

**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 РАДИОЛОГИИ.  
РАДИОАКТИВНОСТЬ, РАДИОАКТИВНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,  
ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА. РАДИОНУКЛИДНАЯ  
ДИАГНОСТИКА**

**Учебное пособие для студентов 3 курса СОГМА**

**Владикавказ 2020г.**

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЛОГИИ. РАДИОАКТИВНОСТЬ, РАДИОАКТИВНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА. РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА учебное пособие - Северо – Осетинская Государственная Медицинская Академия.- Владикавказ, 2020г.

Данное учебное пособие посвящено радиоактивности и радиоактивным излучениям, их свойствам. Строению атома. Методам регистрации излучений, устройству радиодиагностической аппаратуры. Радио-нуклидной диагностике, ее принципам и диагностическим возможностям.

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)

Общая цель занятия: Иметь представление о радиоактивности и радиоактивных излучениях, их свойствах. Строение атома. Методы регистрации излучений, устройство радиодиагностической аппаратуры. Радио- нуклидная 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, гамматопо- графия, 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. Аинденбрaten Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология и рентгенология. М.: Медицина, 1993.
2. Аинденбрaten Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология. М., 2000.
3. Аинденбрaten Л.Д., Лясс Ф.М. «Медицинская радиология».
4. Лучевая диагностика: Учебник для вузов. / Под ред. проф. Г.Е. Труфанова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007.

### **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

рентгеновским 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 радио- нуклидных 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 <sup>44</sup> 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 <sup>4</sup> 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?**

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

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

- <sup>1</sup> 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