



*Бібліотека
студента-медика*

ОСНОВЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ

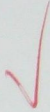


ОДЕСЬКИЙ
МЕДУНІВЕРСИТЕТ

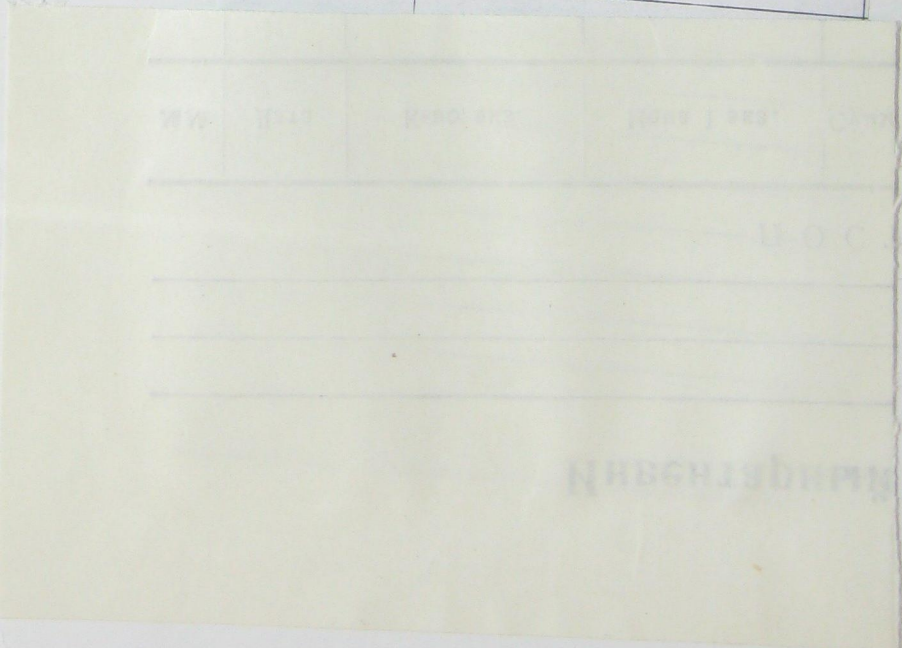
Бібліотека ОДМУ



20120605011205

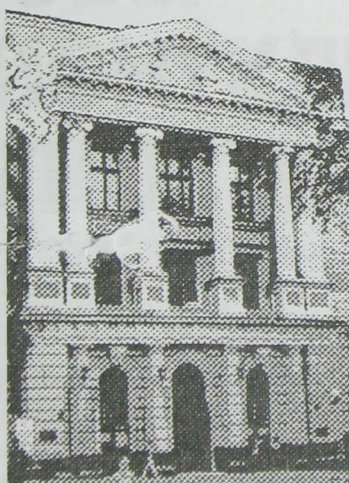


УК 2296	
616-07	Овчаренко Е. П. и др.
0 -35	Основы радионуклид - ной диагностики
2012	73.45 грн



Е. П. Овчаренко, В. Н. Сивалов,
Р. П. Матвишко

**ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

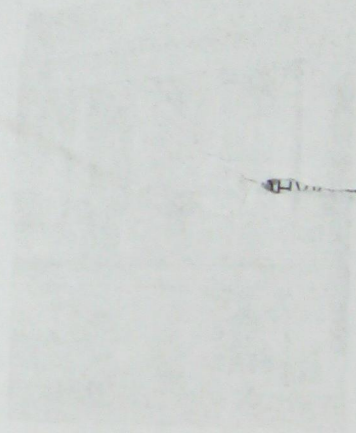


***Бібліотека
студента-медика***

*Серія заснована в 1999 р. на честь 100-річчя
Одеського державного медичного університету
(1900–2000 рр.)*

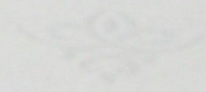


ODLWID
HAIHONJALIN
MAMJIN
ZIBERET



Beberapa
contoh-contohnya

Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi
Kantor kami di alamat berikut ini:
(021-2345 6789)



Е. П. Овчаренко, В. Н. Соколов,
Р. П. Матюшко

ОСНОВЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Рекомендовано

*Центральным методическим кабинетом
по высшему медицинскому образованию МЗ Украины
как учебное пособие для студентов
высших медицинских учебных заведений
IV уровня аккредитации*



Одесса
Одесский медуниверситет
2012

УДК 616-073.7:57.088:378.147
ББК 53.647я79
О-35

Серия «Библиотека студента-медика»
Основана в 1999 году

Авторы: Е. П. Овчаренко, В. Н. Соколов, Р. П. Матюшко

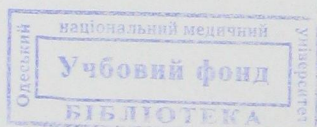
Рецензенты: Д. С. Мечев — д-р мед. наук, профессор,
заведующий кафедрой радиологии
Национальной медицинской академии
последипломного образования им. П. Л. Шупика,
заслуженный деятель науки и техники Украины

В. М. Славнов — д-р мед. наук, профессор,
заведующий лабораторией радиоизотопных методов
исследования Института кардиологии
им. акад. Н. Д. Стражеско НАМН Украины

Перевод с украинского Е. П. Овчаренко

Навчальний посібник містить стислий нарис історії радіонуклідної діагностики і внеску українських учених в її розвиток, основні принципи і методи радіонуклідних досліджень. Розглянуто найважливіші аспекти радіаційної безпеки, а також питання радіонуклідної діагностики.

*Рекомендовано Центральным методическим кабинетом
по высшему медицинскому образованию МЗ Украины
как учебное пособие для студентов
высших медицинских учебных заведений IV уровня аккредитации
(протокол № 3 от 15.06.2006)*



ISBN 978-966-7733-47-6 (серия)
ISBN 978-966-443-046-0

© Е. П. Овчаренко, В. Н. Соколов,
Р. П. Матюшко, 2012
© Одесский национальный медицинский
университет, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Точная и своевременная диагностика — предпосылка эффективного лечения. Самыми распространёнными методами визуализации патологических процессов в организме человека являются рентгенологические и ультразвуковые. Прочно вошли в клиническую практику магниторезонансная и компьютерная томография. В этом ряду достойное место занимает радионуклидная диагностика, дополняя, а иногда и успешно заменяя перечисленные выше методы. Радионуклидная диагностика основана на введении в организм различных соединений, тропных к тем или иным органам и тканям, меченных радионуклидами и называемых радиофармпрепаратами (РФП).

Методы радионуклидной диагностики незаменимы для оценки функциональных состояний отдельных органов и организма в целом.

Известно, что рентгеновское и ультразвуковое исследования, а также ядерно-магнитная и компьютерная томография отражают структурные особенности органов, не отображая функции органов. Кроме того, лучевые нагрузки на организм пациента при введении РФП значительно ниже, чем при рентгеновских обследованиях.

Ярким примером уникальных возможностей радионуклидных исследований являются результаты их применения в кардиологии и онкологии. Так, они являются методом выбора в ранней диагностике инфаркта миокарда с оценкой объема и локализации поражения. В онкологической клинике появилась возможность с помощью туморотропных РФП проводить дифференциальную диагностику злокачественных и доброкачественных новообразований, а также определять степень распространенности патологического процесса.

Методы радионуклидной диагностики применяются во многих странах мира. Доля США составляет 47 % мирового рынка, стран Азии — 26,6 %, Латинской Америки — 2,5 %, остального мира, включая СНГ, — 4,6 %.

В последнее время отмечается распространённость радионуклидной диагностики в ряде стран. Так, в 1988 г. в Португалии эксплуатировалась 31 гамма-камера, что соответствует 4 единицам на 1 млн населения. На 1 гамма-камеру приходится около 2000 исследований в год. Научно-исследовательский атомный центр в Индии обеспечивает более 150 госпиталей радионуклидной продукцией для радионуклидной диагностики и более 500 лабораторий — наборами для радионуклидного анализа.

**ИСТОРИЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ
ДИАГНОСТИКИ. ВКЛАД УКРАИНСКИХ
УЧЕНЫХ В ЕЕ РАЗВИТИЕ**

Первое применение радионуклидных индикаторов связано с именем Дьерди де Хевеши (1911). Молодой ученый, живший в дешевом пансионате, заподозрил, что остатки пищи, которые он не доел, подавали ему вновь на следующий день. Он добавил радионуклидный индикатор к несъеденной порции и с помощью детектора излучения доказал своей хозяйке, что дело обстояло именно так. Хозяйка выгнала молодого ученого из пансионата. Он же продолжал научную работу, результатом которой стала Нобелевская премия за использование радионуклидов в качестве индикаторов в биологии.

Радионуклидная диагностика занимается изучением переноса, обмена, накопления и выведения радиоактивных изотопов и меченых соединений без нарушения биологических функций организма. В настоящее время практически нет ни одной медицинской специальности, не использующей радиоактивные вещества.

Германа Блумгарта (Herman Blumgart) называют «отцом клинической ядерной медицины», т. к. он был первым, кто использовал радиоактивные метки для медицинской диагностики (1924).

На первом этапе истории радионуклидной диагностики (50-е годы XX ст.) работа состояла в систематизации задач медицинского использования радиоактивных изотопов и популяризации метода меченых атомов среди широких слоев медицинской общественности и организации производства РФП. В эти годы изучались особенности поведения в организме радионуклидных соединений и их простейших неорганических соединений.

Второй этап развития радионуклидной диагностики приходится на 60-е годы XX ст. В это время особое внимание уделялось разработке новых РФП с применением органических и неорганических соединений.

Расширение количества РФП и появившиеся в связи с этим широкие возможности исследования различных органов обусловили развитие специальной медицинской техники — многоканальных радиографов со сцинтилляционными детекторами и счетчиками, сканеров и др.

Сегодня прогресс ядерных исследований в клинической медицине в значительной мере связан с разработкой и применением новых РФП на основе метки короткоживущими нуклидами технеция и индия. На вооружении радионуклидной диагностики в последние годы появился новый метод — радиоконкурентного анализа (РКА) *in vitro*, дающий возможность определить в сыворотке крови больного концентрации различных биологически активных веществ, в частности, гормонов, ферментов, лекарств и др. Он является одним из наиболее перспективных методов диагностики по двум причинам. Во-первых, все исследования *in vitro* ведутся без введения больному радиоактивного препарата; во-вторых, чувствительность такого метода исследования в сотни раз выше, чем химических, а по точности результатов он превосходит биохимические и химические методы анализа.

На основании данных РКА можно осуществлять контроль за течением беременности и эффективно планировать соответствующие лечебные мероприятия, способствующие рождению здорового ребенка.

Для раннего выявления у больных злокачественных новообразований в последнее время используют опухолевые маркеры.

Разработана методика экстракорпорального мечения аутологических лейкоцитов, которые при реинфузии в кровоток пациента активно мигрируют к различным воспалительным очагам. ^{99m}Tc -технеций позволяет выявить «горячие» участки скопления этих меченых лейкоцитов с помощью планарной сцинтиграфии. Последующие сцинтиграфические исследования дают возможность надежно диагностировать острые (в т. ч. послеоперационные) абсцессы брюшной полости, головного мозга, воспалительные заболевания толстой кишки, болезнь Крона, острую ортопедическую инфекцию, воспаление сосудистых протезов, могут помочь в обнаружении источника лихорадки неясного генеза.

Развитие радионуклидной диагностики в последнее время связано со ставшей рутинной методикой СПЕКТ (рус. ОФЭКТ — однофотонная эмиссионная компьютерная томография), а также внедрением в клинику позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

Позитронная эмиссионная томография представляет уникальную возможность визуализации хода биологических процессов *in vivo* с высоким пространственным разрешением. Используя набор меток, являющихся радиоактивными изотопами природных элементов и постоянно присутствующих в человеческом организме ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , можно получать ПЭТ-изображения. Применение ПЭТ в кардиологии, онкологии и неврологии позволяет диагностировать болезни Альцгеймера и Паркинсона, обнаружить опухоли мозга и костей в начальной стадии.

Вклад украинских ученых в развитие радионуклидной диагностики

В 70-е годы XX ст. сотрудники Харьковского института медицинской радиологии (директор — проф. В. И. Шантырь) расширили область диагностического применения радионуклидов (^{32}P , ^{131}I , ^{24}Na , ^{133}Xe , ^{51}Cr , ^{59}Fe и др.) и меченых соединений (бенгальская роза, меченная ^{131}I ; витамин B_{12} , меченный ^{131}I ; α -трийодотиронин, меченный ^{131}I ; неогидрин, меченный ^{203}Hg ; и др.) при изучении функционального состояния ряда органов и систем организма при опухолевых и неопухолевых заболеваниях. Так, В. В. Шишкина с сотрудниками (Харьков) применяли ^{32}P , ^{51}Cr и ^{59}Fe для оценки красной крови у больных с истинной полицитемией.

А. А. Дубинский, А. А. Дундич, В. Л. Шкляревская (Харьков), изучая изменения некоторых показателей радиоизотопной ренограммы у больных гипертонической болезнью, уточнили схему лечения таких пациентов.

На кафедре медицинской радиологии Киевского медицинского института усовершенствования врачей с 1964 г. использовалась универсальная диагностическая установка для диагностики заболеваний печени, щитовидной железы, почек, головного мозга и селезенки. В частности, В. П. Славнов разработал критерии оценки функционального состояния полигональных и ретикуло-эндотелиальных клеток печени.

В. П. Ищенко (Киев) на основе результатов радиоизотопной ренографии показал большие преимущества радиоизотопного исследования в выявлении нарушений секреции и экскреции, а также скрыто протекающей почечной недостаточности.

А. Ф. Лазарь (Киев) обнаружил высокую чувствительность радиоизотопного исследования функционального состояния единственной почки, особенно на ранней стадии ее заболевания.

Ф. П. Хрипта, О. А. Лысюк (Киев) экспериментально обосновали ценность использования отечественных изотопов ^{67}Ga и ^{85}Sr при диагностике опухолей костей и метастазов в кости.

В. Г. Пекур и Е. Д. Калантаров (Киев) успешно использовали ^{133}Xe в предоперационном обследовании с целью определения зональной вентиляции, при оценке трудоспособности, при эффективности проведенной терапии у больных с различной легочной патологией.

А. Т. Цыганков (Киев) применил ^{133}Xe для определения компенсаторных возможностей легких в качестве диагностического и прогностического теста в грудной хирургии и обнаружил его большие возможности для изучения секреторной, ферментативной, двигательной функций желудка в исследованиях с ^{57}Co .

Г. Л. Сиваченко, Е. В. Слободяник, М. А. Удовик (Киев) рекомендовали радиоизотопную миелографию в качестве ценного дополнительного метода получения объективной информации о локализации патологического процесса, проходимости и степени блокады субарахноидального пространства.

Ф. П. Хрипта, А. М. Жвалкина (Киев) дали экспериментальное обоснование применению в клинике ^{99}Tc для диагностики заболеваний ряда органов.

В. В. Демидас (Одесса) внедрил радиокардиографию для определения таких важных гемодинамических показателей, как минутный ударный объем крови, объем циркулирующей крови, время легочного кровотока, объем крови легких, коронарный кровоток.

А. К. Бондарчук (Одесса) сообщил о преимуществе сочетания изотопной ренографии и сканирования в диагностике таких заболеваний почек, как острый и хронический пиелонефрит, гидронефроз, мочекаменная болезнь, нефрогенная гипертония, туберкулез, опухоли, поликистоз, поражение почек при инфекционном артрите.

Е. Д. Дубовый и В. Н. Соколов (Одесса) применили радиоактивные изотопы (^{32}P , ^{204}Tl , ^{146}Pm) для дифференцирования злокачественных и доброкачественных опухолей глаза и орбиты, а также для диагностики неопухолевых заболеваний глаза.

Профессора Одесского медицинского института Е. Д. Дубовый, С. И. Корхов, С. Г. Антипов (1973) обосновали показания к применению радиоизотопной лимфографии при злокачественных новообразованиях и других процессах различных локализаций.

Д. С. Мечев (Киев) и В. М. Цвиговский (Одесса) показали перспективность для диагностики воспалительного процесса в суставах и дегенеративных изменений у больных ревматоидным артритом и деформирующим остеоартрозом ^{67}Ga -цитрата. При проведении сравнительных исследований больных с патологией суставов с применением ^{67}Ga -цитрата и соединений $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технеция установлено, что воспалительные изменения определяются с ^{67}Ga лучше, чем при использовании $^{99\text{m}}\text{Tc}$, причем сцинтиграфическая картина не изменяется под действием стероидных и противовоспалительных препаратов.

В. М. Цвиговский (Одесса) установил, что радионуклидный метод более чувствителен в определении активной фазы процесса при ревматоидном артрите, чем данные рентгенологического исследования. Кроме того, автор сделал вывод, что метод радиоиндикации может служить объективным критерием оценки проведенной терапии с использованием как базисного лечения, так и лекарственных средств, вводимых внутрисуставно.

Т. К. Дорофеева (Одесса) с помощью радиоциркулографии выявила нейродинамические и нейроморфологические изменения головного мозга в остром и отдаленных периодах тяжелой черепно-мозговой травмы.

Группа одесских ученых установила высокую эффективность радиологического метода в определении характера поражения лимфатической системы (воспаление, туберкулез, опухоль), выявлении рецидива опухоли, обнаружении клинически скрытых метастазов в лимфоузлах (В. Н. Соколов, В. В. Демидас, Н. Д. Кадыр-Заде, С. Д. Денисюк, И. Г. Дондуа, С. Г. Антонов, 1976).

В Тернополе доказали возможность выявления скрытой печеночной недостаточности у лиц, перенесших болезнь Боткина, с помощью бенгальской розы, меченной радиоактивным ^{131}I (Н. А. Крыжановский, Е. И. Барба, В. П. Сиволап).

В 70-е годы XX ст. в Украине появились работы обобщающего характера. Это диссертации (Одесса): Н. Д. Кадыр-Заде,

С. Д. Денисюк, И. Г. Дондуа, В. Н. Соколов, В. В. Демидас, Э. Г. Броварская, Б. П. Малевич, С. К. Терновой; учебники (Киев): В. И. Милько, А. Т. Лазарь, М. Т. Назимок, Г. П. Сиваченко; монографии: Е. Д. Дубовый, В. Н. Соколов, В. В. Решетняк.

В 1975 г. монография Н. А. Пучковской, В. Н. Соколова и др. была удостоена Государственной премии Украины.

В настоящее время создана Украинская ассоциация специалистов по ядерной медицине.

II Украинский съезд специалистов по ядерной медицине (2004) продемонстрировал рост интереса к радионуклидной диагностике: увеличению числа используемых методов радионуклидной диагностики и их модернизации.

Так, С. В. Афанасьев, В. О. Матвеева, О. В. Владимиров (Днепропетровск) разработали технологию количественной оценки результатов при использовании радионуклидных методов для диагностики всасывательной функции кишечника и оценки ее состояния у больных спаечной болезнью.

О. А. Будренко, С. Х. Череванова (Харьков) изучили степень напряжения 25 аутоиммунных реакций островкового аппарата поджелудочной железы.

Я. С. Викман (Харьков) показал, что радионуклидная спленопортография — эффективный метод визуализации спленопортального русла.

С. Г. Кобяков, Е. В. Лучицкий, Г. А. Зубкова, В. М. Славнов (Киев) использовали радионуклидную ангиографию как метод диагностики сосудистых форм эректильной дисфункции при сахарном диабете.

С. С. Макеев (Киев) доказал целесообразность использования ОФЭКТ и сцинтиграфии всего тела для диагностики множественных метастатических поражений.

Д. С. Мечев, М. М. Фирсова, М. И. Полякова, М. В. Крушинский (Киев) изучили возможности сцинтиграфии и ОФЭКТ с современными туморотропными РФП в диагностике новообразований головы и шеи, дифференциальной диагностике опухолевых процессов и метастатического поражения лимфатической системы.

О. В. Савич, В. М. Славнов, В. В. Марков (Киев) с помощью динамической сцинтиграфии с введением ^{99m}Tc -коллоида показали возможности оценить роль артериального компонента в кровоснабжении печени, а совместно с радионуклидной спленопортографией — возможные гемодинамические нарушения, связанные с портальной гипертензией.

О. О. Хижняк, С. Х. Череванова, С. И. Турчина (Харьков) с помощью радиоиммунных методов выявили изменения в содержании гонадотропных и половых гормонов в зависимости от паспортного возраста пациентов и темпов полового развития.

Дальнейшее развитие радионуклидной диагностики в Украине зависит от реализации программы, созданной Украинской ассоциацией специалистов по ядерной медицине. Программа направлена на реализацию таких задач: обеспечение отделений радионуклидной диагностики техникой отечественного производителя; создание в Украине 3–4 ПЭТ-центров; получение отечественных радиофармпрепаратов; создание научно-практических центров компьютерных технологий.

Глава 2

РАДИОНУКЛИДНЫЕ МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методы диагностики

Все радионуклидные диагностические исследования разделяют на две большие группы:

- 1) исследования, при которых РФП вводят в организм пациента (исследование *in vivo*);
- 2) исследование крови, кусочков ткани и выделений больного (исследование *in vitro*).

Исследования *in vitro*, в свою очередь, бывают двух типов. Первый тип — регистрация радиоактивности крови, кала, мочи или кусочков ткани, взятых у больного, в организм которого был предварительно введен РФП. Второй тип — изучение реакции крови больного, не получавшего РФП, с использованием стандартных радиофармацевтических реактивов.

Радионуклидная диагностика *in vivo* использует методы, позволяющие детектировать наличие (радиометрия), кинетику (радиография) и распределение (сканирование) радиоиндикатора в исследуемом органе.

Радиометрию применяют для исследования накопления ^{32}P в коже, при исследовании с ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ — в щитовидной железе, во всем теле, для изучения метаболизма белков, железа, витаминов в организме человека.

Методики, основанные на определении особенностей распределения в органах и тканях введенного РФП, характеризуют анатомо-топографическое состояние органа или системы и называются *статическими радионуклидными исследованиями*.

Методики, основанные на определении динамики транспорта РФП у пациентов, позволяют оценить состояние функций исследуемого органа или системы и называются *динамическими радионуклидными исследованиями*.

Радиография — метод непрерывной или дискретной регистрации процессов накопления, перераспределения и выведения РФП из организма или отдельных органов.

Если клиническая радиометрия предназначена для однократного или нескольких повторных измерений радиоактивности организма или его частей, то с помощью радиографии можно проследить динамику накопления и выведения РФП из легких, почек, печени. Радиографическая функция в современных аппаратах совместима в гамма-камере с визуализацией органа.

Выбор РФП зависит от его фармакодинамических (поведение в организме) и ядерно-физических свойств. Фармакодинамику РФП определяет то химическое соединение, на основе которого он синтезирован. Возможности же регистрации РФП зависят от типа распада радионуклида, которым он помечен.

Выбирая РФП для исследования, врач должен, прежде всего, учесть его физиологическую направленность и фармакодинамику. Рассмотрим это на примере введения РФП в кровь. После инъекции в вену РФП первоначально равномерно распределяется в крови и транспортируется по всем органам и тканям. Если врача интересует гемодинамика и кровенаполнение органов, то он выберет индикатор, который длительное время циркулирует в кровеносном русле, не выходя за пределы стенок сосудов в окружающие ткани (например, альбумин человеческой сыворотки). При исследовании печени врач предпочтет химическое соединение, которое избирательно улавливается этим органом. Некоторые вещества захватываются из крови почками и выделяются с мочой, поэтому они служат для исследования почек и мочевых путей. Отдельные РФП тропны к костной ткани, в связи с чем они незаменимы при исследовании костно-суставного

аппарата. Изучая время транспортировки и характер распределения и выведения РФП из организма, врач судит о функциональном состоянии и структурно-топографических особенностях этих органов.

Однако недостаточно учитывать лишь фармакодинамику РФП. Нужно обязательно принимать во внимание ядерно-физические свойства входящего в его состав радионуклида. Прежде всего, он должен иметь определенный спектр излучения. Для получения изображения органов применяют только радионуклиды, испускающие γ -лучи или характеристическое рентгеновское излучение, т. к. эти излучения можно регистрировать при наружной детекции. Чем больше γ -квантов или рентгеновских квантов образуется при радиоактивном распаде, тем эффективнее данный РФП как диагностический препарат. В то же время, радионуклид должен испускать по возможности меньше корпускулярного излучения — электронов, которые поглощаются в теле пациента и не участвуют в получении изображения органов. С этих позиций предпочтительны радионуклиды с ядерным превращением по типу изомерного перехода — ^{99m}Tc , ^{113m}In .

Радионуклиды, период полураспада которых — несколько десятков дней, принято считать долгоживущими, несколько дней — среднеживущими, несколько часов — короткоживущими, несколько минут — ультракороткоживущими. По понятным соображениям стремятся использовать короткоживущие радионуклиды. Применение среднеживущих и тем более долгоживущих радионуклидов связано с повышенной лучевой нагрузкой, использование ультракороткоживущих радионуклидов затруднено по техническим причинам. Метод создания картины пространственного распределения (сканирования) в органах и тканях РФП, введенного в организм, называют *радионуклидной визуализацией*. Она в настоящее время включает следующие виды исследования: сканирование, сцинтиграфию, однофотонную и двухфотонную эмиссионную томографию.

При сканировании показатели измерения движущимся детектором в каждой точке тела трансформируются в соответствующую скорость штрихов. Участки тела с большей концентрацией РФП выглядят на бумаге более заштрихованными, а с меньшей концентрацией РФП — соответственно менее заштрихованными.

Сцинтиграфия — получение изображения органов и тканей посредством регистрации в гамма-камере радионуклидов, распределенных в органах, тканях и организме в целом.

Сканирование и сцинтиграфия имеют примерно равные технические возможности для оценки анатомо-топографического состояния внутренних органов, однако сцинтиграфия обладает определенными преимуществами.

Во-первых, сцинтиграфия выполняется быстрее при экспозиции до 10 с (сканирование длится не менее 10 мин), что позволяет исключить не только подвижность пациента (даже ребенка) в процессе исследования, но и биологическую подвижность органа, например, в процессе дыхания.

Во-вторых, сцинтиграфия дает возможность совмещать статические и динамические исследования, что позволяет получать более полную диагностическую информацию без дополнительной нагрузки на пациента.

Сцинтиграфия в настоящее время — основной метод радионуклидной визуализации в клинике. Она позволяет изучить быстропротекающие процессы распределения вводимых в организм радиоактивных соединений.

Позитивную сцинтиграфию проводят для выявления первичных злокачественных новообразований, обнаружения метастазов и рецидивов после хирургического или лучевого лечения.

Весьма привлекательна идея позитивной сцинтиграфии — введение в организм большого химических соединений, меченых моноклональными антителами. Эта методика получила наименование *радиоиммуносцинтиграфии*. Первые публикации, касающиеся ее применения при колоректальном раке и опухолях молочных желез, обнадеживают. Развитию позитивной сцинтиграфии опухолей способствуют также новые способы визуализации органов — одно- и двухфотонная эмиссионная томография.

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). При ОФЭКТ используют такие же РФП, как и при сцинтиграфии. В этом аппарате детекторы расположены в ротационной томокамере, которая вращается вокруг пациента, давая возможность после компьютерной обработки получить изображение распределения радионуклидов в различных слоях тела в пространстве и во времени.

Позитронная (двухфотонная) эмиссионная томография — ПЭТ (ДФЭТ). Для ПЭТ в организм человека вводят позитроноизлучающие радионуклиды ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F . Испускаемые этими нуклидами позитроны аннигилируют вблизи ядер атомов с электронами. При аннигиляции пара позитрон–электрон исчезает, образуя два γ -кванта с энергией по 0,51 МэВ. Эти два кванта,

разлетающиеся в строго противоположных направлениях, регистрируются двумя также противоположно расположенными детекторами. Компьютерная обработка сигналов позволяет получить объемное и цветное изображение объекта исследования. Пространственное разрешение ПЭТ хуже, чем на рентгеновских компьютерных и магниторезонансных томографах, но чувствительность метода очень высокая: он позволяет констатировать изменения расхода глюкозы, меченной С, в «глазном центре» головного мозга, при открывании глаз; удается выявить изменения при мыслительном процессе.

Основана ПЭТ на использовании метаболически активных субстанций (например, простых сахаров, чаще всего глюкозы), которые удается надежно метить позитронными эмиттерами (обычно это ^{18}F), результатом чего является соединение ^{18}FDG (флюородексиглюкоза). Будучи введены с диагностической целью парентерально и достигнув органов-мишеней или тканей, в которых метаболические процессы интенсифицированы, эти соединения накапливаются в них с существенной разницей орган/фон. Позитроны, эмиттируемые ^{18}F , имеют очень короткий пробег в тканях, при «встрече» с электронами они аннигилируют, испуская кванты энергии, которые и улавливаются детекторами ПЭТ-томографов. Получив «карту распределения» ^{18}FDG в организме, исследователь может сделать вывод о метаболической, функциональной активности того или иного органа или ткани. Итак, ПЭТ — мощный диагностический инструмент в кардиологической диагностике (обеспечивает надежную диагностику жизнеспособности миокарда), в онкологии (включаясь в характеризующиеся гиперметаболизмом опухолевые ткани, позволяет диагностировать злокачественные опухоли и отличать их от доброкачественных, гарантирует обнаружение метастазов независимо от их локализации, помогает в динамическом наблюдении за больным) и в неврологии.

Для широкого внедрения ПЭТ в повседневную клиническую практику существует ряд препятствий, вполне, впрочем, преодолимых — и преодоленных — в США и большинстве стран Западной Европы. Прежде всего, следует отметить, что ^{18}F является короткоживущим нуклидом, и потому ПЭТ может проводиться только в медицинских центрах, расположенных достаточно близко от циклотронов, производящих позитронные эмиттеры. В большинстве развитых стран существуют сети небольших циклотронов, обеспечивающих доступ к ^{18}FDG практиче-

ски любому крупному медицинскому учреждению. Более того, разработан и внедрен в практику мобильный ПЭТ-томограф, смонтированный в трейлере, который постоянно перемещается внутри определенного региона и обеспечивает относительно недорогой доступ к ПЭТ практически любому лечебному учреждению.

Радионуклидные исследования *in vitro* используются для определения в сыворотке крови человека концентрации различных биологически активных соединений, количество которых в настоящее время превышает 400 (различные гормоны, ферменты, витамины, лекарственные вещества). Они применяются для диагностики и оценки патологии репродуктивной, эндокринной, гемопоэтической и иммунологической систем организма.

Большая часть современных наборов реагентов основана на радиоиммунологическом анализе (РИА), который был впервые предложен Ялоу и Берсоном (Jalow and Berson, 1959), за что авторам в 1977 г. присуждена Нобелевская премия. Метод заключается в том, что нерадиоактивные антитела вытесняют радиоактивные.

В последнее время наряду с РИА развивается новая методика радиорецепторного анализа (РРА). Она также основана на принципе конкурентного равновесия меченого лиганда (меченого антигена) и исследуемого вещества сыворотки, но не с антителами, а с рецепторными связями клеточной мембраны. Метод РРА отличается от РИА более коротким сроком постановки методики и еще большей специфичностью.

Метод радиоиммунологического анализа позволяет обнаружить и измерить присутствие в биологических жидкостях (крови, моче) различных веществ экзогенного и эндогенного происхождения, содержащихся там в ничтожно малых концентрациях: это гормоны, вирусы, лекарственные препараты и т. п., а также так называемые маркеры, появляющиеся в организме при раке, инфаркте миокарда. Все эти уникальные исследования основаны на использовании иммунологических реакций антиген-антитело.

Принцип радиоиммунологического метода состоит в конкурентном связывании искомых стабильных и аналогичных им меченых веществ со специфической воспринимающей системой.

Для выполнения такого анализа выпускают стандартные наборы реагентов, каждый из которых предназначен для определения концентрации какого-либо конкретного вещества.

Радионуклидный анализ *in vitro* называют радиоиммунологическим, поскольку он основан на использовании иммунологических реакций антиген-антитело. Однако в дальнейшем были созданы другие, близкие по целям и методике, но различающиеся деталями 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, речь идет о радиорецепторном анализе.

Радионуклидное исследование в пробирке состоит из 4 этапов.

Первый этап — смешивание анализируемой биологической пробы с реагентами из набора, содержащего антисыворотку (антитела) и связывающую систему.

Второй этап — инкубация смеси, которая продолжается до достижения динамического равновесия (от нескольких минут до нескольких часов и даже суток).

Третий этап — разделение свободного и связанного радиоактивного вещества. С этой целью используют имеющиеся в наборе сорбенты (ионообменные смолы, уголь и др.), осаждающие более тяжелые комплексы антиген-антитело.

Четвертый этап — радиометрия проб, построение калибровочных кривых, определение концентрации искомого вещества. Все эти работы выполняются автоматически с помощью радиометра, оснащенного микропроцессором и печатающим устройством.

Таким образом, радиоиммунологический анализ базируется на использовании радиоактивной метки антигенов. Однако, в принципе, в качестве метки антигена или антитела можно использовать и другие вещества: ферменты, люминофоры или высокофлюоресцирующие молекулы. На этом основаны новые методы микроанализа: иммуноферментный, иммунолюминесцентный, иммунофлюоресцентный. Некоторые из них весьма перспективны и составляют конкуренцию радиоиммунологическому исследованию.

Радиоиммунные методы в онкологии используют, в основном, для решения следующих задач:

— дифференциальная диагностика опухолей (как дополнительный признак);

— прогнозирование заболевания;

— оценка эффективности проведенного лечения;

— раннее выявление рецидивов и метастазов опухоли.

На практике в настоящее время определяют такие маркеры:

Альфа-фетопроtein (АФП) — гликопротеин с концентрацией в плазме крови здоровых людей 2–10 мкг/л. Стойкое повышение концентрации АФП характерно для гепатоцеллюлярного рака печени и метастазов в печень. Временное повышение уровня АФП может отмечаться при вирусном гепатите, циррозе.

Раковозмбриональный антиген (РЭА) — гликопротеин с концентрацией в плазме крови здоровых людей 0–12 мкг/л. Повышенное содержание РЭА характерно для опухолей желудочно-кишечного тракта, печени, иногда и при злокачественных опухолях других локализаций, а также при заболеваниях неопухоловой природы.

Хориогонадотропный гормон (ХГТГ) — гликопротеин, синтезирующийся клетками плаценты с ранних сроков беременности. При отсутствии беременности повышение уровня ХГТГ в плазме крови характерно для хориоэпителиомы матки.

Тиреоглобулин (ТГ) и антитела к тиреоглобулину (АТГ) определяют при диагностике рака щитовидной железы.

Моноклональные антитела (антитела, вырабатываемые одним клоном клеток) обладают молекулярной идентичностью и специфичностью, взаимодействуют только с одним антигеном.

Получены и выпускаются коммерческие наборы для определения моноклональных антител к опухолям яичников (СА-125), поджелудочной железы (СА-199), молочной железы (СА-153).

Поскольку увеличение содержания вышеуказанных маркеров в сыворотке или плазме крови может наблюдаться и при заболеваниях неопухоловой природы, для каждого маркера устанавливается не только нормальная концентрация, но и пороговый (критический) уровень, превышение которого служит показателем наличия опухолевого процесса. С повышением концентрации маркеров выше порогового уровня ухудшается прогноз заболевания. Об эффективности проведенного лечения судят по степени снижения концентрации маркеров в крови. При радикальном лечении их уровень опускается ниже критического, часто до нормы. Повторное повышение уровня маркеров в крови после успешно проведенного лечения — признак рецидива заболевания или метастазов.

2.2. Аппаратура

Принципиальная схема устройства всех типов ядерно-медицинских приборов одинаковая и позволяет выделить 3 части:

- 1) детектор;
- 2) электронный блок;
- 3) дисплей.

Детектор — воспринимающая часть прибора, непосредственно обращенная к источнику излучения.

Электронный блок управления позволяет поддерживать необходимый уровень напряжения тока и режим регистрации излучения.

Дисплей — блок представления данных измерений. Дисплеи весьма разнообразны, однако все чаще они представляют собой осциллоскоп с памятью или телевизором.

В качестве детектора обычно используют сцинтилляторы или (реже) газовые счетчики. Сцинтиллятор — это вещество, в котором под действием фотонов возникают световые вспышки — сцинтилляции. Они улавливаются фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), превращающими световые вспышки в электрические сигналы. Сцинтилляционный кристалл и ФЭУ помещают в защитный металлический кожух — коллиматор, ограничивающий «поле видения» кристалла размерами органа или изучаемой части тела пациента.

Обычно у радиодиагностического прибора имеется несколько сменных коллиматоров, которые врач подбирает в зависимости от задач исследования.

В современных коллиматорах имеется несколько десятков мелких отверстий, положение которых выбрано с учетом оптимального «видения» объекта исследования.

В приборах, предназначенных для определения радиоактивности биологических проб, применяют сцинтилляционные детекторы в виде так называемых колодезных счетчиков. Внутри кристалла имеется цилиндрический канал, в который помещают пробирку с исследуемым материалом. Такое устройство детектора значительно повышает его способность улавливать слабые излучения биологических проб. Для измерения радиоактивности биологических жидкостей, содержащих радионуклиды с мягким β -излучением, применяют жидкие сцинтилляторы.

Для определения количества радионуклида используют приборы, имеющие общее название — радиометры. Детекторами в

них служат счетчики излучений разного типа (чаще — счетчики Гейгера — Мюллера) или газовые сцинтилляционные счетчики. В отличие от детектора-дозиметра, задачей детектора-радиометра (счетчика излучения) является создание сигнала на своем выходе при попадании в его объем фотона или частицы. Таким сигналом на выходе из сцинтилляционного счетчика и счетчика Гейгера — Мюллера является электрический импульс.

В практической деятельности все диагностические задачи ядерной медицины решаются с помощью измерения относительной активности радионуклида, под которой подразумевают соотношение количества радионуклида в различных частях пространства или в разные моменты времени.

Для радиографии используют радиографы, в которых измеритель скорости учета соединен с самописцем, вычерчивающим кривую. В составе радиографа может быть один или несколько детекторов, причем каждый из них ведет измерение излучения независимо от другого.

Сканер — это аппарат, в котором детектор последовательно и с постоянной определенной скоростью передвигается над телом пациента, регистрируя интенсивность излучения в каждой точке тела. Современные сканеры вместо частоты штриховки используют разный цвет штриховки в зависимости от учитываемой детектором скорости учета излучения, что еще нагляднее позволяет определить рисунок распространения уровней концентрации РФП в теле пациента или исследуемом органе. Красным цветом обозначаются максимальные уровни счета.

Профильный сканер, в отличие от обычного, дает информацию о распределении РФП в теле пациента не в виде рисунка, а в виде кривой, построенной по данным измерения интенсивности излучения различных участков тела.

Сцинтиграфия выполняется с помощью сцинтилляционной камеры (гамма-камера) (рис. 1). Современные сцинтилляционные камеры — это компьютерно-сцинтиграфические комплексы, позволяющие получать, хранить и обрабатывать изображения отдельных органов и всего тела в широком диапазоне сцинтиграфических режимов: статическом и динамическом, планарном и томографическом. Независимо от типа получаемого изображения, оно всегда отражает специфическую функцию исследуемого органа.

Принципиально новое оборудование соединяет в себе возможности КТ и ПЭТ/ОФЭКТ. Результатом соединения в одном при-

боре возможностей различных лучевых технологий стало совершенно новое изображение, в котором одновременно представлены как анатомические (КТ), так и функциональные (ПЭТ/ОФЭКТ) особенности органов и тканей, находящихся в топографической среде.

При анализе сцинтиграмм, в основном статических, наряду с топографией органа, его размерами и формой определяют степень однородности его изображения. Участки с повышенным накоплением РФП называют «горячими очагами», или «горячими узлами». Обычно им соответствуют избыточно активно функционирующие участки органа — воспалительно-измененные ткани, некоторые виды опухолей, зоны гиперплазии. Если же на сцинтиграмме выявляется область пониженного накопления РФП, то в таком случае речь идет о каком-то объемном образовании, заместившем нормально функционирующую паренхиму органа, — так называемые холодные узлы. Они наблюдаются при кистах, метастазах, очаговом склерозе, некоторых опухолях.

Существует особый тип гамма-камер, предназначенный для визуализации всего тела пациента. При этом датчик камеры перемещается над обследуемым пациентом (или, наоборот, пациент перемещается относительно датчика). Получаемая при этом сцинтиграмма будет содержать информацию о распределении РФП во всем теле больного. Таким путем получают, например, изображение всего скелета, выявляя при этом скрытые метастазы.

Для исследования сократительной функции сердца применяют гамма-камеры, снабженные специальным устройством — триггером, который под управлением электрокардиографа включает сцинтилляционный детектор камеры в строго заданные фазы сердечного цикла — систолу и диастолу. В результате этого после компьютерного анализа полученной информации на экране дисплея появляются два изображения сердца — систолическое и диастолическое. Совместив их на дисплее, можно изучить сократительную функцию сердца.

2.3. Радиофармпрепараты

Радиофармацевтическими препаратами (РФП) называют разрешенные для введения человеку с диагностической целью хи-

мические соединения, в молекуле которых содержится радионуклид. Он должен обладать спектром излучения определенной энергии, создавать минимальную лучевую нагрузку и отражать состояние исследуемого органа.

Используемые для радионуклидной диагностики РФП по их поведению в организме разделяются условно на 3 группы:

- органотропные;
- тропные к патологическому органу;
- без выраженной селективности (тропности).

Тропность РФП бывает: 1) направленной, когда препарат включается в специфический обмен клеток определенного органа, в котором происходит его избирательное накопление; 2) косвенной, когда в органе происходит временная концентрация РФП по пути его прохождения или выделения из организма.

Кроме того, может возникать и вторичная селективность, когда препарат, обладая способностью к накоплению, вызывает в организме химические превращения, которые определяют возникновение новых соединений, уже накапливаемых в определенных органах и тканях.

Выбор РФП осуществляют с учетом его поведения в организме (фармакодинамики) и ядерно-физических свойств.

Все радионуклиды, введенные внутривенно, первоначально циркулируют в крови, а затем откладываются в различных органах. При исследовании гемодинамики пациента необходимо выбирать радиофармацевтический препарат, длительно циркулирующий в крови (например, альбумин сыворотки крови человека). При исследовании органов пациента выбирают РФП, тропный к соответствующему органу (гепатотропный, остеотропный и т. д.).

Из ядерно-физических свойств РФП необходимо учитывать спектр излучения (отдавая предпочтение γ -излучениям), а также период полураспада, стремясь использовать короткоживущие радионуклиды, т. к. применение долгоживущих радионуклидов связано с повышенной лучевой нагрузкой.

Самым распространенным радионуклидом в настоящее время является ^{99m}Tc — дочерний радионуклид радиоактивного молибдена — ^{99}Mo , который путем β -распада образует короткоживущий ^{99m}Tc .

Генератор для получения ^{99m}Tc — это помещенная в стеклянный флакон нерастворимая в воде соль ^{99}Mo , которая в результате электронного захвата превращается в растворимую соль

технеция. Периодически, по мере надобности, технеций вымывается изотоническим раствором натрия хлорида.

Синтезированы РФП, избирательно накапливающиеся в опухолевой ткани, — туморотропные РФП, которые включаются преимущественно в клетки, обладающие высокой митотической и метаболической активностью. Вследствие повышенной концентрации РФП опухоль визуализируется на скинтиграмме в виде «горячего очага». Такую методику исследования называют *позитивной скинтиграфией*. Для нее создан ряд РФП.

Скинтиграфия с мечеными моноклональными антителами называется *иммуноскинтиграфией*.

Разновидностью скинтиграфии является бинуклидное исследование, т. е. получение двух скинтиграфических изображений с использованием одновременно вводимых РФП. Такое исследование проводят, например, для более четкого выделения мелких паразитовидных желез на фоне массивной ткани щитовидной железы. С этой целью одновременно вводят два РФП, один из которых — ^{201}Tl -хлорид — накапливается в обоих органах, другой — $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетат — только в щитовидной железе. Затем с помощью дискриминатора и компьютера из первого (суммарного) изображения вычитают второе, т. е. выполняют процедуру субтракции, в результате чего получают итоговое изолированное изображение паразитовидных желез.

2.4. Принципы радионуклидной диагностики

2.4.1. Основные принципы оптимальной организации измерений

Эти принципы можно сформулировать следующим образом:

- в поле чувствительности каждого детектора должно попадать минимально возможное число органов, сред и структур, участвующих в транспорте введенного в организм индикатора;
- если изучаемый орган или структура не являются функционально однородными, то необходимо обеспечить регистрацию для всех функциональных неоднородностей;
- органы и структуры, участвующие в транспорте индикатора и способные исказить интерпретацию результатов, должны находиться вне поля чувствительности каждого из используемых детекторов.

2.4.2. Принципы и методы интерпретации результатов измерений

Минимальное искажение полезной диагностической информации возможно при соблюдении двух основных принципов:

— принцип физиологической содержательности означает, что определяемые при интерпретации параметры должны иметь конкретный и однозначный клинико-физиологический смысл. Такими параметрами могут быть, например, коэффициенты скорости перехода индикатора через различные физиологические барьеры, показатели гемодинамики;

— принцип физической корректности означает, что результаты интерпретации не должны зависеть от условий измерений и, прежде всего, от геометрии размещения и ориентации детекторов.

2.4.3. Принципы принятия решения

Для того чтобы на основании радионуклидного исследования высказать диагностические предположения, необходимо методически и последовательно:

— полностью ознакомиться с данными клинического исследования больного;

— истолковать данные радиодиагностического исследования с точки зрения клинического симптомокомплекса, наблюдающегося у больного;

— провести дифференциальную диагностику.

В ряде случаев радиолог может ограничиться только описанием радионуклидного симптомокомплекса и не высказывать никакого суждения о диагнозе заболевания.

2.5. Основные правила проведения радионуклидных исследований

Показания к радионуклидному исследованию определяет лечащий врач после консультации с радиологом. Как правило, оно проводится после других клинических лабораторных и неинвазивных лучевых процедур, когда становится ясной необходимость радионуклидных данных о функции и морфологии того или иного органа.

Данные о пациенте должны содержать следующее:

1. Дата обследования пациента, его имя, возраст, пол.

2. Клиническая информация, диагноз.

3. Официальная часть заключения включает:

— количество и вид использованных радиоактивных веществ;

— использование дополнительных (нерадиоактивных) препаратов;

— результат обследования;

— интерпретацию данных;

— рекомендации.

До начала исследования врач-радиолог должен иметь следующую конкретную информацию:

— идентификация личности пациента;

— рост, масса тела;

— менструальный анализ, если пациент — женщина репродуктивного возраста (т. к. беременность рассматривается как противопоказание к большинству исследований с радиофармацевтическими препаратами). Использование большинства радиоактивных материалов противопоказано для кормящих матерей.

В некоторых центрах используют «правило 10 дней», т. е. радионуклидные процедуры у женщин проводятся только в первые 10 дней после начала менструации;

— наличие аллергии;

— недавнее облучение другими радиоактивными препаратами;

— наличие протезов, вставок или любых других материалов, которые бы абсорбировали радиоактивные элементы.

2.6. Дозиметрия. Единицы измерений

Дозиметрия — раздел физики, занимающийся проблемами определения количества, интенсивности и распределения ионизирующей радиации в пространстве и/или во времени.

Основным в дозиметрии является понятие дозы. Доза — это энергия, которая передается единице массы вещества потоком излучения. Доза характеризует значение того фактора, который вызывает определенные эффекты в облучаемом веществе и количество которого определяет уровень этих эффектов. Таким фактором является энергия, поглощаемая веществом из потока излучения.

За дозу принимается не вся поглощаемая веществом энергия, а ее количество в данной единице массы в данном месте.

Радиационная доза от фотонного излучения, измеренная в воздухе ионизационной камеры, называется экспозиционной дозой.

Единицами экспозиционной дозы являются рентген (Р) — внесистемная единица и кулон на килограмм (Кл/кг) — системная единица (СИ).

Экспозиционная доза, полученная за единицу времени, называется мощностью дозы (МД) и измеряется в рентгенах за секунду (Р/с), рентгенах за минуту (Р/мин) или рентгенах за час (Р/ч).

Абсорбированная (поглощенная) доза — это количество энергии фотонного излучения в единице массы среды (любой):

$$D = E/M,$$

где D — поглощенная доза;

E — поглощенное суммарное количество энергии;

M — масса облучаемой среды.

Величина абсорбированной дозы не всегда может быть мерой ожидаемого биологического эффекта. Дело в том, что разные типы излучения имеют неодинаковый характер распределения актов ионизации атомов тканей в их микрообъеме или разную линейную передачу энергии (ЛПЭ). Тяжелые частицы с большим зарядом, например α -частицы, на своем пути в тканях ионизируют атомы плотно, и это ведет к большей их биологической активности (большему поражающему действию) при одинаковой переданной энергии на единицу объема тканей, т. е. при одинаковой поглощенной энергии. Для учета такого явления введено понятие эквивалентной дозы (H):

$$H = D \cdot QF,$$

где D — абсорбированная доза;

QF — коэффициент качества.

Эквивалентная доза предназначена для количественной оценки поражающего действия различных типов излучения.

Фактор качества, или качество излучения QF , — фактор зависимости биологических эффектов радиации от линейной передачи энергии излучения среде.

Единой универсальной мерой риска облучения человека при различных условиях является эффективная доза.

Эффективная доза — это сумма эквивалентных доз (H_T) в отдельных органах и тканях, умноженная на соответствующие тканевые существенные факторы (W_T).

$$E = \sum W_T \cdot H_T$$

Органный (или тканевой) существенный фактор (W_T) определяет отношение риска стохастического эффекта от облучения данного органа или ткани к общему риску при неравномерном облучении тела. Значение W_T для тканей и органов определено экспериментально и теоретически (табл. 1).

Эффективная доза определяет возможный суммарный риск от облучения различных участков тела в разных поглощенных дозах в периоды времени, возможно, существенно отдаленные один от другого. Эффективные дозы суммируются в течение всей жизни и служат показателем накопленного риска облучения.

Для определения величины вышеприведенных доз употребляют единицы:

- кулон на килограмм [Кл/кг] (coulomb per kilogram [C/kg]);
- рентген [Р] (roentgen [R]);
- джоуль на килограмм [Дж/кг] (joule per kilogram [J/kg]);
- бэр (rem);
- рад (rad);
- грей [Гр] (Gray [Gy]);
- зиверт [Зв] (Sievert [Sv]).

Между дозами и единицами имеются следующие соотношения:

- экспозиционная доза — Кл/кг, Р;
- абсорбированная доза — Гр, рад;
- эквивалентная доза — Зв, бэр;
- эффективная доза — Зв, бэр.

Название единицы «рад» является акронимом от «радиационная абсорбированная доза». Ее величина равна 100 эрг энергии в 1 г вещества.

Таблица 1
Значение фактора W_T
для разных органов и тканей

Ткань или орган	W_T
Гонады	0,2
Костный мозг (красный)	0,12
Толстая кишка	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Молочная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Поверхность кожи	0,01
Остальные органы	0,05

Название единицы «бэр» является акронимом от «биологический эквивалент рада».

Соотношение значений единиц:

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр};$$

$$1 \text{ бэр} = 10 \text{ мЗв} = 1 \text{ сЗв};$$

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад};$$

$$1 \text{ рад} = 10 \text{ мГр} = 1 \text{ сГр}.$$

За меру количества радионуклида принята специальная величина — активность. Активность радионуклида — это абсолютное количество распадов его ядер за секунду в данном образце.

Единицами активности являются Беккерель (Becquerel) — Бк (Bq) и Кюри (Curie) — Ку (Ci).

1 Бк — количество радионуклида, в котором распадается 1 ядро за 1 с (1 распад/с).

1 Ку — количество радионуклида, в котором распадается $3,7 \cdot 10^{10}$ ядер за 1 с ($3,7 \cdot 10^{10}$ распадов/с).

В медицинской практике пользуются производными единицами:

$$\text{кБк} = 10^3 \text{ Бк}; \text{МБк} = 10^6 \text{ Бк}; \text{мКу} = 10^{-3} \text{ Ку}; \text{мкКу} = 10^{-6} \text{ Ку}.$$

Глава 3

ОБОРУДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ _____

В лабораториях для радионуклидной диагностики должны быть предусмотрены следующие помещения:

1. Хранилище радионуклидов.
2. Фасовочная.
3. Процедурная.
4. Моечная.
5. Санитарно-душевой блок.
6. Кабинеты для радионуклидных исследований *in vivo* и *in vitro*.
7. Кабинеты для обслуживающего персонала.

В радиологической лаборатории принимают, учитывают, хранят, расфасовывают, выдают или вводят больным радиоактив-

ные изотопы, определяют локализацию или распределение радиоактивных веществ во всем организме или отдельных органах и тканях, их содержание в биологических материалах (тканях, крови, моче и др.); осуществляют дозиметрический и радиометрический контроль за соблюдением условий безопасности работ с радиоактивными изотопами.

Радиологическая лаборатория должна иметь центральное отопление. Мебель должна быть простой конструкции, покрашена масляной краской, с рабочими поверхностями из непористого материала. Полы и стены покрывают специальными мало-сорбирующими материалами, стойкими к моющим средствам, края покрытия полов должны быть подняты и заделаны заподлицо со стенами. Углы помещений делают закругленными, а полотна дверей и переплеты окон имеют простейшие профили. Хранилище площадью 8–10 м², пол его покрыт специальным пластиком, а стены — масляной краской. Радиоактивные вещества хранятся в специальных одно- или многосекционных толстостенных металлических сейфах.

Фасовочная площадью 18–20 м² оборудуется вытяжными шкафами с защитными экранами. Вытяжные шкафы имеют дистанционные приборы для манипуляций с радиоактивными изотопами. К шкафам подведены вода, газ, моющие растворы, имеется приспособление для сбора радиоактивных отходов или они подключены к системе специальной канализации.

В фасовочной вскрывают ампулы с радиоактивными веществами, готовят рабочие растворы, заполняют дозаторы и расфасовывают изотопы на отдельные порции. В качестве дозаторов могут использоваться шприцы, дистанционные пипетки, автоматические микробюретки.

Процедурная должна иметь площадь не менее 10–12 м². Здесь больные принимают радиоактивные вещества с диагностической и лечебной целью. Приточно-вытяжная вентиляция должна обеспечивать шестикратный объем воздуха в час.

Радиоактивные отходы обезвреживают тремя способами:

1. Выдерживаются 5–10 периодов полураспада.
2. Разбавляются водой или воздухом до допустимой концентрации.
3. Производят их захоронение в специальных могильниках.

Все люди, работающие с открытыми радиоактивными веществами, должны быть снабжены индивидуальными средствами защиты в зависимости от вида и класса работы.

Применяются средства для индивидуальной защиты.

Комбинезон — изделие, сделанное из ткани, с добавлением различных веществ и других материалов для защиты тела или отдельных его частей от загрязнения при работе с радиоактивными веществами.

В случае малейшей опасности загрязнения вся работа должна проводиться в комбинезоне и кепке, сделанной из неокрашенной ткани (грубый колленкор, атлас). Используются также тонкие резиновые перчатки. При надевании перчаток нужно захватить внутреннюю сторону манжеты голой рукой, а внешнюю ее сторону брать только в перчатке. Прежде чем надевать перчатки, руки нужно обсыпать тальком. После того как перчатки надеты, отворачивают манжеты и регулируют перчатки на пальцах. Всегда нужно следить, чтобы внешняя сторона их никогда не соприкасалась с внутренней и чтобы голые пальцы никогда не касались внешней поверхности перчаток. Перчатки необходимо снимать с той же аккуратностью, что и при одевании, со всеми правилами, указанными выше. Перчатки держат в специальных ящичках, приспособленных для хранения. Периодически проверяют перчатки на предмет повреждения.

При работе в радиологической лаборатории рекомендуется надевать сменную обувь, сделанную из натуральной или искусственной кожи.

Дыхательную систему защищают при помощи респираторов, противогазов, пневматических костюмов. Наиболее эффективны респираторы одноразового использования, в которых ткань является материалом с 99%-й защитной функцией. При большей опасности используются респираторы в виде маски. Изоляция используется при наличии радона и ксенона.

Комбинезон и нижнее белье должны быть дезактивированы в специальных прачечных.

В связи с опасностью при работе с радиоактивными изотопами в лабораторном помещении категорически запрещено:

- находиться без надлежащей экипировки;
- хранить продовольственные продукты, личные вещи, косметику, сигареты и другие предметы, не имеющие отношения к работе;
- курить, есть, пользоваться косметикой.

В лаборатории существует специальная комната для курения и отдыха. Она снабжена оборудованием с моющим средством для мытья рук с горячей водой и радиометрическим при-

бором для самоконтроля. Эта комната должна быть изолирована от помещений, где проводятся манипуляции с радиоактивными изотопами.

Глава 4

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРСОНАЛА И ПАЦИЕНТОВ

4.1. Риск радионуклидной диагностики

Риск — это возможная опасность вредного воздействия факторов окружающей среды, в т. ч. и ионизирующего излучения, на организм человека.

Более трети обследований приходится на пациентов старше 64 лет и более двух третей — старше 45 лет. Эффективная эквивалентная доза на человека от этих обследований составляет 140 мЗв при дозе от естественного радиационного фона 2 мЗв. Последние данные свидетельствуют о возможном гормезисе (благоприятном эффекте облучения) при дозах, сравнимых с используемыми при радионуклидной диагностике.

В диагностических исследованиях с применением радионуклидов используется значительно меньшая поглощенная доза, чем в рентгенодиагностических. Так, при функциональном исследовании щитовидной железы с помощью радиоактивного йода доза, воздействующая на скелет в течение одного обследования, составляет 2,5 мрад, при функциональном исследовании почек — 0,14 мрад. В отдельных исследованиях (для получения сканограммы почек, костей, поджелудочной железы) эти дозы могут достигать 1000–2000 мрад, но и это значительно ниже доз, применяемых при рентгенологических исследованиях.

Для обеспечения радиационной безопасности пациентов при проведении радиоизотопной диагностики существенное значение имеет выявление биологической эффективности радиационных воздействий от радиоактивных веществ. Прежде всего, это относится к диагностике заболеваний щитовидной железы, поскольку именно это исследование применяется чаще всего. При исследовании функции щитовидной железы, когда дозы от воздействия ^{131}I составляли 15–20 мЗв, частота случаев хромосом-

ных aberrаций увеличивалась в 1,5 раза. После сканирования при дозе воздействия на щитовидную железу в 110–220 мЗв частота случаев хромосомных нарушений превышала исходный уровень в 2,5 раза. Митогенетический эффект облучения сохранялся только в течение последующих двух недель.

При радионуклидной диагностике с использованием разных РФП (^{131}I , ^{198}Au , ^{32}P и др.) средний медицинский персонал получает основную дозу облучения при фасовке РФП в шприц и введении препарата пациенту — 75–95 % общей дозы в зависимости от частоты исследований по разным методикам; врачи при проведении исследований пациентам — до 90 %.

При работе с генератором короткоживущих радионуклидов $^{99\text{m}}\text{Tc}$ основной вклад в суммарную дозовую нагрузку врачей дают операции с получением элюата — 40–64 %, проведение исследований — 14–48 % в зависимости от начальной активности генератора; при работе с генератором $^{113\text{m}}\text{In}$ — операции с получением элюата до 80 % и проведение исследований — до 18 %. Для медсестер лабораторий основной вклад, как и раньше, составляют изготовление рабочих растворов и фасовка РФП — 47–60 %, а также введение РФП пациенту — 32–42 % в зависимости от типа генератора.

Установлено, что годовые дозы персонала радиодиагностических лабораторий даже при выполнении всего комплекса методик с разными РФП не превышают ЛД max (15 мЗв) на тело.

Современное состояние радиационно-гигиенического обеспечения медико-биологического применения открытых источников ионизирующих излучений обеспечивает вполне безопасное для пациентов, персонала и населения проведение радионуклидной диагностики.

Риск отдаленных генетических эффектов для потомков медицинских радиологов составляет 0,040–0,072 случая на 100 родившихся детей для всех последующих поколений.

Ожидаемое число смертей от всех форм злокачественных опухолей для группы медицинских радиологов Украины в количестве 2500 человек за 50 лет профессиональной работы составляет 7,62 случая при спонтанном уровне для этой группы 315 случаев, а генетических эффектов в последующих поколениях — 1,52 случая при спонтанном уровне 250 случаев.

Проведенное в Швеции тщательное обследование лиц, получивших относительно большие дозы ^{131}I в диагностических целях (взрослые — около 1 Гр, лица моложе 20 лет — 1,59 Гр), не

обнаружило увеличения частоты опухолей щитовидной железы (ЩЖ).

Тем не менее, при направлении на радионуклидное исследование следует учитывать факторы, увеличивающие риск возникновения рака ЩЖ:

1. Индуцируемые ионизирующим излучением опухоли ЩЖ чаще возникают у женщин. При этом, в отличие от мужчин, у них чаще встречаются сосочковые и склерозирующие формы рака ЩЖ.

2. У детей наблюдается тенденция к более частому развитию рака ЩЖ.

3. Длительность латентного периода до выявления опухоли находится в линейной зависимости от уровня обмена.

4. Повышенный уровень тиреоглобулина в момент облучения увеличивает риск возникновения рака ЩЖ.

5. У лиц еврейского происхождения риск возникновения рака ЩЖ повышен.

Некоторые ограничения также необходимы, если РФП вводятся лактирующей женщине. В этом случае рекомендуется перерыв в кормлении молоком на 24–36 ч после введения матери радиоактивного йода.

Представляется также оправданным ограничение радионуклидной диагностики в период беременности, т. к. наиболее радиочувствительным механизмом является трансиндукция ДНК. Развивающийся организм или та или иная его ткань или орган вступает в следующую фазу развития благодаря изменениям объема и качества выдачи информации с ДНК (трансиндукция ДНК).

Рекомендовано диагностическое обследование с РФП, меченым по ^{131}I (за исключением гиппурана), сопровождать введением 20 мг йодистого калия и в течение 3–10 дней продолжать блокаду железы после исследования.

К организационно-методическим мероприятиям по снижению доз облучения пациентов при диагностических исследованиях относятся: применение методов *in vitro*, использование короткоживущих радионуклидов, выведение радиофармацевтических препаратов из организма после получения информации, усовершенствование аппаратуры.

4.2. Факторы защиты от действия ионизирующего излучения

Существуют три фактора (метода) защиты от действия ионизирующих излучений: время, расстояние и экранирование.

Защита временем — уменьшение продолжительности контакта, что пропорционально снижает дозу облучения. Это достигается интенсификацией труда в сфере действия излучений за счет совершенствования практических навыков. Доза облучения снижается при сокращении продолжительности рабочего дня и дополнительном профессиональном отпуске.

Защита расстоянием — увеличение дистанции между источником излучения и объектом облучения (человеком). В силу закона обратных квадратов, доза облучения от точечного источника (в вакууме) обратно пропорциональна квадрату расстояния:

$$D = D_0 / R^2.$$

Достигается защита расстоянием, в первую очередь, правильной планировкой размещения источников излучения. При планировке радиологической лаборатории хранилища радиоактивных изотопов располагают по возможности дальше от других производственных помещений. Широко используются дистанционные приборы (пинцеты, щипцы, захваты, пипетки, механические руки, роботы), дистанционное управление.

Защита экранированием — размещение на пути излучения поглощающих перегородок из плотных материалов, таких как кирпич, бетон, баритобетон, сталь, чугун, свинец, уран. Поглощающая способность материалов возрастает по мере увеличения атомной массы химических элементов и компактности расположения отдельных атомов, т. е. прямо зависит от относительной плотности.

Для определения необходимой толщины защитного экрана, а также проникающей способности квантового излучения пользуются понятием «слой половинного ослабления» (СПО). Это такая толщина любого материала, которая уменьшает интенсивность волнового (рентгеновского) и γ -излучения вдвое. Величина его прямо пропорциональна энергии излучения и обратно пропорциональна плотности защитного материала. Необходимую толщину защитного слоя вычисляют из уравнения:

$$K = 2n,$$

где n — число слоев половинного ослабления, необходимых для достижения известной кратности ослабления K .

4.3. Рекомендованные предельные уровни индивидуальных эффективных доз облучения пациентов при проведении радионуклидной диагностики

Полезность диагностических процедур может быть непосредственной или возможной в зависимости от цели исследования. Диагностика ургентного заболевания, дифференциальная диагностика тяжелых соматических и особенно онкологических заболеваний, безусловно, относятся к наиважнейшим, возможно, жизненно необходимым, показаниям для использования лучевых методов, которые оказывают непосредственную пользу пациенту с указанными симптомами. В значительной мере непосредственную пользу от лучевой диагностики получает пациент в случае необходимости слежения за течением соматического заболевания.

Возможная польза может быть получена при выявлении скрытого заболевания во время профилактических обследований населения или групп риска. В этом случае значение удельной активности одного облучения может зависеть от общего числа обследований и выявления случаев скрытых заболеваний.

С другой стороны, риск лучевой диагностики связан с возрастом обследованного населения, числом облученных лиц, чувствительностью методики исследования и лучевой нагрузкой, которую она создает.

Следовательно, целесообразно разделение пациентов на категории с регламентацией для каждой из них предельных уровней облучения. В классификации обследованных необходимо учитывать цель обследования, общее количество лиц, подвергнутых определенному виду рентгеновского или радионуклидного обследования, чувствительность метода диагностики, его клиническую или социальную значимость и т. д.

Выделяют такие категории пациентов при проведении рентгено- и радионуклидных исследований:

1. Категория АД. Больные с онкологическими заболеваниями или с подозрением на них; больные, исследования которых проводят с целью дифференциальной диагностики врожденной сердечно-сосудистой патологии, в т. ч. сосудистых периферических пороков; больные, которым проводят рентгенодиагностические вмешательства; лица, исследуемые в ургентной практике (в т. ч. при травмах) по жизненным показаниям.

2. Категория БД. Больные, исследования которых проводят по клиническим показаниям при соматических (неонкологических) заболеваниях с целью уточнения диагноза и (или) выбора тактики лечения.

3. Категория ВД. Лица из группы риска, в т. ч. работающие на предприятиях с вредными производственными факторами; те, кого принимают на работу на указанные предприятия и которые проходят профессиональный отбор; больные, снятые с учета после радикального лечения онкологических заболеваний при периодических обследованиях.

4. Категория ГД. Лица, у которых проводят все виды профилактического обследования, за исключением лиц, относящихся к категории ВД; лица, которым проводят обследования по медицинским программам.

Для категории АД рекомендуется такой предельный уровень эффективной дозы, который препятствует возникновению детерминированных эффектов облучения. Учтено, что для большинства органов (тканей) при этом превышает порог полученной на протяжении нескольких лет эквивалентной дозы 500 мЗв/год, при превышении которой могут возникать детерминированные эффекты облучения.

Для категорий БД, ВД и ГД предельные уровни эффективных доз установлены ниже, чем для категории АД, в связи с необходимостью уменьшить риск возникновения последствий облучения. Значения этих уровней дифференцированы с учетом численности контингента пациентов: ограниченные для категорий БД и ВД и большие — для ГД (табл. 2).

Принимая во внимание большую радиочувствительность детского организма по сравнению со взрослым, предельные уровни доз для пациентов детского возраста категорий АД и БД должны быть меньшими, чем приведенные в табл. 2.

4.4. Лимиты доз и допустимые уровни

Числовые значения лимитов доз устанавливаются на уровнях, исключающих возможность возникновения детерминированных эффектов облучения и одновременно гарантирующих настолько низкую вероятность возникновения стохастических эффектов облучения, что они приемлемы как для отдельных лиц, так и для общества в целом.

Использование в медицинской практике каких-либо источников ионизирующего излучения должно осуществляться с обязательным применением способов индивидуальной защиты и контроля доз облучения пациентов и медицинских работников.

Доза облучения пациентов и медицинских работников при проведении медицинской практики должна быть настолько низкой, насколько это возможно для диагностических или лечебных целей, и не превышать утвержденных в установленном порядке норм.

Основная дозовая граница индивидуального облучения персонала объектов, на которых осуществляется практическая деятельность, не должна превышать 20 мЗв эффективной дозы облучения за год, при этом допускается ее увеличение до 50 мЗв при условии, что среднегодовая доза облучения на протяжении пяти лет подряд не превышает 20 мЗв.

Основной предел дозы индивидуального облучения населения не должен превышать 1 мЗв эффективной дозы облучения за год, при этом среднегодовые реальные или ожидаемые эффективные дозы облучения человека, принадлежащего к группе риска, не должны превышать установленных основных дозовых пределов облучения независимо от условий и путей формирования этих доз.

Таблица 2

Рекомендованные предельные уровни индивидуальных эффективных доз облучения взрослых пациентов в зависимости от их категории

Категория пациентов	Эффективная доза, мЗв/год
АД	100*
БД	20*
ВД	2
ГД	1

Примечание. * — дополнительно вводится ограничение эквивалентных доз облучения наиболее радиочувствительных органов (тканей): хрусталик глаза — 150 мЗв/год; женские гонады — 200 мЗв/год; мужские гонады — 400 мЗв/год; красный костный мозг — 400 мЗв/год.

4.5. Радиационно-гигиенические регламенты медицинского облучения населения

Медицинское облучение — это облучение пациентов во время медицинских обследований и лечения, а также добровольцев.

Медицинское облучение направлено только на достижение очевидной пользы для конкретного человека (пациента) или общества в виде получения необходимой диагностической или научной информации или терапевтического эффекта.

Учитывая особенности этого вида практической деятельности, противорадиационная защита строится на таких принципах:

— облучение должно быть обоснованным и назначенным только врачом для достижения полезных диагностических и терапевтических эффектов, которые невозможно получить другими методами диагностики и лечения (принцип оправданности);

— коллективные дозы, получаемые населением при проведении рентгенологических и радиологических процедур, должны быть настолько низкими, насколько это разумно достигается с учетом экологических и социальных факторов (принцип оптимизации);

— величина дозы облучения устанавливается только врачом для каждого пациента, исходя из клинических показаний, с учетом необходимости предотвратить возникновение детерминированных эффектов в здоровых тканях и в организме в целом (принцип неперевышения).

Лимиты (пределы) доз для ограничения медицинского облучения не устанавливаются, а необходимость проведения определенной рентгенологической или радиологической процедуры обосновывается врачом на основе медицинских показаний.

Необоснованные повторные однотипные рентгенологические и радиологические диагностические процедуры допускаются только в случае необходимости и при возможности получения новой или расширенной информации. Необоснованное дублирование однотипных диагностических процедур запрещается. Для предотвращения повторов (дублирования) однотипных рентгено-радионуклидных процедур и для получения качественной клинической информации (контроль качества лучевых исследований) необходимо проводить аттестацию персонала и рабочих мест, сертификацию рентгеновской и радионуклидной диагнос-

тической и радиотерапевтической техники и радиофармпрепаратов в соответствии с порядком, установленным МЗ Украины.

При проведении профилактического обследования населения эффективная годовая доза не должна превышать 1 мЗв.

Превышение этого уровня допускается только в условиях неблагоприятной эпидемической ситуации по согласованию с органами Государственной санитарно-эпидемиологической службы МЗ Украины.

Лица, добровольно оказывающие помощь пациентам при проведении диагностических и терапевтических процедур, не должны получать облучение в дозах больше 5 мЗв/год.

Для женщин репродуктивного возраста (до 45 лет) с диагностированной или возможной беременностью, а также в период грудного вскармливания ребенка необходимо избегать проведения радиологических и рентгенологических процедур, за исключением urgentных случаев.

Медицинское облучение добровольцев, принимающих участие в медико-биологических исследованиях, должно проводиться с разрешения МЗ Украины при условиях:

- не превышения рекомендованных МЗ уровней облучения;
- письменного согласия добровольца;
- информирования добровольца о возможных последствиях и риске, связанном с облучением.

4.6. Порядок расчета индивидуальных эффективных доз медицинского диагностического облучения пациентов

Индивидуальную эффективную дозу, полученную пациентом во время радиодиагностической процедуры (H , мЗв), рассчитывают по формуле:

$$H = H(1) \cdot A,$$

где $H(1)$ — эффективная доза на единицу введенной активности (мЗв/МБк), значение которой определяют по таблице;

A — активность, введенная пациенту, МБк.

Полученное значение дозы врач лучевой диагностики должен записать в лист введения дозовых нагрузок пациента со-

Лист дозовых нагрузок от лучевой диагностики

Фамилия, имя, отчество _____

№ п/п	Дата	Вид исследования	Эффективная доза за 1 исследование, мЗв

гласно форме, установленной Приказом МЗ Украины № 118 от 19.06.90 г. (табл. 3).

Если в течение года пациенту были проведены другие рентгено- или радионуклидные диагностические исследования, полученные дозы также заносят в лист дозовых нагрузок. По окончании каждого года рассчитывают суммарную дозу, полученную пациентом за год во время медицинского диагностического облучения (мЗв/год).

Лист дозовых нагрузок сохраняют в медицинской карте амбулаторного больного или в истории развития ребенка.

Информация относительно дозы облучения сохраняется в архивах медицинских учреждений на протяжении 50 лет, а по окончании указанного срока должна передаваться в Национальный архивный фонд.

Пациенту выдается по его требованию полная информация об ожидаемой или полученной им дозе облучения, а также о возможных последствиях.

4.7. Основные пути совершенствования радиационной безопасности в медицинской радиологии

1. Улучшение систем радиационной защиты в лабораториях радионуклидной диагностики — улучшение систем дистанционного дозирования и введения РФП пациентам для снижения дозовых нагрузок на кисти рук у среднего и младшего медицинского персонала.

2. Оптимизация системы радиационного мониторинга путем внедрения современной дозиметрической и радиометрической аппаратуры для контроля уровней излучения, единых

методик контроля и оценки состояния радиационной безопасности.

3. Составление Национального реестра данных о дозах облучения профессиональных работников по результатам динамического наблюдения за состоянием здоровья персонала и их потомков.

Глава 5

ИНФОРМАЦИОННО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ. ДЕОНТОЛОГИЯ

Сравнительно малое число врачей, желающих связать свою жизнь с рентгенорадиологией, в немалой степени объясняется ложными представлениями о фактическом воздействии ионизирующего излучения в профессиональных условиях. Подавляющее большинство медиков, начинающих работать, проходят вначале этап психологической адаптации к работе во вредных условиях. В этот период наблюдаются несколько повышенная обеспокоенность и обостренное внимание молодых врачей к возможному влиянию облучения. Сомнение и неуверенность, даже в случаях незначительного и недостаточно обоснованного повода к этому, могут быть источником очень серьезного беспокойства относительно нарушений репродуктивной функции. В отдельных случаях это может приводить к нежелательным последствиям, препятствующим нормальной творческой работе, к изменению отношения к своей специальности. Широкому кругу врачей всех специальностей должно быть известно, что при соблюдении правил работы и норм радиационной безопасности сегодня какие-либо нарушения репродуктивной функции исключаются.

С увеличением стажа работы отмечается склонность к тревожности, иногда наблюдается астенизация. При психологическом обследовании у большинства работающих (до 56 %) обнаружена тенденция к возникновению тревожных состояний.

В целом население стало более настороженно относиться к различным случаям возможности контакта с излучением, включая и случаи медицинского обслуживания.

Для преодоления психологической настороженности пациентов следует информировать их в необходимом и достаточном объеме о предстоящих исследованиях методами радионуклидной диагностики.

Врачи несут ответственность за информированность пациента. В 1972 г. Американская ассоциация госпиталей опубликовала «Список прав пациента». Одно из 12 правил этого документа гласит: «Пациент имеет право получить от своего врача необходимую информацию, чтобы дать согласие до начала любой процедуры или лечения». Необходимо ответить на все вопросы пациента, связанные с предстоящей процедурой, объяснить, что будет происходить с ним во время процедуры.

Пациенты часто ассоциируют понятие «ядерная медицина» с вредной радиацией и даже с раком.

Пациентов часто интересуют такие вопросы: «Как долго радиоактивные материалы могут находиться в моем организме?», «Будет ли радиоактивность вредить мне?», «Могу ли я находиться в окружении других людей после инъекции радионуклида?».

Пациенты часто информированы о действии рентгеновских лучей, и поэтому необходимо быть готовым ответить на вопросы о различии действия рентгеновских лучей и процедур ядерной медицины.

При информировании пациента следует иметь в виду, что люди воспринимают информацию намного эффективнее, если они физически здоровы, хорошо отдохнули и находятся в комфортных условиях.

К специальным и сложным проблемам радиологической деонтологии относятся те, что связаны с оценкой возможного влияния облучения на половую и детородную функцию пациентов, подвергающихся радиодиагностическому обследованию.

Если у врача есть основания полагать, что эти вопросы интересуют пациента или тем более беспокоят его, не следует ожидать, когда они будут поставлены самим больным, а уместно их затронуть самому. Малейшие сомнения на этот счет должны быть полностью развеяны.

Известны случаи, когда некоторые пациентки желали прервать беременность, опасаясь, что будущий ребенок окажется неполноценным из-за внутриутробного облучения.

Следует отметить, что вся профилактическая и санитарно-эпидемическая работа должна проводиться не только высоко-профессионально, но и в атмосфере благотворного психологического влияния на работающих с ионизирующим излучением. Женщины должны быть твердо убеждены в эффективности всех мер профилактики.

Несмотря на жесткие ограничения радиоизотопных обследований в отношении беременных, в реальности некоторые исключения вероятны из-за несвоевременного распознавания беременности или отсутствия необходимой информации об этом у врача.

Для некоторых наиболее распространенных радионуклидов и РФП существуют сводные таблицы по дозам облучения, в т. ч. и для гонад.

Благодаря радиологическим исследованиям стало возможным упорядочить различные радиоизотопные исследования, ограничить их четкими показаниями.

Экспериментально установлено, что лучевое воздействие в несколько сантигрей может приводить к различным соматическим мутациям.

Имеются рекомендации отдельных авторов о прерывании беременности при дозах 0,1–0,2 Гр.

Конечно, с больными не следует вдаваться в разные профессиональные подробности. Такое знание не принесет пользы и может быть даже вредным, но информация врача о возможности наступления временного или постоянного бесплодия должна быть исчерпывающей. Такова моральная сторона проблемы. Окончательное право определить свое отношение к зачатию и желанию иметь детей остается за пациентом.

Как врачи, так и пациенты должны быть убеждены в безвредности и перспективности диагностического применения радионуклидов.

Усилия врачей-радиологов в педиатрической практике должны быть направлены как на пациента, так и на родителей. Родительская поддержка может значительно способствовать успеху радионуклидной процедуры. Помимо психологической подготовки педиатрических пациентов необходимо позаботиться о приспособлениях для удерживания пациента в нужном положении. Но методы ограничения могут быть неадекватными, если ребе-

нок очень активен или возбужден. В таких случаях необходимо использовать седативно-снотворные средства.

Глава 6

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ

При диагностике неотложных состояний необходимо применять экспресс-методы, а также приемы исследований, пригодные для лежачего положения больного.

Перспективным направлением применения радионуклидной диагностики является распознавание трудных для диагностики рентгенологическими методами переломов костей.

Экспресс-метод радионуклидного изучения печени заключается в определении констант (K_1 , K_2 , K_3) относительной скорости изменения концентрации препарата на накопительном участке гепатограмм. Константа K_1 позволяет оценить кровоснабжение печени, K_2 — ее поглотительную функцию, K_3 — выделительную.

При черепно-мозговой травме скинтиграфическое исследование с помощью пертехнетата ^{99m}Tc выявляет замедление мозгового кровотока, наименьшее при сотрясении головного мозга и наибольшее — при ушибе мозга со сдавливанием.

Травматические повреждения сердца и инфаркт миокарда могут быть выявлены в кардиореанимационном отделении при скинтиграфическом исследовании грудной клетки с пирофосфатом ^{99m}Tc . Этот метод особенно рекомендуется при недостаточной информативности ЭКГ, а также ферментной диагностике. Другим подходом к диагностике некроза миокарда является использование ^{201}Tl , который позволяет визуализировать здоровый миокард.

Радионуклидные методы служат для экспресс-диагностики множественных повреждений. При сочетанной травме удается выявить нарушения гемодинамики, дыхания и метаболизма.

Наличие продолжающегося внутрибрюшного кровотечения можно распознать при скинтиграфии органов малого таза с помощью короткоживущих изотопов, определив скорость нарастания концентрации РФП.

Динамику течения и тяжесть сердечно-сосудистой недостаточности определяют методом радиокардиографии с использованием гамма-камеры и ^{99m}Tc . Этот метод в экстренной хирургии и травматологии используется для определения показаний к оперативному вмешательству у пожилых.

При острых отравлениях и ожоговой болезни используют количественный анализ параметров кривых рено- и гепатограмм. Динамика изменений кривых зависит от вида и тяжести отравления.

Механическая желтуха проявляется угнетением поглотительной функции печени, степень которой зависит от тяжести обтурации желчных путей.

Отечная форма острого панкреатита проявляется диффузным увеличением железы (всей или ее части), нечеткостью контуров.

Раздел II

ЧАСТНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ _____

Глава I

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА И КРУПНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ _____

Наряду с рентгеновским методом исследования сердца и крупных сосудов в кардиологии используется и радионуклидная диагностика. Она позволяет получить важную, а иногда и уникальную информацию о состоянии сердца, не требует катетеризации сосудов и сердца, выполняется как в покое, так и после физической нагрузки.

Применяются такие радионуклиды: альбумин человеческой сыворотки (АЧС); ^{99m}Tc -пертехнетат; таллий-201; ^{99m}Tc -пирофосфат; тантал-178; иридий-191m; золото-195m; С-бутират-натрий; ^{99m}Tc -тетрафосмин; ^{99m}Tc -технетрил.

Методы диагностики:

Радиокардиография. Цель этого исследования — определить основные параметры центральной гемодинамики, включая минутный и ударный объем крови, время циркуляции крови в легких, общее периферическое сопротивление. В качестве РФП используется альбумин человеческой сыворотки, меченный ^{99m}Tc .

Равновесная вентрикулография — одно из распространенных исследований сердца. С помощью этой методики определяют насосную функцию сердца и характер движения его стенок. Принцип метода состоит в регистрации серии изображений на мониторе гамма-камеры. Равновесная вентрикулография дает возможность рассчитать фракцию регургитации, т. е. величину обратного выброса крови при пороках сердца, сопровождающихся недостаточностью клапанного аппарата. Достоинством этой методики является то, что исследование можно проводить длительно, несколько часов, изучая, например, действие лекар-

ственных средств на сердце. В качестве РФП используется АЧС с ^{99m}Tc .

Радионуклидная ангиография (болюсная вентрикулография). Цель исследования — определение параметров центральной гемодинамики, внутрисердечных шунтов слева направо, подвижности стенок левого желудочка, наличия врожденных пороков, экссудативного перикардита, аневризмы, тромбоэмболии. Обычно применяют ^{99m}Tc -пертехнетат активностью 4–6 МБк на 1 кг массы тела в объеме 0,5–1,0 мл. Вводят быстро болюсом по методике Ольдендорфа, т. н. манжетным способом (внутривенное введение РФП, затем быстрое освобождение манжеты). При некоторых врожденных пороках сердца происходит сброс артериальной крови из левых камер сердца в правые. Такие шунты бывают при дефектах перегородок камер сердца. При приобретенных пороках сердца эта методика позволяет установить степень регургитации через митральное и аортальное отверстия.

Миокардиальная перфузия выполняется путем изучения поглощения таллия миокардиальными клетками. Экстракция зависит от регионарной перфузии и жизнеспособности клеток. Ионы таллия подобны ионам калия и экстрагируются из крови сердцем. Около 4 % таллия, введенного внутривенно, аккумулируются в миокарде в первые 5 мин после инъекции. Дефекты распределения, возникающие через 2–4 ч после инъекции, используются для диагностики ишемических очагов миокарда. Дефекты, которые остаются после 3 ч, относятся к областям миокардиальных рубцов после инфаркта.

Чувствительность таллия-201 при определении острого инфаркта миокарда является наибольшей в первые 6–4 ч после соответствующих симптомов и снижается до 72 % через 24 ч. Изображение с таллием-201 более чувствительно при диагностике трансмуральных инфарктов (88 %), чем при нетрансмуральных (63 %).

Изображение с Tl-201 используется также для диагностики болезни коронарной артерии, чтобы определить физиологическое значение известных коронарных заболеваний или оценить степень жизнеспособности миокарда после его инфаркта. Чувствительность при определении ишемического заболевания значительно увеличивается, если миокардиальный кровоток увеличивается (при помощи упражнений или медикаментами). Чувствительность к стрессу с использованием Tl-201 для определения коронарного стеноза — 82 %, специфичность — 91 %.

Таллий-201 помогает обнаружить стеноз сосудов, в частности, когда имеется коллатеральная циркуляция в регионах, снабжаемых стенозированными сосудами. Это особенно важно для пациентов, которых готовят к операциям коронарной хирургии, ангиопластики, фибринолитической терапии и дифференциации ишемической, но жизнеспособной ткани от миокардиального рубца.

Пациент не должен ничего принимать перорально за 4 ч до диагностики. ^{201}Tl -хлорид вводится быстро через постоянный катетер или другой заранее установленный внутривенный катетер. Из-за возможной аритмии или других кардиальных осложнений ^{201}Tl -исследования с нагрузкой должны контролироваться кардиологом или другим квалифицированным врачом. Дефибриллятор и все необходимые медикаменты должны быть готовы для немедленного использования.

Напряжение, вызванное физической нагрузкой до отображения в исследованиях с ^{201}Tl , имеет две цели. Во-первых, когда потребность миокарда в кислороде повышена из-за напряжения, перфузия сердечной ткани увеличивается и поглощение миокардом радиоактивного индикатора происходит быстрее и полнее. Во время напряжения, вызванного нагрузкой, по сравнению с исследованиями в покое, концентрация таллия в миокарде будет большей, наблюдается меньшая активность в печени, селезенке, почках и желудочно-кишечном тракте. Во-вторых, участки ишемии миокарда, еще без инфаркта, которые могут не обнаруживаться при исследовании с таллием в покое, часто можно выявить при процедуре напряжения, т. к. стенозированные кровеносные сосуды миокарда, имеющие нормальную перфузию, не способны расшириться в ответ на более быстрый ток крови при нагрузке. Следовательно, распределение таллия в миокарде может быть неравномерным (проявление ишемии) во время нагрузки, но выглядеть однородным или нормальным в покое. Обычно выполняются обе процедуры: сканирование таллия во время нагрузки сопровождается приблизительно 4-часовым дальнейшим исследованием в покое.

Альтернативой нагрузке в исследованиях миокарда с использованием ^{201}Tl является индукция коронарной вазодилатации фармакологическими препаратами.

Визуализация инфаркта. Технеций-99 пирофосфат, широко используемый для визуализации костей, также употребляется для определения возраста и выраженности инфаркта миокарда. Он

чаще всего применяется у пациентов с известной коронарной сердечной болезнью, поступивших в клинику через 24 или 48 ч после инфаркта, когда образец фермента еще нормальный, и у пациентов, у которых при ЭКГ не установлен свежий инфаркт.

Техника состоит во введении 555 МБк ^{99m}Tc пирофосфата внутривенно за 90 мин до визуализации. Регистрируются передняя позиция, левая передняя косая (40°), левая передняя косая (60°) и левая латеральная.

Вентрикулярная функция. Ненормальность движения стенки оценивается на основе субъективного анализа данных, преобразованных кинодисплеем, и результатов компьютерного исследования, регистрирующих региональную фракцию выброса. Другие измерения сердечной функции, содержащие первично-транзиторные показатели, определяют: сердечный выброс, средние объемы камер и среднее время прохождения через камеру.

Фракция выброса для правого желудочка наиболее точно может быть получена от первой транзиторной стадии у пациента в 30° правой передней косой позиции; это поясняется тем, что правое предсердие не ниже правого желудочка, как в случае 40° левой передней косой стадии.

Определение минутного объема крови. Минутный объем сердца — объем крови (л), выбрасываемый сердцем в течение 1 мин (в норме — 6–8 л). Больного укладывают на спину. Датчик устанавливается над областью сердца. Индикатор — АЧС, меченый ^{131}I , ^{99m}Tc -пертехнетатом. Препарат вводят быстро, активностью 20 кБк/кг в объеме 0,2–0,3 мл. На самописце регистрируется кривая.

Круто восходящая кривая, достигающая максимума за 3–4 с, соответствует поступлению радиоактивной крови в правый желудочек. Снижение кривой обусловлено переходом препарата с кровью в сосуды легких. Возврат препарата из легких в сердце (но уже в левые камеры) характеризуется быстрым подъемом крови. В дальнейшем концентрация препарата снижается до стандартного уровня, обусловленного равномерным растворением его в крови. Минимальный объем кровотока (МО) определяется по формуле:

$$\text{МО} = \text{Ав} / \text{Ст},$$

где Ав — активность введенного изотопа; С — средняя концентрация препарата индикатора при первом прохождении через полость сердца; т — время первой циркуляции изотопа в сердце.

Исходя из величины МО, рассчитывают другие показатели гемодинамики: ударный объем сердца (УО), минутный индекс (МИ), ударный индекс (УИ).

$МИ = МО : \text{число сердечных сокращений в минуту.}$

Определение скорости кардиопортального кровотока (изучение скорости линейного кровотока от сердца к печени). Применяется АЧС, меченный ^{131}I . Методика заключается в том, что перед внутривенным введением альбумина ^{131}I устанавливаются детекторы: один в области сердца, другой — над областью печени. Альбумин ^{131}I вводится в количестве 25–30 мкКи в 0,3 мл физиологического раствора. Время кардиопортальной циркуляции определяется как время от пика активности в области печени, которое в норме составляет 24–25 с. При патологических процессах в печени скорость кардиопортального кровотока значительно замедляется. Так, при хронических гепатитах, метастатических опухолевых образованиях и гепатитах, обусловленных сахарным диабетом, указанное время составляет 34–36 с. При циррозах печени время кардиопортальной циркуляции увеличивается до 55–60 с, что является объективным тестом в дифференциальной диагностике между циррозами, хроническими гепатитами и метастатическими поражениями печени, а также для определения эффективности оперативного лечения цирроза печени.

Определение состояния миокарда. Состояние миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца изучают с помощью нового радиофармацевтического препарата ^{11}C -бутирата натрия методом позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ). В зонах рубцовых изменений наблюдаются стабильные дефекты накопления препарата, а в зонах ишемии — замедленное выведение радиоактивности, связанное со снижением скорости окислительного метаболизма.

Количественный анализ толщины стенок левого желудочка с ^{99m}Tc -тетрафосмином позволяет получить дополнительную информацию для диагностики гипертрофии миокарда. Наиболее частые клинические показатели для применения радионуклидной вентрикулографии — кардиомиопатии, тестирование кардиотоксического эффекта, ишемическая болезнь сердца (прогноз, ремоделирование, риск расслоения), пороки (портальная недостаточность), фармакологическое тестирование.

Определение влияния антиангинального препарата на миокардиальную перфузию. Однофотонная эмиссионная компьютерная то-

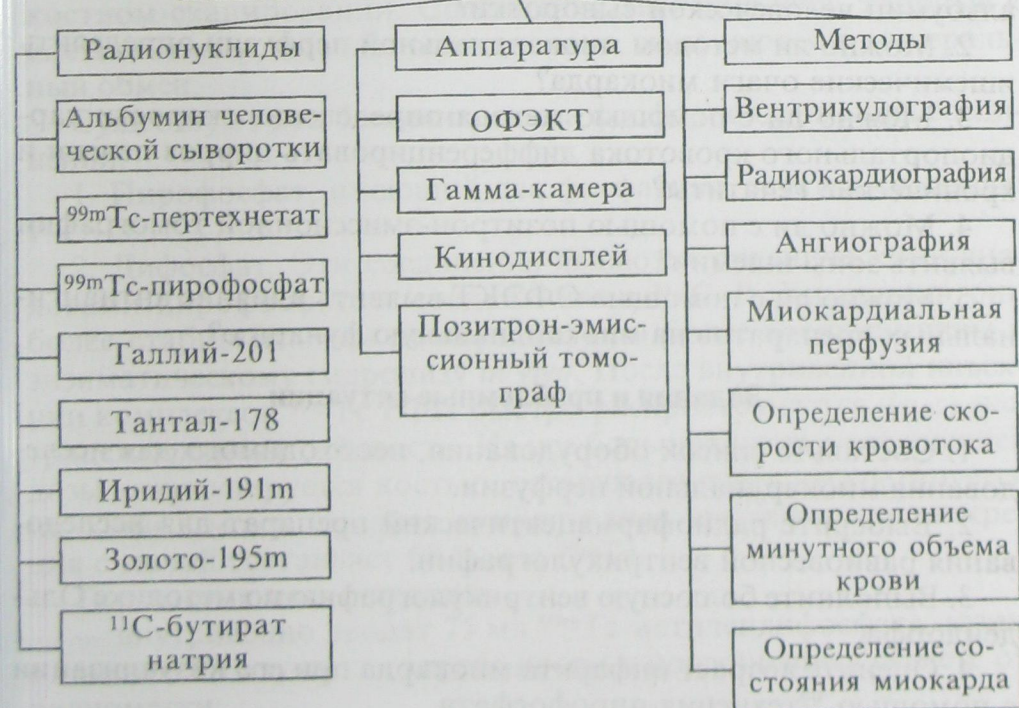
мография сердца с ^{99m}Tc -технетрилом может быть с успехом использована для оценки влияния того или иного антисептического препарата на миокардиальную перфузию. С помощью перфузионной сцинтиграфии миокарда впервые удалось объективно установить, что под воздействием антагонистов у некоторых больных с ИБС может развиваться ухудшение коронарного кровообращения.

Ключевые понятия темы

Радиокардиография, равновесная вентрикулография, радионуклидная ангиография, визуализация инфаркта, методика определения вентрикулярной функции, методика определения скорости портального кровотока, методика определения минутного объема крови, методика определения состояния миокарда, методика определения влияния антиангинального препарата на миокардиальную перфузию.

Формализованная структура содержания темы

Методы радионуклидной диагностики при заболеваниях сердца и крупных сосудов



Вопросы для самостоятельной работы

1. Назовите радионуклиды, используемые для радионуклидной оценки сердца и крупных сосудов.
2. Назовите методы радионуклидной диагностики сердца и крупных сосудов.
3. Есть ли необходимость катетеризации сердца и крупных сосудов при радионуклидной диагностике заболеваний сердца и крупных сосудов?
4. Как определить насосную функцию сердца?
5. Определите цель болюсной вентрикулографии.
6. Опишите радионуклидный метод исследования сердца с физической нагрузкой.
7. Применение ПЭТ для радионуклидной диагностики заболеваний сердца.
8. Применение ОФЭКТ для радионуклидной диагностики заболеваний сердца.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Все ли радионуклиды, используемые для диагностики заболеваний сердца и крупных сосудов, перечислены: технеций, альбумин человеческой сыворотки?
2. Можно ли методом миокардиальной перфузии определить ишемические очаги миокарда?
3. Можно ли с помощью метода определения скорости кардиопортального кровотока дифференцировать цирроз печени и хронические гепатиты?
4. Можно ли с помощью позитрон-эмиссионной томографии выявить зоны ишемии?
5. Можно ли с помощью ОФЭКТ выявить влияние антиангинальных препаратов на миокардиальную функцию?

Задания и проблемные ситуации

1. Составьте список оборудования, необходимого для исследования миокардиальной перфузии.
2. Выберите радиофармацевтический препарат для исследования равновесной вентрикулографии.
3. Выполните болюсную вентрикулографию по методике Ольдендорфа.
4. Оцените возраст инфаркта миокарда при его визуализации с помощью ^{99m}Tc -пирофосфата.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ МЫШЕЧНО-СКЕЛЕТНОЙ СИСТЕМЫ

Радионуклидная диагностика заболеваний мышечно-скелетной системы, в основном, более чувствительна, чем широко распространенное рентгенографическое исследование. Отклонения от нормы могут проявляться общим увеличением поглощения РФП или очаговым увеличением концентрации. Изредка из-за полной деструкции кости или некротической области поглощения нуклидов не происходит и проявляется «холодный» узел. Присутствие значительного количества мягкой ткани у тучных пациентов увеличивает рассеивание фотонов, влияя таким образом на техническое качество изображения. Кроме того, почки, мочевой пузырь и другие нормальные области могут концентрировать РФП при сканировании костей: носоглотка, ротоглотка, молочная железа и слезный аппарат. Различные патологические повреждения мягких тканей аккумулируют РФП при костном сканировании. Соединения технеция- ^{99m}Tc , тропные к костной ткани, довольно интенсивно включаются в минеральный обмен.

Существуют два больших класса фосфоросодержащих соединений:

1. Пирофосфат, имеющий два фосфатных остатка со связью P-O-O.

2. Дифосфат. Эти соединения являются органическими аналогами пирофосфата с соединениями P-C-P. Химически они более стабильны, чем полифосфаты, и более восприимчивы к энзиматическому гидролизу *in vivo*. После внутривенной инъекции комплексов ^{99m}Tc РФП быстро распространяется через экстрацеллюлярную жидкость. Из нее большая часть поступившей дозы аккумулируется костью, оставшаяся часть экскретируется почками в мочу. Средняя кумулятивная шестичасовая экскреция с мочой составляет 68 % для ^{99m}Tc .

Технология исследования:

— внутривенно вводят 75 мл ^{99m}Tc -метилendifосфата, затем в течение 2 ч изучают клиренс крови и поглощение в скелете от радиометки;

— перед исследованием пациент должен опорожнить мочевой пузырь;

— получают переднюю и заднюю сканограммы всего тела;

— получают детальное изображение грудной клетки, если цель поиска — метастазирование саркомы в легкие;

— при визуальном анализе скинтиграмм оценивают содержание препарата в симметричных зонах парных костей и в рядом расположенных позвонках, на основе чего определяют наличие очаговой патологии, локализацию процесса, количество и размеры очагов поражения. При компьютерной обработке скинтиграфических данных сравнивают в процентах содержание препарата в симметричных зонах парных костей или рядом расположенных позвонках.

Костные сканограммы лучше получать с использованием скинтилляционной камеры с большим полем зрения, чтобы покрыть весь скелет. Процессы, развивающиеся в области таза и скрывающиеся за остаточной активностью в мочевом пузыре, могут потребовать специального рассмотрения; например, заболевания крестца или копчика требуют визуализации латерального вида таза пациента, сидящего на детекторе. При поражениях, включающих отростки тел позвонков, может быть применен коллиматор, наклоненный в медиальном направлении. Для дифференциальной диагностики скрытых переломов используют трех- или четырехфазное костное сканирование.

Повышение накопления остеотропного РФП на 40 % и более на площади 1,5–2 м² и более по сравнению с симметричным участком парной кости расценивается как наличие патологического процесса. Наличие патологии считается сомнительным, если накопление препарата меньше указанных величин. В основном, картина при воспалительных и опухолевых поражениях связана с увеличением накопления остеотропного радионуклида, иногда в 10–15 раз по сравнению со здоровым участком.

Скинтиграфия позволяет выявить начальные симптомы воспаления в суставах больных асептическим артритом (рис. 3) даже при отсутствии клинической симптоматики, демонстрируя диффузное увеличение активности периартикулярной поверхности. Рентгенографические исследования в таких случаях могут показать только растяжение капсулы сустава.

Сопоставление клинических и рентгенологических данных с результатами скинтиграфии ^{99m}Tc-пирофосфатом при обследо-

вании суставов показало, что радионуклидное исследование — самый чувствительный индикатор активности воспаления, а выявленные радионуклидным методом изменения зачастую предшествуют развитию клинических рентгенологических признаков патологического процесса в суставах. С помощью радионуклидных методов удастся установить у больных ревматоидным артритом наличие субклинических признаков рецидива в оперированных суставах. Сцинтиграммы с ^{99m}Tc более чувствительны в определении синовита, чем клиническое исследование суставов. Следует иметь в виду, что остеосцинтиграфия выявляет большее количество пораженных суставов, чем это подозревается клинически. Но данный вид исследования неспецифичен для артритов, изменения происходят при переломах, костных заболеваниях.

В качестве примера приводим следующие наблюдения:

1. Женщина 20 лет жалуется на небольшую тугоподвижность и боль в кистях. Деформации при физическом обследовании не обнаружены. На костной сканограмме — умеренно увеличенная аккумуляция радионуклида в обоих запястьях, втором, третьем и пятом метакарпофалангиальных суставах, втором проксимальном интерфалангиальном суставе левой кисти, втором и пятом метакарпофалангиальных суставах правой кисти. Заключение: артрит, распространившийся на запястья и кисти.

Лабораторные исследования подтвердили диагноз ревматоидного артрита. Пациентка поправилась после лечения противовоспалительными средствами.

2. Мальчик 11 лет наступил на ржавую пружину кровати и поранил правую стопу. Неделей позже развилась боль в правой нижней конечности, больной был госпитализирован. Рентгенологическое исследование ничего не показало, и его отправили домой. Через 4 дня боль усилилась, и пациент вернулся в стационар. Сканирование кости с ^{99m}Tc в позе лягушки показало увеличенный кровоток в правой пяточной кости, что было интерпретировано как проявление остеомиелита правой пяточной кости. Пациент был направлен на лечение остеомиелита. Рентгенологическое исследование выявило увеличенную рентгенопрозрачность и неравномерность, что могло свидетельствовать об остеомиелите. И хотя роста микроорганизмов в пунктате пяточной кости не обнаружено, полагали, что у пациента остеомиелит, и он получал внутривенные инъекции антибиотиков в течение 4 нед. На момент выписки инфекция была под контролем.

3. Приведем пример радионуклидной диагностики полимиозита.

Больной 49 лет. Жалобы на мышечную слабость и лихорадку, появившиеся 2 мес. назад. Креатининфосфокиназа сыворотки составила 5800 единиц, также обнаружены миоглобинурия и цилиндры в моче. При сканировании костей с ^{99m}Tc выявлены участки увеличенного поглощения радиоактивного индикатора. Биопсия мышцы показала хроническое воспаление с некрозом волокон и регенерацией. Пациента лечили стероидами, и на момент выписки состояние больного значительно улучшилось, лихорадки не было.

При различных формах в разных стадиях подагры обнаруживают повышение концентрации РФП, меченного ^{99m}Tc . Наряду с выявлением воспалительных признаков суставов отмечены скопления уратов различной величины как около суставов, так и в других мягких тканях. Глубоко расположенные тофусы на сцинтиграмме имеют четко очерченные контуры. Концентрация препарата в них превышает норму в 5–7 раз. У трети больных при гамма-сцинтиграфии обнаружено скопление уратов в почках. До этого патология почки не была зафиксирована.

Таким образом, сцинтиграфия позволяет выявить характерные изменения в суставах, а также накопление уратов в других тканях, что имеет большое значение для постановки окончательного диагноза.

У больных, страдающих псориазом, часто имеются скрытые формы артритов или спондилоартритов. Сцинтиграфия оказывает большую помощь в диагностике поражений суставов в разные сроки заболевания. Высокая концентрация препарата отмечалась в дистальных фалангах, голеностопных суставах, крестцово-подвздошных сочленениях и поясничном отделе позвоночника. В области грудино-ключичных, крестцово-подвздошных суставов накопление РФП происходило неравномерно, а в позвоночнике часто обнаруживалось повышение концентрации радиоиндикатора только с одной стороны (рис. 3). В отличие от рентгенографии, при сцинтиграфии выявляются очаги воспаления не только в самом суставе, но и вдали от него. На остеосцинтиграммах костей видна нечеткость контуров. Поражение крестцово-подвздошных суставов выявляется на большом протяжении шириной 6–7 см. Помимо поражения указанных суставов, выявляются очаги умеренно повышенного накопления РФП в середине крестца и в области поясничных позвонков. Накопление РФП наблюдается также в местах прикрепления сухожилий. Поражение позвоночника, в отличие от болезни Бехтерева

(рис. 4), на скинтиграмме выявляется главным образом в боковых частях, контуры позвонков нечеткие, трудно различимые.

Повышенное накопление РФП наблюдается при переломах костей, ревматическом полиартрите и не является специфическим признаком определенного заболевания. Наиболее точно скинтиграфически можно определить остеотропные метастазы.

Диффузное увеличение поглощения ^{99m}Tc -фосфата обычно наблюдается при метаболических заболеваниях кости. Увеличенную задержку поглощения ^{99m}Tc -дифосфата обнаруживают у пациентов с почечной остеодистрофией, остеомалацией или первичным гиперпаратиреозом. У пациентов с возрастным остеопорозом, наоборот, фиксируется нормальная задержка дифосфата.

Костный сканер сравнительно более чувствителен, чем рентгенограмма, при определении первичного гиперпаратиреоза, почечной остеодистрофии и остеомалации, но менее чувствителен, чем рентгенограмма при определении остеопороза. Присутствие остеопороза определяют при потере не менее 30–60 % костной массы. Увеличенное поглощение остеотропных РФП в месте перелома заметно в период 12–24 ч после повреждения. Увеличенное поглощение метки может присутствовать многие годы. Образование мозоли обнаруживается значительно раньше, чем при рентгенологическом исследовании.

Дифференциальная диагностика между инфицированием и разбалтыванием тазобедренного сустава у больных с протезами тазобедренных суставов выполняется с помощью комбинированной скинтиграфии с ^{99m}Tc -лейкоцитами и ^{99m}Tc -МДР прилегающих к протезу тканей.

Использование радионуклидного исследования при болезни Бехтерева оказывает большую помощь при ранней и дифференциальной диагностике заболеваний позвоночника и суставов, позволяет уточнить степень активности местного воспалительного процесса, выявить участки поражения позвоночника или суставов в отсутствие клинических признаков воспалительного процесса, объективизировать оценку динамики патологического процесса (табл. 4).

При использовании меченных ^{99m}Tc остеотропных РФП визуализируются также почки и мочевого пузыря, т. к. до 40 % этих соединений выводятся из организма почками. Это позволяет исследовать почки при подозрении на гипернефрому. При этом

анатомио-топографические особенности почек, их секреторно-эвакуаторная функция, кровоток в почечной паренхиме, опухоли и наличие метастазов в системе определяются одновременно.

Радионуклидные исследования используются при диагностике доброкачественных опухолей. Остеоидная остеома является обычной доброкачественной опухолью кости. Она встречается у мужчин вдвое чаще, чем у женщин, и примерно в 90 % случаев — между 5 и 25 годами. Локальная боль часто сильнее всего ощущается ночью, увеличивается при активности и может ослабляться аспирином. Если поражен позвоночник, возникает болезненный ригидный сколиоз, вогнутый к месту заболевания. Патологические компоненты остеоидной остеомы — маленькие, высоко васкуляризованные костные трабекулы и окружающие участки реактивного костного склероза.

Остеоидная остеома вызывает интенсивное радионуклидное поглощение в месте поражения вследствие увеличения костного кровотока и реактивного новообразования кости.

Приведем следующий пример.

Девочка 10 лет в течение 9 мес. находилась в корсете по поводу тораколумбального сколиоза, сопровождавшегося болями в спине. На рентгенограмме не было выявлено никаких повреждений позвонков или позвоночного столба. При сканировании кости с ^{99m}Tc -МДР выявлена область увеличенного поглощения радиоактивного препарата в суставной поверхности тела восьмого грудного позвонка. На основе клиники и результатов сканирования предположили наличие остеоидной остеомы. Хирургическое удаление ее уменьшило сколиоз с 40 до 12°. Боли в спине исчезли.

Однокамерная костная киста возникает преимущественно у маленьких детей и подростков. Часто она бывает бессимптомной, в основном обнаруживается в проксимальном отделе плечевой кости. При отсутствии патологического перелома радионуклидная костная сканограмма, главным образом, показывает отсутствие или минимальное увеличение радиоактивности на месте кисты. Большие кистозные нарушения могут проявляться на костных сканограммах как фотондефицитные зоны.

Эозинофильная гранулома кости — наиболее доброкачественная форма гистиоцитоза. Костные заболевания развиваются обычно у пациентов до 10 лет. Боль в кости и ограничение подвижности —

наиболее частые осложнения. Эти заболевания обычно редко определяются на рентгенограммах и главным образом демонстрируют увеличенное радионуклидное поглощение на костной сканограмме.

Другие доброкачественные костные опухоли, такие как энхондрома и остеохондрома, характеризуются вариационным поглощением, которое находится в пределах от интенсивного поглощения, как при саркоматозной болезни, до более низкого.

Примерно 50 % введенного ^{99m}Tc накапливаются в костях. Остальные 50 % введенной дозы экскретируются почками. Выделяемое радиоактивное вещество, которое накапливается в мочевом пузыре, может препятствовать визуализации костных структур таза. Для минимизации влияния содержимого мочевого пузыря следует его опорожнить непосредственно перед исследованием. Прием жидкости между инъекцией контраста и исследованием стимулирует рефлекс мочеиспускания. Эта процедура должна также минимизировать дозу облучения мочевого пузыря путем уменьшения времени пребывания радиоактивного вещества.

Остеоидная остеома характеризуется интенсивной фокальной аккумуляцией метки технеция-99m-метилдифосфата в изображении, полученном через 3–4 ч после инъекции.

Как остеогенный компонент болезни, так и большой кровоток способствуют значительному поглощению метки. Остеоидная остеома составляет около 10 % доброкачественных костных опухолей. Опухоль чаще развивается во 2–3-й декадах жизни, в половине случаев — в бедре или большой берцовой кости. Поражение чаще локализуется ближе к концу пластинки длинных костей. Также могут поражаться плечевая кость, позвоночник и запястье. В позвоночнике опухоли обычно локализуются в *pedicles, laminae et processus transversus*. Часто они связаны с болезненным сколиозом. Костная сцинтиграфия при остеоидной остеоме, как и при многих других нарушениях, обнаруживает болезнь раньше изменений на рентгенограмме. Если этот диагноз подозревается даже при нормальной рентгенограмме, костный скан должен быть выполнен. Это может сократить время установления диагноза на несколько месяцев или лет. Из 100 случаев хирургически подтвержденных остеоидных остеом в 75 % существовали подозрения на болезнь на основании обыч-

ной начальной рентгенограммы, которые помогли предоперативному диагнозу. Костный скан часто не является необходимым при остеонидной остеоме длинных костей, когда рентгенологически диагноз часто (но не всегда) определен. Противоположное верно при поражениях аксиального скелета, которые трудно выявить рентгенографически. Часто детей лечат от разных причин боли в спине, прежде чем установлен диагноз остеонидной остеомы.

В структуре онкологических заболеваний значительный удельный вес имеют нозологические формы рака, которые часто сопровождаются множественными метастазами в кости: рак молочной железы (РМЖ) (рис. 4), рак предстательной железы (РПЖ), рак щитовидной железы, рак легкого и др. Так, по данным аутопсии, при РМЖ костные метастазы выявляются у 40–70 % пациенток (рис. 5), а при раке легкого и РПЖ — у 50–85 %.

Установлено, что через 18 мес. после диагностирования РМЖ у 8 % пациенток с изначально нормальными сканограммами развиваются костные метастазы, а через 36 мес. — у 15 %. Следует иметь в виду, что 44 % пациенток без болей в костях имеют метастазы в кости.

Приведем пример:

У женщины 58 лет 2 нед. назад появились головокружение и нарушение походки. Через неделю правая рука и нога стали слабыми и болезненными, нарушилась речь. Была доставлена в госпиталь, где обнаружена подвижная масса 4×5 см в правой молочной железе. При исследовании костей с ^{99m}Tc -МДР найдены множественные области увеличенного количества треков в черепе, шее, средостении, нижних поясничных позвонках.

Предположительно: мультифокальные метастазы в кости карциномы молочной железы.

Компьютерная томография выявила массу в области левой парietальной кости и ткани мозга. Психический статус пациентки ухудшился, развилась правая гемианопсия. Биопсия молочной железы показала плохо дифференцированную карциному протоков. Сканирование обнаружило метастазы.

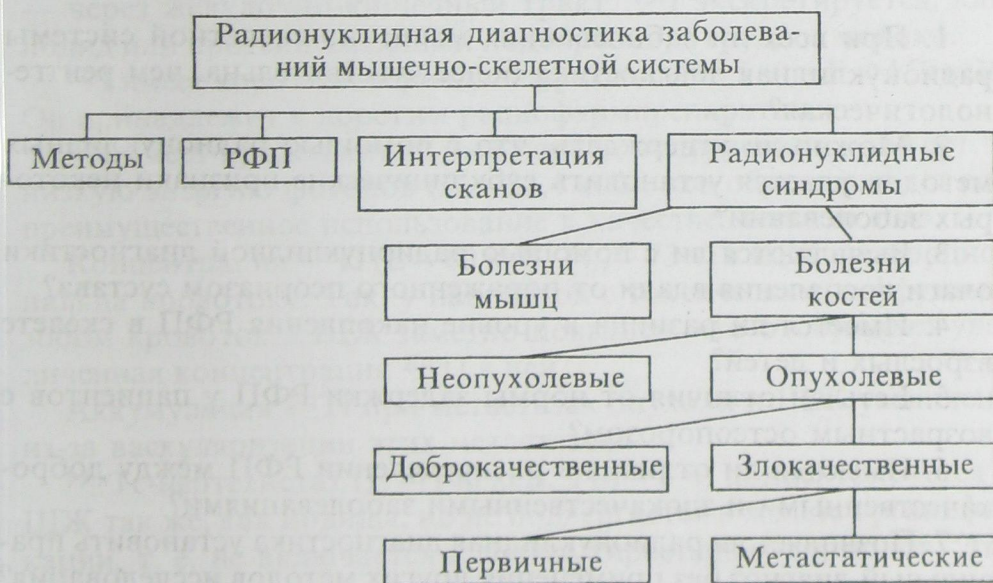
Остеосаркома чаще возникает у мужчин, чем у женщин (2 : 1), пик ее выявления — в возрасте между 10 и 25 годами. Боль и припухлость — наиболее частые симптомы. Чаще всего она возникает в нижней конечности, в частности, вокруг коленного сустава, как в дистальном отделе бедра, так и в проксимальном отделе большеберцовой кости (рис. 6).

На радионуклидной костной сканограмме остеосаркома обычно обнаруживает увеличенную активность из-за ее множественной сосудистой природы и образования опухолью новой кости. Костные сканограммы выполняются при остеосаркоме, прежде всего, чтобы определить метастатическое заболевание.

Ключевые понятия темы

Мышечно-скелетная система, сцинтилляционная камера, радионуклиды, артриты, остеомиелит, полимиозит, остеосцинтиграфия, гиперпаратиреозидизм, почечная остеодистрофия, остеомалация, болезнь Бехтерева, доброкачественные костные опухоли, злокачественные опухоли.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. На чем основана радионуклидная диагностика опухолей костей?
2. Какие опухоли с наибольшей достоверностью выявляются при радионуклидном исследовании костей?
3. Для чего нужна радионуклидная диагностика опухолей, если существуют рентгенологические методы исследования?

4. При каких условиях в кости наблюдаются низкие концентрации РФП?
5. Назовите показания к проведению остеосцинтиграфии.
6. Опишите технологию остеосцинтиграфии.
7. Какая аппаратура используется для остеосцинтиграфии?
8. Назовите соединения ^{99m}Tc , тропные к костной ткани.
9. Каковы причины возможных искажений остеосцинтиграфии?
10. Радионуклидные синдромы при исследовании мышечно-скелетной системы.
11. Назовите заболевания мышечно-скелетной системы, которые вызывают повышенное накопление РФП в теле.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. При всех ли заболеваниях мышечно-скелетной системы радионуклидная диагностика более чувствительна, чем рентгенологическая?
2. Можно ли утверждать, что с помощью радионуклидных методов удастся установить субклинические признаки некоторых заболеваний?
3. Выявляются ли с помощью радионуклидной диагностики очаги воспаления вдали от пораженного псориазом сустава?
4. Имеется ли разница в уровне накопления РФП в скелете взрослых и детей?
5. Есть ли отличия от нормы задержки РФП у пациентов с возрастным остеопорозом?
6. Имеются ли отличия в распределении РФП между доброкачественными и злокачественными заболеваниями?
7. Позволяет ли радионуклидная диагностика установить правильный диагноз без применения других методов исследования?

Задания и проблемные ситуации

1. Сформулируйте основные требования к проведению остеосцинтиграфии.
2. Что необходимо принять во внимание при интерпретации результатов остеосцинтиграфии?
3. Чем обусловлено повышение накопления РФП в костях? Сформулируйте механизм такого повышения накопления РФП.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА
ЗАБОЛЕВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Радионуклидные методы исследования как наиболее информативные и объективные занимают особое место в диагностике функциональных и органических нарушений щитовидной железы (ЩЖ).

Наиболее распространенный радионуклид для исследования ЩЖ — ^{131}I (на 90 % β -излучатель, $T_{1/2}$ физ. = 8 сут., $E = 364$ кеВ).

Визуализация ЩЖ с ^{131}I выполняется через 24 ч после перорального приема РФП. В это время около 10,0–30,0 % поступившего количества ^{131}I локализуется в ЩЖ. Большая часть йода экскретируется через почки или в значительно меньшей степени — через желудочно-кишечный тракт. ^{131}I экскретируется, как йодид или протеинсвязанный йодтирозин, в грудное молоко.

^{123}I имеет короткий период полураспада (13,6 ч) и $E = 159$ кеВ. Он принадлежит к дорогим радиофармпрепаратам.

^{125}I имеет продолжительный период полураспада — 60 сут. и низкую энергию фотонов ($E = 35,4$ кеВ), что обуславливает его преимущественное использование в качестве метки *in vitro*.

Концентрация ^{201}Tl ($E = 80$ кеВ, $T_{1/2} = 73$ ч) в ЩЖ пропорциональна кровотоку. Так, у пациентов с токсическим диффузным зобом кровотоков в ЩЖ заметно повышен, что отображает увеличенная концентрация ^{201}Tl в ней.

Аккумуляция ^{201}Tl при метастазах опухоли в ЩЖ увеличена из-за васкуляризации этих метастазов.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетат ($E = 140$ кеВ, $T_{1/2} = 6$ ч) концентрируется в ЩЖ так же, как йодиды, но не подвергается в железе органификации, т. е. не включается в состав тиреоидных гормонов. Эта особенность исключает возможность его использования при послеоперационном поиске метастазов рака ЩЖ (последнее проводится только с радиоактивным йодом).

Максимальное поглощение пертехнетата достигается через 10–30 мин после внутривенной инъекции и в норме не превышает 3–4 % от введенного количества.

Для поиска функционирующих метастазов тиреоидной карциномы пациент перорально принимает 200 МБк ^{131}I и через 72 ч проводят сцинтиграфию тела.

^{99m}Tc -пертехнетат (50 МБк) вводится внутривенно, сканирование проводят через 15 мин.

Сканирование с пертехнетатом проводят на разных расстояниях между коллиматором и шеей: 17 см — чтобы оценить величину структуры и ее отношение к другим структурам, 6 см — чтобы определить место увеличенной или уменьшенной активности в железе. На сканограмме шеи отмечается *cartilago thyroidea* и стернальная вырезка. Узлы помечаются свинцовыми кольцами или радиоактивными маркерами.

Передний скан нормальной ЩЖ обычно показывает доли, симметричные относительно средней линии (рис. 7). Правая доля обычно немного больше левой. Перешеек может быть широким, узким или же не визуализироваться. Величина, форма и конфигурация ЩЖ варьируют значительно, даже при отсутствии заболевания.

Для изучения поглощения ЩЖ радиойода пациенту дают жидкий йод (или в капсуле) в количестве 75–150 кБк. Изучаются величины поглощения через 2–4–6–24–48 ч после поступления радиойода, процент поглощения которого в ЩЖ вычисляется по формуле:

$$\frac{\text{Показатель шеи} - \text{Показатель бедра}}{\text{Стандарт}} \cdot 100$$

Показатель для бедра принимается как аппроксимация к не-тиреоидному поглощению в шее.

Показаниями для радионуклидной визуализации ЩЖ являются: пальпируемый узел в паренхиме или в области шеи, подозрение на эктопически расположенные элементы тиреоидной ткани, рецидив зоба после хирургического лечения, подозрение на опухоль, метастазы, прогрессирующий тиреоидит, гиперплазию ЩЖ, клинический гипертиреоз.

Противопоказания к радионуклидному исследованию щитовидной железы — беременность и лактация. Кормящие грудью матери, получавшие ^{131}I , не должны продолжать кормить молоком до тех пор, пока радиоактивность в молоке не вернется к фоновому уровню (около 6 нед.).

Временную отмену радионуклидного исследования ЩЖ необходимо сделать после приема пациентом ряда препаратов — на 1 нед. после приема салицилатов; на 2 нед. — трийодтиронина, сульфаниламидов, антигистаминных препаратов, резерпи-

на; на 3 нед. — антикоагулянтов, глюкокортикоидов, эстрогенов, противозачаточных средств, андрогенов; на 4 нед. — муказолила, метилурацила, препаратов йода и брома, тиреоидина; на 6 мес. — водорастворимых контрастных препаратов; на 12 мес. — масляных контрастных препаратов.

Методика одновременного исследования функции и анатомо-топографических особенностей ЩЖ разработана в радионуклидной лаборатории им. Н. А. Семашко (патент Украины № 3796-ХН). Это исследование позволяет одномоментно определить функцию, строение и локализацию тиреоидной ткани путем динамической сцинтиграфии после внутривенного введения небольшого количества ^{99m}Tc -пертехнетата. Оценивается функциональное состояние железы в целом и каждой доли отдельно. Незначительная лучевая нагрузка позволяет проводить исследование неоднократно, а также детям. Сокращение времени исследования до 15–20 мин удобно для пациентов, которые обследуются амбулаторно или живут в отдаленных районах.

Метод может использоваться как самостоятельно, так и в качестве важного дополнения в комплексном обследовании ЩЖ у больных с диффузным, узловым и смешанным зобом. Использование теста подавления помогает дифференцировать стертые формы тиреотоксикоза от усиления функциональной активности ЩЖ, обусловленной соматическими заболеваниями. При этом повторные исследования можно проводить через 2–4 дня, не причиняя вреда. Тест со стимуляцией существенно помогает в дифференциальной диагностике первичных и вторичных гипотиреозов.

Исследование проводится с использованием компьютерной сцинтилляционной гамма-камеры, оснащенной системой автоматической обработки радиологической информации (САОРИ). После внутривенного введения ^{99m}Tc -пертехнетата на протяжении 10 мин в постоянную память компьютера записывается сцинтиграфическое изображение ЩЖ, окружающих тканей и органов. Сохраненное таким образом изображение подвергается программной обработке, строятся гистограммы, отображающие интенсивность захвата введенного РФП. Определение функционального состояния ЩЖ, ее размеров и других показателей осуществляется с помощью прикладных программ. Оценка анатомо-топографических особенностей проводится визуально и при помощи базовых компьютерных программ (рис. 7).

Показателем поглотительной функции ЩЖ является K_{10} — процент накопления ^{99m}Tc -пертехнетата на 10-ю минуту исследова-

дования. При значениях K_{10} от 1,4 до 3,8 % считают функцию ЩЖ удовлетворительной, при значениях K_{10} меньше 1,4 % — сниженной, больше 3,8 % — повышенной. Показатель K_{10} может достигать уровня 20–30 % и выше при запущенных, нелеченных тиреотоксикозах с выраженным увеличением ЩЖ IV–V степени. Отмечено усиление захвата ^{99m}Tc -пертехнетата при подостром и аутоиммунном тиреоидите, при этом K_{10} может увеличиваться до 4,0–4,4 %.

Показатель скорости насыщения щитовидной железы (Кн) зависит от ее функциональной активности, степени блокады ее стабильным йодом у больных с удовлетворительной или сниженной функцией. При значениях Кн 1,2 и больше скорость насыщения ЩЖ считается сниженной.

Узловые поражения ЩЖ и дифференциальная диагностика выявленных клинически или эхографически обнаруженных узловых образований шеи — наиболее частое показание к тиреоцинтиграфии. Основная задача исследования — оценить степень функционирования узлов, идентифицировать солитарные или множественные образования, установить связь узлов с тиреоидной тканью. В зависимости от функциональной активности и степени накопления радиопертехнетата узлы традиционно разделяют на «горячие», «теплые» и «холодные» (рис. 8). Однако такое деление относится только к их скintiграфической оценке.

Под термином «горячий» узел подразумевают ситуацию, когда РФП накапливается почти исключительно в районе узла и не накапливается в других отделах органа. Подобные находки характерны для автономной тиреоидной ткани, токсической аденомы, аутоиммунного тиреоидита, врожденной аплазии доли. Отсутствие накопления РФП в окружающей узел ткани объясняется продукцией автономным узлом тиреоидных гормонов, которые уменьшают выделение ТТГ и обуславливают подавление функции нормальной ткани.

Функционально неактивные («холодные») узлы характеризуются отсутствием или резким снижением накопления радиопертехнетата. Эта менее специфическая находка сопровождает широкий спектр патологии: узловой зоб, коллоидные кисты, аденому, неспецифический струмит, в 15–25 % случаев — рак ЩЖ (см. рис. 8).

Наиболее сложна идентификация «теплых» узлов. Эти узлы рассматривают как разновидность «горячих», но, в отличие от

последних, в них отсутствует (или слабо выражено) функциональное угнетение нормальной тиреоидной ткани. Вследствие этого накопление РФП в узлах может не отличаться от окружающей паренхимы и приводить к ложноотрицательной трактовке данных сцинтиграфии. Наиболее частой причиной гипофункционального солитарного узла в ЩЖ является аденоматозная гиперплазия. Примерно 50–60 % всех солитарных гипофункциональных («холодных») узлов ЩЖ воспринимаются как кисты или очаги аденоматозной гиперплазии. Следующие по частоте причины возникновения «холодного» узла — фолликулярная аденома и тиреоидная карцинома.

«Холодные» узлы ЩЖ также обнаруживают при тиреоидитах, абсцессах, геморрагиях и метастатических опухолях. Чаще всего метастазируют в ЩЖ рак молочной железы, легких и почек, злокачественная меланома.

Большая часть автономных узлов не приводит к гипертиреозу или супрессии поглощения пертехнетата или радиоiodа остаточной частью ЩЖ. Автономные нетоксические узлы, в основном, невелики, преимущественно это участки аденоматозной гиперплазии, которая часто обнаруживается у пациентов с многоузловым зобом.

У некоторых пациентов они увеличиваются со временем, но часто такие узлы подвергаются обратному развитию: из-за недостаточного снабжения кровью они становятся дегенерированными кистозными областями, которые на сканограммах выглядят гипофункциональными. Гиперфункциональные («горячие») узлы редко свидетельствуют о раке ЩЖ. Облучение головы и шеи в детстве оказывает значительное влияние. Солитарные «холодные» узлы у таких пациентов приблизительно в 30 % случаев могут быть злокачественными, в то время как множественные «холодные» узлы связаны примерно с 4 % вероятности злокачественности.

Сканограмма ЩЖ помогает при дифференцировке токсического диффузного зоба (рис. 9) от аденомы. В основе многоузлового зоба лежат тиреоидит Хашимото, множественные аденомы и карциномы.

Если сканограмма ЩЖ показывает солитарный «холодный» узел, то с вероятностью 15–25 % он является злокачественным. Если есть множественные гипофункционалирующие области, то вероятность рака ЩЖ уменьшается — менее 5 %.

В общей популяции можно ожидать один случай рака ЩЖ на каждые 27 тыс. обследованных. Вероятность выявления некоторых патологий ЩЖ у пациентов, получивших облучение головы и шеи в детстве, составляет около 20 %, а вероятность рака ЩЖ у этих пациентов — около 5 %. Выявление рака ЩЖ также возрастает с увеличением дозы облучения. Более высокие дозы имеют тенденцию к деструкции ЩЖ и связаны скорее с гипотиреозом, чем с раком. Пик наличия опухолей ЩЖ — между 5 и 30 годами после облучения, наивысший риск у индивидуумов, которым было меньше 6 лет во время облучения. Большая часть раков — это хорошо дифференцированные папиллярные или фолликулярные карциномы (или комбинации этих типов), которые растут медленно, метастазируют относительно поздно и могут быть излечены хирургическим путем, если они диагностированы до появления метастазов.

Большая часть пациентов с множественными «холодными» узлами на сканограммах без предшествующей истории облучения — это пациенты старшего возраста с мультинодулярным зобом. Риск рака ЩЖ у таких пациентов ниже. Выявленный мультинодулярный зоб у таких больных в большинстве случаев отображает дегенеративные изменения ЩЖ.

Около 80 % всех карцином хорошо дифференцированы и состоят из папиллярных и фолликулярных клеток (или обоих видов), остальные 20 % — это неопластическая (15 %) и медулярная (5 %) карцинома. Карцинома ЩЖ может возникать в любом возрасте, но пик заболевания выявляется в пятой декаде жизни (у женщин несколько чаще, чем у мужчин). Папиллярная карцинома чаще диагностируется в третьей декаде жизни и является наиболее распространенной опухолью ЩЖ. Фолликулярная карцинома — вторая по частоте опухоль. Вместе эти две хорошо дифференцированные опухоли составляют около 75 % всех раков ЩЖ.

Большую часть метастазов обнаруживают у пациентов с дифференцированной карциномой (10–40 %), как при первичном раке, так и позже. Как рентгенография грудной клетки, так и визуализация ^{131}I требуют адекватного определения легочных метастазов, потому что заболевания могут быть выявлены только скинтиграфически или радиографически. Частота легочных метастазов выше при фолликулярном (33 %), чем при папилляр-

ном раке (15 %). Костные метастазы встречаются чаще при фолликулярных карциномах. Для определения скелетных метастазов от карциномы ЩЖ предпочтительна визуализация всего тела с помощью ^{131}I .

Медуллярная карцинома растет из парафолликулярных клеток и состоит из недифференцированных веретенообразных клеток. Она не инкапсулирована и рано метастазирует в легочные лимфоузлы, печень и кости. Средний возраст пациентов при установлении диагноза — 60 лет, 10-летнее выживание — около 90 %.

Зоб — это наиболее обычное проявление тиреоидного заболевания, определяемого как увеличение ЩЖ. Пациенты с диффузным тиреотоксическим зобом обычно имеют диффузно увеличенную железу, и токсичная аденома связана с узловым зобом. Зоб у эутиреоидных пациентов обычно обнаруживается при тиреоидитах Хашимото, гипотиреозе, а также при врожденных ферментных дефектах тиреоидного метаболизма. Гипотиреоз чаще всего выявляется у пациентов с эндемическим зобом, вторичным к йодной недостаточности.

Нервозность, слабость, дрожь и нетолерантность к жаре — обычные жалобы при гипертиреозе. Эти симптомы обусловлены увеличением циркулирующих тиреоидных гормонов при тиреотоксикозе независимо от этиологии заболевания. Другие симптомы тиреотоксического состояния — это потеря веса (иногда несмотря на увеличенный аппетит), излишняя потливость и усталость. Тахикардия — наиболее характерный признак при тиреотоксикозе. К другим частым симптомам относят тремор, волнение, слабость. При многочисленных расстройствах, ведущих к гипертиреозу, обнаруживается зоб в разной степени.

Повышенная концентрация T_4 в плазме и увеличенное поглощение T_3 указывают на избыток циркулирующего тиреоидного гормона и увеличенное накопление T_4 -связанного глобулина.

Наиболее частая причина гипертиреоза — диффузный токсический зоб. Диффузное увеличение ЩЖ обнаруживается у большинства пациентов с гипертиреозом, хотя железа имеет нормальную величину или лишь слегка увеличена у некоторых пациентов.

Болезнь, в основном, характеризуется усиленной продукцией T_3 и T_4 с проявлением симптомов тиреотоксикоза. Манифести-

рует в основном в третьей и четвертой декаде жизни. У женщин болезнь встречается в 4–8 раз чаще, чем у мужчин. Развитию диффузного токсического зоба часто предшествуют эмоциональные стрессы.

Этиология диффузного токсического зоба остается неизвестной, хотя есть доказательства, что это аутоиммунное нарушение. Более современные исследования указывают, что иммунный феномен является ответственным за гипертиреозидизм диффузного токсического зоба.

Сканограмма щитовидной железы с пертехнетатом ^{99m}Tc при диффузном токсическом зобе обычно демонстрирует диффузное симметричное увеличение ЩЖ с увеличенной концентрацией РФП (рис. 9).

Визуализация ЩЖ показывает пирамидальную долю приблизительно у одной трети пациентов.

Второй наиболее частый случай гипертиреозидизма — это токсический узловой зоб (одно- и многоузловые формы). При таких нарушениях обнаруживается гиперфункция одного или нескольких тиреоидных узлов (чаще аденомы или аденоматозные узлы), которые приводят к гипертиреозидизму, супрессии секреции гипофизом ТТГ и уменьшению функции экстранодулярной паренхимы ЩЖ. Поглощение радиоiodа в течение 24 ч у пациентов с токсическим узловым зобом может повышаться, но часто находится в пределах нормы. Сканограмма ЩЖ демонстрирует одну или несколько областей увеличенной активности и супрессию функций в остатке ЩЖ. При физикальном исследовании обычно пальпируется отдельный узел или узлы.

Йодид-индуцированный гипертиреозидизм называется феноменом Iod-Basedow (Базедова болезнь), который распознается сразу после первого использования йода для лечения эндемического зоба. Однако он также наблюдается в областях, где дефицит йода не является эндемическим. Это нарушение наиболее характерно у лиц старше 50 лет с продолжительным мультиузловым зобом. Однако заболевание также наблюдается у пациентов с диффузным тиреотоксическим зобом в анамнезе или с автономным тиреоидным узлом. Тиреотоксикоз развивается после введения больших количеств органических йодидов, а также неорганического йода. Феномен Iod-Basedow встречается после введения урологического, холецистографического

контрастных агентов и антиаритмических препаратов. У больных концентрации T_3 и T_4 в плазме увеличиваются, а уровни ТТГ угнетаются. Механизм избытка продукции гормона ЩЖ не известен. Сканограмма ее чаще всего демонстрирует мультиузловой зоб.

Гипотиреозидизм вследствие снижения продукции гормона может быть результатом первичного заболевания ЩЖ или может быть вторичным по отношению к уменьшенной продукции тиреотропина (ТТГ). Первичный гипотиреозидизм — наиболее распространенная форма гипотиреозидизма, вызванная неспособностью ЩЖ продуцировать необходимый гормон. У детей гипотиреозидизм чаще всего вызван неразвитием или неполным развитием ЩЖ (в областях с отсутствием эндемического зоба), реже — тиреоидитом или врожденным синдромом дисгормоногенеза. У взрослых он чаще всего является следствием хронического тиреоидита или предшествующей радиоiod-терапии гипертиреозидизма. Вторичный гипотиреозидизм возникает от недостаточной продукции передним гипофизом существенного количества ТТГ, что может быть результатом деструкции переднего гипофиза из-за послеродовой геморрагии, повреждения головы, опухоли гипофиза, хирургической аневризмы или терапевтического облучения. Низкие уровни ТТГ в плазме приводят к уменьшению продукции гормона ЩЖ. Третичный (или гипоталамический) гипертиреозидизм — результат снижения способности гипоталамуса проявляться в измененной секреции ТТГ, что, в свою очередь, приводит к уменьшению продукции гормона ЩЖ.

Зобный кретинизм связан с нарушениями во всех известных фазах синтеза и действия тиреоидного гормона. У пациентов может возникать диффузная симметричная тиреомегалия с высоким сывороточным ТТГ, низким сывороточным T_4 , но увеличенным поглощением пертехнетата из-за дефекта органификации. В таком случае сниженные уровни циркулирующего гормона стимулируют секрецию ТТГ, что приводит к увеличению ЩЖ.

Острый гнойный тиреоидит возникает относительно редко и продолжается от 1 до 3 мес. Во время острой стадии поглощение йода уменьшается.

Этиология подострых тиреоидитов неизвестна, но имеются доказательства, что это заболевание может вызываться вирус-

ной инфекцией. Инфекция верхних дыхательных путей часто предшествует отдельным симптомам от 2 до 3 нед.; также может быть продромальная фаза, которая характеризуется усталостью, вялостью и миалгией. Вариация противовирусных антител идентифицируется в ассоциации с подострым тиреоидитом.

Женщины заболевают почти в 5 раз чаще мужчин. Пик выявления — между 2-й и 5-й декадами жизни, у детей эта болезнь встречается очень редко.

У пациентов с подострым тиреоидитом обычно наблюдается припухлость ЩЖ. Эта болезнь характеризуется лимфатической инфильтрацией с гранулемой и гигантскими клетками. Функциональные нарушения зависят от стадии и остроты заболевания. Пациенты сначала жалуются на сильную боль в ЩЖ, лихорадку. Щитовидная железа при этом мягкая, выявляются клинические и химические симптомы гипертиреоза. Поглощение ^{131}I в это время заметно уменьшено. После непродолжительной эутиреоидной фазы эти пациенты становятся клинически и химически гипотиреоидными. Гипотиреоидная фаза продолжается 2–7 мес. Потом наступает фаза восстановления, при которой ЩЖ возвращается к нормальному размеру, форме и консистенции. Во время восстановления уровень поглощения ^{131}I часто превышает норму.

Результаты клинических лабораторных исследований отображают патологические процессы в ЩЖ. Сначала в плазме происходит увеличение протеинсвязанного йодида в результате высвобождения в кровоток тиреоглобулина и других йодированных протеинов, T_3 и T_4 . Во время фазы гипертиреоза циркулирующие уровни ТТГ угнетены, наблюдается тенденция к уменьшению ТТГ. В то же время способность ЩЖ задерживать йодид заметно ослаблена, что приводит к характерно низкому уровню поглощения радиоiodа.

Подострый тиреоидит — одна из многих болезней, которые могут дать начало скинтиграфически «холодным» узлам ЩЖ. Если фаза транзиторного гипотиреоза развивается, то уровни ТТГ повышаются и поглощение радиоактивного йода может увеличиться.

Хронические тиреоидиты (болезнь Хашимото) — это аутоиммунные нарушения с высокими титрами антитиреоидных (ан-

титиреоглобулиновых и антими́кросомальных) антител, типично присутствующих как на ранней, так и на поздней стадиях болезни. Гистологически лимфоцитарная инфильтрация присутствует вокруг железы. Доказано, что у 3–5 % пациентов гипертиреоз связан с высоким поглощением радиойода.

Клинические проявления этой болезни высоковариабельны, но в основном встречаются безболезненный зоб или гипотиреоз (или обе формы). Болезнь Хашимото — это наиболее частый случай зобного гипотиреоза у взрослых. Тиреоидит Хашимото обычно начинается с постепенного безболезненного увеличения ЩЖ, пациенты обычно обращаются за помощью по поводу твердого, лобулярного зоба. Тиреоидит Хашимото должен подозреваться у пациента с мультинодозным зобом и с гипотиреоидизмом, его следует дифференцировать с аденоматозным зобом. Тиреоидит Хашимото часто возникает у женщин среднего возраста. У детей зоб встречается довольно редко, главным образом вследствие тиреоидита Хашимото. Симптомы гипотиреоза присутствуют примерно у 20 % пациентов. У многих из них гипотиреоз развивается через месяц (до года) после диагностики тиреоидита.

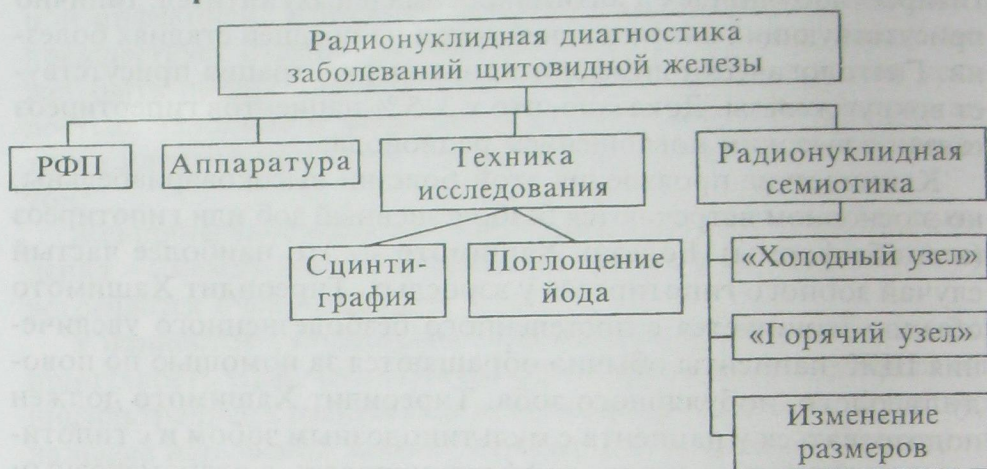
Сканограмма может варьировать от нормальной до увеличенной с диффузным поглощением или с очаговыми областями сниженного поглощения. Чаще всего железа увеличена и имеет мультинодулярную структуру.

Радионуклидная диагностика дифференцированных карцином ЩЖ с ^{131}I является высокоспецифической и точной, позволяет получить объективную информацию о распространении процесса. Тем самым осуществляется контроль как при терапевтических манипуляциях, так и в процессе дальнейшего диспансерного наблюдения.

Ключевые понятия темы

Визуализация щитовидной железы, техника сканирования, методика исследования поглощения щитовидной железой радиойода, показания для радионуклидной визуализации щитовидной железы, противопоказания к радионуклидному исследованию щитовидной железы, радионуклидная семиотика заболеваний щитовидной железы.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Радионуклиды, используемые для исследования щитовидной железы.
2. Техника исследования щитовидной железы с ^{123}I -йодидом натрия.
3. Техника исследования щитовидной железы с пертехнетатом.
4. Метод исследования поглощения радиойода щитовидной железой.
5. Показания для радионуклидной визуализации щитовидной железы.
6. Противопоказания для радионуклидной визуализации щитовидной железы.
7. Что такое «горячий узел», «холодный узел»?
8. Назовите факторы, увеличивающие вероятность появления рака щитовидной железы.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Можно ли использовать $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетат для поиска метастазов щитовидной железы в послеоперационном периоде?
2. Можно ли одновременно исследовать функцию и соматотопографические особенности щитовидной железы при помощи радионуклидов?

3. При каких узлах вероятность злокачественности выше — солитарных или множественных?

4. Может ли карцинома щитовидной железы иметь место в разном возрасте?

Задания и проблемные ситуации

1. Определите тактику предоперационного исследования у пациентов со злокачественными опухолями щитовидной железы.

2. Назначьте обследование больного после тиреоидэктомии по поводу рака щитовидной железы.

Глава 4

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Одной из первых процедур радионуклидной диагностики было сканирование головного мозга для определения его очаговых заболеваний. С внедрением гамма-сцинтилляционной камеры начали получать информацию о нарушении кровотока при менингеоме, а также инфаркте.

С помощью ОФЭКТ у больных с клиническими признаками очаговой эпилепсии выявляют очаги изменений электрической активности мозга. У части больных — гиперфузию диэнцефальных отделов мозга, что также подтверждается данными ЭЭГ. Этот метод более информативен, чем КТ и МРТ, в диагностике очаговых поражений головного мозга, сопровождающихся морфологическими изменениями мозговой ткани.

4.1. Радионуклидные методы диагностики

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) с маркерами мозговой перфузии выявляет нарушения кровоснабжения головного мозга (очаги ишемии и гиперемии мозговой ткани), которые встречаются не только при нейрохирургической (черепно-мозговая травма, процессы сосудисто-

го и опухолевого генеза, шейный остеохондроз) и неврологической патологии (инсульты, преходящие нарушения мозгового кровообращения, вертебробазиллярная недостаточность и др.), но также у больных с гипертонической болезнью, заболеваниями почек и хронической сердечно-сосудистой недостаточностью. При внутривенном введении маркеров мозговой перфузии ОФЭКТ позволяет выявлять «немые» очаги ишемии (без возвращенных клинических симптомов), отслеживает эволюцию очагов нарушения кровоснабжения и косвенно оценивает резервы церебральной гемодинамики, т. е. служит для прогнозирования течения и исхода заболевания.

Радионуклидная цистерномиеелография (РЦМГ) выявляет патологию ликворных путей головного и спинного мозга (изменения циркуляции и резорбции ликвора). Метод уточняет виды гидроцефалии, визуализирует арахноидальные кисты (уточняет их объем, локализацию и коммуникацию с ликворными путями), диагностирует базальные ликвореи (носовую, носоглоточную и ушную), а также ликворные фистулы в области спинного мозга. При данном исследовании РФП вводится эндolumбально. Изменения ликвородинамики являются постоянной составляющей патологической картины при черепно-мозговой травме, сосудистых, опухолевых и воспалительных процессах, а также при врожденных уродствах развития головного мозга. Как метод выбора и контроля эффективности РЦМГ используется после шунтирующих операций на ликворных путях головного и спинного мозга.

Радионуклидная церебральная ангиография (РЦА) диагностирует нарушения кровотока в магистральных сосудах головы и шеи в артериальной и венозной фазах. Препарат вводится внутривенно, позволяет оценить кровообращение в каротидной и вертебробазиллярной системах, а также в крупных синусах твердой мозговой оболочки и яремных венах. Может использоваться при сосудистых и посттравматических процессах, шейном остеохондрозе; при эпилептическом синдроме выявляет артериовенозное шунтирование; при воспалительных процессах уточняет наличие тромбов венозных коллекторов.

Сцинтиграфия головного мозга (СцГМ) выявляет объемные образования опухолевого и неопухолевого генеза (рис. 10, 11).

Метод сцинтиграфии головного мозга основан на свойстве РФП концентрироваться в тканях опухоли мозга в большем количестве, чем в нормальной мозговой ткани. В качестве РФП

применяется Tc (пертехнетат) без носителя, внутривенно вводится 500–700 МБк.

Через час после внутривенного введения РФП проводится исследование на гамма-камере в пяти проекциях: передняя прямая, задняя прямая, боковая левая, боковая правая, теменная.

Такие гистологические группы, как менингиомы, глиобластомы, метастазы, рано выявляются при проведении исследования почти в 100 % случаев.

Позитрон-эмиссионная томография (ПЭТ). Позитрон-излучающие РФП получают в циклотронах, находящихся непосредственно в госпитале или недалеко от него. С помощью позитрон-эмиссионного томографа могут быть обнаружены эпилепсия, опухоли мозга, инсульт. Для идентификации участка исследования ПЭТ выполняют рентгеновскую компьютерную томографию.

Метод ПЭТ значительно углубляет изучение мозга. Знание функциональной организации человеческого мозга получено с помощью ПЭТ-исследований, по результатам этих функциональных визуализаций диагностируют патологические нарушения раньше, чем при помощи обычных анатомически ориентированных технологий. При ПЭТ-исследовании более точно обрисовывается распространенность поражения, т. к. все болезни мозга являются следствием биохимического повреждения.

Несоответствие между структурными и функциональными нарушениями можно наблюдать у пациентов с апоплексическими нарушениями, слабоумием, нейродегенеративными заболеваниями и острыми церебральными инфарктами. Кроме этого, ПЭТ также служит для изучения локальной чувствительности, двигательной функции, памяти, познавательной функции у нормальных субъектов *in vivo*. Используя ^{15}O -меченную воду для измерения мозгового тока крови или ^{18}F -меченную флюорозидоксиглюкозу (ФДГ) для измерения уровня утилизации глюкозы, открыли некоторые нормальные физиологические реакции зрительной и слуховой коры. У пациентов с церебральными нарушениями серийное ПЭТ-исследование помогает идентифицировать патофизиологическую последовательность событий, наблюдаемых при проявлении синдрома. При ПЭТ-исследованиях с ФДГ все пациенты с болезнью Гантингтона (Huntington) обнаруживают заметную редукцию глюкозы в полосатом теле.

В группе асимптомных индивидов, подверженных риску этой болезни, около половины демонстрируют таксис от мягкой до

умеренной редукции утилизации глюкозы в хвостатом ядре. Измерение экстракции кислорода и утилизации является более реальным предшественником тканевой дегенерации, чем ток крови в прогрессивном развитии церебральной ишемии и инфаркта.

Объединенные показатели энергии метаболизма и синтеза белка для определения скорости обмена и опухолевого роста перед терапией и после нее могут быть исследованы с помощью ПЭТ. Увеличение степени малигнизации связано с увеличением скорости утилизации глюкозы при измерении с ФДГ.

Теперь, глядя на ПЭТ-сканограмму, можно утверждать: «Да, это часть мозга, где начинается эпилептический припадок», или «Да, это болезнь Альцгеймера», или «Да, этот пациент с шизофренией получает правильную дозу нейролептического препарата», или «Да, это количество метадона достаточно для этого бывшего хронического алкоголика».

Эпилепсия, опухоль мозга, инсульт — вот те болезни, которые могут быть исследованы с помощью позитрон-эмиссионного томографа, чтобы получить клинически полезную информацию.

Когда ^{99m}Tc -пертехнетат используется для изучения мозга или мозговой перфузии, пациент должен получить 500 мг хлорнокислого калия перед исследованием. Это лекарственное средство замедляет поглощение радиопертехнетата хориоидальными сплетениями. Радиоактивность в сплетениях может исказить результаты сканирования вследствие интерференции. Перхлорат обычно назначается в виде жидкости для орального приема или в капсулах за 10–30 мин до назначения пертехнетата.

Поскольку пертехнетат также накапливается в слюнных железах, рекомендуется предварительно вводить 0,4 мг атропина сульфата, чтобы замедлить выделение слюны. Без этой манипуляции сложно интерпретировать полученные данные из-за наличия радиоактивной слюны в области лица.

Перхлорат и атропин не требуются, если используются ^{99m}Tc -ДТПА или ^{99m}Tc -глюцептат для сцинтиграфии мозга. Эти два радиоактивных индикатора незначительно накапливаются сосудистыми оболочками или слюнными железами, поэтому они являются альтернативой применению радиопертехнетата у пациентов, которым трудно глотать перхлорат.

Методика определения регионарного объемного мозгового кровотока. Метод основан на принципе Фика и заключается в вымы-

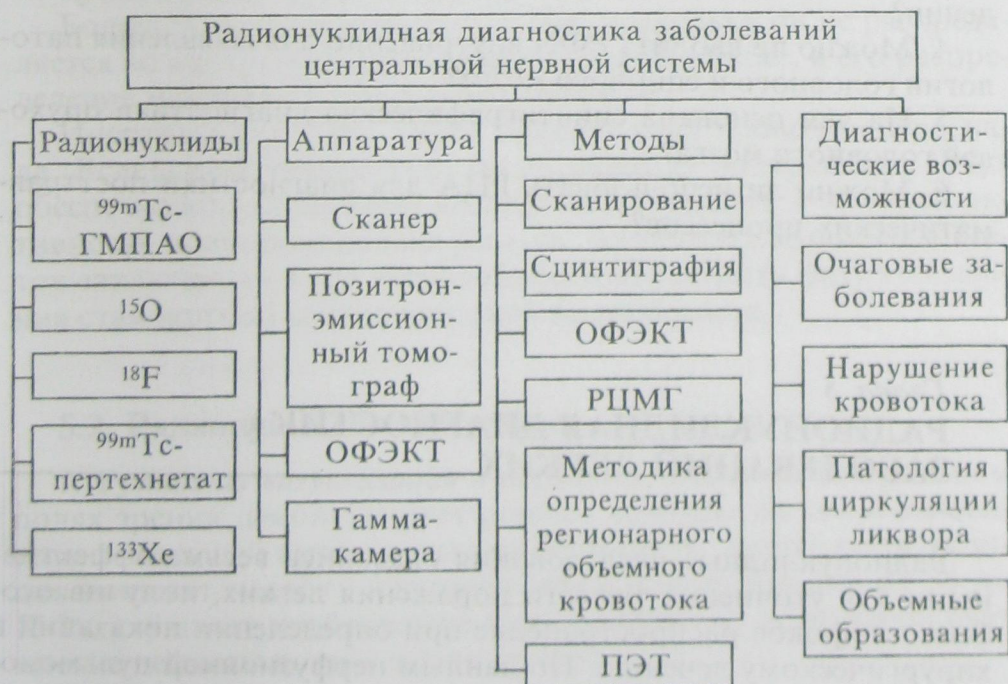
вании радиоактивного газа определенным объемом крови. Больному во внутреннюю сонную артерию вводят 10–20 МБк ^{133}Xe , растворенного в 2 мл изотонического раствора NaCl . Радиоактивность регистрируют в течение 10 с над пораженными и близко расположенными участками мозга радиометром УРИ-3, что позволяет получить 4–5-зональную радиоциркулограмму. Крутизна спада кривой клиренса прямо зависит от интенсивности кровотока в данном участке мозга.

В норме объем регионального мозгового кровообращения (РМК) составляет 50–55 мл на 100 г вещества мозга в 1 с. При злокачественных опухолях скорость кровотока замедляется в связи с отеком вокруг опухоли и вазопараличом сосудов самой опухоли. При доброкачественных сосудистых опухолях скорость удаления увеличивается, а также возрастает обменный кровоток.

Ключевые понятия темы

Диагностические возможности ОФЭКТ, РЦМГ, РЦА, СцГМ; томография головного мозга; позитрон-эмиссионная томография; методика определения регионарного объемного мозгового кровообращения.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Можно ли выявить «немые» очаги ишемии с помощью ОФЭКТ?
2. Диагностические возможности радионуклидной цистерномиеелографии.
3. Диагностические возможности радионуклидной церебральной ангиографии.
4. Диагностические возможности скинтиграфии головного мозга.
5. Диагностические возможности позитрон-эмиссионной томографии.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Являются ли КТ и МРТ более информативными методами, чем исследование с помощью ОФЭКТ?
2. Правильно ли следующее утверждение: ОФЭКТ с маркерами мозговой перфузии позволяет выявить нарушения только в кровоснабжении головного мозга, а также нейрохирургической и неврологической практике?
3. Можно ли использовать ОФЭКТ при динамическом наблюдении?
4. Можно ли вводить РФП внутривенно для выявления патологии головного и спинного мозга?
5. На чем основана скинтиграфическая диагностика опухолей головного мозга?
6. Можно ли использовать РЦА для диагностики посттравматических процессов?

Глава 5

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ

Радионуклидные исследования оказались весьма эффективными для уточнения тяжести поражения легких, получив особенно широкое распространение при определении показаний к хирургическому лечению. По данным перфузионной пульмоно-

сцинтиграфии становится возможным определить зону распространения и степень поражения капиллярной сети, а в ряде случаев установить объем оперативного вмешательства без применения ангиопульмонографии.

5.1. Радиофармпрепараты

Ксенон-133 (^{133}Xe) — газ, широко используемый для изучения региональной вентиляции, несмотря на его низкую энергию и растворимость в крови и жире. Ксенон-127 имеет более высокие гамма-энергетические пики.

Аэрозольные ингаляционные сканеры используются как индикаторы региональной вентиляции. Отложение аэрозолей зависит от многих факторов: размер, форма, плотность, электростатический заряд частицы, легочная геометрия и характер вентиляции. Только около 10 % этого РФП достигает легких.

Другие агенты, которые могут служить заменителями ^{133}Xe при изучении региональной вентиляции, — это газы ^{127}Xe и $^{81\text{m}}\text{Kr}$, а также аэрозоли, меченные $^{99\text{m}}\text{Tc}$. ^{127}Xe подвергается меньшему рассеиванию в теле, чем ^{133}Xe , т. к. ^{127}Xe позволяет визуализировать вентиляцию после перфузионного сканирования $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Однако ^{127}Xe употребляется ограниченно из-за его высокой стоимости.

Криптон-81m

Большой интерес вызывает $^{81\text{m}}\text{Kr}$, поскольку он не распределяется во внутреннем остаточном газовом объеме, а его распределение изменяется с легочным объемом.

Инертный газ $^{81\text{m}}\text{Kr}$ имеет 13-секундный период полураспада. Вследствие такого короткого периода полураспада $^{81\text{m}}\text{Kr}$ обеспечивает устойчивую стадию визуализации, в которой активность пропорциональна региональной вентиляции. Недостаток заключается в его неспособности определить фазу вымывания стандартной вентиляционной визуализации.

5.2. Радионуклидные методики

1. *Рутинная визуализация* в переднем, заднем и латеральном полях зрения демонстрирует ровные контуры легких с относительно меньшей активностью на верхушках. Задняя косая позиция снижает частоту неоднозначной интерпретации от 30 до 15 %, улучшает изображение малых дефектов, идентифицирует многие дефекты вокруг корня легких.

У тучных пациентов реберно-диафрагмальные углы обычно притупляются. Пациентов, получивших инъекцию в позиции навзничь, обычно просят сделать 2–3 глубоких вдоха во время инъекции, чтобы равномерно распределить препарат. Когда инъекция выполняется в положении сидя, часто сказывается гравитационный эффект легочного кровотока.

2. Радионуклидная ангиокардиография

Предсердная радионуклидная ангиокардиография — прямой метод определения больших легочных эмболов. У пациентов с эмболами окклюзированной порция легочных сосудов снижает эффективность циркулирующего легочного объема крови. Прежде всего, время транзита радионуклида из правого в левый желудочек будет увеличиваться, тогда как сердечный выброс остается прежним. Таким образом, индекс, характеризующий время легочного транзита и сердечный выброс, будет существенно уменьшен у пациентов с легочным эмболизмом.

3. Исследование с двуокисью углерода

Ингалированный карбон диоксид быстро диффундирует через альвеолярно-капиллярную мембрану в кровь и очищается из легких всего за несколько секунд. Скорость клиренса прямо пропорциональна скорости легочного кровотока. Если двуокись радиоуглерода ингалируется в область с уменьшенной легочной артериальной перфузией в результате легочного эмболизма, очищение происходит значительно медленнее или совсем отсутствует, а «горячее пятно» задержанной активности будет заметно при позитронной визуализации.

4. Исследование с метилйодидом

При ингаляции газообразного меченого ^{131}I метилйодида радиоактивность мгновенно поступает из альвеол в капилляры легких. Вследствие легочного кровотока РФП поступает в системную циркуляцию, но в области стаза крови сохраняется транзитное легочное «горячее пятно». Метилйодид — это недорогой препарат, но радиационная опасность ^{131}I ограничивает применение этого метода.

5. Перфузионная сцинтиграфия легких

Цель данной методики — исследовать капиллярное кровоснабжение за счет временной эмболизации капиллярного русла легких. В качестве радионуклида применяются I-131, In-113m и Tc-99m, которые включаются в РФП. Радиофармпрепарат в макроагрегатном состоянии или в виде микросфер альбумина человеческой сыворотки (АЧС), частицы которых в 90 % случаев име-

ют размер 15–30 мкм, вводится внутривенно. Эти микрочастицы задерживаются в капиллярах меньшего размера, давая излучение, улавливаемое сцинтилляционными детекторами.

При перфузионной сцинтиграфии в норме получают равномерное, достаточно интенсивное изображение кровеносного русла легких в четырех проекциях: передней, задней и двух боковых. При обструкции легочных сосудов в соответствующих зонах количество задерживаемых частиц уменьшается, а изображение легких на сцинтиграммах имеет пониженную интенсивность (рис. 12).

6. *Аэрозольная сцинтиграфия* позволяет определить локализацию, характер и распространение вентиляционных нарушений легких и бронхиальную обструкцию. В бронхиальное дерево путем вдыхания вводят РФП, где он оседает на стенках бронхиального дерева и альвеолярных протоков.

7. *Радиопульмонография* — комплексный метод последовательного исследования вначале региональной вентиляции, а затем — капиллярного кровотока:

— 1-й этап проводится с использованием РФП, меченного Хе-133, который практически не всасывается при ингаляции, не связывается с элементами крови при внутривенном введении, быстро диффундирует в просвет альвеол и быстро выводится;

— 2-й этап — исследование капиллярного кровотока по методике перфузионной пульмонографии.

При исследовании с помощью гамма-камеры после введения ксенона можно получить изображение легких в фазе глубокого вдоха и при выдохе с визуализацией отделов пониженной вентиляции.

8. *Метод радионуклидной оценки проницаемости легочного эпителия (ПЛЭ)* заключается в регистрации перехода ингалированного РФП (чаще всего ^{99m}Tc -ДТПА) из воздухоносных путей в кровь. Клиническое значение исследования ПЛЭ обусловлено способностью установить активность патологического процесса. Определение скорости легочного клиренса ^{99m}Tc -ДТПА может быть полезным при дифференциальной диагностике начальных форм интерстициальных заболеваний, отека легких. Исследование ПЛЭ может заменить инвазивные процедуры при промежуточном контроле эффективности лечения.

Достоинства метода — неинвазивность, относительно низкая лучевая нагрузка, простота выполнения и доступность применяемого РФП.

Сцинтиграфия легких, несмотря на большое количество неопределенных результатов, остается наиболее часто применяемым средством лучевой диагностики при подозрении на эмболию легочной артерии, после традиционной рентгенографии грудной клетки (см. рис. 12). Новая технология сцинтиграфической диагностики патологии легочного кровообращения при острой деструктивной пневмонии выполняется с ^{99m}Tc -макроагрегатами альбумина в дозах, не превышающих возрастные нормативы (от 0,54 до 3,3 МБк/кг массы тела). Региональная гипоперфузия оценивается по удельной активности — количеству импульсов на стандартном участке матрицы из 100 единиц на дисплее в 3 зонах каждого легкого и в зонах контралатерального легкого. Нормативный показатель региональной удельной активности составляет 16,6 %.

Выявлены три степени редукции легочного кровотока по артериолокапиллярному руслу: умеренная, выраженная и тяжелая. Редукция легочного кровотока граничит с очагом поражения в легких, где при рентгенографии не определяется снижение пневматизации, что свидетельствует о генерализации гнойного воспалительного процесса; такие больные входят в группу риска и нуждаются в более интенсивной терапии. При вентиляционно-перфузионной сцинтиграфии легких для диагностики легочной тромбоэмболии следует использовать только количественные оценки вероятности тромбоэмболии.

9. Чувствительным индикатором воспаления или поражения, затрагивающих интерстициальное пространство легких и альвеол, является *скорость легочного клиренса (СЛК)* с ^{99m}Tc -ДТПА. Достоинство метода — неинвазивность, относительно низкая лучевая нагрузка, простота выполнения и доступность применяемого РФП.

Используя комплексы РИА, а именно кортизола, общего и специфического иммуноглобулинов, можно выявить атипические формы бронхиальной астмы, особенно в тех случаях, когда проведение и оценка обычных аллергологических тестов затруднительна (например, при нейродермитах), а также осуществлять контроль за состоянием иммунологической реактивности в процессе лечения.

Ключевые понятия темы

Преимущества радионуклидной диагностики заболеваний легких, радиофармпрепараты для радионуклидной диагностики, радионуклидные методики, показания к радионуклидной диа-

гностике заболеваний легких, оценка результатов радионуклидных исследований легких, радиоиммунологические исследования.

Формализованная структура содержания темы

Радионуклидная диагностика заболеваний легких

Методы	Радиофармпрепараты
Рутинная визуализация	Ксенон-127
Радионуклидная ангиография	Криптон-81m
Перфузионная сцинтиграфия легких	^{11}C Радиоуглерод
Аэрозольная сцинтиграфия легких	^{131}I -метилйодид
Радионуклидная оценка проницаемости легочного эпителия	$^{113\text{m}}\text{In}$
Скорость легочного клиренса	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ДТПА
Радионуклидные методы	Альбумин человеческой сыворотки

Вопросы для самостоятельной работы

1. Преимущества радионуклидных методов исследования легких.
2. Радионуклидные фармпрепараты, используемые для изучения легких.
3. Методы радионуклидного исследования легких.
4. В каком положении пациента выявляется гравитационный эффект легочного кровотока?
5. С помощью какого метода можно выявить легочные эмболы?
6. Показания к позитронной визуализации легких.
7. Метод исследования капиллярного русла легких.

8. При каком методе радионуклидного исследования легких используется альбумин человеческой сыворотки?

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Можно ли с помощью метода радионуклидной оценки проницаемости легочного эпителия выявить начальные формы интерстициальных заболеваний легких?

2. Следует ли использовать радионуклидные исследования для определения показаний к хирургическому лечению?

3. Достигают ли альвеол частицы размером более 10 мкм?

4. Ухудшается ли функциональное состояние легких при временной эмболизации капиллярного русла легких при проведении перфузионной сцинтиграфии легких?

Задания и проблемные ситуации

1. При перфузионной визуализации легких с радиоуглеродом на сцинтиграмме видно «горячее пятно». О чем свидетельствует этот феномен?

2. Исследование капилляров легких с ^{131}I -метил-йодидом весьма информативно. Что ограничивает применение этого метода?

3. Какой метод будет положен Вами в основу определения степени редукции легочного кровотока?

4. Сформулируйте группы риска на основе результатов радионуклидной оценки проницаемости легочного эпителия.

Глава 6

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Клиническое применение сцинтиграфии костного мозга включает его картографию, определение потери костного мозга и идентификацию участка костного мозга для биопсии.

Потеря костного мозга характерна для апластической анемии, миелофиброза, многих раковых опухолей, состояния после радиотерапии (при поглощенной дозе более 3000 рад).

6.1. Радиофармацевтические препараты и методы

Радиофармацевтические препараты для визуализации костного мозга делятся на радиоколлоидные и нерадиоколлоидные.

Радиоколлоидные РФП фагоцитируются ретикулоэндотелиальной системой.

^{99m}Tc -коллоид серы сегодня наиболее часто используется из-за его низкой лучевой нагрузки, однако только 1–5 % введенной активности поглощается костным мозгом, тогда как 80–85 % — печени, а 10–15 % — селезенкой.

Техника исследования такова: после внутривенной инъекции 370 МБк коллоида ^{99m}Tc -сульфида через 10–20 мин получаем изображение костного мозга.

Неколлоидные РФП, применяемые для изображения костного мозга, содержат радиоактивное железо и индий; оба элемента образуют комплекс с трансферрином.

6.2. Результаты радионуклидного исследования

У 10–20 % больных с истинной полицитемией выявляют гипоплазию костного мозга.

Замена костного мозга миелофиброзом приводит к уменьшению центральной части костного мозга и гиперплазии периферического костного мозга.

При апластической анемии обнаруживается полная потеря клеточности костного мозга. После выздоровления восстанавливается нормальное поглощение РФП в костном мозге с симптомами компенсаторной гиперплазии.

При хронической гемолитической анемии (по типу серповидноклеточной) выявляется расширение участка костного мозга на периферии.

При ходжкинской и других лимфомах чаще встречается гипоплазия центральной части костного мозга.

Исследование костного мозга может использоваться для биопсии с целью обнаружения метастазирования злокачественных опухолей в кости, т. к. 40 % всего объема крови в костях находятся в костном мозге.

Инфаркты костного мозга при кризисах серповидноклеточной анемии проявляются как «холодные» области, окруженные увеличенным поглощением в окружающем активном костном мозге.

^{111}In -хлорид и ^{67}Ga -цитрат накапливаются в абсцессах.

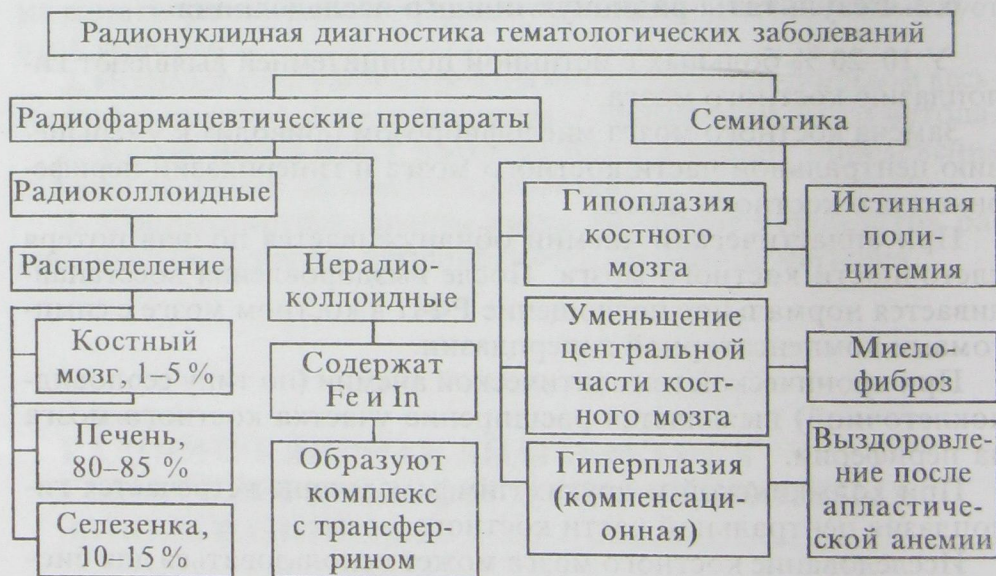
Исследования с ^{67}Ga -цитратом служат для обнаружения абсцессов, ограниченных перитонитов, пневмоцистной пневмонии (*Pneumocystis carinii*), для поиска очагов инфекции при лихорадке неизвестного генеза.

^{67}Ga используют для диагностики вертебрального остеомиелита вследствие хронической природы таких инфекций. Меченные ^{67}Ga лейкоциты применяют при подозрении на инфекционные осложнения после протезирования. ^{67}Ga -сканирование полезно для диагностики различных инфекций и злокачественных новообразований у ВИЧ-позитивных пациентов.

Ключевые понятия темы

Сцинтиграфия костного мозга, радиофармацевтические препараты, техника исследования костного мозга, гипоплазия костного мозга, миелофиброз, гиперплазия костного мозга.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Для чего применяется сцинтиграфия костного мозга?
2. Какие препараты используются для изображения костного мозга?

3. Сцинтиграфическая картина костного мозга при миелофиброзе.
4. Сцинтиграфическая картина костного мозга при апластической анемии.
5. Сцинтиграфическая картина костного мозга при серповидноклеточной анемии.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Возможна ли потеря костного мозга при множественных раковых опухолях?
2. Можно ли применять неколлоидные РФП для изображения костного мозга?
3. Встречалась ли гиперплазия костного мозга при апластической анемии?
4. Выявлялось ли расширение участка костного мозга при хронической серповидноклеточной анемии?

Задания и проблемные ситуации

1. Рассчитайте количество РФП в костном мозге после внутривенной инъекции 10 мг коллоида ^{99m}Tc -сульфида.
2. У больного впервые выявлены множественные злокачественные опухоли. Есть ли необходимость в выполнении сцинтиграфии костного мозга?
3. Больному выполнена радиотерапия. Показана ли ему сцинтиграфия костного мозга?

Глава 7

РАДИОНУКЛИДНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Поскольку лимфатическая система — это важный путь распространения злокачественных опухолей, оценка функции лимфатической системы важна для оптимизации планирования лучевой терапии или хирургического лечения, для оценки прогрессирования болезни и качества лечения.

Первое клиническое изучение применения радиоколлоида золота проведено Гультборном (Hultborn, 1955). Стандартизацию радиоизотопной лимфографии начали Сейдж (Sage, 1958), Смит и соавторы (Smith, 1960). Сейдж (1964) изучала у больных и здоровых людей распределение коллоида, зависимость количества импульсов от расстояния детектора от источника.

Радионуклидная лимфография может быть прямой и непрямой. Чаще в клинике используется непрямая лимфография (рис. 13), т. к. она технически проще. В различные участки подкожно вводятся радиоколлоид золота (^{198}Au), технеций ($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Это позволяет изучать циркуляторную и фагоцитарную функции лимфатической системы. Использование галлия-67-цитрата и меченого блеомицина, введенных внутривенно, позволяет исследовать обмен веществ в лимфатических узлах (обмен веществ при опухолевом поражении значительно повышен).

Техника непрямой лимфографии основана на том, что частицы, проникшие в ткань, из-за своего размера не могут всасываться кровеносными капиллярами и транспортируются лимфой в региональные узлы (см. рис. 13). Эксперименты с торотрастом показали, что коллоид преимущественно накапливается в маргинальных, промежуточных структурах и мозговых синусах, а фолликулы остаются без изменений.

Преимущества непрямой радионуклидной лимфографии:

1. Простая техника введения радионуклида.
2. Возможность выполнить любое число контрольных обследований.
3. Возможность получить функциональную информацию о лимфатической системе.
4. Применение для поиска метастазов солидных опухолей и системных заболеваний.
5. Возможность непрерывного контроля результатов терапии.
6. Повышенная диагностическая ценность при сочетании обследования с прямой лимфографией.

Недостатки радионуклидной лимфографии:

1. В сравнении с рентгеноконтрастной лимфографией невозможно выявить детали строения сосудов и узлов.
2. Воспалительные осложнения в месте введения.

Сцинтиграфия при отеках конечностей. Непрямая лимфогра-

фия (сцинтиграфия с радиоколлоидом) помогает распознать различные отеки верхних и нижних конечностей, а именно:

- венозные;
- системные;
- лимфатические: а) первичные; б) вторичные.

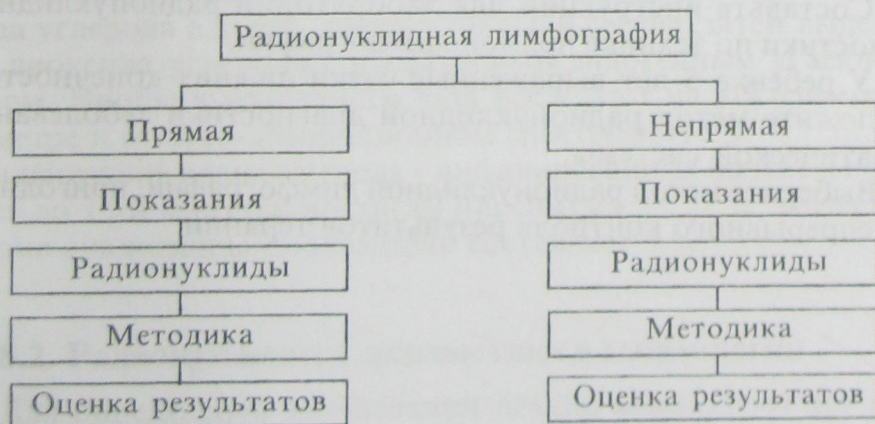
При интерпретации лимфосцинтиграмм конечностей сравнивается уровень активности в конечностях и региональных узлах. Нормальная картина обусловлена уровнем активности в месте задержки радиоколлоида и в остальной части конечности. В норме накопление радиоколлоида в конечности не отмечается, следовательно, оно равно фону. Исключением является линейное накопление в виде пучка на медиальной стороне конечности в случае применения ^{99m}Tc -сульфидколлоида.

Лимфосцинтиграфия применяется у детей при выраженных отеках. У взрослых, если пункция сосуда для прямой лимфографии невозможна, — как метод скрининга в амбулаторной практике.

Ключевые понятия темы

Прямая радионуклидная лимфография, непрямая радионуклидная лимфография, преимущества прямой и непрямой радионуклидной лимфографии, недостатки прямой и непрямой радионуклидной лимфографии, методика радионуклидной лимфографии, оценка результатов радионуклидной лимфографии.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Значение радионуклидной диагностики лимфатической системы.
2. Виды радионуклидной лимфографии.
3. Радионуклиды, используемые для лимфографии.
4. Преимущества радионуклидной лимфографии.
5. Недостатки радионуклидной лимфографии.
6. Методика радионуклидной лимфографии.
7. Интерпретация лимфосцинтиграмм конечностей.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Следует ли проводить радионуклидное исследование при планировании лучевой терапии?
2. Следует ли проводить радионуклидное исследование при планировании хирургического лечения?
3. Можно ли оценить с помощью радионуклидного исследования лимфатической системы прогрессирование болезни?
4. Можно ли оценить с помощью радионуклидного исследования лимфатической системы качество лечения?
5. Является ли реактивная гиперплазия лимфатических узлов специфическим показателем ранних стадий опухолей?
6. Позволяет ли радионуклидная лимфография проводить непрерывный контроль результатов терапии?

Задания и проблемные ситуации

1. Составьте инструкции для лаборатории радионуклидной диагностики по технике прямой лимфографии.
2. У ребенка 5 лет выраженные отеки нижних конечностей. Предложите метод радионуклидной диагностики заболевания лимфатической системы.
3. Выберите метод радионуклидной лимфографии, пригодный для непрерывного контроля результатов терапии.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА, ПЕЧЕНИ, СЕЛЕЗЕНКИ, ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

8.1. Радионуклидная диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта

В основном, диагностика направлена на определение функционального состояния пищеварительной системы при некоторых заболеваниях. Она может проводиться для количественной оценки моторно-эвакуаторной функции желудка и двенадцатиперстной кишки, а также для определения эффективности операции. Радионуклидная визуализация дает хорошие результаты при диагностике непроходимости кишечника и нарушений венозного кровотока, гастроэзофагального рефлюкса. С помощью радионуклидных методик изучают процессы всасывания в тонкой кишке, выясняют причину стеатореи, диагностируют инфицированность слизистой желудка.

Методика определения инфицирования слизистой желудка бактериями *Campylobacter pylori* основана на введении водного раствора мочевины, меченной радиоуглеродом, с последующим разложением ее под воздействием выделяемой бактериями уреазы на меченый диоксид углерода и аммиак, всасыванием диоксида углерода в кровь, переносом его в легкие, затем выделением диоксида углерода с выдыхаемым эндогенным углекислым газом. Пробы выдыхаемого газа исследуют на ИК-спектрофотометре и атомно-абсорбционном спектрометре. Доказано, что концентрация радиоуглерода у инфицированных больных возрастает до 15-й минуты, достигая максимума — 27 %, тогда как в норме аналогичный показатель составляет 3 %.

8.2. Радионуклидная диагностика в гепатологии

Для определения заболеваний печени используют такие методики:

— гепатосцинтиграфию (рис. 14);

— гепатобилисцинтиграфию.

Гепатосцинтиграфия используется для изучения анатомо-топографического состояния печени и селезенки. Клиническими показаниями для назначения гепатосцинтиграфии являются: гепатомегалия, гепатолиенальный синдром; необходимость выявления или исключения первичных и метастатических опухолей, прилежащих к печени; динамический контроль состояния печени после хирургических вмешательств; релаксация правого купола диафрагмы.

В качестве РФП используют коллоидные растворы, меченные ^{99m}Tc и ^{113}In . Все коллоиды после внутривенного введения накапливаются в клетках ретикулоэндотелиальной системы печени и селезенки. Механизм накопления коллоидов в печени определяется двумя факторами: массой крови, поступающей к каждому органу, и функциональной активностью ретикулоэндотелиальной системы. Для детального изучения поглощения РФП необходимо выполнить снимки (сцинтиграммы) в трех проекциях: прямой, задней и правой боковой.

Гепатобилисцинтиграфия — методика радионуклидного исследования с РФП, проходящими транзитом через полигональные клетки печени и желчевыделительную систему в кишечник. В настоящее время применяются РФП, имеющие фирменное название ХИДА, ЛИДА, которые непосредственно перед введением смешиваются с ^{99m}Tc -пертехнетатом. Поскольку процесс желчевыделения зависит от фазы пищеварения, гепатобилисцинтиграфия выполняется обязательно натощак. Программа регистрации на ЭВМ состоит из 30 последовательно выполненных кадров с экспозицией каждого 1 мин. В норме максимальное накопление РФП в печени наступает через 10–15 мин. К 14–15-й минуте РФП достигает желчного пузыря и общего желчного протока. В кишечник краска также попадает на 15-й минуте. При достижении хорошей видимости желчного пузыря, но не ранее 30-й минуты после инъекции, пациента переводят в положение стоя. Под детектором гамма-камеры он принимает стандартный завтрак, состоящий из 2 яичных желтков. Сразу после завтрака осуществляется непрерывная регистрация состояния желчного пузыря и кишечника в течение 20 мин с экспозицией кадра 1 мин. В норме через 2 мин после завтрака отмечается двигательная реакция желчного пузыря и с 3–4-й минуты происходит его быстрое опорожнение, так что к 20-й минуте со-

держась в желчном пузыре активность РФП снижается на 40–60 %.

Нарушение накопительной и выделительной функции полигональных клеток наблюдается у больных с хроническим гепатитом, при холестазах и выражается в виде задержки, как правило, максимальной концентрации радионуклида.

Гепатобилисцинтиграфия (динамическая сцинтиграфия печени) позволяет комплексно оценить поглотительно-выделительную функцию печени, концентрационную и моторную функцию желчного пузыря, проходимость желчных путей, выявить признаки органических изменений, диагностировать различные по характеру и локализации дискинезии билиарного тракта.

Гепатобилисцинтиграфия выполняется только натощак, после 10–14-часового голодания. Исследование чаще всего проводится в два этапа: в горизонтальном положении пациента до четкой визуализации желчного пузыря, после чего его эвакуаторная функция исследуется в вертикальной позиции — более физиологичной. Программа регистрации на ЭВМ состоит из 30–40 последовательных кадров с экспозицией 1 мин для первого этапа и 20–40 кадров — для второго этапа.

Достаточно высокая концентрация препарата в желчи позволяет получить отчетливое изображение печени, желчного пузыря, желчных протоков и кишечника. Максимальное накопление препарата в печени наступает к 10–13-й минуте. В это время оценивают размеры, форму и функциональную структуру печени, что позволяет выявить объемные образования в паренхиме, расположенные ближе к передней поверхности. На 14–15-й минуте начинается визуализация желчного пузыря, уровень его радиоактивности нарастает, отражая концентрационную функцию, достигая максимума к 30–40 мин. Часть препарата, принятого натощак, в течение первого часа равномерно поступает в тонкий кишечник, но не более 10 %.

Второй этап исследования начинается приемом стандартного желчегонного завтрака в виде двух яичных желтков. Через 2–3 мин открывается сфинктер Одди, протоковый фрагмент желчи выходит в двенадцатиперстную кишку. У взрослых печень высотой более 17 см и шириной более 18 см свидетельствует о гепатомегалии.

Разные факторы могут продуцировать необычные варианты и артефакты в печеночном изображении. Ослабление, вызванное молочной железой или покрывающим жиром, — частое яв-

ление. Остаточный барий в толстом кишечнике — причина дефектов, видимых только на одном изображении. Печень смещается вниз к медиально-уплощенным куполам диафрагмы при плевральном выпоте, эмфиземе и диафрагмальном абсцессе. Заметное смещение печени также происходит при эвентерации или разрыве диафрагмы.

Перед холесцинтиграфией с имидодиацетатной кислотой (IDA) пациент должен голодать 3 ч, т. к. желчный пузырь не может быть визуализирован после наполнения желудка пищей. Если пациенты голодают, высвобождение холецистокинина может вызвать сокращение желчного пузыря и релаксацию сфинктера Одди, что способствует оттоку желчи в дуоденум. Приблизительно 185 МБк свежеприготовленного соединения IDA, меченного ^{99m}Tc , вводят пациенту внутривенно. Если желчный пузырь не визуализируется, сульфат морфина (0,3 мг/кг массы тела) растворяется в 10 мл физиологического раствора и вводится в течение 3 мин.

Соединения IDA быстро удаляются из крови гепатоцитами. Желчный пузырь, общий желчный проток и дуоденум обычно визуализируются в первые 30 мин. Почечная экскреция соединений IDA видна в определенной степени у большинства здоровых людей.

Результаты исследования выводятся на экран компьютерного дисплея в виде многоцветного изображения гепатобилиарного тракта (рис. 14). По гистограммам и визуально оценивают желчеобразовательную и желчевыделительную функции печени, концентрационную и сократительную способность желчного пузыря, проходимость желчных путей. Гистограммы активность/время, отражающие перераспределение РФП в определенных участках, выводятся на экран компьютерного дисплея. Зонами интереса выбираются области сердца, правой доли печени, желчного пузыря и кишечника. При снижении функции печени, наличии внутривнутрипеченочного и внепеченочного холестаза крутизна подъема или спада гепатограммы менее выражена, время максимального накопления (T_{max}) увеличивается.

Хотя величину протоков определить сложно, можно визуально оценить расширенную протоковую систему, т. е. неинвазивную визуализацию можно рано использовать при билиарной обструкции. Нуклидная гепатобилиарная визуализация также используется для наблюдения за послеоперационными больными и диагностики ретроградного желчного рефлюкса, а также визуализации кисты в общем желчном протоке.

Наличие в печени объемных образований: кист, метастазов, гемангиом, абсцессов — создает очаговую неоднородность распределения радиоактивного коллоида в печени, т. е. дефекты накопления различной величины со снижением или полным отсутствием накопления РФП — «холодные зоны» (рис. 15).

Очаговая патология печени иногда сопровождается деформацией и изменением размеров органа. Уменьшение скинтиграфических размеров печени наблюдается при расположении опухоли в нижних отделах правой доли (V и VI сегменты). Дефекты накопления РФП на скинтиграммах печени в виде крупноочаговой неоднородности наблюдаются при прорастании рака желудка или правой почки, особенно ее верхнего полюса (рис. 16).

Обнаружить очаг деструкции в печени менее 2 см в диаметре затруднительно, тем более что возникновение таких маленьких опухолей часто протекает клинически бессимптомно, поэтому больные не обращаются к врачу.

Различают 3 патологических типа опухолевого роста. Почти две трети всех гепатом являются мультинодулярными, этот тип более распространен, чем диффузный.

Обычно гепатома выявляется при радионуклидном сканировании как овоидный фокальный дефект (или дефекты) среди печеночной паренхимы.

Гепатомы имеют вид холодных дефектов на сканограммах печени, получаемых с помощью ^{99m}Tc -коллоида.

Печеночные аденомы являются одинаковыми по размеру, гладкими, инкапсулированными опухолями, часто с фокальной геморрагией, с некрозом или без него. Они состоят из слоев нормальных или слегка атипичных гепатоцитов, но без клеток Купфера и желчных протоков, поэтому обнаруживаются как фокальный дефект при визуализации печени с помощью коллоида ^{99m}Tc (см. рис. 16).

Кавернозная гемангиома — это наиболее распространенная доброкачественная опухоль печени, обычно одиночная (90 %), часто имеет субкапсулярную локализацию. Кавернозные гемангиомы состоят из выстланного эндотелием и заполненного кровью пространства.

Печеночные кисты классифицируются как врожденные или приобретенные. Приобретенные кисты возникают вследствие травм, воспаления, паразитарной инвазии. Поликистозные печеночные заболевания являются наследственными нарушениями, наследуемыми как аутосомно-доминантный признак. Кисты

вызывают гепатомегалию у 2/3 пациентов. У 25 % пациентов кисты мелкие — меньше 1 см в диаметре, но около 40 % всех пациентов имеют 1 кисту с диаметром более 4 см. Кисты распространяются за пределы печени у 60 % пациентов. Сканограмма печени с ^{99m}Tc -технецием-коллоидом обычно демонстрирует закругленные интрапаренхимальные дефекты. Приблизительно у 50 % пациентов с поликистозной печеночной болезнью также имеются поликистозные заболевания почек. Врожденные печеночные кисты редко соединяются с желчным деревом.

Закупорка нижней полой вены может привести к «горячему пятну» в печени, если радионуклид вводится в нижнюю конечность.

Амебные абсцессы печени чаще всего одиночные, локализуются на задней поверхности правой доли (возможно, в результате кровяного дренирования восходящей части толстой кишки, вливающейся в порталный венозный кровоток). Это выглядит как дефект радионуклидной визуализации. Печеночный дефект при коллоидном исследовании включает как полость абсцесса, так и прилегающую область воспаленной печеночной ткани. Фактическая величина полости абсцесса более точно определяется с помощью измерения участка уменьшенной активности при визуализации ^{67}Ga -цитратом.

Более реальный индикатор *диффузной болезни печеночной паренхимы* — это негомогенное распределение поглощения коллоида сульфата ^{99m}Tc . Примерно у 80 % пациентов с циррозом наблюдается от умеренной до заметной неравномерности. Хорошо коррелируют с наличием паренхимальной печеночной болезни увеличенная селезеночная активность (рис. 17) относительно таковой в печени и увеличенное поглощение коллоида костным мозгом.

Однако увеличенное поглощение коллоида селезенкой и костным мозгом может наблюдаться при анемии даже при отсутствии печеночного паренхиматозного заболевания.

На скintiграммах печени больного *хроническим гепатитом* выявляются гепатомегалия, умеренное увеличение обеих долей или преимущественно левой доли. Форма печени чаще всего изменена, контуры недостаточно четкие, распределение РФП в паренхиме диффузно неравномерное. Обычные или незначительно увеличенные размеры селезенки и неинтенсивное включение РФП характерны для хронического гепатита с низкой степенью активности. Селезеночно-печеночный коэффициент (соотношение уровней накопления РФП в селезенке и печени) повышен,

возрастает до 15 % и более. При этом эффективный печеночный кровоток находится в пределах нижней границы нормы или несколько уменьшен. В периоды обострения гепатита отмечается снижение уровня кровотока печени и увеличение ее размеров.

Хронический гепатит с высокой степенью активности сопровождается умеренной гепатомегалией и спленомегалией. Уровень накопления РФП в селезенке увеличивается до 30 %, однако не отмечено заметного включения радиоколлоида в костный мозг. Четкость контуров несколько снижена, неоднородность распределения РФП усиливается, накопление в левой доле умеренно повышено. Эффективный печеночный кровоток снижается до 1,0–0,8 л/мин.

При циррозе наблюдается как увеличение, так и уменьшение размеров скинтиграфического изображения печени (в зависимости от формы цирроза) и его деформация. Как правило, размеры правой доли в той или иной мере уменьшаются (в зависимости от стадии заболевания), а левой — относительно увеличиваются. Включение коллоидного РФП в левой доле более интенсивное. Снижение накопления радиоколлоида по правому латеральному и нижнему краю печени вызывает деформацию контуров. При этом диффузная неравномерность становится более выраженной, а при крупноузловом циррозе распределение РФП приобретает очагово-неравномерный характер. Скитиграфическим признаком цирроза печени также является увеличение селезенки с активным включением РФП. Уровень эффективного печеночного кровотока умеренно или значительно снижен (менее 0,75 л/мин) в зависимости от стадии цирроза и портальной гипертензии. Печеночно-селезеночный коэффициент возрастает до 50 % и более. Принято считать, что накопление радионуклида в селезенке является следствием гипертензии в системе воротной вены, развивающейся в результате внутрипеченочного блока этой системы. Усиленный захват РФП селезенкой и спленомегалию иногда отмечают у больных циррозом печени без клинических признаков гипертензии. Это связано с тем, что при циррозе печени снижается функциональная активность ретикулоэндотелиальной системы, а также уменьшается ее объем. В то же время отмечается гиперплазия ретикулоэндотелиальной системы в селезенке — гиперспленизм. Характерным признаком цирроза является визуализация костного мозга позвоночника, лучше выявляемая в задней проекции.

Жировая инфильтрация печени при радионуклидном исследовании печени характеризуется диффузно-неравномерным распределением коллоидного РФП. В отличие от хронического гепатита и цирроза, не выявляются радионуклидные признаки спленомегалии. Печень равномерно увеличена, граница между левой и правой долей стерта, контуры округлые, четкие, иногда размеры печени в пределах нормы. Эффективный печеночный кровоток чаще сохранен или незначительно снижен.

Визуализация селезенки на сцинтиграммах наблюдается и при некоторых других заболеваниях (рис. 17). При тромбозе селезеночной вены изображение печени обычно не изменено, а селезенки — резко увеличено, интенсивность включения РФП повышена. При сочетании хронического диффузного процесса в печени и тромбоза селезенки накопление РФП в селезенке заметно усиливается. Визуализация увеличенной селезенки наблюдается при прорастании опухоли поджелудочной железы в селезеночную вену. Спленомегалия выявляется и при распространении метастазов на ворота печени, когда увеличенные лимфатические узлы вызывают сдавление воротной вены. При этом в паренхиме печени могут выявляться дефекты накопления РФП, характерные для метастазов.

Заболевания крови часто сопровождаются спленомегалией, размеры печени могут быть увеличены, распределение радиоколлоида равномерное либо очагового характера при наличии зон экстрамедуллярного кроветворения (лейкозы, истинные полицитемии). При этом отмечается положительная динамика радионуклидной картины при целенаправленном лечении основного заболевания.

В отличие от жировой инфильтрации печени, вызванной алкоголем, которая быстро рассасывается после абстиненции от алкоголя, *острый алкогольный гепатит* часто прогрессирует до цирроза.

У 80 % этих пациентов сканограмма печени-селезенки с коллоидом ^{99m}Tc -сульфатом обнаруживает заметные отклонения, в т. ч. одиночные или множественные дефекты в печени, перемещения коллоида к селезенке и костному мозгу. В наиболее серьезных случаях печеночное поглощение настолько мало, что печень едва визуализируется, определяется спленомегалия.

Радионуклидная визуализация обычно применяется в диагностике *тупой печеночной травмы*. Закрытое повреждение, такое как разрыв или субкапсулярная гематома печени или селе-

зенки, можно идентифицировать. Сцинтиграмма может также определить локализацию и протяженность разрыва, указав хирургический подход. Повреждения в верхнезаднем квадранте правой доли печени сложно определить при хирургическом вскрытии брюшной полости. К тому же, сцинтиграмма имеет смысл при исследованиях серьезных повреждений, лечении, деартеризации или других хирургических заболеваниях. Результаты печеночной сцинтиграфии у пациентов с травмой дают ценную информацию.

После печеночной лобэктомии печень регенерируется, но полная регенерация наступает через несколько месяцев. Наиболее ранним осложнением является увеличение размера печени после лобэктомии, вызванное отеком.

Длительный холестаз в результате нарушения функции сфинктера Одди, либо наличия камней, либо фиброза в общем желчном протоке приводит к увеличению размеров печени, чаще левой доли. При этом отмечают: увеличение времени плато и замедление экскреции препарата из печени, длительная визуализация долей, общего печеночного и желчного протоков, снижение концентрационной и сократительной функции желчного пузыря, медленное и неравномерное поступление меченой желчи в тонкую кишку. Иногда обнаруживается расширенный общий желчный проток, что длительно и четко визуализируется, и медленный дренаж. Прием нитроглицерина не дает ожидаемого эффекта, что свидетельствует о воспалительно-фиброзных изменениях.

Нарушение концентрационной функции желчного пузыря выражается запоздалой визуализацией и медленным его заполнением ($T_{max} > 40$ мин). Нарушение сократительной функции желчного пузыря сопровождается увеличением времени полуопорожнения до 90–180 мин и больше. У некоторых пациентов желчный пузырь визуализируется лишь после приема нитроглицерина и заполняется крайне медленно. Отсутствие визуализации в течение всего времени исследования (даже после приема нитроглицерина) характерно для нефункционирующего желчного пузыря. Гепатобилисцинтиграфия позволяет выявить дуоденостазы и дуоденогастральные рефлюксы, оценить их качественно и количественно.

Высокая информативность сцинтиграфических исследований у пациентов с поражением желчевыведительного тракта позволяет полнее охарактеризовать патологический процесс.

У пациентов с острой абдоминальной болью (на протяжении 4 ч) отсутствие визуализации желчного пузыря в сочетании с нормальной визуализацией желчного дерева и толстой кишки характерно для острого холецистита.

Кроме того, отсутствие визуализации желчного пузыря наблюдается и у пациентов без холециститов, получающих парентеральное питание (92 %), алкоголиков (60 %), а также у больных, длительно неподвижных.

Желтуха может возникать в результате паренхиматозного заболевания печени или внепеченочной обструкции. Поступление РФП в двенадцатиперстную кишку может продолжаться в течение 30 мин. Если толстая кишка визуализируется более чем за 60 мин после фазы насыщения гепатоцитов, то может проявляться частичная обструкция общего протока, вызванная камнями желчного пузыря, слизью, внепеченочной опухолью, отеком и т. д. Кроме того, причиной недостаточной визуализирующей активности в желудочно-кишечном тракте может быть серьезное гепатоцеллюлярное заболевание. Точный механизм этой экскреции неизвестен, но нарушение нормальной гепатоцеллюлярной функции может привести к серьезным изменениям секреции, т. е. нарушениям визуализации.

8.3. Радионуклидное исследование селезенки

Сцинтиграфия селезенки может быть выполнена с несколькими радиоколлоидами, но чаще всего — с ^{99m}Tc -коллоидом серы.

После инъекции ^{99m}Tc -коллоида серы изображение получают с интервалом от 1 до 5 с. Эта динамическая процедура отображения помогает оценить анатомическую конфигурацию больших брюшных артериальных и венозных каналов, а также васкуляризацию повреждений. Через 15 мин статические изображения получают в передней, задней и боковой проекциях. Нормальное отображение печени с коллоидом серы демонстрирует однородное накопление меньшей интенсивности, чем в печени, на задней проекции. Большие коллоидные частицы проявляют тенденцию к преимущественному распределению в селезенке, по сравнению с меньшими частицами. Повышенное накопление в селезенке или ее увеличение также замечены при многих состояниях, приводящих к различным болезням печени, при анемии, сепсисе и меланоме.

Сцинтиграфическое изображение селезенки помогает определить ее размер. Для вычисления объема селезенки было пред-

ложено много методов. Исследователи исходили из того, что конфигурация селезенки почти одинакова у всех пациентов. Однако при смене положения больного, например, от лежачего на спине на коленное или локтевое, селезенка перемещается или сжимается близлежащими органами. Если селезенка размером больше 15 см, то она, вероятно, увеличена. Массивная спленомегалия (больше 1000 г), вероятно, связана с хронической миелоцитарной лейкемией, миелофиброзом. Выраженная спленомегалия (500–1000 г) обнаруживается при острой лейкемии, злокачественной лимфоме, спленомегалии, истинной полицитемии, инфекционном мононуклеозе. Умеренная спленомегалия (меньше 500 г) обычно вызывается инфекцией, злокачественной меланомой, саркоидозом и идиопатической тромбоцитопенической пурпурой.

Размер селезенки уменьшается у взрослых больных с серповидноклеточным синдромом. Семейная селезеночная гипоплазия обнаруживается у детей с тяжелыми бактериальными инфекциями. Селезеночная атрофия была отмечена при различных болезнях, как-то: язвенный колит, тиреотоксикоз, серповидноклеточная анемия.

Случаи полисплении, в основном, встречаются у женщин с непарной связью *vena cava inferior*.

Термин «функциональная аспления» используют для характеристики пациентов с серповидноклеточной анемией, у которых селезенка анатомически присутствовала, но потеряла способность абсорбировать ^{99m}Tc -коллоид серы. Случаи функциональной аспления делят на 2 группы:

- 1) нарушение циркуляции;
- 2) эффекты различных состояний ретикулоэндотелиальных клеток селезенки.

Постспленозотомический сепсис может случиться через много дней и даже лет после удаления селезенки. Смерть от постспленозотомического сепсиса встречается в 200 раз чаще, чем вследствие сепсиса у населения в целом.

Дети с серповидноклеточной анемией и гипоспленизмом предрасположены к пневмококковому сепсису.

Повреждения селезенки наблюдаются почти вдвое чаще, чем повреждения печени. Селезенка чаще травмируется при тупой травме. Наиболее распространенные повреждения — разрыв селезенки и подкапсульная гематома. Риск гематомы селезенки увеличен у пациентов с тромбоцитопенией. Радионуклидное изображение селезенки имеет приблизительно такую же точность,

что и ангиография. Визуализация обычно обнаруживает центральный дефект в пределах селезенки или рядом с ней.

8.4. Радионуклидная диагностика заболеваний поджелудочной железы

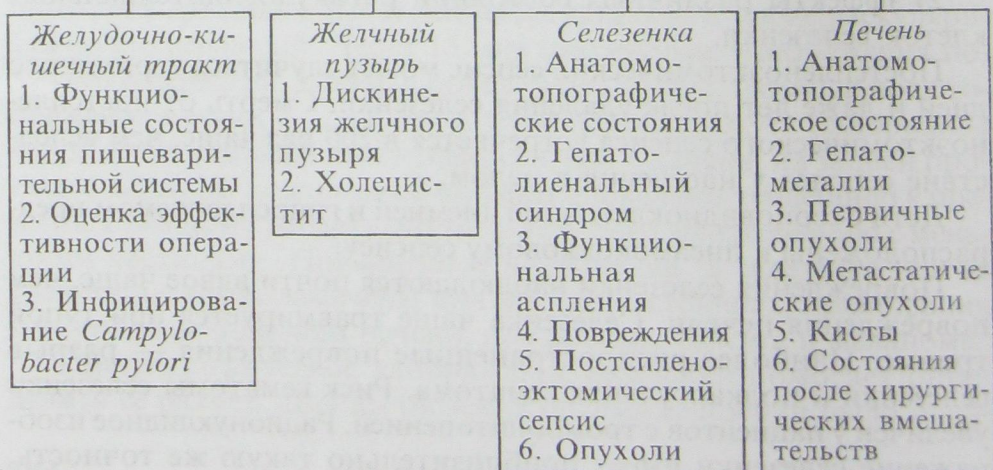
Радионуклидная диагностика заболеваний поджелудочной железы из-за довольно высокой лучевой нагрузки, особенно при традиционной методике, применяется редко или вообще не применяется. Наиболее эффективным методом исследования поджелудочной железы является скintiграфия. Больному вводят внутривенно ^{99m}Tc и ^{75}Se -метионин, которые только на 10 % аккумулируются в поджелудочной железе. При заболеваниях железы на скинтиграммах отмечается деформация ее изображения и изменение интенсивности в соответствии с локализацией очага поражения.

Ключевые понятия темы

Цель применения радионуклидной диагностики при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, печени, селезенки, поджелудочной железы; методики радионуклидной диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени, селезенки, поджелудочной железы; скинтиграфическая семиотика заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени, селезенки, поджелудочной железы.

Формализованная структура содержания темы

Показания к радионуклидной диагностике заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени и селезенки



Вопросы для самостоятельной работы

1. Показания к радионуклидной диагностике заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени, желчного пузыря, селезенки.

2. Радиофармпрепараты, используемые для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта.

3. Методы радионуклидной диагностики, применяемые в гепатологии.

4. Сцинтиграфическая семиотика заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени, селезенки, желчного пузыря.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Можно ли проводить количественную оценку моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта с помощью радионуклидной диагностики?

2. Можно ли с помощью радионуклидных методик изучать процессы всасывания в тонкой кишке?

3. Можно ли с помощью радионуклидного метода выявить наличие *Campylobacter pylori*?

4. Достаточно ли использовать одну проекцию для изучения поглощения радиофармацевтического препарата печенью?

5. Должен ли пациент голодать перед холесцинтиграфией?

6. Могут ли кисты печени вызвать гепатомегалию?

7. Может ли спленомегалия сопровождать хронический гепатит?

8. Встречается ли деформация сцинтиграфического изображения печени при циррозе?

Задания и проблемные ситуации

1. Машиной «скорой помощи» в приемное отделение больницы доставлен пациент с тупой травмой живота и предварительным диагнозом «желудочно-кишечное кровотечение». Следует ли для уточнения диагноза назначить печеночную сцинтиграфию?

2. Женщина 40 лет на протяжении 10 лет страдает желчекаменной болезнью с частыми приступами печеночной колики. Увеличение какой доли печени может быть выявлено у данной пациентки при сцинтиграфическом исследовании печени?

3. Выскажите предположение о возможных причинах отсутствия визуализации желчного пузыря.

4. Укажите причины функциональной асплении.

Атравматичность исследования для больных, относительная простота выполнения в сочетании с высокой эффективностью получаемых результатов способствовали включению этих методов в обязательный комплекс современного обследования. В радионуклидных исследованиях особое значение имеет количественная оценка получаемых результатов.

Она состоит из расчета специальными математическими методами с помощью компьютера скорости прохождения меченых соединений через сосудистое русло почек, интенсивности канальцевой секреции и клубочковой фильтрации, скорости выведения препарата из почек и мочевого пузыря. Из радионуклидных методов в нефрологической практике *in vivo* наибольшее распространение получили сканирование, ренография (два варианта), нефросцинтиграфия (динамическая и статическая скинтиграфия).

При постановке морфологического диагноза радионуклидные методы играют вспомогательную роль по отношению к исследованиям рентгенологическими методами, ультрасонографии и компьютерной томографии. Радионуклидное сканирование позволяет определить размеры, форму, местоположение почек, интенсивность и равномерность включения РФП в ткань почек.

Ренография направлена на исследование активной канальцевой секреции меченого препарата и его выведения по верхним мочевым путям.

Полученная в результате исследования кривая носит название ренограммы. Она состоит из 3 участков: сосудистого, секреторного и нисходящего (эвакуаторного) (рис. 18). Первый участок отражает распределение препарата в сосудистом русле почки, второй — процесс избирательного и активного накопления гиппурана клетками эпителия проксимальных почечных канальцев, третий — выведение препарата из чашечно-лоханочной системы через мочеточник.

Наиболее частыми ренографическими симптомами заболеваний почек являются: снижение очистительной способности канальцевого аппарата почки; замедление скорости выведения РФП из почки и комбинация этих двух симптомов. Непрерывная

регистрация также проводится в гамма-камере в течение 20–25 мин.

Получаемая кривая состоит из 3 участков. Первый участок отражает процесс прохождения препарата через сосудистое русло почки, второй — процесс заполнения клубочков меченым комплексом, третий — выведение из почки с мочой профильтрованного РФП. В норме эта величина совпадает с суммарным почечным клиренсом.

Динамическая реносцинтиграфия основана на исследовании функционального состояния почек путем регистрации поглощения почечной паренхимой меченых нефротропных РФП ДТПА с ^{99m}Tc , вводимого также внутривенно. Исследование проводится в специальных гамма-камерах. Полученная информация записывается на компьютере и воспроизводится на телемониторе в виде изображения различных этапов прохождения РФП (ДТПА) через почки. В норме через 3–5 мин после введения РФП появляется изображение почечной паренхимы, активно накапливающей препарат. Через 5–6 мин накопление в паренхиме снижается; РФП заполняет чашечно-лоханочную систему, а затем, через 10–15 мин, отчетливо накапливается в мочевом пузыре. При динамической реносцинтиграфии выявляются нарушения (тотальные и регионарные) функции почечной паренхимы в виде снижения накопления РФП или замедления его выведения. Показаниями для реносцинтиграфии являются: подозрение на врожденные пороки развития, опухоль почки, обоснование оперативного вмешательства, уточнение функционального состояния органа и т. п. Статическая реносцинтиграфия направлена на исследование функции и структуры почечной паренхимы. Методика заключается в регистрации радиоактивности над областью почек через 2–3 ч после внутривенного введения РФП ДМСА.

В настоящее время эти два варианта в современных гамма-камерах совмещены, поэтому есть возможность изучать одновременно статическое и динамическое состояние почек, получая ренографические кривые.

В отличие от изменений секреторно-экскреторной функции почек, изменения, выявляемые при использовании ДМСА, адекватно отражают характер патологического процесса и тяжесть поражения коркового слоя почки и, как правило, свидетельствуют о наличии необратимых изменений в паренхиме. По результатам реносцинтиграфии представляется возможным определять функцию почки до 5 % (при ренографии — до 10 %).

Наряду с достоинствами радионуклидная ренография имеет и недостатки:

1. Детекторы над почками устанавливаются произвольно, в соответствии с известными анатомическими ориентирами, что иногда значительно снижает точность исследования (не учитываются индивидуальные особенности расположения почек).

2. Нет возможности четко различить вклад в ренограмму собственно секреторного и экскреторного этапов, поэтому разделение ренографической кривой на общепринятые этапы является условным.

3. Ренографическая кривая отражает изменение активности не только в почке, но и в окружающих тканях.

4. Обследование маленьких детей затруднено в связи с небольшим расстоянием между почками.

Сцинтиграфия почек имеет ряд несомненных преимуществ по сравнению с обычной ренографией:

1. Выполнение сцинтиграфии не влечет ошибок, обусловленных неправильной установкой детекторов, поскольку в поле видения кристаллов гамма-камеры находится, за редким исключением, вся область возможного расположения почек.

2. При сцинтиграфии есть возможность коррекции сцинтиграфической ренограммы с учетом вклада излучения околопочечных мягких тканей.

3. При сцинтиграфии оценивается не только транспорт РФП через почку, но и нарушение его оттока из чашек, лоханки и на всех уровнях мочеточника.

4. Сцинтиграфия дает возможность получать изображение почек, достаточное для определения их анатомо-топографического состояния, оценить фильтрационную роль почки по сегментам.

5. Сцинтиграфия наряду с исследованием функции почек дает представление о центральной и внутривисцеральной гемодинамике, позволяет уточнить генез артериальной гипертензии.

6. Исследование состоит из 20–30, а иногда и более последовательных кадров с 30- или 60-секундной экспозицией.

Визуализация почек (динамическая реносцинтиграфия) — простой и точный метод одновременной оценки функционального и анатомо-топографического состояния мочевыводящей системы (см. рис. 18).

В основу положена регистрация транспорта нефротропного РФП и последующий расчет параметров, объективизирующих

два последовательных этапа. Анализ сосудистой фазы (ангиофазы) направлен на оценку симметричности прохождения «бюкса» 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. Для 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, отражают состояние канальцевой секреции, а также эффективность почечного кровотока.

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

При различных клинических ситуациях могут меняться как форма кривых, так и их количественные характеристики (рис. 19). Однако следует 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. Главный признак, определяющий сторону поражения, — асимметрия амплитудно-временных характеристик ангио-реносцинтиграмм. 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, гидронефроз).

Замедление $T_{1/2}$ выведения наблюдается при наличии камней, стриктуре мочеточника и других изменениях верхних мочевых путей, ведущих к гидронефрозу.

Для почечной колики характерен обструктивный тип кривой на стороне поражения (см. рис. 19). В зависимости от сроков начала колики и степени обструкции кривая ренограммы будет изменяться. Длительное нарушение оттока мочи ведет к снижению функции почки и уменьшению амплитуды ренограммы. Изображение почки может отсутствовать или быть нечетким. Отсроченные скинтиграммы позволяют выявить остаточное функционирование почки и определить уровень блокады. Однако скинтиграфия, в отличие от рентгенологических исследований, не позволяет визуализировать конкремент непосредственно, но часто позволяет выявить уровень и степень обтурации мочеточника.

Крупные камни в лоханке могут быть видны как обширные дефекты накопления РФП.

Использование динамической скинтиграфии почек при диспансерном наблюдении за больными с хроническим гломеруло-нефритом позволяет оценивать степень сохранности функции почек, а также обнаруживать склеротические и дегенеративные изменения в них. Эффективность лечения мочекаменной болезни почек методом ударно-волновой липотрипсии оценивают по показателю паренхиматозного и лоханочного среднего времени транзита (СВТ) РФП через почку в целом и отдельно — через ее паренхиму и лоханку.

Радионуклидная диагностика пузырно-мочеточникового рефлюкса выполняется с помощью не прямой и прямой радионуклидной цистографии.

Непрямая (внутривенная) радионуклидная цистография. Проводится динамическая реносцинтиграфия по общепринятой методике, в результате чего получают информацию о морфологии почек, мочевых путей, функции почек. На следующем этапе после физиологического заполнения мочевого пузыря пациент мочится, а в это время продолжается запись изображения. Строятся кривые «активность-время» над зонами интереса: почки, мочеточники, мочевой пузырь. Выраженный подъем кривой над почкой или мочеточником, синхронный микции (мочеиспусканию), указывает на наличие пузырно-мочеточникового рефлюкса.

При двустороннем пузырно-мочеточниковом рефлюксе одновременно с началом микции нарастает активность над обоими мочеточниками и обеими почками.

Прямая (ретроградная) радионуклидная цистография. Методика исследования включает катетеризацию уретры, ретроградное

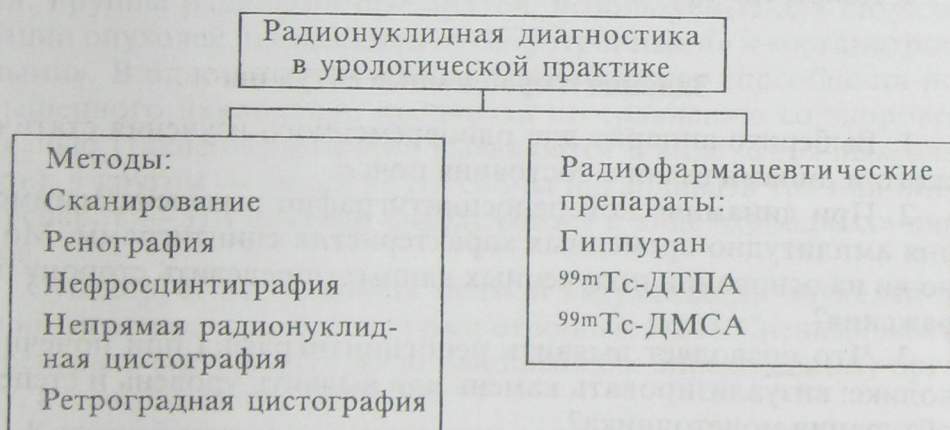
заполнение мочевого пузыря физиологическим раствором хлорида натрия, смешанного с меткой, и получение с помощью гамма-камеры изображений области мочевых путей во время заполнения пузыря, в момент мочеиспускания и после него.

Ключевые понятия темы

Ренография, нефросцинтиграфия, сканирование почек, непрямая радионуклидная цистография, ретроградная радионуклидная цистография.

Преимущества использования радионуклидной диагностики: атравматичность, простота выполнения, высокая информативность.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Преимущества радионуклидной диагностики заболеваний почек.
2. Какие нарушения и заболевания можно определить с помощью радионуклидного сканирования почек?
3. Радиофармацевтические препараты, используемые для радионуклидной диагностики заболеваний почек.
4. Аппаратура, используемая для радионуклидной диагностики заболеваний мочеполовой системы.
5. Какой метод используется для скринингового обследования больных с подозрением на патологию мочевой системы?
6. Ренографические симптомы заболеваний почек.

7. Показания для нефросцинтиграфии.
8. Недостатки ренографии.
9. Преимущества сцинтиграфии почек.
10. Симптомы пузырно-мочеточникового рефлюкса.

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Учитываются ли индивидуальные особенности расположения почек при радионуклидной ренографии?
2. Отражает ли ренографическая кривая изменения активности в окружающих почки тканях?
3. Для какой патологии характерна симметричность изменений паренхиматозной функции?
4. Какой тип кривой характерен для почечной колики?

Задания и проблемные ситуации

1. Выберите аппарат для одновременного изучения статического и динамического состояния почек.
2. При динамической реносцинтиграфии выявлена асимметрия амплитудно-временных характеристик сцинтиграмм. Можно ли на основании полученных данных определить сторону поражения?
3. Что позволяет выявить реносцинтиграфия при почечной колике: визуализировать камень или выявить уровень и степень обтурации мочеточника?

Глава 10

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА В ОНКОЛОГИИ

При использовании каких-либо диагностических методов для успешного лечения онкологических больных должны быть решены следующие задачи:

- выявить наличие образования (ранняя диагностика опухолей);
- ответить на вопрос: злокачественная опухоль или доброкачественная (дифференциальная диагностика опухолей);
- определить стадию заболевания по системе TNM;

а) размеры опухоли (Т1-4);

б) метастазы в регионарные лимфоузлы (N0-3);

в) метастазы в другие органы (M0-1);

— оценить функциональное состояние других органов и систем;

— осуществить контроль эффективности проведенного лечения;

— организовать раннюю диагностику рецидивов и метастазов опухоли.

Многие из перечисленных задач решаются методами радионуклидной диагностики, связанными с визуализацией опухолей. Визуализация злокачественных новообразований основана на различии накопления препарата в опухоли и окружающей ее ткани. Группы радиофармпрепаратов, используемые для визуализации опухолей, называются «туморотропными» и «органотропными». В одном случае опухоли приобретают способность повышенного накопления препарата по сравнению со здоровой тканью (такие образования выявляются в виде «горячих» очагов); в другом — ткани не способны накапливать тот или иной препарат — эти опухоли определяются в виде «холодных» очагов.

Существует возможность прямой визуализации опухолей на сцинтиграммах с помощью туморотропных РФП. Специфичность препарата оценивается не по отношению к определенному органу, а к опухолевому процессу.

К специфичным туморотропным препаратам относится цитрат галлия-67. При помощи этого препарата можно получить изображение опухолей в виде «горячих» очагов большинства органов (челюстно-лицевой области, пищевода, гортани, легких, мягких тканей, печени, молочной железы). Особенно ценен этот метод в диагностике заболеваний лимфоидной ткани (лимфогранулематоз, лимфосаркома). Это связано с тем, что при системном заболевании надо оценить состояние всех групп лимфоузлов выше и ниже диафрагмы. Данная задача решается только при использовании цитрата галлия, когда после однократного введения препарата визуализируются только пораженные лимфоузлы, независимо от их локализации. Другие методы исследования (медиастиноскопия, прямая и непрямая лимфография, томография, ультразвуковая диагностика) позволяют исследовать только отдельные группы лимфоузлов. Кроме того, при исследовании с цитратом галлия удастся в неко-

торых случаях определить и органное поражение желудка, печени, легких.

Исследование с цитратом галлия эффективно для контроля за проведенным лечением. К сожалению, с помощью этого препарата нельзя достоверно диагностировать опухоли брюшной полости, потому что выведение препарата осуществляется через кишечник, а активность РФП в кишечнике маскирует повышенное накопление его в опухоли.

В последние годы для визуализации опухолей стали использовать меченые моноклональные антитела. Эти препараты имеют специфичность не только к опухолевому процессу, но и к определенному органу. Например, СА-125 позволяет увидеть опухоли яичников.

Неспецифические туморотропные препараты позволяют визуализировать опухоли только отдельных органов, причем повышенное накопление препарата в них связано не с опухолевым процессом, а с другими причинами. Типичным примером таких препаратов является йодид натрия, меченный йодом-131, используемый для диагностики метастазов рака щитовидной железы в другие органы: легкие, кости и др. Причина повышенного накопления препарата в метастазах в данном случае — их способность выполнять функцию материнской ткани, т. е. синтезировать гормоны, для которых необходим йод. Перед исследованием необходимо подавить функцию самой щитовидной железы (хирургическим, лучевым или медикаментозным путем) и стимулировать функцию метастазов введением тиреотропного гормона. В виде «горячих» очагов визуализируются также опухоли головного мозга, костей, забрюшинные опухоли. Визуализация опухолей скелета, особенно вторичных, с использованием фосфатов технеция-99m имеет преимущества перед другими методами, поскольку визуализация возможна на уровне нарушения минерального обмена, а не разрушения костной структуры. Поэтому радионуклидный метод при данной патологии опережает рентгенологический метод — от 3–6 мес. до 1 года.

К туморотропным препаратам можно отнести и двузамещенный фосфат натрия (Na_2HPO_4), меченный ^{32}P . Однако распад радиоактивного фосфора-32 сопровождается излучением только бета-частиц, поэтому с ним нельзя проводить визуализацию опухолей и даже для радиометрии датчик следует подводить непосредственно к самой опухоли. По этой причине радиофосфорная диагностика ограничивается исследованием подозри-

тельных образований кожи и некоторых полых органов (пищевод, полость рта, носа, гортани, прямая кишка, матка) в целях дифференциальной диагностики. В настоящее время этот метод незаменим для дифференциальной диагностики меланом кожи, глаза.

С помощью гамма-камер осуществляют сцинтиграфию — выявляют дефекты в распределении РФП. Аналогичные данные получают также сканированием на радиодиагностическом сканере. Отсутствие накопления радиоактивного вещества в органе еще не свидетельствует о наличии злокачественного новообразования. Любые патологические процессы, способные привести к исчезновению или резкому снижению функции паренхимы органа (воспалительные процессы, кисты, доброкачественные опухоли, рубцовые изменения и пр.), препятствуют нормальному накоплению РФП в соответствующем участке. Этим объясняется относительно большой процент ложноположительных результатов негативного сканирования, который может быть уменьшен за счет применения дополнительных методов исследования и тщательного анализа клинических данных исследуемого.

Более надежными следует считать методы радионуклидной диагностики, в основе которых лежит принцип селективного (избирательного) накопления РФП в злокачественных новообразованиях — так называемого туморотропного РФП.

Туморотропность РФП определяется различными факторами. Некоторые из них избирательно поступают в опухоль метаболическим путем в связи с повышенной утилизацией опухолью определенных веществ, вследствие изменения ее обмена веществ и более высокой, по сравнению с нормальными тканями, потребностью в этих веществах (микроэлементы, некоторые белки, аминокислоты и др.). Другие препараты могут задерживаться в опухоли механическим путем вследствие изменения сосудов опухоли, в частности нарушения их проницаемости, наряду со значительной васкуляризацией некоторых опухолей. Возможно также введение радионуклида в опухоль с помощью меченых антител к известным опухолевым антигенам. С этой целью используют меченые моноклональные антитела.

Позитивная сцинтиграфия в значительной мере повышает диагностическую информацию. Однако отсутствие специфического вещества, тропного только к злокачественным опухолям, обуславливает определенный процент диагностических ошибок. Лож-

ноположительные результаты бывают значительно реже, чем ложноотрицательные. Это объясняется тем, что туморотропные вещества не поступают в доброкачественные опухоли, кисты, рубцовые ткани, а также не накапливаются в некротизирующихся участках опухоли и, наоборот, способны фиксироваться в активных воспалительных очагах. Последние два момента и таят в себе возможность ошибочных заключений.

Повышения качества диагностической информации можно добиться путем комбинированного использования средств для позитивной и негативной сцинтиграфии. Таким образом, можно дифференцировать злокачественные опухоли и кисты, доброкачественные опухоли, рубцовые, а иногда и воспалительные изменения.

Надежность сцинтиграфии в диагностике опухолей во многом зависит от размера опухоли. При негативной сцинтиграфии с помощью обычных приборов удастся обнаружить опухоли диаметром не менее 2 см. Более мелкие опухоли можно выявить методом позитивной сцинтиграфии и при использовании гамма-камер с большой разрешающей способностью, а также таких самых современных приборов, как однофотонный эмиссионный компьютерный томограф (ОФЭКТ) и позитронный эмиссионный томограф (ПЭТ). Эти аппараты позволяют также точно определить местонахождение и объем патологического очага, т. к. подобно рентгеновской компьютерной томографии дают послойное изображение исследуемого объекта при несравнимо более низкой лучевой нагрузке на организм исследуемого. Это объясняется тем, что в организм вводится короткоживущая или ультракороткоживущая метка однократно, а получается множество изображений без дополнительного внешнего лучевого воздействия.

Негативная сцинтиграфия приобрела большое распространение в диагностике опухолей печени (коллоидные растворы, меченные ^{99m}Tc и др., накапливающиеся в купферовских клетках), почек (^{131}I -гиппуран, ^{99m}Tc -DMSA — димеркаптосукциновая кислота и др., экстрагирующиеся из крови клетками канальцевого эпителия), легких (^{131}I -МАА — макроагрегаты альбумина человеческой сыворотки), щитовидной железы (^{131}I в форме йодида натрия и ^{99m}Tc -пертехнетат). Визуализация селезенки осуществляется с помощью эритроцитов, меченных ^{99m}Tc или ^{51}Cr (хромат натрия) и сфероцитированных. Эти исследования являются ценным дополнением к методам клинико-рентгенологической и ультразвуковой диагностики.

Одним из первых туморотропных препаратов, использованных для диагностики опухолей, был ^{32}P . Радиофосфорная диагностика применялась при всех злокачественных опухолях различной локализации, при которых было технически возможно подведение датчиков, фиксирующих бета-излучение из опухоли. Радиометрия предполагаемой опухоли и симметричного здорового участка ткани позволяет количественно определить степень накопления радионуклида.

Накопление свыше 150 % активности (по сравнению с заведомо здоровым участком) с большой долей вероятности свидетельствует о наличии злокачественного процесса, поскольку ^{32}P является чистым бета-излучателем, радиометрически можно определить только поверхностно расположенные опухоли.

В качестве агента для позитивного сканирования предлагается $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Препарат накапливается в измененных сосудах опухоли и задерживается в них дольше, чем в сосудах нормальных окружающих тканей. Метод пригоден для диагностики только тех опухолей, в которых широко развита капиллярная сеть. Необходимость одновременного позитивного сканирования и селективной ангиографии усложняет процедуру и лишает радионуклидный метод его основных преимуществ: простоты, необременительности и безопасности для больного.

В последнее время доказана диагностическая ценность однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -сестамиби (sestamibi) в визуализации первичного и рецидивного рака органов головы и шеи. Полученные с применением этого метода показатели сравнили с данными, полученными при операции и гистологии, чувствительность ОФЭКТ составила 100 %. К отрицательным сторонам этого метода относят способность технеция накапливаться в слонных железах, слизистой оболочке полости носа и альвеолярных отростках. Тем не менее, сравнение распределения радионуклида в этих анатомических структурах и других здоровых тканях позволяет уточнить диагноз во всех наблюдениях.

Диагностика опухолей мозга основана на нарушении гематоэнцефалического барьера и фиксации в опухоли многих веществ, потенциально туморотропных.

Метастазы в мозг являются наиболее опасными осложнениями и одной из основных причин высокой смертности среди онкологических больных. Радионуклидные методы исследования обеспечивают высокую специфичность в выявлении опухолевых

поражений. Технические возможности современных способов радионуклидной диагностики и новые РФП позволяют оценить состояние головного мозга и других органов на протяжении одного исследования без дополнительного введения радиодиагностических веществ. В настоящее время в качестве туморотропных веществ используют различные РФП технеция. Например, ^{99m}Tc -сестамиби накапливается в опухолях легких, щитовидной железы, паращитовидных и грудных желез. Известно, что ^{99m}Tc (V)-ДМСА представляет собой так называемый реагент для поиска опухолей (tumor-seeking reagent), который с успехом используется для выявления медуллярного рака щитовидной железы, сарком мягких тканей, опухолей головы и шеи, синовиальной гигантоклеточной опухоли, агрессивного фиброматоза.

На основании наблюдения 79 детей в возрасте от 7 до 16 лет с опухолями щитовидной железы из Чернобыльской зоны разработан комплекс диагностических опухолевых маркеров, позволяющих оценить эффективность хирургического и комбинированного лечения, риск рецидивирования и метастазирования. Оптимальный комплекс, по мнению авторов, включает тиреоглобулин, раковоэмбриональный антиген (РЭА), ферритин, β -2-МГ, СА-19-9 и тиреотропин. Сканирование с использованием ^{99m}Tc -сестамиби при аденомах паращитовидной железы в 80 % наблюдений позволяет точно локализовать опухоль. Этот метод помогает хирургам избегать повторных операций.

Прогноз при раке легкого стал существенно точнее с появлением новых диагностических методов. Выявлена высокая чувствительность и экономическая оправданность позитронной эмиссионной томографии с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой в диагностике отдаленных метастазов и рецидивов заболевания.

У больных с немелкоклеточным раком легкого ОФЭКТ с ^{99m}Tc -сестамиби позволяет правильно установить стадию заболевания.

Чувствительность остеосцинтиграфии в диагностике костных метастазов рака предстательной железы составляет 100 %, специфичность — 77 %, точность — 82 %.

Известно, что конвенциональная маммография имеет низкую специфичность у некоторых пациенток (при повышенной плотности тканей, при анатомических дисторсиях молочной железы, после хирургического или лучевого лечения, у молодых женщин с небольшими молочными железами, в период менопаузы, при

гормональной терапии). При сомнительных результатах маммографии скинтиграфия молочной железы с ^{99m}Tc -технетрилом должна быть включена в диагностическую схему.

Скинтиграфия молочной железы с ^{99m}Tc -сестамиби (^{99m}Tc -MIBI) является эффективным дополнением к маммографии при повышенной плотности тканей железы.

Полипозиционная маммоскинтиграфия (МСГ) регистрируется в передней правой и левой боковых и латеральных проекциях, по 4 мин каждая, в матрицу 128×128 мм, через 1 ч после инъекции 420–540 МБк ^{99m}Tc -технетрила. Обследования больной проводятся в положении лежа на животе так, чтобы исследуемая молочная железа свободно, не накладываясь на грудную клетку, свисала со стола гамма-камеры.

Полипозиционная планарная МСГ обеспечивает чувствительность при выявлении первичного узла при T1 свыше 88 %, а при опухолях T2 и больших — 95 % при специфичности свыше 95 %. Маммоскинтиграфия с ^{99m}Tc -технетрилом может стать эффективным дополнительным методом для первичного выявления и оценки распространенности опухолевого процесса, в первую очередь лимфогенного метастазирования при раке молочной железы (РМЖ).

В целом, значение радиологической ядерной медицины в диагностике опухолей молочной железы состоит в том, что маммография обладает высокой чувствительностью при выявлении РМЖ, однако специфичность метода — 50 %, в 10 % случаев РМЖ образование является «немым». Маммоскинтиграфия не является методом скрининга, ее целесообразно применять при «подозрительных» маммографических находках. Чувствительность МСГ — 93 %, специфичность — 90 %.

Позитронно-эмиссионная томография имеет ограниченную чувствительность при выявлении опухолей размером менее 1 см, но позволяет выявлять опухолевые образования в плотных железах и имплантанты опухоли в силиконовых протезах.

Результаты МСГ помогают определить тактику лечения при РМЖ: выявлять чувствительность к предоперационной химиотерапии, определять резектабельность опухоли, уменьшать размеры поля облучения, контролировать послеоперационное течение.

При планировании дистанционной лучевой терапии у больных РМЖ обычно в поле облучения включают все внутренние

лимфоузлы (ВЛ) на пораженной стороне. Разработанная технология позволяет исключить из такого поля облучения не пораженные опухолевым процессом парастернальные ВЛ на основе сцинтиграфии с двумя маркерами в виде точечных источников ^{57}Co , устанавливаемых в характерных анатомических точках. Показано, что у более 70 % больных наиболее латеральные ВЛ были расположены на расстоянии менее 4 см от срединной линии грудины, и поэтому при отсутствии поражений они легко исключаются из поля облучения, позволяя снизить до минимума лучевую нагрузку на ткани легких и сердца.

В настоящее время уделяют большое внимание выявлению сторожевых лимфоузлов с помощью радионуклидных методов исследования. Сторожевой лимфатический узел (ЛУС) представляет собой первый барьер, в котором задерживаются метастазы при лимфатическом распространении опухоли.

Концепция сторожевых лимфоузлов была сформулирована при исследовании меланомы кожи и рака молочной железы, а позднее распространена и на другие солидные опухоли, которые при перитуморальном введении коллоидных препаратов $^{99\text{m}}\text{Tc}$ попадают в ЛУС и выявляются там специальными портативными приборами. Во время операции возможно гистологическое исследование ЛУС с целью решения вопроса о наличии в нем метастазов. Так, методами выявления ЛУС можно диагностировать наличие субклинических метастазов при I–II стадии. В последние годы методы выявления ЛУС используются при операциях по поводу рака толстой кишки, нейробластомы, минимально инвазивной аденомы паращитовидной железы.

Состояние лимфоузлов у больных раком языка является одним из основных прогностических факторов.

Лимфосцинтиграфия (ЛСГ) при меланоме кожи позволяет не только повысить точность диагностики, но и в ряде случаев изменить план лечения больных со злокачественной меланомой.

Лимфосцинтиграфия в комплексе с интраоперационной радиометрией — надежное средство идентификации сторожевых лимфоузлов, что позволяет выполнять прицельную биопсию лимфоузлов и отбирать больных для лимфоаденэктомии, избегая неоправданно расширенного иссечения лимфоузлов, снижая тем самым смертность больных с меланомой в 89 % случаев.

Экономные операции проводятся на ранних стадиях меланомы с правильной оценкой распространенности опухоли по лим-

фатическим путям. Интегрированный подход к хирургическому лечению включает дооперационное уточнение наличия метастазов в лимфатических узлах, определение количества и местоположения дренирующих ЛУ, интраоперационную биопсию дренирующих ЛУ с тщательным гистологическим исследованием. Эту схему подхода к лечению используют при толщине опухоли менее 1 мм, уровне инвазии более III, при наличии изъязвления, выраженной регрессии опухоли. Во время операции (через 1–4 ч после инъекции технеция) для поиска сторожевого дренирующего ЛУ дополнительно используют метиленовый синий и ручной гамма-детектор. «Подозрительные» ЛУ удаляют для гистологического исследования. Селективная биопсия сторожевого лимфоузла — высокоинформативный метод диагностики метастатических поражений при раке молочной железы. Появление технологии биопсии сторожевых лимфоузлов у больных РМЖ позволяет избежать ошибочной расширенной лимфоаденэктомии. К сожалению, предоперационная химиотерапия может обусловить возрастание вероятности ложноотрицательных результатов при выявлении сторожевых лимфоузлов методом лимфосцинтиграфии.

Диагностика забрюшинных опухолей — как органических, так и неорганических — сталкивается с большими трудностями не только на ранней стадии заболевания. Даже при наличии пальпируемой опухоли возникают сложности в определении отношения ее к почкам и оценке функционального состояния последних.

Эффективным является использование динамической сцинтиграфии почек при данной патологии. Этот метод предназначен в основном для исследования функции почек и состояния мочевыводящих путей. Он может применяться также при подозрении на аномалии развития и положения почек. Имеются данные литературы, указывающие на возможность использования метода динамической сцинтиграфии и при наличии забрюшинных опухолей.

Использование данного метода у онкологических больных в течение пяти последних лет доказало его информативность не только в оценке функционального состояния почек, но и в определении наличия забрюшинных опухолей, их локализации, распространенности процесса и отношения его к почкам.

Чаще всего опухоли забрюшинного пространства — как первичные, так и метастатические — определяются в виде участков атипично повышенного накопления препарата. Степень на-

копления препарата заметно ниже почечного, но выше фонового. Наиболее четко изображение опухоли определяется во время сосудистой фазы, хотя в некоторых случаях ее изображение сохраняется до конца исследования. Распределение препарата в пределах изображения равномерное. В некоторых наблюдениях распределение было неравномерным со снижением накопления препарата в центре до уровня фонового. Еще реже опухоли визуализировались как «холодные» с накоплением препарата ниже фонового уровня. В случае поражения почек изменяются размеры их изображения, определяются дефекты накопления, изменяется функция этого органа.

При поражении лимфатической системы особенно полезно комбинированное применение непрямой радионуклидной лимфографии с мелкодисперсными коллоидными РФП.

Для диагностики первичных и метастатических опухолей костей применяются меченые остеотропные препараты (фосфаты, меченные ^{99m}Tc), а для диагностики остеогенных сарком — $^{99m}\text{Tc-MIBI}$. При успешном лечении накопление РФП исчезает.

Для диагностики феохромоцитомы используется $^{131}\text{I-MIBG}$ (метайодобензилизанидин), который информативен также при некоторых других опухолях: для диагностики нейробластомы, медуллярного рака щитовидной железы, ретинобластомы, меланомы, бронхокарциномы.

Одним из перспективных методов диагностики опухолей и метастазов является радионуклидная иммуносцинтиграфия с использованием моноклональных антител.

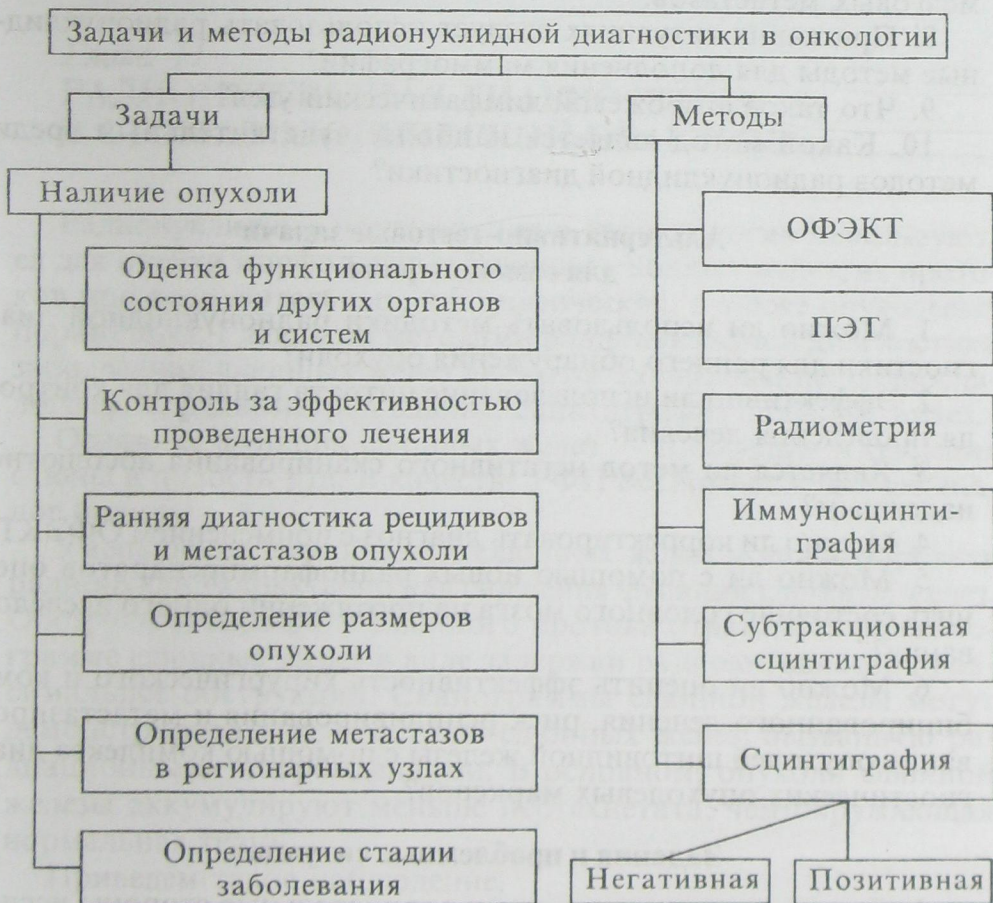
Благодаря взаимодействию антиген-антитело, можно добиться подведения к опухолям определенных меченых веществ. Например, известно, что некоторые опухоли обладают повышенным содержанием фибриногена, поэтому антитела к человеческому фибриногену, меченные ^{131}I , могут использоваться в качестве агента для сцинтиграфии. С целью повышения специфичности исследования для метки используют моноклональные антитела. Это направление радионуклидной диагностики в ядерной медицине получило название радиоиммунной детекции.

Использование стандартных радиоиммунологических наборов дает возможность определить наличие РЭА, альфа-фетопротеина и других опухолевых маркеров.

Ключевые понятия темы

Туморотропные радиофармпрепараты, «горячие очаги», «холодные очаги», специфичные и неспецифичные туморотропные препараты; позитивное и негативное сканирование, ОФЭКТ, ПЭТ, радионуклидная диагностика опухолевых заболеваний различных органов и систем.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие задачи в интересах успешного лечения онкологических больных могут быть решены с помощью радионуклидных методов диагностики?

2. Семиотика заболеваний, выявляемых с помощью методов радионуклидной диагностики.

3. Какие радиофармпрепараты используются для диагностики опухолей различных органов и систем?
4. Какие туморотропные радиофармпрепараты можно отнести к специфическим и неспецифическим?
5. Положительные и отрицательные качества ОФЭКТ.
6. Суть метода диагностики объемных образований головного мозга.
7. Туморотропные вещества, используемые для диагностики мозговых метастазов.
8. При каких ситуациях следует использовать радионуклидные методы для дополнения маммографии?
9. Что такое сторожевой лимфатический узел?
10. Какой метод является наиболее чувствительным среди методов радионуклидной диагностики?

Альтернативно-тестовые задачи для самоконтроля

1. Можно ли использовать методики радионуклидной диагностики для раннего обнаружения опухоли?
2. Эффективно ли использование цитрата галлия для контроля проведения лечения?
3. Является ли метод негативного сканирования абсолютно надежным?
4. Можно ли корректировать диагноз с применением ОФЭКТ?
5. Можно ли с помощью новых радиофармпрепаратов оценить состояние головного мозга на протяжении одного исследования?
6. Можно ли оценить эффективность хирургического и комбинированного лечения, риск рецидивирования и метастазирования опухолей щитовидной железы с помощью комплекса диагностических опухолевых маркеров?

Задания и проблемные ситуации

1. Отметьте положительные и отрицательные стороны исследования цитратом галлия-67.
2. Объясните, чем определяется туморотропность РФП.
3. Назовите факторы, определяющие надежность сканирования в диагностике опухолей.
4. Какой РФП является реагентом поиска опухолей (tumor seeking reagent)?

5. Является ли исчерпывающим для сомнительных результатов маммографии следующий список состояний молочной железы: повышенная плотность ткани, анатомическая дисторсия молочной железы?

6. Обозначьте сферу применения концепции лимфатических сторожевых узлов.

Глава 11

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Радионуклидные исследования в стоматологии используются для оценки морфологии и функции слюнных желез, их протоков при воспалительных, дистрофических, а также опухолевых поражениях. Главными методами радионуклидной диагностики заболеваний слюнных желез являются сканирование, радиосцинтиграфия, радиометрия слюны, сцинтиграфия слюнных желез.

Основная функция слюнных желез — продукция и секреция слюны в полость рта. В качестве РФП обычно используют аналог йодида.

Уменьшение способности слюнных желез концентрировать радионуклид характерно для снижения функции слюнных желез. Обструкция большого слюнного протока отражается на сканограмме слюнных желез в виде задержки радиоактивности проксимальнее обструкции. Сканограммы слюнной железы могут демонстрировать асимметрию слюнных желез, вызванную радиационными повреждениями. В основном, опухоли слюнной железы аккумулируют меньше пертехнетата, чем окружающая нормальная ткань.

Приведем такое наблюдение.

Женщина (58 лет) 3 мес. назад обнаружила образование под нижней челюстью справа, которое быстро увеличивалось в размере и было болезненным. Отек лица, потеря массы тела и рак в анамнезе отсутствовали. На сканограмме правой околоушной железы с ^{99m}Tc выявлено очаговое уменьшение поглощения трекков тканью железы. Функция правой околоушной железы была нормальной. Было высказано предположение о наличии злокачественной опухоли или ме-

стного воспаления. После правосторонней тиреоидэктомии диагностирована мукоэпидермальная карцинома.

Радиосиалография — метод радиоизотопного исследования функции слюнных желез, с помощью которого исследуют концентрационную и выделительную функцию слюнных желез. Метод заключается в регистрации и измерении интенсивности излучения над околоушными железами. В качестве РФП обычно используют ^{99m}Tc -пертехнетат.

Полученная при радиосиалографии кривая имеет 3 сегмента: 1) сосудистый сегмент — в течение 1 мин наблюдается быстрый подъем кривой, который отражает поступление радионуклида из крови в железу; 2) абсорбционный сегмент — в течение 20–30 мин наблюдают усиление радиоактивности железы вплоть до установления равновесия между поступлением и выделением индикатора; 3) выделительный сегмент — через 25–30 мин после начала исследования выведение радионуклида с слюной преобладает над поступлением из крови.

Увеличение накопления радионуклида в железах и затяжной период его максимального накопления наблюдают в начальной стадии хронического паротита, а также ксеростомии I степени. Уменьшение накопления препарата вплоть до полного выключения функции железы наблюдают при поздних стадиях хронического поражения, а также при ксеростомии II–III степени.

Сцинтиграфия слюнных желез выполняется через 20 мин после внутривенной инъекции ^{99m}Tc -пертехнетата в прямой и обеих боковых проекциях. Для нормальных желез характерны равномерное распределение в них радионуклида и четкие границы сцинтиграфического изображения.

Увеличение слюнной железы и неравномерное распределение в ней треков наблюдаются в начальной стадии паротита. Однако в поздних стадиях паротита, а также при ксеростомии III степени получить сцинтиграмму не удастся из-за низкого накопления в ней радионуклида.

Опухоль слюнной железы может проявляться очаговым дефектом в ее изображении.

Изменение топографии слюнной железы может быть обусловлено опухолью, происходящей из соседних тканей.

Как пертехнетат, так и йодид концентрируются в интерлобулярных протоковых клетках. Радионуклидные треки предостав-

ляют функциональную информацию о слюнных железах, которая может быть полезной при таких системных заболеваниях, как саркоидоз, ревматоидный артрит, системная эритематозная волчанка и другие коллагеновые сосудистые заболевания, которые, возможно, приводят к манифестации синдрома инфильтрации ткани железы.

Поглощение пертехнетата уменьшается при очаговой выпуклости железы, обычно вызываемой воспалением, кистами, абсцессами или первичными неоплазмами. Лимфоматозная цистаденома, которая концентрирует пертехнетат, является доброкачественной и обычно билатеральной.

Визуализация слюнной железы может быть удачной при дифференциации диффузного воспаления вследствие вирусной или бактериальной инфекции, токсических веществ, таких как алкоголь, или физических агентов, таких как радиация; во всех этих случаях поглощение пертехнетата уменьшается, а поглощение галлия увеличивается, как и в случае инфильтрации с системными заболеваниями, если плазматические клетки и лимфоциты инфильтруют дольки. У 75 % пациентов с саркоидозом отмечается увеличение поглощения галлия, которое уменьшается при лечении.

Диффузная припухлость обнаруживается при функциональной или механической обструкции главного или множества периферических экскреторных протоков.

При синдроме лимфоцитарной инфильтрации, артритах (обычно ревматоидных) часто отмечается сухость в полости рта и сухость глаз в результате болезней слюнных и лакримальных желез. Эритематозная волчанка, склеродермия, узловой периартрит, полимиозит, саркоидоз, лимфома или туберкулез могут также вызвать лимфоидную инфильтрацию.

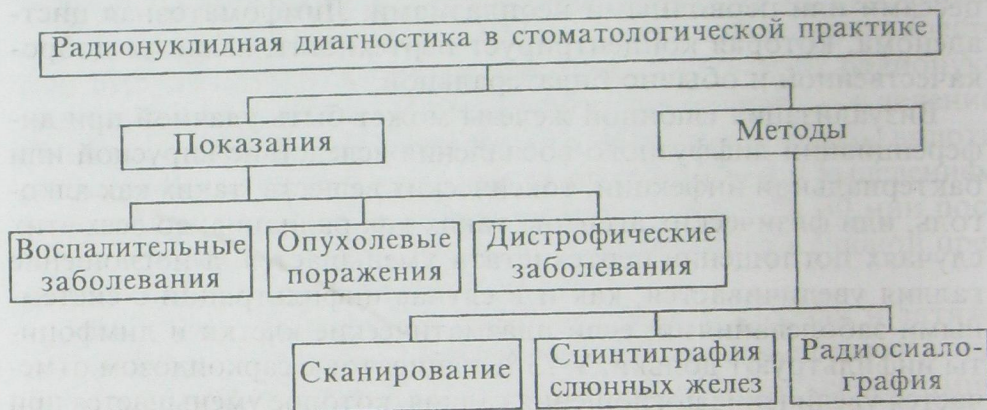
В начальной стадии воспалительного заболевания может быть увеличение поступления препарата, вызванное гиперемией, но повреждение протоков уменьшает поглощение. Контрастная сиалография и КТ — более точные методы, чем ядерные исследования, проводимые для определения анатомических нарушений.

Обструкция протока характеризуется задержкой радиоактивного пертехнетата после стимуляции лимонной кислотой.

Ключевые понятия темы

Показания к применению радионуклидной диагностики в стоматологической практике; методы радионуклидной диагностики, применяемые в стоматологической практике; радионуклидная семиотика стоматологических заболеваний; радиофармпрепараты, используемые в стоматологической практике.

Формализованная структура содержания темы



Вопросы для самостоятельной работы

1. Как отображается на сканограмме слюнных желез закупорка большого слюнного протока?
2. Как отображаются на сканограмме начальная и поздняя стадии паротита?
3. Как на сцинтиграмме выглядит опухоль слюнной железы?
4. При каких заболеваниях и каким образом с помощью радионуклидной диагностики можно получить информацию о синдроме инфильтрации ткани железы?
5. Чем может быть обусловлено изменение топографии железы?
6. Что уменьшает поглощение пертехнетата?
7. Какие методы наиболее информативны при определении стоматологических заболеваний?

Альтернативно-тестовые задачи для самоконтроля

1. Согласны ли вы с утверждением, что уменьшение способности слюнных желез концентрировать радионуклид характерно для ослабления функции слюнных желез?

2. Верно ли утверждение, что кривая, полученная при радиосиалографии, содержит 2 сегмента?

3. Является ли исчерпывающим список заболеваний, которые можно обнаружить с помощью радионуклидных методов: саркоидоз, ревматоидный артрит?

Задания и проблемные ситуации

1. Составьте список РФП, необходимых для обслуживания стоматологических больных.

2. Объясните пациенту, сколько времени он будет занят при радиосиалографии.

3. Выберите метод для определения анатомических нарушений слюнной железы.

Глава 12

ПЕДИАТРИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Использование методов радионуклидной диагностики в педиатрической практике имеет некоторые отличия, обусловленные анатомическими и физиологическими особенностями детского возраста. Чтобы гарантировать правильные результаты радионуклидных исследований в педиатрии, необходимо знать варианты методов, применяемых для взрослых.

Хотя основные принципы γ -сцинтиграфии относятся и к детям, и к взрослым, однако методы обследования различаются. Так, время, необходимое для каждого изображения, относительно коротко, и потому ребенок может расслабиться лишь ненадолго между периодами изображения. Важно, чтобы пациент был настолько возможно ближе к коллиматорной поверхности. Маленькие пациенты могут быть размещены непосредственно на коллиматоре, закрытом тонким фанерным или пластмассовым листом. Маленькие дети должны постоянно сопровождаться взрослым.

Чтобы получить удовлетворительное γ -изображение, необходимо чтобы ребенок оставался неподвижным во время исследо-

вания. Иммобилизацию ребенка осуществляют при помощи рук, емкостей с песком. Часто используют седативные препараты: перорально введенный хлоралгидрат, действие которого начинается медленно, но длится продолжительное время; при внутривенном введении фенobarбитал действует быстро, но непродолжительно.

Вводимое ребенку количество радионуклида должно быть определено индивидуально и уменьшено до практического минимума на основе вычисления пропорции: масса тела ребенка / масса тела взрослого.

Для изображения кости применяют фосфат (дифосфат) ^{99m}Tc . Особенность радионуклидного изображения растущего скелета — увеличенная концентрация радионуклида в зонах роста. Чтобы установить детали костей у маленьких детей, необходимо добавить изображение с высоким разрешением. Компьютерная обработка и ОФЭКТ также помогают уточнить детали изображения.

Сцинтиграфия кости не может дифференцировать септический, ревматический или травматический артрит, т. к. любой процесс, вызывающий гиперемия, имеет подобное проявление.

Признак остеомиелита — интенсивное центральное поглощение радионуклида на участке поражения кости.

Довольно сложно отличить на сцинтиграммах хронический остеомиелит от остеомиелита, обусловленного травмой. Для решения данной проблемы рекомендуется применение галлия-67, увеличенное отложение которого является показателем инфекции.

Некроз кости у детей при болезни Пертеса можно диагностировать раньше, чем появляются радиографические изменения.

Инфаркты кости у детей чаще всего связываются с серповидноклеточными гемоглобинопатиями, стероидной терапией. Различить между собой инфаркт кости и остеомиелит только на основании радионуклидного исследования невозможно, т. к. может развиваться воспаление на месте ранее существовавшего инфаркта кости. Идентифицировать инфаркт кости у детей позволяет использование ^{99m}Tc -коллоида сульфур, галлия-67 или лейкоцитов, маркированных галлием-67.

Сцинтиграфия кости идентифицирует у детей те переломы, которые не определяются рентгенографически. Рекомендуется, чтобы любое сцинтиграфическое исследование травмы включало полностью нижние конечности, т. к. переломы иногда рас-

пространяются на несколько участков. Сцинтиграфическое изображение кости может также использоваться в оценке осложненных травм, ортопедических процедур, идентификации псевдоартрозов, протезов, при сопоставлении соскользнувших головок бедренных эпифизов.

При остеосаркоме и саркоме Юинга обычно увеличивается концентрация радионуклида, как и при остеомиелите, остеонидных остеомах и травматических кистах костей.

Повышенная или нормальная активность могут также свидетельствовать о злокачественном процессе, например, при метастатической нейробластоме и гистеоцитозе.

Литические повреждения кости практически не диагностируются с помощью радионуклидных методов.

Остеонидные остеомы, остеобластомы, хондробластомы выявляются по локальной увеличенной активности радионуклида.

Радионуклидное исследование чрезвычайно важно у детей с болью в костях или хромотой, если рентгенологически выявить повреждение не удастся.

Увеличенная интенсивность препарата в ростковой пластинке выявляется у детей при рахите.

В педиатрической практике методы радионуклидной диагностики в настоящее время широко распространены в урологической и нефрологической клинике. Атравматические исследования для больных детского возраста, относительная простота выполнения в сочетании с высокой информативностью получаемых результатов способствовали включению этих методов в обязательный комплекс современного обследования в уронефрологии детского возраста.

У здоровых детей старшего возраста ренографическая кривая характеризуется следующими временными параметрами: сосудистый участок длится 10–40 с, секреторный — 1–3 мин и экскреторный — от 4 до 20 мин. Разница в пределах не более минуты показателей левой и правой почек вполне допустима для заключения о нормальном состоянии фильтрационно-эксcretорного процесса у данного пациента. Степень лучевой нагрузки на ребенка при этом исследовании в 10–100 раз ниже, чем при урографии, и тем более — при рентгеноангиографии. Отрицательные результаты радионуклидных исследований более достоверны, они позволяют исключить заболевание почек и тем самым предотвратить применение более радиационно нагрузочных рентгенологических исследований. Некоторые авторы счи-

тают, что необходимо начинать лучевую диагностику ребенка с подозрением на уронефрологическое заболевание с радионуклидного исследования. В пользу радионуклидных исследований свидетельствует возможность использовать их для контроля за эффективностью проводимого лечения. Оценка эффективности лечебных мероприятий зависит, прежде всего, от восстановления функций пораженной системы, что более надежно подтверждается данными радионуклидных исследований.

Большинство почечных агентов отобрано на основе их физиологических свойств. Почечная функция и статус системы сбора могут быть оценены с помощью агентов, фильтрованных клубочками, таких как радиографический контраст *media* (^{99m}Tc -ДТРА) или секретированный почечными клубочками йод ^{131}I , ^{99m}Tc mercaptoacetyltriglycine (MAG3). Агент, который связывается в коре, используется для оценки функционирующей почечной паренхимы, — ^{99m}Tc -димеркаптоацетилтриглицериновая кислота (DMSA).

Оценка состояния почки состоит из двух частей: почечная морфология оценивается с помощью ультразвука, а почечная функция — во время радионуклидного исследования. И врожденные, и приобретенные состояния характеризуются уменьшением почечной функции; радионуклидное исследование превосходит экскреторную урографию по информативности. В период новорожденности эта объединенная техника отображения не имеет себе равных при оценке кистозных диспластических состояний, обструктивных нефропатий и реновасальных нарушений.

Увеличенная, заполненная жидкостью почка выглядит как свободная от фотонов область на скинтиграфических изображениях, полученных вскоре после инъекции. Следующее изображение может быть получено после инъекции в течение 24 ч. При обструктивных состояниях постепенное накопление изотопа происходит обычно в течение 2 ч.

В поликистозных почках не обнаруживают ранних нарушений функции, однако через 24 ч слабое накопление радионуклида может наблюдаться в пределах почки. Почечный венозный тромбоз (одно- или двусторонний) чаще всего заканчивается уменьшенной перфузией и фильтрацией без ослабления деятельности в системе собирательных трубочек. У пациентов с почечной артериальной обструкцией и почечным корковым некрозом перфузия и данная функция отсутствуют или заметно уменьше-

ны. Периферические дефекты могут вторично привести к эмболии.

Большие внутрпочечные массы обнаруживаются сонографией, но маленькие массы могут быть обнаружены как нефункционирующая ткань с дефектом депонирования радионуклида. Природа дефекта (опухоль, киста, абсцесс) радионуклидным методом не определяется.

Сцинтиграфия с корковым агентом типа $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ или $^{99m}\text{Tc-GH}$ — чувствительный метод для обнаружения отклонений в состоянии почечной паренхимы. Корковые агенты могут быть также полезны при установлении врожденных морфологических пороков (подковообразной почки).

Корковые агенты служат для определения чувствительного и специфического поражения почечной паренхимы при остром пиелонефрите. Типичный дефект обнаруживают в острой стадии инфекции — клиновидное уменьшение поглощения, которое обычно распространяется от центральной области к периферии. Дефекты, обнаруженные в острой стадии инфекции, частично или полностью устраняются после лечения антибиотиком. При помощи ОФЭКТ можно увеличить точность сцинтиграфии при обнаружении и характеристике паренхиматозных дефектов. Причиной дефектов, которые длительно сохраняются, считают формирование рубца. В случае разгара инфекции или если неизвестно, существовали ли данные дефекты ранее, острый пиелонефрит может быть подтвержден изображением с мечеными лейкоцитами или ^{67}Ga .

В оценке везикоуретрального рефлюкса или количественного определения функции пузыря радионуклидная цистография весьма чувствительна. Сначала цистограмму у мальчика выполняют радиографическим методом, чтобы определить анатомию уретры. У девочек как начальные, так и последующие исследования выполняют с радионуклидами.

Везикоуретральный рефлюкс может вызвать повреждение паренхимы почки; рефлюкс инфицированной мочи создает риск рубцевания.

Радиоизотопы играют видную роль в постхирургической оценке пересаженных почек. Частота и тип радионуклидного исследования зависят от клинической ситуации. В непосредственном постоперационном периоде исследования проводят чаще, чтобы убедиться, что кровоснабжение и дренаж не повреждены.

Радионуклидные исследования печени и селезенки у детей стали развиваться с внедрением в педиатрическую практику малорадиоактивных РФП. Наиболее частые находки в педиатрической практике — врожденные аномалии печени и селезенки (наряду с отклонениями в других органах и системах). Цирроз печени можно обнаружить у детей как следствие гепатита, кистозного фиброза.

Тяжелая форма желтухи случается у новорожденных. Дифференцируют обычно врожденную билиарную атрезию и тяжелые гепатоцеллюлярные заболевания, возникшие по различным причинам. В этих случаях наблюдается замедленный печеночный транзит меченых Тс-соединений (с периодом полураспада 6 ч) при серьезных печеночных заболеваниях со временем транзита около 168 ч. Визуализация желчного пузыря и толстой кишки отсутствует у пациентов с билиарной атрезией. При гепатите новорожденных поглощение может оказаться нормальным или ускоренным.

У новорожденных трудно дифференцировать желтуху из-за гепатоцеллюлярной болезни и врожденной анатомической аномалии желчного дерева. Многочисленные нарушения в младенчестве могут вызвать тяжелый холестаз, который невозможно отличить от желчной атрезии клиническими методами или с помощью УЗИ. ^{99m}Tc -агенты IDA обеспечивают наиболее точный метод оценки состояний желчных путей у новорожденных. Эти радионуклиды также используются после операции. Гепатобилиарные препараты выводятся печенью в желчевыводящую систему с последующим выходом в желудочно-кишечный тракт. При гепатоцеллюлярной болезни, внутripеченочном холестазах и/или закупорке желчных ходов мочевой тракт обеспечивает дополнительный путь выведения. В обычной клинической ситуации новорожденный с желтухой имеет тяжелое нарушение гепатоцеллюлярной функции, выведение радионуклида почками увеличено. Серийные изображения у пациентов с тяжелым внутripеченочным холестазом показывают активность в желудочно-кишечном тракте, иногда через 20–24 ч, тогда как при желчной атрезии нет никакой визуализации желчного пузыря или кишки. При тяжелом холестазах даже при наличии анатомически неповрежденной желчной системы желчный пузырь и/или желудочно-кишечную деятельность невозможно идентифицировать.

Использование ^{99m}Tc IDA производных у новорожденных характеризуется высокой чувствительностью, но несколько более низкой специфичностью (85–95 % точности).

^{99m}Tc -пертехнетат позволяет обнаружить смещение желудочной слизистой оболочки у детей (например, дивертикул Меккеля и пищевод Барретта).

Гастроэзофагеальный рефлюкс у детей связан со множеством клинических проблем (аллергия, астма, одышка). Для начальной оценки больному предлагают глоток бария с последующей флюороскопией. Однако сцинтиграфический метод более чувствителен. Интерпретация исследований рефлюкса включает идентификацию частоты и степени рефлюкса и характеристику легочной аспирации. Ложноположительный диагноз легочной аспирации иногда обусловлен загрязнением кожи или одежды.

В детской пульмонологии радионуклидная диагностика целесообразна и способна конкурировать с рентгеновским методом только при двух заболеваниях: врожденной гипоплазии сосудов легких и тромбоэмболии.

При радионуклидном исследовании легких у детей в гамма-камере с помощью ^{133}Xe не всегда удается получить изображение легких в фазе глубокого вдоха и при выдохе с визуализацией отделов пониженной вентиляции, т. к. дети плохо выполняют дыхательные акты.

Сканограммы перфузированного легкого у пациентов с врожденными пороками сердца показывают несегментарные нерегулярные дефекты, разбросанные по обоим легким. Перераспределение перфузии ведет к относительно увеличенной активности в верхних долях, а плевральный выпот может быть причиной «щели» — участка уменьшенной активности вдоль просвета между двумя долями легкого. Соответствующие радиографические находки обычно касаются обозначения сосудов, линий перегородок и других признаков интерстициального отека легких. У пациентов с врожденным пороком сердца сопутствующие заболевания — эмфизема или хронический бронхит, что становится причиной вентиляционных нарушений. Дефекты перфузии при врожденных пороках сердца могут сохраняться несколько дней после исчезновения радиографических изменений.

Педиатрическая ядерная кардиология в основном специализируется на диагностике врожденных сердечных аномалий и определении эффективности операции. Ишемическая болезнь сердца встречается у детей редко, чаще связана с врожденными аномалиями коронарных артерий и приобретенными состояниями типа синдрома Кавасаки и кардиомиопатий.

Применение радионуклидного исследования мозга у детей позволяет идентифицировать сосудистую патологию, воспалительные изменения, приступы. Мозговая радионуклидная ангиограмма с использованием ^{99m}Tc -пертехнетата (ДТРА) используется для определения смерти мозга. Сосудистые изменения у детей могут быть вторичными после гипоксии, асфиксии и сосудистого тромбоза. При некоторых вирусных воспалительных процессах — герпесе, менингоэнцефалите и т. п. радионуклидное изображение может выявить нарушения раньше, чем КТ или МРТ.

На основе новых РФП, проникающих через гематоэнцефалический барьер, создан чувствительный метод обнаружения мозговых сосудистых нарушений.

Цистернографию можно выполнять у детей с ^{99m}Tc -ДТРА или ^{111}In -ДТРА.

Радионуклидные исследования при заболеваниях щитовидной железы (ЩЖ) наиболее эффективны по сравнению с другими методиками, они обеспечивают установление полного и достоверного диагноза.

У детей часто встречается врожденный гипотиреоз. Клиническая картина этого заболевания многообразна, поэтому его диагностика не всегда бывает своевременной. Относительно ранняя диагностика встречается не более чем в 50 % случаев. При врожденном гипотиреозе диагноз устанавливается нередко в возрасте 1–2 года и позднее. Часто больные наблюдаются у педиатра по поводу иных заболеваний: рахита, болезни Дауна, анемии и т. д.

Различают 4 формы гипотиреоза: первичный, вторичный, третичный и йоддефицитный. При *первичном* гипотиреозе нарушается гормонообразование в самой ЩЖ; при *вторичном* — синтез тиреотропного гормона (ТТГ) гипофиза. *Третичный* гипотиреоз обусловлен нарушением функции гипоталамуса и снижением продукции ТТГ. *Гипотиреоз, развивающийся вследствие йодного дефицита*, обнаруживается при болезни Хашимото или при повреждении ЩЖ.

Диффузный токсический зоб у детей возникает чаще в пред- и пубертатном периодах. Своевременная диагностика обычно запаздывает. Нередко дети, страдающие тиреотоксикозом, из-за неправильно поставленного диагноза наблюдаются в течение нескольких месяцев и даже лет у ревматолога, психоневролога, а не у эндокринолога.

В настоящее время в диагностику заболеваний ЩЖ прочно вошли радионуклидные методы *in vitro*, имеющие ряд существенных преимуществ перед остальными известными диагностическими тестами, поскольку они исключают лучевое воздействие на организм исследуемого; с достаточно высокой чувствительностью характеризуют гомеостаз внутренней среды организма; могут быть использованы без каких-либо ограничений с диагностической целью неоднократно и в процессе динамических наблюдений; технически просты в исполнении. Для диагностики функционального состояния ЩЖ у детей с подозрением на гипотиреоз используется ТТГ/ТРГ-тест. Для его проведения применяется синтетический препарат ТРГ, который вводится натощак внутривенно в количестве 100–200 мкг. Забор крови из вены проводится непосредственно перед введением ТРГ и через 30 мин после его введения. В двух пробах измеряется сывороточная концентрация тиреотропного гормона гипофиза. В основе метода определения ТТГ лежит радиоиммунная проба. Разделение свободного и связанного с антителами гормона происходит с использованием принципа двойных антител (вытеснения радиоактивного нерадиоактивным).

Радионуклидная визуализация ЩЖ у детей осуществляется через 20 мин–1 ч после введения внутривенно ^{99m}Tc -пертехнетага. Техника скинтиграфии в гамма-камере проста, однако требует неподвижности тела ребенка в течение 20–30 мин, что для детей раннего возраста затруднительно.

Скитиграфия ^{131}I у детей показана только при подозрении на отдаленные метастазы рака щитовидной железы. Вводят радиоактивный йод в количестве 37–111 МБк. Исследование всего тела проводят через 2 дня. При наличии отдаленных метастазов рака щитовидной железы метастатические опухоли легких и костей в результате интенсивного накопления йода хорошо визуализируются на скитиграммах.

Врожденный гипотиреоз. Недостаточность функции ЩЖ у новорожденного ведет к нарушению последующего нормального гормонального развития человека. Клинические проявления зависят от степени поражения щитовидной железы. Сегодня известно, что даже субклинические формы гипотиреоза вызывают полигландулярные расстройства, нарушение обмена веществ, влияют на психомоторное развитие и формирование репродуктивной функции человека. Низкий уровень интеллекта, эмоциональная вялость, снижение работоспособности, бесплодие не-

редко являются последствиями врожденной недостаточности функции щитовидной железы, которая своевременно не была диагностирована, в связи с чем дети не получали лечения. Если же лечение гипотиреоза начато своевременно с периода новорожденности, то тяжелые психоневрологические и соматические нарушения развития ребенка можно предупредить. Впрочем, как показал статистический анализ, выявление гипотиреоза на основании клинических симптомов возможно не ранее 3-го месяца жизни, т. е. в сроки, когда уже происходят необратимые изменения в центральной нервной системе, приводящие к нарушению развития интеллекта ребенка вплоть до тяжелой умственной отсталости.

Клинические проявления гипотиреоза в течение первых 3 мес. жизни малоспецифичны.

В настоящее время различают 2 формы гипотиреоза по этиологическому признаку:

1. Первичный гипотиреоз — внутриутробное недоразвитие щитовидной железы. Эта форма наиболее распространена (встречается с частотой 1 : 3000–1 : 4000). Диагностируются гипоплазия, аплазия или эктопическое расположение железы, чаще всего подъязычное. Врожденный гипотиреоз может также наблюдаться при нормальном анатомическом расположении щитовидной железы, но с нарушением синтеза тиреоидных гормонов вследствие генетического дефекта энзимной системы. В этих случаях нередко диагностируется врожденный зоб.

2. Вторичный гипотиреоз развивается как следствие врожденной недостаточности гипоталамо-гипофизарной системы и встречается значительно реже, чем первичный гипотиреоз — приблизительно 1 : 20 000.

Гормональная диагностика гипотиреоза включает комплексное определение содержания в крови тироксина (T_4), трийодтиронина (T_3), тиреотропного гормона гипофиза (ТТГ), тироксинсвязывающего глобулина (ТТГ).

Ведущим диагностическим показателем функции щитовидной железы являются уровни T_4 и ТТГ. Оптимальными сроками для диагностики гипотиреоза являются 3-и–5-е сутки жизни, т. к. содержание гормонов в пуповинной крови в течение первых суток жизни не отражает истинного состояния функции щитовидной железы у новорожденного. При первичном гипотиреозе уровень T_4 снижен, а ТТГ — значительно повышен, т. е. существует

обратно пропорциональная зависимость между продукцией ТТГ и степенью снижения содержания T_4 .

Для вторичного гипотиреоза характерно снижение уровня T_4 при отсутствии повышенной секреции ТТГ.

На основании проведенных гормональных исследований определяют прогноз и патогенетическую терапию. В дальнейшем в процессе лечения продолжается динамическое наблюдение за уровнем тиреоидных гормонов, позволяющее оценивать эффективность проводимой терапии. Проведенные исследования методом РИА у недоношенных новорожденных установили, что у них значительно снижен уровень тиреоидных гормонов не только при рождении, но и в течение последующих 3–4 нед. жизни, особенно ответственных за формирование центральной нервной системы (ЦНС).

В патогенезе этого состояния можно определить 4 ведущие причины:

- 1) первичное снижение функции ЩЖ;
- 2) снижение функциональной активности гипофизарно-тиреоидной системы в целом;
- 3) дисгормоногенез;
- 4) низкий уровень ТТГ.

Такой транзиторный характер изменений гормональных уровней у недоношенных необходимо оценивать как патологическое состояние, влияющее на адаптационные механизмы постнатального развития, снижение обменных процессов и ведущее к замедлению формирования ЦНС, что, возможно, обуславливает отставание в развитии недоношенных детей в последующие периоды жизни.

Учитывая большую социальную значимость раннего лечения врожденного гипотиреоза для предотвращения умственной отсталости, разработаны радиоиммунологические тесты для определения функции ЩЖ у новорожденных в рамках социальной программы массового обследования всех новорожденных. Для исследования берут каплю крови из пятки новорожденного и наносят на фильтровальную бумагу.

Радиоиммунным методом определяют в крови содержание общего и свободного T_4 , общего и свободного T_3 , тироксина-связывающего глобулина (ТТГ), устанавливают уровень тиреотропина и тиреолиберина. Тиреотропин — гормон передней доли гипофиза, который при выбросе в кровь усиливает функцию щитовидной железы, что сопровождается возрастанием кон-

центрации T_4 и T_3 . Эти гормоны стимулируют выработку тиреолиберина, который, в свою очередь, усиливает тиреотропную функцию гипофиза.

Тиреоглобулин — основной компонент коллоида фолликулов щитовидной железы (в норме в крови его 7–60 мкг). Концентрация тиреоглобулина возрастает при тиреоидите, токсической аденоме, диффузном токсическом зобе, а особенно — при раке щитовидной железы и при метастазах его в другие органы.

В норме содержание T_4 70–150 нмоль/л, T_3 — 1,3–9,5 нмоль/л. Повышение T_4 и T_3 характерно для гипертиреоза, понижение — для гипотиреоза. Важное значение имеет вычисление соотношения общего тироксина к ТТГ. Снижение последнего наблюдается при заболеваниях почек. Показатель T_4 (ТОГ) позволяет четко разграничить эу-, гипо- и гипертиреоидные состояния.

Ключевые понятия темы

Особенности выполнения методов радионуклидной диагностики у детей; сфера применения радионуклидной диагностики при заболеваниях различных органов у детей; радиофармпрепараты, используемые в педиатрической практике.

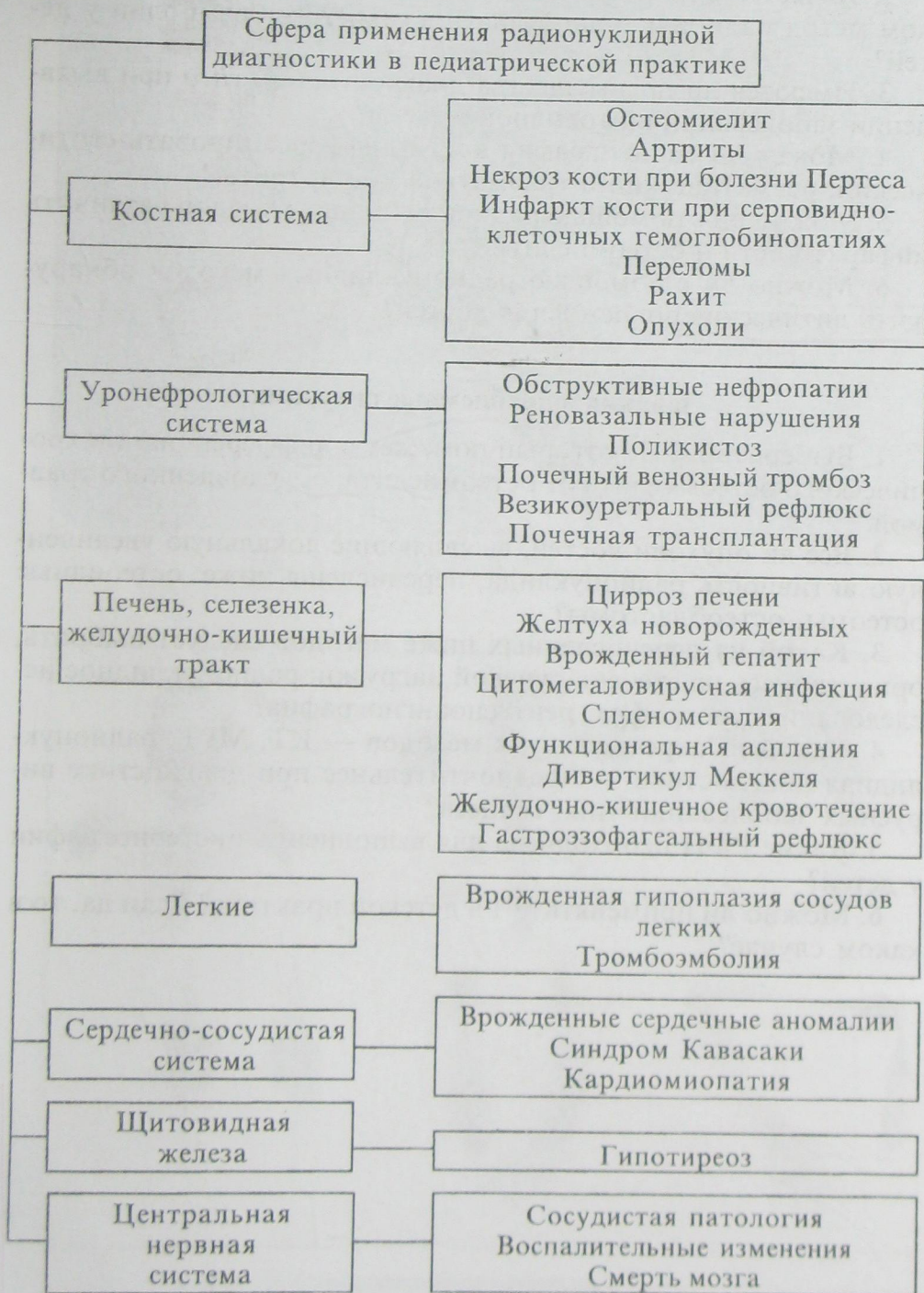
Вопросы для самостоятельной работы

1. Каковы условия получения удовлетворительного гамма-изображения у детей?
2. Особенности радионуклидного изображения костей у детей.
3. Радионуклидная семиотика заболеваний костей у детей.
4. Какие заболевания костей не могут быть дифференцированы с помощью радионуклидных методов?
5. Временные параметры ренографической кривой у детей старшего возраста.
6. Какие РФП используются в почечной трансплантологии?
7. При каких заболеваниях может наблюдаться функциональная спленомегалия?

Альтернативно-тестовые задания для самоконтроля

1. Является ли конкурентоспособным с рентгеновским методом метод радионуклидной диагностики при врожденной гипоплазии сосудов легких у детей?

Формализованная структура содержания темы



2. Является ли конкурентоспособным с рентгеновским методом метод радионуклидной диагностики тромбоэмболии у детей?

3. Имеются ли преимущества диагностики *in vitro* при выявлении заболеваний щитовидной железы?

4. Может ли сцинтиграфия кости дифференцировать септический, ревматический и травматический артриты?

5. Можно ли с помощью радионуклидных методов различить инфаркт кости и остеомиелит?

6. Можно ли с помощью радионуклидных методов обнаружить литические повреждения костей?

Задания и проблемные ситуации

1. Выберите РФП, который поможет в дифференциации хронического остеомиелита от остеомиелита, обусловленного травмой.

2. Все ли опухоли костей, выявляющие локальную увеличенную активность радионуклида, перечислены ниже: остеоидные остеомы, остеобластомы?

3. Какой из перечисленных ниже методов следует выбрать, ориентируясь на степень лучевой нагрузки: радионуклидное исследование, урография, рентгеноангиография?

4. Какой из перечисленных методов — КТ, МРТ, радионуклидная диагностика — предпочтительнее при диагностике вирусных заболеваний типа герпеса?

5. Какие РФП необходимы для выполнения цистернографии у детей?

6. Можно ли применять ^{131}I в детской практике? Если да, то в каком случае?



Рис. 1. Томографическая гамма-камера

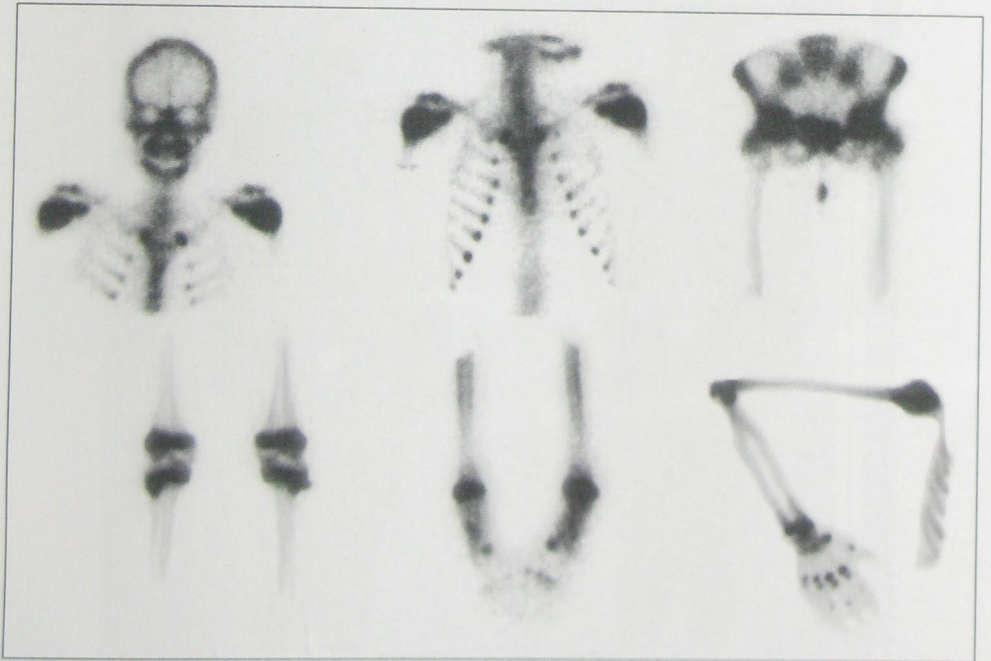


Рис. 2. Сцинтиграмма нормального скелета



Рис. 3. Артриты суставов кисти

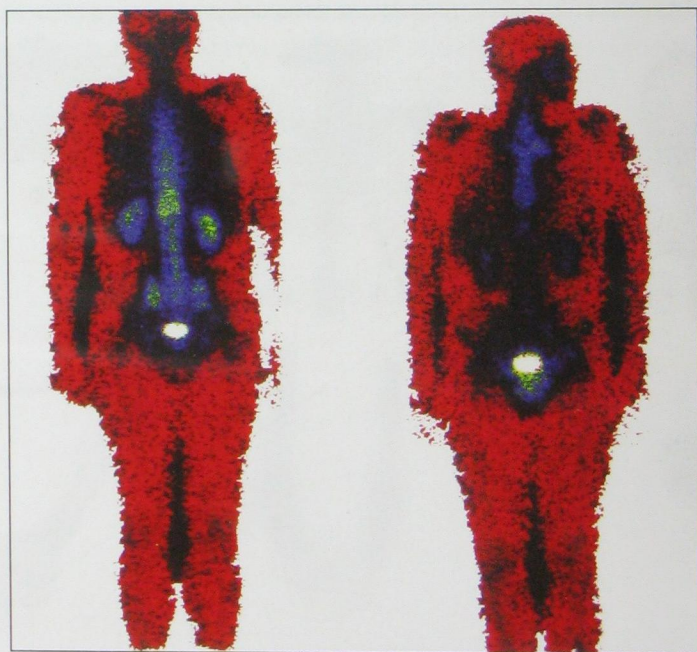


Рис. 4. Остеосцинтиграмма при болезни Бехтерева

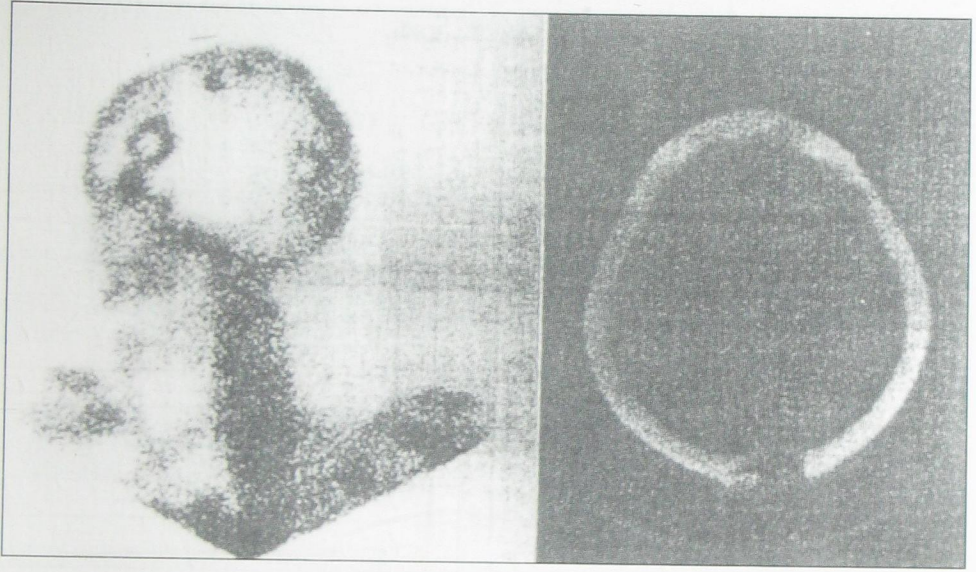


Рис. 5. Множественные метастатические повреждения от рака молочной железы

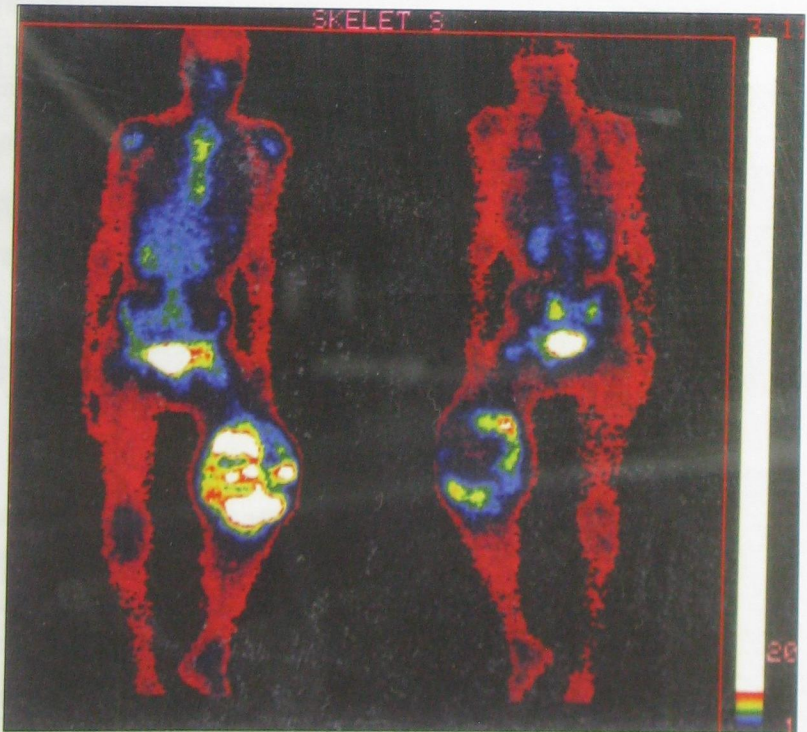


Рис. 6. Остеосаркома бедра (с пирофосфатом ^{99m}Tc)

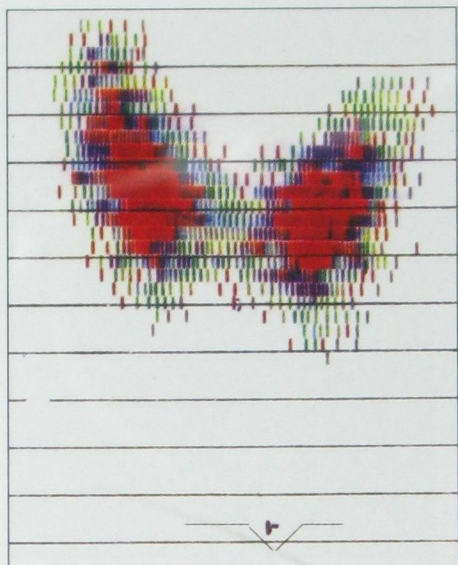


Рис. 7. Сканограмма нормальной щитовидной железы

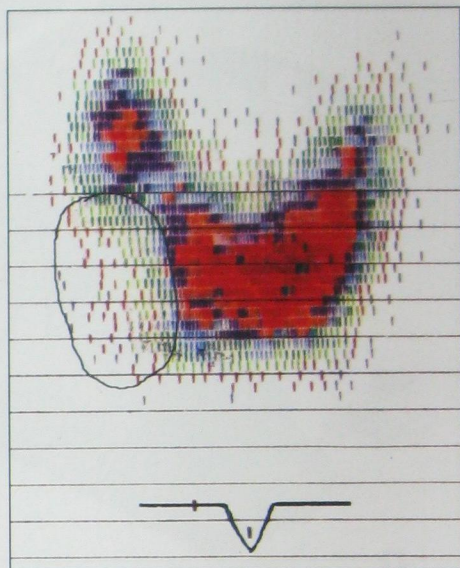


Рис. 8. Сканограмма щитовидной железы с наличием «холодного узла» (с ^{131}I)

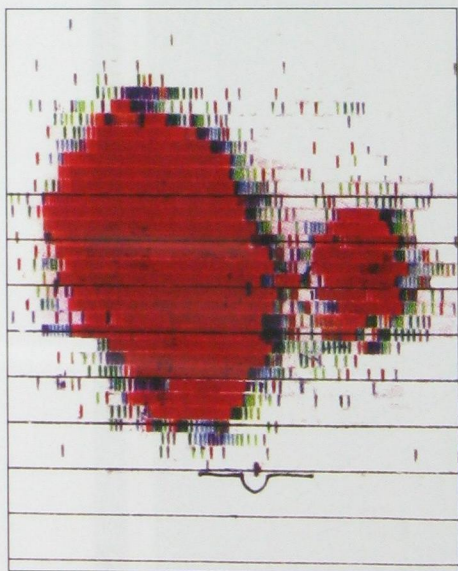


Рис. 9. Сканограмма щитовидной железы (с ^{131}I). Диффузный токсический зоб

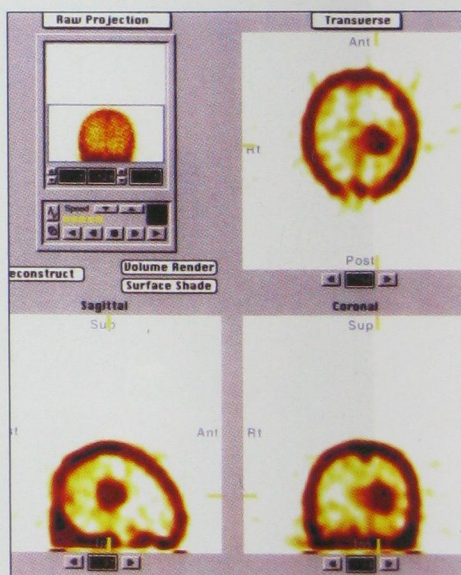


Рис. 10. Сцинтиграмма головного мозга у больного с опухолью головного мозга (пертехнетат $^{99\text{m}}\text{Tc}$)

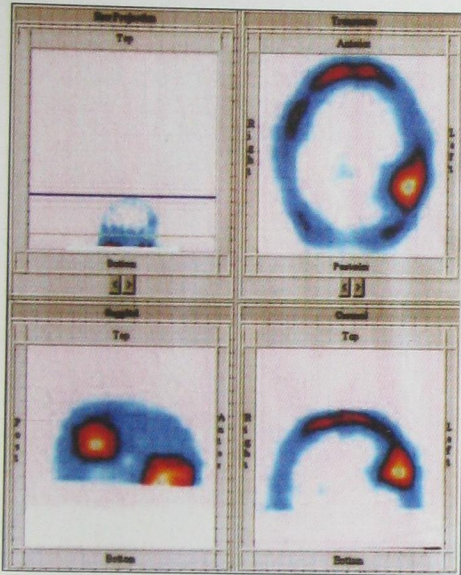


Рис. 11. ОФЭКТ головного мозга с ^{99m}Tc -МІВІ. Менингиома левого теменного участка

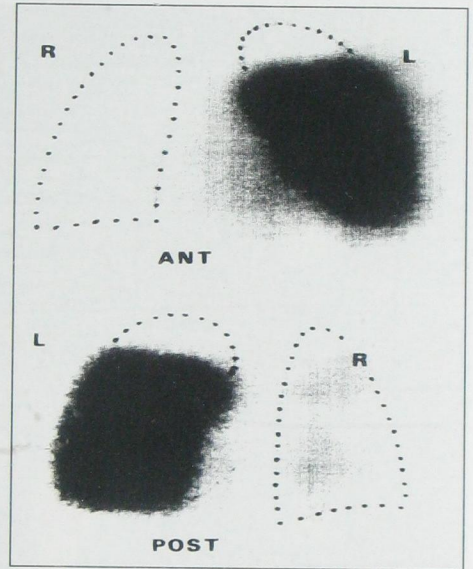


Рис. 12. Отсутствие перфузии во всем правом легком и верхушке левого легкого

Рис. 13. Непрямая лимфосцинтиграфия подмышечных и парааортальных узлов



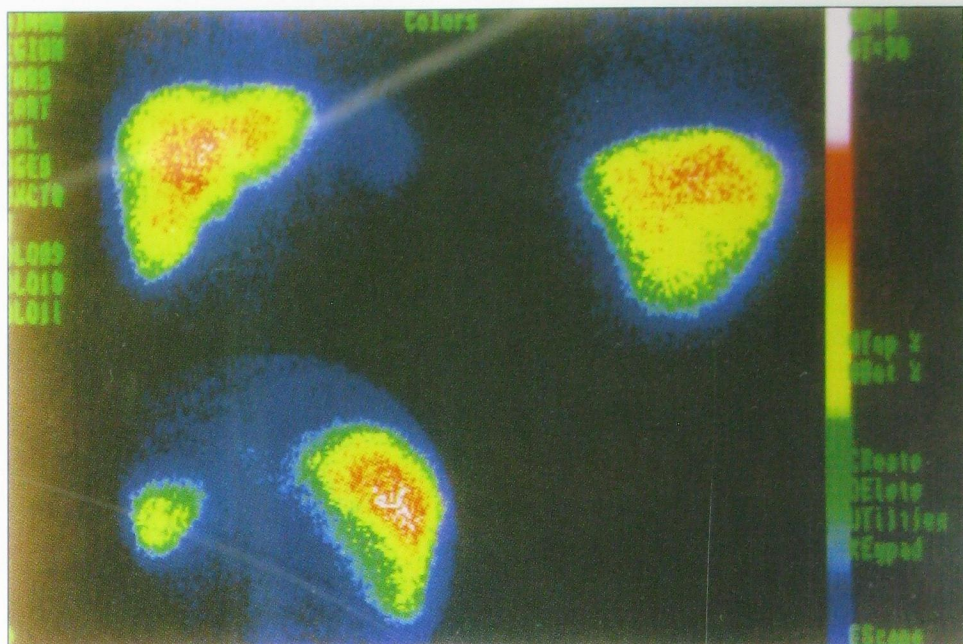


Рис. 14. Сцинтиграмма нормальной печени

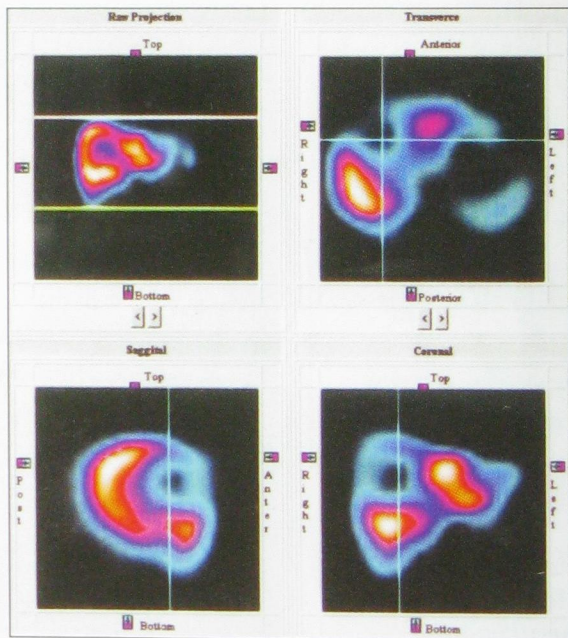


Рис. 15. ОФЭКТ печени с радионуклидом.
«Холодный узел» в правой доле

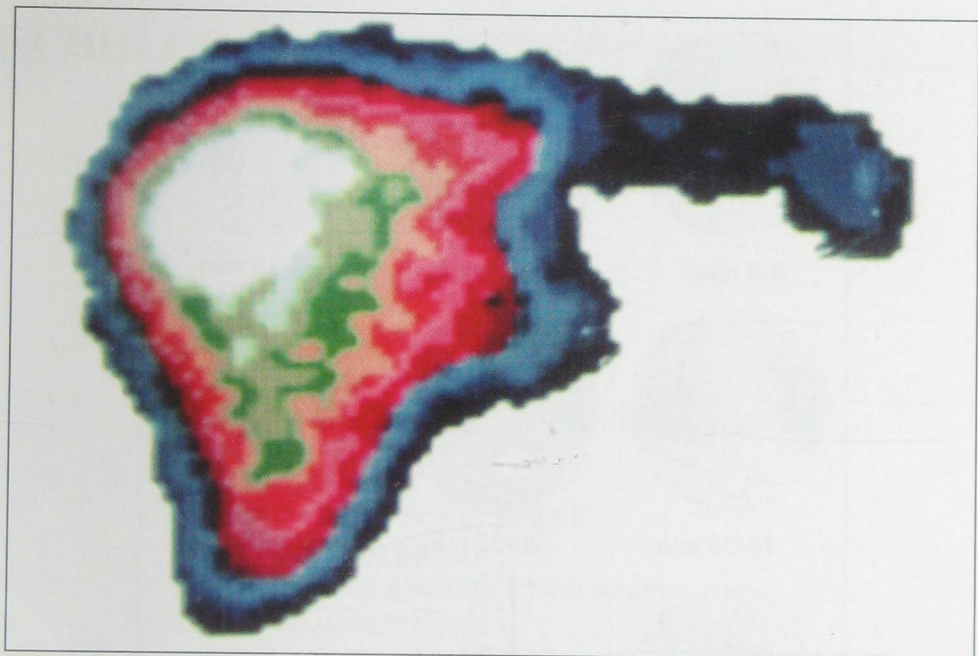


Рис. 16. Гепатосцинтиграмма.
Очаговая патология печени (^{99m}Tc -коллоид)

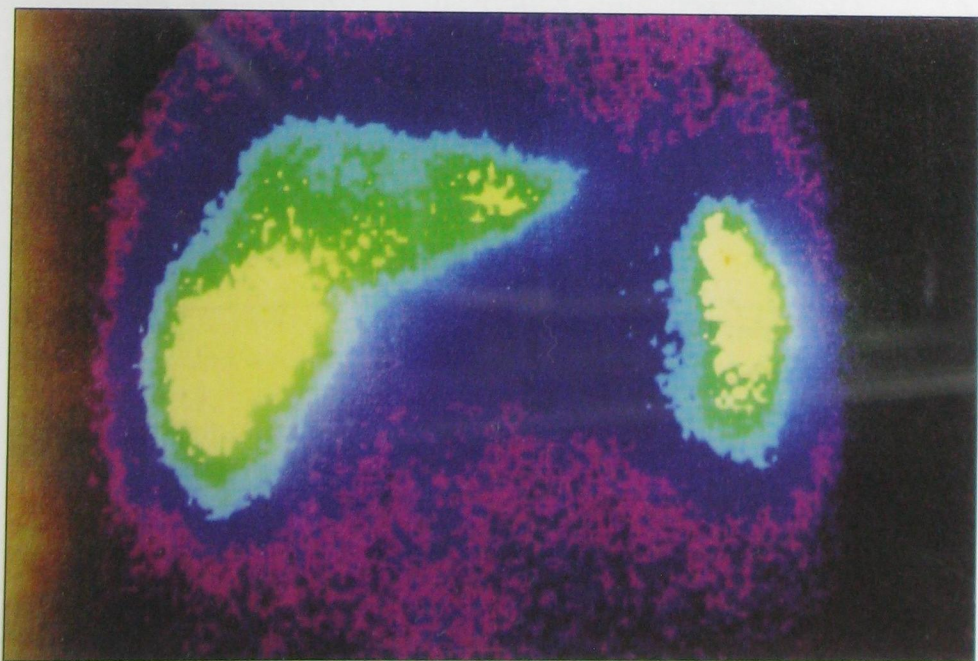


Рис. 17. Визуализация селезенки

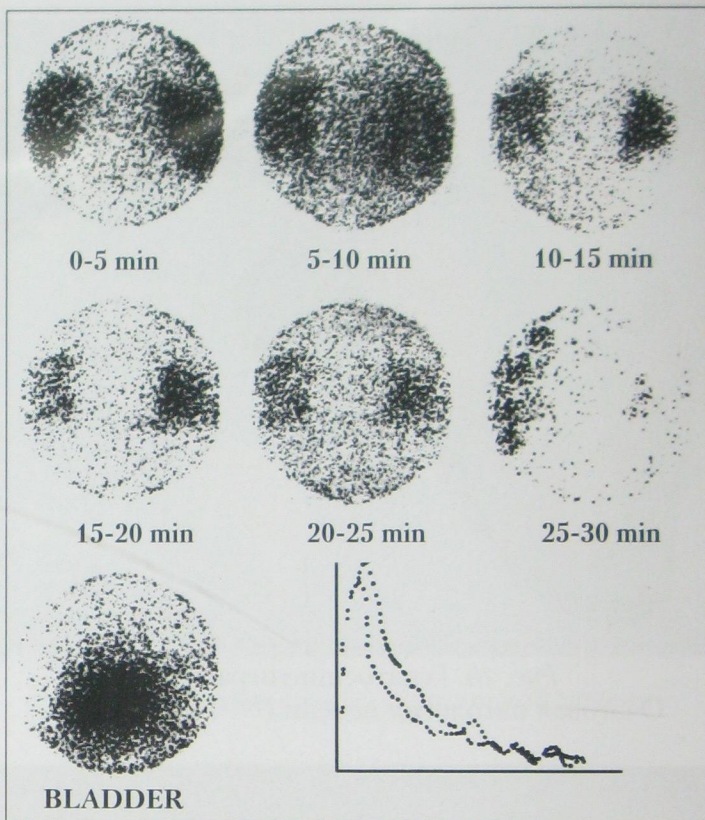


Рис. 18. Нормальная билатеральная ренограмма, выполненная с йодогипураном

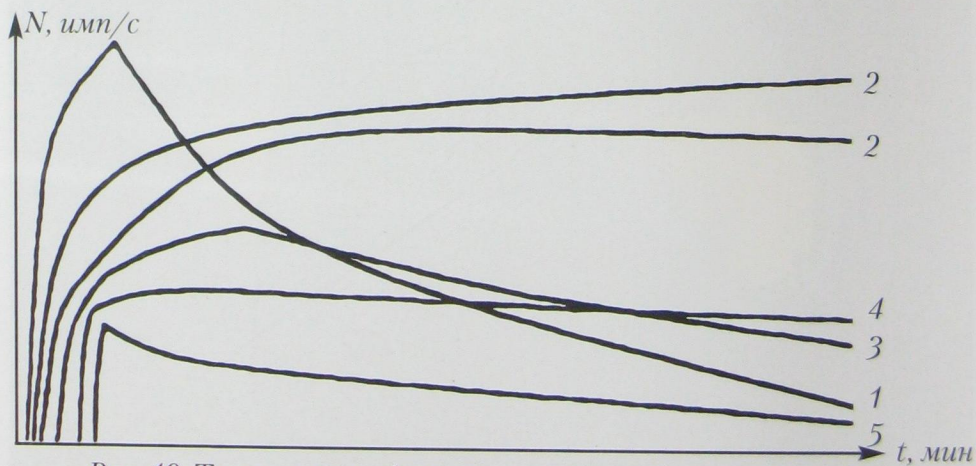


Рис. 19. Типы ренографических кривых: 1 — нормальный; 2 — обструктивный; 3 — паренхиматозный; 4 — изостенурический; 5 — афункционирующий

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЧС	— альбумин человеческой сыворотки
АТГ	— антитела тиреоглобулина
АФП	— α -фетопротеин
КТ	— компьютерная томография
ЛСГ	— лимфосцинтиграфия
МРТ	— магниторезонансная томография
МСГ	— маммосцинтиграфия
ОФЭКТ	— однофотонная эмиссионная компьютерная томография
ПЭТ	— позитронная эмиссионная томография
ПЛЭ	— проницаемость легочного эпителия
СПО	— слой половинного ослабления
ПСА	— простатический специфичный антиген
РЭА	— раковоэмбриональный антиген
РИА	— радиоиммунологический анализ
РКА	— радиоконкурентный анализ
РРА	— радиорецепторный анализ
РФП	— радиофармпрепарат
РЦА	— радионуклидная церебральная ангиография
РЦМГ	— радионуклидная цистерномиелография
СцГМ	— сцинтиграфия головного мозга
ТГ	— тиреоглобулин
ТСГ	— тироксинсвязанный гормон
ТТГ	— тиреотропный гормон
УЗД	— ультразвуковая диагностика
ФДГ	— флюородезоксиглюкоза
ФЭУ	— фотоэлектронный умножитель
ХГТГ	— хоригонадотропный гормон
ЭКГ	— электрокардиография
ЭЭГ	— электроэнцефалография

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров В. О. Шлуночкові аритмії / В. О. Бобров, О. Й. Жариков. – Львів, 1995. – 256 с.
2. Боцман Я. В. Руководство по онкогинекологии / Я. В. Боцман. – Л. : Медицина, 1989. – 462 с.
3. Булгаков К. И. Декомпенсированный цирроз печени / К. И. Булгаков, С. Н. Чуклин. – Львов, 1995. – 122 с.
4. Дарьялова С. Л. Диагностика и лечение злокачественных опухолей / С. Л. Дарьялова, В. И. Чиссов. – М. : Медицина, 1993. – 256 с.
5. Демидчик Е. П. Рак щитовидной железы у детей / Е. П. Демидчик, А. Ф. Цыб, Е. Ф. Лушников. – М. : Медицина, 1996. – С. 157–163.
6. Зубовский Г. А. Лучевая и ультразвуковая диагностика заболеваний печени и желчных путей / Г. А. Зубовский. – М. : Медицина, 1988. – 315 с.
7. Каралкин А. В. Радионуклидная диагностика в хирургии хронической венозной недостаточности / А. В. Каралкин, С. Г. Гаврилов. – М. : ООО «Платан», 2003. – 73 с.
8. Лазар Д. А. Комплексна променева діагностика в оцінці ефективності променевої та хіміотерапії хворих з первинними та вторинними пухлинами кісток : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук / Д. А. Лазар. – К., 1995. – 20 с.
9. Логинов А. С. Хронические гепатиты и цирроз печени / А. С. Логинов, Ю. Е. Блок. – М. : Медицина, 1998. – 272 с.
10. Лоран О. Б. Простатоспецифичный антиген и морфологическая характеристика рака предстательной железы / О. Б. Лоран, Д. Ю. Пушкар, Г. А. Франк. – М. : Медицина, 1999. – 144 с.
11. Матвеев В. П. Рак предстательной железы / В. П. Матвеев, Б. В. Бухаркин, В. Б. Матвеев. – М., 1999. – 153 с.

12. Мечев Д. С. Радіоімунологічний аналіз в онкології : метод. рекомендації / Д. С. Мечев, О. В. Щербіна. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – 20 с.

13. Модинков О. П. Костные метастазы молочной железы (патогенез, клиника, диагностика и лечение) / О. П. Модинков, Т. А. Новиков, В. В. Родионов. – М., 2001. – 256 с.

14. Наумова В. И. Почечная недостаточность у детей / В. И. Наумова, А. В. Папаян. – Л. : Медицина, 1991. – 288 с.

15. Никифоров Б. М. Опухоли головного мозга / Б. М. Никифоров, Д. С. Мащенко. – СПб. : Питер, 2003. – 320 с.

16. Основные клинические синдромы и тактика лучевого обследования / Л. Д. Линденбратен, К. В. Зубарев, В. В. Китаева, А. И. Шехтер ; под ред. Л. Д. Линденбратена. – М. : Видар, 1997. – 197 с.

17. Пачес А. И. Рак щитовидной железы / А. И. Пачес, Р. М. Прони. – М. : Медицина, 1984. – 320 с.

18. Петерсон Х. Общее руководство по радиологии / Х. Петерсон. – М. : РА «Спас», 1996. – 319 с.

19. Позитивная сцинтиграфия опухолей различной локализации : метод. рекомендации / В. В. Шишкина, А. Г. Приходько, В. В. Трачевский [и др.]. – К., 1985. – 20 с.

20. Приходько А. Г. Радиоизотопная диагностика опухолей головы и шеи / А. Г. Приходько. – К. : Здоров'я, 1987. – 152 с.

21. Променева діагностика / за ред. Г. Ю. Коваль. – К. : ОРБІС, 1998. – Т. I, II. – 535 с.

22. Радиоизотопная диагностика в онкологии / В. В. Шишкина, Д. С. Мечев, Э. Д. Чеботарева, В. В. Трачевский. – К. : Здоров'я, 1981. – 192 с.

23. Радионуклидная диагностика опухолей у детей / Б. Ф. Сянюта, В. В. Шишкина, Э. Д. Чеботарева [и др.]. – К. : Здоров'я, 1990. – 120 с.

24. Радионуклидные методы диагностики исследований печени (методы измерения печеночного кровотока) / Ю. Н. Касаткин, В. Ф. Смирнов, С. П. Миронов, Н. Н. Чернышева. – М. : ЦОЛИУВ, 1981. – 192 с.

25. Руководство по ядерной медицине / под ред. Т. П. Сиваченко. – К. : Вища шк., 1991. – С. 330–336.

26. Сиваченко Т. П. Радиокардиография / Т. П. Сиваченко, А. К. Белоус, А. А. Зозуля. – К. : Здоров'я, 1984. – 139 с.
27. Системні відображення в медицині / В. Г. Абакумов, О. І. Рибін, Й. Сваташ, Ю. С. Синкоп. – К. : ТОВ «ВЕКА», 1999. – 317 с.
28. Фаусто Баделлио. Краткое руководство по диагностике и стадированию рака в развитых и развивающихся странах / Баделлио Фаусто. – СПб. : Сотне, 2001. – 200 с.
29. Фуркало Н. К. Коронарная недостаточность: кровоснабжение, функция, метаболизм миокарда / Н. К. Фуркало, В. В. Бражусь, Р. А. Фролькис. – К. : Здоров'я, 1986. – 182 с.
30. Чард Т. Радиоиммунологические методы / Т. Чард ; пер. с англ. – М. : Мир, 1981. – 248 с.
31. Чеботарева Э. Д. Радиоиммунологический анализ в онкологии / Э. Д. Чеботарева, В. В. Шишкина, В. Н. Славнов. – К. : Здоров'я, 1984. – 144 с.
32. Эффективный выбор диагностических изображений в клинической практике : доклад Научной группы ВОЗ № 795. – Женева, 1992. – 128 с.
33. English R. SPECT: single-photon emission computed tomography a primer / R. English. – 3rd ed. – N. Y., 1995. – 223 p.
34. Headik W. B. Essentials of Nuclear Medicine Science / W. B. Headik. – Baltimore ; London ; Los Angeles ; Sydney : Waverly Press, 1987. – 439 p.
35. Hanry N. Diagnostic Nuclear Medicine Patient Studies / N. Hanry, I. R. Wagner, I. W. Buchanan. – Chicago ; London, 1986. – 430 p.
36. Itturade M. Dictionary and handbook of nuclear medicine and clinical imaging / M. Itturade. – N. Y., 1990. – 444 p.
37. Kim E. Nuclear diagnostic imaging. Practical clinical applications / E. Kim, T. Haynie. – N. Y., 1987. – 502 p.
38. Metastatic Bone Disease. Fundamental and Clinical Aspect / eds. I. I. Diel [et al.]. – Berlin : Springer-Verlag, 1994. – 186 p.
39. Spencer R. P. Nuclear Medicine. Focus on clinical diagnostic / R. P. Spencer. – N. Y., 1980. – 279 p.
40. Textbook of Nuclear Medicine / ed. M. A. Wilson. – Philadelphia ; N. Y. : Lippincott Raven, 1998. – 631 p.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
<i>Раздел I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ</i>	7
✓ Глава 1. История радионуклидной диагностики. Вклад украинских ученых в ее развитие	7
Глава 2. Радионуклидные методы и принципы исследования	13
✓ 2.1. Методы диагностики	13
✓ 2.2. Аппаратура	21
✓ 2.3. Радиофармпрепараты	23
✓ 2.4. Принципы радионуклидной диагностики	25
✓ 2.5. Основные правила проведения радионуклидных исследований	26
✓ 2.6. Дозиметрия. Единицы измерений	27
Глава 3. Оборудование лаборатории для радионуклидной диагностики	30
Глава 4. Радиационная безопасность персонала и пациентов	33
4.1. Риск радионуклидной диагностики	33
4.2. Факторы защиты от действия ионизирующего излучения	36
4.3. Рекомендованные предельные уровни индивидуальных эффективных доз облучения пациентов при проведении радионуклидной диагностики	37
4.4. Лимиты доз и допустимые уровни	39
4.5. Радиационно-гигиенические регламенты медицинского облучения населения	40
4.6. Порядок расчета индивидуальных эффективных доз медицинского диагностического облучения пациентов	41

4.7. Основные пути усовершенствования радиационной безопасности в медицинской радиологии	42
<i>Глава 5.</i> Информационно-психологические проблемы использования радиофармпрепаратов. Деонтология	43
<i>Глава 6.</i> Радионуклидная диагностика неотложных состояний	46
Раздел II. ЧАСТНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ	48
<i>Глава 1.</i> Радионуклидная диагностика заболеваний сердца и крупных магистральных сосудов	48
<i>Глава 2.</i> Радионуклидная диагностика заболеваний мышечно-скелетной системы	55
<i>Глава 3.</i> Радионуклидная диагностика заболеваний щитовидной железы	65
<i>Глава 4.</i> Радионуклидная диагностика заболеваний центральной нервной системы	77
4.1. Радионуклидные методы диагностики	77
<i>Глава 5.</i> Радионуклидная диагностика заболеваний легких	82
5.1. Радиофармпрепараты	83
5.2. Радионуклидные методики	83
<i>Глава 6.</i> Радионуклидная диагностика гематологических и инфекционных заболеваний	88
6.1. Радиофармацевтические препараты и методы	89
6.2. Результаты радионуклидного исследования	
<i>Глава 7.</i> Радионуклидное исследование лимфатической системы	91
<i>Глава 8.</i> Радионуклидная диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени, селезенки, поджелудочной железы	95
8.1. Радионуклидная диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта	95
8.2. Радионуклидная диагностика в гепатологии	95
8.3. Радионуклидное исследование селезенки	104
8.4. Радионуклидная диагностика заболеваний поджелудочной железы	106

Глава 9. Радионуклидная диагностика в нефрологической практике	108
Глава 10. Радионуклидная диагностика в онкологии	114
Глава 11. Радионуклидная диагностика в стоматологической практике	127
Глава 12. Педиатрические проблемы радионуклидной диагностики	131
Список условных сокращений	145
Список литературы	146

Овчаренко Е. П.

О-35 Основи радіонуклідної діагностики : учеб. пособие / Е. П. Овчаренко, В. Н. Соколов, Р. П. Матюшко. — Одесса : ОНМедУ, 2012. — 152 с. — (Серия «Библиотека студента-медика»).

ISBN 978-966-443-046-0

Учебное пособие содержит краткий очерк истории радионуклидной диагностики и вклада украинских ученых в ее развитие, основные принципы и методы радионуклидных исследований. Рассмотрены наиболее важные аспекты радиационной безопасности, а также частные вопросы радионуклидной диагностики.

Для студентов, интернов медицинских вузов.

УДК 616-073.7:57.088:378.147

ББК 53.647я79

Навчальне видання

Серія «Бібліотека студента-медика»

ОВЧАРЕНКО Елена Павловна,
СОКОЛОВ Віктор Ніколаєвіч,
МАТЮШКО Ростіслав Павлович

ОСНОВИ РАДІОНУКЛІДНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Навчальний посібник

Російською мовою

Провідний редактор **В. М. Попов**
Редактор **Т. М. Ананьєва**
Художній редактор **О. А. Шамшуріна**
Технічний редактор **А. В. Попов**
Коректор **О. В. Титова**
Поліграфічні роботи **І. К. Канєвський**

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 15,21. Тираж 500. Зам. 1537.

Видавець і виготовлювач Одеський національний медичний університет.
65082, Одеса, Валіховський пров., 2.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 668 від 13.11.2001.