

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
« СЕВЕРО-ОСЕТИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ  
АКАДЕМИЯ»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Кафедра Лучевой диагностики с лучевой терапией и онкологией**

**Хасигов А.В., Кораева И.Х., Кривов А.А.**

**Физические основы лучевой диагностики**  
Учебное пособие для студентов 3 курса СОГМА

**Владикавказ 2020г.**

**Хасигов А.В., Кораева И.Х., Кривов А.А.**

Физические основы лучевой диагностики учебное пособие - Северо – Осетинская Государственная Медицинская Академия.- Владикавказ, 2020г.

Данное учебное пособие посвящено физическим основам лучевой диагностики. Авторами представлены современные данные по о предмете и задачах лучевой диагностики, о методах лучевой диагностики, физике ионизирующих и неионизирующих излучений, используемых в медицине, их диагностических возможностях.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями ФГОС ВО, предназначено для студентов старших курсов медицинских ВУЗов и факультетов, обучающихся по специальности Лечебное дело, Педиатрия, Стоматология, Медико-профилактическое дело (специалитет).

**Р е ц е н з е н т ы:**

Саутиева М.Г. – Заведующая О.Г.Ш. Г.Б.У.З. Р.О.Д. Минздрава РСО-Алания

Беслекоев У.С. – доцент, кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой общей хирургии ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России Минздрава России

Утверждено и рекомендовано к печати Центральным координационным учебнометодическим советом ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России (протокол № 6 от 6 июля 2020 г)

## **Введение.**

Лучевая диагностика и лучевая терапия – это наука, охватывающая все стороны применения рентгеновских, радиоактивных, инфракрасных, ультразвуковых излучений и ядерно-магнитного резонанса в области здравоохранения, т.е. в целях изучения нормального человеческого организма, а так же профилактики, диагностики и лечения болезней. Вместе с тем это наука включает радиобиологию, изучающую действие ионизирующих излучений на живой организм, а также отдельные специальные отрасли физики и техники. Таким образом, лучевая диагностика и лучевая терапия объединяет несколько самостоятельных отраслей, которые неотделимы друг от друга и именно в своем сочетании составляют существо этой целостной современной медицинской дисциплины. Однако, каждая из них имеет свои специфические особенности, организационные формы и задачи использования в медицине.

### **Практическое занятие №1.**

#### **Тема: Физические основы лучевой диагностики.**

Общая цель занятия: иметь представление о предмете и задачах лучевой диагностики. Иметь представление о методах лучевой диагностики, физике ионизирующих и неионизирующих излучений, используемых в медицине, их диагностических возможностях.

#### **Конкретные цели занятия.**

**Знать:**

1. Предмет, структуру и задачи лучевой диагностики.
2. Физические основы термографии, ультразвуковой диагностики, рентгенодиагностики, в том числе компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии.
3. Устройство рентгеновской трубки, получение рентгеновских лучей и их свойства.
4. Устройство и санитарно-гигиенические требования к рентгенодиагностическому кабинету.
5. Знать свойства ионизирующих излучений и способы защиты от них.

**Уметь:**

1. Определить метод лучевого исследования.
2. Знать диагностические возможности каждого метода лучевой диагностики и уметь назначить больному необходимое лучевое исследование.
3. Определить качество рентгеновского снимка.

База проведения и материальное оснащение:

1. Учебная комната
2. Кабинет УЗИ
3. Рентгенодиагностический кабинет
4. Таблицы, рентгеновская трубка, наборы рентгенограмм, флюорограмм, термограмм, электрорентгенограмм.

### **Литература:**

1. Л.Д.Линденбрaten, И.П.Королук. Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии). Москва 2000г.
2. Л.Д.Линденбрaten, Ф.М.Лясс «Медицинская радиология».
3. Л.Д.Линденбрaten, И.П.Королук. Медицинская радиология и рентгенология. М.»Медицина». 1993 г.
4. Лучевая диагностика. Учебник для вузов. Под ред. проф. Труфанова Г.Е. М., «ГЭОТАР-Медиа», 2007г.

### **Блок информации:**

Рентгеновские лучи открыли новую эпоху в развитии физики и всего естествознания, помогли проникнуть в тайны природы и строения материи, привели к революционным преобразованиям в медицине. Рентгеновские лучи были открыты 8 ноября 1895г. профессором Внерцбургского университета Германии Вильгельмом Конрадом Рентгеном. Первое сообщение «О новом виде лучей» было опубликовано в январе 1896 года в виде 17 кратких тезисов, из которых стало известно, что открытые лучи способны:

- а) проникать в той или иной степени через все тела;
- б) вызывать свечение флюоресцирующих веществ;
- в) вызывать почернение фотографической пластинки;
- г) распространяться прямолинейно;
- д) не изменять своего направления под влиянием магнита и т. д.

В трех последующих сообщениях он сформулировал все свойства х-лучей и технику их получения.

Рентгеновские лучи генерируются в стеклянной вакуумной трубке, с одной стороны которой впаяна спиральная нить катода, имеющая отдельную электрическую цепь накала, с другой стороны – анод. К этим двум электродам рентгеновской трубки в нужный момент подключается высокое напряжение с присоединением катода к отрицательному, а анода к положительному полюсам. При подаче тока накала к спирали катода вокруг нее образуется облако свободных электронов (термоэлектронная эмиссия). При подаче высокого напряжения свободные электроны с большой скоростью устремляются к аноду. При торможении электронов в веществе анода их кинетическая энергия

превращается в большей мере в тепловую (до 99%), а около 1% в энергию рентгеновского излучения.

Большая заслуга Рентгена в науке состоит в том, что он не только открыл неизвестные лучи, но и с достаточной полнотой описал их свойства, однако природа х-лучей была изучена позднее в 1912 году немецкими физиками Лауэ, Книпингом и Фридрихом, которые изучая прохождение рентгеновских лучей через кристалл доказали, что они обладают свойствами интерференции и дифракции, характерными для электромагнитных колебаний. Т.е. рентгеновские лучи являются электромагнитными волнами. В общеволновом спектре рентгеновские лучи стоят между ультрафиолетовыми и гамма-лучами.

В настоящее время известно более десяти физических свойств рентгеновских, четыре важнейших из них открыли дорогу к широчайшему применению их в медицине.

- I. Рентгеновские лучи обладают проникающей способностью, проходя через разные объекты, они несут на себе определенную информацию о строении этих веществ.
- II. Рентгеновские лучи, проходя через некоторые вещества, вызывают их флуоресценцию (свечение). Благодаря этому свойству были открыты лучи, а указанные вещества, именуемые люминофорами, стали широко применяться в медицине. Их свечение под воздействием рентгеновских лучей породило один из основных методов рентгенологического исследования – рентгеноскопию. При рентгенографии люминофоры позволяют увеличить лучевое воздействие на рентгеновскую пленку в кассете благодаря применению усиливающих экранов, поверхностный слой которых выполнен из флуоресцирующих веществ. Улучшение качества люминофоров, т.е. увеличение яркости их свечения значительно уменьшает дозу облучения и больных и персонала рентгеновских кабинетов.
- III. Рентгеновские лучи оказывают фотографическое действие. Как и видимый свет, попадая на фотографическую эмульсию, они воздействуют на галоидное серебро, повышая его химическую активность и частично восстанавливая серебро. На этом свойстве рентгеновских лучей основана рентгенография – получение изображения на фоточувствительных материалах.
- IV. Рентгеновские лучи вызывают ионизацию сред, через которые они проходят. Отсюда их название – ионизирующее излучение. Эффект ионизации – это образование положительных и отрицательных ионов из нейтральных атомов и молекул. При прохождении рентгеновских лучей через любое вещество они сталкиваются с его молекулами и отдают им частично или полностью свою энергию. В результате этого атомы и молекулы вещества расщепляются на фрагменты – ионы, разные по массе и заряду. Ионизация воздуха в рентгеновском кабинете увеличивает электрическую проводимость воздуха, усиливают статические электрические заряды на предметах кабинета, которые неблагоприятно влияют на организм. С целью устранения такого нежелательного эффекта в рентгенкабинетах устанавливается приточно-вытяжная вентиляция.

V. Рентгеновские лучи оказывают биологическое действие, которое в целом расценивается как повреждающее. Только малые дозы облучения могут приводить к определенным положительным физиологическим изменениям в живом организме, что так же нашло применение при лечении ряда заболеваний. В больших дозах рентгеновское излучение используется для лечения злокачественных опухолей.

Биологическое действие излучения на организм находится в прямой зависимости от поглощения его тканями организма. Для измерения количества поглощенной энергии вводится понятие дозы излучения. Под дозой понимается количество поглощенной энергии в единице объема облучаемого вещества.

Энергия, поглощенная в единице объема облучаемого вещества за единицу времени, называется мощностью дозы.

Единицы дозы системы СИ.

Единица поглощенной дозы – Грей (Гр) = 1 Дж/кг.

Внесистемные единицы:

Рентген – такое количество рентгеновых или гамма-лучей, под действием которого в 1 см<sup>3</sup> воздуха (при t<sup>0</sup>–0<sup>0</sup> и нормальном атмосферном давлении) образуются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу каждого знака, т.е. 2,08x10<sup>9</sup> пар ионов. Производные единицы от рентгена миллирентген – тысячная доля и микрорентген – миллионная доля рентгена. За единицу мощности дозы принимают рентген в секунду, миллирентген в сек., рентген в час и т.д.

### **Классификация методов рентгенологического исследования.**

- I. Основные: рентгеноскопия, рентгенография, флюорография, электрорентгенография.
- II. Дополнительные: томография, компьютерная томография, рентгенокимография, маммография, рентгенокинематография.
- III. Контрастные, специальные методы рентгенологического исследования: бронхография, ангиография, урография и т.д.

Рентгеноскопия – получение на флюоресцирующем экране позитивного суммарного изображения внутренних органов и наружных структур в момент прохождения через них рентгеновских лучей. Достоинства: доступность, экономичность, возможность полипозиционного исследования. Недостатки: большая лучевая нагрузка, субъективность.

Рентгенография – получение негативного изображения изучаемых объектов на рентгеновской пленке, способное сохраняться десятилетиями. Преимущества: лучшее выявление мелких деталей, возможность наблюдения процесса в динамике, уменьшение лучевой нагрузки. Недостатки: увеличение

материальных затрат (на пленку, фотореактивы и т.д.), получение изображения только в одной проекции.

Флюорография – рентгенологическое исследование с получением изображения изучаемых органов на фотографической пленке. Такое изображение всегда уменьшено в размерах. Достоинства: массовость, экономичность. Недостатки: часть мелких деталей при фотографировании изображения с флюоресцирующего экрана утрачивается.

Томография – методика рентгенологического исследования, позволяющая получать послойное изображение исследуемого органа. Эффект как бы расчленения суммационной картины исследуемого объекта достигается тем, что рентгеновская трубка и кассета с пленкой, соединенные между собой специальным рычагом в разных плоскостях движутся навстречу друг другу и плоскость, в которой оси движения их совпадают, отчетливо отображается на пленке. Томография должна носить целенаправленный характер, из многих слоев изучаемого объекта по рентгенограммам в двух взаимноперпендикулярных проекциях выбираются те, изображение которых несет максимальную информацию о нем.

Компьютерная томография – методика получения изображения тонкого поперечного слоя изучаемого органа путем математической обработки в ЭВМ данных о поглощающей способности тканей при прохождении через них рентгеновского излучения. Формирование компьютерно-томографического изображения обеспечивается тремя последовательными этапами исследования:

1. просвечиванием изучаемого объекта узким пучком рентгеновских лучей при круговом движении источника рентгеновского излучения.
2. регистрацией прошедшего излучения через объект с цифровой обработкой степени ослабления его.
3. переводом полученного цифрового изображения в аналоговое, т.е. визуализацией его.

Рентгенокимография – методика рентгенологического исследования, объективно отражающая частоту и амплитуду движений контуров исследуемых органов. С ее помощью изучается ряд функциональных особенностей сердца, крупных сосудов, ребер, диафрагмы и т.д. Графическая запись движений указанных органов осуществляется на рентгеновской пленке с помощью рентгеновских лучей, прошедших через орган и специальную движущуюся свинцовую решетку со многими параллельными щелями.

Специальные методики рентгенологического исследования – это методики с применением контрастных веществ. Название специальных методик исследования чаще исходят из корня слова, обозначающего исследуемый орган (анатомическую область), образовавшую в органе патологическую структуру (рана, свищ, абсцесс) или используемую приставку к рентгеновскому аппарату

с добавлением термина «графия». При использовании газового контрастирования добавляется приставка «пневмо».

Термография – метод регистрации инфракрасного излучения от поверхности тела человека, для диагностики различных заболеваний и патологических состояний. Физиологической основой термографии является увеличение интенсивности инфракрасного излучения над патологическими очагами в связи с усилением в них кровоснабжения и метаболических процессов или уменьшением его интенсивности в областях с уменьшенным кровотоком и сопутствующими изменениями в тканях и органах.

Наличие патологического процесса проявляется следующими признаками:

- а) появление аномальных зон гипертермии или гипотермии;
- б) нарушением нормальной термотопографии сосудистого рисунка;
- в) изменением градиента температур.

Так воспалительные процессы дают градиент температур в пределах  $0,7 - 1^{\circ}$ , при остром воспалении  $1 - 1,5^{\circ}$ , при гнойно-деструктивном –  $1,5 - 2,0^{\circ}$ .

В настоящее время в ряд ведущих методов лучевой диагностики выдвигается ультразвуковая диагностика. Физиологической основой метода является эхолокация, т.е. прием ультразвуковых сигналов, отраженных от поверхностей раздела тканевых сред, обладающих различными акустическими свойствами. Возможность проведения многократных исследований, безвредность, отсутствие противопоказаний (за исключением тяжелого общего состояния больного и наличия кардиостимулятора), позволяет использовать его практически во всех областях медицины. Существует несколько основных видов ультразвуковой диагностики. Одномерный – А-метод (эхография), двумерный – В-метод (эхотомография или сонография) и доплерография.

Самый молодой метод лучевой диагностики – магнитно-резонансная томография, основанная на ядерно-магнитном резонансе. ЯМР – это процесс поглощения ядрами, находящимися в постоянном магнитном поле, энергии электромагнитного излучения с переходом на более высокий энергетический уровень, а затем возврата в исходное состояние с потерей избытка энергии в виде излучения той же частоты. Эффект магнитного резонанса наблюдается у атомных ядер, содержащих нечетное число протонов.

Различные ткани организма отличаются друг от друга по содержанию протонов, т.е. по протонной плотности. Поглощение энергии излучения тканями соответственно будет неодинаковым. Регистрация количества испускаемой обратно энергии и отображение ее на экране монитора в виде сигналов различной интенсивности позволяет различать ткани по этому показателю. Наибольшую протонную плотность имеет жировая ткань, всегда ярко отображающаяся на экране монитора, наименьшую – компактная костная ткань, которая выглядит всегда темной. Протонная плотность воды принимается за  $1,0$ .



**Контрольные вопросы.**

1. Что собой представляют рентгеновские лучи и принципы их получения?
2. Устройство рентгеновской трубки.
3. Каковы свойства рентгеновских лучей? На чем основано применение их в медицине?
4. Классификация методов лучевой диагностики.
5. Принципы и диагностические возможности термографии.
6. Принципы и диагностические возможности ультразвуковой диагностики.
7. Основные методы рентгенологического исследования.
8. Дополнительные и специальные методы рентгенологического исследования.
9. Принципы и методика компьютерной томографии.
10. Какова физическая сущность магнитно-резонансной томографии.
11. Основы клинической дозиметрии.
12. Какие свойства ионизирующих излучений используются для их регистрации.

**Тестовые задания.**

**1. Развитие рентгенологии связано с именем В.Рентгена, который открыл излучение, названное впоследствии его именем**

- А. в 1890 году
- Б. в 1895 году
- В. в 1900 году
- Г. в 1905 году

**2. Первые рентгенограммы в России произвел**

- А. М.И.Неменов
- Б. И.П.Павлов
- В. А.С.Попов
- Г. Д.И.Менделеев

**3. Ослабление пучка излучения при прохождении через различные предметы зависит**

- А. от поглощения веществом объекта
- Б. от конвергенции лучей
- В. от интерференции лучей
- Г. от рассеяния
- Д. правильно А и Г

**4. Обычное изображение, получаемое при помощи рентгеновских лучей**

- А. больше снимаемого объекта
- Б. меньше снимаемого объекта
- В. равно снимаемому объекту
- Г. все ответы правильны

**5. Диагноз больного по С.П.Боткину устанавливается на основании**

- А. тщательного изучения больного органа
- Б. применения дополнительных методик
- В. использования функциональных проб

Г. изучения состояния всего организма

**6. Первый институт рентгенорадиологического профиля в нашей стране был организован**

- А. в Москве
- Б. в Киеве
- В. в Ленинграде
- Г. в Харькове

**7. Первый рентгеновский аппарат в России сконструировал**

- А. М.И.Неменов
- Б. А.С.Попов
- В. А.Ф.Иоффе
- Г. М.С.Овощников

**8. Историческое заседание медико-физического общества, на котором В.К.Рентген доложил о своем открытии, состоялось**

- А. 8 ноября 1895г.
- Б. 25 ноября 1895г.
- В. 28 декабря 1895г.
- Г. 23 января 1896г.

**9. Открытие рентгеновских лучей было осуществлено**

- А. в Берлине
- Б. в Вене
- В. в Вюрцбурге
- Г. в Магдебурге

**10. К методам лучевой диагностики не относятся**

- А. рентгенография
- Б. термография
- В. радиосцинтиграфия
- Г. электрокардиография
- Д. сонография

**11. Единица измерения мощности дозы рентгеновского излучения**

- А. Рентген
- Б. Рад
- В. Рентген/мин
- Г. Грей

**12. Не являются электромагнитными**

- А. инфракрасные лучи
- Б. звуковые волны
- В. радиоволны
- Г. рентгеновские лучи

**13. Показания индивидуального рентгеновского дозиметра зависят**

- А. от мощности излучения
- Б. от жесткости излучения
- В. от продолжительности облучения
- Г. все ответы правильны

**14. Единица «рентген» определяет собой дозу**

- А. g-эквивалент
- Б. поглощенную дозу
- В. экспозиционную дозу
- Г. активность
- Д. эквивалентную дозу

**15. Интенсивность излучения при увеличении расстояния до источника излучения меняется путем**

- А. увеличения пропорционально расстоянию
- Б. уменьшения обратно пропорционально расстоянию
- В. увеличения пропорционально квадрату расстояния
- Г. уменьшения обратно пропорционально квадрату расстояния
- Д. не меняется

**ОТВЕТЫ**

- 1 – Б
- 2 – В
- 3 – Д
- 4 – А
- 5 – Г
- 6 – В
- 7 – Б
- 8 – В
- 9 – В
- 10 – Г
- 11 – В
- 12 – Б
- 13 – Г
- 14 – В
- 15 – Г

## Практическое занятие № 2

**Тема: Физические основы радиологии. Радиоактивность, радиоактивное излучение, их характеристика. Радионуклидная диагностика.**

Общая цель занятия: Иметь представление о радиоактивности и радиоактивных излучениях, их свойствах. Строение атома. Методы регистрации излучений, устройство радиодиагностической аппаратуры. Радионуклидная диагностика, ее принципы и диагностические возможности.

Конкретные цели занятия:

Знать:

1. Строение атома.
2. Что такое радиоактивность, ее качественные и количественные характеристики.
3. Что такое радиометрия, радиография, гаммапография, что такое радиоактивные изотопы и их получение.
4. Знать физиологические основы радионуклидной диагностики.
5. Требования к радиофармацевтическим препаратам, используемым с диагностической целью.

Уметь:

1. Определить активность радиоактивного вещества по паспорту изотопа.
2. Определить показания к радионуклидному исследованию.
3. Оценить клиническую значимость проведенного радионуклидного исследования.

База проведения и материальное оснащение:

1. Учебная комната.
2. Таблицы.
3. Детекторы для регистрации излучений.

**Литература:**

1. Л.Д.Линденбрaten, И.П.Королук «Медицинская радиология и рентгенология. М. Медицина» 1993г.
2. Л.Д.Линденбрaten, И.П.Королук. Медицинская радиология. Москва 2000г.
3. Л.Д.Линденбрaten, Ф.М.Лясс. Медицинская радиология.

4. Лучевая диагностика. Учебник для вузов. Под ред. проф. Труфанова Г.Е. М., «ГЭОТАР-Медиа», 2007г.

### **Блок информации:**

Радиоактивность – это способность ядер некоторых химических элементов к самопроизвольному распаду с выделением лучистой энергии в виде альфа-, бета- и гамма-лучей. Естественная радиоактивность была открыта французским физиком А.Беккерелем в 1896 году, который обнаружил испускание солями урана невидимых лучей, вызывающих почернение фотографической эмульсии подобно рентгеновским лучам. Исследованиями Марии и Пьера Кюри, Резерфорда было установлено, что пучок радиоактивных лучей неоднороден и в магнитном поле распадался на составные части: альфа-лучи отклонялись к отрицательному полюсу и представляли собой положительно заряженные частицы, бета-лучи отклонялись к положительному полюсу, а гамма-лучи не отклонялись вообще и представляли собой электромагнитные волны, подобно рентгеновым лучам. В дальнейшем было установлено, что альфа-лучи сложные частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, бета-лучи – это поток электронов, либо позитронов, если бета-излучение положительное.

Радиоактивные лучи обладают свойствами:

1. Проникать через различные среды.
2. Ионизировать среду, через которую проходят.
3. Вызывают свечение некоторых веществ – люминофоров.
4. Вызывают почернение фотографической эмульсии.
5. Обладают биологическим действием.

Глубокое изучение свойств радиоактивных элементов привело английского физика Резерфорда в 1911г. к созданию планетарной модели строения атома. Этой моделью, усовершенствованной датским ученым Нильсом Бором и отечественным ученым Иваненко, мы пользуемся по настоящее время, поскольку она помогает понять явление радиоактивности. Все атомы нейтральны и состоят из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательно заряженных частиц – электронов. По таблице Менделеева можно представить строение атома любого химического элемента. Ядро атома состоит из протонов и нейтронов. Количество протонов – это заряд ядра - в таблице Менделеева порядковый номер. Сумма протонов и нейтронов – это массовое число, т.е. атомный вес. Число протонов в ядре соответствует количеству электронов на электронных уровнях, число последних определяется по периоду. Количество электронов на внешнем электронном уровне определяется по группе, а в химическом отношении – это валентность. Протоны и нейтроны удерживаются внутри ядра силами, называемыми ядерными. Стабильные устойчивые ядра содержат определенные числа протонов и нейтронов. Если ядро содержит избыток протонов или нейтронов, то оно неустойчиво, радиоактивно. Самопроизвольно изменяя свой состав, ядро со временем попадает в стабильную область.

1934 год ознаменовался открытием французских ученых Фредерика и Ирэн Жолио-Кюри явления искусственной радиоактивности. Так появился хорошо известный термин – радиоактивный изотоп. В настоящее время путем бомбардировки стабильных химических элементов нейтронами можно получить радиоактивный изотоп любого химического элемента, называемые в настоящее время радионуклидами. Т.о. открылась возможность ввода в организм больного радионуклидов, наблюдать за их местонахождением с помощью радиодиагностической аппаратуры. Метод получил название радионуклидной диагностики, а радионуклиды, вводимые в организм, - радиофармацевтических препаратов (РФП).

#### Характеристика радиоактивности.

Период полураспада – время, за которое распадается половина атомов радиоактивного вещества.

Доля атомов, распадающихся в единицу времени, - это постоянная распада.

Активность радиоактивного вещества – это количество атомов, распадающихся в единицу времени.

Удельная активность – количество распадающихся атомов в единицу времени в единице массы вещества.

#### Единицы активности.

По системе СИ

Беккерель – это один распад в секунду.

Производные:

Килобеккерель – 1000 беккерелей.

Мегобеккерель – 1000000 беккерелей.

Внесистемные единицы.

Кюри –  $3,7 \times 10^{10}$  распадов в секунду.

Производные:

Микрокюри –  $3,7 \times 10^7$  распадов в секунду.

Милликюри –  $3,7 \times 10^4$  распадов в секунду.

Ионизирующие излучения невидимы, не имеют запаха, поэтому измерение их возможно с помощью приборов, регистрирующих эффект действия излучений на физические, химические и биологические среды. Отсюда различают физические, химические и др. методы регистрации излучений. Чаще используются физические: ионизационные и люминесцентный (сцинтиляционный) методы регистрации излучений. Для выполнения радионуклидных исследований разработаны разнообразные диагностические приборы, в которых есть детектор, преобразующий ионизирующее излучение в электрические импульсы, блок электронной обработки и блок представления данных. По виду последнего различают: метод радионуклидной визуализации, радиографию, клиническую и лабораторную радиометрию.

Радионуклидная визуализация – это получение изображения исследуемого органа, части тела или всего тела пациента при введении в организм РФП, с



помощью гамма-сцинтиграфии. Вариантами гамма-сцинтиграфии являются однофотонная или двухфотонная эмиссионная томография. Иногда используют для визуализации сканер, исследование называется сканированием.

Для изучения динамики радиоактивности организма, для изучения различных физиологических и биохимических процессов в ряде установок можно результаты исследования зарегистрировать в виде цифр и проводить такое исследование через повторные интервалы времени и на основании полученных данных судить о накоплении и выведении радиоактивного вещества – это радиометрия. Она пригодна для регистрации медленно протекающих процессов.

Для изучения процессов, сопровождающихся быстрым изменением интенсивности излучения, требуется непрерывная регистрация импульсов. В таких случаях используют счетные установки, в которых измеритель скорости счета соединен с самописцем, вычерчивающим кривую – радиограмму, а метод регистрации называется радиографией. Примером может служить изучение вентиляции легких, гемодинамики, накопление и выведение радиоактивных веществ печенью, почками и т.д.

Для осуществления указанных методов используются радионуклиды (радиоактивные изотопы) или меченные ими индикаторы, которые называют радиофармацевтическими препаратами (РФП).

РФП – это разрешенное фармакопейным комитетом для введения человеку с диагностической целью химическое соединение, в молекуле которого содержится радионуклид.

РФП должен отвечать ряду требований:

1. Быть безвредным.
2. Период полураспада должен быть достаточно коротким, но должен позволить провести необходимое во времени исследование.
3. Быстро выводится из организма.
4. Обладать тропностью к исследуемому органу или изучаемому обмену.
5. Должен иметь определенный спектр излучения.
6. Использовать в малых (индикаторных) дозах. Важная минимальная лучевая нагрузка, для оценки которой пользуются понятиями.

Физический период полувыведения – время распада половины атомов радионуклида. Время, за которое активность препарата, введенного в организм, снижается наполовину за счет его выведения, называется периодом биологического полувыведения. Время, в течение которого активность введенного в организм РФП уменьшается наполовину вследствие физического распада и выведения, называют эффективным периодом полувыведения.

В ряде случаев радионуклидное исследование может быть проведено без введения в организм РФП – *in vitro*, т.е. все исследования проводят в пробирках. Оно позволяет обнаружить в биологических жидкостях (кровь, моча) гормоны, ферменты, лекарственные и др. вещества в ничтожно малых концентрациях. Принцип этого метода, называемого радиоиммунологическим анализом, состоит в конкурентном связывании искомым стабильных и

аналогичных им меченых веществ со специфической воспринимающей системой.

Радионуклидный анализ *in vitro* стали называть радиоиммунологическим, поскольку он основан на использовании иммунологических реакций антиген-антитело. Однако в дальнейшем были созданы другие, близкие по целям и методике, но различающиеся по деталям виды исследования *in vitro*. Так если в качестве меченой субстанции применяют антитело, а не антиген, анализ называют иммунорадиометрическим, если же в качестве связывающей системы взяты тканевые рецепторы, говорят о радиорецепторном анализе.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое радиоактивность? Радиоактивные излучения и их характеристики.
2. Строение атома и связь строения атома с таблицей химических элементов Менделеева.
3. Что такое искусственная радиоактивность? Получение радиоактивных изотопов.
4. Что такое радиофармацевтические препараты, и какие к ним предъявляются требования.
5. Чем отличается распределение в организме радиоактивных изотопов от распределения стабильных.
6. Методы регистрации излучений.
7. Устройство радиодиагностической аппаратуры.
8. Принципы и возможности радионуклидных исследований.
9. Какие требования предъявляются к радиофармацевтическим препаратам, используемым с диагностической целью.

**Тестовые задания.****1. Естественную радиоактивность открыл**

- А. Кюри М.
- Б. Беккерель А.
- В. Рего К.
- Г. Кюри П.

**2. От чего зависит активность определенного количества радиоактивного вещества?**

- А. От энергии излучаемых частиц или квантов
- Б. От температуры среды
- В. От скорости распада данного радиоактивного вещества
- Г. От порядкового номера данного элемента
- Д. От агрегатного состояния радиоактивного вещества.

**3. Как можно изменить скорость радиоактивного распада?**

- А. Путем нагревания
- Б. Путем охлаждения сверхнизких температур
- В. Путем химического воздействия
- Г. Путем повышения давления
- Д. Невозможно изменить

**4. Что произойдет с атомом вещества при альфа-распаде?**

- А. Сместится в таблице Менделеева на две клетки вправо
- Б. Атомный вес не изменится
- В. Сместится в таблице Менделеева на две клетки влево
- Г. Выделит два электрона
- Д. Излучится позитрон

**5. Какими изменениями атомного ядра обусловлен отрицательный бета-распад?**

- А. Превращением нейтрона в протон
- Б. Излучением гамма-кванта
- В. Захватом ядром электрона с внутренней орбиты
- Г. Увеличением атомного веса
- Д. Увеличением объема атомного ядра

**6. Каковы составные части естественного радиационного фона?**

- А. Излучения промышленных предприятий
- Б. Излучение атомных электростанций
- В. Излучения рентгеновских кабинетов
- Г. Излучение естественно распределенных радиоактивных веществ и космическое излучение
- Д. Излучения живых организмов

**7. Как можно изменить скорость радиоактивного распада?**

- А. Путем нагревания
- Б. Путем химического воздействия
- В. Невозможно изменить
- Г. Путем охлаждения
- Д. Путем повышения давления

**8. Что измеряют при помощи радиометров?**

- А. Активность радиоактивных веществ
- Б. Дозу проникающей радиации
- В. Энергию излучаемых частиц и квантов
- Г. Степень проникающей способности излучений
- Д. Скорость движения частиц или квантов в пространстве

**9. Каково взаимоотношение между постоянной распада и периодом полураспада?**

- А. При большей постоянной распада период полураспада не изменяется
- Б. При большей постоянной распада период полураспада меньше
- В. При большей постоянной распада период полураспада больше
- Г. Период полураспада и постоянная распада характеризуют различные стороны явления радиоактивности

**10. Что такое изотопы?**

- А. Разновидности одного и того же элемента с различным атомным весом
- Б. Разновидности химических элементов с разным числом протонов

- В. Разновидности химических элементов с различным числом электронов  
Г. Элементы с различным числом электронных уровней  
Д. Элементы с различным порядковым номером

### Ответы

- 1 – Б  
2 – В  
3 – Д  
4 – В  
5 – А  
6 – Г  
7 – В  
8 – А  
9 – Б  
10 – А