забытых» инородных тел и др. В общей и экстренной хирургии - методы эмболизации сосудов и сосудистых образований при кровотечениях. В онкологии - эмболизация органов для «выключения». В гастроэнтерологии - чрескожная чреспеченочная холангиография, чрескожная гастроэнтеростомия, дилатация и стентирование пищевода, дренаж абсцессов брюшной полости и забрюшинного пространства. В нефрологии и урологии - дренаж почек, исследование в сочетании с эндоскопическими и лапароскопическими манипуляциями (баллонная дилатация и стентирование мочеточников). В гинекологии - исследование репродуктивной системы, сочетание с эндоскопическими и лапароскопическими манипуляциями.

#### *Принципы и основы радионуклидной диагностики*

Первые попытки применения радиоактивных нуклидов в клинической практике для разработки диагностических тестов относятся к 1927 г., когда Blumgart впервые использовал радий для изучения скорости кровотока. Однако лишь в 1940 г. были опубликованы работы Hamilton и Soley, которые впервые установили закономерность распределения йода в организме и его особенности при различных патологических состояниях щитовидной железы. Радионуклидная диагностика - лучевое исследование, основанное на использовании соединений, меченных радионуклидами. В качестве таких соединений применяют разрешенные для введения с диагностической и лечебной целями радиофармацевтические препараты (РФП) - химические соединения, в молекуле которых содержится определенный радионуклид. Радионуклидная, или радиоизотоп-

ная, диагностика - самостоятельный, научно обоснованный клинический раздел медицинской радиологии, предназначенный для распознавания патологических состояний отдельных органов и систем. Отличие этой группы методов лучевой диагностики от остальных состоит в том, что для визуализации используется не проходящее (трансмиссионное) излучение через тело пациента (рентгеновские методы) и не отраженные от тканей ультразвуковые колебания (ультразвуковые методы), а исходящее изнутри излучение (эмиссионное). Радионуклидные методы исследования - методы визуализации функционального и, отчасти, анатомического состояния органов и тканей при помощи излучения, полученного от введенного внутрь РФП. В основе всех радионуклидных методов исследования лежит явление радиоактивности и способность РФП накапливаться в разных тканях в разной степени. Радиоактивность - способность ядер атомов радиоактивных изотопов распадаться с выделением освободившейся энергии в виде  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения. Применяемые при этом радионуклиды отличаются от своих аналогов - стабильных элементов, содержащихся в организме или поступающих в него с пищевыми продуктами, - лишь физическими свойствами, т. е. способностью распадаться и выделять энергию. Используя небольшие индикаторные количества радионуклидов, можно изучать состояние обмена веществ, функцию органов и систем, скорость движения лимфы и крови, течение секреторно-экскреторных процессов, получать анатомо-топографические изображения органов, систем, тканей. Введение радиоактивного нуклида в РФП осуществляется синтезом (путем замены нуклида в молекуле) и биосинтезом. Существует несколько способов получения радионуклидов: часть образуется в реакторах (йод ( $^{131}\text{I}$  и  $^{125}\text{I}$ ), золото ( $^{198}\text{Au}$ ), ксенон ( $^{133}\text{Xe}$ ), фосфор ( $^{32}\text{P}$ )), часть — в ускорителях (индий ( $^{111}\text{In}$ ), йод ( $^{123}\text{I}$ ), фтор ( $^{18}\text{F}$ ), кислород

( $^{15}\text{O}$ ), углерод ( $^{11}\text{C}$ ), азот ( $^{13}\text{N}$ )). Однако наиболее распространенным способом получения радионуклидов теперь является генераторный, т. е. изготовление радионуклидов непосредственно в лаборатории радионуклидной диагностики с помощью генераторов. Таким образом, получают технеций ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ), индий ( $^{113}\text{In}$ ). Условно все используемые РФП можно разделить на три группы: органотропные, туморотропные (или специфически тропные) и без выраженного селективного накопления в организме. При этом органотропность РФП бывает направленной и косвенной.

При направленной органотропности синтезируют препарат специально для исследования определенного органа, в котором происходит его избирательное накопление. Под косвенной органотропностью понимают временную концентрацию РФП по пути его выведения из организма, например в почках, мочевом пузыре при выведении с мочой, в кишечнике при выведении с калом, в слюнных железах при выведении со слюной.

При вторичной селективности препарат претерпевает химические превращения, в результате чего возникают новые соединения, способные к накоплению в других органах и тканях.

Выбор радиоактивного нуклида желательно осуществлять в соответствии с комплексом взаимосвязанных требований: низкая радиотоксичность, относительно короткий период полураспада, удобное для регистрации  $\gamma$ -излучение и необходимые биологические свойства. Важным требованием к РФП является минимальная лучевая нагрузка при его введении. Известно, что активность примененного радионуклида уменьшается вследствие двух факторов: распада его атомов, т. е. физического процесса, и выведения его из организма - биологического процесса. Время распада половины атомов нуклида называется физическим периодом полураспада (Тфиз.). Время, за которое активность препарата, введенного в организм, снижается наполовину

за счет выведения, называется периодом биологического полувыведения (Тбиол.). Время, в течение которого активность введенного в организм РФП уменьшается наполовину за счет физического распада и за счет выведения, называется эффективным периодом полувыведения (Тэфф.). Преимуществом радионуклидной методики по сравнению с другими методами исследования является ее универсальность, которая обусловлена возможностью исследования различных функциональных процессов, а также анатомо-топографических изменений, т. е. всего комплекса нарушений, возникающих при всевозможных патологических состояниях. Все радионуклидные диагностические исследования разделяют на две большие группы: исследования, при которых РФП вводят в организм пациента (исследования *in vivo*), и исследования крови, кусочков ткани и выделений больного (исследования *in vitro*). Особенно эффективно применение радиоиммунологических исследований, которые не сопровождаются введением РФП пациенту, что, в свою очередь, исключает лучевую нагрузку. Есть исследования, которые проводятся только с плазмой крови, и они получили название радиоиммунологического анализа (РИА) *in vitro*. В отличие от этой методики другие способы радионуклидной диагностики *in vivo* сопровождаются введением РФП пациенту, чаще всего внутривенным способом. Такие исследования связаны с определенной лучевой нагрузкой на пациента, степень которой не превышает величины дозы облучения при выполнении одного рентгеновского снимка. Это стало возможным благодаря использованию специальных радиоактивных нуклидов с коротким периодом полураспада, таких как  $^{99m}\text{Tc}$  и  $^{113}\text{In}$ . Таким образом, лучевая нагрузка при выполнении методик радионуклидной диагностики не является ограничением для успешного их применения в клинической медицине, в том числе и в педиатрии. В клинической практике применяют следующие виды радионуклидных исследо-

ваний: визуализацию органов, т. е. получение их радионуклидных изображений; измерение накопления РФП в организме и его выведения; измерение радиоактивности биологических проб жидкостей и тканей человеческого организма. Все методики радионуклидной диагностики, с точки зрения их значимости, можно разделить на несколько групп. Визуализацию органов осуществляют путем сцинтиграфии и сканирования. В основе сцинтиграфии лежит избирательное накопление и выведение РФП исследуемым органом, позволяющие изучить топографию органа, выявить в нем морфологические, функциональные и метаболические нарушения. Сканирование, выполняемое для получения статических радионуклидных изображений, так же, как и сцинтиграфия, показывает распределение РФП в органе, отображая его величину, топографию, наличие патологических очагов. Однако в отличие от сцинтиграфии этот метод не позволяет провести анализ функциональных нарушений. Отрицательными свойствами данного метода являются длительное время, необходимое для получения сканограммы (несколько десятков минут), а также невозможность обработать полученные данные на компьютере, что снижает информативность исследования. Измерение накопления РФП в организме и его выведения, предназначенное, в основном, для получения информации о функциональном состоянии органа, осуществляют с помощью радиометрии и радиографии. Радиометрия заключается в определении с помощью радиометра величины накопления данного РФП в интересующем органе или патологическом очаге. Результаты исследования выражают в относительных величинах (чаще всего в процентах) по отношению к количеству РФП, введенного в организм пациента, либо по сравнению с симметричным участком тела больного или окружающими тканями. Типичным примером данного вида радионуклидного исследования является изучение функции щитовидной железы методом радио-

метрии накопленного в ней радиоактивного йода. Радиогрaфия, выполняемая на одно- и многоканальных радиогрaфах, позволяет изучить динамику концентрации (накопления и/или выведения) РФП в органе либо прохождения РФП по органу с током жидкости (крови, мочи и др.). Результаты выражаются в виде кривой (или серии кривых). Информация, получаемая с помощью радиогрaфии, идентична полученной при динамической скинтигрaфии, однако точность ее значительно ниже, чем при исследовании в гаммакамере. Преимуществом радиогрaфии являются невысокая стоимость метода и простота исследования. Наиболее широко ее применяют при исследовании почек и печени. Измерение концентрации РФП в том или ином веществе по его излучению выполняют путем анализа какой-либо физиологической жидкости, полученной после введения РФП пациенту (*in vivo*), либо в ходе чисто лабораторного исследования (*in vitro*), без контакта между РФП и пациентом (радиоиммунные анализы и т. п.). Измерение радиоактивности биологических проб (крови, мочи, цереброспинальной жидкости, фекалий и др.) производят для определения функционального состояния систем пищеварения, кроветворения, мочевыделения и др. В последнее десятилетие получили распространение новые методы исследования, а именно эмиссионная компьютерная томография (ЭКТ) – получение томографического среза путем компьютерной реконструкции изображения за счет вращения детектора (гамма-камеры). Выделяют одно и двухфотонную (позитронную) ЭКТ. При однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) детектор радионуклидного томографа регистрирует  $\gamma$  излучение, вращаясь по заданной программе вокруг тела, которому предварительно введен диагностический препарат. При обработке полученных данных формируется изображение исследуемого органа в виде срезов, которые затем анализируются. Метод используется при исследованиях всех орга-

нов. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) - это новейший метод, основанный на использовании ультракороткоживущих радиоизотопов. При позитронной ЭКТ регистрируют  $\gamma$ -излучение, полученное в результате аннигиляции позитрона и электрона. При этом образуются два  $\gamma$ -фотона с энергией по 511 кэВ, «разлетающихся» в противоположные стороны. Энергия этих фотонов слишком велика для применения обычных вращающихся гамма-камер, поэтому используют два специальных вращающихся детектора, расположенных друг напротив друга. Для этого исследования необходим РФП, в состав которого входит позитронно-эмитирующий изотоп ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ), что доставляет определенное неудобство, так как эти изотопы имеют очень короткие периоды полураспада ( $T_{1/2}$  для  $^{11}\text{C}$  составляет 20,4 мин; для  $^{13}\text{N}$  - 10,0 мин; для  $^{15}\text{O}$  - 2,1 мин; для  $^{18}\text{F}$  - 109 мин; для  $^{82}\text{Rb}$  - 1,25 мин). Для их производства нужен очень дорогой циклотрон и необходимо, чтобы он находился в непосредственной близости от радиоизотопной лаборатории. ПЭТ позволяет визуализировать распределение и метаболизм РФП в клетках различных тканей и кровеносной системе, неинвазивно количественно оценивать множество физиологических и биохимических процессов в организме. В клинической практике ПЭТ находит наиболее частое применение в онкологии, кардиологии и неврологии. В онкологии ПЭТ незаменима для диагностики и дифференциации злокачественных опухолей и их метастазов. Исследование в режиме «все тело» позволяет выявить первичное новообразование, определить степень его злокачественности и распространенности. По данным ПЭТ принимается решение о тактике ведения пациента, а также осуществляется мониторинг эффективности терапии.

### **Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки**

1. На какие этапы условно можно разделить рентгенодиагностический процесс?
2. Что нужно делать с целью оценки достоверности рентгенологического диагноза на заключительном этапе?
3. Какие методы рентгенологических исследований относят к основным?
4. Какие свойства рентгеновских лучей используются при рентгеноскопии?
5. Из каких компонентов состоит флюороскопический экран?
6. Как следует располагать исследуемый участок тела относительно направлению центрального пучка лучей (ЦПЛ)?
7. Почему мягкие ткани задерживают меньше рентгеноквантов, чем костные?
8. Перечислить положительные стороны рентгеноскопии.
9. Перечислить отрицательные стороны рентгеноскопии.
10. В чём состоит принцип электронно-оптического преобразователя (усилителя) рентгеновского изображения?
11. Как расшифровать РЭОП?
12. В чём состоит принцип метода рентгенотелевидения?
13. В чём состоит принцип метода рентгенографии?
14. В чём заключается эффект суммации рентгеновского изображения?
15. В чём состоят особенности получения увеличенных рентгеновских снимков?
16. Какие три основных технологии цифрового способа получения рентгеновского изображения существуют в настоящее время?

17. В чём состоит главное отличие цифровых технологий в рентгеноскопии от пленочных рентгенографических технологий?
18. В чём состоит полнокадровый метод в цифровых технологиях в рентгеноскопии?
19. В чём состоит однострочный сканирующий метод в цифровых технологиях в рентгеноскопии?
20. В чём состоит многострочный сканирующий метод в цифровых технологиях в рентгеноскопии?
21. На каких принципах основана электрорентгенография?
22. Из каких этапов состоит электрорентгенографический процесс?
23. Какие аппараты я в условиях клиники чаще всего используются для электрорентгенографии?
24. В чём состоит метод томографии?
25. В каких случаях проводят искусственное контрастирование?
26. Чем отличаются два типа искусственного контрастирования:: прямое и непрямое?
27. На какие группы делятся все контрастные вещества, применяемые при рентгенологических исследованиях?
28. Что является основным противопоказанием при использовании йодистых контрастных препаратов?
29. Какими способами для контрастирования органов или систем вводятся контрастные вещества?
30. Как следует проводить фистулографию?
31. В чём заключается метод вазографии?
32. В чём заключаются методы прямой и непрямой лимфографии?
33. В чём заключаются метод экскреторной урографии?
34. Как и с какой целью проводят пневмоторакс и пневмоперитонеум?

35. Как и с какой целью проводят пневмоартрографию?
36. Перечислить рентгенофункциональные методы исследования.
37. В чём заключаются метод снимков в двух проекциях для обнаружения инородных тел?
38. В чём заключаются метод двух координат (по Л.А. Крутовскому) для обнаружения инородных тел?
39. В чём заключаются методы П.Е. Крашенинникова и Н.А. Антонова для обнаружения инородных тел?
40. Какие методы используются для определения глубины залегания инородного тела?
41. В чём заключаются метод трёх координат (по А.А. Веллеру и Л.А. Крутовскому) для определения глубины залегания инородного тела?
42. На чём основан метод лучевой диагностики магнитно-резонансная томография (МРТ)?
43. На чём основаны физические принципы МРТ?
44. Какие ядра реагируют на магнитное поле?
45. Что происходит с ядрами после прекращения воздействия внешнего электромагнитного сигнала?
46. В каких единицах измеряется напряженность магнитного поля?
47. Что является основным противопоказанием к проведению МРТ?
48. На чём основана интервенционная радиология?
49. В чём состоят принципы и основы радионуклидной диагностики?
50. Что представляют собой радиофармацевтические препараты (РФП)?
51. Какие требования предъявляют к РФП?

## Литература

1. [https://meduniver.com/Medical/lucchevaia\\_diagnostika/315.html](https://meduniver.com/Medical/lucchevaia_diagnostika/315.html) MedUniver
2. Практикум по клинической диагностике болезней животных / М.Ф. Васильев, Е.С. Воронин, Г.Л. Дугин и др.; под ред. акад. Е.С. Воронина. М: КолосС, 2003. 269 с.
3. Уша Б.В., Беляков И.М., Пушкарев Р.П. Клиническая диагностика внутренних незаразных болезней животных. М.: КолосС, 2003. 487 с.
4. Клиническая диагностика внутренних болезней сельскохозяйственных животных / В.И. Зайцев, А.В. Сивнев, П.С. Ионов, А.В. Васильев, И.Г. Шарабрин. М.: Колос, 1971.
5. Клиническая диагностика внутренних незаразных болезней с.-х. животных / А.М. Смирнов, П.Я. Конопелько, В.С. Постников и др. М.: Агропромиздат, 1989.
6. Липин В.А., Терехина М.Т., Хохлов А.Л. Ветеринарная рентгенология: учеб. пособие. М.: Колос, 1986.
7. Практикум по клинической диагностике внутренних незаразных болезней с.-х. животных: учеб. пособие / А.М. Смирнов, Г.Л. Дугин, В.С. Кондратьев и др. Л., 1985.
8. Лукьяновский В.А., Белов А.Д., Беляков И.М. Болезни костной системы животных. М.: Колос, 1984.
9. Мамонтов М.М., Шибаев С.Ф. Методика и техника электрорентгенографии. Л.: Медицина, 1981.
10. Мустакимов Р.Г. Флюорография в ветеринарии. М.: Агропромиздат, 1986.
11. Рентгеновское исследование лабораторных животных / под ред. Г.А. Зедгениде, М.: Медицина, 1970.
12. Ильясов Т.Н. Лучевая диагностика: учебник для студ. мед. ин-тов Республики Узбекистан. Т: Изд-во мед. лит. им. Абу Али ибн Сино, 1995.
13. Рентгеноконтрастные средства / П.В. Сергеев и др. М.: Медицина, 1980.
14. Иванов В.П. Ветеринарная клиническая рентгенология: учеб. пособие. Спб.: Изд-во «Лань», 2014. 624 с.

Оглавление	Стр.
Введение. Ветеринарная рентгенодиагностика	3
Рентгеноскопия	4
Рентгенография	12
Цифровые технологии получения рентгеновского изображения	14
Флюорография	16
Электрорентгенография (ксерорентгенология)	21
Томография	22
Методы искусственного контрастирования	24
Рентгенофункциональные методы исследования	39
Методы установления места нахождения инородных тел	40
Магнитно-резонансная томография	45
Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки	61
Литература	64

Учебное издание

Иванов Дмитрий Валерьевич  
Крапивина Елена Владимировна

## **РЕНТГЕНОЛОГИЯ.**

Методы исследований в рентгенодиагностике болезней  
животных

Учебно-методическое пособие  
для студентов института ветеринарной медицины  
и биотехнологии специальности «Ветеринария»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 27.04.2022 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,83. Тираж 50 экз. Изд. № 7261

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ