

РАДИОНУКЛИДНЫЕ ПРИЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Борисевич М.Н.

УО Витебская ордена «Знак Почета» ГАВМ, г. Витебск, Республика Беларусь

Аннотация. Радионуклиды широко применяются в ветеринарной медицине особенно в последние годы. С их помощью изучают физиологические и биохимические процессы в норме и при патологиях, а также закономерности миграции и обмена химических элементов в организме животных.

В статье кратко представлены современные радионуклидные подходы для лечения и диагностики болезней животных – радионуклидная терапия и радионуклидная диагностика.

Ключевые слова: радионуклид, радиоактивность, радионуклидная терапия, радионуклидная диагностика, ветеринарная медицина.

RADIONUCLIDE DIAGNOSTIC TECHNIQUES AND ANIMAL TREATMENTS

Borisevich M.N.

IE Vitebsk Order «Badge of Honor» State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

Annotation. Radionuclides have been widely used in veterinary medicine especially in recent years. With their help, physiological and biochemical processes are studied in normal and pathological conditions, as well as patterns of migration and exchange of chemical elements in the animal body.

The article briefly presents modern radionuclide approaches for the treatment and diagnosis of animal diseases - radionuclide therapy and radionuclide diagnostics.

Keywords: radionuclide, radioactivity, radionuclide therapy, radionuclide diagnostics, veterinary medicine.

В современной ветеринарной медицине прижились два термина – радионуклидная терапия и радионуклидная диагностика. Их начальные слова заимствованы из ядерной физики. Слово «радионуклид» состоит из двух слов – радио и нуклид. Первое обозначает краткое название известного физического явления, называемого радиоактивностью. Второе происходит от латинского слова *nucleas* – ядро. Поэтому термин радионуклид может трактоваться, как атом, обладающий способностью к радиоактивности. Смысл термина «радиоактивность» известен из школьной физики. Есть атомы, у которых ядра устойчивы, а потому стабильны во времени, а есть атомы, ядра которых неустойчивы, а потому нестабильны во времени, самопроизвольно распадаясь

на альфа- и бета-частицы, сопровождаемые коротковолновым электромагнитным излучением [1].

Альфа-частицы – ядра гелия с энергией в МэВ (мегаэлектронвольтах), обладают высокой ионизационной способностью (образуют несколько десятков тысяч пар ионов на микрометр пробега в веществе), имеют незначительную проникающую способность, пробег в воздухе – несколько сантиметров, в жидкостях и тканях животных – от 10 до 100 мкм.

Бета-частицы – электроны и позитроны, имеющие очень малую массу, энергия измеряется в КэВ (килоэлектронвольтах), удельная плотность ионизации, создаваемая бета-частицами, примерно в 1000 раз меньше, чем у альфа-частиц той же энергии (несколько десятков пар ионов на микрометр пробега), проникающая способность больше, чем у альфа-частиц, пробег в воздухе составляет метры, в тканях животных – сантиметры.

Коротковолновое излучение в виде гамма-квантов, образующееся при ядерных распадах, имеет длину волны $10^{-10} \dots 10^{-14}$ м, обладает высокой проникающей способностью, пробег в воздухе десятки и даже сотни метров.

Исходя из сказанного выше, термин радионуклидная терапия можно трактовать как лечение с помощью радиоактивных атомов, а термин радионуклидная диагностика как диагностика с помощью радиоактивных атомов.

Результаты исследований и их обсуждение. Радионуклиды широко применяются в народном хозяйстве, технике, науке, в ветеринарной медицине и медицине человеческой. С их помощью изучают физиологические и биохимические процессы в норме и при патологиях, а также закономерности миграции и обмена химических элементов в окружающей среде, организме животных и человека. В организме животных радионуклиды способны накапливаться с течением времени. Этот процесс происходит по разному: в печени – цезий 137 (период полураспада 30,1 года); в костях – радий 226 (1,6 тыс. лет), стронций 90 (28 лет) и торий 232 (14,1 млрд. лет); в почках – цезий 137 (30,1 лет); в половых органах – калий 40 (1,28 млрд. лет); в мышцах – калий 40 (1,28 млрд. лет) и цезий 137 (30,1 лет).

Сегодня в практической ветеринарной медицине существует целое направление, связанное с привлечением радионуклидов для лечения животных. Оно так и называется – радионуклидная терапия (иногда его называют альфа-терапией, подчеркивая участие в процессе альфа-квантов). Применяют короткоживущие или быстро выделяющиеся из организма изотопы (радон и дочерние продукты тория). Радонотерапия показана при многих заболеваниях нервной и сердечно-сосудистой систем, опорно-двигательного аппарата, кожных заболеваний и многих других болезней животных.

Перспективным приложением радионуклидной терапии является радиоиммунотерапия. Ее основу составляют радиоактивные нуклиды, порождающие альфа-излучение. Частицы имеют большую энергию, достигающую 5-8 МэВ (Мегаэлектронвольт). Из-за этого они обладают высокой ионизирующей способностью и, поэтому испытывают большие удельные

потери в облучаемом веществе. Пробег частиц в тканях животных не очень большой.

Метод лечения совмещает в себе возможности радиотерапии и иммунотерапии. Радиотерапия базируется на радиоактивном излучении, о чем говорилось выше. Иммунотерапия опирается на использование моноклональных антител, которые создаются в лабораторных условиях. Антитела наделены избирательной способностью к распознаванию раковых клеток и установлению прочных связей с их оболочкой. По-сути, моноклональные антитела имитируют поведение собственных антител организма животного. В нормальных условиях они блокируют в организме вирусы и бактерии. Моноклональные антитела в радиоиммунотерапии действуют совместно с радиоизотопом, поэтому при введении их в кровь животного они беспрепятственно обнаруживают раковые клетки и тесно связываются с ними. При этом радиоактивное излучение высвобождается прямо в самой опухоли, а поскольку альфа-частицы имеют незначительный пробег, то вся лучевая нагрузка на здоровые ткани практически отсутствует, радиоактивное излучение не причиняет тканям заметного вреда. Чаще всего в иммунотерапии используются радиоизотопы ^{212}Bi и ^{213}Bi . При распаде первого образуются ^{208}Tl и ^{212}Po , которые затем сами распадаются каждый на один стабильный изотоп ^{208}Pb . При этом проникновение α -частицы в ткань животного составляет менее 100 мкм. Это расстояние сравнимо с несколькими диаметрами раковой клетки. В результате теряется энергия порядка 80 КэВ/мкм.

Несколько слов о самом молодом приложении в радионуклидной терапии, получившим название оже-терапии. Его основа – нуклиды ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{103}Pd , ^{111}In , ^{123}I , ^{125}I , ^{201}Tl , обладающие четко выраженной способностью к электронному захвату или внутренней конверсии. Механизм действия указанных радиоизотопов сводится к порождению так называемых оже-электронов (как правило, из орбиталей самих атомов), имеющих сравнительно невысокие значения кинетической энергии (от 20 до 500эВ). Пробег таких электронов сравним с размерами самой клетки (несколько нанометров). Существуют радиоизотопы, у которых пробег значительно больше. Например, ^{90}Y порождает бета-частицы с пробегом в 215 клеток, ^{131}I – в 40 клеток, ^{211}As испускает альфа-кванты с пробегом всего в 3 клетки.

Радиоактивные элементы, которые порождают оже-электроны, захватываются специально подобранными молекулами. С их помощью они доставляются к раковым клеткам, в зоны, находящиеся в непосредственной близости к ДНК. При этом достигается эффективная лучевая терапия, ущерб для здоровых тканей минимальный.

Признана и существует даже разновидность оже-терапии, называемая фотонно-активационной терапией. Механизм лечения сводится к внедрению в организм животного атомов-мишеней, которые начинают действовать при облучении их фотонами. В качестве атомов-мишеней используются галогены брома или йода. Фотоны формируются моноэнергетическим пучком излучения, возбуждающим у атомов-мишеней явление фотоэффекта, который порождает

оже-электроны. Фотонно-активационная терапия опирается на известный в ветеринарной медицине факт – злокачественные клетки размножаются быстрее клеток нормальных.

Радиоактивные элементы применяются в ветеринарной медицине не только в терапии, но и для диагностики. Методы лучевой ветеринарно-медицинской диагностики разнообразны. Это рентгенография, компьютерная рентгеновская томография, магнитно-резонансная томография (ядерно-магнитная резонансная томография, эмиссионная томография). Есть и другие. Рассматривать их не станем, они хорошо описаны в различных печатных изданиях. Остановимся на радионуклидной диагностике.

Известно, что для нормального функционирования различных органов тела животного требуются самые разные химические элементы, которые принято называть органогенами. Есть основные органогены O, H, C, N, K, Ca, Mn, S, есть и второстепенные – I, Si, F, Na, Fe, Mg, B, Cu. Главное их назначение – получение информации о состоянии определенного органа тела животного. На практике осуществляется это так – в организм вводится некий органоген либо некое химическое соединение (назовем их молекулами-векторами), помеченные подобранным для этих целей определенным типом радионуклида. Регистрируется испускаемое ими излучение, с его помощью строится изображение органа, на последнем этапе выявляются его пораженные и здоровые участки.

Различают следующие виды радионуклидной диагностики: сцинтиграфия, однофотонная эмиссионная компьютерная томография и позитронно-эмиссионная томография.

Для первой используют гамма-излучение с энергией от 100 до 200 эВ, период полураспада используемого нуклида от нескольких минут до нескольких дней. В организм вводится препарат, содержащий молекулу-вектор, помеченный радионуклидом. Элементы организма животного (органы, ткани, жидкости) поглощают молекулу-вектор, исходящее из нее излучение регистрируется детектором (для него есть специальное название – гамма-камера). Гамма-кванты вылетают из организма под разными углами, поэтому чтобы зафиксировать их в полном объеме, используется процесс коллимации. Он реализуется в многоканальном коллиматоре. Матрица фотоумножителей сканирует сцинтилляции детектора, определяя тем самым точки их испускания.

Однофотонные эмиссионные компьютерные томографы значительно расширяют сцинтиграфию за счет построения четкого трехмерного изображения диагностируемых органов животного на экранах мониторов. Осуществляется построение специальной компьютерной программой на основе базы данных плоских сцинтиграмм.

Техники сцинтиграмм и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии выполняются с препаратом ^{99m}Tc (почти на 80%). Но могут использовать и другие радионуклиды. Например, исследования сцинтиграмм сердца выполняются с изотопами ^{201}Tl (период полураспада 73 часа), ^{67}Ga (78 часов) и ^{99m}Tc (6 часов); сцинтиграммы легких, почек, костей – ^{99m}Tc (6 часов),

^{131}I (8 дней) и ^{131}I (8 дней); сцинтиграммы печени – ^{131}I (8 дней), ^{189}Au (28, 7 минут), ^{111}In (2,8 дня); сцинтиграммы лимфоузлов – ^{189}Au (28, 7 минут).

Третий вид радионуклидной диагностики, о котором упоминалось выше, носит название позитронно-эмиссионной томографии. Следует особо подчеркнуть – он относится к классу самых совершенных диагностических приемов, применяемых в ветеринарной медицине в настоящее время. Упомянутые ранее томографии – рентгеновская, ультразвуковая, магнитно-резонансная – позволяют увидеть орган животного только на стадии его заметного изменения, вызванного той или иной патологией. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) способна визуализировать изменения гораздо раньше, регистрируя их в самих обменных процессах, которые приводят к данной патологии. Поэтому ПЭТ служит самому что ни на есть раннему обнаружению патологий еще задолго до того, как начнут проявляться их морфологические изменения.

Принцип действия позитронно-эмиссионной томографии не сложен. В организм животного вводят препарат с бета-активным изотопом ^{15}O (период полураспада 2,04 мин), ^{13}N (9,96 мин), ^{11}C (20,4 мин). ^{18}F (110 мин). Радионуклиды испускают позитроны, которые в тканях животного имеют очень маленький пробег – всего несколько миллиметров. Происходит так называемый процесс аннигиляции позитронов, в результате которого образуются два гамма – кванта каждый с энергией в 511 КэВ. Причем аннигиляция осуществляется в том самом месте, где находится молекула радиоактивного препарата. Порожденные гамма – кванты испускаются в противоположных направлениях и подпадают под регистрацию, реализованную методом совпадений. Датчики располагаются на одной прямой линии спереди и сзади тела животного, испускаемые гамма-кванты поступают на датчики одновременно. Детектирующее устройство выполнено в виде нескольких колец-сегментов, окружающих исследуемое животное. Зарегистрировав большое число пар гамма-квантов и построив на графике пересечение их траекторий можно получить изображение объемного распределения радиоактивного препарата и таким образом визуализировать исследуемый орган.

Самым распространенным радиофармпрепаратом для позитронно-эмиссионной томографии признана фтордезоксиглюкоза ^{18}F . Она имеет ряд особенностей, которые способствуют этому самым прямым образом. Так, у нее относительно большой период полураспада, поэтому производство ^{18}F можно располагать в любом месте, а затем полученный в производстве препарат доставлять в близлежащие центры позитронно-эмиссионной томографии. Применяются и другие радиопрепараты ^{15}O , ^{13}N и ^{11}C , они образуют группу нуклидов, обеспечивающих высококачественные изображения исследуемого органа.

Радиоизотопы для проведения позитронно-эмиссионных исследований часто производятся на месте проведения самих исследований. Так происходит потому, что почти все радиоизотопы для ПЭТ принадлежат короткоживущей

группе нуклидов, их период полураспада составляет лишь несколько минут и даже секунд. Производят такие радионуклиды на специальных ускорителях, как правило, они располагаются рядом с томографом. Для получения изображений достаточно иметь протоны с невысокой энергией от 10-18 МэВ или дейтоны с энергией 5-9 МэВ, поэтому для этих целей вполне сгодятся малогабаритные циклотроны. Иногда томографы поставляются вместе с циклотроном, снабженным автоматической химической лабораторией.

Завершая статью, хотелось бы отметить, что выполненный анализ дает представление о широкой применимости ядерной физики для лечения и диагностики в ветеринарной медицине. Перечислены лишь некоторые радиоактивные элементы, которые принимают в этом участие. Наука, однако, не стоит на месте. Можно быть уверенным, что в недалеком будущем их число будет расти, что непременно приведет к появлению новых, неизвестных сегодня, методов и подходов для лечения и диагностики болезней животных.

Литература

1. Борисевич М.Н. Технологии цифровизации ветеринарии. - Москва: РУСАЙНС, 2021. - 592с.

УДК 611.13:611.636/.637:636.3-053.31

ИСТОЧНИКИ АРТЕРИАЛЬНОГО КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ ПРИДАТОЧНЫХ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ КОЗЛЯТ

Былинская Д.С.

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГУВМ, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Наличие или отсутствие, а также степень развития тех или иных придаточных половых желез является видоспецифическим признаком. Среди патологий придаточных половых желез самцов наиболее часто отмечаются воспалительные процессы, зачастую переходящие с других органов. Цель исследования – изучить источники артериального кровоснабжения придаточных половых желез у козлят в раннем постнатальном периоде.

Ключевые слова: артерия, предстательная железа, внутренняя подвздошная артерия, вазорентгенография.

SOURCES OF ARTERIAL BLOOD SUPPLY TO THE ACCESSORY SEX GLANDS OF GOATS

Bylinskaya D.S.

FSBEI HE St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia