

Министерство здравоохранения Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра лучевой диагностики с курсом ФПКиП

Авторы:

А.М.Юрковский, зав. кафедрой, доктор мед. наук, доцент

М.А. Лихачевская, ассистент

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

для проведения практического занятия  
по учебной дисциплине  
Медицинская визуализация

для студентов 5 курса медико-диагностического факультета, обучающихся по  
специальности 1-79 01 04 «Медико-диагностическое дело»

Тема 4 «Методы и средства лучевой диагностики. Методы радионуклидной  
диагностики».

Время: 6 часов

Утверждены на заседании кафедры лучевой диагностики с курсом ФПКиП  
(протокол №7 от 06.02.2026).

**Учебная цель:**

- формирование у студентов профессиональных компетенций, необходимых для решения диагностических задач путем применения методов радионуклидной диагностики
- формирование у студентов знаний о лучевой семиотике наиболее распространенных заболеваний человека и принципах органно-комплексного применения методов радионуклидной диагностики
- уметь проводить базовую сердечно-легочную реанимацию и иные реанимационные мероприятия в случае возникновения осложнений при применении радиофармпрепаратов.

**Воспитательная цель:**

- развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны;
- научить соблюдать учебную и трудовую дисциплину, этические и деонтологические нормы и правила в диагностическом процессе;
- уметь применять основные модели взаимодействия врача и пациента;

**Задачи:**

1. Изучить структурную схему и основные элементы радионуклидной диагностической системы, организацию работы отделений (кабинетов) радионуклидной диагностики;
2. Радиофармацевтические препараты (РФП) для исследований *in vivo*. Методы детектирования. Критерии выбора РФП.
3. Изучить принципы противолучевой защиты и меры охраны труда при диагностическом использовании излучений;
4. Виды радионуклидных исследований;
5. Показания и противопоказания к радионуклидным исследованиям. Способы исследования *in vivo* и *in vitro*;
6. Анализ результатов радионуклидного исследования.
7. Научиться анализировать ренограммы;
8. Научиться анализировать сцинтиграммы: определять объект исследования и характер распределения в нем РФП.
9. Радионуклидные исследования на основе позитрон-излучающих нуклидов (ПЭТ);
10. Какие РФП наиболее широко используются при ПЭТ.

## **В результате проведения учебного занятия студент должен**

### **знать:**

- ~ лучевую анатомию и лучевую семиотику заболеваний наиболее часто встречающихся заболеваний;
- ~ принципы органно-комплексного применения методов радионуклидной диагностики;
- ~ реакции и осложнения при применении контрастных веществ, а также меры по предотвращению и лечению местных/системных реакций и осложнений.

### **уметь:**

- ~ определять показания и противопоказания к радионуклидному лучевому исследованию при различных заболеваниях;
- ~ подготавливать пациента к радионуклидному лучевому исследованию;
- ~ интерпретировать результаты радионуклидного лучевого исследования;
- ~ оказать первую помощь при острых побочных реакциях на введение контрастных веществ

### **владеть:**

- ~ навыками выбора радионуклидного метода визуализации;
- ~ навыками подготовки пациентов к лучевым радионуклидным исследованиям;
- ~ навыками интерпретации результатов радионуклидного лучевого исследования и, при необходимости, построения схемы дообследования;
- ~ навыками оказания первой помощи при возникновении острых побочных реакций на введение контрастных веществ.

**Мотивация для усвоения темы:** рейтинговая система оценки знаний

## **МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ**

Комплекты ренограмм, электронные средства демонстрации иллюстративного материала (интерактивная доска, телевизор, проектор), ультразвуковые сканеры.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН**

«Анатомия человека»:

- нормальная анатомия человека,
- половые и возрастные особенности

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое естественная радиоактивность. История развития метода.
2. Радиофармацевтические препараты (РФП) для исследований *in vivo*. Методы детектирования. Критерии выбора РФП.
3. Виды радионуклидных исследований;

4. Показания и противопоказания к радионуклидным исследованиям. Способы исследования *in vivo* и *in vitro*;
5. Основные принципы противолучевой защиты и меры охраны труда при диагностическом использовании излучений;
6. Радионуклидные исследования на основе позитрон-излучающих нуклидов (ПЭТ);
7. Какие РФП наиболее широко используются при ПЭТ;
8. Области применения ПЭТ КТ в медицине.
9. Преимущества и ограничения ПЭТ.

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Литература**

#### **Основная:**

1. Илясова, Е. Б. Лучевая диагностика: учебное пособие / Е. Б. Илясова, М. Л. Чехонацкая, В. Н. Приезжева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 432 с.
2. Трутень, В. П. Рентгенология: учебное пособие / В. П. Трутень. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. - 336 с.
3. Труфанов, Г. Е. Лучевая диагностика: учебник / Труфанов Г. Е. и др. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 484 с.
4. Лучевая диагностика и лучевая терапия: учебн. пособие / [А.И. Алешкевич [и др.]] – Минск : Новое знание, 2017. – 381 с.
5. Ермолицкий, Н. М. Радиационная безопасность в лучевой диагностике: учеб.-метод. пособие для студентов 3-5 курсов мед.-диагност. фак. мед. вузов / Н. М. Ермолицкий; УО «ГомГМУ», Каф. внутренних болезней № 3 с курсом лучевой диагностики и лучевой терапии. – Гомель: ГомГМУ, 2018. – 97 с.

#### **Дополнительная:**

6. Власов, Е. А. Томографическая (КТ и МРТ) анатомия центральной нервной системы человека [Атлас] / Е. А. Власов. – Москва : Издательский дом Видар-М, 2020. – 144 с.
7. (8). Жерко, О. М. Клиническая трансторакальная эхокардиография: практическое руководство для врачей / О. М. Жерко. – Минск : Альфа-книга, 2020. – 832с.
8. (9). Жерко, О. М. Ультразвуковая диагностика патологии сосудов: практическое руководство для врачей / О. М. Жерко. – Минск : Альфа-книга, 2019. – 688 с.
9. (10). Кармазановский, Г. Г. Динамическая мультиспиральная КТ: параметры и характеристики болюса контрастного вещества, примерные протоколы сканирования и их клиническое применение. Руководство для врачей лучевых диагностов / Г. Г. Кармазановский. – Москва : Издательский дом Видар-М, 2020. – 384 с.

10. (11). Морозов, С. П. Основы менеджмента медицинской визуализации / Морозов С. П. [и др. ] – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 432 с.

11. (13). Носенко, Е. М. Ультразвуковое исследование артерий и вен верхних конечностей / Е. М. Носенко, Н. С. Носенко, Л. В. Дадова. – Москва : Издательский дом Видар-М, 2020. – 240 с.

12. (14). Озерская, И. А. Руководство по ультразвуковой диагностике в акушерстве и гинекологии / И. А. Озерская. – Москва : МЕДпресс-информ, 2021. – 304 с.

## ДИДАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Содержание учебного материала:

Радионуклидная диагностика. Принцип получения изображения.

Структурная схема и основные элементы радионуклидной диагностической системы.

Радиофармацевтические препараты (РФП) для исследований *in vivo*.

Методы детектирования.

Показания и противопоказания к радионуклидным исследованиям.

Способы исследования *in vivo* и *in vitro*.

Анализ результатов радионуклидного исследования.

В основе радионуклидных методов диагностики лежит явление естественной радиоактивности, открытое в конце 19 столетия французским физиком Антуаном Анри Беккерелем. Этот ученый впервые показал, что некоторые элементы способны излучать «невидимые» лучи, которые подобно X-лучам засвечивают рентгеновскую пластину. В 1903 году Анри Беккерель, Пьер Кюри и Мария Складовская - Кюри были удостоены Нобелевской премии за исследование явления радиации. Излучение, обнаруженное Беккерелем, стали называть Беккерелевыми лучами. Излучение неоднородное и представлено 3 видами излучений:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -излучение.

**Радионуклидная диагностика** — визуализации органов и тканей путем внешней детекции ионизирующего излучения от введенного в организм радиоактивного индикатора — радиофармацевтического препарата.

**Радиофармацевтический препарат** — радиоактивные изотопы или их соединения с различными неорганическими или органическими веществами, предназначенные для медико-биологических исследований, радиоизотопной диагностики и лечения различных заболеваний.

**Критерии выбора радиофармацевтического препарата:**

- органотропность;
- низкая радиотоксичность при относительно высоких допустимых дозах;

- короткий период полураспада метки;
- оптимальная для визуализации энергия излучения.

**Принцип метода:** осуществляется внешняя регистрация радиоактивного излучения (**гамма-излучения**), испускаемого радиоактивным веществом (радиофармпрепаратом), введенным в организм пациента, с последующим отображением распределения изотопа в организме в виде проекции на плоскость.

**Гамма-излучение** — вид электромагнитного излучения с длиной волны  $< 2 \cdot 10^{-10}$  м (поэтому имеет ярко выраженные корпускулярные и слабо выраженные волновые свойства). Большую группу составляют радионуклидные исследования на основе  $\gamma$ -излучающих нуклидов.

Основной тип приборов, используемых для детекции гамма-излучения — **гамма-камеры**.

**Гамма-камера** — сцинтилляционная камера, в которой поглощенные или рассеянные гамма-кванты преобразуются в фотоны видимого излучения (световые вспышки), которые, в свою очередь, преобразуются в импульсы тока.

**Выделяют следующие виды изображений:**

- статические;
- динамические (результат сложения нескольких статических);
- томограммы;
- синхронизированные изображения.

**Статическая сцинтиграфия** — отображение распределения радиофармпрепарата в организме (в виде проекции на плоскость). Статические исследования проводятся путем записи одной плоскостной сцинтиграммы над определенной областью тела в течение времени, необходимого для накопления достаточного объема информации.

**Динамическая сцинтиграфия** — серия плоскостных изображений в течение определенного промежутка времени (применяется, когда необходимо оценить динамику накопления и выведения индикатора в органе или ткани).

Совершенствование гамма - камер и разработка программного обеспечения привело к созданию камер с функцией томографии, к созданию методики **однофотонной эмиссионной компьютерной томографии**.

**Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)** — метод получения радионуклидных изображений в виде томографических срезов в произвольных плоскостях (возможно формирование 3D изображения). ОФЭКТ можно отнести к статическим исследованиям, но в последнее время разработаны программы для динамической ОФЭКТ. Области применения ОФЭКТ:

- в онкологии (для выявления опухоли, для оценки эффективности лечения, для диф. диагностики, для выявления продолженного роста опухоли);
- в кардиологии-для выявления ишемии миокарда, некроза, для оценки жизнеспособности миокарда , оценки центральной гемодинамики;
- в пульмонологии - для выявления нарушений кровотока, для раннего выявления инфаркт – пневмонии;
- в гастроэнтерологии - для диагностики очаговых и диффузных заболеваний печени( опухолей, гепатитов, циррозов)
- для диагностики заболеваний щитовидной железы;
- для исследования скелета;
- в неврологии и нейрохирургии для выявления опухолей, перфузионная сцинтиграфия используется для определения регионарного кровотока.
- используется для диагностики воспалительных процессов. Преимущество –возможность исследовать все тело, при этом используются лейкоциты больного , меченные радионуклидом.

**Радионуклидные исследования на основе позитрон-излучающих нуклидов. Позитронно-эмиссионная томография – ПЭТ.**

### **Физические основы метода**

Ядро любого нуклида, способного к позитронному распаду, нестабильно из-за большего числа протонов, чем нейтронов. Для перехода в стабильное состояние ему необходимо избавиться от одного протона. Это происходит в виде реакции: протон  $\rightarrow$  позитрон (+) +нейтрино (0) + нейтрон (0). Получается стабильный атом, в котором число протонов равно числу электронов. Позитрон является продуктом этой реакции. Позитрон - это положительно заряженная частица с массой равной массе электрона. После эмиссии из ядра атома позитрон проходит в окружающих тканях 1-3мм и вступает во взаимодействие с электроном. В момент остановки в электронной оболочке атома позитрон соединяется с электроном, масса обеих частиц превращается в 2 высокоэнергетических  $\gamma$ - кванта, разлетающихся в строго противоположные стороны (аннигиляция).

**Принцип метода:** В позитронно-эмиссионном томографе происходит регистрация  $\gamma$ -квантов с помощью нескольких колец детекторов. Если два  $\gamma$ -кванта регистрируются одновременно двумя противоположно расположенными детекторами, то предполагается , что они возникли от аннигиляции вдоль линии, соединяющей эти детекторы. Этот принцип назван детекцией совпадений.  $\gamma$ -квант попадая на детектор вызывает вспышку, фотоэлектронные умножители (ФЭУ) переводят суммарную величину

вспышек в цифровой ряд, который выводится на дисплей. ПЭТ- система суммирует все линии ответов и по алгоритму подобно КТ реконструирует изображение. Получаются послойные изображения накопления РФП в исследуемой области или во всем теле, это дает возможность определить точную локализацию этих изменений.

**Предназначение метода** — количественная оценка распределения в организме соединений, меченных позитрон-излучающими радиофармпрепаратами и изучение метаболических процессов.

Для ПЭТ используются только ультракороткоживущие нуклиды. Период полураспада исчисляется минутами. Препарат готовится в специально предназначенном для этого циклотроне. Затем в радиохимической лаборатории присоединяют полученный нуклид к естественному метаболиту (углевод, аминокислота или жирная кислота). При ПЭТ используются РФП- естественные метаболиты, меченные радиоактивным кислородом, углеродом, азотом. Одной из особенностей опухолевых клеток является высокая скорость обмена веществ в них, именно поэтому в диагностике онкологических заболеваний используют радиоактивную глюкозу, которая необходима раковым клеткам для активного роста и питания. Это дает возможность визуальной оценки горячих точек, то есть тех участков, которые в наибольшей степени захватывают радиоактивный препарат.

В настоящее время используются гибридные технологии, позволяющие одновременно проводить 2 исследования и совмещать данные КТ и ПЭТ. Современные ПЭТ-КТ – сканеры позволяют.

### **Области применения ПЭТ КТ в медицине**

В онкологии - это один самых точных и информативных способов ранней диагностики рака. Позволяет дифференцировать новообразования, определять степень их распространения, выявлять метастазы на ранней стадии, проводить оценку эффективности лечения, находить наиболее активный участок опухоли для биопсии.

В кардиологии - исследование дает возможность оценить состояние сердечной мышцы, обнаружить участки с нарушенным кровообращением, выявить признаки не диагностированных вовремя инфарктов и ишемической болезни на ранней стадии.

В неврологии и психиатрии - без хирургического вмешательства врачам удастся регистрировать изменения, характерные для эпилепсии, болезней Паркинсона и Альцгеймера, рассеянного склероза и других сложных метаболических отклонений в головном мозге.

### **Преимущества ПЭТ:**

- создание высокого контраста патологических очагов;



- возможность получения изображений в пределах целой системы;
- вне конкуренции в отображении специфических метаболических изменений;
- применение короткоживущих радионуклидов делает метод практически безвредным.

### **Ограничения:**

- уступает другим методам в изображении морфологических деталей;
- непригодна для неотложной диагностики;
- работа с радионуклидами требует жесткого соблюдения правил радиационной безопасности, специального оборудования и дозиметрии.