

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА В.Ф. ВОЙНО-ЯСЕНЕЦКОГО»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Кафедра онкологии и лучевой терапии с курсом ПО**

Заведующий кафедрой

д.м.н., доцент Зуков Руслан Александрович

# **РЕФЕРАТ**

на тему:

## **Общие вопросы радионуклидной диагностики**

Выполнил:

клинический ординатор

Вязьмин Вадим Викторович

Проверил:

кафедральный руководитель ординатора

к.м.н., доцент Гаврилюк Дмитрий Владимирович

Красноярск, 2018

## **Оглавление**

1. Введение
2. Историческая справка
3. Принципы действия радионуклидной диагностики
4. Методы радионуклидных исследований
5. Радиофармпрепараты используемые в радиоизотопной диагностике
6. Регистрирующая аппаратура для радиодиагностических исследований
7. Основные направления применения радионуклидных методов диагностики в медицине
8. Заключение
9. Список использованной литературы

## **Введение**

Радионуклидная (радиоизотопная) диагностика включает в себя ряд методов получения изображения, отражающих распределение в организме меченных радионуклидами веществ.

Эти вещества называются радиофармпрепаратами (РФП) и предназначены для наблюдения и оценки физиологических функций отдельных внутренних органов.

Характер распределения РФП в организме определяется способами его введения, а также такими факторами, как величина кровотока объёма циркулирующей крови и наличием того или иного метаболического процесса.

## **Историческая справка**

Первое применение радиоактивных индикаторов относят к 1911 году и связывают с именем George de Hevesy. Молодой ученый, живший в дешевом пансионе, начал подозревать, что остатки пищи, которые он не доел, подавали ему вновь на следующий день. Он добавил радиоизотопный индикатор к несъеденной порции и с помощью детектора излучения доказал своей хозяйке, что дело обстоит именно так. Хозяйка выгнала молодого ученого из пансиона. Он же продолжал начатую работу, результатом которой стала Нобелевская премия за использование радионуклидов в качестве индикаторов в биологии.

В клинической практике – методы радионуклидной индикации были впервые использованы в 1927 г., когда Blumgart и Weiss применили газ радон для оценки гемодинамики у больных сердечной недостаточностью. Именно этот год можно считать датой рождения новой дисциплины – радионуклидной диагностики.

Особенно динамично радионуклидная диагностика начала развиваться, после того, как в 1963 г. Н.О. Anger разработал гамма – камеру – принципиально новый прибор для регистрации и получения радиоизотопных изображений. В последующие годы, используя гамма – камеру Anger как

прототип, ведущие мировые производители медицинской техники предложили на рынок множество самых разнообразных моделей для данного типа диагностики.

### **Принципы действия радионуклидной диагностики**

Радионуклидная диагностика заключается в анализе информации, полученной после введения в организм пациента определенного химического или биохимического соединения, меченного гамма – излучающим радионуклидом, с последующей регистрацией пространственно-временного распределения этого соединения в организме с помощью позиционно-чувствительного детектора гамма-излучения. Конечным результатом функциональных радионуклидных исследований является совокупность временных гистограмм (гамма-хронограмм). Полученные в лаборатории статические изображения изучаемого органа свидетельствуют о наличии и размере патологической области с аномальным распределением радиофармпрепарата.

Как уже упоминалось, изображения органов, избирательно концентрирующих препарат, получают методом сцинтиграфии. Пространственно – временная картина распределения радионуклида дает представление о топографии, форме и размерах органа, а также о наличии в нем патологических очагов. Радиоизотопная диагностика даёт менее чёткое изображение, чем КТ, ЯМР и УЗИ и имеет меньшее разрешение. Метод дает информацию о функциональной активности ткани.

Распределение радиофармпрепаратов зависит от кровотока и метаболической активности, поэтому методы ядерной медицины в большей степени направлены на функциональное исследование органов и систем, и в меньшей – на анализ их анатомо – морфологических особенностей. Этим методы ядерной медицины принципиально отличаются от рентгенологических и ультразвуковых методов исследования, которые фиксируют лишь анатомо-морфологические особенности органов или

тканей. Функциональные изменения, намного опережающие анатомические, делают методы ядерной медицины уникальными как в ранней диагностике заболеваний, так и при динамическом наблюдении, при этом разовая лучевая нагрузка на пациента приблизительно в 100 раз меньше, чем при обычном рентгенологическом обследовании.

### **Методы радионуклидных исследований**

Сцинтиграфия – самый распространенный метод радионуклидной визуализации. Исследование проводится с помощью гамма-камеры. Основным ее компонентом является дисковидный сцинтилляционный кристалл йодида натрия большого диаметра (около 60 см). Этот кристалл является детектором, улавливающим гамма-излучение, испускаемое РФП. Перед кристаллом со стороны пациента располагается специальное свинцовое защитное устройство – коллиматор, определяющий проекцию излучения на кристалл. Параллельно расположенные отверстия на коллиматоре способствуют проецированию на поверхность кристалла двухмерного отображения распределения РФП в масштабе 1:1. Гамма-фотоны при попадании на сцинтилляционный кристалл вызывают на нем вспышки света (сцинтилляции), которые передаются на фотоумножитель, генерирующий электрические сигналы. На основании регистрации этих сигналов реконструируется двухмерное проекционное изображение распределения РФП. Окончательное изображение может быть представлено в аналоговом формате на фотопленке. Однако большинство гамма-камер позволяет создавать и цифровые изображения.

Большинство сцинтиграфических исследований выполняются после внутривенного введения РФП.

При перфузионной сцинтиграфии легких используются меченные  $^{99m}\text{Tc}$  макроагрегаты альбумина или микросферы, которые задерживаются в мельчайших легочных артериолах.

Сцинтиграфия скелета выполняется с помощью меченных  $Tc^{99m}$  дифосфонатов, накапливающихся в метаболически активной костной ткани.

Для исследования печени применяют гепатобилисцинтиграфию и гепатосцинтиграфию. Первый метод изучает жёлчеобразовательную и желчевыведительную функцию печени и состояние желчевыводящих путей – их проходимость, накопительную и сократительную способность желчного пузыря, и представляет собой динамическое сцинтиграфическое исследование. В его основе лежит способность гепатоцитов поглощать из крови и транспортировать в составе желчи некоторые органические вещества. Гепатосцинтиграфия – статическая сцинтиграфия - позволяет оценить барьерную функцию печени и селезенки и основана на том, что звездчатые ретикулоциты печени и селезенки, очищая плазму, фагоцитируют частички коллоидного раствора РФП.

С целью исследования почек используются статическая и динамическая нефросцинтиграфия. Суть метода заключается в получении изображения почек благодаря фиксации в них нефротропных РФП.

Введение радиофармпрепаратов в кровеносное русло и наблюдение за продвижением их с помощью гамма-камеры дает возможность исследовать кровоток в различных отделах сердечно-сосудистой системы.

### **Радиофармпрепараты используемые в радиоизотопной диагностике**

Радиофармацевтическим препаратом (РФП) называют разрешенное для введения человеку с диагностической или лечебной целью химическое соединение, содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид. РФП должны отвечать определенным требованиям – иметь относительно короткий период полураспада, обладать низкой радиотоксичностью, соответствовать биологическим свойствам, иметь оптимальную энергию гамма-излучения. Оптимальными для ядерной медицины в плане радиационной безопасности является использование

короткоживущих гамма-излучающих нуклидов и ультракороткоживущих нуклидов. В настоящее время известно порядка 80 радионуклидов, которые используют для получения РФП, но практическое значение для изотопной диагностики имеют  $^{99m}\text{Tc}$ -технеций,  $^{123}\text{I}$ -йод, излучающие нуклиды таллия и радиоизотопы индия. По своим свойствам они признаны оптимальными для проведения исследований. РФП бывают органотропными, туморотропными, или специфическими, и соединения без выраженной селективности. РФП, как правило, вводят внутривенно (в некоторых случаях ингаляционно, перорально).

### **Регистрирующая аппаратура для радиодиагностических исследований**

Гамма-камера – основной инструмент современной радионуклидной диагностики. Гамма-камеры предназначены для визуализации и исследования кинетики радиофармпрепаратов во внутренних органах и физиологических системах организма пациента с целью ранней диагностики онкологических, сердечно-сосудистых и других заболеваний человека. Гамма-камеры применяются в лабораториях радиоизотопной диагностики городских клинических больниц, научно-исследовательских медицинских институтов, онкодиспансерах и других медицинских учреждений.

Помимо диагностических исследований щитовидной железы, почек, печени и желчного пузыря, головного мозга, легких, сердца и др., современные гамма-камеры должны обеспечивать сканирование всего тела пациента (скелета) и компьютерную томографию внутренних органов для получения трехмерной информации.

Современная гамма-камера содержит многоканальный коллиматор, кристалл  $\text{NaI(Tl)}$  с большой площадью поверхности, световод для оптической связи кристалла с гексагональной матрицей ФЭУ и блока аналоговых электронных устройств, обеспечивающих определение координат и амплитуд сигналов. Все указанный компоненты заключены в свинцовый экран

достаточной толщины, чтобы свести к минимуму фон от источников радиации, находящихся вне поля зрения камеры.

Коллиматор служит для селекции по направлению гамма-квантов, падающих на камеру. В коллиматоре с параллельными отверстиями (каналами) на сцинтиллятор попадают лишь те гамма-кванты, которые движутся перпендикулярно поверхности коллиматора. Коллиматор определяет также геометрическое поле зрения камеры и обуславливает пространственное разрешение и чувствительность всей системы. Для построения распределений радионуклидов с различной энергией гамма-излучения и достижения приемлемого компромисса между пространственным разрешением и чувствительностью применяют набор из коллиматоров нескольких типов. Помимо коллиматоров с параллельными отверстиями существуют и коллиматоры с единственным отверстием малого размера, предназначенные для визуализации малых, приповерхностных органов, а также коллиматоры со сходящимися или расходящимися отверстиями для получения изображений всего тела и органов средних размеров.

Сцинтилляционные кристаллы. В большинстве гамма-камер применяются тонкие (толщиной 6 – 12 мм) одиночные сцинтилляционные кристаллы иодистого натрия, активированного таллием NaI(Tl). Эти кристаллы большого диаметра (до 50 см) излучают свет в сине-зелёной области спектра (вблизи длины волны 415 нм), что согласуется со спектральной характеристикой стандартных бищелочных ФЭУ. Они характеризуются большим атомным номером и высокой плотностью, причём их линейный коэффициент поглощения излучения при энергии 150 кэВ составляет  $2,22\text{ см}^{-1}$ . Таким образом в кристалле толщиной около 10 мм поглощается 90%  $\gamma$ -квантов с энергией 150 кэВ. Время высвечивания для кристалла равно 230 нс, что позволяет достичь скоростей счёта порядка нескольких десятков тысяч отсчётов в секунду без изменения свойств сцинтиллятора. Кристалл NaI(Tl) имеет наибольший световой выход из всех

наиболее известных неорганических сцинтилляторов (табл.1) и хорошо пропускает собственное излучение. Несмотря на гигроскопичность и, следовательно, необходимость герметизации, этот кристалл практически незаменим при энергиях  $\gamma$ -излучения около 100 кэВ. Разрешение по энергии для тонких кристаллов NaI(Tl) составляет 10 – 12% при энергии 150 кэВ.

Фотоумножитель. Оптимальной конфигурацией с точки зрения плотной упаковки фотоумножительных трубок (с круглым или гексагональным сечением) на поверхности круглого сцинтилляционного кристалла является гексагональная матрица, состоящая из 7, 19, 37, 61 и т.д. ФЭУ. Спектральная характеристика фотокатода ФЭУ согласуется со спектром светового излучения сцинтиллятора путём введения бищелочных материалов (таких, как  $\text{SbK}_2\text{Cs}$ ). Фотоумножительные трубки тщательно подбираются по коэффициенту усиления с тем, чтобы упростить регулировку ФЭУ для получения однородного распределения чувствительности по поверхности сцинтиллятора при приложении высокого напряжения и регулировке усиления ФЭУ.

Блок аналоговых электронных устройств. Для получения позиционной информации от аналоговых выходных устройств фотоумножительных трубок используется ёмкостная (а в последнее время и резистивная) схема. По относительной интенсивности выходных сигналов определяют координаты  $x$  и  $y$  сцинтилляционного события и создают четыре сигнала ( $x^+$ ,  $x^-$ ,  $y^+$ ,  $y^-$ ) для формирования изображения на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) и (или) на запоминающем осциллографе.

Свинцовый экран. Чтобы свести к минимуму регистрацию паразитного излучения из областей вне поля зрения коллиматора, сцинтилляционный кристалл и электронные устройства гамма-камеры помещают в массивный свинцовый экран.

В настоящее время все ведущие производители и поставщики гамма-камер: Siemens, General Electric, Toshiba, Sopha Medical освоили

производство и поставляют модели гибридных устройств, где совмещаются гамма-камера с компьютерным томографом (ОФЭКТ/КТ).

### **Основные направления применения радионуклидных методов диагностики в медицине**

Методы радионуклидных исследований применяются во множестве областей медицины, наиболее часто используются в онкологии, эндокринологии, кардиологии, неврологии и уронефрологии.

### **Заключение**

Радионуклидное исследование дает возможность увидеть не только структуру органа, как например, при КТ или МРТ исследованиях, но и рассмотреть его на молекулярном уровне, понять, как он функционирует. Для каждой ткани существует свое вещество, которое доставляет гамма-кванты к нужному месту. Сколько органов и систем в нашем организме – столько и препаратов. Преимущество радионуклидной диагностики по сравнению с другими методами диагностики – в её высокой чувствительности, а применение новейших гибридных аппаратов позволяет нивелировать невысокую специфичность. Радионуклидная диагностика может использоваться для определения многих изменений и подходит для комплексного выявления различных проявлений болезней.

Подводя итог, следует отметить, что описанные методы диагностики не только имеют право на существование, но зачастую является незаменимыми в диагностике и выявлении патологий и взаимно дополняют такие методы диагностики как КТ и МРТ.

### **Список использованной литературы**

- 1.Г.Е. Труфанов (редактор). Лучевая диагностика. М.2007, стр.83-101.
- 2.Ю.Б. Лишманов, В.И. Чернов (редактора) Радионуклидная диагностика для практических врачей. Томск, 2004. 394 с.
- 3.С.К. Терновой (редактор). С.П.Паша, С.К. Терновой. Радионуклидная диагностика. М. 2008, 204 с