

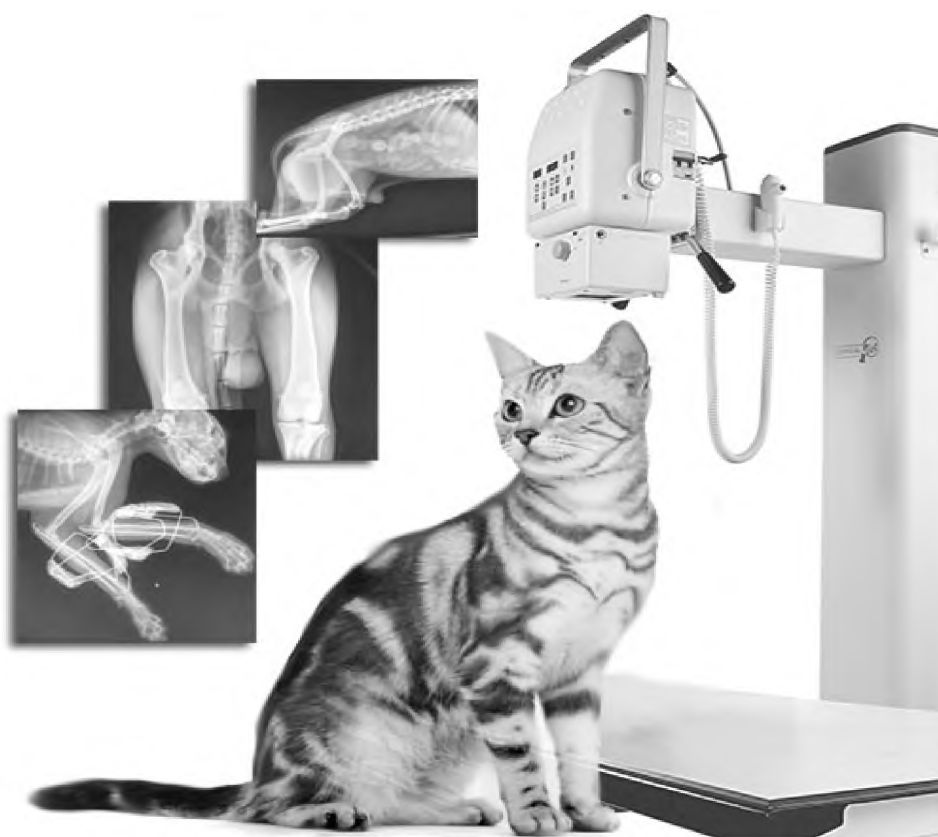
Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины

В. М. Руколь, В. А. Журба, Ю. В. Слепцов

ОСНОВЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ РЕНТГЕНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие для студентов
факультета ветеринарной медицины по специальности
1–74 03 02 «Ветеринарная медицина» и слушателей ФПК и ПК



Витебск
ВГАВМ
2021

УДК 619:616-073.75
ББК 48.615
Р85

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета ветеринарной медицины УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» от 10 декабря 2020 г. (протокол № 17)

Авторы:

доктор ветеринарных наук, профессор *В. М. Руколь*;
кандидат ветеринарных наук, доцент *В. А. Журба*;
ассистент *Ю. В. Слепцов*

Рецензенты:

доктор ветеринарных наук, профессор *Ю. К. Коваленок*;
кандидат ветеринарных наук, доцент *Е. Л. Братушкина*

Руколь, В. М.

Основы ветеринарной рентгенологии : учеб. - метод. пособие для Р85 студентов факультета ветеринарной медицины по специальности 1–74 03 02 «Ветеринарная медицина» и слушателей ФПК и ПК / В. М. Руколь, В. А. Журба, Ю. В. Слепцов. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 40 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для врачей и фельдшеров ветеринарной медицины, студентов факультета ветеринарной медицины и биотехнологического факультета, слушателей ФПК И ПК.

УДК 619:616-073.75
ББК 48.615

© УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2021

Введение

Роль лучевой диагностики в подготовке врача ветеринарной медицины непрерывно возрастает. Это связано с созданием в ветеринарных клиниках рентгеновских кабинетов, оснащенных новейшей аппаратурой, а также быстрым развитием компьютерных технологий, которые создают предпосылки для получения высококачественных изображений структур тканей и органов, включая объемные (так называемые трехмерные) изображения. Указанные обстоятельства способствуют созданию новой системы ветеринарной диагностики, объединяющей все существующие способы получения изображения органов животного. В распоряжении современной ветеринарной клиники имеется большой набор лучевых, инструментальных и лабораторных методов обследования больного животного. Их рациональное использование во многих типовых клинических ситуациях обеспечивает быструю и точную диагностику болезни. Однако непременным условием является продуманный выбор необходимых методов и рациональная последовательность их применения, поэтому в учебно-методическом пособии представлены диагностические исследования и рекомендации относительно тактики комплексного лучевого обследования животных.

Лучевая диагностика – наука о применении излучений для исследования строения, функций нормальных и патологически измененных органов и систем животных с целью профилактики и диагностики заболеваний.

В состав лучевой диагностики входят *рентгенодиагностика, ультразвуковая диагностика и магнитно-резонансная визуализация*. Еще одно очень важное направление лучевой диагностики – *интервенционная радиология*: выполнение лечебных вмешательств под контролем лучевых исследований.

Использование этих методов предоставляет возможность изучать возрастную морфологию и функции различных органов без нарушения целостности тканей и причинения животному боли, контролировать эффективность лечебных мероприятий и проводить высокотехнологичные хирургические операции.

Терминология в рентгенологии

Анодный ток определяется количеством электронов в электронном облаке, образованном нитью накаливания. Чем выше температура нити накаливания, тем больше электронов войдут в состав облака.

Артефакт – элемент изображения, не свойственный излучаемому объекту.

Ветеринарная рентгенология – прикладная дисциплина, изучающая вопросы применения рентгеновских лучей для исследования животных.

Время экспозиции – это продолжительность пути электронов от катода к аноду. Чем больше время экспозиции, тем больше рентгеновских лучей продуцируют летящие электроны.

Диафрагма рентгеновская – устройство для формирования рабочего пучка рентгеновского излучения заданных размеров и формы. Проводится с помощью подвижных шторок, создавая облечения по размеру кассеты.

Дозиметр - это индивидуальное устройство для измерения суммарной дозы ионизирующего излучения, используемое в целях индивидуальной дозиметрии облучаемых работников и мониторинга рабочих мест.

Ионизирующее излучение – поток микрочастиц или электромагнитные поля, способные ионизировать вещество. В жизни под ионизирующим излучением понимают проникающую радиацию - поток гамма-лучей и частиц (альфа, бета, нейтронов и др.).

Люминофор – химическое вещество, способное светиться, испускать собственный видимый свет под действием другого излучения.

Негатоскоп – устройство для просмотра рентгенограмм (негативов) в проходящем свете, на внешней панели которого расположено белое матовое стекло. Внутри – источник света.

Оптический фокус рентгеновской трубки – проекция действительного фокуса в направлении снимаемого объекта по ходу центрального пучка лучей. От его величины зависит качество рентгеновского изображения.

Отсеивающая решетка – устройство для снижения доли рассеянного рентгеновского излучения.

Приемники рентгеновского излучения – технические средства, воспринимающие действие рентгеновских лучей (экран для просвечивания, рентгеновская пленка, усиливающий экран, флюорографическая пленка, кассета с люминоформной пластиной).

Рассеянное излучение – излучение, изменившее направление распространения с изменением или без изменения энергии при прохождении вещества, является дополнительным источником лучевой нагрузки. Рассеянное излучение исходит от пациента, стола, пола и т. д.

Расстояние источник – приемник изображения (РИП) – это расстояние от фокуса до записывающей поверхности. Для большинства рентгеновских аппаратов это расстояние составляет 90-100 см.

Расстояние объект – приемник изображения (РОП) – это расстояние от исследуемого объекта до записывающей поверхности. Чем больше это расстоя-

ние, тем больше проявляется эффект полутени, и изображение искажается путем увеличения.

Рентгеновская кассета – светопроницаемая коробка, футляр, в которой вкладывается в темной комнате рентгеновская пленка перед снимком.

Рентгеновская пленка – целлулоидная пленка, с двух сторон покрытая эмульсионным слоем, содержащим светочувствительное вещество.

Рентгеновская трубка – ускоритель электронов, генератор рентгеновских лучей и их излучатель. Электровакуумный баллон, имеющий два электрода: вольфрамовую спираль (катод) и металлический стержень (анод).

Усиливающий экран – картон, с одной стороны покрытый люминофором, способным светиться (фосфоресцировать) под действием рентгеновских лучей. Два экрана находятся в кассете, а между ними укладывается рентгеновская пленка.

Фокус – участок торможения электронов на аноде трубки, место возникновения рентгеновских лучей.

Экран для просвечивания, флюоресцирующий экран – приемник лучистой энергии и носитель рентгеновского изображения при проведении рентгеноскопии. Картон, с одной стороны покрытый люминофором, способным светиться (флюоресцировать) под действием рентгеновских лучей.

Экспозиция (мАс) – количество получаемых рентгеновских лучей. Значение экспозиции вычисляется как произведение анодного тока (мА) на время экспозиции (с).

История развития лучевой диагностики

8 ноября 1895 года 50-летний профессор, заведующий кафедрой физики Вюрцбургского университета (Германия) Вильгельм Конрад Рентген закончил эксперименты в лаборатории довольно поздно. Он проводил опыты по изучению свойств катодных лучей с использованием трубки Крукса, которую забыл выключить, и она находилась под высоким напряжением. Погасив свет, Рентген заметил зеленоватое свечение, источником которого служил люминесцирующий экран из картона, покрытый платино-синеродистым барием, находившийся возле трубки. В ту осеннюю ночь Рентген не вернулся домой. Он сразу же определил, что свечение экрана немедленно прекращалось, как только отключался ток, и возникало сразу же после его включения. Поскольку трубка была закрыта черной бумагой, ученый сделал заключение, что трубка испускает невидимые лучи, проникающие через бумагу и вызывающие свечение экрана.

Рентген тщательно исследовал обнаруженное им явление и сделал вывод, что таинственные лучи, которые сам ученый назвал X-лучами, возникают под ударами катодных лучей на аноде вакуумной трубки. В течение 50-ти дней он изучил почти все основные их свойства и 28 декабря 1895 года опубликовал первое сообщение о новом виде лучей. Рентген 23 января 1896 года сделал доклад об открытых им лучах и произвел снимок кисти руки присутствующего на заседании известного анатома Келликера. Последний и предложил назвать X-

лучи лучами Рентгена. Свершилось изумительное по красоте и выдающееся по значению открытие, за которое автору в 1901 году присуждена первая Нобелевская премия по физике.

Рентгеновы лучи с момента открытия начали изучать ученые всего мира. Уже через три месяца после вошедшего в историю доклада Вильгельма Конрада Рентгена в Италии Э. Сальвиони было создано рентгеноскопическое оборудование, в состав которого входили рентгеновская трубка, флуоресцентный экран, а на противоположной стороне находился окуляр. Если в пространство между ними входил человек, то на экране отображалось строение его организма. В январе 1896 года А. С. Попов изготавливает рентгеновскую трубку и создает аппарат. В том же году Тростер, Эберлейн и С. С. Лисовский применили рентгеновы лучи для просвечивания животных, а всего к концу 19 века было издано 49 книг и более 1000 статей об использовании x-лучей в медицине и ветеринарии.

Буквально сразу же после открытия в печати появились сообщения о поражениях кожи, половых органов, системы кроветворения у лиц, подвергавшихся частым и продолжительным воздействиям x-лучей. Дорого оплатило человечество постижение тайн природы - погибли почти все первые исследователи. В память об исследователях 4 апреля 1936 года возле Гамбургского рентгеновского института воздвигнут памятник с перечнем имен 169 ученых, отдавших жизнь ради науки, при этом список дополнялся несколько раз в последующие годы.

И все-таки практическая значимость рентгеновых лучей была столь очевидна, что исследования продолжались с небывалым размахом, в т.ч. и в ветеринарии. В 1923 году немецким ученым М. Вейзером издано первое руководство по ветеринарной рентгенологии. В последующих книгах П. Хенкеля, И. Вишнякова показывалось практическое значение ветеринарной рентгенологии для диагностики, прогноза и терапии различных заболеваний (переломов, вывихов, остеомиелита, рахита и др.).

Значителен вклад в ветеринарную рентгенологию сотрудников Казанского и Ленинградского ветеринарных институтов, в которых эту работу возглавляли выдающиеся ученые профессора Г. В. Домрачев и А. И. Вишняков. Ими и их учениками разработаны вопросы рентгенодиагностики костно-суставной патологии, заболеваний внутренних органов и обмена веществ у домашних животных. Опыт отечественной и зарубежной ветеринарной рентгенологии наиболее полно обобщен в книге В. А. Липина и соавторов, которая увидела свет в 1966 году.

В Витебской ордена «Знак Почета» государственной академии ветеринарной медицины (ранее - ветеринарный институт) рентгеновский кабинет был создан в 1937 году при кафедре клинической диагностики. В настоящее время рентгеновский класс используется для диагностики болезней животных, в научно-исследовательских и учебных целях на кафедре хирургии УО ВГАВМ.

Группировка излучений, применяемых в радиологии

Все излучения, используемые в медицинской радиологии, делят на две большие группы: *неионизирующие* и *ионизирующие*. Как показывает само наименование, первые в отличие от вторых при взаимодействии со средой не вызывают ионизации атомов, т.е. их распада на противоположно заряженные частицы - ионы. К числу *неионизирующих излучений* принадлежат *тепловое (инфракрасное - ИК)* излучение и *резонансное*, возникающее в объекте (тело животного), помещенном в стабильное магнитное поле, под действием высокочастотных электромагнитных импульсов. Кроме того, к неионизирующим излучениям условно относят *ультразвуковые волны*, представляющие собой упругие колебания среды.

Инфракрасное излучение испускают все тела, температура которых выше абсолютного нуля. Интенсивным источником такого излучения являются ткани организма. Как известно, инфракрасные волны относятся к электромагнитным излучениям. По длине они занимают промежуточное положение между видимым светом и радиоволнами. Диапазон ИК лучей – от 0,76 до 1000 мкм.

Ультразвук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц упругой среды. В зависимости от частоты колебаний звуковые волны делят на инфразвук – до 20 колебаний в секунду – 20 герц (Гц), собственно звук – от 20 Гц до 20 кГц (кГц) и ультразвук – выше 20 кГц. В медицинской диагностике применяют ультразвук частотой от 0,8 до 15 млн герц (МГц).

Общим свойством ионизирующих излучений является их способность ионизировать атомы окружающей среды, в том числе атомы, входящие в состав тканей организма. Все эти излучения делят на две группы: *квантовые* (состоящие из фотонов) и *корпускулярные* (состоящие из частиц).

Это деление в значительной мере условно, так как любое излучение имеет двойственную природу и в определенных условиях проявляет то свойства волны, то свойства частицы. Однако в радиологической практике это деление по ряду соображений удобно.

К *квантовым ионизирующим излучениям* относят гамма-излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер и рентгеновское излучение, возникающее при резком торможении препятствием движущихся с большой скоростью электронов. К *корпускулярным излучениям* причисляют пучки электронов, протонов, нейтронов, мезонов, α -, β -частицы, кинетическая энергия которых достаточна для ионизации атомов при столкновении.

Различают естественные и искусственные источники ионизирующих излучений. Первым естественным источником является космическое излучение, приходящее на Землю из Вселенной. В его состав входят протоны, нейтроны, атомные ядра и другие частицы. Они нередко обладают исключительно высокой энергией, но благодаря наличию атмосферы тратят эту энергию главным образом на взаимодействие с атомами воздуха. На поверхности земли массивность космического излучения сравнительно мала. Вторым естественным источником ионизирующих излучений являются радиоактивные элементы, распределенные в земных породах, воздухе, воде, живых организмах. Все указан-

ные источники определяют радиоактивность окружающей среды - естественный (природный) радиационный фон.

Искусственными источниками ионизирующих излучений являются различные технические устройства, созданные человеком.

Лучевая диагностика

Лучевая диагностика (диагностическая радиология) – самостоятельная отрасль медицины, объединяющая различные методы получения изображения в диагностических целях на основе использования различных видов излучения.

В настоящее время деятельность лучевой диагностики регламентируется следующими нормативными документами санитарных норм и правил: «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения» от 31.12.2013 г.; «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» от 31.12.2003 г.; «Требования к радиационной безопасности» от 28.12.2012 г.; Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия» от 28.12.2012 г.

Сегодня в ветеринарии наиболее распространенным методом лучевой диагностики является традиционное рентгенологическое исследование. Поэтому при изучении рентгенологии основное внимание уделяется методам исследования органов и систем животных (рентгенография, рентгеноскопия), методике анализа рентгенограмм и общей рентгеновской семиотике наиболее часто встречающихся заболеваний. В настоящее время успешно развивается дигитальная (цифровая) рентгенография с высоким качеством изображения. Она отличается быстродействием, возможностью передачи изображения на расстояние, удобством хранения информации на винчестере компьютера, дисках, картах памяти и др.

Источники ионизирующих излучений и принцип работы рентгеновского аппарата

Источниками ионизирующих излучений, используемых для рентгенологического исследования, являются рентгеновские трубки (рис. 1).

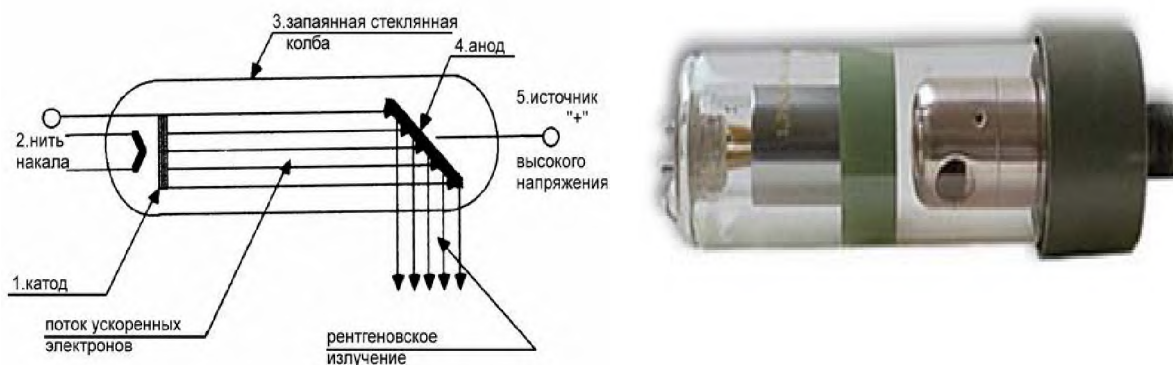


Рисунок 1 – Рентгеновская трубка 1.7БДМ18-100: применяется в передвижных рентгеновских аппаратах

Рентгеновская трубка представляет собой вакуумный стеклянный сосуд, в концы которого впаяны два электрода – катод и анод. Катод трубки состоит из вольфрамовой нити, выполненной в виде спирали, которая помещена в корытце или чашечку. Оба конца спирали выведены наружу для подключения к источнику тока. Анод трубки представляет собой массивный металлический стержень, впаянный с противоположной от катода стороны баллона. На нем имеется прямоугольная тугоплавкая вольфрамовая пластина – зеркало анода. При работе трубки зеркало сильно нагревается, поэтому имеются специальные приспособления для охлаждения анода.

Рентгеновские аппараты при их включении в электрическую сеть являются источниками рентгеновского излучения. Исторически сложилось так, что это излучение было впервые обнаружено Рентгеном и получило название «рентгеновское».

Рентгеновский аппарат состоит из *источника излучения, блока питания, системы управления и периферии* (рис. 2).



Рисунок 2 – Рентгеновский аппарат для ветеринарии

Источником ионизирующего излучения, как указано выше, является рентгеновская трубка. В состав *блока питания* рентгеновского аппарата входят трансформаторы: повышающий и понижающий. Трансформатор является основным источником электрического тока для всех частей аппарата. Он позволяет повышать или понижать подаваемое к нему напряжение в 2-3 раза. Благодаря этому рентгеновский аппарат можно подключать в сеть переменного то-

ка с любым напряжением (127, 220, 380 В). Высоковольтный (повышающий) трансформатор служит для повышения напряжения электрического тока до 40-100 кВ, подаваемого на катод и анод. Накальный (понижающий) трансформатор служит для преобразования переменного сетевого тока напряжением 110-220 В в ток 6-15 В для накала спирали катода рентгеновской трубки. В современных стационарных и передвижных рентгеновских установках вместо автотрансформатора с отводами применяют вариатор, обеспечивающий плавную регулировку подводимого от сети напряжения и рабочего напряжения на трубке (последнее регулируется от 40 до 100 кВ).

Система управления – это распределительное устройство, то есть пульт управления, регулирующий работу всей установки. Кроме того, аппарат включает в себя штатив (систему штативов), на который крепится генератор излучения, а также может включать специальный стол для укладки животных.

Принцип и схема работы установки следующие: рентгеновский аппарат включается в сеть переменного тока, сначала на нить накала катода с помощью системы управления, через блок питания, подается напряжение 6-15В, при этом спираль катода, нагреваясь до температуры выше 2000°C, начинает испускать свободные электроны, т.е. наблюдается явление электронной эмиссии. После подачи к электродам трубки тока высокого напряжения порядка 40 и более киловольт электроны ускоряются в электрическом поле и движутся с большой скоростью плотным пучком от катода к аноду. При резком торможении электронов их кинетическая энергия на 99,0-99,5% преобразуется в тепло и только 1,0-0,5% - в рентгеновское тормозное излучение. Количество энергии, переходящей в рентгеновы лучи, зависит от напряжения на электродах трубки и возрастает с его повышением. Так, при напряжении 100 кВ в энергию рентгеновых лучей переходит около 1% кинетической энергии электронов, а при 200 кВ - около 2%. Накалом катодной нити рентгеновской трубки регулируется ее работа, изменяя величину напряжения накала спирали катода, меняется количество свободных электронов, меняется величина тока и интенсивность рентгеновского излучения. Регулируя напряжение на катоде и аноде, меняется энергия излучения. С увеличением напряжения энергия излучения возрастает, при этом длина волны уменьшается, а проникающая способность излучения увеличивается. Коротковолновое излучение, обладающее большей проникающей способностью, принято называть «жестким», а длинноволновое излучение с меньшей проникающей способностью называют «мягким» излучением.

Моноблок с рентгеновской трубкой свободно перемещается вокруг своей оси, вдоль и поперек колонны. Благодаря этому возможно делать рентгеновские снимки в любом положении пациента. При снимках можно применять все типы рентгеновских кассет. Установленное рабочее напряжение на трубке не зависит от колебаний напряжения и сопротивления электросети. Управление снимками производится с помощью цифрового табло с регулировкой технических условий съемки, и пульта на выносном шнуре длиной 5 метров (рис. 3).



1 – корпус, 2 – коллиматор, 3 – источник ионизирующего излучения,
4 – ручка крепления на штатив

Рисунок 3 – Портативный X-RAY – переносной ветеринарный рентгеновский аппарат

Портативность, простота обслуживания и защита от неиспользуемого рентгеновского излучения позволяют применять аппарат не только в рентгеновских кабинетах, но и непосредственно в операционной или на выезде на животноводческие объекты.

Свойства рентгеновского излучения

Рентгеновское излучения – это электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на энергетической шкале между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением. Разновидность тормозного излучения, по своей природе являются электромагнитными волнами. Они относятся к наиболее коротковолновой части электромагнитных колебаний, уступая лишь гамма-лучам. Длину волны рентгеновых лучей измеряют очень маленькой единицей, называемой «ангстрем» ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$, т.е. равен сто миллионной доле сантиметра). Практически в диагностических рентгеновских аппаратах получают лучи с длиной волны 0.1-0.8 А.

Практическое применение рентгеновских лучей обусловлено их свойствами:

1. Скорость рентгеновских лучей равна скорости света – 300 000 км/с;
2. Рентгеновские лучи имеют малую длину волны. Медицинские рентгенологические установки продуцируют лучи с длиной волны, находящейся в диапазоне от 0,05 нм до 0,01 нм. Такая малая длина волны позволяет рентгеновским лучам проходить сквозь объекты, от которых видимый свет отражается;
3. Рентгеновские лучи распространяются прямолинейно в гомогенной среде, а в гетерогенных средах они могут отражаться от границ резкой гетерогенности;

4. Рентгеновские лучи обладают высокой проникающей способностью, проходя сквозь объекты различной толщины и плотности. Жесткое излучение пронизывает биологические ткани насквозь, а мягкое - поглощается ими;

5. При поглощении рентгеновские лучи рассеиваются в биологических тканях;

6. Рентгеновские лучи возбуждают и ионизируют атомы многих веществ, передавая свою энергию атомам и молекулам окружающей среды.

7. Рентгеновские лучи вызывают свечение некоторых веществ, называемых **люминофорами**. Свечение люминофоров под действием рентгеновского облучения называется рентгенолюминесценцией. Люминофоры содержатся в кассетных и рентгеноскопических экранах;

8. Фотохимическое свойство рентгеновского излучения проявляется в за-свечивании любого фотоматериала. Благодаря этому и возникает изображение на рентгеновской пленке;

9. **Рентгеновские лучи не ощущаются органолептически.** Наши органы чувств не воспринимают рентгеновское излучение и не в состоянии проинформировать нас об опасности!

Рентгенологический метод

Рентгенологический метод – это способ изучения строения различных органов и систем, основанный на качественном и количественном анализе пучка рентгеновского излучения, прошедшего через организм животного. Показания к рентгенодиагностике весьма широки, и этот метод используют при диагностике заболеваний костно-суставного аппарата, органов дыхательной системы, нарушений минерального обмена, с целью обнаружения инородных тел, контроля эффективности лечебных мероприятий при хирургической патологии и др. При прохождении через объект пучок рентгеновского излучения ослабевает. Тело животного представляет собой неоднородную среду, поэтому в разных органах излучение поглощается в неодинаковой степени ввиду различной толщины и плотности ткани. При равной толщине слоя излучение сильнее всего поглощается костной тканью, почти в 2 раза меньшее количество его задерживается паренхиматозными органами и свободно проходит через газ, находящийся в легких, желудке, кишечнике. Из изложенного нетрудно сделать простой вывод: чем сильнее исследуемый орган поглощает излучение, тем интенсивнее его тень на приемнике излучения, и наоборот, чем больше лучей пройдет через орган, тем прозрачнее будет его изображение. На рентгенограммах можно получить изображение любой части тела. Некоторые органы хорошо различимы на снимках благодаря естественной контрастности (кости, сердце, легкие). Поясним это положение на примере. На рисунке 4 представлено изображение органов грудной полости, каким его видит врач на экране рентгеновского дисплея. На изображении четко выделяются кости конечностей, позвонки и ребра, поскольку костная ткань задерживает большое количество рентгеновского излучения. Органы средостения – сердце с находящейся в нем кровью, клетчатка, пищевод – поглощают меньше рентгеновского излучения, однако из-

за большой общей массы этих органов их тень на рентгенограмме также кажется интенсивной. По бокам от средостения видны светлые легочные поля. Легочная ткань содержит много воздуха и мало мягких тканей в единице объема, поэтому слабее задерживает рентгеновское излучение. Таким образом, полученное изображение объективно отразило степень поглощения рентгеновского излучения в разных тканях и органах грудной полости.



Рисунок 4 – Обзорная рентгенограмма органов грудной полости

Способность органов и тканей организма животного неодинаково поглощать рентгеновские лучи называется естественной контрастностью органов по отношению друг к другу (таблица 1).

Таблица 1 – Степень поглощения ионизирующего излучения тканями животного (при равной толщине слоя)

Ткань	Относительная
костная	1,90
мышечная	1,01-1,06
кровь, моча	1,01-1,04
жировая	0,92
воздух	0,0013

В клинической ветеринарной медицине наиболее часто используют основные рентгенологические методы: рентгенографию с получением рентгенов-

ского изображения на пленке и цифровую рентгенографию, рентгеноскопию (просвечивание).

Рентгенография

Рентгенография (рентгеновская съемка) – метод рентгенологического исследования, при котором получают изображение исследуемого объекта на пленке (прямая или аналоговая рентгенография) или на специальных цифровых устройствах (цифровая рентгенография). Принцип рентгенографии состоит в том, что пучок рентгеновых лучей направляют на исследуемую часть тела (рис. 5).



Рисунок 5 – Подготовка к рентгенографии коленного сустава в медиолатеральной проекции

***Система формирования рентгеновского изображения
(рентгеновский излучатель – объект исследования – приемник излучения)***

Исследуемая часть тела располагается между рентгеновским излучателем и кассетой. Внутренние стенки кассеты покрыты усиливающими экранами, между которыми и помещается рентгеновская пленка (рис. 6).

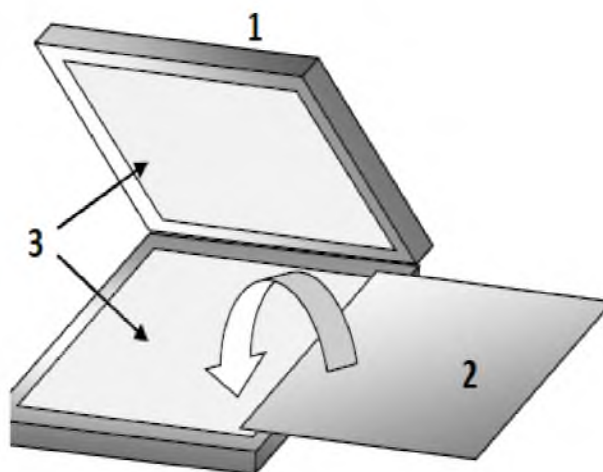


Рисунок 6 – Кассета (1) и рентгеновская пленка (2), которая помещается между двумя усиливающими экранами (3)

Излучение, прошедшее через объект, попадает на пленку, которая состоит из нитроацетатной основы, покрытой тонким слоем эмульсии - желатина, где содержатся мелкие частицы кристалликов галогенида серебра в невозбужденном (незасвеченном) состоянии.

Поскольку рентгеновская пленка обладает высокой чувствительностью и к лучам видимого света, то ее перед проведением исследования в затемненном помещении помещают в специальную кассету, которая задерживает свет, но пропускает рентгеновы лучи. Кассета представляет собой плоскую коробку, к внутренним сторонам которой прикреплены картонные пластины, покрытые флюоресцирующим веществом, они называются экранами и служат для лучшего «засвечивания» пленки, которая находится между ними – это позволяет значительно снизить количество рентгеновского излучения, необходимого для получения изображения исследуемого объекта и таким образом уменьшить дозу облучения на пациента. И так при рентгенографии рентгеновские лучи проходят через пациента, попадают на рентгеновскую пленку, где возбуждают кристаллики галогенида серебра и образуют скрытое изображение. Затем пленку в затемненном помещении достают из кассеты и подвергают химической обработке (проявление, фиксирование).

Таким образом, изображение на пленке становится видимым после поглощения рентгеновского излучения тканями различной плотности. После промывания и высушивания рентгенограммы снимок можно рассмотреть на негатоскопе.

Цифровая рентгенография

Развитие компьютерных технологий дало возможность применения цифрового способа получения и обработки изображения – дигитальная или цифровая рентгенография (англ. digit – цифра). В настоящее время существует три основных технологии цифрового способа получения рентгеновского изображения: рентгенография с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП), прямая цифровая, рентгенография (рентгенография с использованием цифровой матрицы) и рентгенография на запоминающих люминофорах.

В цифровых рентгеновских аппаратах с АЦП рентгеновское изображение с электронно-оптического преобразователя 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.

При прямой цифровой рентгенографии используется детектор, непосредственно преобразующий рентгеновское изображение в цифровой формат. В этих системах используются так называемые плоские панели, детекторы большой площади (до 43х43см), которые созданы на базе матриц из аморфного кремния или селена. Под действием рентгеновского излучения на поверхности селенового покрытия возникает электрический заряд (по принципу разряда в открытой цепи), величина которого зависит от энергии излучения. С помощью специальных преобразователей производится считывание сигнала и формирование цифровой матрицы изображения. Указанная система не требует использования кассет, что ускоряет процесс рентгенографии.

В ветеринарии наиболее часто применяется цифровая рентгенография на запоминающих люминофорах. Основными ее элементами являются запоминающие люминофорные пластины, считывающее устройство (сканер, дигитайзер) и рабочая станция (системный блок компьютера, штриховое считывающее устройство, монитор для воспроизведения изображения и клавиатура с мышью для управления параметрами изображения).

При данной технологии вместо обычной кассеты с экранами и рентгеновской пленкой используется кассета со специальной люминоформной пластиной. Экспонированная пластина помещается в считывающее устройство – аппарат цифровой для диагностики и архивирования рентгеновских изображений, модель CR10-X (дигитайзер) (рис. 7), далее пластина автоматически извлекается из кассеты, и скрытое изображение считывается инфракрасным лазером, который последовательно сканирует его, стимулируя при этом люминофор и освобождая накопленную в нем энергию в виде вспышек видимого света. Свечение пропорционально энергии излучения, прошедшее через объект и поглощенных люминофором рентгеновских квантов. Вспышки света преобразуются в серию электрических сигналов, которые затем преобразуются в цифровые сигналы, которые распознаются программным обеспечением на компьютере.



Рисунок 7 – Аппарат цифровой для диагностики и архивирования рентгеновских изображений модель CR10-X

Программа автоматически выполняет калибровку и обработку изображений, независимо от части тела и дозы облучения, оптимизируя качество конечного изображения, которое выводится на экран монитора. После этого изображение можно анализировать, обрабатывать, записывать на диск, архивировать либо распечатывать на принтере.

Скрытое изображение, оставшееся на пластине, стирается способом интенсивной засветки видимым светом, и далее пластины могут вновь использоваться. 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. Таким образом, цифровая рентгенография обладает рядом преимуществ перед аналоговой или традиционной рентгенографией:

- пониженная доза облучения (высокая чувствительность системы позволяет получать хорошие рентгеновские снимки даже на маломощных рентгеновских аппаратах);

- компьютерная обработка полученного изображения - коррекция яркости и контрастности, подавления «шума», что практически исключает получение некачественных снимков, возможность увеличения изображения зоны интереса, преимущественное выделение определенных структур и др.;

- высокая производительность (отсутствует химическая обработка);

- отсутствие контакта с химреактивами у персонала;

- отсутствие пленочного архива;

- отсутствие ошибок с идентификацией рентгенограмм и их повреждений;

- возможность получения и сравнения негативного и позитивного изображения;

- возможность выполнения линейных и угловых измерений, что помогает в предоперационном планировании;
- быстрый поиск изображений в архиве;
- возможность быстрой передачи изображения на значительные расстояния без потери качества, в том числе и другие учреждения, организация консультаций специалистов, которые находятся на значительном удалении.

Недостатком цифровых систем является высокая стоимость и ремонт оборудования, а также расходы на сервисное обслуживание.

Рентгеноскопия

Рентгеноскопия (рентгеновское просвечивание) – это получение теневого рентгеновского изображения на флюоресцирующем экране (рис. 8). При этом используются такие свойства рентгеновских лучей, как способность распространяться прямолинейно, проникать через непрозрачные предметы, вызывать свечение некоторых химических веществ, свойство тканей поглощать лучи в зависимости от собственной плотности.

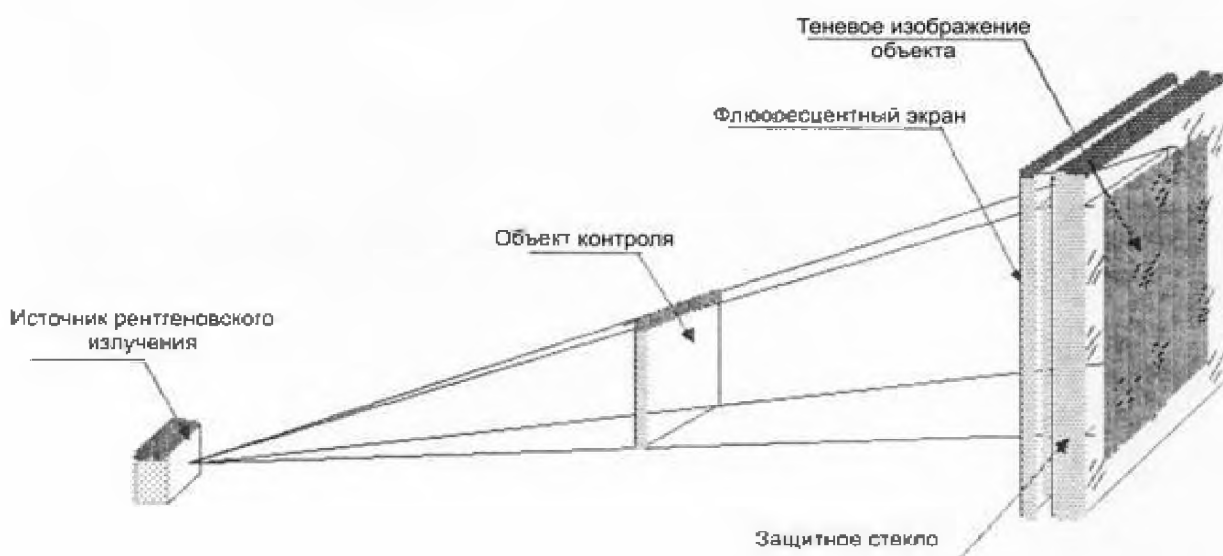


Рисунок 8 – Схема получения изображения при рентгеноскопии

Чтобы рентгеновы лучи, прошедшие через исследуемый участок тела, стали видимыми, используют флюоресцирующие 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 – соль сульфида цинк-кадмий сульфатом, а за экраном располагается просвинцованное стекло толщиной 5-6 мм. Это стекло служит для защиты рабочей поверхности картонного экрана (флюоресцирующего слоя), с другой стороны является средством защиты рентгенолога от попадания на него рентгеновских лучей. Все это укреплено в деревянную раму. В таком виде экран используют для работы. Экран под действием лучей видимого света

со временем теряет способность к свечению, поэтому его необходимо хранить в затемненном помещении.

Просвечивание животных производят в обязательно полностью затемненном помещении. Необходимость затемнения вытекает из следующих соображений: во-первых, сила свечения просвечивающего экрана значительно слабее как дневного, так и электрического освещения. Поэтому изображение, получаемое на экране, перебивается дневным светом, и наш глаз это изображение не улавливает. А не улавливает потому, что зрачки наши резко сужены, и количество лучей, исходящих от экрана, не в состоянии вызвать светового раздражения по сравнению с дневным светом. Яркость свечения экрана зависит от жесткости и интенсивности излучения.

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). Связано это 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. У мелких животных просвечиванию доступен практически любой участок тела. При просвечивании плотных тканей экран будет светиться слабо, поскольку лучи этими тканями поглощаются практически полностью. Мягкие ткани задерживают меньше лучей 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 существенных недостатков, основные из которых следующие: не остается объективного документа результатов исследования, кроме записи результатов исследования, произведенных рентгенологом, требуются затемненное помещение или крипоскоп, на светящемся экране плохо различимы мелкие детали изображения, значительная лучевая нагрузка на рентгенолога и пациента. Для устранения этих недостатков сконструированы электронно-оптические преоб-

разователи (усилители) рентгеновского изображения – ЭОП или ЭОУ.

Принцип их работы заключается в том, что они посредством оптической системы фокусируют с экрана изображение на фотокатод электронно-усилительной трубки. Эта трубка за счет ускорения электронного потока и повышения его плотности обеспечивает усиление яркости изображения в несколько тысяч раз (3000 и более). Это позволяет лучше различать мелкие детали и проводить рентгеноскопию в незатемненном помещении. Кроме этого, изображение можно увеличивать и передавать на экран монитора или телевизора. Рентгеноскопия с применением ЭОП называется рентгентелевизионным просвечиванием.

Параметры экспозиции при рентгенографии и качества изображения

Параметры экспозиции при рентгенографии влияют на качество получаемого изображения.

При любом исследовании рентгенолог устанавливает на пульте управления три технических параметра экспозиции:

- высокое напряжение в киловольтах (кВ);
- миллиамперы (мА);
- время экспозиции (с).

Миллиамперы (мА) и время экспозиции в секундах (с) обычно объединяются в единое значение – мАс, которое определяет количество рентгеновских гамма-квантов, излученных рентгеновской трубкой за время экспозиции.

Каждый из этих параметров определенным образом влияет на характеристики изображения. Кроме умения правильно выполнять укладку пациента, рентгенолог должен отчетливо понимать физический смысл и действие экспозиционных параметров.

Большое практическое значение имеет учет основных факторов, влияющих на качество рентгеновского изображения и правильный выбор физико-технических условий рентгенографии. Учет условий целесообразно производить по таблице, в которой указаны: область исследования, толщина объекта, проекция, фокусное расстояние, радиационная чувствительность и коэффициент контрастности пленки, тип усиливающих экранов, данные об использовании рассеивающего раstra, напряжение и анодный ток, экспозиция, выдержка, особенности фотохимической обработки. При выборе условий для снимков наиболее целесообразно пользоваться ориентировочной таблицей значений физико-технических параметров рентгенографии (таблица 2–6).

Таблица 2 – Физико-технические условия рентгенографии для гигантских и крупных собак (составил Г.Н. Афанасьев)

Анатомическая область	Проекция	Гигантские собаки			Крупные собаки		
		Размер (см)	kV	mAs	Размер (см)	kV	mAs
Череп	прямая	18	96-98	5	16	90-92	4-5
	боковая	19-20	96	5	17-18	90	4-5
Пазухи носа	пр/бок.		82	3,2		80	3,2
Зубы			76-78	5		72	4-5
Позвоночник							
Шейный отдел	пр/бок.	13-14	88	5	13	82	4
Грудной отдел	прямая	29-30	104-106	6,4	26-27	96-98	4-5
	боковая	27-28		5-6,4	24-26	82-84	4-5
Поясничный отдел	прямая	29-30	104-106	6,4	26-27	96-98	4-5
	боковая	27-28		5-6,4	24-26	82-84	4-5
Миелография	kV – как на позвоночник, mAs – уменьшить на один шаг						
Таз	прямая	26-28	98-100	5-6,4	23-25	90-92	4-5
Суставы							
Плече-лопаточный	прямая	11	84-86	4-5		76-78	4-5
	боковая						
Локтевой	прямая	8-9	78	4-5	7-8	72	4
	боковая	8-10	74-76	4	8-9	70	3,2-4
Лучезапястный	прямая	6	68	3,2-4	5-6	62	3,2
	боковая	7-8	68-70	3,2	6	62-64	2,5-3,2
Тазобедренный	прямая	26-28	98-100	5-6,4	23-25	90-92	4-5
	боковая	24-26	94	5	21-23	88	4-5
Коленный	прямая	14-15	78	4-5	12-13	72-74	4
	боковая	9-11	76	4	7-8	72	4
Скакательный	прямая	7	70	3,2-4	6-7	64	3,2
	боковая	8-9	68	3,2	7-8	62	3,2
Конечности							
Плечо/бедро	пр/бок	8-9	76-78	5	7-8	68	4
Предплечье/голень	пр/бок	7	68-70	4-5	6	64-66	4
Лапа	пр/бок	6	64	4-5	5	58-60	4
Грудная полость	прямая	30 \geq	98-104	6,4-8	27-29	92	6,4
	боковая	28-30	94	6,4	25-27	88-90	5
Брюшная полость	прямая	30 \geq	100-102	8-10	27-29	94-96	6,4
	боковая	28-30	98-102	6,4	24-26	92-94	5
Уроцистография	kV – как на органы брюшной полости, mAs – уменьшить в 2 раза						
Плоды			98	8-9		92	6,4-68
Мягкие ткани			100	2		94	1,9

Таблица 3 – Физико-технические условия рентгенографии для средних и мелких собак (составил Г.Н. Афанасьев)

Анатомическая область	Проекция	Средние собаки			Мелкие собаки		
		Размер (см)	kV	mAs	Размер (см)	kV	mAs
Череп	прямая	14-15	84-86	4	12	78-80	3,2-4
	боковая	15-16	84	4	13-14	78	3,2-4
Пазухи носа	пр/бок.		74	3,2		68	3,2
Зубы			66	4		60	3,2-4
Позвоночник							
Шейный отдел	пр/бок.	8-10	78	3,2-4	7-9	74	3,2
Грудной отдел	прямая	23-24	88-90	3,2-4	20-21	80-82	3,2
	боковая	21-22	86-88	3,2-4	18-19	80	3,2
Поясничный отдел	прямая	23-24	88-90	3,2-4	20-21	80-82	3,2
	боковая	21-22	86-88	3,2-4	18-19	80	3,2
Миелография	kV – как на позвоночник, mAs – уменьшить на один шаг						
Таз	прямая	20-22	82-84	4	18-20	76-78	3,2-4
Суставы							
Плече-лопаточный	прямая		70	3,2-4		64-66	3,2
	боковая						
Локтевой	прямая	6-7	66	3,2-4	5-6	62-64	2,5
	боковая	7-8	64-66	3,2-4	6-7	62	2,5
Лучезапястный	прямая	4-5	56-58	3,2	3	52-50	2,5
	боковая	5	56-58	3,2	3-4	52	2,5
Тазобедренный	прямая	20-22	82-84	4	18-20	76-78	3,2-4
	боковая	18-20	80-83	4	16-18	74-76	3,2-4
Коленный	прямая	10-11	66-68	3,2-4	7-9	62-64	2,5-3,2
	боковая	6-7	66	3,2-4	5-6	60-62	2,5-3,2
Скакательный	прямая	5-6	58-60	3,2	4-5	52-54	2,5
	боковая	6-7	56-58	3,2	5-6	50	2,5
Конечности							
Плечо/бедро	прям/бок	6-7	62	3,2-4	5-6	58	3,2
Предплечье/голень	прям/бок	5	58	3,2-4	4	54	3,2
Лапа	прям/бок	4	54	3,2-4	3	50	3,2
Грудная полость	прямая	23-25	88	4-5	20-22	80	4
	боковая	21-23	82-84	4	18-20	76-78	3,2-4
Брюшная полость	прямая	23-25	88-90	5	20-22	82-84	4-5
	боковая	22-24	86-88	4	19-21	80-82	4
Уроцистография	kV – как на органы брюшной полости, mAs – уменьшить в 2 раза						
Плоды			86-88	5-6,4		80-82	5
Мягкие ткани			88	1,8		82	1,7

Таблица 4 – Физико-технические условия рентгенографии для мелких и карликовых собак (составил Г.Н. Афанасьев)

Анатомическая область	Проекция	Маленькие собаки			Карликовые собаки		
		Размер (см)	kV	mAs	Раз-мер (см)	kV	mAs
Череп	прямая	10	72-74	2,5-3,2	8	66-68	2,5-3,2
	боковая	11-12	72	2,5-3,2	9-10	66	2,5-3,2
Пазухи носа	пр/бок.		62	2,5-3,2		56	2,5
Зубы			52-54	3,2		52	2,5
Позвоночник							
Шейный отдел	пр/бок.	5-7	68-70	3,2	5-6	62	2,5
Грудной отдел	прямая	17-18	74-76	3,2	14-15	68-70	2,5
	боковая	15-16	74	3,2	12-13	68	2,5
Поясничный отдел	прямая						
	боковая						
Миелография	kV – как на позвоночник, mAs – уменьшить на один шаг						
Таз	прямая	13-15	70-72	3,2	11	62-64	3,2
Суставы							
Плече-лопаточный	прямая		58-60	3,2		54-56	3,2
	боковая						
Локтевой	прямая	4-5	62	2,5	3-4	56-58	2,5
	боковая	5-6	60	2,5	4-5	54-56	2,5
Лучезапястный	прямая	2-3	48-50	2,5	1-2	46-48	2,5
	боковая	3	48-50	2,5	2-3	48-50	2,5
Тазобедренный	прямая	13-15	70-72	3,2	11	62-64	3,2
	боковая	12-14	68-70	3,2	10-11	60-62	3,2
Коленный	прямая	5-7	58-60	2,5	5-7	58-60	2,5
	боковая	4-5	56-58	2,5	4-5	56-58	2,5
Скакательный	прямая	3-4	50-52	2,5	2-3	48-50	2,5
	боковая	4-5	48-50	2,5	3-4	46-48	2,5
Конечности							
Плечо/бедро	пр/бок	4-5	56-58	2,5	3-4	56	2,5
Предплечье/голень	пр/бок	3	52-54	2,5	2	52	2,5
Лапа	пр/бок	2	48-50	2,5	1	48	2,5
Грудная полость	прямая	16-18	74	3,2	12-15	68	2,5-3,2
	боковая	14-16	70-72	2,5-3,2	11-13	64-66	2,5
Брюшная полость	прямая	16-18	78	3,2-4	13-15	72	3,2
	боковая	15-16	76	3,2	12-14	70	3,2
Уроцистография	kV – как на органы брюшной полости, mAs – уменьшить в 2 раза						
Плоды			76-78	5		70-72	4
Мягкие ткани			76	1,6		70	1,5

Таблица 5 – Физико-технические условия рентгенографии для кошек, щенков и котят (составил Г.Н. Афанасьев)

Анатомическая область	Проекция	Кошки			Щенки и котята		
		Размер (см)	kV	mAs	Размер (см)	kV	mAs
Череп	прямая	6	62	2,5	4	56	2
	боковая	7-8	60	2,5	5-6	54-56	2
Пазухи носа	пр/бок.		50	2,5		46-48	2
Зубы			50	2			
Позвоночник							
Шейный отдел	пр/бок.	4-5	56	2,5	3	50	2
Грудной отдел	прямая	11-12	64	2,5	7-9	60	2
	боковая	9-10	62	2,5	6-7	56	2
Поясничный отдел	прямая	11-12	64	2,5	7-9	60	2
	боковая	9-10	62	2,5	6-7	56	2
Миелография	kV – как на позвоночник, mAs – уменьшить на один шаг						
Таз	прямая	9	60-62	2,5	6-8	54-56	2
Суставы							
Плече-лопаточный	прямая		52-54	2,5		50-52	2
	боковая						
Локтевой	прямая	2-3	52	2,5	2	48	2,5
	боковая	3-4	50	2,5	2	46-48	2,5
Лучезапястный	прямая	1	46	2,5	0,5	40	2
	боковая	2	46-48	2	1-2	40-42	2
Тазобедренный	прямая	9	60-62	2,5	6-8	54-56	2
	боковая	7-9	58-60	2,5	5-7	52-54	2
Коленный	прямая	3-4	56	2,5	2-3	50	2,5
	боковая	2-3	54	2,5	2	48-50	2,5
Скакательный	прямая	1-2	50	2,5	1	44	2
	боковая	2	46-48	2,5	2	42-40	2
Конечности							
Плечо/бедро	пр/бок	3	54	2,5	2	48-50	2
Предплечье/голень	пр/бок	2	50	2,5	1	44-46	2
Лапа	пр/бок	1	46	2,5	0,5-1	40-42	2
Грудная полость	прямая	10-11	62	2,5	7-9	56	2
	боковая	8-9	58-60	2	5-7	52-54	1,5
Брюшная полость	прямая	14-16	66	2,5	76-8	60	2
	боковая	8-10	64	2,5	5-7	56-58	2
Уроцистография	kV – как на органы брюшной полости, mAs – уменьшить в 2 раза						
Плоды			64	3,2			
Мягкие ткани			64	1,5		58	1,4

Таблица 6 – Физико-технические условия рентгенографии грызунов, птиц, рептилий (составил Г.Н. Афанасьев)

Анатомическая область	Проекция	Грызуны, птица, рептилии	
		kV	mAs
Позвоночник			
Шейный отдел	пр/бок.	44	1-2
Грудной отдел	прямая	54	1-2
	боковая	50	1-2
Суставы			
Плече-лопаточный	боковая	42-44	1
Локтевой	боковая	44	2
Лучезапястный	боковая	40	2
Тазобедренный	прямая	50-52	1
	боковая	46-48	1
Коленный	прямая	48	2
Скакательный	боковая	40	2
Конечности			
Плечо/бедро	прям/бок	42	1
Предплечье/голень	прям/бок	40-42	1
Лапа	прям/бок	40	1
Грудная полость	прямая	50	1
	боковая	46	0,8-1
Брюшная полость	прям/бок	50	1,5
Плоды		56	1,5-2
Мягкие ткани		52	1,2

Получения рентгенографического изображения

Основными показателями качества рентгенографического изображения являются:

- оптическая плотность снимка;
- контрастность;
- четкость;
- геометрические искажения.

Для правильной передачи снимаемых органов и тканей необходима **оптическая плотность** – это степень насыщения рентгенограмм черным цветом. Чем больше плотность, тем меньше света проходит сквозь изображение. Повышение оптической плотности или понижение сопровождаются уменьшением различимости деталей изображения.

Основным фактором, влияющим на оптическую плотность рентгенограммы, является величина экспозиции mAs, которая прямо пропорциональна количеству рентгеновских гамма-квантов, излученных рентгеновской трубкой за время экспозиции. Удвоение этого показателя удваивает количество гамма-квантов и удваивает плотность снимка.

Другим дополнительным фактором изменения оптической плотности является РИП. Согласно закону обратного квадрата расстояния, двукратное

увеличение РИП уменьшит интенсивность излучения на приемнике изображения в четыре раза и, следовательно, во столько же раз уменьшит плотность снимка. Таким образом, расстояние существенным образом влияет на плотность снимка, но поскольку при рентгенографии обычно пользуются стандартным расстоянием, основным параметром, изменяющим плотность снимка, остается экспозиция мАс.

Рентгенографическая контрастность определяется разностью оптических плотностей соседних участков рентгеновского изображения. Чем больше эта разность, тем контрастнее изображение и наоборот. Это хорошо, где заметна выраженная разница плотностей смежных участков, что свидетельствует о высокой контрастности изображения. Назначение или функция контрастности изображения – максимально выявлять анатомические детали на изображении.

Следовательно, важно получать оптимальную контрастность изображения и понимать ее роль как критерия оценки качества рентгенограммы.

Сама по себе степень контрастности не может быть хорошей или плохой. Так, низкая контрастность желательна на рентгенограммах грудной клетки, где требуется множество оттенков серого цвета, чтобы видеть очень тонкие элементы легких. Это видно при сравнении двух рентгенограмм грудной клетки на рисунках 9 и 10. На низкоконтрастной рентгенограмме (на рисунке 9 заметно больше темных элементов). А на более контрастной рентгенограмме на рисунке 10 тени видны хуже.



Рисунок 9 – Боковая проекция грудной клетки



Рисунок 10 – Боковая проекция грудной клетки

Основным параметром управления **контрастностью** является значение кВ. Он определяет проникающую способность пучка рентгеновского излучения («жесткость» излучения). Чем больше показатель кВ, тем больше средняя энергия пучка излучения, тем меньше разница в поглощении рентгеновских лучей тканями различной плотности. То есть более высокая жесткость излучения (высокое значение кВ) уменьшает контрастность изображения.

Величина кВ является также вторичным фактором управления оптиче-

ской плотностью изображения. При более высоком значении кВ и большей проникающей способности излучения основная его часть проходит через объект и достигает приемника, что увеличивает общую оптическую плотность изображения. Общее правило гласит, что подъем кВ на 15% повышает плотность изображения так же, как и удвоение мАс.

Отсюда следует, что при низком диапазоне кВ, например от 50 до 70 кВ, подъем значения кВ на 8-10 кВ увеличит плотность снимка вдвое (что равноценно удвоению мАс), тогда как в диапазоне 80-100 кВ для этого необходим подъем уже на 12-15 кВ. Эта закономерность имеет значение для защиты от облучения, поскольку, увеличив кВ, можно существенно снизить мАс и тем самым уменьшить облучение пациента.

Четкость иногда определяется как видимая резкость деталей изображения. Резкость деталей изображения определяется ясностью и резкостью тонких структур линий и границ, полученных на рентгенограмме. Плохая видимость деталей называется **нечеткостью (нерезкостью)**.

Влияние параметров экспозиции на четкость снимка.

Качественный снимок характеризуется высокой резкостью видимых на нем элементов (этот параметр всегда обсуждается при описании снимка). Резкость зависит от ряда геометрических факторов и движения.

Геометрические факторы. Три геометрических фактора влияют на четкость изображения: 1) размер фокусного пятна трубки; 2) расстояние «источник – приемник изображения» (РИП) и 3) расстояние «объект–приемник изображения» (РОП).

Чем меньше размер фокусного пятна, тем меньше геометрическая нерезкость изображения. Поэтому при рентгенографии всегда, когда это возможно, следует выбирать малый фокус.

Сочетание малого фокусного пятна и большого РИП при минимальном РОП дает наименьшую геометрическую нерезкость, что повышает общую резкость изображения.

Чувствительность системы пленка/экран. Чувствительность системы пленка/экран влияет на резкость, так как позволяет уменьшить время экспозиции и тем самым влияние движения объекта, о чем будет сказано ниже в разделе защиты от облучения.

Движение. Единственным фактором, связанным с укладкой пациента и ухудшающим резкость, является движение. Можно выделить два вида движения: произвольное и непроизвольное

Произвольное движение снимаемой части тела можно контролировать путем фиксации пациента и использования миорелаксантов. В последнем случае эффективно использование различных подкладок, мешочков с песком и прочего

Непроизвольное движение пациент по своей воле контролировать не может (например, перистальтику желудка и кишечника). Если на снимке имеются нерезкие элементы, рентгенолаборант должен установить, непроизвольными или произвольными движениями они вызваны. Это очень важно установить,

так как методы устранения нерезкости от этих двух типов движения различны.

Различия между произвольными и произвольными движениями.

Произвольное движение, которое контролировать легче, характеризуется **общей нерезкостью** изображения взаимосвязанных структур, как, например, нерезкость контуров тазобедренных суставов (рис. 11).

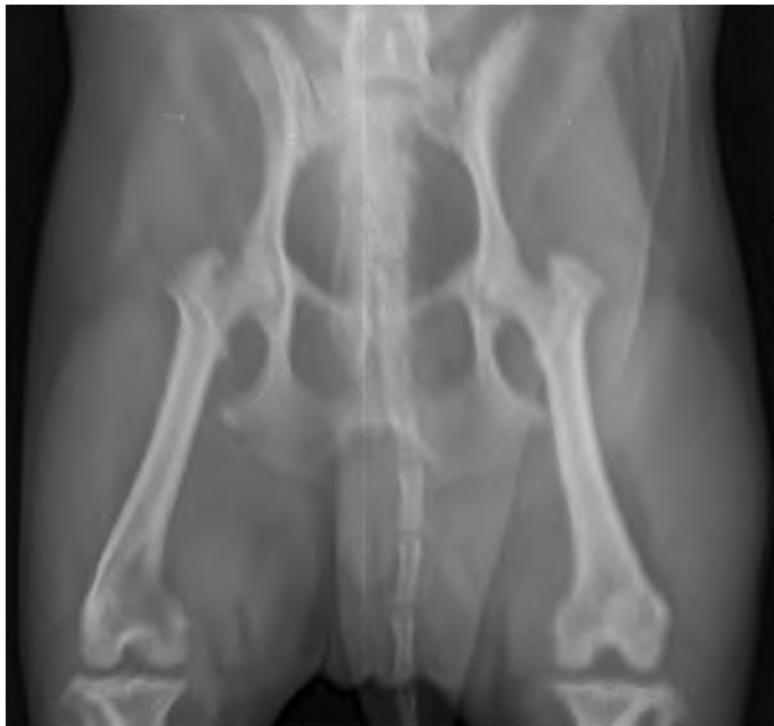


Рисунок 11 – Рентгеновский снимок тазобедренных суставов собаки, вентродорсальная проекция

Непроизвольное движение распознается по ограниченности, локальности **зоны нерезкости**. Его обнаружить труднее, но на снимках живота оно может проявляться локальным размазыванием контуров кишечника на небольшом протяжении, тогда как остальные отделы кишки выглядят резкими. Лучшим же способом ослабить такого вида нерезкость служит сокращение времени экспозиции.

Выполнение рентгенографического исследования, основные укладки и проекции, используемые в ветеринарии

Основные укладки и проекции

Существует специальная терминология, применяемая при описании различных областей тела.

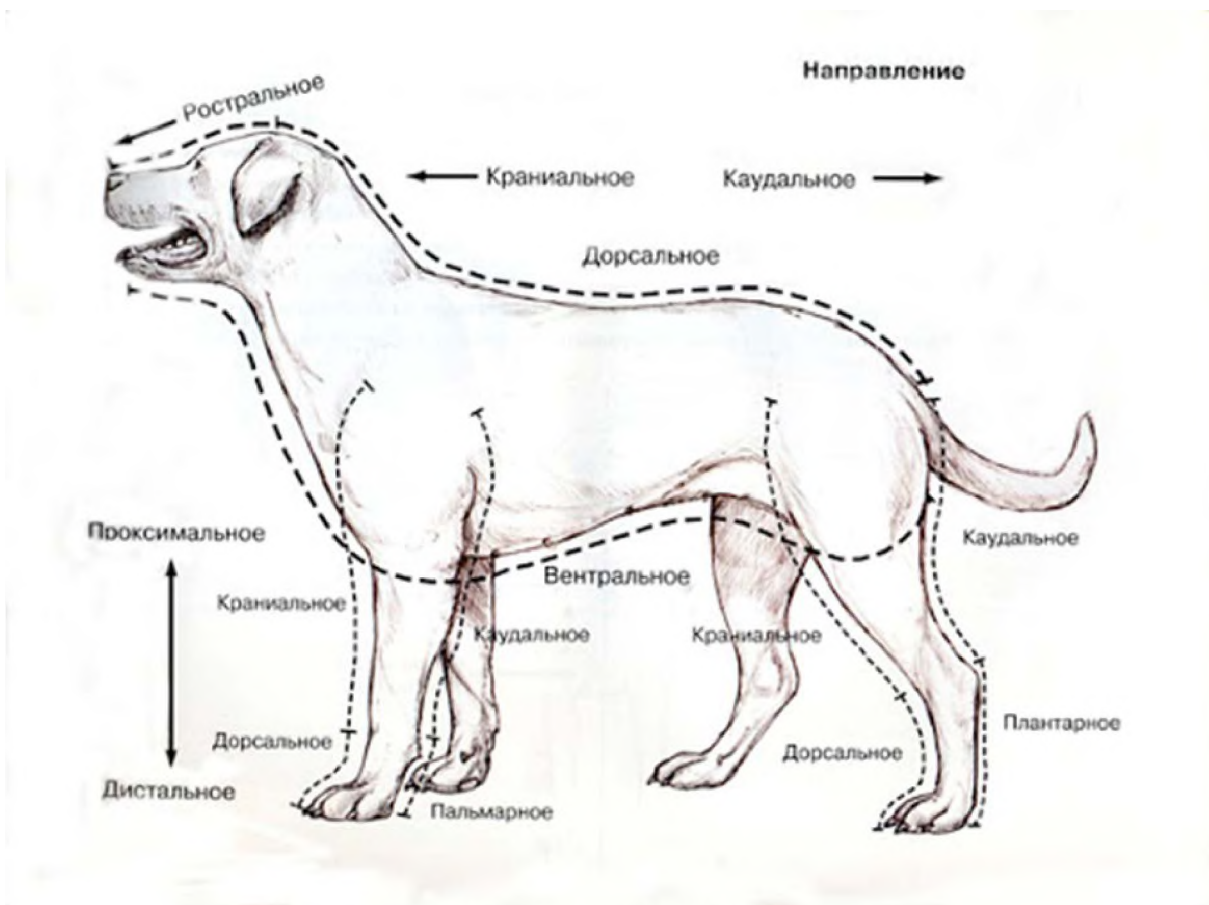


Рисунок 12 – Анатомические области

Вентральная область расположена в нижней части тела или в области живота. **Дорсальная** область расположена в верхней части тела или на спине. Противоположна вентральной области. **Медиальная** область тела расположена вблизи средней линии. **Латеральная** - боковая область.

Краниальная область расположена ближе к голове. **Каудальная** область расположена ближе к хвосту. Следует различать понятие «рентгенологической укладки» и «рентгенографической проекции».

Под укладкой понимают положение животного относительно экрана (кассеты). Укладка обозначается в соответствии с той анатомической областью, которая прилегает к экрану (кассете).

Проекция характеризует путь прохождения луча через пациента к кассете. Соответствие укладок и проекций приведено в таблице 2–6.

Латеральные проекции называют боковыми.

Дорсовентральные и вентродорсальные проекции принято называть прямыми (рис. 13–21).



Рисунок 13 – Укладка животного при рентгенографии коленного сустава в краниокаудальной проекции



Рисунок 14 – Укладка животного при рентгенографии бедренной кости в медиолатеральной проекции

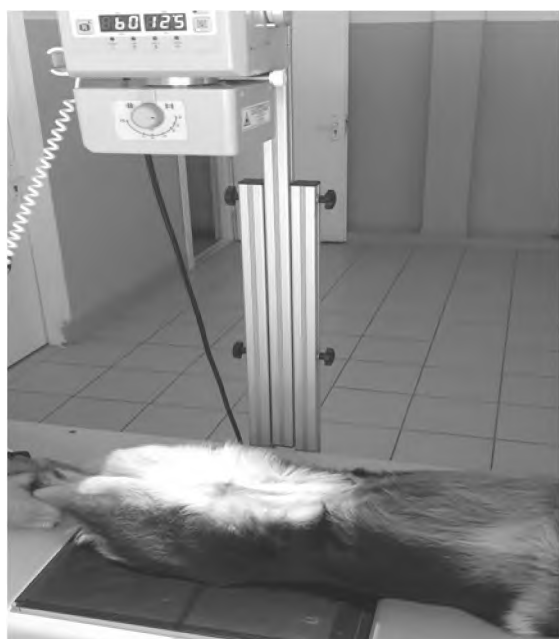


Рисунок 15 – Дорсальная укладка лежа, вентродорсальная проекция с вытянутыми тазовыми конечностями



Рисунок 16 – Вентральная укладка лежа, дорсовентральная проекция



Рисунок 17 – Укладка животного при рентгенографии голени в медиолатеральной проекции

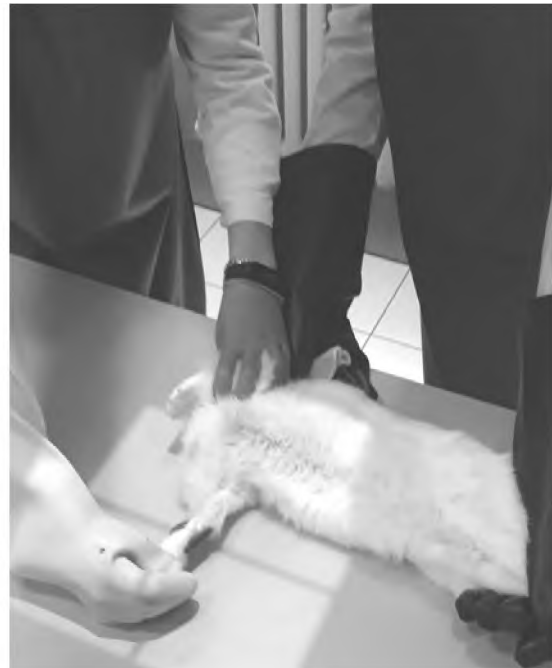


Рисунок 18 – Укладка животного при рентгенографии предплечья в медиолатеральной проекции



Рисунок 19 – Правая латеральная укладка лежа, правая латеральная проекция



Рисунок 20 – Дорсальная укладка лежа, вентродорсальная проекция



Рисунок 21 – Левая латеральная укладка стоя, левая латеральная проекция

Радиационная безопасность

Любой организм, подвергающийся воздействию рентгеновского излучения, испытывает лучевую нагрузку. Малые дозы рентгеновских лучей вызывают активизацию метаболических процессов в живых клетках, а большие дозы – угнетение этих процессов (таблица 7).

Рентгеновский луч может взаимодействовать с живыми клетками следующим образом:

- не оказывать воздействия на клетку;
- вызывать обратимые изменения клеток;
- вызывать необратимые изменения клеток;
- вызывать гибель клеток.

Таблица 7 – Этапы воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты

Порядковый номер стадии	Явление	Длительность этапа, стадии
1.	Физико-химическая стадия (перенос энергии в виде ионизации и возбуждения на первичной траектории)	$10^{-12} - 10^{-8}$ с
2.	Химические повреждения (свободные радикалы, возбужденные молекулы – до теплового равновесия)	10^{-7} с – несколько часов
3.	Биомолекулярные повреждения (белки, нуклеиновые кислоты и т.д.)	Микросекунды – несколько часов
4.	Ранние биологические эффекты (гибель клеток, гибель животных)	Часы – недели
5.	Отдаленные биологические эффекты, в том числе возникновение опухолей, генетические эффекты	Годы – столетия

Рентгеновское излучение обладает кумулятивным эффектом - оно может накапливаться в организме, вызывая губительные последствия в отдалённом будущем. Маленькие дозы, полученные многократно, в течение длительного времени, столь же вредоносны, как и одна большая доза облучения, полученная за один раз.

Воздействие излучения может быть соматическим – оказывающим воздействие лишь на один организм - тот, который подвергся воздействию. Соматические эффекты могут быть нестохастическими и стохастическими (вероятностными). Первые: поражения, вероятность возникновения и степень тяжести которых растут с увеличением дозы и для которых существует дозовый порог, например, острая лучевая болезнь, локальное незлокачественное поражение кожи (лучевой ожог) и т.п. Вторые (соматико-стохастические): сокращение продолжительности жизни, злокачественные новообразования и опухоли; считается, что эффекты эти не имеют дозового порога.

Воздействие может быть и генетическим - изменениям подвергаются потомки особи, подвергшейся воздействию рентгеновских лучей.

Системы органов с быстро делящимися клетками более чувствительны и уязвимы для рентгеновского излучения. В первую очередь к таким органам относятся репродуктивная система и органы кроветворения. Самыми чувствительными клетками крови являются лимфоциты. Повреждение лимфоцитов вызывает снижение иммунитета. К радиочувствительным органам относятся также щитовидная железа, эпителий кожи и кишечника, хрусталик глаза.

На развивающиеся плоды очень влияет ионизирующая радиация. Степень чувствительности плода зависит от срока беременности и от дозы излучения. Воздействие в период имплантации зародыша (до 9 дня беременности) чревато внутриутробной гибелью плода. Облучение во время органогенеза (от 10 дней до 6 недель) может привести к появлению уродств и генетических аномалий.

При рентгеновской съёмке должно присутствовать минимальное количество людей, обеспечивающих качественный снимок. Все люди (в том числе и владелец животного) должны быть защищены просвинцованными резиновыми накидками.

При проведении рентгенологического исследования агрессивных, подвижных пациентов или при нежелании владельца фиксировать свое животное лучше воспользоваться седативными препаратами. Грамотное обездвиживание приносит меньше вреда пациенту, чем излишняя лучевая нагрузка, которой, помимо пациента, подвергаются все присутствующие в клинике люди и животные.

Уменьшение лучевой нагрузки на персонал и владельца сводится к трем принципам:

1. Уменьшение времени облучения подразумевает выбор оптимальной экспозиции;

2. Увеличение расстояния до источника излучения. Этот пункт подразумевает тот факт, что рентген-лаборант вовсе не обязан в момент съёмки находиться в зоне ионизирующего излучения. Задача рентген-лаборанта - помочь

владельцу осуществить укладку животного, объяснить методы фиксации и вместе с пультом удалиться за защитную ширму. Шнур от пульта управления рентгеновским аппаратом должен иметь длину, достаточную для удаления на безопасное расстояние;

3. Экранирование. Экранирование от ионизирующего излучения производится с помощью шторок диафрагмы, защитных ширм, просвинцованных фартуков, воротников, перчаток. Максимальному воздействию ионизирующего излучения подвергаются органы, находящиеся в непосредственной близости от рабочего пучка. В первую очередь это руки. Руки персонала и владельца должны быть защищены просвинцованными резиновыми перчатками. Дверь кабинета во время рентгеновской съемки должна быть закрыта.

Список использованной литературы

1. Бушарова, Е. В. Рентгенологическое исследование внутренних органов мелких домашних животных : практическое руководство с графическими схемами и рентгенограммами / Е. В. Бушарова ; Институт ветеринарной биологии. – Санкт-Петербург : Институт ветеринарной биологии, 2012. – 291 с.
2. Иванов, В. П. Ветеринарная клиническая рентгенология : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки (специальности) «Ветеринария» (квалификация «ветеринарный врач») / В. П. Иванов. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2014. – 619 с.
3. Иванов, В. П. Научно-практические основы ветеринарной клинической рентгенологии / В. П. Иванов. – Хабаровск : Риотип, 2005. – 266 с.
4. Клиническая диагностика с рентгенологией : методические указания для студентов заочного факультета ветеринарной медицины : учебное пособие для студентов-заочников вузов по специальности 31 08 00 – Ветеринария / Г. В. Сноз [и др.] ; Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии. – Москва : МГАВМиБ, 2004. – 44 с.
5. Общая анестезия животных : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1–74 03 02 «Ветеринарная медицина», 1–74 03 04 «Ветеринарная санитария и экспертиза», 1–74 03 05 «Ветеринарная фармация» / В. А. Журба [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 68 с.
6. Оперативная хирургия с топографической анатомией животных : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Ветеринарная медицина», «Ветеринарная санитария и экспертиза» / Э. И. Веремей [и др.] ; ред. Э. И. Веремей, Б. С. Семенов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 576 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Терминология в рентгенологии	4
История развития лучевой диагностики	5
Группировка излучений, применяемых в радиологии	7
Лучевая диагностика	8
Источники ионизирующих излучений и принцип работы рентгеновского аппарата	8
Свойства рентгеновского излучения	11
Рентгенологический метод	12
Рентгенография	14
Цифровая рентгенография	16
Рентгеноскопия	18
Параметры экспозиции при рентгенографии и качество изображения	20
Получения рентгенографического изображения	25
Выполнение рентгенографического исследования, основные укладки и проекции, используемые в ветеринарии	28
Радиационная безопасность	32
Список использованной литературы	35

КАФЕДРА ОБЩЕЙ, ЧАСТНОЙ И ОПЕРАТИВНОЙ ХИРУРГИИ

Кафедра оперативной хирургии была открыта в 1926 году. Кафедра общей и частной хирургии с ортопедией и офтальмологией была открыта в 1927 году. В 1969 году обе кафедры были объединены в одну. В настоящее время кафедра общей, частной и оперативной хирургии состоит из двух курсов: общей и частной хирургии, ортопедии и офтальмологии и оперативной хирургии с топографической анатомией.

На кафедре в разное время работали известные ученые врачи-клиницисты: Тимофеев П.П., Голенский К.Г., Марсальский К.Л., Глушко И.А., Демиденко И.Я., Мاستыко Г.С., Багриновская Е.М., Лакисов В.М., Персикова Н.М., Ковалев М.И., Жолнерович М.Л., Масюкова В.Н., Климович П.А., Рахманов И.В., Веремей Э.И.

Учебный процесс ведется на современном научном и методическом уровне. Штат кафедры – 14,5 ставки преподавателей, в том числе 1 профессор, 6 доцентов, 6 преподавателей без ученой степени, 2 магистра ветеринарных наук. Коллективом кафедры с 2009 по 2020 год изданы 6 учебников и 6 учебных пособий по ветеринарной хирургии. За последние пять лет защищены 1 докторская и 2 кандидатские диссертации, в настоящее время готовится к защите три кандидатских и одна докторская диссертация. С 2009 по 2020 год получено 12 патентов на изобретение, издано 23 рекомендации производству, утвержденных Главным управлением ветеринарии МСХ и П РБ, 16 методических пособий, 2 монографии. За последние пять лет кафедрой проводилась совместная научно-исследовательская работа с РУП ИЭВ им. С. Н. Вышелесского по теме «Разработка и внедрение технологии получения комплексного пробиотического препарата на основе спорообразующих бактерий, предназначенного для наружного применения при гнойно-некротических заболеваниях сельскохозяйственных животных».

Выполняется государственная программа развития производства ветеринарных препаратов на 2010-2020 гг. по теме «Разработка отечественного импортозамещающего антисептического препарата на гелевой основе для лечения животных с гнойной патологией»; «Разработка и внедрение в производство перевязочных бактерицидных материалов для ветеринарии с покрытием из наночастиц металлов (меди, цинка, железа и др.)». Ведутся совместные работы с Витебским технологическим университетом по применению наночастиц металлов в клинической практике.

Для лечения животных в хирургической клинике студенты используют лазерный высокоэнергетический скальпель «Ланцет», аппараты лазерной и магнитной терапии, ультрафиолетового облучения крови, офтальмоскоп с волоконистыми световодом, мультипараметрический монитор, 2 рентгеновских аппарата, аппарат «Биоптрон» и другое современное оборудование. В учебных целях применяется трансляционная установка из операционной в учебный класс, а также клиничко-топографический музей кафедры. Через стационар ежегодно за учебный год проходит 80–100 и более больных сельскохозяйственных животных, амбулаторно лечатся до 1500 животных. Все студенты курируют больных животных и ищут истории болезни.

Существенным фактором подготовки высококвалифицированных специалистов является вовлечение студентов в научно-исследовательскую работу. Ежегодно в научно-исследовательской работе кафедры участвуют 30 и более студентов. Результаты исследований докладываются на студенческих конференциях. Ежегодно кафедра представляет на Республиканский конкурс студенческие работы. Занятия проводятся не только в клинике и аудиториях, а также отрабатываются на мясокомбинате и близлежащих хозяйствах и комплексах. Научно-педагогические сотрудники кафедры оказывают помощь госплемстанциям, животноводческим комплексам, а также консультативную помощь сотрудникам заповедников, цирка, конноспортивной школы, зоопарков по диагностике и лечению больных животных.

Контактные телефоны кафедры хирургии – 8-212-33-16-20,

e-mail: hirurg_vgavm2016@mail.ru

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины является старейшим учебным заведением в Республике Беларусь, ведущим подготовку врачей ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарных врачей, провизоров ветеринарной медицины и зооинженеров.

Вуз представляет собой академический городок, расположенный в центре города на 17 гектарах земли, включающий в себя единый архитектурный комплекс учебных корпусов, клиник, научных лабораторий, библиотеки, студенческих общежитий, спортивного комплекса, Дома культуры, столовой и кафе, профилактория для оздоровления студентов. В составе академии 4 факультета: ветеринарной медицины, биотехнологический; повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса; международных связей, профорientации и довузовской подготовки. В ее структуру также входят Аграрный колледж УО ВГАВМ (п. Лужесно, Витебский район), филиалы в г. Речице Гомельской области и в г. Пинске Брестской области, первый в системе аграрного образования НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии (НИИ ПВМ и Б).

В настоящее время в академии обучается более 4 тысяч студентов, как из Республики Беларусь, так и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Учебный процесс обеспечивают 324 преподавателя. Среди них 180 кандидатов, 30 докторов наук и 21 профессор.

Помимо того, академия ведет подготовку научно-педагогических кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук), переподготовку и повышение квалификации руководящих кадров и специалистов агропромышленного комплекса, преподавателей средних специальных сельскохозяйственных учебных заведений.

Научные изыскания и разработки выполняются учеными академии на базе Научно-исследовательского института прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии. В его состав входит 2 отдела: научно-исследовательских экспертиз (с лабораторией биотехнологии и лабораторией контроля качества кормов); научно-консультативный.

Располагая современной исследовательской базой, научно-исследовательский институт выполняет широкий спектр фундаментальных и прикладных исследований, осуществляет анализ всех видов биологического материала и ветеринарных препаратов, кормов и кормовых добавок, что позволяет с помощью самых современных методов выполнять государственные тематики и заказы, а также на более высоком качественном уровне оказывать услуги предприятиям агропромышленного комплекса. Активное выполнение научных исследований позволило получить сертификат об аккредитации академии Национальной академией наук Беларуси и Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь в качестве научной организации. Для проведения данных исследований отдел научно-исследовательских экспертиз аккредитован в Национальной системе аккредитации в соответствии с требованиями стандарта СТБ ИСО/МЭК 17025.

Обладая большим интеллектуальным потенциалом, уникальной учебной и лабораторной базой, вуз готовит специалистов в соответствии с европейскими стандартами, является ведущим высшим учебным заведением в отрасли и имеет сертифицированную систему менеджмента качества, соответствующую требованиям ISO 9001 в национальной системе (СТБ ISO 9001 – 2015).

www.vsavm.by

210026, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11, факс (0212) 51-68-38,
тел. 33-16-29 (факультет международных связей, профорientации и довузовской подготовки);
33-16-17 (НИИ ПВМ и Б); E-mail: vsavmpriem@mail.ru.

Учебное издание

**Руколь Василий Михайлович,
Журба Владимир Александрович,
Слепцов Юрий Владимирович**

ОСНОВЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ РЕНТГЕНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск В. М. Руколь
Технический редактор О. В. Луговая
Компьютерный набор Ю. В. Слепцов
Компьютерная верстка Е. В. Морозова
Корректор Т. А. Никитенко

Подписано в печать 15.01.2021. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,50. Уч.-изд. л. 1,72. Тираж 140 экз. Заказ 2104.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/ 362 от 13.06.2014.
ЛП №: 02330/470 от 01.10.2014 г.
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.
Тел.: (0212) 51-75-71.
E-mail: rio_vsavm@tut.by
<http://www.vsavm.by>