

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

Кафедра онкологии и лучевой терапии с курсом ПО

Заведующий кафедрой

д.м.н., доцент Зуков Руслан Александрович

РЕФЕРАТ на тему:

Радионуклидная диагностика щитовидной железы, печени и почек

Выполнил: клинический ординатор Хантаков Зяято Анатольевич.

Проверил: кафедральный руководитель ординатора

к.м.н., доцент Гаврилюк Дмитрий Владимирович

Красноярск, 2019

ВВЕДЕНИЕ

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ПЕЧЕНИ

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЧЕК

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Радионуклидная (радиоизотопная) диагностика — раздел радиологии, предмет изучения которого — использование радиоактивных изотопов и меченных ими соединений для распознавания заболеваний. Становление современной радиоизотопной диагностики обусловлено открытием искусственной радиоактивности (1934), определившим возможности получения радиоактивных препаратов (изотопов или их соединений), которые позволяют при введении их в организм (*in vivo*) или в биологические среды организма (*in vitro*) изучить состояние органов и систем в норме и патологии. Регистрация кинетики (во времени и пространстве) радиоактивных препаратов осуществляется методами радиометрии. Специальная аппаратура даёт возможность представить радиодиагностическую информацию в виде цифровых величин, графического изображения и картины пространственного распределения препарата в органах и системах (сцинтиграммы).

В основе методов радиоизотопной диагностики лежат следующие принципы:

1. оценка степени разведения радиоактивного препарата в жидких средах организма (определение объёма циркулирующей крови, водного обмена, обмена калия, натрия и др.)
2. определение изменения (во времени) уровня радиоактивности в органах и системах организма или очаге поражения (изучение центральной и периферической гемодинамики, гепатография, ренография, радиопневмография, определение внутритиреоидного этапа йодного обмена, изучение динамики относительного уровня фосфорного обмена в очаге поражения и др.)
3. визуализация распределения введённого в организм радиоактивного препарата (методы скенирования и гаммасцинтиграфии органов и систем:

головного мозга, щитовидной железы, лёгких, печени, почек, костного мозга, костей, лимфатической системы и др.)

4. определение выведения радиоактивных препаратов из организма или их перераспределения в его биологических средах (определение желудочно-кишечного кровотока, белково-связанного йода в крови, всасывания нейтральных жиров и др.)
5. взаимодействие «in vitro» меченых соединений с составными частями биологических сред организма (без введения радиоактивных препаратов в организм), в частности взаимодействие по типу «антиген-антитело» (определение тироксинсвязывающей способности сыворотки, концентрации различных гормонов в крови и др.).

Технологии радионуклидной диагностики являются функциональными и физиологичными (т.е. не влияющими на течение нормального или патологического процесса жизнедеятельности органа и системы, который они отражают).

В конце 20-х годов XX века впервые были использованы меченые соединения в клинической практике. Тогда Блумгарт и Вейз (Blumgart и Weiss) в 1927 г. опубликовали работы по использованию газа радона для определения гемодинамики у больных с сердечной недостаточностью.

Радионуклидная диагностика – это метод диагностики основанный на введении пациенту радиофармакологического препарата (РФП), обладающего следующими свойствами:

1. тропностью (сродством) к исследуемому органу или ткани (например, участие в метаболизме исследуемой ткани)
2. наличие радиоактивной метки, позволяющей определить динамику и количество накопившегося РФП с помощью внешнего датчика

Радиофармацевтическим препаратом называется химическое соединение, предназначенное для введения человеку с диагностической или лечебной целью и содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид.

Хорошей иллюстрацией использования радиоактивных веществ в медицине является закономерность распределения радиоактивного йода при различных заболеваниях щитовидной железы, проведенные в 1939 г. Гамильтоном (Hamilton).

Известно, что щитовидная железа непременно захватывает весь йод, попадающий в организм, независимо от пути проникновения. Пациенту было предложено принять внутрь раствор ^{131}I , радиоактивность которого была предварительно сосчитана счетчиком Гейгера и принята за 100%. Тем же счетчиком проводились измерения радиоактивности в области щитовидной железы через 2 часа, через 4 часа и через сутки после введения радиоактивного йода. Таким образом, была эмпирически определена норма накопления препарата в щитовидной железе. Если накопление произошло быстрее, то имеем дело с гиперфункцией щитовидной железы, а если накопление шло медленнее, чем в норме, то с гипофункцией.

Этот пример использования радиоактивного индикатора в клинических целях наглядно демонстрирует сущность и возможности радионуклидной диагностики. Несмотря на использование более совершенных регистраторов излучения, современных радиофармпрепаратов и радиоактивных меток, принцип регистрации и оценки накопления индикатора именно в функционирующей ткани остается неизменным.

Радиобиологи утверждают, что малые дозы ионизирующего излучения увеличивают среднюю продолжительность жизни в популяции и стимулируют умственные способности. Люди, работающие в области применения радионуклидов, отличаются неординарностью и быстрой мышления. Поэтому радионуклидная диагностика всегда находилась на передовых рубежах медицинской науки и техники.

Важным этапом развития радионуклидной диагностики стало техническое переоснащение регистрирующей аппаратуры, замена счетчиков Гейгера, характеризующимися длительным временем ионизации и деионизации (т.е. «мертвым» временем), на сцинтилляционные датчики. *Сцинтилляционный датчик представляет собой кристалл соли галогена и щелочного металла (чаще соль KI), активированного 3-х валентным таллием.*

При попадании γ -частицы электроны в атомах решетки переходят на метастабильный уровень. Когда электрон возвращается на низкоэнергетическую орбиту, выделяется энергия в виде кванта видимого света, (т.е. происходит сцинтилляция), который регистрируется фотоэлектронным умножителем (ФЭУ). «Мертвое» время сцинтилляционного датчика равно времени перехода электрона на метастабильный уровень и обратно и сравнимо со временем задержки электромагнитного импульса в электрических цепях.

В середине 50-х годов XX века, с развитием атомной промышленности, появилась возможность производить в достаточных количествах различные радионуклиды, что привело к расширению ассортимента органотропных радиофармпрепаратов. В это же время совершенствовались и радиометрические приборы.

Так появилась возможность ввести радиоактивную метку в гиппуровую кислоту, которая традиционно использовалась для определения функционального состояния канальцевого аппарата почек. Для определения функции почек гиппуровую кислоту вводили пациенту и наблюдали динамику ее появления в моче.

При введении меченого гиппурана и внешней радиометрии отдельно каждой из почек к датчику двухканального радиометра присоединяли самописец, который регистрировал изменение радиоактивности во времени. Получали две кривые, которые представляли собой суммарный график накопления и выведения препарата каждой из почек – ренограммы. Изменение формы и высоты кривых характеризовали ту или иную патологию. Описанная методика представляет собой классический случай динамического, так называемого функционального, исследования.

Следующим этапом в развитии радионуклидной визуализации стало создание сканера. Было предложено измерять радиоактивность, перемещая датчик радиометра по прямой линии вдоль исследуемого органа, останавливаясь на определенное время счета через равные значения расстояния, при этом получался линейный срез. Далее датчик перемещался на одно значение расстояния перпендикулярно предыдущему передвижению и снова двигался параллельно первой прямой. Подобное движение повторялось последовательно до получения полного изображения проекции органа. Такая совокупность линейных срезов или сканов получила название сканограммы, а метод – сканирование.

Создание новых приборов стимулировало создание новых радиофармпрепаратов. Появилась возможность для визуализации на сканере различных органов: щитовидной железы с ^{131}I , печени с ^{197}Au , почек с ^{169}Yb , сердца с ^{201}Tl , легких с ^{133}Xe , поджелудочной железы с ^{75}Se , и т.д. При отсутствии ультразвуковой диагностики и компьютерной томографии радионуклидное сканирование являлось единственным методом визуализации очагового поражения органов и тканей.

Большинство из перечисленных радиофармпрепаратов имело повышенную радиотоксичность, в основном из-за большего периода полураспада (max у ^{75}Se – 121 день). Оптимальным для проведения исследования являлся бы препарат с наименьшим периодом полураспада, идеально несколько часов или минут. Такие препараты практически не могли быть использованы на практике, т.к. для того, чтобы доставить необходимую для введения дозу от производителя до пользователя, приходится вывозить дозы препарата превышающие предельно допустимые уровни во много раз.

Эта, на первый взгляд, не имеющая решения проблема была снята с помощью использования генераторов радиоактивных изотопов. Принцип работы генератора основывается на том, что распад некоторых нестабильных элементов заканчивается не образованием стабильного изотопа, а созданием дочернего, нового нестабильного элемента.

В медицинской диагностической практике используются чаще всего две генераторные пары $^{113}\text{Sn} - ^{113\text{m}}\text{In}$ и $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$. В России чаще работают с радиоактивным изотопом $^{99\text{m}}\text{Tc}$, имеющим идеальный для сцинтиграфии моноэнергетический спектр гамма излучения 140 кэВ и период полураспада - 6 часов. Для его получения используется ^{99}Mo – период полураспада ~ 7 суток.

Технологически $^{99}\text{MoO}_4^{2-}$ прочно соединяется с сорбентом – окисью алюминия и опускается в стеклянную колонку, заполненную стерильным физиологическим раствором. При этом оксид молибдена ($^{99}\text{MoO}_4^{2-}$) остается жестко присоединенным к сорбенту, и в результате β^- - распада превращается в водорастворимый оксид технеция ($^{99\text{m}}\text{TcO}_4^{2-}$), который оказывается в растворе в виде пертехнетата натрия – $\text{Na}^+(\text{^{99m}TcO}_4)^-$. В медицинское учреждение привозят генератор с находящимся внутри защитного контейнера молибденом $^{99}\text{MoO}_4^{2-}$, из которого в течение недели и более, непосредственно на рабочем месте, можно получать соединения технеция $^{99\text{m}}\text{Tc}$ с периодом полураспада всего 6 часов.

Таким образом, создаются условия для минимальной лучевой нагрузки на пациента. Период полураспада радиоактивной метки всего 6 часов, т.е., если бы

препарат вообще не выводился из организма, то через 6 часов его осталась половина, через 12 часов $\frac{1}{4}$, через 18 – $\frac{1}{8}$ и через сутки $\frac{1}{16}$ часть от введенной дозы – значения близкие к естественному фону.

С учетом биологического выведения препарата (в случае с исследованием почек биологическое полувыведение – 15 минут) лучевые нагрузки на пациента невелики и в большинстве исследований не превышают облучение при флюорографии.

Технеций является радионуклидной меткой, общей для различных радиофармпрепаратов. Многие фирмы, в том числе и в России, производят леофилизированные химические наборы для приготовления технециевых радиофармпрепаратов. Большинство из них требует только добавления перхенетата, который после растворения леофилизата жестко соединяется с химическим веществом, тропным для того или иного органа.

В настоящее время радиоактивные генераторы практически вытеснили другие радиоактивные изотопы из клинической практики. Развитие химии радиофармпрепаратов идет по пути создания новых наборов для ^{99m}Tc . За прошедшие несколько лет в России прошли клинические испытания и допущены к применению препараты Российского производства: *^{99m}Tc -макротех – для исследования легочного кровотока, ^{99m}Tc -теоксим – для исследования перфузии головного мозга, ^{99m}Tc -технетрил – для исследования перфузии миокарда. Практически завершены клинические испытания препарата ^{99m}Tc -глюкорат, который является маркером некроза и может быть использован для визуализации инфарктных зон сердца.*

В конце 60-х, начале 70-х годов XX века бурное развитие технологии создания крупных кристаллов, химии полимеров и радиоэлектроники позволили создать качественно новый вид радиометрического прибора – гамма-камеру. Проблема заключалась в том, что для ее создания требовался кристалл KI большего диаметра, с тщательно отполированными параллельными стенками, полностью изолированный от воздушной среды. Соль KI является исключительно гигроскопичной, при контакте с воздухом впитывает находящиеся там пары воды, и теряет свои оптические свойства. Сложность заключалась в создании и напылении на кристалл прозрачной полимерной пленки, коэффициент преломления которой был бы равен коэффициенту преломления кристалла. Поверх кристалла на специальной смазке (для полного оптического контакта) устанавливались фотоэлектронные умножители для регистрации сцинтилляционных вспышек.

При попадании γ -частицы кристалл засвечивается целиком, но с разной интенсивностью, наибольшей в месте попадания частицы. Несложная плечевая электронная схема опроса ФЭУ позволяет определить координаты попадания частицы и вывести их на дисплей прибора. Изображения полученные на гамма-камере получили название сцинтиграмм, а метод – сцинтиграфии.

На первых гамма-камерах регистрация количества частиц происходила за счет длительного «запоминающего» свечения люминофора дисплея. С развитием компьютерной техники все гамма-камеры снабжались компьютерами, где сразу же были созданы программы обработки изображения. Бурное развитие

компьютерной техники в 80-е годы привело к созданию новых систем обработки сцинтиграмм, в частности к созданию эмиссионного компьютерного томографа.

Эмиссионный компьютерный томограф представляет собой гамма-камеру, детектор которой имеет возможность вращаться вокруг стола с пациентом, делая несколько кадров под различными углами наклона. Компьютерная программа реконструирует срезы в любом направлении и любой толщины и дает возможность получить объемное изображение исследуемого органа.

Новейшим достижением развития радионуклидной диагностики стало создание позитронного эмиссионного томографа (ПЭТ). Регистрирующее устройство – детекторы позитронного эмиссионного томографа – по принципу действия мало, чем отличается от регистрирующего устройства обычной 2-х детекторной гамма-камеры. Сам же позитрон сразу же после излучения аннигилирует с электроном, испуская при этом два фотона,двигающихся строго в противоположных направлениях. Регистрируются только те частицы, которые одновременно попали в идентичные координаты обоих детекторов. Это позволяет значительно увеличить разрешающую способность прибора при введении меньших доз радиофармпрепарата. Кроме того, большинство используемых позитронных излучателей имеют период полураспада не более нескольких минут, что позволяет значительно снизить лучевую нагрузку на пациента.

К сожалению, небольшой период полураспада не позволяет перевозить позитронные радиофармпрепараты на большие расстояния, и рядом с позитронным эмиссионным томографом обязательно должен находиться циклотрон для получения соответствующих радиоактивных изотопов. На позитронном эмиссионном томографе можно исследовать сложные процессы метаболизма, диагностировать новообразования и т.д.

Приборы регистрирующие излучения от РФП в процессе исследования:

- **Лабораторные радиометры** (для регистрации активности различных биопроб и образцов)
- **Медицинские радиометры** (для измерения активности от всего тела или отдельного органа)
- **Радиографы** (для регистрации графиков изменений содержания РФП в органах и системах)
- **Сканеры** (для регистрации накопления РФП в органах и тканях в виде изображения)
- **Профильные сканеры** (для регистрации графиков накопления РФП в органах и тканях)
- **Сцинтилляционные камеры** (для регистрации динамики накопления и распределения РФП в органах и тканях)

В настоящее время широко используются комбинации приборов ПЭТ – КТ, ОФЭКТ – КТ, ПЭТ – МРТ, позволяющие при наложении изображения точно определить локализацию поражения.

С помощью радионуклидной диагностики можно исследовать практически любой орган или ткань организма, а некоторые из них несколькими способами. При четко поставленной задаче и непрерывно действующей обратной связи между врачом-радиологом и врачами клинических отделений, возможности радионуклидной

диагностики практически безграничны, а помощь в постановке сложных диагнозов неопределима.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Сканирование и сцинтиграфия щитовидной железы - методы, в основе которых лежит получение изображения органа в момент максимального накопления в нем радиоактивного изотопа (при сканировании - штриховое цветное изображение на бумаге, при сцинтиграфии - цветное изображение на мониторе компьютера).

Сканирование щитовидной железы с использованием изотопов йода — одно и самых старых исследований в ядерной медицине. Многие другие радиоизотопные исследования, которые предлагались после сцинтиграфии щитовидной железы с ^{131}I , описанной В. Cassen и др. в 1951 году, например, сцинтиграфия печени, селезенки и костного мозга, к настоящему времени устарели, тогда как сканирование щитовидной железы до сих пор является одним из самых частых рутинных обследований, которые проводятся в радиоизотопных отделениях. Наиболее важная причина этого заключается в том, что результаты сканирования с ^{123}I или ^{131}I существенным образом отражаются на лечении заболеваний щитовидной железы. Так, если бы не существовал такой метод лечения, как терапия ^{131}I , сканирование с этим изотопом было бы давно вытеснено из клинической практики другими методами. Более новые и многообещающие методики, которые появились в последнее время, также потенциально совмещают в себе возможности визуализации и лечения при помощи одного и того же радиофармпрепарата. С развитием этого направления, в частности с прогрессом в области использования радиоактивно-меченных пептидов, связывают перспективы лечения рака щитовидной железы.

Радионуклидная диагностика основана на возможности качественной и количественной регистрации излучений от радиофармацевтических препаратов (РФП), а также радиометрии биологических проб. Радионуклиды и их соединения подбираются таким образом, чтобы их поведение в организме человека не отличалось от поведения естественных веществ, а значит, отличие будет только в возможности давать излучение, т.е. «выдавать» свое местонахождение, количество и динамику содержания. Каждый РФП утверждается для использования Минздравом только после тщательных испытаний. Среди большого числа радионуклидов «зеленый свет» для диагностики получили лишь немногие: $\text{Tc-}^{99\text{m}}$, $\text{In-}^{113\text{m}}$, I-^{131} , I-^{125} , Se-^{75} , In-^{111} , Xe-^{133} , Au-^{198} , Hg-^{197} . Из них наиболее часто используются лишь первые два: Технеций- $^{99\text{m}}$ и Индий- $^{113\text{m}}$. Они – чистые гамма-излучатели (что и необходимо для эффективного исследования при минимальной дозе облучения) и их получают непосредственно перед исследованием в специальных генераторах. Лучевую безопасность при этом обеспечивает расчет оптимальной активности вводимого радионуклида. Активность подбирается таким образом, чтобы ее как раз хватило на проведение исследования. Дозы облучения пациента при этом четко регламентированы. В настоящее время широкое распространение получил изотоп Технеций- $^{99\text{m}}$, который, подобно йоду, обладает способностью избирательно накапливаться в щитовидной железе, не включаясь при этом в обмен йода в организме, что делает его диагностически более ценным.

Основные показания для его применения:

- определение функциональной активности узлов в щитовидной железе;
- нетипичное расположение щитовидной железы.

Радионуклидное сканирование нашло широкое клиническое применение при различных заболеваниях щитовидной железы. Сканограмма представляет собой плоскостное изображение щитовидной железы, отражающее ее положение, форму, размеры и в определенной степени функциональное состояние по локализованному в железе нуклиду.

В процессе сканирования и сцинтиграфии щитовидной железы определяются равномерное распространение изотопа при диффузном зобе и наличие так называемых "теплых" или "холодных" узлов при различных формах узлового эндемического зоба ("теплые" узлы пальпируются, но не выявляются на изображении, "холодные" накапливают радиоактивный изотоп в меньшей степени, чем нормальная ткань, или вообще не накапливают). Частота встречаемости злокачественной опухоли в этих "узлах" достигает 5-8 %.

Функциональная активность ткани щитовидной железы определяется интенсивностью штриховки или характером окраски (на цветных сканерах). В практическом отношении чрезвычайно важно, что по характеру распределения радиофармпрепарата в различных участках железы можно диагностировать наличие в железе узлов и определить их функциональную активность.

Надо отметить, что возможности радионуклидных исследований щитовидной железы за последние годы заметно возросли. Это связано, с одной стороны, с использованием новых радиофармпрепаратов, а с другой - с появлением новой, более совершенной аппаратуры - сцинтиляционных камер, позволяющих регистрировать изображение в различных режимах (динамическая серийная и статическая полипозиционная запись), одновременно использовать несколько нуклидов, а также проводить количественную обработку сцинтиграмм, что заметно влияет на точность результатов.

В большинстве лабораторий в настоящее время используется полипозиционная сцинтиграфия щитовидной железы.

Несмотря на огромный клинический опыт, накопленный в отношении сканирования щитовидной железы, значение этого метода в диагностике различных заболеваний щитовидной железы еще не определено. Одним из основных показаний для проведения этого исследования является наличие узла в щитовидной железе. В результате исследования возможны следующие варианты: узел не накапливает нуклид ("холодный" узел); узел активно накапливает нуклид ("горячий" узел); узел накапливает нуклид, но слабее, чем окружающая ткань ("теплый" узел).

Существует прочно укоренившееся мнение о том, что так как среди "холодных" узлов часто наблюдаются злокачественные опухоли щитовидной железы, то подобная сканографическая картина является достаточно веским показанием для обязательного и возможно скорого оперативного вмешательства.

Действительно, наиболее часто встречающиеся папиллярные карциномы щитовидной железы плохо накапливают радиоактивный йод и на сканограмме соответственно проекции опухолевого узла имеется дефект накопления нуклида.

Несмотря на это, ценность радионуклидного сканирования в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных новообразований щитовидной железы невелика. Дело в том, что доброкачественные процессы (узловой нетоксический зоб, аденома) в большинстве случаев дают точно такую же сканографическую картину, что и злокачественные опухоли. Небольшие карциномы (менее 1 см) вообще не распознаются сканографически.

Очаги повышенного накопления нуклида ("горячие" узлы) характерны как для токсических аденом, так и для некоторых форм дифференцированного рака (фолликулярный рак). Сканографическая картина при аутоиммунном тиреоидите характеризуется диффузным снижением накопления нуклида и напоминает картину низкодифференцированной карциномы щитовидной железы.

Как было отмечено, сцинтиграфия не позволяет дифференцировать природу узла. В этом отношении перспективно сопоставление данных сцинтиграфии и УЗИ. Сцинтиграмма дает представление о размерах, форме и функциональной активности органа, а эхограмма позволяет судить о физической структуре органа (плотная, жидкая среда). Сочетанное применение этих методов может оказаться очень полезным для дифференциальной диагностики зоба (кисты) и карциномы.

Сканирование щитовидной железы является очень информативным методом исследования больных, ранее оперированных на щитовидной железе. Это единственный объективный метод, позволяющий судить об объеме ранее произведенной операции и размерах оставшейся ткани железы. Такого рода сведения особенно важны у больных, оперированных по поводу злокачественных новообразований щитовидной железы, когда планируется повторное оперативное вмешательство в связи с рецидивом или развитием метастазов, решается вопрос о возможности лечения радиоактивным йодом или оцениваются результаты такого лечения.

Метод очень ценен при планировании лечения радиоактивным йодом по поводу гематогенных метастазов (в костях, легких). При этом следует отметить, что метастазы фолликулярного (и смешанного папиллярно-фолликулярного) рака щитовидной железы при наличии функционирующей ткани щитовидной железы не накапливают йод. Однако после экстирпации щитовидной железы метастазы обычно начинают накапливать нуклид. Максимум накопления радиоактивного йода в отдаленных метастазах наблюдается через 3 мес после удаления первичной опухоли.

Метод радионуклидного сканирования очень важен при распознавании дистопированной ткани щитовидной железы и развившихся из нее новообразований (загрудинная, внутригрудная, язычная локализации). В таких случаях радионуклидное исследование - единственный достоверный способ доказать тиреоидную природу образования.

При диффузном увеличении щитовидной железы сканирование дает представление только о размерах железы и характере распределения в ней нуклида. Таким образом, по сканограмме можно судить о функциональном состоянии железы. Однако вряд ли целесообразно таким образом оценивать функциональное состояние железы, когда есть возможность более точного прямого исследования содержания тиреоидных гормонов в крови.

Следует подчеркнуть, что радионуклидное сканирование нельзя считать совершенно невинным методом исследования. Его полная безопасность - кажущаяся. В литературе нет убедительных данных, позволяющих связать возникновение злокачественной опухоли щитовидной железы с ранее выполненным изотопным сканированием. Тем не менее высокая радиочувствительность тиреоидного эпителия, возможность развития радиоиндуцированных карцином при очень низких дозах облучения заставляют очень серьезно относиться ко всякой, даже минимальной лучевой нагрузке на щитовидную железу и по возможности избегать ее, особенно у молодых пациентов. Повторные радионуклидные исследования у неонкологических пациентов должны быть веско аргументированы.

В настоящее время имеется отчетливая тенденция к применению максимально безопасных для пациента методов исследования, среди которых все большее значение приобретает ультразвуковое исследование щитовидной железы.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ПЕЧЕНИ

Радионуклидные методы исследования применяют для выявления морфологических изменений в печени, а также для оценки функции этого органа. В зависимости от целей исследования в клинике используют следующие методики:

1. гепатография — для изучения поглотительной и выделительной функции печени;
2. радиопортография — для исследования портального кровообращения;
3. радионуклидное сканирование печени — для исследования портального кровообращения;

Большим преимуществом методов радионуклидного исследования является их полная безопасность для пациента: величина лучевой нагрузки в большинстве случаев несоизмеримо меньше, чем при обычном рентгенологическом исследовании.

Гепатография применяется для изучения поглотительной и выделительной функции печени с помощью радиоактивного препарата, вводимого в вену. Для исследования чаще используют бенгальскую розовую, меченную ^{131}I . Около 95% препарата, вводимого в кровоток, захватывается гепатоцитами и с желчью выделяется в тонкий кишечник.

Бенгальскую розовую, меченную ^{131}I , вводят внутривенно в дозе 0,2 мкКи на 1 кг массы тела. Для измерения радиоактивного излучения над областью сердца, печени и тонкого кишечника (в области пупка) устанавливают три датчика. Это позволяет зарегистрировать кривые изменения радиоактивности крови, печени и тонкого кишечника. Непрерывную запись осуществляют в течение 60–90 минут.

На кривой изменения радиоактивности, зарегистрированной над областью печени (рис. 5.38), можно видеть восходящее колено гепатограммы, которое после достижения максимума радиоактивности плавно переходит в плато, а затем в нисходящее колено. Восходящая часть кривой отражает в основном скорость

кровотока в печени и ее поглотительную способность, а нисходящая часть — выделительную функцию печени и скорость экскреции препарата в тонкий кишечник.

В норме полупериод поглощения изотопа печенью составляет 8–16 мин, выведения — 75 мин; максимум поглощения наступает через 20–30 мин после введения препарата, а продолжительность плато не превышает 6–9 мин. Существенное изменение этих показателей выявляется при различных заболеваниях печени, сопровождающихся снижением поглотительной и выделительной функции гепатоцитов и (или) нарушением оттока желчи по внутрипеченочной и внепеченочной билиарной системе.

Для *диффузных заболеваний печени* (острые и хронические гепатиты, циррозы печени и др.) характерно замедление как поглощения, так и выведения радиоактивного изотопа: кривые имеют более пологий и длительный подъем и спуск, позднее наступает максимум радиоактивности, увеличивается продолжительность плато гепатограммы. У больных холестатическим гепатитом и первичным билиарным циррозом печени наиболее значительно поражается выделительная функция печени.

При различных вариантах *механической желтухи*, обусловленной обтурацией внепеченочных желчных путей, наблюдается удлинение преимущественно нисходящего колена гепатограммы, тогда как восходящее колено кривой и время достижения максимума радиоактивности почти не изменяются.

Радиопортография. Внутривенная радиопортография — это метод радионуклидного исследования состояния портального кровообращения с помощью вводимого внутривенно альбумина человеческой сыворотки, меченного ^{131}I . Специальные датчики, установленные над областью сердца и печени, позволяют зарегистрировать соответствующие кривые изменения радиоактивности. Для характеристики портального кровообращения рассчитывают так называемое кардиопортальное время — время от пика кривой активности, зарегистрированной над областью сердца, до максимального подъема кривой активности над печенью. В норме оно составляет 23–29 с. Значительное удлинение кардиопортального времени наблюдается при хронических гепатитах, циррозах печени и других заболеваниях, сопровождающихся нарушением портального кровообращения, а также при тромбозе воротной вены.

Более информативно, хотя и более сложно, прямое исследование портального кровообращения при внутриселезеночном введении радиоактивного ^{131}I -гиппурана (*метод внутриселезеночной радиопортографии*). Для этой цели под местной анестезией производят пункцию селезенки и вводят радиоактивный препарат внутриселезеночно. По кривым изменения радиоактивности рассчитывают так называемое селезеночно-печеночное время, отражающее скорость кровотока по селезеночной и портальной венам (в норме 2–6 с), а также продолжительность плато кривой активности над печенью, которое характеризует время прохождения крови по печени. При различных заболеваниях, сопровождающихся нарушением портального кровообращения, значительно увеличиваются как селезеночно-портальное время (более 6 с), так и продолжительность плато радиоактивности над областью печени.

Наконец, для количественного определения кровотока в печени применяют метод внутривенного введения коллоидного золота ^{198}Au , которое поглощается преимущественно ретикулоэндотелиальными клетками печени. При этом скорость и характер такого поглощения также зависят от состояния портального кровообращения. В норме величина печеночного кровотока составляет у мужчин 1,5–1,8 л/мин. При диффузных заболеваниях печени величина этого показателя существенно снижается.

Радионуклидное сканирование печени — это достаточно информативный метод оценки величины, формы и структуры печени и селезенки путем изучения характера распределения радионуклидов в ткани этих органов. Для исследования чаще используют раствор коллоидного золота ^{198}Au , которое после внутривенного введения избирательно поглощается ретикулоэндотелиальными клетками печени. Применяются также другие радионуклидные препараты (^{131}I -бенгальская розовая, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -коллоид и др.). После внутривенного введения радиоактивного препарата в течение 60–90 мин регистрируют динамику его накопления в печени и селезенке, используя специальные гамма-камеры, позволяющие визуализировать распределение радионуклидов в этих органах.

На сканограммах нормальной печени максимальное накопление радионуклида определяется в центре правой доли, меньшее — в левой доле и по периферии органа (рис. 5.39). Нормальная селезенка при исследовании с ^{198}Au не визуализируется.

При *очаговых поражениях печени* (эхинококкоз, абсцесс, первичный и метастатический рак печени, доброкачественная опухоль, посттравматическая гематома печени и др.) на сканограммах выявляются дефекты накопления препарата (рис. 5.40). Следует помнить, однако, что разрешающая способность радионуклидного сканирования в выявлении очаговых образований печени ниже, чем при компьютерной томографии: хорошо визуализируются только очаги, размеры которых превышают 30–40 мм. В этих случаях чувствительность метода составляет 65–90%.

При *диффузных поражениях печени* (гепатиты, жировой гепатоз, циррозы печени) на сканограммах выявляется увеличение (реже уменьшение) размеров печени, нарушение ее конфигурации, снижение контрастности изображения и, в ряде случаев, неравномерность распределения радионуклидов.

В большинстве случаев для циррозов печени характерно неравномерное увеличение правой и левой долей печени. Чаще в большей степени увеличивается левая доля, причем такое нарушение конфигурации органа сохраняется даже при значительном уменьшении общих размеров печени. При хронических гепатитах и жировом гепатозе также отмечается увеличение печени, но форма и конфигурация органа в целом не изменяются.

При мелкоузловом и крупноузловом циррозах печени отмечается более или менее выраженная неравномерность распределения изотопа в ткани печени. Радионуклид почти полностью отсутствует по периферии органа. Нередко зоны плотной штриховки чередуются с участками почти полного ее отсутствия.

При всех формах цирроза печени наблюдается также повышенное накопление ^{198}Au в селезенке, что нехарактерно для больных с хроническим гепатитом и жировым гепатозом.

Наконец, при всех формах диффузного поражения печени выявляется снижение контрастности изображения, обусловленное уменьшением поглощения изотопов клетками печени, отражающее снижение ее функции.

Важные факты:

1. При *очаговых образованиях печени*, размеры которых превышают 30–40 мм, на сканограммах определяются дефекты накопления радионуклидов. 2. При *хронических гепатитах и жировом гепатозе* на сканограммах заметно увеличение размеров печени без значительного изменения формы и конфигурации органа, а также снижение поглощения радиоактивного препарата. При исследовании с ^{198}Au селезенка, как правило, не визуализируется. 3. При *циррозах печени* чаще выявляется неодинаковое увеличение размеров правой и особенно левой доли печени, неравномерность распределения радионуклида в ткани печени, снижение контрастности изображения за счет уменьшения поглощения изотопа клетками печени, а также более или менее выраженное накопление изотопа в селезенке.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЧЕК

Радионуклидное исследование почек может быть использовано для оценки анатомо-топографического расположения органа, структуры, изучения почечного кровотока и функции почек. В качестве РФП используют различные радионуклиды. С подозрением на объемный процесс почки целесообразней выполнять исследование с $^{99\text{Tc}}$ или с ^{113}In . В зависимости от времени исследования от начала можно получить информацию о структуре почек и их функции. Для оценки функциональных резервов почек применяется динамическая реносцинтиграфия с ^{131}J -гиппуран, $^{99\text{Tc}}$ или другими РФП.

Визуализация почек (динамическая реносцинтиграфия) — простой и точный метод одновременной оценки функционального и анатомотопографического состояния мочевыводящей системы. В основу положена регистрация транспорта нефротропного РФП и последующий расчет параметров, объективизирующих два последовательных этапа.

Анализ сосудистой фазы (ангиофазы) направлен на оценку симметричности прохождения «болюса» по почечным артериям и относительных объемов крови, поступающих к каждой почке в единицу времени. Анализ паренхиматозной фазы предусматривает характеристику относительной функции почек (вклад в суммарную очистительную способность) и времени прохождения РФП через каждую почку или ее отделы. Клиническая интерпретация в значительной степени определяется механизмом элиминации РФП. В методах динамической визуализации могут быть использованы два вида РФП:

- гломерулотропные (производные ДТПА), практически полностью фильтруются клубочками и отражают состояние и скорость клубочковой фильтрации;

- тубулотропные (аналоги гиппурана) секретируются эпителием проксимальных канальцев и отражают состояние канальцевой секреции, а также эффективного почечного кровотока.

Препарат для оценки почечного кровотока у пациента с распространенным атеросклерозом и почечной недостаточностью - ДТПА в режиме динамического наблюдения за сосудами. Анализ основывается на определении интенсивности и симметричности изображений почек. Наибольшая активность в почке должна быть зарегистрирована не позднее чем через 3 с после максимальной активности, отмеченной в аорте. Показания к применению МАГ-3 аналогичны показаниям к применению ДТПА, однако МАГ-3 получил большее распространение в педиатрической практике в связи с тем, что этот препарат сравнительно меньше захватывается печенью и селезенкой и позволяет более точно оценить функцию почек.

Препарат для уточнения распространения рубцовой ткани в почечной паренхиме у ребенка с пиелонефритом в анамнезе – ДМЯК, позволяет определить детали анатомического строения, так как накапливается в почках в течение нескольких часов. Отсроченные изображения позволяют лучше визуализировать кору почки. ДМЯК применяется также для исследования коры почки последовательно, через промежутки времени.

Показания к исследованию включают урологическую и нефрологическую патологию, а также заболевания, где почки являются органами-мишенями.

При различных клинических ситуациях может меняться как форма кривых, так и их количественные характеристики. Следует, однако, подчеркнуть, что характер и величины изменений малоспецифичны для конкретной патологии и прежде всего отражают тяжесть патологического процесса. Наибольшая информативность реносцинтиграфии проявляется при дифференциации одно- или двустороннего поражения почек.

Ведущий признак, определяющий сторону поражения, — асимметрия амплитудно-временных характеристик ангиоцефросцинтиграмм. Асимметрия сосудистых параметров, и прежде всего выраженная разница времени поступления РФП в почечные артерии, — один из критериев стеноза почечной артерии.

Симметричность изменений паренхиматозной функции более характерна, в частности, для гломерулонефрита; асимметрия — довольно постоянный признак пиелонефрита не только при одно-, но и при двустороннем процессе.

Аналогичные изменения могут сопровождать различные варианты аномалий почек и верхних мочевых путей (нефроптоз, удвоение собирательной системы, гидронефроз).

Статическая сцинтиграфия почек - проводится на гамма-камере МВ-9200 Венгерской фирмы «Гамма» после внутривенного введения минимальной активности радиоактивного препарата Тс-99м-техномек.

Применяется для изучения анатомо-топографических особенностей почек и функционального состояния паренхимы почек. Позволяет определить размеры, форму, положение почек и провести диагностику их поражений с оценкой локализации, распространенности, степени и функциональной способности почечной паренхимы. Применяется для выявления очаговых поражений почек (

кисты, опухоли). По степени накопления препарата идет оценка количества функционирующей паренхимы.

Список использованной литературы

Давыдов М.И, **«Радионуклидные исследования функции почек и уродинамики в онкологии»**, М.: «Практическая медицина», 2007

Радионуклидная диагностика для практических врачей, Под ред. Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова, Томск: 2004

Общая онкология: Руководство для врачей/ Под ред. Н.П.Напалкова. М.: Медицина, 1989.

Савельев В.С., Исаков Ю.Ф., Лопаткин Н.А. и др. **Руководство по клинической эндоскопии/** Под ред. В.С.Савельева, В.С.Буянова, Г.ИЛукомского. - М.: Медицина,