

Б/Б. 8/11
к. 4/13

КЛИНИЧЕСКАЯ
РЕНТГЕНО
РАДИОЛОГИЯ

4

АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР

615,849
К-493

КЛИНИЧЕСКАЯ РЕНТГЕНОРАДИОЛОГИЯ

РУКОВОДСТВО В ПЯТИ ТОМАХ

Под редакцией академика АМН СССР
Г. А. ЗЕДГЕНИДЗЕ

ТОМ 4

Радионуклидная диагностика.
Компьютерная томография



Москва • Медицина • 1985

ББК 53.6

К 49

УДК 617.542-073.75 (035)

Авторы: профессор Р. И. Габуния, профессор Г. А. Зубовский

УДК 617.542-073.75 (035)

Клиническая рентгенодиагностика (руководство в пяти томах). Т. 4: Радионуклидная диагностика. Компьютерная томография/Под ред. Г. А. Зедгенидзе/АМН СССР. — М.: Медицина, 1985, 368 с., ил.

В руководстве изложены основы радионуклидной диагностики, характеристика радиофармацевтических препаратов (РФП), ядерно-медицинская техника, а также основы радиоиммуноанализа. Приведены результаты клинического применения различных способов радионуклидной диагностики в кардиологии, пульмонологии, гематологии, урологии, нефрологии, остеологии, эндокринологии и лимфологии. Особое внимание уделено описанию способов исследования с применением технеция и гамма-камеры. Большой раздел посвящен основам компьютерной томографии и ее роли в клинической диагностике многих заболеваний.

Руководство рассчитано на радиологов, рентгенологов, онкологов. В книге 184 рис., список литературы — 84 названия.

For summary see page 356

Рецензент: А. И. Ишмухаметов, докт. мед. наук, профессор, руководитель отдела клинической физиологии с группой радионуклидной диагностики НИИ скорой помощи им. Н. В. Склифосовского

Издание одобрено и рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Президиума АМН СССР

К $\frac{4111000000-301}{039(01)-85}$ подшивное

© Издательство «Медицина», Москва, 1985

ВВЕДЕНИЕ

В клинической практике все большее значение приобретают малотравматичные способы диагностики заболеваний внутренних органов. Как показал опыт последних 20 лет, эти исследования бывают наиболее результативны при использовании различных методик радионуклидной диагностики.

Радионуклидная (радиоизотопная) диагностика — это самостоятельный научно обоснованный клинический раздел медицинской радиологии, предназначенный для распознавания патологических состояний отдельных органов и систем с помощью радионуклидов и меченых соединений. Эти исследования основаны на принципе регистрации и измерения излучений от введенных в организм радиофармацевтических препаратов (РФП) или радиометрии биологических проб. Применяемые при этом радионуклиды отличаются от своих аналогов — стабильных элементов, содержащихся в организме или поступающих в него с пищевыми продуктами, лишь физическими свойствами, т. е. способностью распадаться и давать излучение. Поэтому исследования с использованием небольших индикаторных количеств радионуклидов воспроизводят кругооборот этих элементов в организме, не влияя на течение физиологических процессов. С помощью радионуклидов и РФП можно изучать состояние обмена веществ, функцию органов и систем, скорость движения крови и лимфы, обмена газов, течение секреторно-эксcretорных процессов, а также получать анатомо-топографические изображения органов и тканей. Преимуществом радионуклидной диагностики по сравнению с другими методами является ее универсальность, поскольку радионуклидные исследования применимы для диагностики заболеваний и повреждений различных органов и систем. Эта универсальность обусловлена возможностью исследования биохимических процессов и анатомо-функциональных изменений, т. е. всего комплекса нарушений, имеющих при различных патологических состояниях. В частности, особенно эффективно применение радиоиммунологических исследований, выполнение которых не сопровождается введением РФП пациенту, что исключает лучевую нагрузку, обеспечивает низкую травматичность. Поскольку все исследования осуществляются только с плазмой крови, эти методики получили название радиоиммунологического анализа (РИА) *in vitro*. В отличие от этой методики другие способы радионуклидной диагностики *in vivo* сопровожда-

ются введением РФП пациенту преимущественно внутривенным способом. Такие исследования, естественно, связаны с определенной лучевой нагрузкой на пациента, однако в пределах допустимых величин, степень которых не превышает величины дозы облучения при выполнении одного рентгеновского снимка. Это стало возможным благодаря использованию специальных радиоактивных нуклидов с коротким периодом полураспада, таких как ^{113}In и $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Практически большинство РФП метят именно этими нуклидами. Таким образом, лучевая нагрузка при выполнении методик радионуклидной диагностики не является ограничением для успешного их применения в клинической медицине, в том числе и в педиатрии.

Большинство из разработанных радионуклидных методов исследования может применяться в условиях поликлиники. Важным преимуществом этих исследований является возможность количественной регистрации полученных данных и их расшифровка с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Радиодиагностические аппараты — это первые медицинские приборы, включающие в свой комплект ЭВМ для регистрации, хранения и обработки данных, полученных непосредственно от пациента, т. е. в режиме *on line*. Наличие ЭВМ дает возможность не только хорошо обрабатывать полученную диагностическую информацию и оценивать показатели с высокой степенью точности, но также сохранять ее длительное время для сопоставления с результатами последующих исследований. Эти исследования, выполняемые по стандартным программам, отличаются объективностью и надежной преемственностью, позволяющей исключить повторные процедуры. С точки зрения клинической значимости, радионуклидные исследования можно разделить на четыре группы:

1) полностью обеспечивающие установление диагноза заболевания;

2) определяющие нарушения функции исследуемого органа или системы, на основании которых разрабатывается план дальнейшего обследования;

3) устанавливающие особенности анатомо-топографических положений внутренних органов;

4) дающие возможность получить дополнительно диагностическую информацию в комплексе клинико-инструментального обследования с целью более полного диагностического заключения.

К первой группе относят комплекс радионуклидных исследований йодного обмена, позволяющий в большинстве случаев установить диагноз заболевания щитовидной железы; комплекс методик радиоиммунологического исследования состояния углеводного обмена, достаточно надежный для диагностики диабета и хронического панкреатита; сцинтиграфическое исследование скелета с пирофосфатом для распознавания метастазов злокачественных опухолей.

Ко второй группе относят исследования функции почек и гепатобиллиарной системы, результаты которых определяют необходи-

мость и показания к выполнению других исследований. Таким образом, радионуклидные исследования мочевой и гепатобиллярной систем являются начальными у больных с заболеваниями этих органов.

К третьей группе относят сцинтиграфию ряда органов (почек, печени, щитовидной железы, селезенки и др.), поскольку она является наиболее простым и надежным способом определения их анатомо-топографического состояния.

К четвертой группе относят исследования легких, сердечно-сосудистой системы, лимфатической системы, головного мозга, а также скелета. В этих случаях удастся не только подтвердить наличие патологического процесса, но и установить его биологическую активность, а также степень и распространенность поражения.

Указанная группировка радионуклидных исследований определяет тактику врача-клинициста в обосновании специальных показаний для выполнения радионуклидной диагностики. Широкое применение радионуклидных методов диагностики в различных областях клинической медицины, ее высокая информативность сделали радиоизотопные исследования необходимым звеном клинического обследования больных.

Авторы данной книги в двух ведущих учреждениях страны — во Всесоюзном онкологическом научном центре АМН СССР и в Московском научно-исследовательском рентгенорадиологическом институте — в течение последних 10 лет обследовали более 80 000 пациентов с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, мочевой системы, легких, эндокринными нарушениями, злокачественными опухолями различных локализаций и другими более редко встречающимися заболеваниями и врожденными пороками развития. При создании настоящего руководства нами был широко использован не только собственный опыт, но и опыт других исследователей. Мы полагаем, что настоящий труд поможет врачам всех профессий более квалифицированно использовать возможности радионуклидных исследований в целях ранней и эффективной диагностики ряда заболеваний, а врачам-радиологам — с большим профессиональным мастерством решать задачи радиоизотопной диагностики.

Отдельные разделы данного руководства объединены в соответствии с отдельными органами, причем в каждом разделе описан ряд методик.

Во вводной части каждого раздела представлена общая характеристика возможностей радионуклидной диагностики, причем методики, имеющие только историческое значение, в дальнейшем описании не приводятся.

Исключением является глава XIV «Радионуклидная диагностика неотложных состояний». Выделение ее обусловлено, с одной стороны, специфичностью исследования неотложных состояний, а с другой — наличием в системе советского здравоохранения большого количества специальных больниц скорой помощи, имеющих лаборатории радионуклидной диагностики.

Глава I

ОСНОВЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ

1. История развития

Первые попытки использовать радиоактивные индикаторы в клинической медицине для разработки диагностических тестов относятся к 1927 г., когда Blumgart впервые использовал радий для изучения скорости кровотока. Однако только после того, как были получены искусственные радиоактивные изотопы в 40-х годах текущего века и опубликованы работы Hamilton и Soley, которые впервые установили закономерность распределения йода в организме и его особенности при различных патологических состояниях щитовидной железы, началось интенсивное развитие радионуклидной диагностики. Огромное количество экспериментальных исследований позволило обосновать диагностические тесты с использованием радиоактивного железа для определения продолжительности жизни эритроцитов при различных заболеваниях крови; радиоактивного фосфора с целью изучения развития злокачественных опухолей и радиоактивного натрия для исследования общего и местного кровотока при сердечно-сосудистых заболеваниях.

В 1948 г. вышла в свет замечательная монография Хевеши, в которой были подведены итоги огромной работы по исследованию биологического поведения различных химических элементов у животных. В эти годы в СССР интенсивно проводятся работы, которые заложили основы развития отечественной радионуклидной диагностики.

В 1948 г. Prinzmetal и соавт. описали способ регистрации скорости кровотока с помощью внутривенно вводимого пациенту радиоактивного натрия. Несмотря на то что большие преимущества и перспективы радиоизотопной диагностики были совершенно очевидны и убедительны, широкое практическое использование их в лечебных учреждениях в то время тормозилось техническими причинами. Только после 1950 г., когда стало возможным промышленное производство различных радиоактивных нуклидов в достаточном количестве и были изготовлены надежные и простые в обращении радиометрические приборы, методы клинической радиоизотопной диагностики получили должное развитие. Большую помощь в деле становления клинической радиоизотопной диагностики оказа-

ла 1-я Международная конференция по мирному использованию атомной энергии, которая состоялась в Женеве в 1955 г. На конференции были представлены и обобщены данные по применению радиоактивного йода для распознавания заболеваний щитовидной железы и впервые был обоснован метод радионуклидного сканирования, получивший с тех пор широкое распространение.

После 1955 г. исследования в области визуализации внутренних органов интенсивно продолжались в плане расширения ассортимента органотропных РФП и технического перевооружения. Еще в 1958 г. Институт биофизики АМН СССР организовал производство коллоидного раствора ^{198}Au , ^{131}I , ^{32}P . С 1961 г. началось производство бенгальского розового, а позднее тиншурана.

Первые сканеры отличались низкой разрешающей способностью коллиматоров, примитивной системой регистрации изображений на бумаге и длительностью исследования. Наряду с непрерывным совершенствованием сканеров, с появлением сканеров с цветным изображением начинается развитие и сцинтилляционных камер, которые оснащаются вначале 1800-, а затем 4096-канальными анализаторами и, наконец, микрокомпьютерами. Постепенно компьютеросцинтиграфические системы начинают вытеснять сканеры и занимают ведущее значение в радионуклидной визуализации внутренних органов и изучении их функции. Так как чувствительность детекторов камер имеет относительно ограниченные пределы, то возникает необходимость использования более высоких активностей РФП, чтобы сократить экспозицию исследования. Это привело к изготовлению генераторов короткоживущих нуклидов и соответствующих наборов реагентов. Несмотря на введение пациентам относительно высоких активностей РФП, меченых короткоживущими нуклидами, лучевая нагрузка на больных стала практически безопасной.

Учитывая высокую эффективность радионуклидной визуализации внутренних органов, Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) провело ряд международных симпозиумов по сканированию (в 1958 г.—в Вене, в 1962 г.—в Афинах, в 1968 г.—в Зальцбурге, в 1972 г.—в Монте-Карло). В Зальцбурге, учитывая все расширяющееся применение сцинтилляционных камер, был проведен специальный симпозиум по сцинтиграфии.

К 1970 г. в основном проявилось существо радионуклидной диагностики и сложились определенные традиции использования конкретных методик исследования, которые были разделены на четыре основные группы: радиография (рентгенография, кардиография, гепатография); сканирование (печени, почек, щитовидной железы, легких, мозга); клиническая радиометрия *in vivo* (исследование накопления йода в щитовидной железе, обмена различных элементов методом радиометрии всего тела); клиническая радиометрия *in vitro* (исследование содержания РФП в биологических средах организма).

Однако после 1970 г. началось бурное развитие двух новых методик: сцинтиграфии на камерах и радионуклидных исследований

дований *in vitro*, которые к 1976 г. стали главными и составляют в настоящее время около 80% от общего объема радиоизотопных диагностических исследований в клинической практике. Исключительная клиническая значимость этих методик обусловила введение в план работы МАГАТЭ традиционных симпозиумов по динамической сцинтиграфии (Роттердам, 1970; Техас, 1974; Лос-Анджелес, 1977) и радиоиммунологическим исследованиям *in vitro* (Копенгаген, 1968; Стамбул, 1974; Берлин, 1974).

В настоящее время сцинтилляционная камера может получить такое же широкое распространение, как и рентгенодиагностические аппараты.

Многие вопросы клинической оценки анатомо-топографических особенностей внутренних органов и их изменения при различных заболеваниях, которые были достаточно хорошо изучены ранее, преимущественно использованы в сцинтиграфии с одновременной оценкой их функционального состояния. Таким образом, сцинтиграфию можно рассматривать не как новый способ диагностики, а как усовершенствованный вариант объединенных двух рутинных исследований — скапирования и радиографии.

Большую роль в развитии радиоизотопной диагностики в Советском Союзе имели решения 1-й Всесоюзной конференции по медицинской радиологии, состоявшейся в Москве в 1956 г., Симпозиум по физико-техническим основам сканирования, проходивший в Ленинграде в 1965 г., Всесоюзный съезд рентгенологов и радиологов — в Тбилиси в 1971 г. В установках к плану развития здравоохранения СССР на 1976—1980 гг. была намечена широкая программа внедрения в практику больниц и поликлиник радиоизотопных исследований, которая успешно реализована.

2. Радиофармацевтические препараты (РФП)

Радиофармацевтическим препаратом называется химическое соединение, содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид, которое разрешено для введения человеку с диагностической или лечебной целью. Использование вместо понятия «изотоп» термина «нуклид» и соответственно вместо «радиоактивный изотоп» — «радиоактивный нуклид» позволяет более независимо от химических свойств элемента рассматривать его физические свойства, которые и определяют пригодность данного нуклида для сцинтиграфии. Введение радиоактивного нуклида в радиофармацевтический препарат осуществляется различными способами: радиохимическим синтезом, путем замены нуклида в молекуле (чаще всего ^{131}I) и биосинтезом (например, введение ^{75}Se в метионин).

Каждый РФП проходит клинические испытания, после чего утверждается Фармакологическим комитетом Министерства здравоохранения СССР и получает соответствующую фармакопейную статью, как все лекарства. В медицинское учреждение препарат поступает со специальным паспортом, в котором указаны основные

характеристики, в частности срок годности, величина общей и удельной активности на определенную дату. Введение радиофармацевтического препарата пациенту производится только в тех случаях и в тех количествах, которые предусмотрены «Нормами радиационной безопасности для пациента» (НРБ).

а) Критерии выбора радиозактивного нуклида для метки РФП

В настоящее время нашли наиболее широкое применение в клинической сцинтиграфии для метки следующие радиоактивные нуклиды: ^{75}Se , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{111}In , $^{113\text{m}}\text{In}$, ^{125}I , ^{131}I , ^{133}Xe , ^{198}Au , ^{197}Hg . Перспективу широкого внедрения имеет ^{123}I , который, обладая коротким периодом полураспада, может полностью заменить ^{131}I , однако задача его промышленного получения еще не решена. Выбор радиоактивного нуклида желательно осуществлять в соответствии с комплексом взаимосвязанных требований: низкая радиотоксичность, относительно короткий период полураспада, удобное для регистрации гамма-излучение и необходимые биологические свойства. Для сцинтиграфии, по-видимому, пригодными являются так называемые ультракороткоживущие нуклиды кислорода (^{15}O), азота (^{13}N) и углерода (^{11}C), период полураспада которых составляет всего несколько минут. Эти нуклиды получают на циклотронах непосредственно в лабораториях радиоизотопной диагностики, где осуществляется их введение в РФП и клиническое использование. Под радиотоксичностью РФП следует понимать не только химическую безвредность препарата, но и степень лучевой нагрузки на организм больного. Такой препарат, как ^{85}Sr , с периодом полураспада 64 дня, несмотря на заманчивые и важные, с точки зрения его участия в метаболизме, биологические свойства не мог найти клинического применения ввиду значительной радиотоксичности.

В медицинской радиологии нет четких критериев, определяющих предел радиотоксичности РФП для использования в клинической практике. Эти критерии устанавливаются весьма относительно и главным образом в зависимости от величины дозы общего облучения больного, а также по данным возможного локального облучения отдельных органов и тканей с точки зрения мутагенного действия на зародышевые клетки или канцерогенного эффекта облучения. Такого рода показатели устанавливаются с помощью экспериментальных исследований на животных и результатов многолетних эмпирических наблюдений за больными, которым вводили РФП.

Расчетные данные в выборе критериев безопасности необходимо использовать с большой осторожностью, поскольку мутагенный эффект излучений реализуется при столь незначительных величинах поглощенных доз, что избежать его при любых методиках не только рентгенологического, но и радиоизотопного исследования не всегда возможно. Более существенным критерием является

опасность мутаций не соматических, а зародышевых половых клеток, которая может возникнуть при облучении яичек или яичников.

При попадании любого радиоактивного нуклида в кровь происходит вначале равномерное распределение его в организме, а затем накопление в отдельных органах и тканях. Условно все используемые в настоящее время РФП можно разделить на три группы: органотропные, туморотропные, или специфически тропные, и без выраженного селективного накопления в организме. Органотропность РФП бывает направленной, т. е. когда синтезируют препарат специально для исследования определенного органа, в котором происходит его избирательная концентрация, и косвенной. Под косвенной органотропностью понимают временную концентрацию РФП по пути его выведения из организма, например в почках, мочевом пузыре при выведении с мочой, в кишечнике при выведении с калом, в слюнных железах при выведении со слюной. Кроме того, целесообразно ввести понятие вторичной селективности, когда препарат претерпевает химические превращения и возникают новые соединения, способные к накоплению в других органах и тканях. Эти особенности поведения РФП в организме следует учитывать при расчете величины лучевой нагрузки на пациента.

В процессе первого этапа распределения радиоактивного нуклида возникают условия для непосредственного облучения зародышевых клеток, однако лучевая нагрузка на яичники и яички должна быть ничтожно малой. Например, при введении 100 МБк ^{99m}Tc лучевая нагрузка на зародышевые клетки исчисляется тысячными долями грея и, по-видимому, компенсаторные механизмы организма могут при этом обеспечить радиационную безопасность исследования пациента. Нуклиды, характеризующиеся повышенной тропностью к зародышевым клеткам, даже при относительно низкой радиотоксичности, использовать в целях диагностики следует весьма осторожно, поэтому в НРБ для пациентов при применении РФП отмечается, что радиодиагностические процедуры не проводятся: а) женщинам репродуктивного возраста, относящимся к группам БД и ВД, в период установленной или возможной беременности; б) детям до 16 лет, относящимся к группам ВД.

Период полураспада T является одним из критериев, обуславливающим радиотоксичность нуклида, вследствие чего его величина является весьма важным показателем пригодности для использования радиоактивного нуклида в клинической практике. Однако не следует понимать этот показатель в качестве главного в определении радиотоксичности. Например, долгоживущий ^3H вследствие очень короткого периода полувыведения является менее токсичным, чем относительно короткоживущий нуклид ^{131}I . Поэтому в расчете степени радиотоксичности используют величину не физического, а эффективного периода полураспада ($T_{\text{эфф}}$). $T_{\text{эфф}}$ означает скорость убывания активности, введенного в организм РФП вследствие как биологического выведения, так и физическо-

го распада. Расчет величины $T_{эфф}$ производится по следующей формуле:

$$T_{эфф} = \frac{T_{физ} \cdot T_{биол}}{T_{физ} + T_{биол}}$$

Наиболее пригодным для клинической сцинтиграфии являются короткоживущие радиоактивные нуклиды — ^{99m}Tc , ^{113m}In , получение которых возможно в специальных генераторах в лечебном учреждении непосредственно перед использованием. По данным Wagner (1966), избираемый радионуклид должен иметь период полураспада вдвое больше времени исследования.

Для регистрации радиоактивного нуклида, находящегося в теле человека, необходимо, чтобы его излучение обладало достаточным уровнем энергии гамма-квантов с тем, что большая его часть проникала наружу с минимальным рассеиванием в тканях, а максимум его расходовался на фотоэлектрические процессы в сцинтиляционном кристалле при минимуме фоновых искажений и следовательно гамма-кванты не проникали через коллиматор. Следовательно, пригодными являются главным образом излучатели с энергией гамма-квантов от 30 до 140 кэВ, как, например, ^{197}Hg , ^{99m}Tc или ^{125}I . При использовании таких низкоэнергетических гамма-излучателей имеются хорошие условия для наружной регистрации и не требуется использовать тяжелые коллиматоры, что делает измерительную аппаратуру малогабаритной и легко транспортабельной. При использовании радиоактивных нуклидов с высоким уровнем энергии гамма-излучения возникают технические неудобства, связанные с экранированием детекторов и защитой медицинского персонала, осуществляющего приготовление и введение больному РФП. Весьма ценным является отсутствие у нуклида других типов излучений, например бета-излучения, которое для регистрации не используется, однако обуславливает дополнительную лучевую нагрузку на организм пациента. Важными показателями качества РФП являются объемная, удельная активность и радионуклидная чистота. Объемная активность — это содержание радионуклида в 1 мл раствора. Удельная активность — содержание радионуклида в единице массы.

Биологические свойства собственно радиоактивных нуклидов не имеют первостепенного значения в качестве критерия при выборе индикатора. Благодаря достижениям физики, химии, биологии и техники в настоящее время стало возможным включать радиоактивные нуклиды в состав различных химических соединений, биологические свойства которых резко отличаются от таковых собственно используемого нуклида. Эти возможности открыли новые весьма перспективные пути развития клинической радионуклидной диагностики. Так, например, помимо собственно ^{99m}Tc в виде пертехнетата, могут быть использованы соединения, содержащие ^{99m}Tc , такие как полифосфат, микро- или макроагрегаты альбумина и др., поведение которых в организме совершенно иное, чем

собственно технеция. Так, если период полувыведения йода из щитовидной железы составляет десятки дней, то гиппуран, в молекулу которого включен ^{131}I , не накапливается в щитовидной железе, а выделяется с мочой в течение 30 мин.

Разрешение на применение с клинической целью различных соединений, содержащих радиоактивные нуклиды, дает только Министерство здравоохранения СССР, после чего это соединение получает название РФП.

б) Характеристика радиоактивных нуклидов и РФП

Селен (^{75}Se) — период полураспада 120 дней. При распаде выделяет гамма-кванты с энергией 0,121 (17%), 0,136 (57%), 0,265 (60%), 0,280 (0,25%) и 0,401 (12%) МэВ. Применяется в виде соединения с метионином, накапливающегося в печени, поджелудочной железе и паращитовидных железах. Критическими органами являются печень и поджелудочная железа.

Йод (^{131}I) — период полураспада составляет 8,1 дня. Является источником бета-частиц с преобладающей энергией 0,6 МэВ и источником гамма-квантов с преобладающей энергией 0,363 МэВ. Максимальная проникающая способность бета-частиц в мягких тканях не превышает 22 мм. Слой половинного ослабления свинца для гамма-излучения ^{131}I равен 0,31 мм. Критическими органами являются щитовидная железа, легкие и желудочно-кишечный тракт. При равномерном распределении нуклида в мягких тканях с удельной активностью 37 КБк/кг в течение 1 ч величина поглощенной дозы составляет $4,4 \cdot 10^{-3}$ Гр. ^{125}I имеет период полураспада 60 дней. Является источником чистого гамма-излучения с энергией квантов 0,028 и 0,035 МэВ.

Радиоактивный йод выпускается в виде водного раствора йодида натрия, бенгальского розового, гиппурана, йодальбумина, макроагрегатов. Водный раствор йодида натрия прозрачный, без запаха, цвета и вкуса. Объемная активность стандартных препаратов 40—200 МБк/мл. Допускаемые химические примеси в виде железа, тяжелых металлов и теллура в совокупности не превышают 0,4 мг/мл. Из радиоактивных примесей может быть ^{131}Xe не более 0,7%. Препарат применяется для перорального и внутривенного введения; в организме в основном накапливается в щитовидной железе.

Бенгальский розовый — краситель в виде прозрачного малиново-красного раствора. Стандартный препарат имеет объемную активность 40—120 МБк/мл при содержании вещества 2,2 мг/мл. Содержит собственно радиоактивного бенгальского розового 98% и прочих примесей (^{131}Xe) — 0,7%. При хранении, особенно после разведения краски в изотоническом растворе хлорида натрия, происходит выход свободного йода и процентное содержание радиоактивных соединений в растворе соответствующим образом нарушается. Выпускается в пенициллиновых флаконах. Хорошо растворяется в изотоническом растворе хлорида натрия или в растворе

глюкозы. Вводится только внутривенно, накапливается полигональными клетками печени и выводится с желчью в кишечник. Критическим органом является печень и желчный пузырь.

Бромсульфан — краска, накапливающаяся в полигональных клетках печени. Выпускается в виде раствора. Объемная активность препарата 10—80 МБк/мл. В растворе содержится 99% активной краски.

Йодальбумин человеческой сыворотки — белок крови человека, меченный ^{131}I или ^{125}I , в зарубежной литературе известен как препарат Kisa. После внутривенного введения в течение первого часа кровяное русло покидает не более 10% введенного препарата. Препарат изготовлен в асептических условиях и стерилизован путем фильтрования через бактерицидные свечи с добавлением бензилового спирта до 1% его объема, вследствие чего кипячению не подлежит. Представляет собой бесцветный или слегка желтоватый прозрачный изотонический раствор хлорида натрия с содержанием альбумина 1—2 мг/мл; pH в пределах 7,0—8,6. Объемная активность препарата 40—100 МБк/мл.

Компоненты препарата: альбумина — не менее 95%, ^{131}I в форме йодида — не более 3%, прочих примесей — до 2%. Радиоизотопные примеси: $^{131\text{m}}\text{Xe}$ (дочерний) — 0,7%, $^{125-13}\text{Te}$ и ^{75}Se — менее 0,01%. Препарат используется главным образом для внутривенного введения и реже — для внутритканевого.

Препарат нестойкий и при хранении постепенно распадается. Ежедневно содержание свободного йода в растворе увеличивается на 3%.

Йодированный альбумин сыворотки человеческой крови выпускается в виде макроагрегатов с величиной частиц 20—80 мкм, который также вводится внутривенно, однако полностью задерживается в капиллярах легких.

Гиппуран — бесцветный прозрачный раствор с концентрацией препарата около 10 мг/мл. Гиппуран вводится только внутривенно, секретруется почечными канальцами и выводится с мочой, поэтому выпускается в стерильном изотоническом растворе хлорида натрия. Объемная активность препарата 40—100 МБк/мл.

Золото (^{98}Au) — период полураспада изотопа составляет 2,7 дня, является источником бета-излучения с энергией бета-частиц равной 0,34 МэВ и гамма-излучения 0,42 МэВ. Максимальная проникающая способность бета-частиц в мягких тканях равна 3,8 мм. Слой половинного ослабления 0,3 мм Рв. При равномерном распределении 37 КБк препарата в 1 кг мягких тканей в 1 ч освобождается $7 \cdot 10^{-3}$ Гр. Для клинической диагностики используется только коллоидный раствор ^{198}Au , чаще всего желатиновый. Стандартный препарат имеет некалиброванный размер коллоидных частиц диаметром 4—8 нм. Внешний вид препарата — прозрачный раствор вишнево-красного цвета. При преобладании коллоидных частиц более крупного диаметра раствор имеет голубой оттенок. Содержит радиоактивные примеси, главным образом ^{199}Au около 5%, остальные — не более 0,1%. Удельная активность от 0,13 до

0,94 кБк/мл. Срок годности препарата 7 сут. Поставляется в пенициллиновых флаконах. При внутривенном введении накапливается главным образом ретикулоэндотелиальными клетками печени. Учитывая относительно высокую степень лучевой нагрузки на больного (табл. 1), в последние годы вместо ^{198}Au для метки кол-

Таблица 1

Величина лучевой нагрузки на критические органы пациента после внутривенного введения 37 МБк различных РФП

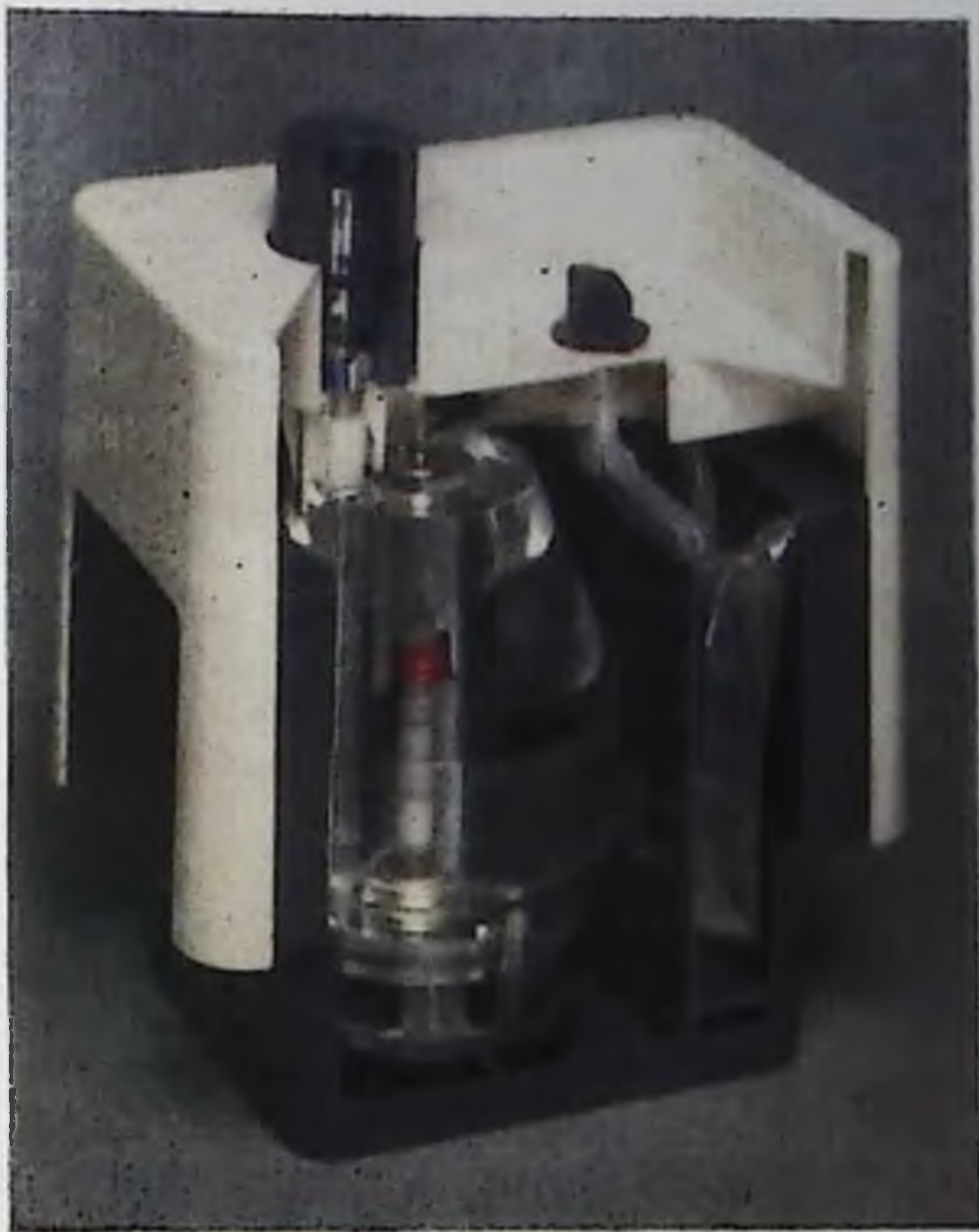
РФП	Радионуклид	Критический орган	Дозы облучения	
			рад	Гр. 10^{-3}
Натрия йодид	^{131}I	Щитовидная железа	2109	570 000
Гипсуран	^{131}I	Мочевой пузырь	11,8	3 200
Альбумин	^{131}I	Все тело	1,7	460
Бенгальский розовый	^{131}I	Толстая кишка	35,1	9 500
Йодхолестерол	^{131}I	Надпочечники	30	8 100
Макроагрегаты альбумина (МАО)	^{131}I	Легкие	6,7	1 800
Коллоидный раствор Коинд	^{198}Au	Печень	40,7	11 000
Ксеиновооздушная смесь	^{111}In	Печень	11,8	3 200
Пертехнетат	^{133}Xe	Слизистая оболочка бронхов	630	170 000
Димеркаптоацетарная кислота (ДМЯК)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Щитовидная железа	0,34	92
Диэтиленetriаминопентауксусная кислота (ДТПК)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Почки	0,74	200
Альбумин	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Почки	0,09	24
Метиленидифосфат	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Кровь	0,05	14
ХИДА	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Кости	0,3	81
ДТПК	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Толстая кишка	0,55	150
Коллоид	$^{113\text{m}}\text{In}$	Почки	0,52	140
Микросферы альбумина	$^{113\text{m}}\text{In}$	Печень	0,52	140
	$^{113\text{m}}\text{In}$	Легкие	0,74	200

лоидов используют ^{111}In с периодом полураспада 2,8 дня и гамма-излучением с уровнем энергии квантов 173 и 247 кэВ. В отличие от ^{198}Au ^{111}In подвергается изомерному переходу без образования бета-частиц, в связи с чем величина дозы поглощенного в тканях излучения почти в 2 раза ниже.

Ртуть (^{197}Hg) — период полураспада 65 ч, с энергией гамма-квантов 0,077 МэВ. Выпускается в виде водного раствора броммеркургидрооксипропана с удельной активностью 40—400 МБк/мл. При внутривенном введении накапливается в почках.

Технеций ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) — дочерний нуклид ^{99}Mo , который получается при бета-распаде последнего. Источник ^{99}Mo поставляется медицинским учреждениям в свинцовых контейнерах и называется генератором. Он предназначен для многократного получения в медицинских учреждениях $^{99\text{m}}\text{Tc}$, который в изотоническом растворе хлорида натрия используется непосредственно для диагностиче-

1.
Макет генератора ^{99m}Tc .
Сверху в защитном ко-
тейнере вакуумный фла-
кон.



ских целей, а также как исходный материал для приготовления препаратов диагностического назначения.

Генератор (рис. 1) представляет собой стеклянную колонку, заполненную сорбентом — окисью алюминия с прочно сорбированным материнским нуклидом. Для защиты работающих с генератором от бета-гамма-излучения колонка помещена в свинцовый кожух. При распаде ^{99m}Tc подвергается изомерному переходу на основной уровень долгоживущего изотопа ^{99}Tc с образованием гамма-квантов 140 кэВ.

Вымывание раствора ^{99m}Tc производится следующим образом. Иглу шприца, заполненного стерильным изотоническим раствором хлорида натрия, вводят в верхнюю пробку генератора вместе с содержимым. Изотонический раствор хлорида натрия проходит через колонку и поступает в вакуумный флакон. После поступления во флакон необходимого объема (до 10 мл) его отключают от генератора. Выход ^{99m}Tc в элюат при вымывании стерильным изотоническим раствором хлорида натрия составляет не менее 80% от активности молибдена генератора.

Время накопления ^{99m}Tc в генераторе до полного равновесия системы $^{99}\text{Mo}—^{99m}\text{Tc}$ составляет 18—24 ч; следовательно, для получения максимального количества активности вымывание ^{99m}Tc из генератора следует проводить через сутки. Однако при необходимости повторно можно получать элюат с интервалом 3—4 ч, естественно, с незначительным количеством активности пертехнетата.

Срок эксплуатации генератора определяется периодом полураспада ^{99}Mo и требованиями, предъявляемыми потребителями к необходимому количеству активности препарата.

В качестве РФП, меченных $^{99\text{m}}\text{Tc}$, используют коллоидные растворы, аналогичные по своему поведению в организме коллоидным растворам, меченым ^{198}Au , глюкогептонат технеция, накапливающийся в почках примерно так же, как и неогидрин, поли- или монофосфат технеция, накапливающийся в костях, и микроагрегаты. Используют также непосредственно чистый пертехнетат, который накапливается в щитовидной, слюнной и главных железах желудка, т. е. поведение его похоже на поведение йодида.

Приготовление всех перечисленных радиофармацевтических препаратов осуществляется непосредственно в лаборатории с помощью набора специальных реагентов. Реагенты в соответствии с прилагаемой инструкцией определенным образом перемешивают с элюатом технеция.

Всего применяется 12 типов наборов реагентов для приготовления РФП с использованием пертехнетата, однако число их постоянно возрастает. Многие наборы реагентов производятся в различных странах и имеют различные фирменные названия, несмотря на идентичную химическую структуру, поэтому целесообразно изложение их характеристик выполнить по функциональному признаку. Все наборы реагентов поставляются в пенициллиновых флаконах в виде порошков.

Для изготовления РФП необходимо растворить реагент в элюате пертехнетата, объем которого ограничен указанием в паспорте. Важным критерием оценки органотропности меченных $^{99\text{m}}\text{Tc}$ РФП является соотношение в них чистого пертехнетата и образовавшегося соединения. Смешивание реагентов и элюата происходит в транспортных флаконах. Растворы являются апиrogenными, содержат не более 50 мг основного вещества; случаев развития реакций или осложнений, связанных с введением препарата, практически не отмечается. Из известных 10 наборов соединений два препарата — препараты для обнаружения тромбов — не описаны в настоящей книге, поскольку эти РФП еще не были апробированы в СССР.

ДТПК (диэтилентриаминопентауксусная кислота) после растворения в элюате образует прозрачный, бесцветный раствор, содержащий не более 5% свободного пертехнетата. Вводится внутривенно из расчета 1—2 МБк на 1 кг массы тела. Из крови быстро фильтруется клубочками почек и полностью элиминируется из организма в течение первых 24 ч. Максимальная концентрация в почках достигается на 4—5-й минуте. Критическими органами являются почки и мочевого пузырь.

Кальция глюконат — препарат фиксируется в проксимальных и дистальных отделах канальцев почек. Приготовление обычное. Препарат может быть использован через 5 мин после растворения. Вводится внутривенно из расчета 5 МБк на 1 кг массы тела. Из крови медленно выводится с мочой, частично задерживаясь в почках (около 20%). Концентрация собственно вводимого глюконата

составляет не более 30 мг. Максимальная концентрация кости/кровь достигается через 3—6 ч. Критическими органами являются почки, мочевого пузырь. Применяется для диагностики поражений коркового вещества почки — опухолей, кист, туберкулеза, гипоплазии, а также для диагностики нарушений кровообращения.

Пирофосфат после растворения с пертехнетатом образует бесцветный прозрачный раствор. Вводится внутривенно из расчета 5 МБк на 1 кг массы тела. Из крови частично выводится с мочой (30% в течение первых двух часов) и накапливается в костях. Максимальная концентрация кости/кровь достигается через 4 ч. При инфаркте миокарда включается в область поражения. Критическими органами являются кости, почки, мочевого пузырь. Используется для диагностики инфаркта миокарда и поражений скелета.

Метилendisфосфонат ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_6\text{P}_2$) — после растворения с пертехнетатом образует бесцветный прозрачный раствор, содержащий не более 5% чистого пертехнетата. Вводится внутривенно из расчета 5 МБк на 1 кг массы тела. Из крови быстрее, чем пирофосфат, поступает в кости или выводится почками с мочой. Максимальная концентрация кости/кровь достигается через 2 ч. Критическими органами являются скелет, почки, мочевого пузырь. Применяется для диагностики заболеваний и поражений скелета.

Фитат ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_{24}\text{P}_6$) — микроколлоид, избирательно накапливается в ретикулоэндотелиальных клетках печени и селезенки. Вводится внутривенно из расчета 1—2 МБк на 1 кг массы тела. Быстро выводится из крови с достижением максимума в печени к 10—15-й минуте. Критическими органами являются печень, селезенка и костный мозг. Используется для диагностики очаговых поражений печени и циррозов печени. Химическая концентрация препарата на одного больного составляет 5—10 мг.

Диметилловое производное аминокислоты (ХИДА) — захватывается из крови гепатоцитами и выводится в желчные протоки, повторяя путь желчи. Около 10% препарата выводится почками. Вводится внутривенно из расчета 2—3 МБк на 1 кг массы тела. Из крови быстро элиминируется гепатоцитами с достижением максимума концентрации в печени к 13—14-й минуте. Критическими органами являются печень, желчный пузырь, кишечник. Используется для диагностики поражений билиарной системы. Концентрация химического соединения составляет на одного пациента 1—2 мг.

Альбумин человеческой сыворотки крови — физиологический компонент крови, крайне медленно диффундирующий через стенку кровеносных сосудов. Вводится внутривенно из расчета до 5 МБк на 1 кг массы тела. Прозрачный раствор бледно-желтого цвета с концентрацией собственно альбумина 1—10 мг в 1 мл раствора. Выводится с мочой. Критическими органами являются кровь, почки и мочевого пузырь. Используется для определения объема циркулирующей крови (ОЦК) и выполнения исследований гемодинамики.

Макроагрегаты — сыворотки человеческой крови, которые образуются при термическом денатурировании нативного альбумина. Образующиеся макроагрегаты имеют диаметр 10—70 мкм. Вводятся внутривенно или внутриаартериально. После внутривенного введения макроагрегаты задерживаются в легких, вызывая временную эмболию капилляров. После внутриаартериального введения задерживаются в капиллярах того органа, который снабжается кровью из данной артерии.

Индий (^{131m}In) — дочерний нуклид радиоактивного олова (^{113}Sn), с периодом полураспада 118 дней, уровень энергии гамма-квантов — 255 кэВ. Поставляется в виде генератора, содержащего источник ^{113}Sn . ^{131m}In в процессе распада испускает гамма-кванты с энергией 393 кэВ. Период полураспада составляет 1,7 ч, или 100 мин. Раствор индия, полученный из генератора, при внутривенном введении прочно связывается с гамма-глобулинами крови и циркулирует в организме. Поскольку в таком виде индий является токсическим продуктом, то в отличие от пертехнетата этот нуклид используется только в виде металлических солей. Наибольшее применение получил РФП индия — гидроксид железа, стабилизированный желатином в виде макроагрегатов, задерживающихся в легочной ткани в виде коллоидных растворов.

^{131m}In имеет некоторые преимущества по сравнению с ^{99m}Tc : более короткий период полураспада, меньшую дозу облучения организма, чем при использовании технеция. Кроме того, генератор олова может быть использован для получения индия в течение 6 мес, что не требует его частой замены. Однако наличие гамма-квантов с относительно высоким уровнем энергии у индия является недостатком при регистрации детектором камеры, и поэтому оба нуклида применяются на равных основаниях. В лаборатории целесообразно иметь оба генератора.

Расчет активности и приготовление порций. РФП обычно поступают в медицинские учреждения периодически, с определенной общей и удельной активностью, исходные величины которых ука-

Таблица 2

Снижение величины активности ^{131}I в соответствии с периодом полураспада

Часы	Процент распада	Часы	Процент распада	День	Процент распада
0	100,0	36	88	4-й	71,0
4	98,3	40	86,7	5-й	65,2
8	97,2	44	85,5	6-й	59,9
12	95,8	48	84,3	7-й	55,7
16	94,5	52	83,1	8-й	51,2
20	93,1	56	81,9	9-й	46,3
24	91,8	60	80,7	10-й	42,5
28	90,5	64	79,6	11-й	39,0
32	89,2	68	78,5	12-й	35,8

зываются в сертификате. Срок годности препаратов также отмечен в сертификате и составляет не менее 7 сут.

За время хранения препарата радиоактивность нуклида вследствие физического распада снижается, в связи с чем необходимо ежедневно вносить соответствующие поправки. Для этой цели используют специальные таблицы, содержащие данные в процентах об изменении активности данного РФП относительно исходной ее величины в различные сроки. Например, в табл. 2 приведены показатели снижения активности для ^{131}I . Расчет величины суммарной или удельной активности на данный день или час определяют следующим образом. Например, требуется определить общую активность ^{131}I на 10 ч 08.09. В паспорте препарата указана исходная общая активность 100 МБк на 10 ч 05.09. Прежде всего определяют прошедшее время, составляющее в данном случае 72 ч. Затем по таблице устанавливают процент распада, соответствующий 72 ч, который составляет 77,4%, и производят расчет:

$$\frac{100 \text{ МБк} \cdot 77,4}{1000} = 77,4 \text{ МБк.}$$

На основании рассчитанной величины общей активности уточняют величину удельной активности нуклида в 1 мл раствора и приготавливают соответствующие порции для введения больному. Иногда пользуются не таблицами процентов, а показателями распада данного нуклида на определенное время. В табл. 3 приведены

Т а б л и ц а 3

Показатели снижения активности $^{99\text{m}}\text{Tc}$

Часы	0	1/2	1	2	3	4	5	6	8	12	24
Показатель снижения активности	1	0,94	0,89	0,79	0,71	0,63	0,56	0,50	0,40	0,25	0,06

факторы распада для $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Фактор распада на определенный час умножают на величину общей активности элиминированного технеция. Например, величина активности 20 мл элюата $^{99\text{m}}\text{Tc}$ непосредственно после получения составляет 800 МБк. Через 2 ч активность элюата (А) будет составлять:

$$800 \text{ МБк} \cdot 0,79 = 632 \text{ МБк.}$$

Объемная активность элюата будет составлять:

$$632 : 20 \text{ мл} = 31,6 \text{ МБк/мл.}$$

Если расчет величины активности любого РФП, поставляемого в медицинское учреждение заводом, не представляет особых затруднений, то определенные величины активности приготавливаемых непосредственно в медицинских учреждениях РФП из стандарт-

ных реагентов и элюатов генератора производить очень сложно.

Обычно процедура приготовления таких РФП состоит в смешивании стандартных реагентов с элюатом технеция без или с дополнительной обработкой (например, прогревание на водяной бане). Естественно, в процессе таких приготовлений, так же как и при промывании генератора, истинная величина активности может значительно отличаться от расчетной прежде всего из-за практически неизвестной величины активности элюата, а также неполного изъятия раствора из флакона или шприца. В связи с этим при работе с короткоживущими нуклидами, получаемыми из генераторов, необходимо использовать специальный прибор для измерения величины абсолютной активности.

3. Регистрация и измерение излучений радиоактивных нуклидов

Общие сведения. Регистрация и измерение ионизирующих излучений основано на определении степени изменения физико-химических свойств, вызываемых поглощением энергии излучений в среде, в частности в газоразрядных трубках или сцинтилляционных кристаллах. В современных медицинских радиодиагностических приборах используются исключительно сцинтилляционные кристаллы. Степень поглощения гамма-квантов зависит от уровня их энергии и толщины кристалла. Чем выше уровень энергии регистрируемых гамма-квантов, тем меньше поглощение их в кристалле. Например, при толщине сцинтилляционного кристалла натрий-йод, активированного таллшем, равной 2,4 см, поглощается 84,7% гамма-квантов с уровнем энергии 0,25 МэВ и только 61% гамма-квантов — с уровнем энергии 0,5 МэВ. Для регистрации бета-излучения используется либо тот же принцип, либо, для низкоэнергетических источников бета-излучения, измеряемое вещество погружается или смешивается со специальной сцинтилляционной жидкостью. Применение источников бета-излучения в клинической медицине крайне ограничено.

Энергия поглощенного ионизирующего излучения возбуждает в сцинтилляторе световые вспышки, которые реагируют с фотокатодом, где происходит образование электронов. Электроны попадают в ускоряющее поле фотоумножителя (ФЭУ), обусловленное напряжением, подаваемым на него. Последовательно проходя через составные части ФЭУ, которые называются динодами, электроны образуют лавинообразный поток и достигают анода. Сигнал, снимаемый с суммирующего анода, после предварительного усиления поступает на выход дискриминатора пульта управления. Пульт любого радиометрического прибора состоит из блока питания, дискриминаторов и измерительного блока. Блок питания обеспечивает все узлы установки стабилизированным питанием. Дискриминатор предназначен для селекции импульсов определенной амплитуды, что дает возможность настроить установку на спектр излуче-

ния определенного радиоактивного нуклида. При этом чувствительность установки в пределах избранного спектра значительно повышается, а в других уровнях энергии излучения оказывается достаточно низкой. Это позволяет производить измерения в режиме высокой избирательной чувствительности к данному уровню энергии гамма-излучения при одновременном низком уровне фона.

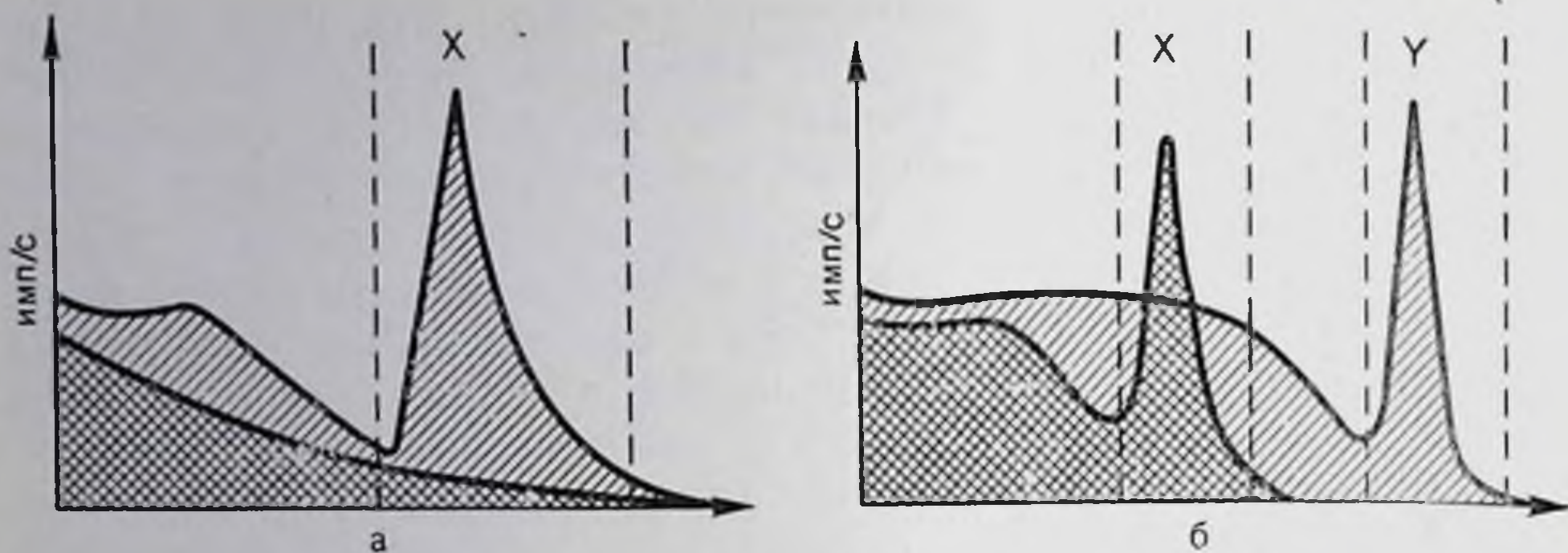
Измерительный блок предназначен для измерения напряжения питания фотоэлектронного умножителя датчика, измерения средней скорости счета поступающих от счетчика импульсов, для установки фотопика изотопа в полосе дискриминации по скорости счета, а также для измерения относительной активности радиоактивного нуклида с исследуемой области тела.

При регистрации и измерениях ионизирующих излучений существует ряд основных параметров, которые необходимо учитывать при повседневной работе. К таким параметрам относятся: измерения и учет фонового излучения; калибровка приборов; спектрометрические исследования; учет статистической достоверности измерений.

Измерения и учет фонового излучения являются важным этапом работы, особенно при сцинтиграфии, когда часто препараты вводят больному непосредственно на процедурном столе под детектором. В таких случаях возможно загрязнение радиоактивными нуклидами окружающего оборудования и повышение интенсивности фонового излучения, искажающего изображение исследуемого органа. Ориентировочно можно считать удовлетворительным соотношение интенсивности фонового излучения к интенсивности излучения исследуемого органа не более чем 1 : 10. При более низком соотношении необходимо установить причину повышенного фона излучений и исследования продолжать только после устранения этих причин.

Калибровка приборов означает измерение величины активности вводимого пациенту препарата в показателях импульсы/секунды с целью последующего количественного измерения содержания этого препарата в различных органах. При калибровке большое значение имеет геометрия источника излучения, т. е. его форма, объем, расстояние от детектора и толщина поглощающего слоя тканей между источником и детектором. В зависимости от конкретных задач исследования необходимо изготовление специальных фантомов, имитирующих необходимые геометрические факторы конкретного исследования.

Спектрометрические исследования имеют целью проводить измерения только в определенной области уровней энергии излучения используемого нуклида. На рис. 2, а, б представлены схемы, в которых приведены принципы спектрометрических измерений. Нижняя заштрихованная часть графика (рис. 2, а) показывает вклад фонового излучения. На кривой отражен весь спектр излучения используемого нуклида, причем ее крутой подъем соответствует области фотопика. При регистрации всего спектра излучения от 0 до 500 скорость счета будет максимальной и будет включать также



2. Энергетические спектры γ -излучения радионуклида и фона (а) и двух различных по энергии радионуклидов (б).

х — первый нуклид; у — второй нуклид.

вклад фонового излучения. Такой режим регистрации получил название интегрального режима. Если же будет производиться регистрация излучения с определенным уровнем энергии квантов, соответствующим фотопику данного нуклида, то такой режим будет называться дифференциальным, а ограниченная область регистрируемой энергии — каналом, или окном. Измерения в дифференциальном режиме, как следует из представленного графика, практически свободны от вклада фонового излучения и поэтому более статистически достоверны. Кроме того, в таком режиме представляется возможным избирательно определить вклад излучения одного нуклида от другого, даже при условии их одновременного введения в организм, естественно, если уровни их энергии в области фотопика не совпадают. Схема таких измерений двух нуклидов представлена на рис. 2, б. Весь спектр излучения нуклида х заштрихован мелкой клеткой, а спектр излучения нуклида у заштрихован параллельными линиями. Видно, что в окне нуклида х регистрируется также часть спектра излучения нуклида у. Для того чтобы исключить эту часть спектра, необходимо в первом канале измерить интенсивность излучения чистого источника нуклида у, а затем вычесть эту величину из показателя скорости счета первого канала при измерении излучения смеси обоих нуклидов.

В современных сцинтилляционных камерах выбор окна, или канала, осуществляется автоматически, поскольку пульта этих приборов оборудованы специальным дискретным выбором окна для излучения наиболее распространенных в медицинской практике нуклидов. Также автоматически осуществляется выбор каналов при работе с двумя и даже с тремя нуклидами. Контроль за состоянием чистоты каналов осуществляется периодически с помощью специального набора стандартных источников излучения, имеющих длительный период полураспада. В качестве таких источников используют ^{137}Cs и ^{58}Co , которые включаются в комплектацию радиодиагностических приборов.

Учет статистической достоверности измерений обусловлен тем, что радиоактивный распад нуклида происходит неравномерно, по-

этому в различные промежутки времени результаты зарегистрированных измерений могут быть неодинаковыми. Чем меньше срок измерений, тем большая разница показателей. И наоборот, чем меньше скорость счета излучения от данного источника, тем больше разница отдельных показателей. Таким образом, статистическая достоверность результатов измерений зависит от двух причин: от продолжительности измерения и от величины активности измеряемого образца радиоактивного нуклида. Взаимосвязь между этими двумя факторами определяется следующим положением: величина погрешности при измерениях определяется в процентах из корня квадратного зарегистрированного числа импульсов. Это означает, что достоверность будет достаточной только при регистрации более 10 000 импульсов, поскольку основание будет равно 100, а следовательно, ошибка не будет превышать 1%.

Современные сцинтиграфические аппараты могут регистрировать излучение РФП, чтобы обеспечить статистическую достоверность полученных результатов измерений и быстроту выполнения исследования. Однако выполнение этого положения неизбежно связано с увеличением степени лучевой нагрузки на организм обследуемого, что противоречит основным положениям радиационной защиты обследуемых. В связи с наличием двух таких взаимно исключаящих друг друга требований при каждой конкретной методике исследования достигается разумный компромисс между корректностью техники измерений и допустимой величиной дозы облучения больного.

Величина интенсивности излучения может измеряться непосредственно в виде показателей скорости счета в импульсах в секунду или временном накоплении данного числа импульсов, кроме того, автоматически регистрироваться на рентгеновской либо поляроидной пленке. Наконец, показания прибора могут автоматически регистрироваться самопишущим устройством на движущейся бумажной ленте в виде кривых, чисел или изображений, а также на ферромагнитной пленке с последующим воспроизведением на бумаге.

4. Радиометрическая аппаратура

В зависимости от способа и типа регистрации излучений все радиометрические приборы разделяются на следующие группы:

- 1) для регистрации радиоактивности отдельных образцов или проб различных биологических сред (лабораторные радиометры);
- 2) для измерения величины абсолютной радиоактивности образцов или растворов радиоактивных нуклидов (дозкалибраторы);
- 3) для измерения радиоактивности всего тела больного или отдельного органа (медицинские радиометры);
- 4) для регистрации динамики перемещения РФП в органах с представлением информации в виде кривых (радиографы);
- 5) для регистрации распределения РФП в теле больного или в исследуемом органе с представлением данных в виде изображений

(скаперы) или в виде кривых распределения (профильные скаперы);

б) для регистрации динамики перемещения, а также для изучения распределения в теле больного и исследуемого органа РФП (сцинтилляционная гамма-камера).

Радиометрические приборы, имеющие в качестве детектора сцинтилляционные кристаллы, обеспечивают измерения скорости счета излучения от РФП в особых единицах — импульсах в минуту или импульсах в секунду. Скорость счета в импульсах отражает величину активности измеряемого нуклида, однако не является идентичным понятием, поскольку, во-первых, учитывается детектором лишь часть излучения, а большая часть не учитывается, так как излучение от любого радиоактивного источника распространяется во все стороны, а прибор учитывает лишь ту часть излучения, которая попадает в его воспринимающий блок; во-вторых, зарегистрированные первичные гамма-кванты лавинообразно усиливаются в детекторе. По данным скорости счета можно установить величину активности измеряемого радиоактивного объекта. Например, если измерить стандартный источник излучения с известной величиной активности в определенной геометрической конфигурации определенным ядерно-медицинским прибором, то полученную скорость счета представляется возможным оценить, как соответствующую определенной величине активности. В дальнейшем можно измерять в той же геометрической конфигурации, на том же приборе другие источники излучения с неизвестной величиной активности и рассчитывать их величину активности. В качестве примера можно привести следующий расчет. В стандартном источнике, представляющем флакон с 5 мл раствора ^{131}I , общей активностью 75 кБк, при измерении было получено за 1 мин 150 000 имп. При измерении на том же приборе 5 мл крови пациента, которому был введен РФП, меченный ^{131}I , оказалось за 1 мин 10 000 имп. Таким образом, можно рассчитывать содержание ^{131}I в крови пациента:

$$74 \text{ кБк} : 150\,000 = X : 10\,000,$$

$$\text{или } X = \frac{74 \cdot 10\,000}{150\,000} = \frac{74}{15} = 4,93 \text{ кБк в } 5 \text{ мл крови.}$$

Представление величины активности, по данным измерения скорости счета от стандартного радиоактивного источника, называется калибровкой ядерно-медицинского прибора и широко используется в практике радионуклидной диагностики. В качестве стандартного источника применяются обычно те же РФП, которые вводятся пациенту.

Первичная информация регистрируется в ядерных приборах в виде цифр, что представляет исключительную возможность обработки данных измерения с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ). ЭВМ разного типа комплектуются многие современные ядерно-медицинские приборы, а некоторые вычислительные элементы вводятся непосредственно в прибор. Принципиаль-

ная схема устройства всех типов ядерно-медицинских приборов одинаковая и позволяет выделить три части: детектор, электронный блок и дисплей.

Детектором называется воспринимающая часть прибора, которая непосредственно обращена к источнику излучения. Детектор представляет собой комплекс, состоящий из сцинтилляционного кристалла с прилегающими к нему фотоумножителями и окружающей их металлической (чаще всего из свинца) защитой для ослабления радиации, учет которой нежелателен. Кроме того, в состав детектора входят специальные сменные коллиматоры для ограничения поля зрения или поля видения детектора.

Электронный блок управления позволяет поддерживать необходимый уровень напряжения тока, подаваемого на ФЭУ, осуществлять выбор окна дискриминации и режим регистрации излучения.

Дисплей — блок представления данных измерений, который обеспечивает получение регистрируемого излучения в виде единицы скорости счета на электронном табло (импульс/минута), а также трансформацию их в виде кривых, фотографических или метрических изображений, если дисплей комплектуется ЭВМ. Дисплеи крайне разнообразны, однако все чаще они представляются в виде осциллоскопов с памятью или телевизоров.

Лабораторные радиометры представляют собой приборы для измерения величины относительной активности отдельной пробы крови, мочи или другой биологической среды. В качестве детектора в лабораторных радиометрах используют особой формы сцинтилляционный кристалл в виде стакана (дырчатый или колодецовый кристалл), в полость которого помещают флакон или пробирку с исследуемой пробой. В таком колодецовом детекторе осуществляется регистрация излучения, испускаемого источником во все стороны, за исключением верхней части, что повышает эффективность регистрации. Кристалл находится в специальном защитном металлическом кожухе для исключения учета фонового излучения. Проба помещается в полость кристалла либо вручную, либо автоматически.

Наиболее распространенным типом простого лабораторного радиометра является отечественный прибор — «Гамма-тироксиметр» (ГТОМ-02ц), который предназначен для исследований проб крови при радиоиммунологических исследованиях. Детектор прибора специально предусмотрен для измерений только излучений ^{125}I . В блок управления введено электронное устройство, позволяющее автоматически соотносить показатели измерений двух образцов с выводом соотношения между ними, что упрощает последующие расчеты. В автоматическом сменщике проб имеется 100—300 гнезд для пробирок. Устанавливается время счета каждой пробирки и производятся измерения, причем специальное механическое устройство последовательно производит смену проб.

Распространенным в СССР автоматическим сменщиком проб является прибор НЗ-322 («Гамма», ВНР) на 256 проб (рис. 3), в котором также предусмотрено измерение излучения ^{125}I . Регистра-



3. Общий вид автоматического смещика проб («Гамма», ВНР).

ция результатов измерения каждой пробы производится на кассовом аппарате. Еще более совершенным автоматическим счетчиком является отечественный автоматический гамма-счетчик на 300 проб «Гамма-1», оснащенный специальной ЭВМ для построения калибровочных кривых и вывода показателей в единицах концентрации исследуемого вещества.

Дозкалибраторы используются для определения абсолютной величины активности элюата из генератора технеция и приготовленного РФП, вводимого пациенту. В отличие от всех других типов ядерно-медицинских приборов в дозкалибраторе детектором является ионизационная камера, а не сцинтиляционный кристалл. Так же как и в радиометре, детектор имеет вид стакана, в полость которого помещается флакон или шприц с раствором РФП. Дисплей прибора представляет собой электронное табло, показывающее величину активности в беккерелях. Основной тип отечественного дозкалибратора — радиометр РЖГ-07.

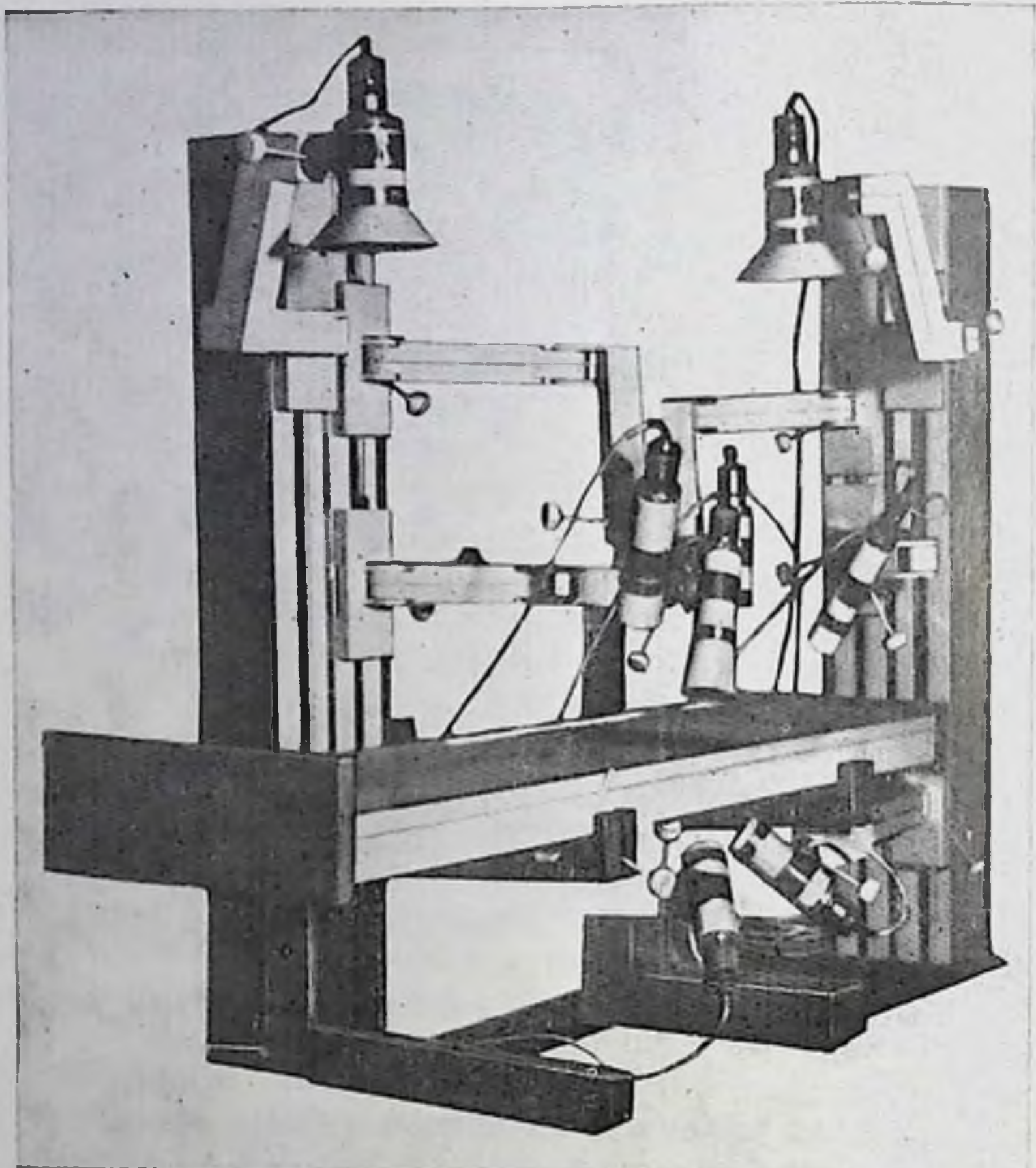
Радиометр всего тела представляет собой систему, состоящую из специального стола для укладки пациентов и неподвижно установленных 2—4 штативов, на которых крепятся 2 или 4 детектора, имеющие большие кристаллы. В поле зрения этих детекторов входит вся поверхность стола и соответственно все тело пациента. Показатели скорости счета от всех детекторов суммируются, и, таким образом, получается величина, характеризующая общую актив-

ность РФП в теле пациента. Величина скорости счета, полученная непосредственно после введения РФП пациенту, принимается за 100%, а при последующих измерениях определяется снижение исходной величины. Радиометрия всего тела используется для определения эффективного периода полувыведения нуклида из организма и клиренса тканей. В первом случае при применении ^{99m}Tc производится ряд измерений пациента через 1, 2, 4, 6 и 24 ч. Во втором случае осуществляется непрерывная регистрация в течение определенного времени — 30 или 60 мин.

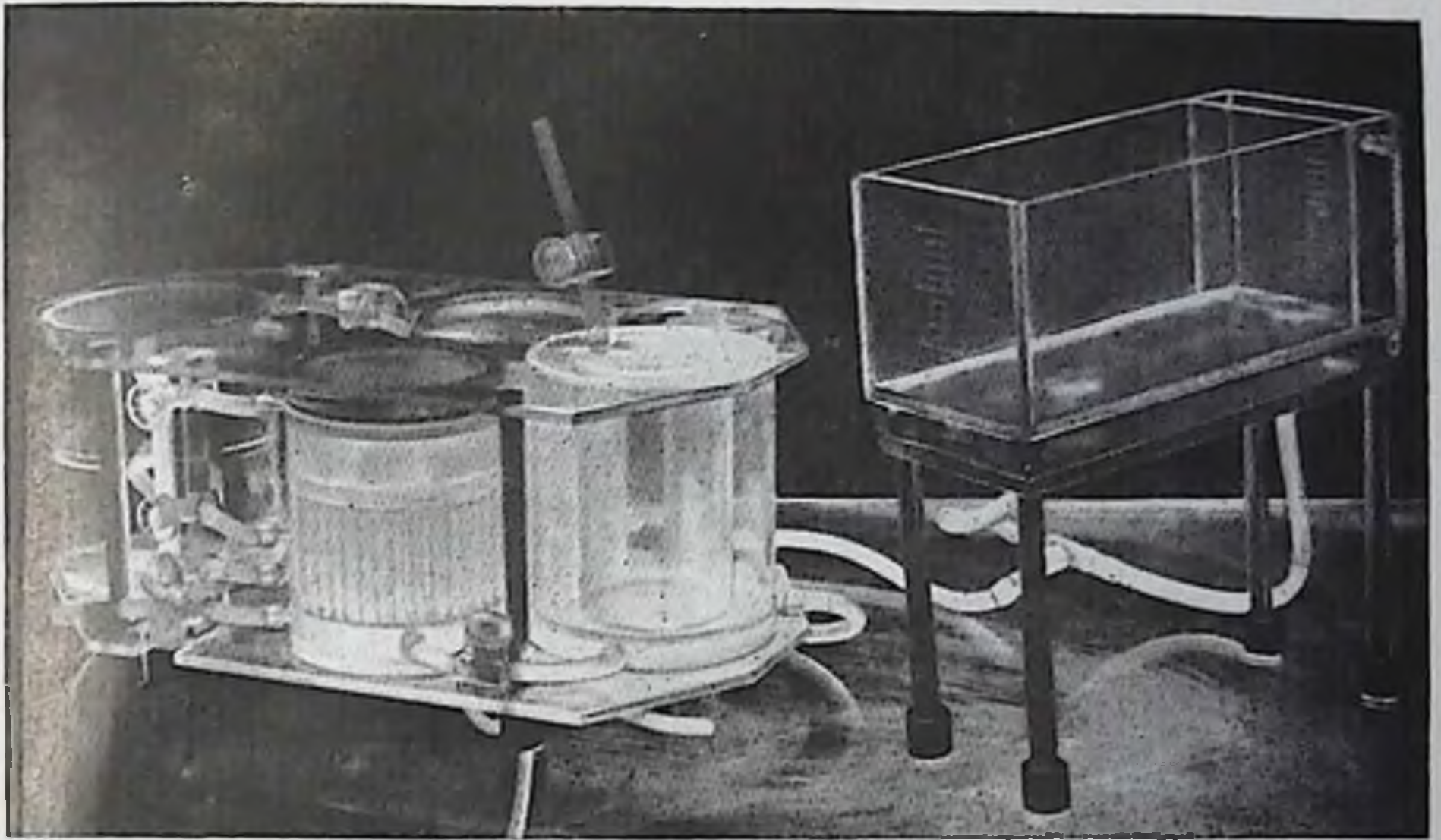
Измерения клиренса дают ценную диагностическую информацию о суммарной функции печени или почек, и эти показатели позволяют определить наличие у пациента явлений почечной или печеночной недостаточности. В процессе непрерывного исследования выделения РФП из организма не происходит, а возникает лишь его выраженное перераспределение, в процессе которого РФП концентрируется в печени или почках. Для того чтобы измерить истинный клиренс тканей, необходимо исключить из поля зрения детекторов участки тела, где расположен орган избирательного накопления РФП, т. е. почки с мочевым пузырем или печень. С этой целью штативы аппарата оснащены передвигающимися над пациентом свинцовыми плитами, которые экранируют определенные части тела и исключают их из процесса измерения. В отечественном универсальном радиометре «Хроноскоп» (РИХ-5) имеется 2 детектора для радиометрии всего тела и 4 детектора с маленькими кристаллами для выполнения радиографии.

Отличительной особенностью «Хроноскопа» является возможность запоминания кривых в специальном блоке памяти и последующий их анализ.

Радиографы представляют собой системы, состоящие из 2—4 детекторов (поэтому они называются двух-, трех- или четырехканальными), которые независимо друг от друга позволяют измерять интенсивность излучения от различных участков тела. Если детектор устанавливается над проекцией локализации печени, то показатели измерений будут характеризовать особенности динамики изменения концентрации РФП именно в этом органе. Если детекторы устанавливаются над проекцией локализации почек, то соответственно показатели измерений будут характеризовать особенности динамики концентрации РФП в почках. Показатели измерений представляются в виде кривых, которые строятся на основании показателей скорости счета за каждые 1, 2, 10, 20 или 40 с в зависимости от скорости изменения концентрации РФП в исследуемом органе. Наибольшее распространение в СССР получил радиограф производства комбината «Гамма» (ВНР) и отечественный «Хроноскоп» (рис. 4). Преимуществом «Хроноскопа» является наличие в аппарате не только 4 детекторов для измерения органного клиренса, но и 2 детекторов для радиометрии счета всего тела. Все показатели измерений обрабатывают в специальном процессоре, который входит в состав аппарата с учетом фоновых показателей и расчетом показателей ренографии и гепатографии.



4. Многоканальный радиограф «Хроноскоп».



5. Фантом почки.

На рис. 5 приведен фантом почки, которым комплектуется аппарат РИХ-5.

Приборы для регистрации распределения РФП (гамма-топографы) в теле пациента или в определенном органе бывают трех типов: сканеры, профильные сканеры и гамма-камеры.

Сканер представляет собой аппарат, в котором детектор последовательно и с постоянной определенной скоростью передвигается над телом пациента, регистрируя интенсивность излучения в каждой точке тела. В зависимости от цели исследования используются сменные коллиматоры, различающиеся числом отверстий и толщиной защиты стенок, разделяющих отверстия. Мелкие отверстия предназначены для прецизионных исследований маленьких объектов, например щитовидной железы.

Показатели измерения движущимся детектором в каждой точке тела трансформируются в соответствующую скорость штрихов, печатающей на бумаге головки. Таким образом, участки тела, содержащие большую концентрацию РФП, получают на бумаге более заштрихованными, а участки тела с меньшей концентрацией РФП соответственно менее заштрихованными. Современные сканеры вместо частоты штриховки используют разный цвет штриховки в зависимости от учитываемой детектором скорости счета излучения, что еще более наглядно позволяет определять рисунок распространения уровней концентрации РФП в теле пациента или в исследуемом органе. Красным цветом обозначаются максимальные уровни счета.

Сканер дает относительно четкую информацию о распределении РФП, однако для выполнения исследования требуется достаточно длительный срок, в течение которого пациент должен сохранять



б. Сканер («Гамма», ВНР).

абсолютную неподвижность тела. Например, для получения изображения почек даже у ребенка 5 лет требуется 15 мин, для получения изображения легких — 20 мин, а для всего тела — 50 мин. На рис. 6 приведен наиболее распространенный в СССР сканер производства комбината «Гамма» (ВНР). Видно, что пациент располагается на процедурном столе, а над ним перемещается детектор. Регистрация штрихов осуществляется через многоцветную ленту металлическим бойком. Печатающая головка находится на одной металлической раме с детектором, поэтому их передвижение осуществляется синхронно и в одинаковом масштабе. В передней части прибора расположена панель с органами управления, где имеется шкала выбора градиента цвета. Этот выбор очень важен, так как если в исследуемом диапазоне скорости счета использованы все 9 цветов, то, следовательно, перепад разницы будет составлять только 11% и создаются оптимальные условия для визуализации патологических очагов. Если в диапазоне скорости счета использованы только 7 цветов, то перепад в скорости счета будет определяться в пределах только 14%. Выбор градиента цвета осуществ-

ляется для каждого пациента индивидуально перед началом исследования путем поиска ручным передвижением детектора участка максимальной и минимальной скорости счета. Последний рассматривается как показатель органно-тканевого фона и учитывается при исследовании. Это достигается путем отсечки фона с помощью специального блока.

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, последовательно попадающих в зону видения передвигающегося в каудально-краниальном направлении или наоборот детектора. Детектор имеет щелевой коллиматор, позволяющий просматривать определенной ширины срез тела (от 0,5 до 2 см). Методом профильного сканирования можно быстро, в течение 1—2 мин, определить распределение РФП в теле пациента.

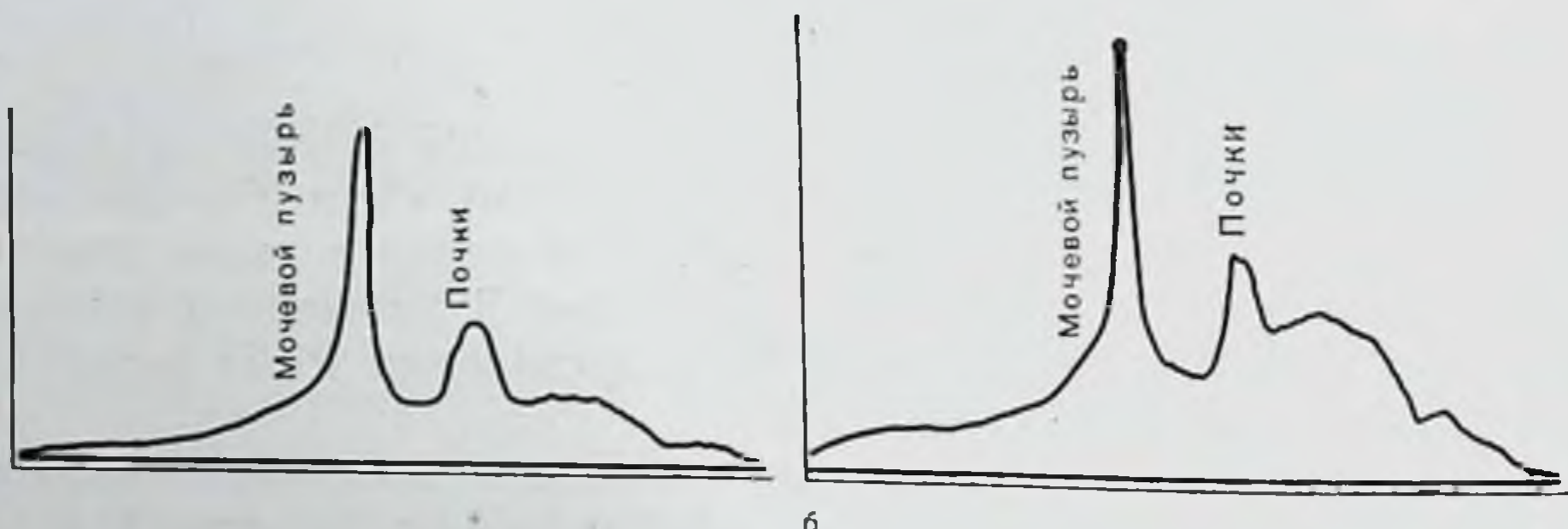
Однако по разрешающей способности этот метод значительно уступает плоскостному сканированию. Основное назначение профильного сканирования — это грубое определение участка повышенного накопления РФП в теле пациента с целью уточнения зоны детального исследования методом обычного сканирования. Этим аппаратом можно исследовать также динамику перераспределения РФП путем многократных непрерывных исследований в течение определенного промежутка времени, достаточного для получения информации о функции органа.

Типовой профильный сканер, разработанный МНИРРИ, выпускается по лицензии венгерским комбинатом «Гамма». Внешний вид аппарата представлен на рис. 7. Этот аппарат имеет возможность проводить исследование с помощью 2 детекторов одновременно и получать информацию о распределении РФП отдельно в правой и левой половинах тела.

Профильное сканирование показано для исследования скелета после инъекции пирофосфата с целью поиска метастатических очагов и исследования функции почек после инъекции ДТПК.

Сцинтилляционная камера по своим функциональным возможностям заменяет два типа аппарата: радиограф и сканер, и также имеет три части: детектор, пульт управления с системой преобразования и передачи информации и компьютер для обработки данных. Первая пригодная для медицинских исследований сцинтилляционная камера была разработана Анжер (1963). Промышленный выпуск сцинтилляционной камеры был осуществлен впервые фирмой «Нуклеар—Чикаго» (США) в 1966 г., которая получила название «Гамма-камера». В последующие годы были разработаны другие, более совершенные варианты камер, получившие фирменные названия, например фирма «Серль—Симменс» (ФРГ), фирмы «Пиккер», «ДАЙНА-камера 4/15» (США).

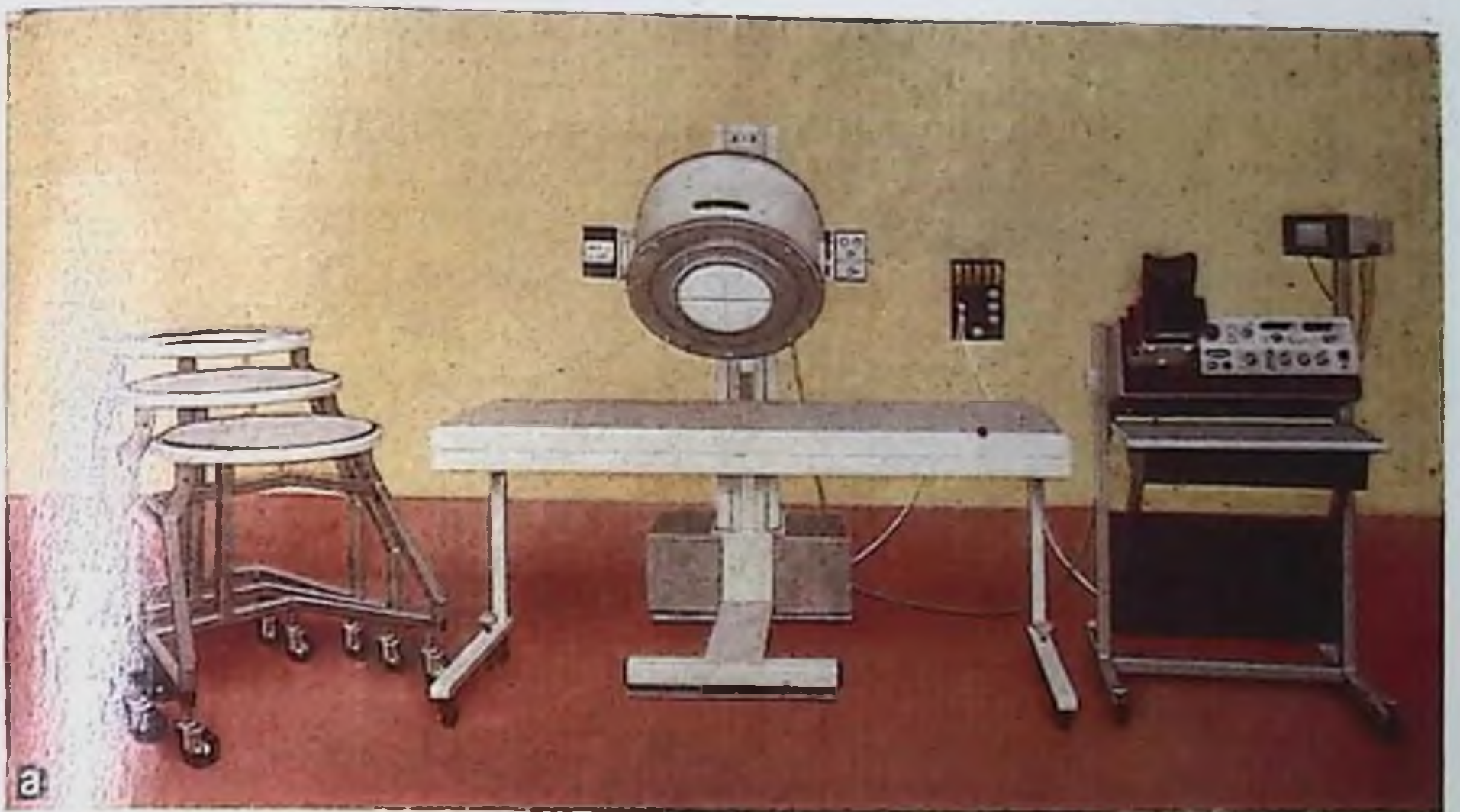
С точки зрения изучения устройства сцинтилляционную камеру целесообразно разделить на три части: детектор, пульт управления и компьютер для обработки данных.



7. Профильный сканер (а) («МНИРРИ-Гамма») и профилограммы тела человека (б), полученные через 35 мин (нижняя) и через 2½ ч после инъекции глюкогоптоната.

В комплекс детектора включается головка в составе сцинтилляционного кристалла с набором фотоумножителей, которые находятся в защитном кожухе и имеют сменные коллиматоры. Внешний вид гамма-камеры приведен на рис. 8, а, б. Как видно на рис. 8, процедурный стол, на котором укладывают больного, устанавливается под детектором камеры. В левой части рисунка расположены коллиматоры, которые содержатся на специальных передвижных подставках, позволяющих их легко транспортировать к детектору.

Перед началом исследования врач определяет тип необходимого коллиматора. Например, для исследования малых объектов применяется одноканальный коллиматор «Пинхол», поле зрения



8. ЭВМ-гаммасцинтиграфическая система («Гамма», ВНР).

а — датчик с пультом управления и аналоговым анализатором; б — ЭВМ для обработки данных.

которого диаметром всего 10 см. С помощью такого коллиматора выполняется сцинтиграфия.

В комплекс детектора включается сцинтилляционный кристалл диаметром 28—40 см с набором фотоумножителей, которые находятся в защитном кожухе со сменным коллиматором. Детекторный

блок в сборке имеет массу около 400 кг и фиксируется на специальном штативе, оснащенном мотором и системой для управления движением детектора, который вращается вокруг вертикальной и горизонтальной осей до 90°. Число ФЭУ может быть различным: 19, 37 и 61. Чем больше ФЭУ, тем выше разрешающая способность детектора при одинаковом поле видения. В детекторе поступающее ионизирующее излучение трансформируется в электрические сигналы, которые подаются на пульт управления.

Коллиматор выполняет комплекс функций: ограничение поля сцинтиграфии, определение степени чувствительности и разрешающей способности детектора. Коллиматоры разделяют поверхность сцинтилляционного кристалла на отдельные небольшие участки, число которых определяется используемым коллиматором. Чем больше отверстий, тем выше разрешающая способность, но меньше чувствительность. Поэтому для каждой камеры предусматривается набор коллиматоров, используемых в зависимости от цели исследования. Так, для статических исследований с целью определения анатомо-топографического состояния внутренних органов используют коллиматоры для низких или высоких энергий с высокой разрешающей способностью, имеющих до 40 000 отверстий. Для функциональных исследований, в частности для исследования кровообращения, применяют динамические коллиматоры с высокой чувствительностью.

Главной проблемой сцинтиграфических исследований является создание корректных физико-технических условий измерения, к которым относятся: выбор фотопика для используемого радионуклида, равномерность счета по всему полю видения детектора и выбор оптимального соотношения введенная величина активности/время исследования. Обеспечение корректных физико-технических условий исследования достигается путем систематических экспериментов с использованием специальных имитаторов и фантомов, набор которых должен быть в каждой радиодиагностической лаборатории. К числу таких фантомов относятся: бар-фантом, фантом мозга и фантом почки. Бар-фантом представляет собой специальную решетку, разделенную на 4 части, которая покрывает поле видения детектора гамма-камеры. На некотором расстоянии устанавливают источник излучения, например пертехнетат, и получают снимок (рис. 9). Видно, что все широкие полосы решетки четко определяются на сцинтиграмме, тогда как мелкие полосы почти сливаются между собой. Расстояние между полосами, выраженное в миллиметрах, и определяет разрешающую способность данной гамма-камеры.

Оценка равномерности поля видения производится при помощи получения сцинтиграммы с открытым полем, т. е. без коллиматора от удаленного источника излучения. Анализ сцинтиграммы производится с помощью ее обработки на ЭВМ. Сравнение отдельных участков изображения друг с другом должно давать разницу в скорости счета в пределах $\pm 10\%$. При большей разнице производится коррекция равномерности скорости счета, которая на совре-

9.
Сцинтиграмма бар-
фантема.



меньших гамма-камерах типа МВ-9200 осуществляется автоматически с помощью встроенного в гамма-камеру специального процессора. В гамма-камере типа МВ-9100, оснащенной ЭВМ «СЕГАМС» (ВНР), коррекция производится с помощью ЭВМ по специальной программе. В гамма-камере ГКС-2 этот процесс осуществляется вручную путем настройки каждого ФЭУ, а при оснащении специализированной ЭВМ «САОРИ» — также по специальным программам.

Соотношение показателя активности/время, т. е. выбор экспозиции каждого кадра при исследовании конкретного больного, обосновывается использованием экспериментальных данных на фантомах мозга и фантоме почек. Описание фантома мозга будет приведено ниже, в специальном разделе. Фантом почек разработан в МНИРРИ и представляет собой систему сосудов, имитирующих сердце, обе почки и мочевой пузырь, соединенные между собой эластичными трубками. В полость «сердца» вводят пертехнетат с активностью 37 МБк, который по трубкам поступает в «почки», а оттуда в «мочевой пузырь». Пережимая отдельные соединяющие трубки, можно имитировать различные типы заболеваний мочевой системы. Проведение фантомных исследований повышает культуру работы, достоверность получаемых данных и адекватность получаемых показателей при исследовании пациента.

Особое внимание должно быть уделено использованию ЭВМ. В настоящее время в СССР получили распространение в основном два типа мини-ЭВМ типа «Электроника» в аппарате «Гамма-1», «СЕГАМС» и типа ПДП-11 (отечественный аналог СМ-4). В связи с быстрым развитием радиофармацевтических методик ЭВМ еще не оснащены комплектами макрокоманд для стандартизированных исследований, поэтому каждый врач в лаборатории использует

программы с помощью ввода данных индивидуально для каждого больного. В принципе весь комплекс обработки сцинтиграмм на ЭВМ состоит из ряда основных этапов.

При обработке статических сцинтиграмм выведенное на экран дисплея изображение подвергается следующим этапам обработки:

- постепенному снятию тканевого фона на 10, 20, 30% и т. д.;
- представлению в матрице размером 128×128 элементов;
- выделению зон интереса для получения этой зоны в увеличенном масштабе;
- снятию гистограмм через интересующие области исследуемого органа.

При обработке динамических сцинтиграмм вначале производится просмотр всей серии и выбора основного кадра для построения зон интереса;

- выбор зон интереса, включающих изучаемые анатомические области или органы;
- построение кривых активность/время из выбранных зон интереса.

Более подробно все особенности ЭВМ обработки будут представлены в соответствующих разделах применительно к конкретным клиническим исследованиям, поскольку каждое из них характеризуется специфическими особенностями.

5. Радионуклидная диагностика *in vivo*

При этих исследованиях необходимо введение РФП в организм пациента. Их цель — изучение особенностей распределения введенного РФП в органах и тканях, обмена веществ и роли отдельных функциональных внутренних органов в норме и при различных заболеваниях, исследование динамики движения введенного РФП пациенту, а также определение параметров выведения РФП из организма пациента.

Методики, которые дают характеристику анатомо-топографического состояния исследуемого органа или системы на основе относительно стабильного распределения РФП, называются статическими радионуклидными исследованиями.

Методики, которые позволяют оценить главным образом состояние функции исследуемого органа или системы, называются динамическими радионуклидными исследованиями.

Динамические исследования бывают двух типов. При первом типе, собственно динамической сцинтиграфии, определяется состояние функции отдельных органов в относительных показателях, например левой почки относительно правой. Наиболее часто употребляется временной показатель, оценка которого определяется как задержка или ускорение.

Методики, основанные на принципе определения состояния функции отдельных органов и системы путем получения не относительных, а абсолютных показателей, называются клиренсовыми.

Разделение методик радионуклидной диагностики по этому

принципу целесообразно в связи с применением различных задач каждого типа исследования, а также различной аппаратуры или технических средств для выполнения каждой из поставленных задач. Развитие техники сцинтиляционных камер привело к тому, что некоторые методики оказались комплексными, сочетающими как анатомо-топографическую информацию, так и оценку функции различных внутренних органов. Иногда используют одновременно или последовательно две или даже три методики, причем только в таких случаях получается достаточная диагностическая информация. Назначение того или иного радионуклидного исследования определяет врач-радиолог совместно с лечащим врачом на основании изучения истории болезни и клинического обследования пациента.

Для получения клиренсовых показателей необходимы непрерывные измерения в динамике, а достаточно двух — трех отдельных измерений через определенные промежутки времени.

Учитывая все расширяющееся применение ЭВМ для управления и анализа получаемых данных радионуклидных исследований, целесообразно в названии методики отражать также факт обработки результатов исследований на ЭВМ. Например, ЭВМ-реносцинтиграфия будет означать, что показатели функции почек были рассчитаны ЭВМ, а следовательно, точность их на 20—25% выше, чем при визуальной оценке сцинтиграмм.

Статические радионуклидные исследования. Определение анатомо-топографического состояния внутренних органов позволяет установить положение, форму, размеры и наличие нефункционирующих участков или, наоборот, патологических очагов повышенной функции в отдельных органах и тканях. Показателем для статических радионуклидных исследований являются:

- уточнение топографии внутренних органов, например при диагностике пороков развития;
- диагностика опухолей и кист;
- определение объема и степени поражения органа или системы.

Для выполнения статических радионуклидных исследований используют РФП, которые после введения в организм пациенту характеризуются либо стабильным распределением в органах и тканях, либо очень медленным перераспределением. Исследования выполняют на сканерах (сканирование) или на гамма-камерах (сцинтиграфия) и в очень ограниченном объеме на профильных сканерах (профильное сканирование). Сканирование и сцинтиграфия имеют примерно равные технические возможности в оценке анатомо-топографического состояния внутренних органов, однако сцинтиграфия имеет определенные преимущества.

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

Основные показатели методов статической сцинтиграфии гамма-камера

Наименование методов	РФП	Нуклид метки	Величина активности в МБк на 1 кг массы	Время начала исследования после введения препарата	Оптимальное количество регистрируемых снимков
Гепатосцинтиграфия	Коллоидный раствор	^{99m}Tc	1,0	15—20 мин	3 (передний, боковой, задний)
Нефросцинтиграфия	Глюкогептонат	или ^{113m}In ^{99m}Tc	1,5 1,0	10—15 мин 5 ч	То же 1 (сзади), 2 (боковых)
	Неогидрин	^{197}Hg	0,1	1—2 ч	То же
Мелонцистерносцинти- графия	Альбумин	^{131}I	0,05	2—24 ч	2 (включая длинный по- звоночник)
Остеосцинтиграфия	Ширсфосфат (полифос- фат)	^{99m}Tc	0,09	3—4 ч	1—2, 3—4
Пульмоносцинтиграфия	Макроагрегат альбумина или микросферы	^{113m}In ^{99m}Tc	0,7	5—20 мин	2 (спереди и сзади)
Тиреосцинтиграфия	Пертехнетат	^{99m}Tc	0,02	30—60 мин	1 (спереди)
Супрареносцинтиграфия	19-й йодхолестерил	^{131}I	0,9	6—9 сут	1 (сзади)
Лимфосцинтиграфия	Мелкодисперсный кол- лоидный раствор	^{99m}Tc	0,3	15 мин	1—2—3—4

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

Характеристика наиболее распространенных методик статической сцинтиграфии (или сканирования) приведены в табл. 4.

Подробное описание каждой методики приведено ниже в соответствующих клинических разделах, однако некоторые общие вопросы целесообразно рассмотреть в данной главе.

Качество статических исследований определяется выполнением следующих условий:

- соблюдением сроков исследования после инъекции РФП;
- правильной укладкой пациента на процедурном столе;
- правильной центрацией детектора гамма-камеры;
- обеспечением должной экспозиции исследования;
- отметкой анатомических ориентиров;
- выполнении снимков в различных проекциях;
- анализом изображений.

Соблюдение сроков исследования после инъекции РФП необходимо строго выполнять, поскольку различные препараты достигают максимальной концентрации в исследуемом органе через различные промежутки времени. Так, например, максимум накопления в соответствующем органе фитата достигается через 15 мин, макроагрегатов — через 2—3 мин, пирофосфата — через 4 ч, ДМСА — через 5 ч, йодхолестерола — через 7—8 дней после внутривенной инъекции. Исследование в более ранние сроки будет сопряжено с наличием высокого фона тканей, где циркулирует РФП, а в более поздние сроки вообще может не получиться ввиду выведения препарата или распада нуклида.

Правильная укладка пациента на процедурном столе определяется прежде всего положением тела пациента, обращенного в сторону детектора камеры или сканера. Для исследования каждого органа имеются определенные положения тела, выбор которых обусловлен созданием наименьшего расстояния органа относительно поверхности тела. Чем ближе расположен исследуемый орган к поверхности тела, тем меньше ослабляется интенсивность излучения содержащегося в нем РФП, тем выше скорости счета, меньше экспозиция и достигается более четкая визуализация изображения. В горизонтальном положении пациента на спине и исследовании со стороны передней поверхности тела осуществляется сцинтиграфия (или сканирование) лобных долей головного мозга, щитовидной железы, легких, сердца, печени, желчного пузыря и селезенки, костей лицевого скелета, костей таза, лимфатических узлов, содержимого брюшной полости.

В горизонтальном положении пациента на животе и исследовании со стороны спины осуществляется сцинтиграфия теменной и затылочной долей мозга, костей черепа, позвоночника, почек и надпочечников, спинного мозга, а также легких, печени и селезенки, костей таза.

В боковой проекции сцинтиграфия производится только при необходимости исследования теменных и височных долей головного мозга, легких и печени.

Правильная центрация детектора гамма-камеры (или ограничение поля сканирования) осуществляется непосредственно врачом, который на основании костных или других визуально или пальпаторно определяемых анатомических ориентиров обеспечивает оптимальную зону видения детектора. Главным правилом при сцинтиграфии является совмещение центра или зоны исследуемого органа с центром детектора камеры, а при сканировании — помещение предполагаемой зоны в центр поля сканирования. Центр детектора сканера проецируется на поверхность тела пациента в виде светового визира. В гамма-камере световой визир отсутствует, однако центр детектора легко определяется по экрану дисплея, причем одновременно с изображением исследуемого органа, что облегчает его правильную установку.

Обеспечение должной экспозиции исследования определяется сбором достаточного числа импульсов, обеспечивающих статистическую достоверность счета излучения. В сканерах продолжительность исследования зависит от скорости передвижения детектора, которая устанавливается в зависимости от целей и задачи. Если требуется только определение локализации изучаемого органа, то скорость передвижения детектора устанавливается достаточно высокая. Если требуется обнаружение в органе патологических очагов, то скорость передвижения используется медленная. В гамма-камерах продолжительность исследования определяется набором достаточного числа импульсов. Для получения изображения различных внутренних органов установлены определенные показатели набора регистрируемых импульсов. Чем меньше экспозиция снимка, тем меньше вероятность смещения пациента в процессе исследования и тем больше возможность получения достаточно четкого изображения внутренних органов. Сокращение экспозиции может быть достигнуто только путем увеличения величины вводимой активности РФП, что, естественно, сопровождается возрастанием лучевой нагрузки на пациента. Достижение разумного компромисса между выбором величины вводимой активности РФП и продолжительностью исследования является ответственной задачей врача-радиолога.

Отметка анатомических ориентиров позволяет представлять топографию исследуемого органа в теле пациента и выполняется при статической сцинтиграфии. Для каждого органа установлены определенные анатомические ориентиры, которые переносятся на сканограмму или сцинтиграмму. Техника анатомической ориентации состоит из двух этапов. До введения РФП врач-радиолог осматривает пациента и в положении будущего исследования наносит краской на кожу точки анатомических ориентиров. Затем, после исследования, не изменяя положения тела пациента, врач совмещает световой визир сканера или специальный маркер камеры с намеченной точкой, а лаборант переносит отметку на скано-

грамму или сцинтиграмму. Иногда при сцинтиграфии можно использовать и другой принцип, когда на коже пациента в точке анатомического ориентира фиксируется специальный радиоактивный маркер, изображение которого получается на сцинтиграмме одновременно с исследуемым органом. Отметка анатомических ориентиров не всегда обязательна, поскольку требует дополнительного времени и применяется при наличии показаний.

Выполнение снимков в различных проекциях, или полипозиционная сцинтисканиграфия, дает возможность получить более четкую информацию о распределении РФП в изучаемом органе и с большей достоверностью выявлять патологические очаги. Полипозиционная сцинтисканиграфия обязательна при исследовании печени, легких и головного мозга, а также в некоторых других случаях. Существуют типовые проекции: передняя — со стороны лица, груди, живота, задняя — со стороны спины и боковые.

Анализ изображений производится по типовой схеме, включающей следующие показатели: положение изучаемого органа в организме — обычное, смещенное вверх, вниз, латерально, медиально. По данным боковых сцинтиграмм — вентрально, дорсально. Форма — обычная, деформированная за счет увеличения части органа или отсутствия изображения части органа. Величина или размеры на сканограммах определяются путем измерения линейкой в сантиметрах, на сцинтиграммах — путем помещения изображения в специальную координационную сетку. Чаще используется относительный способ характеристики размеров изучаемого органа путем сравнения изображения парных органов, например почек, или одного органа относительно другого, например размера изображения холедоха относительно размера печени.

Оценка распределения РФП в изучаемом органе осуществляется по степени интенсивности черно-белого изображения или сочетания различных цветов на многоцветном изображении. Различают изображение равномерной или одинаковой интенсивности, равномерной, но неодинаковой интенсивности, очагово-неравномерной интенсивности и, наконец, наличие отдельного очага на фоне обычного распределения интенсивности изображения изучаемого органа.

Равномерная одинаковая интенсивность изображения характерна для органов, имеющих одинаковую толщину функционирующих тканей и находящихся в одной плоскости относительно детектора, например для почек. Равномерная, но неодинаковая интенсивность характерна для органов, имеющих неодинаковую толщину функционирующих тканей или располагающихся на неодинаковом расстоянии от детектора, например для печени. Очагово-неравномерная интенсивность характерна для нормального изображения костей, диафизарные отделы которых имеют большую концентрацию РФП, чем метафизы. Такая картина при изучении паренхиматозных органов свидетельствует о поражении органа вследствие перенесенного воспалительного или специфического заболевания. Наличие отдельного очага повышенной или понижающей интен-

сивности на фоне нормального изображения внутреннего органа является признаком кисты, абсцесса или опухоли, а в костях — признаком очагового поражения.

Визуальная оценка сцинтиграммы носит субъективный характер и зависит от квалификации и ответа врача-радиолога, от которого требуется внимательное и тщательное изучение сцинтиграммы.

Динамические радионуклидные исследования. Изучение динамики перераспределения РФП является достаточно точным способом для оценки состояния функции внутренних органов, вследствие чего эти исследования получили широкое распространение в клинической практике. Показанием для динамических радионуклидных исследований являются:

— клинико-лабораторные данные о возможном заболевании или поражении сердечно-сосудистой системы, печени, желчного пузыря, почек, легких;

— необходимость определения степени нарушений функции исследуемого органа до начала лечения, в процессе лечения и в катамнезе;

— необходимость изучения сохранившейся функции исследуемого органа при обосновании операции.

Наиболее широко для динамических радионуклидных исследований используется радиография, т. е. способ непрерывной регистрации изменения активности (выраженной в скорости счета импульсов) в различных органах и тканях с выражением результатов на движущейся бумажной ленте самопишущего прибора в виде кривых. Методики радиографии в зависимости от цели исследования получили собственные названия:

радиокардиография — регистрация скорости прохождения РФП через камеры сердца с целью определения минутного объема левого желудочка и других параметров сердечной деятельности;

радиоэнцефалография — регистрация скорости прохождения РФП через правое и левое полушария мозга с целью определения нарушения мозгового кровотока;

радиоренография — регистрация скорости прохождения РФП через левую и правую почки с целью диагностики нарушений секреторно-экскреторной функции каждой почки;

радиогепатография — регистрация скорости прохождения РФП через паренхиму печени с целью оценки функции полигональных клеток;

радиопульмонография — регистрация скорости прохождения РФП через левое и правое легкое, а также через его отдельные сегменты с целью определения параметров вентиляционной функции каждого легкого и его отдельных сегментов.

Методика радиографии заключается в установке детектора с соответствующим коллиматором над исследуемым органом, инъекции РФП и регистрации активности в течение определенного промежутка времени, в течение которого пациент должен сохранять неподвижность тела. Методика радиографии имеет два существен-

ных недостатка: во-первых, очень трудно в некоторых случаях четко центрировать детектор на исследуемый орган, например на почки; во-вторых, очень сложно выбрать такие технические условия исследования, чтобы регистрируемая кривая укладывалась в ширину бумажной ленты, не выходя за ее пределы. Естественно, эти недостатки при высокой квалификации врача и наличии специальных дополнительных устройств (например, магнитофона) можно свести к минимуму. Получаемая кривая подвергается специальному анализу. Прежде всего выделяются определенные показатели в виде высоты кривой, отражающие уровень относительной активности на определенных временных этапах, которые получили название показателей активности/время. Указанные показатели рассчитываются по специальным формулам и сравниваются с нормальными.

В последние годы динамические радионуклидные исследования проводятся на гамма-камерах, оснащенных ЭВМ. Динамическая ЭВМ-сцинтиграфия имеет ряд несомненных преимуществ по сравнению с радиографией. Более легко осуществляется центрация детектора, получаемая информация регистрируется в памяти ЭВМ и показатели автоматически рассчитываются по специальным программам, одновременно получается информация об анатомо-топографическом состоянии органа и имеется возможность выделения отдельных частей органа. Динамическая сцинтиграфия выполняется в виде получения серии снимков-кадров исследуемой области, экспозиция которых зависит от скорости изучаемых процессов. Например, при исследовании гемодинамики необходимо получение кадров через каждые 0,1 с. При исследовании функции почек достаточно получение кадров каждую 1 мин. Экспозиция и число кадров устанавливаются по специальным программам, и в дальнейшем всеми исследованиями управляет ЭВМ. Кривая строится по точкам, отражающим число зарегистрированных импульсов в каждом кадре и в каждой зоне интереса. При этом необходимо, чтобы число зарегистрированных импульсов в каждой зоне интереса каждого кадра было достаточно высоким для обеспечения статистической достоверности. Эти условия выполняются при соблюдении определенных технических условий, к числу которых относятся: введение оптимальной активности РФП, использование особого динамического коллиматора, характеризующегося высокой чувствительностью, и введение оптимальной экспозиции кадра. Последнее условие может быть скорректировано и после исследования. Например, была установлена экспозиция кадра 0,1 с, а число кадров 1200. При анализе зарегистрированной информации установлено, что число зарегистрированных импульсов в каждом кадре не обеспечивает статистической достоверности. В этом случае представляется возможным дать команду ЭВМ сложить по 5 кадров, а сумму полученных импульсов использовать в качестве одной точки для построения кривой. Таким образом, кривая будет построена не по данным 1200, а по данным 240 точек.

Обеспечение неподвижности тела больного в процессе сцинтиграфии является ответственной задачей, определяющей качество

результатов исследования. Для этой цели лучше всего пользоваться специальными фиксирующими приспособлениями, из которых наилучшим является специальный матрац, наполненный гранулами полужесткого поролона. При укладке больного на такой матрац тело его утопает в сыпучем содержимом. После этого из матраца откачивают воздух и тело пациента прочно фиксируется в образовавшейся индивидуальной форме.

Динамическая сцинтиграфия медленно протекающих биологических процессов используется с целью получения информации об анатомо-топографическом положении и состоянии функции внутренних органов с помощью специальных РФП, которые активно участвуют в физиологическом процессе и в течение времени перераспределяются в организме. Кинетика РФП в этом случае осуществляется достаточно медленными темпами, поэтому для получения четких количественных критериев и оценки такого физиологического процесса достаточно получения серии не непрерывных, а отдельных кадров через определенные промежутки времени. Наиболее часто используются сцинтиграфические исследования поглотительно-экскреторной функции печени и желчного пузыря с применением бенгальского розового или бромсульфана и исследования функции канальцевой секреции почек при использовании меченого гиппурана. Основные технические показатели этих исследований представлены в табл. 5.

Таблица 5

Параметры динамической сцинтиграфии для системы «СЕГАМС» (ВНР)

Наименование методики	РФП	Величина активности в МБк на 1 кг массы	Число кадров	Экспозиция кадра	Количество зон интереса
Реносцинтиграфия	ДТПК	1,5	20	1 мин	4—6
Гепатобилисцинтиграфия	ХИДА	1,6	50	1 мин	4—5
Энцефалосцинтиграфия	Пертехнетат	3	120	1 с	2—6
Ангиокардосцинтиграфия	Пертехнетат	5	300	0,2 с	2—6
Гастросцинтиграфия	Коллоид	0,01	10	1 мин	3

Поскольку при компьютеросцинтиграфии необходимо получение абсолютных и относительных количественных показателей динамики передвижения РФП, меченого короткоживущим нуклидом, сочли целесообразным использование нового понятия — трансфер. Трансфер обозначает изменение во времени регистрируемой величины активности в исследуемой зоне, обусловленное совокупностью всех причин (вследствие механического передвижения, физического распада и биологического разрушения РФП). Итак, трансфер количественно выражается, как и период полураспада,

временем, в течение которого происходит уменьшение числа зарегистрированных импульсов в исследуемом участке поля зрения детектора наполовину, что определяется понятием времени полутрансфера.

Скоростная сцинтиграфия быстро протекающих процессов используется с целью изучения состояния кровообращения путем непрерывной регистрации РФП вместе с кровью в исследуемой области. Скоростные исследования быстро протекающих физиологических процессов используются для изучения особенностей движения крови в камерах сердца, кровообращения головного мозга, визуализации крупных артерий и вен, а также кровоснабжения почек. В этих случаях используются высокие активности препарата, вводимые в малом объеме порядка 0,1—1 мл, чтобы получить изображение так называемого болюса.

Болюс обозначает изображение на сцинтиграмме объема введенного препарата в кровеносном сосуде. Чем меньше болюс, тем более четкие контуры изображения сосудов, камер сердца и паренхимы исследуемых органов можно получить на сцинтиграмме. Обычно препарат вводят в локтевую вену, причем сжимающую манжетку снимают сразу после инъекции препарата. Некоторые авторы предпочитают с целью уменьшения величины болюса производить введение препарата через катетер, проникающий от локтевой до верхней полой вены.

Помимо разделения сцинтиграфии на указанные выше три группы в зависимости от техники исследования, некоторые авторы выделяют два вида сцинтиграфии в зависимости от поведения РФП, которое определяет основную диагностическую информацию, позитивную и негативную сцинтиграфию. Под позитивной сцинтиграфией понимают преимущественное накопление РФП в патологическом образовании по сравнению с нормально функционирующими тканями исследуемого органа. Так, например, пирофосфата накапливается преимущественно в скелете, однако еще большее накопление его отмечается в опухолях костей или в формирующейся мозоли после перелома. Блеомин накапливается преимущественно в тканях злокачественных опухолей. Пертехнетат задерживается в тканях мозга только при наличии поврежденных кровеносных сосудов. Во всех этих случаях наличие повышенного накопления РФП в каком-либо участке исследуемого органа будет свидетельствовать о наличии патологического очага.

При негативной сцинтиграфии используют РФП, которые характеризуются тропностью к нормально функционирующей ткани органа, и в местах патологического очага накопление их отсутствует или значительно уменьшено. Таким образом, при негативной сцинтиграфии получение изображения исследуемого органа, на фоне которого определяется участок пониженной контрастности, является признаком наличия патологического очага. К методикам негативной сцинтиграфии относится, например, гепатосцинтиграфия. По-видимому, терминологически использование понятий

позитивной и негативной сцинтиграфии не оправдано, поскольку ряд методик несет двойную информацию и выделять их не представляется возможным. Например, при тиреосцинтиграфии в одних патологических очагах щитовидной железы может быть повышенное накопление («горячие» узлы), а в других пониженное накопление РФП («холодные» узлы). Сам же принцип диагностического значения повышенного или пониженного накопления РФП в патологическом очаге, естественно, должен учитываться при выполнении каждого исследования. Накопление РФП в опухолях головного мозга обусловлено нарушением проницаемости гематоэнцефалического барьера, избыточное накопление фосфатов в костных патологических образованиях связано с усилением минерального обмена, причина концентрации пирофосфата в области инфаркта еще вообще четко необъяснима. Накопление цитрата галлия будто связано с особенностями собственно опухолевого роста. Четкое научное обоснование имеет пока сцинтиграфия надпочечников, которая условно может быть отнесена к методикам позитивной сцинтиграфии, поскольку визуализируется не только и не столько патологический очаг, а патологически измененный орган — надпочечник. Однако, несмотря на отсутствие до сих пор строго специфичных к патологическим очагам РФП, некоторые методики позитивной сцинтиграфии получили широкое распространение в клинической практике, а отдельные из них могут быть отнесены к числу обязательных. Так, остеосцинтиграфия является обязательным способом обследования больных раком молочной, предстательной железы, раком легкого без наличия признаков поражения скелета, а при показаниях используется и при других заболеваниях.

Отсутствие очагов повышенного накопления фосфатов в скелете является достоверным признаком отсутствия метастазов в кости и, таким образом, определяет план оптимального лечения больного. Наличие очагов повышенного накопления фосфатов в скелете примерно в 85% случаев свидетельствует о наличии метастазов в кости. В 15% случаев при наличии только одного очага возможны ошибки, которые обусловлены следующими причинами:

- наличием у больного травматического повреждения кости, в том числе и с длительным многолетним анамнезом;
- наличием у больного подагры или ревматического артрита, особенно в стадии обострения;
- нечеткой визуализацией очага накопления на фоне окружающей здоровой костной ткани.

6. Радионуклидная диагностика *in vitro*

Радионуклидная диагностика *in vitro*, в частности радиоиммуноанализ (РИА), базируется на использовании меченых соединений, которые в отличие от РФП, применяемых *in vivo* при исследовании, не вводятся в организм пациента, а смешиваются в пробирке с анализируемой плазмой крови пациента. В основе практиче-

ски всех вариантов находится конкуренция между меченым радионуклидом веществом и его измеряемым аналогом в неизвестной пробе крови за комплексообразование со специфическим связывающим соединением (антителом или белком-носителем). При этом величины связывания меченого радионуклидом вещества будут находиться в строгом соответствии с их молярными концентрациями в реакционной смеси. Метод РИА является высокоспецифичным и на порядок более чувствительным по сравнению с другими лабораторными методами, используемыми с аналогичной целью.

В настоящее время методики РИА разработаны для более чем 400 соединений различной химической природы и применяются в следующих областях медицины:

1) в эндокринологии для диагностики сахарного диабета, патологии гипофизарно-надпочечниковой и тиреоидной систем, выявления механизмов других эндокринно-обменных нарушений;

2) в онкологии для ранней диагностики злокачественных опухолей и контроля за эффективностью лечения путем определения концентрации альфа-фетопротеина, раковоэмбрионального антигена, а также более специфических туморальных маркеров;

3) в кардиологии для диагностики инфаркта миокарда путем определения концентрации миоглобина, контроля лечения препаратами дигоксин, дигитотоксин;

4) в педиатрии для определения причин нарушений развития у детей и подростков (определение соматотропного гормона, тиреотропного гормона гипофиза);

5) в акушерстве и гинекологии для контроля за развитием плода путем определения концентрации эстриола, прогестерона, в диагностике гинекологических заболеваний и выявления причин бесплодия женщины (определение лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов);

6) в аллергологии для определения концентрации иммуноглобулинов Е и специфических реагинов;

7) в токсикологии для измерения концентрации в крови лекарственных веществ и токсинов.

В радиоиммунологическом анализе используется ряд специфических терминов.

Антиген (вещество, которое индуцирует образование антител) в РИА обозначает содержащееся в плазме крови пациента биохимическое соединение, концентрацию которого следует определить. Следовательно, термин «Антиген» может быть синонимом определяемого вещества, например, гормона или фермента, так как для каждого из них получены антитела.

В РИА одно и то же вещество выступает в трех разных ролях: 1) в виде субстанции, используемой для генерации антител против самого себя, 2) в виде меченого радионуклидом вещества — меченый антиген, 3) в виде вещества исследуемой пробы, концентрацию которого следует определить.

Антитело представляет собой гамма-глобулин, который обладает способностью специфического взаимодействия с определен-

ным антигеном. В РИА используются антитела, производимые в заводских условиях и определяемые как антисыворотка.

Иммунный механизм эволюционировал как средство защиты организма против всего чужого, или антигенного, и, следовательно, потенциально опасного. На проникновение «чужого» организм реагирует мобилизацией особой популяции лейкоцитов, часть которых может фагоцитировать чужеродный материал, например вирусы, бактерии, а другая часть вырабатывать антитела против этих проникших в организм антигенов. Антитела принадлежат к группе гамма-глобулинов и называются иммуноглобулинами, которые подразделяются на пять основных групп. В каждой группе много подгрупп. При помощи этих вариаций можно добиться взаимодействия антител только со специфическими антигенами.

Антитело, будучи сложной белковой молекулой, имеет довольно специфическую трехмерную конфигурацию, определенные участки молекулы которых открыты и доступны для взаимодействия с антигенами. Конфигурация молекулы антитела в открытом участке определяется свойствами молекулы именно того антигена, который может быть связан антителом в этом локусе. Обычно этот механизм образно описывается как феномен «замка» и «ключа». Антитело как «замок» акцентирует на своих специфически связывающих местах (сайтах) только те антигены («ключи»), которые имеют соответствующую конфигурацию, что и определяет их высокую специфичность.

Однако не все молекулы антитела имеют идентичную структуру. Скорее, часть будет иметь одинаковую композицию, другая — будет проявлять значительную вариабельность в аминокислотной последовательности. Если такая вариабельность присуща участку молекулы, с которым комплексируется антиген, это обуславливает гетерогенность антител и изменение специфичности теста на определяемое вещество. Гетерогенность антител обуславливает явление перекрестной реактивности, так как некоторые из молекул антитела имеют очень низкое сродство к индуцировавшему их антигену и поэтому могут взаимодействовать и с другими молекулами. Перекрестная реактивность может объясняться и тем, что антитело не способно различить некоторые антигены вследствие их структурного сходства. Последняя вероятность тем меньше, чем специфичнее антитело.

Большая часть антител, обнаруженная в крови, относится к подклассу иммуноглобулинов, являющихся двухвалентными. Это означает, что они способны взаимодействовать с двумя идентичными молекулами антигена. Антигены могут быть одно-, двух- или поливалентными. Валентные свойства антител и антигенов в значительной мере определяют тип реакции, которая будет происходить между ними в системе. При корректном соотношении поливалентные антигены могут комплексоваться с двухвалентными антителами, образуя трехмерные решетчатые структуры, которые образуют преципитаты и агрегаты. В классических реакциях РИА получается растворимый комплекс. Однако при избытке антител

образуемые комплексы являются нерастворимыми. При РИА осадок отделяют от раствора и подвергают радиомерии.

Реакции РИА подчиняются фундаментальным правилам химии. Если в растворе присутствует антиген (A_G) и специфическое антитело (A_T), то между ними устанавливается динамическое равновесие:

$$\frac{A_G A_T}{A_G \cdot A_T} = \frac{K_1}{K_2} = K,$$

где $A_G \cdot A_T$ и $A_G A_T$ — молярные концентрации антигена, антитела и комплекса антиген—антитело; K — константа равновесия в направлении образования комплекса $A_G A_T$. Константы скоростей реакции, продолжающихся минутами, часами и т. д. Например, если K_1 больше K_2 , то реакция будет идти до образования комплекса $A_G A_T$, а значение константы равновесия K будет больше 1.

Точная природа взаимодействия антиген—антитело остается неизвестной, однако обычно принимают, что система достигает равновесия во время инкубационной фазы. Согласно закону действия масс при условии равновесия, отношение связанного антигена (B —Bound) к свободному (F —Free) $B/F = A_G A_T$. В типичной радиоиммунологической процедуре концентрация свободного антигена в находящегося в равновесии антитела описывается уравнением:

$$[A_G] = [A_{G1} - A_G A_T] \text{ и } [A_T] = [A_{T1} - A_G A_T],$$

где $[A_G]$ и $[A_T]$ — молярные концентрации соответственно антигена и антитела; A_{G1} — A_{T1} — исходные концентрации этих компонентов. Отсюда истинное отношение связанного антигена к свободному описывается:

$$B/F = [A_G A_T] / [A_{G1} - A_G A_T].$$

Для РИА используется меченый радионуклидом антиген, который ведет себя так же, как «холодный», поэтому

$$B^*/F^* = [A^*_G A_T] / [A^*_{G1} - A^*_G A_T],$$

где A_{G1}^* — исходное количество меченого антигена; $A_G^* = A_T$ — количество связанного с антителом меченого антигена.

Источником радиоактивного $A_G^* A_T$ в реакции радиоиммунотестирования является $A_G + A_G^* + A_T \rightleftharpoons A_G A_T + A_G^* A_T$. Отсюда очевидно, что, если концентрация немеченого антигена A_G будет увеличена при постоянной концентрации меченого антигена A_G^* , первый займет большее число связывающих мест антитела. Результатом этого будет снижение концентрации связанного меченого антигена $A_G A_T$. Следовательно, отношение B^*/F должно уменьшаться по мере увеличения в реакционной смеси холодного антигена. Поскольку немеченый антиген получен от пациента, B^*/F^* отражает количество вещества, присутствующего в тестируемой пробе. Изменение этого отношения является небольшим тогда, когда концентрация антигена в плазме мала по сравнению с концентрацией меченого антигена.

Для РИА считается достаточным 50% связывание меченого антигена в отсутствие холодного антигена. Если константа равновесия низкая, количество антител, необходимых для адекватного связывания антигена, должно быть увеличено. Вместе с тем, если оценивается конкуренция «холодного» и меченого антигенов за связь с антителом, избыток свободного антитела будет сильно редуцировать эффект «холодного» антигена в системе. Чувствительность тест-системы для «холодного» антигена окажется низкой и в том случае, если меченый антиген имеет низкую удельную радиоактивность. В этом случае для удовлетворительного связывания меченого антигена также потребуются ввести в систему больше антител.

Важно отметить, что в разных коммерческих наборах используются различные способы, чтобы избежать построения кривых В/Г. В наибольшем ходу формула $V/V_0 \cdot 100$, т. е. вычисление процента связывания меченого антигена в присутствии немеченого конкурента (V) по отношению к связыванию меченого антигена в присутствии конкурента (V_0). Однако химической основой РИА является отношение В/Г.

Реагенты, используемые в радиоиммунологическом анализе. Растворы и буферы. Все реакции РИА включают использование разного типа растворов: буферных, солевых и т. п. Концентрация различных веществ в таких растворах должна быть точной. Ее значительные колебания могут или блокировать желаемую реакцию, или спровоцировать ошибочные результаты. Особенно важны буферные растворы для обеспечения определенного рН. Как и большинство биохимических реакций, реакция антиген—антитело с наибольшей эффективностью протекает в относительно узких пределах рН, а буферные растворы поддерживают рН в желаемом значении. Если величина рН реакционной смеси значительно отличается от оптимальной, реакция может вообще не состояться.

Антисыворотка. В системе радиотестирования чаще всего используется разбавление антител до того предела, при котором связывается примерно 50% меченого антигена. При этом отношение радиоактивности связанной фракции к свободной будет 1:1. Поскольку в РИА используют очень большие разбавления антисыворотки, высокий титр антител не считается важным при их отборе. Антисыворотку получают по разным схемам иммунизации морских свинок или кроликов. Крупные виды животных лучше подходят для получения вторичных антител преципитирующей антисыворотки, которая требуется в относительно больших объемах.

Иммуноген, антиген, лиганд — вещество, используемое для иммунизации. Белки с молекулярной массой выше 5000 являются обычно хорошими иммуногенами. Пептиды с меньшей молекулярной массой слабо иммуногенны, но их можно конъюгировать с большими молекулами-носителями для повышения иммуногенности. Конъюгировать необходимо и такие вещества, как стероиды.

тиреоидные гормоны, простагландины и многие лекарственные препараты. В качестве носителей используют высокоиммуногенные вещества типа альбумина и тироглобулина. Для того чтобы конъюгат был хорошим иммуногеном, отношение гаптена к белку должно составлять по крайней мере 15:1. Исключение составляет дигоксиц, который высокоиммуногенен при конъюгировании с альбумином почти в эквимолярных концентрациях.

Если иммуноген — естественный экстракт, его абсолютная чистота не обязательна. В некоторых случаях слишком высокая чистота создает неудобства, хотя всегда необходимо очищать иммуноген от присутствия загрязняющих веществ, близких к иммуногену. При использовании синтетических иммуногенов высокая химическая чистота в сочетании с высокой биологической активностью совершенно необходима для того, чтобы исключить наличие близких по свойствам веществ.

Для выработки антител с максимальной «жадностью» к антигену необходимо брать для иммунизации очень малое его количество, в среднем 100 мг. Промежутки между иммунизациями должны быть настолько длительными, насколько это практически допустимо. Антисыворотку обычно собирают в период пика образования антител, через 10—14 дней после последней инъекции. При множественных внутрикожных инъекциях максимальные титры антител появляются через 8—10 нед и остаются достаточно длительное время.

Меченый антиген. Важными критериями пригодности этого реагента для РИА являются: 1) высокая чистота антигена, 2) возможность введения радионуклида метки без утраты иммунореактивности антигена. Поскольку многие антигены представляют собой полипептиды, содержащие тирозильные остатки, их легко метить радиоактивным йодом. Чаще всего в качестве метки используется ^{125}I , так как ^{131}I имеет более короткий период полураспада, хотя и отличается меньшим изотопным насыщением, низкой скоростью счета и большим радиационным повреждением молекулы. Вещества с меньшей молекулярной массой, не содержащие тирозильных остатков, метят ^3H или ^{14}C , хотя низкая удельная радиоактивность ^{14}C -меченых соединений резко ограничивает их применение в РИА.

Для стойких пептидных соединений, содержащих тирозильные остатки, наиболее удачным оказался хлораминовый — T-способ мечення ^{125}I , хотя в последние годы все большую популярность приобретает метод йодирования с лактопероксидазой. При отсутствии тирозильных остатков в молекулах йодируют гистидиновые остатки, двойные и тройные углеродные связи и т. п. Но йодированные таким образом вещества часто оказываются нестойкими или быстро теряют иммунореактивность.

Вещества, меченные ^{125}I по тирозину, сохраняют стабильность в течение многих недель при температуре -30°C ; значительных температурных колебаний они не переносят. После завершения реакции мечення для очистки этого пептида достаточно провести гель-

фильтрацию, адсорбцию на целлюлозе или силикатах и последующее элюирование.

Стандарты. Количественное выражение результатов РИА основывается по сравнению реакций тестируемого материала (плазмы или сыворотки) с реакциями стандарта, который должен проявлять иммунохимическую идентичность тестируемого материала.

Материалы, используемые в качестве стандартов, можно разделить на три категории: 1) высокоочищенные гомогенные антигены, полученные от тех же самых видов, что и измеряемый материал, 2) частично очищенные антигены, которые могут использоваться как временные стандарты до тех пор, пока не появятся стандарты первой категории, 3) цельная плазма, грубые экстракты из ткани или моча, бактериальные или вирусные антигены, которые используются на ранних этапах разработки теста при отсутствии стандартов первой и второй категории. Иногда используют стандарт первой категории от другого вида, чем измеряемое вещество, если доказано, что данная тест-система не отличается одна от другой.

Проба плазмы или сыворотки, подлежащей тестированию, является последним реагентом РИА. Она должна содержать истинный антиген, идентичный или аналогичный немеченому стандартному антигену. До того как проба будет действительно представлять желаемую субстанцию, которую предстоит определить, могут потребоваться некоторые манипуляции по ее выделению или очистке. Например, тироксин связан с сывороточными белками и во многих системах должен быть перед определением отделен от этих белков. Такая процедура обязательна, поскольку эти белки сами выступают как биндеры, связыватели, в конкуренции с тироксиновыми антителами и могут представлять молекулы тироксина в форме, отличающейся от стандартной.

Процедура радиоиммунотестирования. Чтобы произошла реакция РИА, все ее компоненты инкубируют вместе. Конкуренция между меченым и натуральным лигандами происходит одновременно, пока не будет достигнуто равновесие между лигандами и антителом. Объем инкубационной смеси варьирует в зависимости от способа разделения свободной и связанной фракции. При использовании вторичных антител инкубационный объем не превышает 1 мл. Когда для разделения применяют такие адсорбенты, как тальк, уголь и смолу, объем составляет 2—3 мл. Использование большого объема имеет следующие преимущества: уменьшается фракция супернатанта, захваченного преципитата или адсорбированного на стенках пробирки, а также адсорбция антигена вследствие снижения коэффициента поверхность/объем.

При одностадийном способе, когда меченый и немеченый антигены инкубируются вместе с антисывороткой, реакцию обычно доводят до равновесия. При температуре 4 °С связи между антигеном и антителом в процессе инкубации более прочные, поэтому более чувствительные тесты РИА обычно осуществляют при 4 °С, однако для достижения равновесия требуется 2—6 дней. Чем выше

температура инкубации, тем меньше срок инкубации. Так как в условиях клиники требуется максимально ускорить ответ, то в большинстве реакций инкубация осуществляется при комнатной температуре или даже при 37 °С.

Разделение свободной и связанной фракций. При выборе разделяющей системы необходимо принимать во внимание следующие факторы: полноту разделения свободной и связанной фракций, воспроизводимость полноты разделения, объем инкубационной смеси, влияние системы и температуры разделения на равновесие реакции антиген—антитело, влияние вариаций в концентрации плазмы на целостность меченого антигена с возможными последующими изменениями его поведения в разделяющей системе. Для отделения связанного компонента реакции от свободного используют несколько способов: осаждение связанной фракции с помощью вторичных антител, адсорбцию свободной фракции на угле, смоле, полипропиленовых пробирках и другие, более редкие. Наиболее надежным способом является осаждение на стенках пробирок, когда даже не требуется использовать центрифугирование.

Концентрация радионуклида в связанной или свободной фракции измеряется с помощью гамма- или бета-счетчика в зависимости от метки антигена. Следует помнить, что высокая удельная радиоактивность меченого антигена обеспечит высокую скорость счета и позволит получить более высокую точность в статистике счета гамма-излучения. Измеренная величина активности отражает относительные количества связанной и свободной фракций.

Обработка и оценка результатов. Обычно результаты тестов РИА выражают графически в виде кривой доза—ответ. Поскольку к антителу можно добавить серию известных количеств немеченого антигена, полученную стандартную кривую строят путем отложения в системе координат определенной концентрации антигена против активности связанного компонента. Например, если в раствор с антителом было внесено 400 нг немеченого вещества и его меченая форма, то конкуренция между ними за связывающие места антитела проявится в том, что в связанном состоянии окажется 60% от внесенной активности. Если в раствор, содержащий антитело и меченый антиген, внести 800 нг немеченого антигена, произойдет замещение большого количества его меченой формы в комплексе меченый антиген—антитело и связанная активность составит только 30%. По стандартной кривой считывается количество антигена в тестируемой плазме. Координатные системы подбираются таким образом, чтобы добиться максимальной чувствительности теста при измерении очень низких концентраций вещества и получить общий большой размах чувствительности, когда ожидаются широкие вариации уровней измеряемой субстанции в тестируемых пробах. Выбирается и специфический график, способный дать достоверное отражение истинного количества измеряемого вещества, особенно при его минимальном содержании в пробе.

Лучший способ сравнения калибровочных кривых — построение их по типу $\frac{B}{B_0} \cdot 100$ против разных концентраций стандартов, где B_0 — максимальное связывание, принимаемое за 100%, поскольку в системе меченый антиген — антитело нет конкурента; $B = C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$, т. е. связывание происходит в присутствии разных концентраций стандартного антигена, ибо в этом случае все кривые исходят из одной и той же точки. Поэтому, если данная тест-система дает хорошее воспроизведение результатов, калибровочные кривые должны накладываться друг на друга.

Таким образом можно устанавливать воспроизводимость кривых при анализе качества реагентов одной или разных партий, а также при сравнении двух наборов разных производителей (при условии однозначности принципа теста и способа построения кривой доза — ответ).

Общий счет (T) — величина, необходимая для оценки неспецифического (NSB) и максимального (B_0) связывания. По пробиркам определяют также точность пипетирования. Для этого в несколько пробирок вносят одинаковый объем раствора, содержащего радиоактивное вещество, и определяют процент отклонения показателя скорости счета для каждой пробирки от полученного среднего значения, M .

Неспецифическое связывание — связывание меченого антигена с такими нежелательными элементами, как стенки пробирок или неспецифический осадок. При хорошем разделении неспецифическое связывание составляет менее 5%.

Максимальное связывание (B_0) определяется в пробирках, куда вносят все компоненты реакции, кроме «холодного» антигена (стандарт, неизвестная плазма), поэтому связывание меченого лиганда при отсутствии конкурента является максимальным. Для определения реагентоспособности антитела показатель активности комплекса меченый антиген — антитело (B_0) относят к общей скорости счета пробы (T) и умножают на 100. $\frac{B_0}{T} \cdot 100 = M\%$ связывающей активности тест-системы. В идеале этот параметр должен быть близким к 50%. Чем он ниже, тем хуже чувствительность тест-системы, поскольку калибровочная кривая будет более полой и ее «рабочий» отрезок удлинится. При высоком значении B_0 чувствительность тест-системы увеличивается, но «рабочий» отрезок кривой сократится. Например, при $B_0 = 40\%$ могут быть измерены концентрации раково-эмбрионального антигена от 5 до 320 нг/мл, а при $B_0 = 60\%$ — с 1,25 до 180 нг/мл, но в этих пределах чувствительность повысится. Величина B_0 служит показателем сродства антител, емкости антител, неповрежденности меченого антигена, изменений условий тестирования, стабильности всех реагентов наборов, полноты центрифугирования.

Контрольная проба. Многие стандартные наборы имеют контрольные сыворотки с известным содержанием определяемого вещества. Кроме того, в лаборатории можно иметь свои пулы

сыворотки и плазмы, которые вводят при необходимости в виде отдельных проб при каждой реализации очередного набора. Эти пробы в отдельных пробирках следует заморозить и использовать по мере надобности.

«Рабочий» отрезок калибровочной кривой. Это наиболее линейная и чувствительная часть кривой. В то же время это наиболее стабильная часть кривой, которая не должна сильно варьировать от одного набора к другому. По ней легко установить, насколько отличаются наборы одной партии и наборы разных партий. По концентрации стандартов, соответствующих $\frac{B}{T} \cdot 100 = 20\%$

и $\frac{B}{T} \cdot 100 = 80\%$, определяют «рабочий» отрезок калибровочной кривой, обеспечивающий наибольшую точность анализов (в этих пределах кривой результаты наиболее воспроизводимы).

Специфичность — это степень свободы от примесей, дающих перекрестные реакции с определяемой субстанцией. Специфичность теста определяется в первую очередь специфичностью первичной антисыворотки. Специфическое антитело способно отличить измеряемое вещество от других очень близких субстанций. На специфичность влияют также процедура мечення вещества радионуклидом и техника разделения. Результаты могут искажать неродственные, неспецифические элементы биопробы (альбумин, лекарства). При испытаниях новых наборов специфичность или, вернее, перекрестную реактивность определяют следующим образом. Разные концентрации вещества (С), например кортизола, откладывают на оси абсцисс. На оси ординат откладывают соответствующие значения $\frac{B}{T} \cdot 100 = \%$, где $B = C_0, C_1, \dots, C_n$, т. е. C_0 равно нулевой концентрации, $C_1 = 1, C = 1 \cdot 10$. Строят калибровочную кривую для кортизола. На оси ординат находят точку $\frac{1}{2} \cdot \frac{C_0}{T} \cdot 100$, т. е. $50\% \frac{C_0}{T}$, из которой проводят прямую, параллельную оси абсцисс.

Предположим, для кортизола $50\% \frac{C_0}{T} = 2,5$ нг/проба. Необходимо

установить процент перекрестной реактивности для других стероидов, например альдостерона, тестостерона и т. п. Делают точно также же разведения концентрации названных веществ и строят для них кривые на том графике, где уже лежит кривая для кортизола. Если кривая альдостерона пересекает перпендикуляр, восстановленный из точки $50\% \frac{C_0}{T}$ для кортизола, налицо перекрестная реактивность. Ее процент вычисляется так. Если для альдостерона $50\% \frac{C_0}{T}$ по графику соответствует 9000 нг/проба, то его

конкуренция кортизолу в данной тест-системе составит $2,5/9000 \cdot 100\% = 0,028\%$. Если кривая для тестостерона не пересекает перпендикуляр, то тестостерон в данной системе не конкурирует с кортизолом.

Другой вариант вычисления процента перекрестной реактивности (ПР) можно сделать по формуле:

$$\text{ПР} = \frac{50\% \text{ А}}{50\% \text{ Д}} \cdot 100,$$

где 50% А — количество одного вещества, способного связать 50% антитела (например, 0,05 нг); 50% Д — количество другого вещества, связывающего 50% антитела (например, 50 нг) в той же тест-системе. В этом случае ПР для Д по отношению к А составит:

$$\text{ПР}_1 = \frac{0,05}{50} \cdot 100 = 0,1\%.$$

Наименьшее количество вещества, определяемое с помощью данного теста, позволяет судить о чувствительности. Обычно в характеристике реагентов набора приводится величина чувствительности, которая устанавливается производителем предварительно в оптимизированных тестах. Для исследования нужно знать, что чувствительность максимальна при максимальном связывании $V_0/T \cdot 100$. При рутинных исследованиях этот параметр определяется по стандартной кривой, принимая за пределы чувствительность $V/V_0 \cdot 100 = 95\%$ и находя на оси абсцисс соответствующую этому значению концентрацию стандартного вещества.

Точность (precision) означает степень воспроизводимости теста, т. е. способность давать одинаковый ответ при повторном тестировании той же самой пробы. Проверка точности тестирования включает оценку 3 параметров:

а) воспроизводимость стандартной кривой для разных партий реагентов. Кривые можно считать воспроизводимыми, если для каждой партии $V/V_0 \cdot 100 = 50\%$ будет соответствовать одной и той же средней концентрации с коэффициентами вариабельности менее 2%;

б) воспроизводимость внутри одного тестирования, т. е. при проведении реакции с одним набором реагентов внутри одной лаборатории (intraassay). Определяют концентрацию вещества в нескольких репликатах одновременно (лучше не менее 10) для 3 вариантов контрольной сыворотки или плазмы: с высоким, средним и низким содержанием в них этого вещества. Вычисляют коэффициент вариабельности для каждой концентрации. Если он превышает 10%, качество тест-системы неудовлетворительное; если коэффициент отклонения 2% или менее — отличное. Есть упрощенный вариант данного теста. Определяют концентрацию вещества в 20 репликатах одной и той же контрольной сыворотки. Если из интервала $M \pm 2\sigma$ «выпадает» только одна из 20 проб, качество тест-системы хорошее, если 2—3 пробы — неудовлетворительное;

в) воспроизводимость при тестировании одних и тех же контрольных проб при использовании наборов реагентов данной тест-системы лучше выполнять в разных лабораториях (interassay). В этом случае предельной величиной коэффициента вариабельно-

сти считается 15%. Тест на точность позволяет также оценить квалификацию сотрудников, осуществляющих процедуру радиоиммуноанализа, влияние тех или иных факторов (температуры, длительности инкубирования, качества центрифугирования).

Надежность тест-набора означает, насколько точно полученная величина соответствует истинной. Этот параметр зависит от совокупности 3 предыдущих, а также от качества стандарта. Проверка надежности осуществляется с помощью теста «на открытие» и теста «на параллелизм». Тест «на открытие» осуществляется следующим образом: к одинаковым аликвотам контрольной плазмы с известной концентрацией определяемого в данной тест-системе вещества (например, 5 нг) доливают разные концентрации стандартного вещества (например, 100, 200, 400, 800 нг) и измеряют такие пробы. Определить процент «открытия», т. е. степень приближения к истинному содержанию вещества, в пробе можно следующим образом (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Определение процента «открытия»

Исследуемая субстанция	Количественная характеристика проб			
	105 (5+100)	205 (5+200)	405 (5+400)	805 (5+800)
X — суммарное количество вещества в пробе, равное нг	105	205	405	805
Y — «открытое» количество вещества в пробе, равное нг	98	201	408	816
Y/X · 100 — процент «открытия»	93,3	97,5	100,7	101,2

Если вычисленный затем коэффициент вариабельности будет лежать в пределах 10%, надежность удовлетворительна, если выше — плохая.

Тест «на параллелизм» означает определение концентрации вещества в последовательных разведениях контрольной плазмы, соответствующих разведениям стандартной субстанции (например, каждая последующая концентрация меньше предыдущей в 2 раза).

Стандартную кривую и кривую контрольных разведений строят на одном и том же графике в логарифмическом масштабе. Надежность проверенной тест-системы указывает линейный характер кривой связывания контрольной плазмы и ее параллельность стандартной кривой. При проведении теста «на параллелизм» важно разводить контрольную плазму тем же растворителем, что и стандартную субстанцию. Пробирки с контрольной плазмой следует помещать равномерно через каждые 5—10 других проб. Это обеспечивает уверенность в качестве контроля.

Унифицированная система проверки качества наборов реагентов для радиотестирования *in vitro* является залогом получения не

только высокодостоверных результатов научного исследования и ответственного клинического показателя, но и позволяет иметь объективную аргументацию при выборе того или иного набора для рутинных клинических анализов. Кроме того, несоответствие коммерческого набора одному или нескольким количественным параметрам может служить основанием для составления на данный набор рекламы.

Радиотестирование, основанное на иммунных принципах. Для некоторых веществ вместо антител используют натуральные специфически связывающие белки: транспортные белки плазмы или рецепторные белки. Эти специфически связывающие белки позволили разработать методы конкурентного белкового связывания (КБС) и радиорецепторного тестирования. Перед РИА оба метода имеют то преимущество, что связывающие реагенты легко доступны и воспроизводимы.

Конкурентное белковое связывание. Этот способ основан на конкуренции между тироксином (лигандом) и его меченым аналогом в растворе, содержащем связывающий агент (биндер). В данном случае тироксинсвязывающий глобулин после инкубирования, в процессе которого меченый и немеченый тироксин связывается биндером в соответствии с их относительными концентрациями, проводят разделение свободной и связанной фракций и измеряют радиоактивность одной из них (чаще осадка). Таким образом, принцип и общая последовательность этого метода аналогичны РИА. Однако между ними имеется несколько основных различий. Обычно РИА-система по сравнению с КБС имеет более высокие константы сродства, поэтому она чувствительнее к низким концентрациям измеряемого вещества: антитела выбирают сами, а при КБС необходимо устранять перекрестно реагирующие белки и другие интерферирующие биндеры. В настоящее время метод КБС широко используют для измерения содержания таких веществ, как тироксин, кортизол, кортикостерон, кортизон, 11-дезокортизол, прогестерон, тестостерон, витамин В₁₂, витамин D, фолиевую кислоту и др.

Радиорецепторное тестирование. В качестве связывающих агентов, биндеров, в последние годы стали использовать тканевые рецепторы. Поскольку гормоны оказывают свое воздействие через посредство рецепторных мест (сайтов) на клеточной мембране или в цитоплазме клеток, эти участки проявляют весьма высокую специфичность во взаимодействии с гормонами. Кроме того, у них, как правило, очень высокая константа сродства. Наконец, весьма существенным моментом является то, что эти сайты относятся не к иммунологической, а к биологической активности гормонов. Последнее особенно важно тогда, когда необходимо измерить активную форму вещества, т. е. система радиорецепторного тестирования наиболее близко отражает истинно физиологическое содержание получаемого результата. Радиорецепторное тестирование сейчас с успехом используется для измерения эстрогенов, кортикотропина гипофиза, пролактина, лютеотропина, хорионическо-

го гонадотропина, инсулина, глюкагона, гормона роста, циклического аденозинмонофосфата и других веществ.

Этот метод требует использования клеточной системы, которая содержит рецепторы для определения веществ. Например, жировая клетка имеет мембранные рецепторы для кортикотропина и тиротропина гипофиза, адреналина и глюкагона. Стероидные гормоны связываются внутриклеточными рецепторами. Поэтому способы приготовления тканевых рецепторов могут быть самыми разными. Например, для измерения эстрогенов гомогенизируют ткань кроличьей матки и с помощью центрифугирования выделяют цитозольную фракцию, содержащую эстрогеновые рецепторы. Эта фракция используется в качестве биндера, за который конкурируют в инкубационной среде радиоактивный и «холодный» эстрогены. Затем связанный и свободный компоненты разделяют и измеряют радиоактивность одного из них. Следовательно, принцип радиорецепторного тестирования остается таким же, как для РИА и КБС, т. е. происходит конкурентное связывание меченого лиганда.

К преимуществам метода радиорецепторного тестирования относят следующие: 1) высокую константу сродства, 2) уникальную специфичность связывающего агента, рецептора, 3) возможность определения величины биологической активности вещества, поскольку рецептор узнает только его биологически активный участок, 4) перекрестную реактивность рецепторов от разных видов млекопитающих, позволяющую использовать ткани животных для определения человеческих субстанций, 5) возможность использования одного и того же тканевого препарата (биндера) для измерения разных веществ.

К недостаткам радиорецепторного тестирования относится нестабильность сайтов рецепторов, которые легко повреждаются в процессе приготовления препарата, и плохая растворимость рецептора. По мере преодоления этих трудностей радиорецепторное тестирование станет не менее привычным, чем РИА.

Глава II

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Использование радионуклидов для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний исторически явилось одной из первых методик радионуклидной диагностики, состоявшей в определении скорости прохождения вводимого в локтевую вену индикатора от «руки до руки». Еще в 1927 г. Blumgart и Weiss для изучения кровообращения вводили больным радий С и регистрировали камерой Вильсона скорость достижения препаратом сердца. Особым вниманием

пользовалась методика изучения скорости тканевого кровотока, отличающаяся простотой исполнения и надежностью получаемой информации. Больному внутривенно, подкожно или внутримышечно в малом объеме вводили раствор ^{24}Na , а позднее ^{133}Xe с последующим измерением скорости снижения активности из дещо. С развитием техники радиометрии сформировалась методика так называемой радиокардиографии, позволяющая рассчитывать с известной долей точности ряд показателей сердечной деятельности: минутный объем сердца, время рециркуляции и др. Основоположником радиокардиографии являются Prinzmetal и соавт. (1948), которые впервые получили кривую у больного путем регистрации над областью сердца внутривенно введенного ^{24}Na . Эта методика была несложной, малотравматичной и получила широкое распространение в клинике. Действительно, для определения информации о транспорте РФП через сердце достаточно было установить один детектор над областью сердца и в течение 1 мин после его внутривенной инъекции произвести непрерывную регистрацию интенсивности излучения при малой постоянной времени 0,1—0,3 с. После появления гамма-камер представилась возможность получать сцинтиграфические изображения камер сердца, а подключение к гамма-камере современных компьютеров и синхронизация сцинтиграфической картины с электрокардиограммами позволили рассчитывать также такие важные параметры, как объем фракции выброса левого желудочка. Таким образом, в настоящее время имеется достаточный набор радионуклидных исследований для изучения состояния сердечно-сосудистой системы и определения ряда важных гемодинамических показателей, однако практическое их использование зависит от степени технической оснащенности лаборатории, а также от конкретных клинических условий и задач.

Одновременно с радионуклидным исследованием сердечной гемодинамики развивались методики оценки состояния миокарда с целью диагностики ишемии и инфаркта по накоплению в нем определенных РФП. После длительных поисков к 1976 г. была научно и практически обоснована наиболее перспективная методика с использованием ^{201}Tl и пирофосфата $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Радионуклидные исследования широко представлены в современной кардиологической клинике, в том числе и при неотложных состояниях, что рассмотрено в заключительном разделе. Опыт практической работы показывает, что наиболее целесообразно выделить три основных раздела: радиокардиоциркулографию (или сцинтиграфию) — на основе регистрации движения радиоактивного болюса, через камеры сердца; миокардосцинтиграфию и тканевый кровоток.

1. Радиокардиоциркулография

Исследование сердечной гемодинамики основано на двух принципах: определение скорости пассажа прохождения через камеры сердца первичного болюса и определение объема фракции выброса крови из левого желудочка по измерению его относительной активности в фазах систолы и диастолы. Болюсом принято называть компактно введенную внутривенно порцию радионуклида, продвигающуюся вместе с током крови по направлению к сердцу. В качестве индикатора допустимо использование либо чистого пертехнетата, либо альбумина ^{99m}Tc (^{131}I). Пертехнетат в чистом виде применяется только в случаях оценки гемодинамики по измерению минимального транзитного времени передвижения первичного болюса.

Целью радиокардиографии является определение ряда важных параметров центральной гемодинамики: минутного объема сердца (МОС), ударного объема сердца (УО), скорости кровотока в малом круге кровообращения (СКМК), объема циркулирующей крови в легких (ОЦКЛ) и объема циркулирующей крови (ОЦК). Принцип способа основан на измерениях наружным детектором скорости прохождения болюса РФП через камеры сердца и представленных данных измерения в виде кривой. Последующие расчеты по определенным формулам представляют возможность получить указанные показатели работы сердца.

РФП и техника. Классическая радиокардиография была разработана с использованием альбумина ^{131}I . Несмотря на относительно небольшие вводимые активности (111—185 МБк), его применение представляет определенную радиотоксичность ввиду выхода свободного ^{131}I и концентрации его в щитовидной железе. Учитывая необходимость выполнения в процессе исследования пробы крови пациента для учета степени разведения индикатора, использование диффундируемых РФП нецелесообразно. Из РФП, меченных короткоживущими нуклидами, используется набор реагентов для получения сывороточного альбумина, меченого ^{99m}Tc (ТСК-2) или ^{113m}In (ИНК-2). Использование меченого альбумина как препарата, почти не диффундирующего через стенки сосудов, более предпочтительно, так как представляется возможным вычислить также показатели разведения препарата и установить объем плазмы.

Количество вводимого РФП определяется в зависимости от массы тела пациента и от типа и чувствительности детектора используемого аппарата. Для обычной радиокардиографии с использованием в СССР стандартного венгерского радиоциркулографа или аппарата «РИХ-5» достаточно введения альбумина ^{99m}Tc активностью 74 кБк на 1 кг массы тела. Для кардиосцинтиграфии на гамма-камере ГКС-2 необходимо введение 1,1 МБк на 1 кг массы тела. Объем препарата в том и другом случае составляет 0,2 мл, что обусловлено необходимостью сохранить компактность болюса.

Методика исследования. В случае использования РФП, меченного ^{99m}Tc или ^{131m}I , предварительной подготовки большого не требуется. При использовании альбумина ^{131}I за день до исследования и в течение последующих 2 дней пациент должен принимать раствор Люголя по общепринятой методике. Подготовка аппарата включает калибровку детектора с помощью стандартных миницифрантомов без фильтров, в которых находят 0,5% вводимой пациенту активности РФП. При этом отклонение пера самопишущего прибора должно быть в пределах 75% поля, что достигается изменением режима измерения. Исследование производят в положении больного сидя или лежа. Детектор устанавливают над центром проекции определяемой перкуторно площади сердца, на расстоянии 1 см от поверхности тела. Поскольку констатация многих показателей сердечно-сосудистой деятельности определяется качеством болюса, то процедуре введения радионуклида было уделено большое внимание различных исследователей.

Обычно используют три технические возможности введения болюса.

Наиболее точной из них считается введение препарата через катетер, проталкиваемый из локтевой вены непосредственно в подключичную вену, лучше в левую. В таком случае компактный болюс не размывается в венах плеча, четко регистрируется при прохождении через камеры сердца. Этот способ исключает также возможность паравенозного введения препарата, что приводит к необходимости повторного введения. Естественно, что эта техника введения считается более сложной процедурой, требующей предварительного проталкивания катетера, и поэтому не имеет большого числа сторонников, несмотря на выраженные преимущества для получения наиболее высокого качества диагностической информации.

Более распространена техника внутривенного введения препарата по Олдендорфу. Больному на 3—4 см выше локтевого сгиба накладывают манжетку тонометра и определяют диастолическое давление. Затем в манжетке создают уровень давления, превышающий диастолическое на 15 мм, после чего пунктируют локтевую вену и вводят РФП, а затем быстро снимают жгут или манжетку. При этом достигается ускоренное прохождение болюса по венам без нарушения его компактности. Накладывать манжетку предпочтительнее раньше, чем жгут, так как в таких случаях предотвращается возможное повреждение эндотелия вены.

Наконец, существует техника введения 0,2 мл раствора РФП с последующим проталкиванием болюса порцией 5—10 мл физиологического раствора, для чего используют специальный шприц с креплением для двух цилиндров.

На рис. 10 приведена последовательность прохождения болюса на 24 сцинтиграммах, полученных через каждые 0,1 с после введения пертехнетата. В верхнем ряду на 1-м снимке виден вход болюса в подключичную вену, размеры которого постепенно увеличиваются вследствие разведения кровью. На 13-м снимке (1,3 с) болюс



10. Серия сцинтиграмм с области сердца, полученных непосредственно после введения 140 МБк пертехнетата ^{99m}Tc .

заполняет уже верхнюю полую вену. На 14-м снимке (1,4 с) болюс достигает правого предсердия. На 5-м снимке отчетливо визуализируется правый желудочек, над изображением которого препарат отсутствует в связи с сокращением правого предсердия. На последнем снимке нижнего ряда (2,4 с) появляется изображение легочной артерии.

На всех сцинтиграммах остается изображение всех вен возврата, что свидетельствует о значительном размытии болюса, а также остается изолированный участок изображения в области подключичной вены, что свидетельствует о частичной задержке радиофармпрепарата, причина которой не ясна.

В третьем ряду (1,6—2,6 с) продолжается вхождение болюса в правые отделы сердца и постепенно изображение вен возврата исчезает. Поскольку получение снимков не синхронизировано с сердечным циклом, то на различных сцинтиграммах изображение правого предсердия или полностью исчезает, как, например, на 3-м снимке, или получается достаточно четким, как, например, на 2-м снимке. Несмотря на то что значительная часть препарата уже к этому времени поступает в легкие, изображения их не видно. Это обусловлено техническими условиями исследования, когда детектор успевает при столь короткой экспозиции регистрировать толь-

ко высокие уровни активности, т. е. максимальные скопления радиофармацевтических препаратов, тогда как меньшие количества не визуализируются.

В третьем ряду болюс покидает правые отделы сердца и поступает по легочной артерии в легкие, изображения которых в связи со значительной концентрацией РФП появляются на сцинтиграммах. Вначале изображение легких представлено в виде облачка вокруг сердца, которое постепенно становится все более интенсивным, а изображение правых отделов сердца постепенно размывается, и они перестают визуализироваться на фоне более контрастных изображений легких.

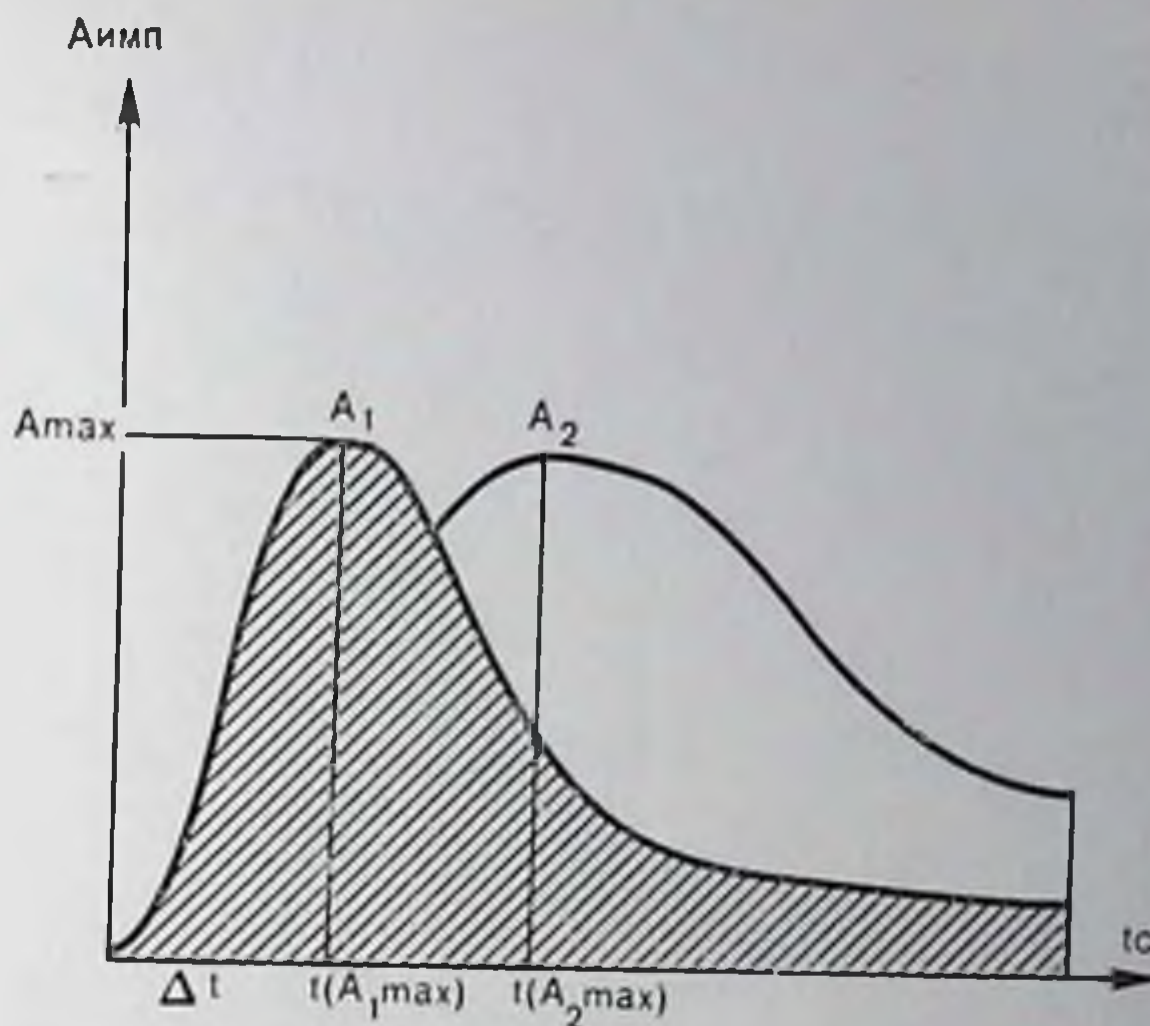
В четвертом ряду видны только изображения легких, а изображение сердца практически отсутствует. В связи с этим сцинтиграфическая картина имеет характерное двудольчатое строение.

В этом же ряду показаны кадры возврата размытого болюса в левое сердце и выход в аорту. Процесс возврата размытого болюса продолжается в течение последующих 4 с, как это видно на сцинтиграммах. На последнем снимке отчетливо представлено изображение левого желудочка, поскольку изображение легких практически полностью исчезло вследствие выведения из них РФП.

Как следует из представленного анализа серии кардиосцинтиграмм, прохождение радиоактивного болюса достаточно информативно для оценки сердечной деятельности. Однако если на кардиосцинтиграммах представляется возможным разделить отдельные части изображения и, таким образом, выделить фазы сердечного цикла, то при исследовании с помощью обычного циркулографа регистрируется лишь суммарная активность в области сердца в виде единственной кривой (рис. 11). Темным цветом заштрихована часть площади радиокардиограммы, обусловленная счетом излучения РФП, находящегося в правом сердце. Белым цветом обозначена часть площади под кривой, обусловленная счетом излучения РФП, находящегося в малом круге кровообращения. Такое выделение площадей возможно только при условии экстраполирования нисходящего отрезка кривых. Естественно, в процессе клинического исследования получить такую четкую информацию практически невозможно, так как вхождение болюса в правое сердце начинает наслаиваться на выход его в легкие, однако такое теоретическое аппроксимирование вполне оправдано. Начало подъема радиокардиограммы обусловлено вхождением болюса в правое сердце, но к моменту достижения первого максимума «А» уже значительный вклад составляет счет от РФП, попадающего в легочную артерию и легкие. Чем более компактный болюс, тем меньше этот вклад и более точная информация поступает от правых отделов сердца. (В идеальном варианте первый пик радиокардиограммы в норме имеет вид, как на рис. 13, а.) Нисходящая часть кривой от первого пика отражает выход болюса в малый круг кровообращения. Начало второго пика отражает процесс возврата разведенного болюса в левое сердце. Снижение второго пика обусловлено выхо-

11.

Радиокардиограмма и схематическое представление части вклада малого и большого круга кровообращения. Объяснение в тексте.



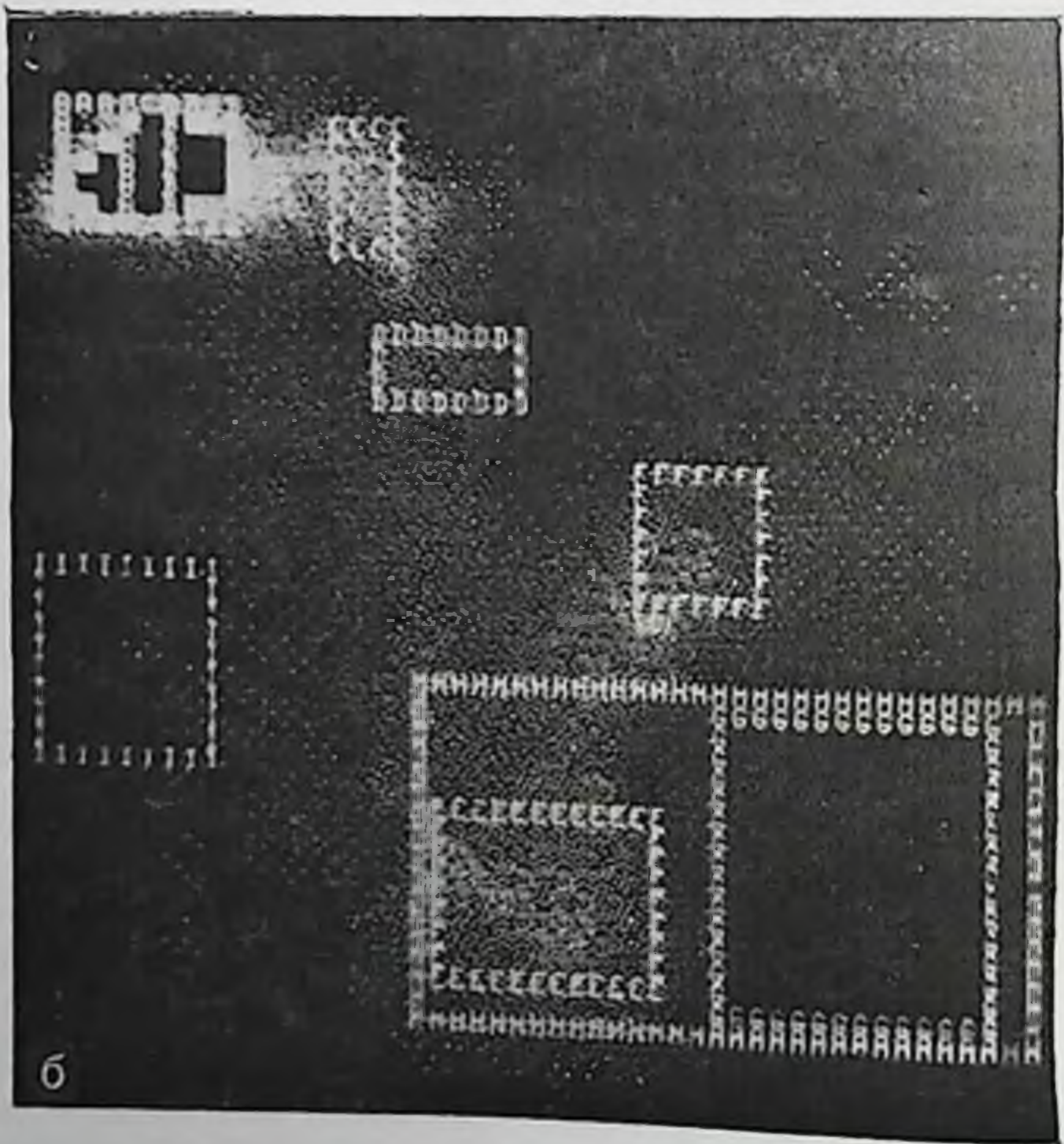
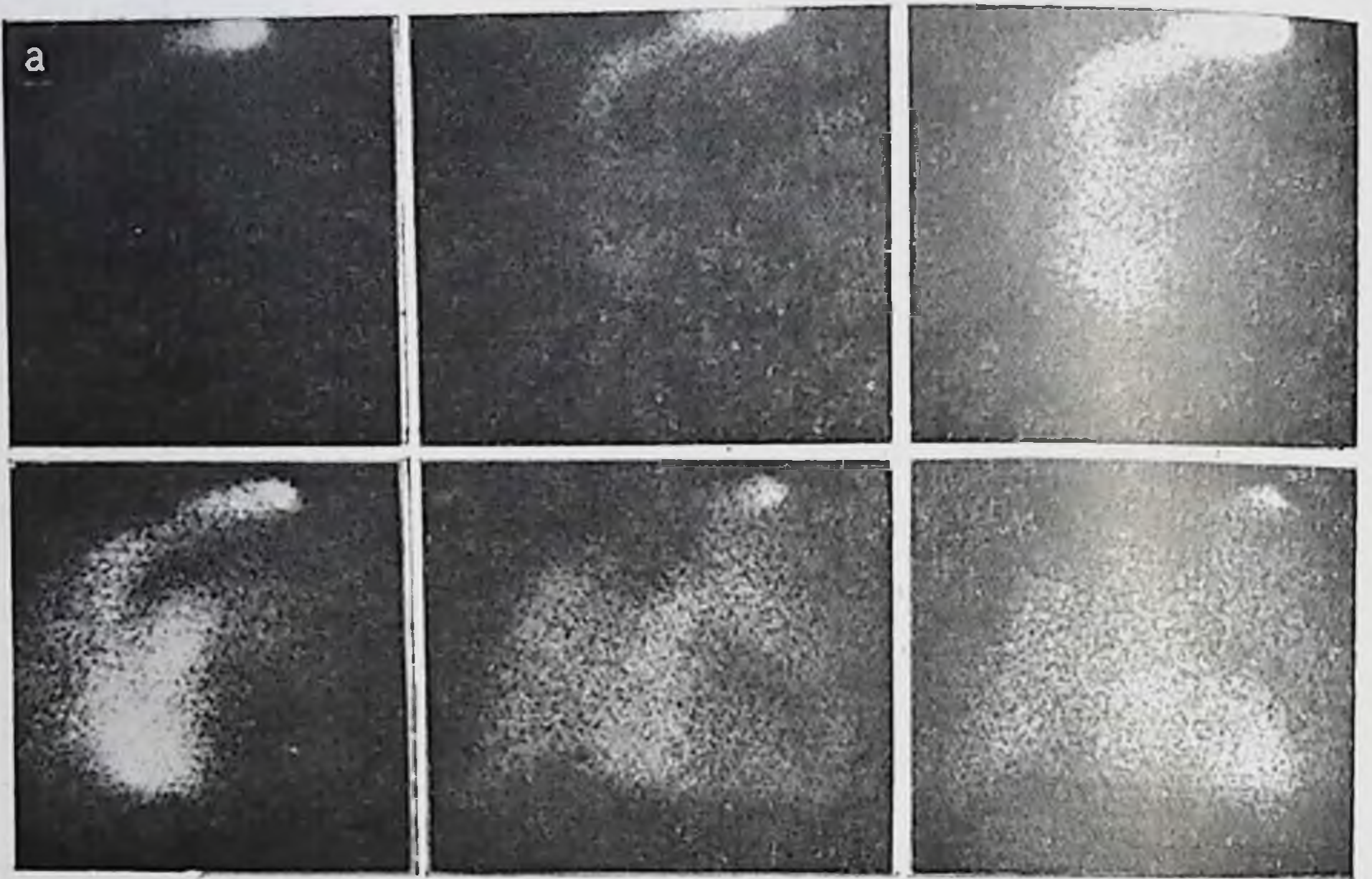
дом РФИ в большой круг кровообращения. Однако представленная схема не всегда точно получается при практическом выполнении. Кривая, полученная на ленте самописца радиоциркулографа, значительно искажена за счет флюктуаций, обусловленных использованием малой постоянной времени регистрации. После получения кривой врач производит ее коррекцию и переносит в полулогарифмическую систему координат для выполнения дальнейших расчетов.

После регистрации в памяти компьютера серии изображений прохождения болюса (рис. 12, а) в различные промежутки времени представляется возможным вызвать их на экран дисплея и разметить соответствующие зоны интереса для расчета различных показателей сердечно-сосудистой деятельности.

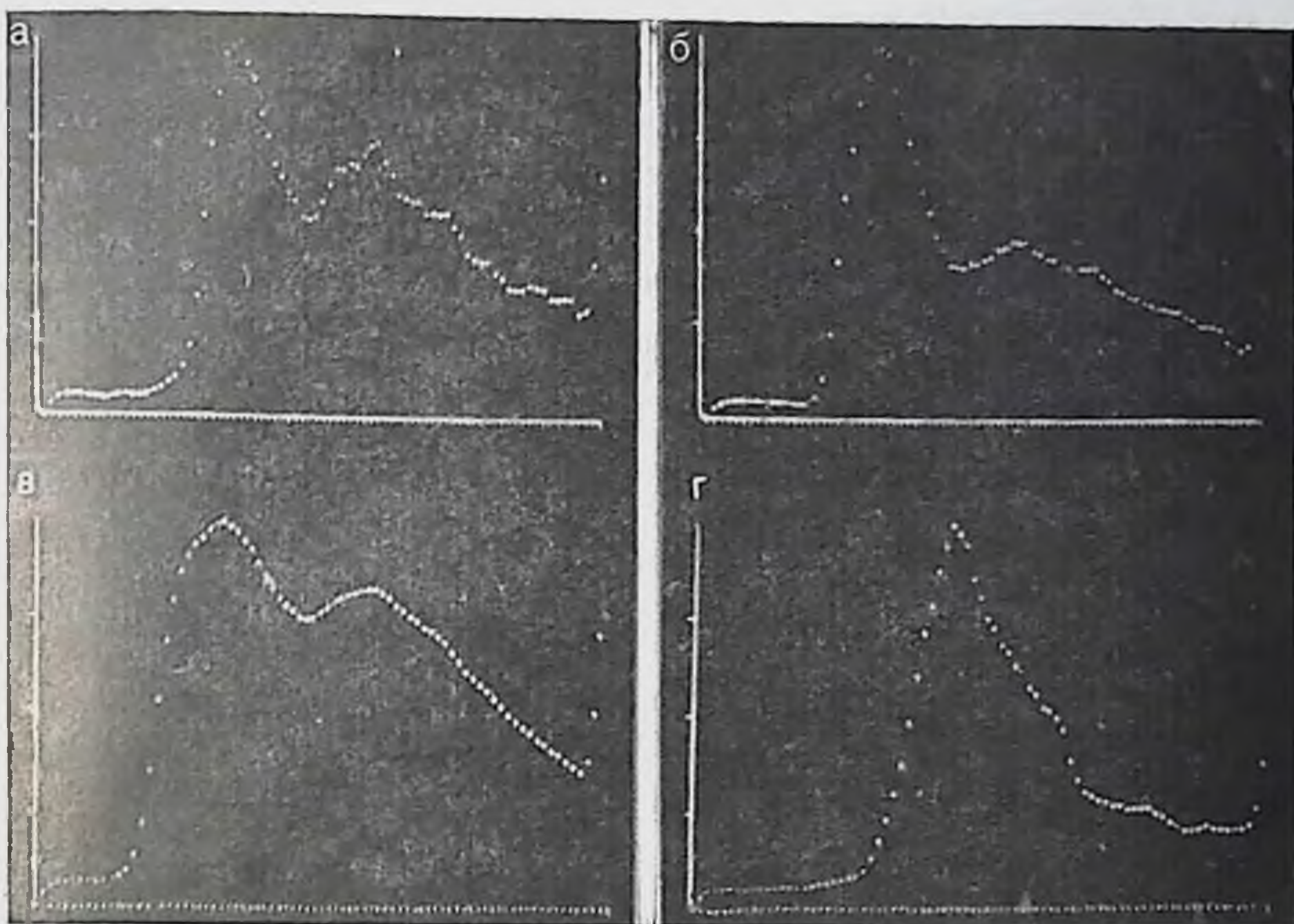
На рис. 12, б приведены выбранные на экране дисплея ЭВМ зоны интереса: место введения, подключичная вена, полая вена, правый желудочек, все сердце в целом. Первые два показателя контрольные и используются только с целью определения качества болюса.

На рис. 13, а, б, в, г приведены кривые прохождения болюса через выделенные зоны интереса, характерные для нормальной сердечной деятельности. Каждая точка на кривой соответствует зарегистрированной скорости счета излучения в течение 0,1 с. Общее количество зарегистрированных кадров составляет 300, так как исследование продолжается 30 с. На основании специального математического расчета этих кривых, который выполняется по специальным программам, на ЭВМ можно рассчитывать так называемые показатели минимального или среднего времени прохождения болюса, характеризующие степень нарушения сердечной деятельности.

При использовании более сложной системы ЭВМ-обеспечения и синхронизации болюса с ЭКГ представляется возможным выделить



12. Сцинтиграммы, полученные с экспозицией 1 с (а); суммарная кардио-сцинтиграмма и выбор зон интереса по пути прохождения болюса (б).



13. Этапы ЭВМ обработки прохождения болюса от подключечной вены (а), правого желудочка (б), сердца в целом при нормальном состоянии кровообращения до (в) и после сглаживания (г).

левый желудочек в фазе систолы и диастолы, на основании чего рассчитывается фракция выброса левого желудочка. Этот способ является наиболее совершенным в оценке функции левого желудочка, однако выполним только при наличии специального математического обеспечения. Действительно, задача очень сложная, так как в 1 мин происходит 60—100 систол и столько же диастол. Следовательно, необходимо выполнить около 200 снимков в 1 мин, т. е. при экспозиции каждого менее 0,3 с. Затем необходимо разделить полученные кадры на группы чистых систол и чистых диастол, что возможно только при синхронизации сцинтиграфии с ЭКГ.

Выделенные таким образом чистые систолы и чистые диастолы суммируются и высчитывается средний показатель скорости счета. Показатель в фазе диастолы принимается за 100%, и относительно него рассчитывается в процентах показатель скорости счета в фазе систолы. Таким образом представляется возможным установить величину фракции выброса крови левого желудочка, что является наиболее эффективным показателем сердечной деятельности. Если при этом используется недиффундируемый РФП, например альбумин сыворотки, то исследование можно повторять в динамике, оценивая значение дозированной физической нагрузки или влияние различных медикаментов.

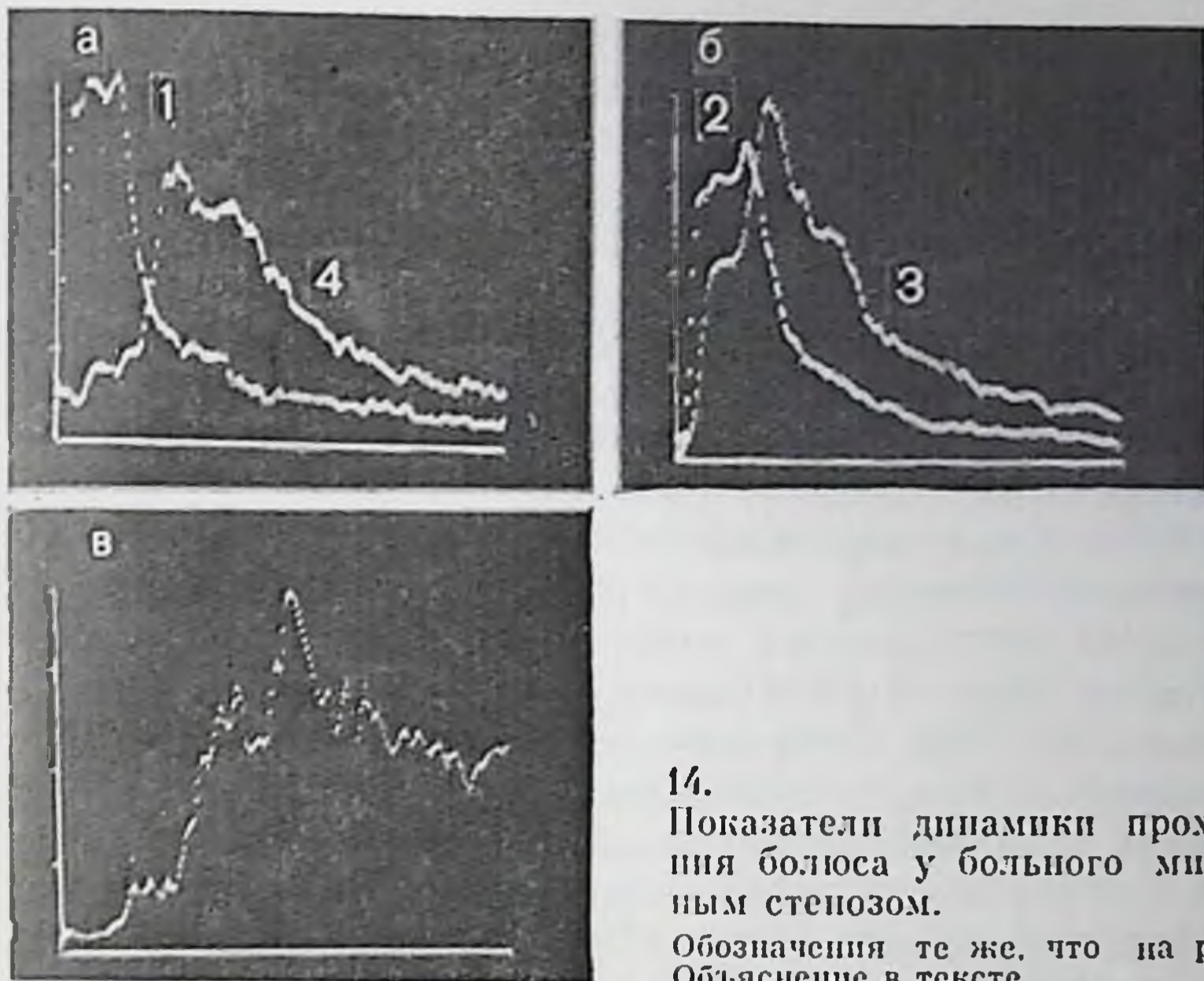
На рис. 12, а приведены ЭВМ-сцинтиграммы с изображением контуров левого желудочка в фазе диастолы и систолы. Естественно, расчет объема крови в миллилитрах в фазе диастолы затруднителен, однако определение фракции выброса крови в процентах относительно диастолического объема левого желудочка осуществляется достаточно просто. При этом расчет производится не только при прохождении первичного болюса, но и после разведения РФП, что особенно важно, так как дает возможность изучения гемодинамики до и после физической нагрузки. Поскольку после разведения болюса в крови концентрация РФП в камерах сердца снижается, пользуются специальной методикой исследования.

С целью получения достоверной статистической информации подсчитывают 30—60 сердечных циклов, затем суммируют показатели всех систол и всех диастол отдельно и определяют среднее, которое остается в памяти ЭВМ. К сожалению, эта методика выполнима только при использовании специальных гамма-камер с высокой чувствительностью, позволяющих получать статистически достоверную скорость счета при регистрации в течение 50 мс (0,05 с). Нормальные показатели времени среднего транзита болюса составляют: достижение болюсом правого предсердия после инъекции $1,2 \pm 0,3$ с, правого желудочка $1,7 \pm 0,4$ с, левого желудочка $5,0 \pm 1,0$ с. Нормальный объем фракции выброса левого желудочка составляет 65%.

Изменения пассажа болюса при некоторых заболеваниях и врожденных пороках развития сердца. При повышенном давлении в правом предсердии, например при митральном стенозе, некоторых хронических заболеваниях легких или стенозе легочной артерии, отмечается задержка болюса в верхней полой вене и медленный его транзит через расширенные правые отделы сердца, что приводит к удлинению всех временных показателей минимального транзита болюса.

Характерные кривые, полученные из указанных зон интереса для такого случая, приведены на рис. 14. На рис. 14, а видно, что прохождение болюса через подключичную вену (1) растянуто во времени, вхождение в полую вену (4) запаздывает.

Вход болюса в правое сердце (2) начался маленькими порциями (рис. 14, б), в то время как основная его масса задерживается в верхней полой вене (3). На рис. 14, в приведена кривая из полости правого желудочка. Основание пиков прохождения болюса по венам возврата значительно расширено, что становится очевидным при сравнении с нормой (см. рис. 13, в, г). Радиокардиограмма искажена за счет более выраженного второго пика кривой прохождения РФП через левое сердце. Таким образом, изменения радиокардиограммы, выражающиеся в уменьшении первого пика относительно второго, характерны для нарушений гемодинамики малого круга кровообращения. Время достижения болюсом правых и левых отделов сердца увеличивается соответственно степени поражения.



14.
Показатели динамики прохождения болюса у больного митральным стенозом.

Обозначения те же, что на рис. 13.
Объяснение в тексте.

При дефекте межпредсердной перегородки характерная кривая прохождения болюса практически отсутствует или бывает резко деформирована ввиду постоянного присутствия радионуклида в камерах сердца. Два пика максимума от правого и левого отделов сердца на радиокардиограмме отсутствуют, имеется более или менее выраженное плато максимума кривой. При дефекте межжелудочковой перегородки на фоне первичного пассажа болюса через правое предсердие, желудочек и легкие продолжают визуализироваться область сердца и слабой интенсивности изображения аорты.

При тетраде Фалло наиболее характерно раннее заполнение левого желудочка и аорты, в связи с чем расстояние между пиками уменьшается. При аортальной недостаточности отмечается длительная визуализация левого желудочка на сцинтиграммах с элементами обратного заброса крови, что обуславливает растянутость второго пика кардиограммы.

При митральном стенозе имеется расширенное изображение левого предсердия и правого желудочка, однако не выражены пики радиокардиограммы. Диагностика наличия шунтов и их количественная оценка производится путем исследования легких с макроагрегатами, поскольку это осуществляется более просто. Макроагрегаты альбумина, достигая с кровью после внутривенного введения правого сердца, попадают в легкие, где задерживаются вследствие эмболизации капиллярной сети. При наличии шунтов макроагрегаты попадают в большой круг кровообращения и задерживаются преимущественно в печени, что является признаком сброса крови.

Как следует из изложенного выше, возможности радионуклидной диагностики достаточно эффективны даже для первично уста-

повленного диагноза врожденных пороков развития сердца и определения степени сердечной недостаточности. Вместе с этим радиокардиосцинтиграфия не имеет альтернативы для оценки сердечной деятельности в процессе динамического наблюдения за пациентом и, в частности, после хирургической коррекции порока. Это исследование возможно в поликлинических условиях и сопровождается лучевой нагрузкой в пределах 0,001 Гр на все тело, поскольку критическим органом является кровь. Такая низкая лучевая нагрузка позволяет многократно выполнять исследования в течение года.

Изложение особенностей движения болюса и регистрации его кинетики по гамма-камере убедительно свидетельствует о том, что использование обычной радиокардиографии, несмотря на несомненные преимущества этой методики в смысле безопасности и простоты, является сравнительно малоэффективным диагностическим исследованием. Если при выраженных формах заболеваний сердца, диагностика которых не представляется затруднительной, показатели радиокардиограммы достаточно характерны, то при стертых формах заболевания они весьма вариабельны и не могут иметь самостоятельного диагностического значения. Тем не менее радиокардиография в определенный исторический период имела несомненно положительное значение и способствовала развитию и становлению новых, современных методик исследований сердечной деятельности.

2. Миокардиосцинтиграфия

Попытки радиоизотопной визуализации миокарда предпринимались еще в 1965 г., однако длительное время они оставались малоуспешными. Тенденция поиска специфических кардиотропных РФП развивалась по двум направлениям: создания РФП, тропного к нормальному миокарду, и создания РФП, тропного к очагу инфаркта.

В развитии первого направления определенные успехи были достигнуты путем визуализации миокарда после непосредственного введения в питающие артерии макроагрегатов. Эта процедура обычно осуществлялась как заключительный этап стандартного рентгеноангиографического исследования миокарда. Несмотря на получение определенной дополнительной диагностической информации, этот способ не мог получить широкого клинического распространения ввиду своей травматичности, и в настоящее время имеет по существу историческое значение. Некоторые надежды были связаны с применением радиоактивного цезия (^{131}Cs), однако его недостаточная кардиотропность, неоптимальная энергия гамма-квантов также не позволили внедрить этот РФП в практику.

Сцинтиграфия миокарда с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ пирофосфатом осуществляется только с целью распознавания инфаркта миокарда. Пирофосфат, как известно, накапливается в организме в костях и используется главным образом для диагностики поражений скелета. Вија и соавт. (1975) установили в опытах на собаках, что в процессе

организации инфаркта митохондрии захватывают кристаллы гидроксилапатита из крови и в это время происходит включение и введенного внутривенно пирофосфата. Это послужило основанием для введения в клиническую практику методики диагностики инфаркта по включению в очаг поражения ^{99m}Tc пирофосфата.

По данным многих авторов, в том числе и И. П. Степановой, специально изучавшей этот вопрос, аналогичным свойством повышенного накопления в области инфаркта характеризуется и глюконат ^{99m}Tc .

Методика исследования. Больному с подозрением на инфаркт миокарда вводят внутривенно 500 МБк пирофосфата в объеме 1—5 мл, что никогда не сопровождается развитием каких-либо реакций или осложнений. Через 1½—2 ч к постели больного доставляется передвижная гамма-камера и производится сцинтиграфия. В более поздние сроки производить обследование менее целесообразно, учитывая возрастающее накопление препарата в грудине и ребрах, что создает высокий тканевый фон, затрудняющий дифференцировку очагов накопления препарата в сердечной мышце. Исследование проводят в трех проекциях: спереди, в левом косом и левой боковой проекциях. Полипозиционная сцинтиграфия необходима с целью исследования миокарда со всех сторон сердца, что позволяет не только улучшить выявление самого патологического очага, но и определить его анатомо-топографическое положение и установить размеры.

Технические условия исследования устанавливаются для каждой камеры, однако регистрацию целесообразно проводить на ЭВМ, поскольку даже в эти сроки имеется накопление в костях грудной клетки и необходимо удаление тканевого фона. Целесообразно использовать матрицы размером не менее 128×128 элементов.

Анализ сцинтиграмм имеет целью установить или исключить наличие «горячего» очага повышенного накопления пирофосфата в толще миокарда. Как правило, в норме на сцинтиграммах, полученных в передней проекции, даже через 2 ч после введения пирофосфата получается достаточно четкое изображение грудины и менее четкое ребер. Таким образом, в этой проекции возможно обнаружение очага повышенного накопления пирофосфата только в том случае, если относительная активность позволяет получить его изображение. Изображения ребер обычно равномерной интенсивности, и при использовании отсечки фона представляется возможным добиться их ликвидации без ущерба для получения диагностической информации. Изображение грудины достаточно интенсивное, так что вполне может маскировать визуализацию подлежащего «горячего» очага. Именно поэтому особенно важно при исследовании больных использовать как минимум три проекции: переднюю прямую, косую переднюю и боковую переднюю позиции. Наиболее надежно определяются очаги в передней области миокарда, а также в переднебоковой и нижней областях миокарда. Изображение патологического очага на сцинтиграммах может быть различных размеров, формы и характера, что зависит от ло-

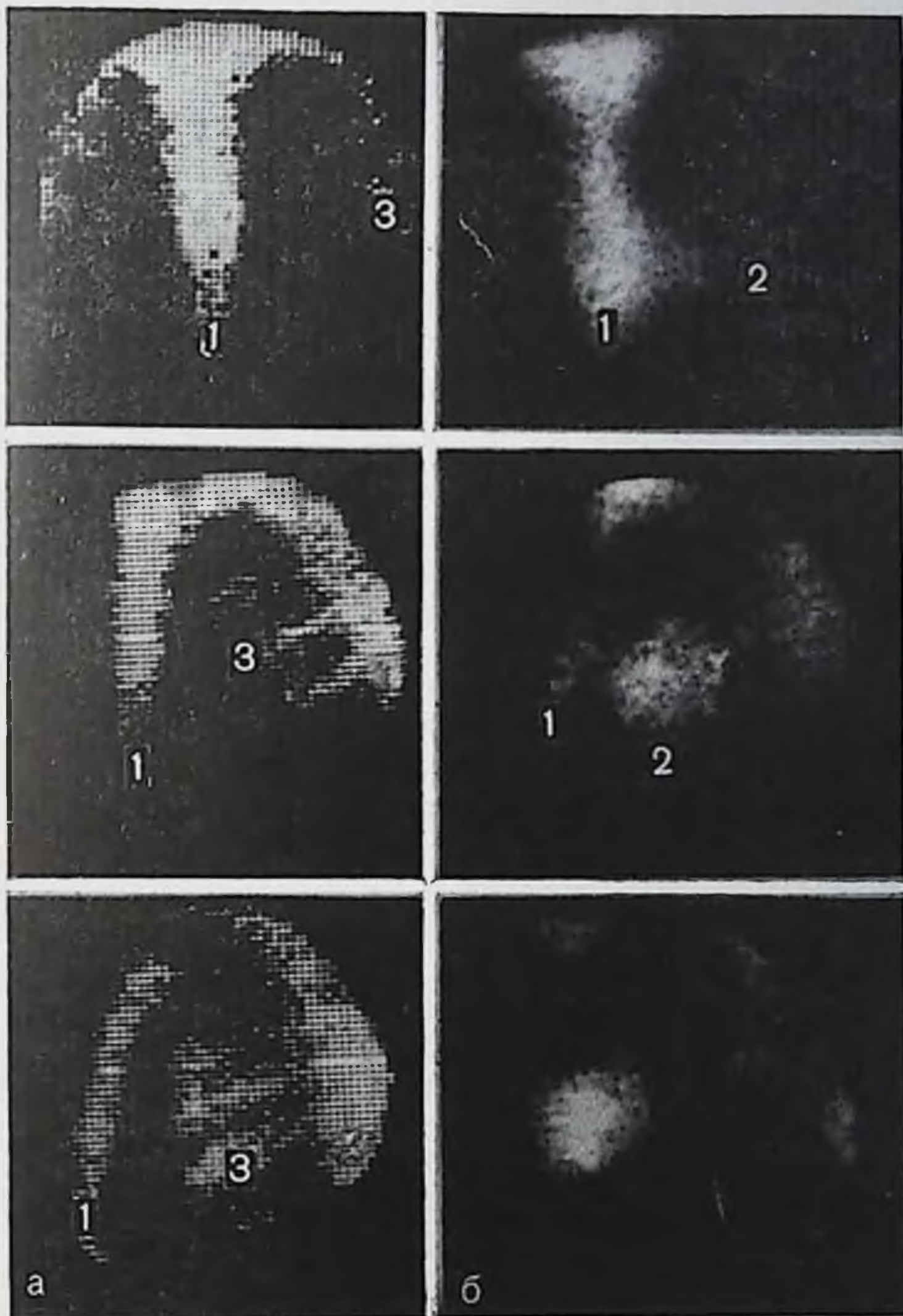
кализации инфаркта и глубины поражения сердечной мышцы. Наиболее четкие очаги имеют место при трансмуральных инфарктах, когда включение пирофосфата значительно превышает интенсивность накопления в грудине. Большое значение имеет также срок исследования после развития инфаркта. В течение первых 2 сут, когда процесс организации инфаркта только начинается, включение пирофосфата весьма незначительное и в эти сроки проводить исследование нецелесообразно. Наиболее интенсивное включение пирофосфата начинается с 3-го дня и продолжается 3—4 дня. В более поздние сроки накопление пирофосфата резко снижается.

По данным И. С. Двоскиной, после 7-го дня включение пирофосфата было выявлено только в 32,4% случаев из числа тех больных, у которых в более ранние сроки выявлены «горячие» очаги. Автор также отмечает, что повышенное накопление пирофосфата выявлено также у больных с наличием постинфарктных рубцов и аневризм.

На рис. 15, а, б приведены сцинтиграммы грудной клетки у больного в остром периоде инфаркта миокарда переднебоковой локализации после введения пирофосфата. В норме на сцинтиграммах получается изображение грудины при исследовании в передней позиции. При исследовании в переднекосой позиции под углом 45° получается изображение грудины и позвоночника (средний ряд). Примерно такая же картина наблюдается при исследовании и под углом расположения детектора 60° (нижний ряд). Очаг поражения у больного находится в проекции грудины, и его изображение совмещается с изображением грудины, образуя характерную деформацию. При исследовании под углом 45° и еще лучше 60° очаг повышенного включения пирофосфата выделяется от изображения грудины.

Основным недостатком радионуклидной визуализации инфарктов миокарда с помощью пирофосфата является сложность топографической оценки обнаруженных очагов, которая значительно отличается при полипозиционной методике. Значительную пользу в этом вопросе может оказать сцинтиграфия с помощью специального семипозиционного коллиматора, позволяющего получить ряд изображений сердца одновременно с 7 позиций: одна передняя и 6 косых с различных сторон. При вводе этой информации в ЭВМ и обработке по специальным программам можно получить даже объемное представление об очаге поражения.

Сцинтиграфия миокарда с ^{201}Tl . Только в 1977 г. удалось ввести в практику радиоактивный таллий (^{201}Tl), который характеризуется достаточно выраженной временной селективностью к клеткам миокарда и накапливается в них в количествах, достаточных для визуализации миокарда на гамма-камерах. ^{201}Tl изготавливается на циклотронах и поэтому относится к группе дорогостоящих нуклидов. Период его полураспада составляет $73\frac{1}{2}$ ч. При своем распаде переходит в стабильный нуклид ртути ^{201}Hg , испуская при этом гамма-кванты с энергией 13,167 кэВ и рентгеновское излучение с



15. ЭВМ-сцинтиграмма больного с инфарктом миокарда через 90 мин после введения 370 МБк пирофосфата ^{99m}Tc . Острый трансмуральный инфаркт переднебоковой локализации.
 а — после обработки с экрана дисплей; б — первичное изображение. Цифрами 1—3 обозначены зоны интереса.

энергией 65—82 кэВ. Последнее в количественном отношении преобладает, и поэтому регистрация нуклида в теле пациента производится при настройке спектрометра камеры на эти уровни энергии. После внутривенного введения ^{201}Tl распределяется относительно равномерно в паренхиматозных органах: почках, печени, щитовидной железе, костном мозге, накапливаясь в несколько больших количествах в нормальной сердечной мышце с максимумом через 10 мин после инъекции. Критическими органами являются почки (8,5 мГр/37 МБк) и костный мозг (5 мГр/37 МБк).



16. Нормальные миокардосцинтиграммы, полученные через 30 мин после введения ^{201}Tl в передней (а), косой (б) и боковой (в) позициях.

^{201}Tl выпускается в виде растворов, содержащих на 37 МБк собственно радионуклида 1 мл физиологического раствора. Специфическая активность ^{201}Tl достигает 18 500 МБк/мг. Препарат содержит незначительное количество примесей в виде ^{201}Hg (0,5%) и ^{202}Tl (1%).

Вводится ^{201}Tl внутривенно с общей активностью 37—74 МБк. Исследование начинается через 7—10 мин после инъекции. Скорость накопления РФП в сердечной мышце диагностического значения не имеет и поэтому производится только 3 статических сцинтиграммы: в передней, левой переднебоковой (косой) и левой боковой позициях, при положении пациента лежа на спине. Сцинтиграфия выполняется при использовании низкоэнергетического коллиматора высокой разрешающей способности. Среднее время получения одной сцинтиграммы составляет около 5 мин, до набора 250 000 импульсов. В норме распределение РФП в миокарде относительно равномерное и на сцинтиграммах получается ряд достаточно характерных изображений, преимущественно левого желудочка, обладающего более мощной мускулатурой. Изображение правого желудочка визуализируется только в случаях выраженной гипертрофии. В зависимости от позиции исследования в поле зрения детектора попадают различные отделы левого желудочка. В передней проекции, как видно на представленном рис. 16, попадают передние отделы миокарда. Поскольку исследование продолжается в течение 100—150 сердечных циклов, то на сцинтиграммах получается суммарная картина изображения сердечной мышцы в фазе диастолы и в фазе систолы. Нормальная сцинтиграфическая картина в передней проекции представляется в виде подковы с отсутствием изображения в латеральном верхнем участке, соответствующем локализации предсердий (см. рис. 16, а). В косой проекции миокардосцинтиграмма имеет вид бублика с небольшим разрывом в том же положении, что и на переднем снимке (см. рис. 16, б). В боковой проекции определяется примерно аналогичная картина, но с изображением задней стенки левого желудочка (см. рис. 16, в). Таким образом, нормальная сцинтиграфическая картина миокарда во всех трех проекциях характеризуется получением изображения подковы или бублика с одним раз-

рывом. Ширина этого изображения может быть неодинаковой, особенно в косо́й позиции, когда значительно усилена интенсивность изображения правой части миокарда, и в задней, когда усилена интенсивность изображения левой половины миокарда. Эти различия в ширине изображения могут быть обусловлены также индивидуальными особенностями полсжения сердца и поэтому особого диагностического значения не имеют. Вместе с тем при динамическом контроле изменения этих соотношений могут служить ценным показателем развития патологического или репаративного процесса в миокарде. Главное диагностическое значение имеет наличие дефектов изображения миокарда, что свидетельствует о наличии очагового нарушения кровообращения различного происхождения. Установить природу обнаруженных изменений и дифференцировать причину функционального генеза (ангиоспазма) от рубца или некроза по данным одного исследования не представляется возможным. С целью улучшения диагностических возможностей миокардосцинтиграфии у пациентов, находящихся в состоянии ремиссии, обычно производится исследование до и после функциональной нагрузки, лучше всего на велоэргометре. Изменения нормальной интенсивности миокарда, возникающие после физической нагрузки, могут свидетельствовать о наличии ангиоспазма и, таким образом, имеют диагностическое значение.

Сцинтиграфическая картина очагового поражения миокарда весьма многообразна, и очень трудно привести стандартные схемы. На рис. 17, а, б, в представлены результаты комплексного исследования больного с постинфарктной аневризмой. Полипозиционные сцинтиграммы получены после введения ^{201}Tl (см. рис. 17, а), после введения пирофосфата (см. рис. 17, б) и совмещения этих двух изображений на одном снимке, полученном с экрана ЭВМ (см. рис. 17, б). Все исследования выполнены в одинаковом положении больного и подведения детектора в прямой передней позиции (верхний ряд), в левой передней косо́й позиции (средний ряд), в левой боковой позиции под углом 90° (нижний ряд).

На сцинтиграммах, полученных после инъекции ^{201}Tl , изображение миокарда имеет характерную форму подковы с четким очагом пониженной интенсивности в центральной части, соответствующей локализации переднебоковой и верхушечной области. Этот негативный очаг свидетельствует о наличии патологического процесса в миокарде, вследствие чего включения в него РФП не происходит. Наиболее четко патологический очаг определяется в косо́й проекции.

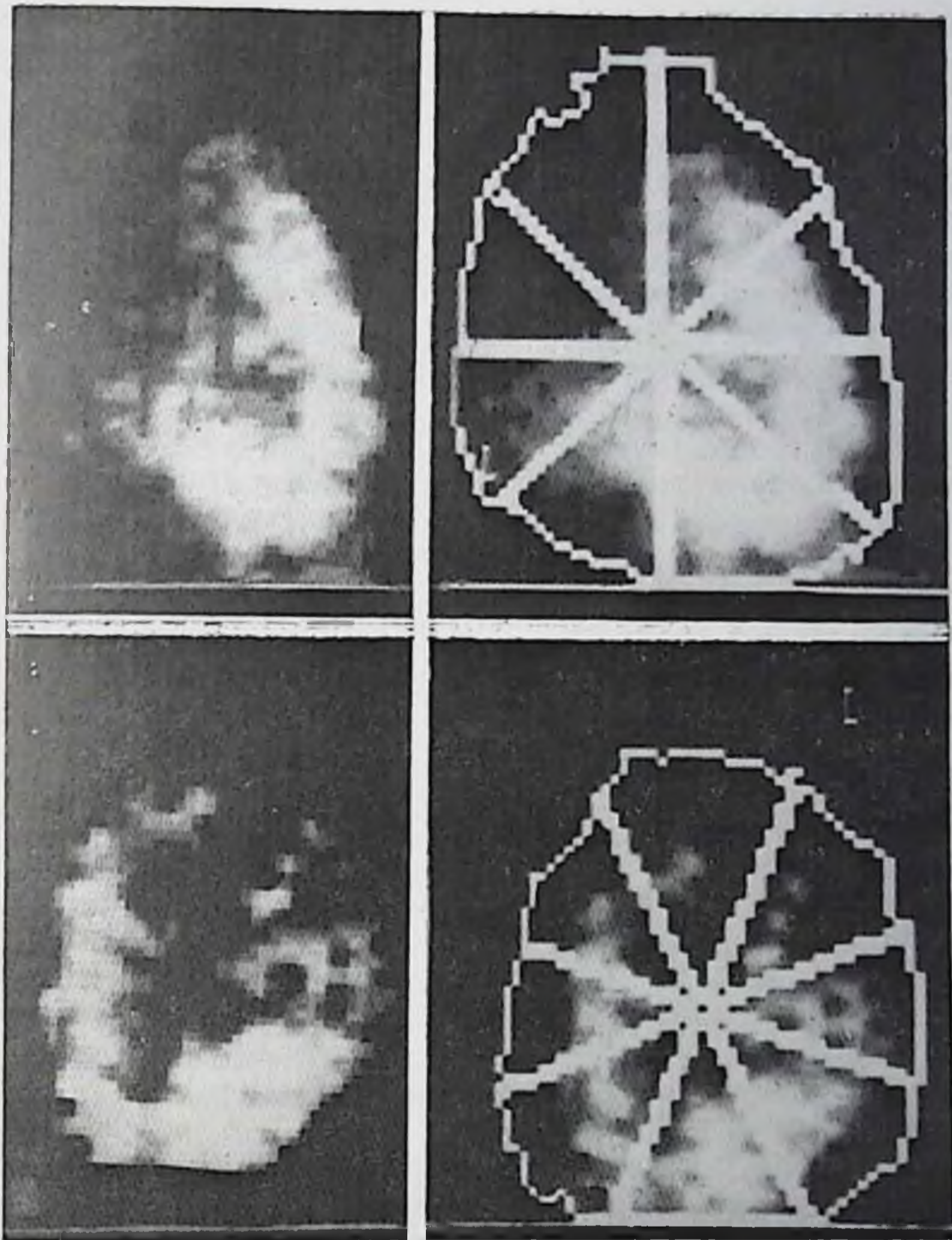
На сцинтиграммах, полученных после инъекции пирофосфата, в прямой и косо́й проекциях визуализируется изображение грудины и очага с повышенным включением РФП в область сердца. В боковой проекции определяется изображение позвоночника и грудины, которое формирует незавершенное кольцо. Ближе к грудине визуализируется «горячий» очаг, соответствующий локализации верхушки сердца. Наличие такого очага свидетельствует о включении пирофосфата в патологически измененные ткани мио-



17. Миокардиосцинтиграммы, полученные в трех проекциях (а, б, в) у больного с постинфарктной аневризмой.

карда. При совмещении обоих изображений с помощью регистрации данных в ЭВМ представляется возможным получить информацию об анатомо-топографическом положении сердца относительно костных ориентиров. В передней проекции видно, что очаг повышенного накопления пирофосфата как бы достроил изображение пораженной половины, в результате чего ее изображение значительно увеличилось в размерах. В косой проекции «горячий» очаг оказался точно на месте дефекта изображения миокарда, полученного с ^{201}Tl . Наконец, в боковой проекции накопление пирофосфата в пораженной области восстановило нормальное изображение миокарда.

Простая статическая сцинтиграфия миокарда с ^{210}Tl , несмотря на определенные преимущества, все-таки характеризуется недостаточной диагностической эффективностью выявления зон ишемии миокарда даже в области левого желудочка. Надежно выявляются очаги размером только более 3 см.



18. Мпокардосцинтиграммы, полученные с экрана дисплея ЭВМ в разных проекциях, и распределение их по сегментам.

Во Всесоюзном научном кардиологическом центре (А. Ю. Королев и соавт.) используют методику исследования в четырех позициях: прямая под углом 30° и левые косые, под углом 45° и 75° . Боковую позицию под углом 90° , обычно используемую зарубежными авторами, они считают малоинформативной. На рис. 18 представлены данные обработки на ЭВМ результатов перфузионной сцинтиграфии мпокарда с ^{201}Tl больного с ишемической болезнью сердца, а также необработанные сцинтиграммы. В верхнем ряду представлены сцинтиграммы, полученные в передней прямой позиции, а в нижнем ряду — в левой передней косой позиции (45°). Справа приведены колонки цифр, обозначающих величину зарегистрированных импульсов от каждого сегмента, что позволяет

давать не только качественную, но и количественную оценку относительной активности включенного в миокард ^{201}Tl . Программа обработки предусматривает выделение зоны интереса вне изображения миокарда для учета тканевого фона. Этот показатель вычитается из полученного изображения, и, таким образом, на дисплее сохраняется только изображение миокарда. Подковообразное изображение миокарда левого желудочка обусловлено отсутствием накопления таллия в области расположения аорты. Центр этой немой зоны принимается в качестве первого условного анатомического ориентира и из плоскости его расположения строится перпендикуляр до наружного края противоположного изображения миокарда, являющегося геометрическим центром его изображения. Перпендикулярно этой линии строится второй отрезок, а затем еще 2 отрезка, разделяющих образовавшиеся сектора на равные части, как это видно на рис. 18.

Таким образом, образуется 8 сегментов, из которых 1-й, 2-й и 3-й соответствуют расположению переднеперегородочных отделов миокарда, 4-й и 5-й — нижним отделам, 6-й — верхушечной области, 7-й и 8-й — переднебоковым отделам. В левой косой проекции (45°) сегменты 1-й, 2-й и 3-й соответствуют также переднеперегородочным отделам, 4-й, 5-й и 6-й — задненижним отделам миокарда, а 7-й и 8-й — боковым отделам миокарда. В норме в передней проекции максимум сцинтилляционного счета определяется в 4-м и 8-м сегментах, а минимум — во 2-м и 6-м. Примерно аналогичная картина наблюдается и в боковой проекции.

У больных с инфарктом миокарда передней стенки левого желудочка снижение включения таллия отмечается в 8-м сегменте миокарда. У больных с инфарктом задненижних отделов миокарда наиболее выражено снижение накопления таллия в 4-м сегменте изображения.

Таким образом, в настоящее время достаточно успешно развиваются оба направления в радионуклидной визуализации миокарда и инфаркта. В перспективе рассматриваются возможности применения новых кардиотропных соединений в виде жирных кислот, меченных ультракороткоживущими радионуклидами ^{11}C . Такая метка позволяет использовать высокие активности вводимых РФП без создания большой лучевой нагрузки на пациента с получением эмиссионных томограмм при коротких экспозициях кадра. В этом новом направлении использования ультракороткоживущих нуклидов возможны, по-видимому, наиболее важные успехи ядерной кардиологии.

РАДИОНУКЛИДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ЛЕГКИХ

Вопросы своевременной диагностики поражения легких приобретают большую актуальность в связи с резким возрастанием случаев хронической пневмонии и рака легкого. Отсутствие клинических и рентгенологических признаков, патогномоничных для хронической пневмонии и особенно для рака легкого, нередко является причиной диагностических ошибок, а следовательно, и неадекватного лечения. Особенно трудным является распознавание рака легкого в ранней форме своего развития, а также тогда, когда опухолевый процесс протекает на фоне хронической пневмонии.

Своевременная диагностика заболеваний легких основывается на данных рентгенологического и радионуклидного исследований. При этом, несмотря на ведущее значение рентгенологического метода в диагностике различных заболеваний легких, интерпретация рентгенологических симптомов основывается преимущественно на данных патоморфологии, в то время как радионуклидные исследования отражают функциональные нарушения, обусловленные анатомическими изменениями бронхолегочной системы. Общеизвестные клинические методы оценки функции легких достаточно многочисленны и довольно хорошо разработаны. Однако малая информативность одних, ограниченные возможности и технические сложности других лимитируют их широкое применение в клинике. Между тем определение функционального состояния при опухолевых и других заболеваниях приобретает особое значение не только для диагностики, но и для разработки лечебных мероприятий, оценки эффективности лечения и прогнозирования заболевания. Радионуклидный метод обладает высокой чувствительностью и надежностью полученной информации, позволяющей проводить качественную и количественную оценку функциональных изменений в системе дыхания, а также получить дополнительную информацию для изучения ряда патофизиологических и клинических аспектов легочных заболеваний.

Современный этап развития радионуклидных методов исследования в пульмонологии открыл широкие возможности для изучения таких важных параметров, как легочная вентиляция, состояние внешнего дыхания, анатомо-функциональные нарушения в малом круге кровообращения.

В настоящее время благодаря широкому применению в клинической практике функциональных методов радионуклидной диагностики появилась возможность проводить на качественно новой основе оценку функциональных нарушений и судить о различных сторонах проявления патологического процесса.

Радионуклидные методы исследования функции внешнего дыхания внесли большой вклад в общую характеристику функцио-

пальной симптоматики различных патологических состояний легких. С внедрением в клиническую практику радиоактивных газов и в первую очередь ^{133}Xe появились возможности получения достоверной информации о важнейших функциях внешнего дыхания легочной вентиляции и кровотока на регионарном уровне. Радионуклидная диагностика, так же как и ангиопульмонография, объективно оценивает состояние малого круга кровообращения, однако применение последнего технически сложно и часто противопоказано. Эти данные могут служить основанием для оценки тяжести при таких распространенных патологических заболеваниях, как рак легкого и хроническая пневмония [Корсунский В. Н., 1967; Буюклян А. Н., 1978]. Особое значение радионуклидная диагностика приобрела для распознавания злокачественных новообразований легких и средостения с применением туморотропных РФП.

Основными методиками радионуклидных исследований легких являются: радиопневмография, пневмосцинтиграфия с ^{133}Xe , перфузионная сцинтиграфия (сканирование) легких с макросферами и микроагрегатами, ингаляционная сцинтиграфия легких с микроагрегатами (бронхосцинтиграфия), позитивная сцинтиграфия легких с туморотропными РФП, ангиопневмосцинтиграфия с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ пертехнетатом и макроагрегатом.

Предложенные методики исследования концентрации радиоактивного фосфора путем прицельной бронхорадиометрии с целью дифференциальной диагностики рака легкого в последние годы утратили свое значение и практически не используются в клинической практике из-за ее травматичности.

1. Радиопневмография с ^{133}Xe

Радиопневмография с помощью ^{133}Xe используется для изучения функции внешнего дыхания, в частности отдельной легочной вентиляции и регионарного кровотока. Благодаря применению многодатчиковой системы измерения транзита радиоактивного газа через легкие создаются условия для отдельного количественного и качественного определения показателей вентиляции и кровотока как в обоих легких, так и в отдельных участках каждого из них.

Принцип радионуклидного исследования легочной вентиляции основан на добавлении радиоактивного газа в воздушное пространство, в котором происходит дыхание. Исследование легочной вентиляции и кровотока было предложено в 1958 г. Knipping и соавт. В настоящее время эта методика еще не утрачивает свое значение, несмотря на широкое распространение гамма-камер, с помощью которых можно получить не только кривые насыщения и выведения ксенона, но и изображения легких. На основании радиопневмографии оцениваются такие важные показатели функции легких, как общая и жизненная емкость легких, остаточный объем, объем вентиляционного пространства, время выведения индикатора и вентиляционно-перфузионное соотношение.

Радиопневмография проводится на установке типа «Ксенон», состоящей из 8-канального радиометра, 8 сцинтилляционных датчиков с кристаллом NaI (Tl) диаметром 25 и толщиной 3 мм, 3 самописцев, кресло-кровать, спирографа закрытого типа объемом 10 л с принудительной циркуляцией газовой смеси с ^{133}Xe . Эта система может быть заменена гамма-камерой, преимущество которой заключается в том, что с ее помощью можно получить также изображение легких.

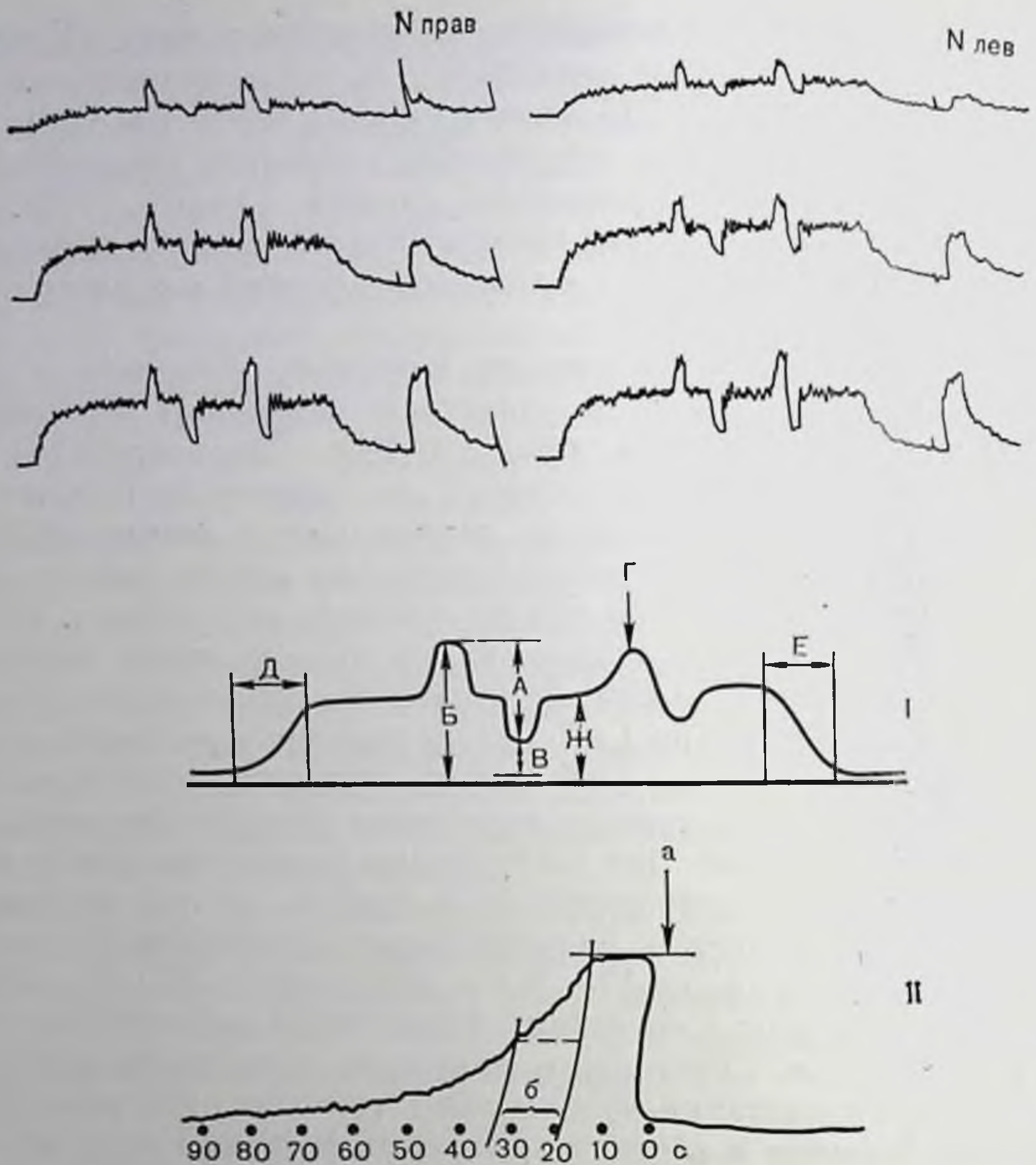
Перед исследованием производят настройку установки и готовят газовую смесь, для чего спирограф заполняют кислородом (7—8 л), затем добавляют в сифон 100 МБк ^{133}Xe и проводят смешивание газов. Пациента усаживают на кресло и со стороны спины устанавливают 6 датчиков: первую пару — симметрично на область вершечек легких; вторую пару — на уровне пятого межреберья и третью пару — на уровне девятого межреберья. Чтобы обеспечить дыхание через спирограф, на коже пациента закрепляют загубник и носовой зажим. До включения спирографа с газовой смесью пациент в течение 1—2 мин привыкает к дыханию в замкнутой системе, а затем к этой системе подключают ксеноно-кислородную смесь и на самописце начинается регистрация поступления препарата в легкие. При наступлении равновесия между концентрацией ^{133}Xe на спирографе и в легких, на что указывает появление плато на кривых, больной делает глубокий вдох и выдох и задерживает дыхание на 15—20 с с интервалами 20—30 с, затем спирограф отключают и на кривых фиксируется последний этап — период вымывания. Сразу после окончания вымывания проводят второй этап исследования регионарного кровотока без изменения положения больного и датчиков. Для этого больному внутривенно быстро вводят 40—60 МБк ^{133}Xe , растворенного в 1—2 мл изотонического раствора хлорида калия, который диффундирует в альвеолы и выдыхается. В момент введения препарата больной делает средний вдох с задержкой дыхания на 15—20 с с последующим возобновлением нормального дыхания.

Процедура обеих проб длится 10—12 мин. На рис. 19 приведены радио-пневмограммы, характерные в норме, и схема кривой радио-пневмограммы: I — регионарной вентиляции и II — артериального кровотока (по В. Н. Корсунскому).

I. Для оценки регионарной вентиляции определяют следующие показатели: а) жизненную емкость легких (ЖЕЛ), в %; б) общую емкость легких (ОЕЛ), в %; в) остаточный объем легких (ОО), в %; г) время форсированного вдоха, в с; д) время смешивания газа, в с; е) время выведения индикатора, в с; ж) объем вентилируемого пространства (ОВП).

II. Для оценки артериального кровотока определяют: а) высоту амплитуды; б) время полувыведения индикатора.

Обработка кривых, полученных при изучении регионарной вентиляции и артериального кровотока легких, производится путем измерения амплитуды кривой и времени полувыведения изотопа из различных зон легкого. При этом отношение амплитуды одной из



19. Радиопневмограммы с ^{133}Xe в норме. Показатели вентиляции и кровотока практически одинаковы в симметричных зонах. Схемы радиопневмограммы (I, II). Объяснение в тексте.

кривых к сумме амплитуд кривых обоих легких, выраженное в процентах, соответствует вкладу данной зоны в общий объем вентиляции кровотока.

Расчеты производились по следующей формуле:

$$X\% = \frac{h \text{ зоны}}{\Sigma h} \times 100\%,$$

где $X\%$ — вклад исследуемой зоны, в %; h зоны — высота амплитуды исследуемой зоны легкого, в мм; Σh — сумма амплитуд всех 6 зон легких, в мм. По данной формуле рассчитывается вклад каждой зоны в общий объем вентиляции, а также процентное распределение легочного кровотока по зонам легких.

При оценке кривых радиопневмограмм следует учитывать, что в норме имеет место неравномерность степени вентиляции и кровотока: меньше — в верхних отделах, больше — в нижних отделах. Соотношение вентиляции верхних и нижних зон составляет спра-

ва 1 : 2, слева 1 : 1,9, что отражает физиологические объемы ткани легкого. Эти показатели идентичны и в симметричных участках левого и правого легкого, за исключением нижней доли правого легкого.

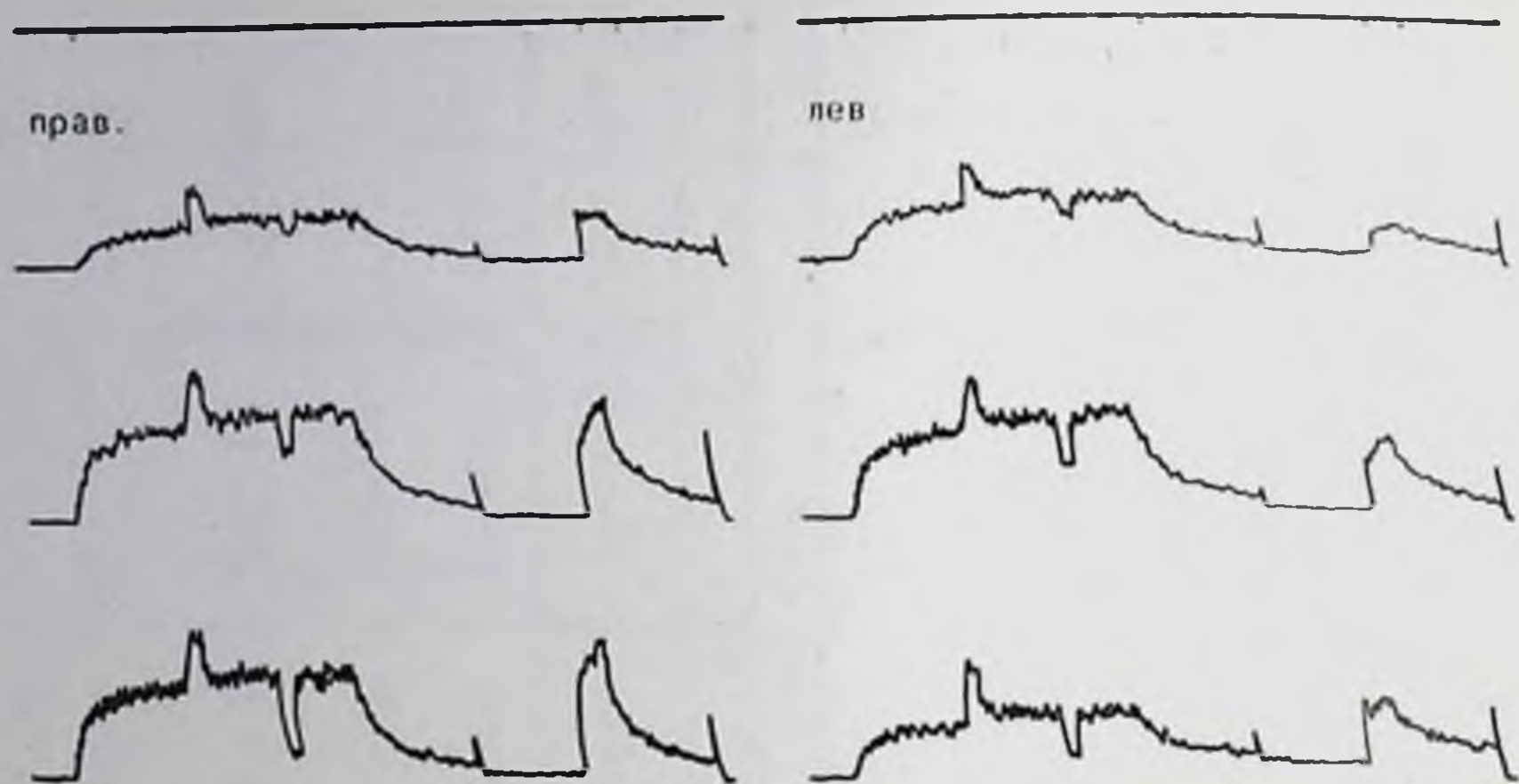
Из общего объема вентиляции легких в норме на правое легкое приходится 52%, на левое — 48%.

Показатель регионарного кровотока, так же как и вентиляция, возрастает от вершины к основанию легких, причем соотношение регионарного кровотока в пределах одного легкого более выражено, чем вентилиациях, и составляет от верхних до нижних зон в обоих легких 1 : 4.

Наряду с изменением показателей вентиляции и регионарного кровотока изменяется в такой же последовательности, т. е. возрастает от вершины к базальным отделам легких, вентиляционно-перфузионное соотношение (процентное отношение объема вентиляции к регионарному кровотоку в идентичных участках легкого). В норме для каждого легкого показатели вентиляционно-перфузионного соотношения составляют 0,8—1; при нарушении вентиляции это соотношение уменьшается и, наоборот, воз-

Таблица 7
Показатели регионарной легочной вентиляции и кровотока легких в норме ($M \pm m$)

Показатель	Правое легкое				Левое легкое			
	Зона				Зона			
	верхняя	средняя	нижняя	все легкое	верхняя	средняя	нижняя	все легкое
Объем вентилируемого пространства, %	10,2 ± 0,5	20,0 ± 0,5	20,9 ± 0,4	51,8 ± 0,8	10,1 ± 0,4	19,6 ± 0,4	19,0 ± 0,6	48,2 ± 0,7
Время полувыведения ^{133}Xe , с	22,1 ± 1,3	18,4 ± 0,6	17,0 ± 0,6	35,6 ± 1,3	22,3 ± 1,1	18,1 ± 0,7	17,0 ± 0,5	37,7 ± 1,6
Относительный остаточный объем, %	40,4 ± 2,3	44,5 ± 1,6	21,0 ± 1,2	52,1 ± 0,7	42,2 ± 1,8	44,8 ± 2,0	28,0 ± 1,3	47,9 ± 0,8
Артериальный кровоток, %	6,6 ± 0,3	16,6 ± 0,6	29,0 ± 0,8	0,99 ± 0,01	6,5 ± 0,2	16,7 ± 0,6	25,2 ± 0,8	1,01 ± 0,01
Вентиляционно-перфузионное отношение	1,55 ± 0,06	1,23 ± 0,03	0,72 ± 0,03		1,60 ± 0,05	1,19 ± 0,03	0,76 ± 0,03	

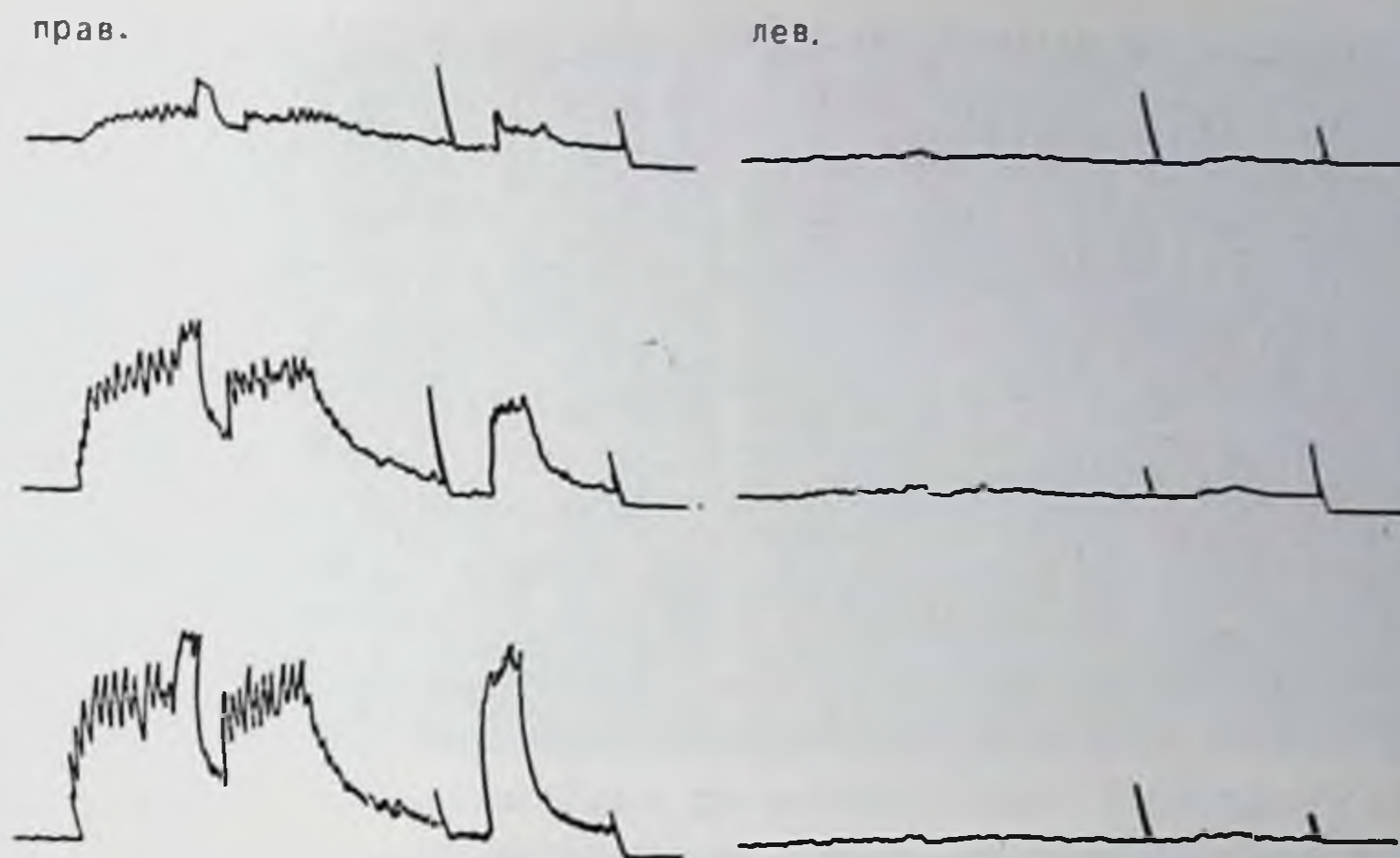


20. Радиопневмограммы при двусторонней хронической пневмонии.

растает в случае изменения характера кровотока. Показатели вентиляции и кровотока в норме приведены в табл. 7.

Изменения радиопневмограмм при заболеваниях легких. При хронических воспалительных процессах в легких отмечается нарушение вентиляции и кровотока, выраженность которых находится в зависимости от распространенности патологического процесса и развития легочной недостаточности. Диффузная форма хронической пневмонии характеризуется главным образом нарушением показателей вентиляции (увеличение остаточного объема и скорости выведения ^{133}Xe), в то время как показатели регионарного кровотока изменяются в меньшей степени. Типичные радиопневмограммы, характерные для двусторонней хронической пневмонии, представлены на рис. 20. Обращает внимание медленное достижение равновесия, резко сниженная амплитуда дыхательных подъемов радиопневмограммы и незначительное отклонение на выдохе. Как видно на рис. 20, указанные изменения имеются на всех 6 радиопневмограммах, что свидетельствует об относительной равномерности патологических изменений. Значительные изменения на радиопневмограммах выявляются при длительном течении патологического процесса с развитием фиброза, ателектазов, бронхоэктазов и пневмосклероза. При этом отмечается прямая зависимость степени редукции легочных объемов и особенностей артериального кровотока от выраженности морфологических изменений в легких. При очаговых хронических процессах в легких и нарушениях бронхиальной проходимости имеет место локальное изменение вентиляции и кровотока.

Изменения показателей радиопневмограммы при раке легкого зависят от локализации и распространенности патологического процесса. При центральном раке отмечаются различной степени нарушения легочной вентиляции и кровотока в зоне опухолевого очага. Центральный рак с сегментарным поражением, сопровождающийся нарушением проходимости бронхов, сосудов и развитием ателектаза, характеризуется полным отсутствием вентиляции и



21. Радионевмограммы при центральном раке левого легкого. В левом легком полностью отсутствует вентиляция и кровоток.

регионарного кровотока в зоне поражения. В качестве примера на рис. 21 приведены радионевмограммы большого раком левого легкого, свидетельствующие о полном отключении всего пораженного легкого; справа — компенсаторные изменения в виде учащенного дыхания, выражающегося зубцами на кривой.

При периферической форме рака, если диаметр опухоли больше 5 см, на радионевмограммах выявляются очаговые изменения.

2. Перфузионная и ингаляционная пульмоноскintiграфия

Сцинтиграфия легких предназначена для получения изображения этого органа и изучения легочного кровотока и вентиляции. В зависимости от путей введения и виде РФП сцинтиграфия легких делится на перфузионную (пульмоноскintiграфия) и ингаляционную (бронхосцинтиграфия).

Перфузионная сцинтиграфия основана на принципе временной эмболизации артериально-капиллярного русла легких частицами, мечеными радионуклидами, после их внутривенного введения [Ernst et al., 1969]. Таким образом, эффект исследования зависит от числа эмболизированных макроагрегатами капилляров. Чем больше капилляров подвергается эмболизации, тем более интенсивная контрастность изображения легких в этой области, и наоборот.

Для пульмоноскintiграфии используют макроагрегаты альбумина человеческой сыворотки размером частиц от 10 до 80 мкм или микросферы альбумина, меченные ^{99m}Tc или ^{113}In . Для получения сцинтиграммы легкого достаточно незначительной эмболизации, примерно десятитысячного объема легочных капилляров, причем эмболизация капиллярного русла длится несколько часов, а затем

частичка альбумина подвергается распаду и покидает сосуды легких. Поэтому эти исследования не влияют на функцию легких и жизнедеятельность организма. Введенное в организм количество белка настолько мало (примерно 0,02—0,03 мг на 1 кг массы тела), что не сопровождается развитием иммунологической реакции. Так, по нашим данным, даже у 300 обследованных больных с бронхиальной астмой с высоким содержанием иммуноглобулинов не было реакций на введение РФП.

Вариантом пульмоносцинтиграфии является способ ангиопульмоносцинтиграфии, которая используется для диагностических шунтов.

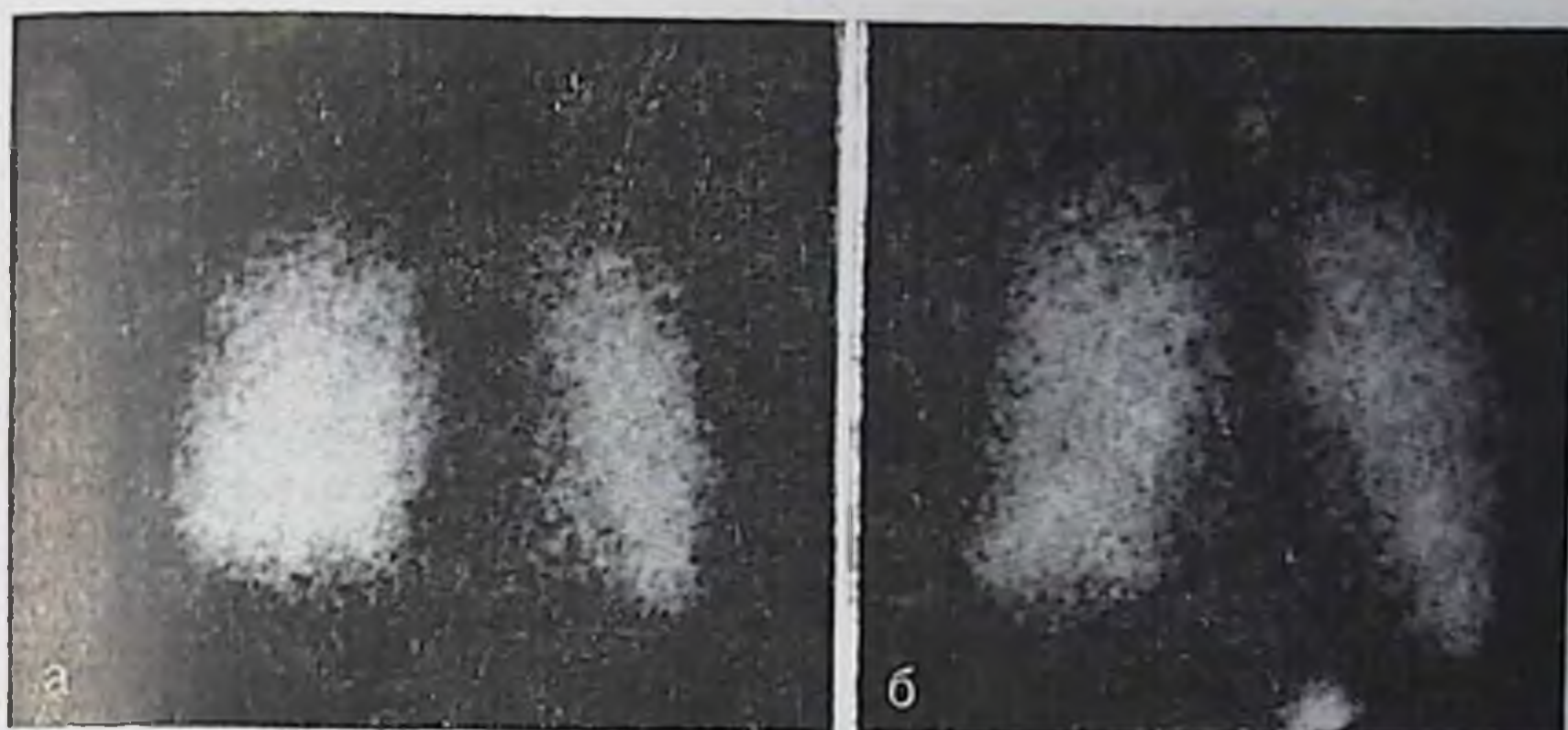
При проведении сцинтиграфии легких с применением МАА, меченных ^{131}I , требуется выполнение блокады щитовидной железы, так как радиоiod отщепляется от альбумина и с током крови попадает в щитовидную железу, оказывая на нее значительную лучевую нагрузку. С этой целью за 2 дня до исследования и в течение недели после него обследуемый принимает раствор Люголя по 5 капель 2 раза в день. При использовании МАА, меченных $^{99\text{m}}\text{Tc}$ и $^{113\text{m}}\text{In}$, такой подготовки не требуется. Величина вводимой активности для сцинтиграфии легких с применением МАА, меченных ^{131}I , составляет 7,4—9,25 МБк, с применением $^{99\text{m}}\text{Tc}$ — 74—111 МБк, а при применении $^{113\text{m}}\text{In}$ — до 300 МБк.

После внутривенного введения препарата обследование пациента начинают через 5—10 мин. Сцинтиграфию или сканирование проводят в задней и передней проекциях, а при необходимости — и в боковой проекции. Детектор гамма-камеры устанавливают почти вплотную к грудной клетке пациента, чтобы вертикальная линия поля сзади накладывалась на позвоночник, а спереди — на грудину.

Более целесообразно выполнять обследование в положении пациента стоя, что дает возможность получать изображения легких в разных проекциях без изменений их анатомо-топографического расположения.

При сцинтиграфии легких на гамма-камере для увеличения поля зрения детектора применяется дивергентный коллиматор.

На сцинтиграммах или сканограммах в норме, в передней и задней проекциях, получается изображение, которое по своей форме и положению соответствует рентгенологической картине легкого (рис. 22). Спереди контур левого легкого отделяется от правого широкой полосой, соответствующей локализации органов средостения. Объем, ширина и контрастность пульмоносцинтиграмм в средних, нижних отделах относительно превалирует над верхушечной областью, что обусловлено большей массой ткани и соответственно большим содержанием РФП. Форма изображения правого легкого сопоставима с треугольником, вершина которого соответствует верхушке легкого, а основание — нижним отделам. Пульмоносцинтиграммы, полученные в передней проекции, характеризуют состояние кровоснабжения слева преимущественно верхней, справа верхней и средней долей легкого.



22. Сцинтиграммы легких в передней проекции без признаков поражения; здесь и на рис. 23—27 слева (а) — перфузионная, справа (б) — ингаляционная.

Сцинтиграмма легких в задней проекции имеет относительно большие вертикальные размеры, более интенсивную контрастность, что объясняется близким прилеганием к детектору массы легких, включая и нижние отделы легких, расположенных в диафрагмальных синусах. Медиальные границы правого и левого легкого сближены и разделительная полоса обусловлена только экранирующим эффектом позвоночника. Сцинтиграмма в задней проекции наиболее полно отражает состояние капиллярного кровоснабжения нижних участков легких. В ряде случаев для уточнения топографии патологического очага прибегают к сцинтиграфии легких в боковой проекции. В этой проекции легкие имеют треугольную форму слева с четко выраженной сердечной вырезкой. При использовании ^{99m}Tc исследования в боковых проекциях являются более информативными, чем при использовании ^{113m}In .

Ингаляционная сцинтиграфия предназначена для изучения вентиляционной функции легких, а также для изучения очистительной функции эпителия бронхов. В отличие от радиопневмографии на ингаляционных сцинтиграммах получается информация о состоянии проходимости крупных и мелких бронхов, что позволяет дифференцировать причину нарушения внешнего дыхания.

Принцип ингаляционной сцинтиграфии основан на вдыхании меченых аэрозолей. Частицы радиоаэрозолей при ингаляции оседают на слизистой оболочке бронхов, в результате чего получается контрастирование бронхоальвеолярной системы, дающее на сцинтиграмме соответствующее изображение легких [Loken, 1971].

Для ингаляционной сцинтиграфии используют аэрозоли микроагрегата альбумина человеческой сыворотки, меченные ^{99m}Tc или ^{113m}In . Для ингаляционной сцинтиграфии специальной подготовки больного не требуется. Приготовление препарата в виде аэрозолей смеси осуществляется с помощью универсального ингалятора ЦИ-2, который снабжен спаренным распылителем с форсунками кругового движения. Система многократной сепарации ЦИ-2 позво-

ляет создавать аэрозольное облако высокой дисперсности с размером частиц от 2 до 4 мкм. Непосредственно перед ингаляцией в одну из чаш распылителя заливают 5—10 мл раствора альбумина, меченого ^{99m}Tc . Рабочее давление воздушной струи устанавливают в пределах 0,8—1,0 атм. Далее врач надевает больному нагубник, затем подключают ингалятор. Процедура ингаляции продолжается 10—15 мин при обычном ритме и глубине дыхания. За это время больной ингалирует аэрозоли с общей активностью 125—155 МБк, что вполне достаточно для четкой визуализации бронхиального дерева.

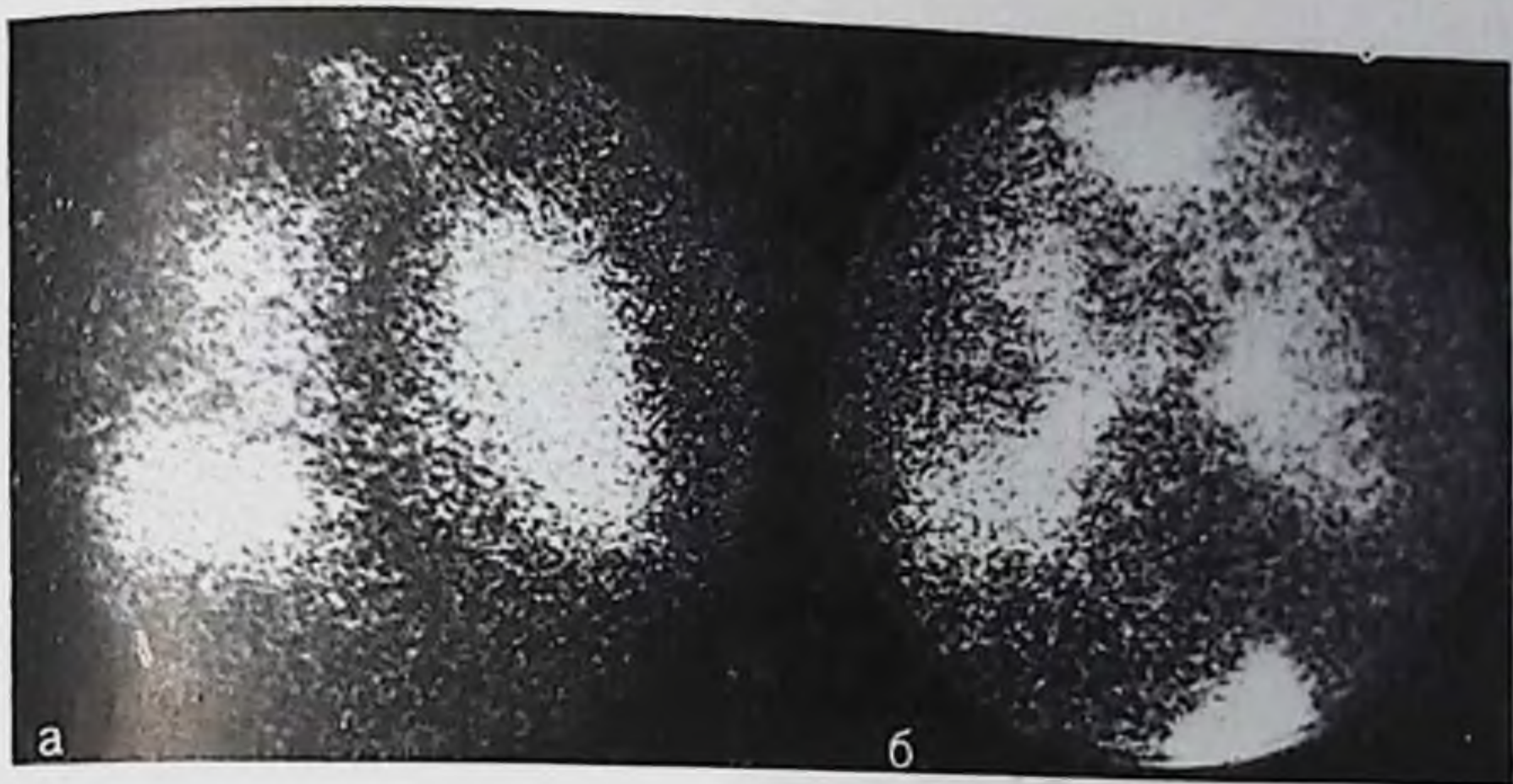
Сцинтиграфию легких начинают сразу же после ингаляции, а при необходимости оценки очистительной функции процедуру повторяют каждые 30 мин.

На нормальной ингаляционной сцинтиграмме изображение и форма легких, так же как и при инфузионных исследованиях, соответствует рентгенологической картине легких. В отличие от перфузионной сцинтиграммы на бронхосцинтиграммах выявляется наличие РФП в трахее и желудке. Последнее обусловлено частичным заглатыванием смеси. Интенсивность изображения верхних долей легких меньше, чем средних и нижних отделов, величина контрастности правого легкого превышает таковую левого, что обусловлено большим объемом массы правого легкого.

При изучении патологических изменений в легких, как показывает опыт практической работы, наиболее полную информацию получают при сочетании ингаляционной и перфузионной сцинтиграфии. Такое исследование наиболее существенно дополняет данные состояния капиллярного русла кровотока с показателями вентиляции легких, что особенно важно при диагностике ранних функциональных нарушений.

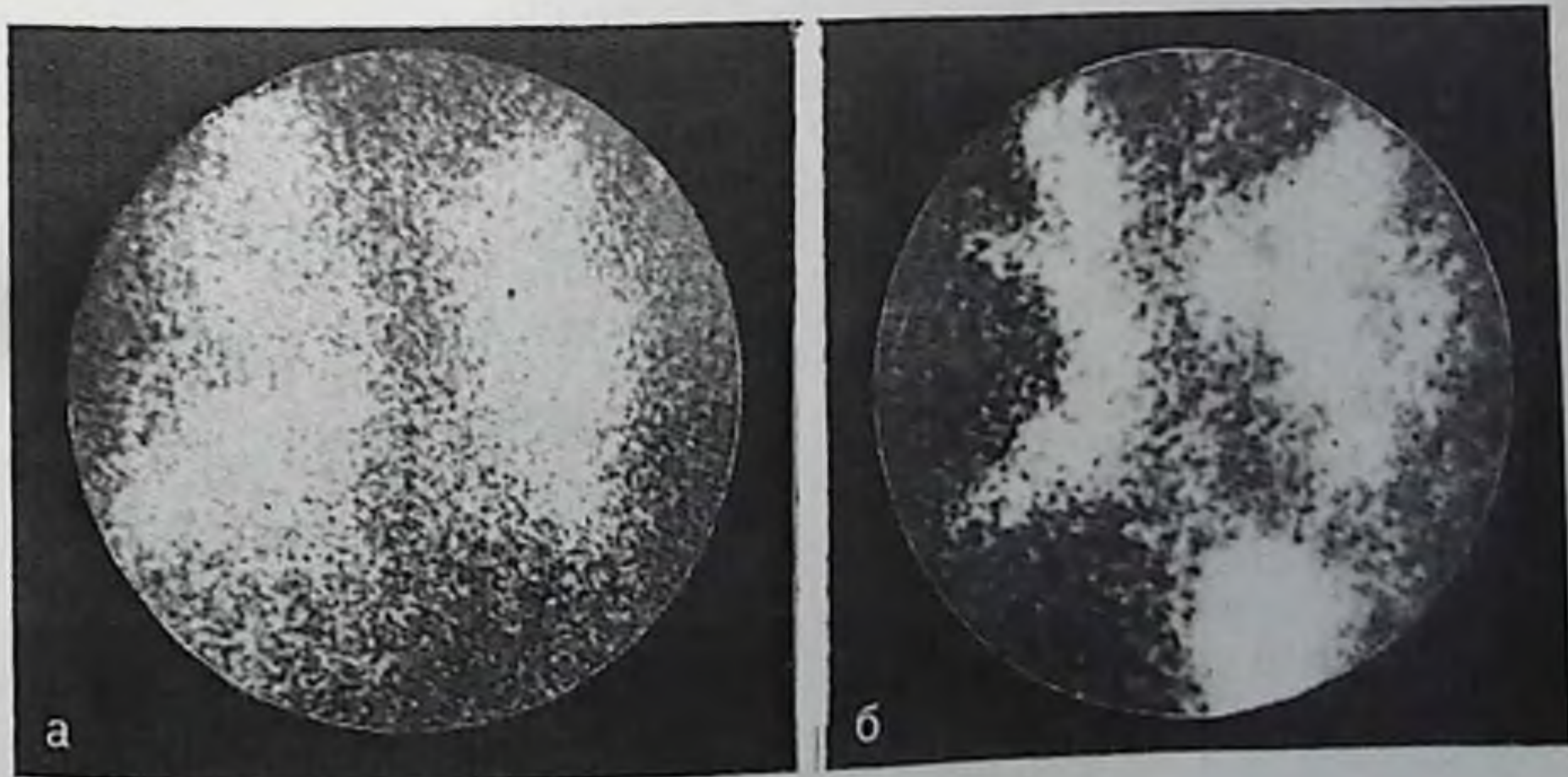
Проведение сочетанной ингаляционно-перфузионной сцинтиграфии легко воспроизводимо в одном исследовании путем использования радионуклидов с различной энергией гамма-квантов. Наиболее благоприятным сочетанием считается выполнение ингаляционной сцинтиграфии с помощью альбумина человеческой сыворотки, меченой ^{99m}Tc , и перфузионной — с помощью МАА, меченых ^{131}I . Оба исследования осуществляются последовательно друг за другом в одинаковом положении больного. Таким образом за короткий промежуток времени получают 2 сцинтиграммы.

Перфузионная и ингаляционная сцинтиграфия при хронической пневмонии. Сцинтиграфическая картина изменений пульмоно- и бронхосцинтиграмм при очаговой хронической пневмонии зависит от локализации, распространенности процесса и длительности течения заболевания. По данным А. И. Буюклян и соавт. (1977), наиболее ранними и характерными признаками нарушения кровотока и вентиляции при хронической пневмонии являются неравномерные распределения макроагрегата и радиоактивных аэрозолей и снижение его концентрации в очаге поражения легочной ткани. На более поздних стадиях развития патологического процесса, когда в легочной ткани и в бронхиальном дереве появляются



23. Сцинтиграммы при ограниченной хронической пневмонии. Снижение кровотока и уменьшение вентиляции в верхнем отделе правого легкого.

ся выраженные морфологические изменения (фиброз, ателектаз, деформация бронхов и др.), на сцинтиграммах в области патологических очагов отмечается отсутствие легочного кровотока и вентиляции, объем и распространенность этих изменений соответствуют величине очагов воспалительного процесса. Как следует из рис. 23, эти изменения выявляются и на пневмоно- и бронхосцинтиграммах. При сочетанной перфузионной и ингаляционной сцинтиграфии характерным для хронической пневмонии с обструктивными нарушениями является преобладание степени нарушения вентиляционной функции над картиной нарушения капиллярного кро-



24. Сцинтиграммы при диффузной хронической пневмонии. Нарушение кровотока в верхнем отделе правого легкого и частично верхушки левого легкого. Значительное уменьшение вентиляции в обоих легких. Отложение аэрозолей практически только в области крупных бронхов.

вотока. На бронхосцинтиграммах степень выраженности этих изменений значительно превышает проявление на пульмоносцинтиграмме. Особенно характерно превалирование вентиляционных нарушений при хронических пневмониях, сопровождающихся эмфиземой легких, когда сокращается значительная часть дыхательного пространства. В качестве примера на рис. 24 приведены пульмоно- и бронхосцинтиграмма больного хронической пневмонией с явлениями эмфиземы. Видно, что контуры пульмоносцинтиграммы слева и справа неровные. Правое легкое увеличено, выражена очагово-диффузная неравномерность всего изображения. На бронхограммах получено изображение только бронха.

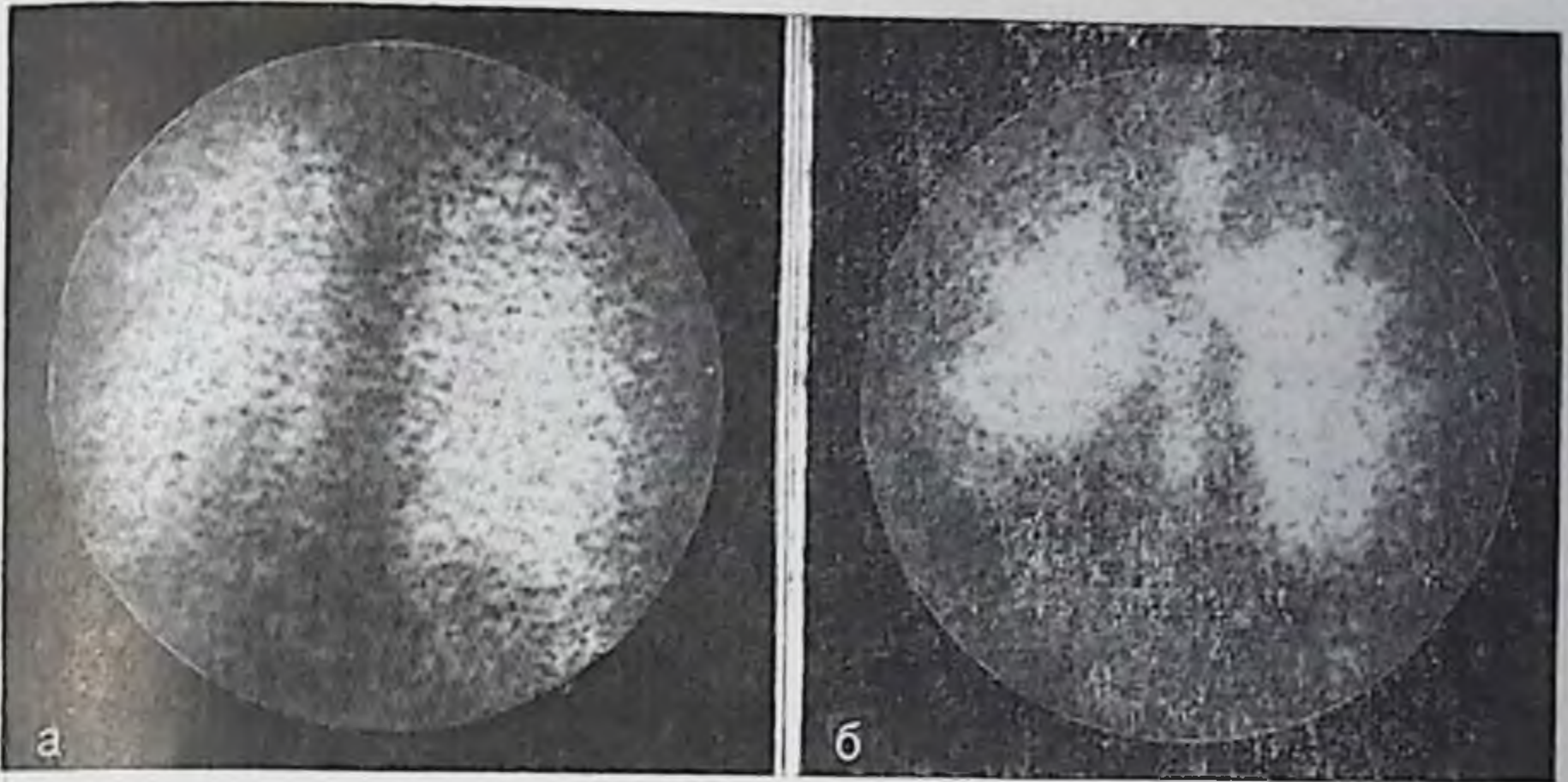
При диффузной форме хронической пневмонии вентиляционные расстройства также превалируют над циркуляционными; на ингаляционных сцинтиграммах одним из признаков нарушения вентиляции является повышение количества радиоактивного аэрозоля в крупных бронхах прикорневой зоны и резкое снижение его количества в бронхах периферических полей (рис. 25). Что касается изменения кровотока, то на ранних стадиях заболевания на перфузионных сцинтиграммах не отмечается существенных изменений; при затяжном течении патологического процесса обнаруживаются резкие изменения распределения меченого макроагрегата, вплоть до образования дефектов накопления (см. рис. 25).

У больных с хронической пневмонией, сопровождающейся обширными изменениями легочной ткани (множественные бронхоэктазы, диффузный пневмосклероз, фиброз легкого), на ингаляционных и перфузионных сцинтиграммах выявляются значительные нарушения легочной вентиляции и кровообращения с наличием множественных перфузионных и вентиляционных дефектов; на ингаляционных сцинтиграммах при этом, как правило, выявляются многочисленные участки избыточного отложения радиоактивного аэрозоля в крупных бронхах прикорневой зоны.

Следует отметить, что изменения функции легких, выявленные с помощью перфузионной и ингаляционной сцинтиграфии при очаговых хронических пневмониях, по информативности не уступают данным ангиопульмонографии; более того, при диффузной форме хронической пневмонии нарушения капиллярного кровотока на сцинтиграммах превалируют по объему и протяженности изменений, выявляемых на ангиопульмонограммах.

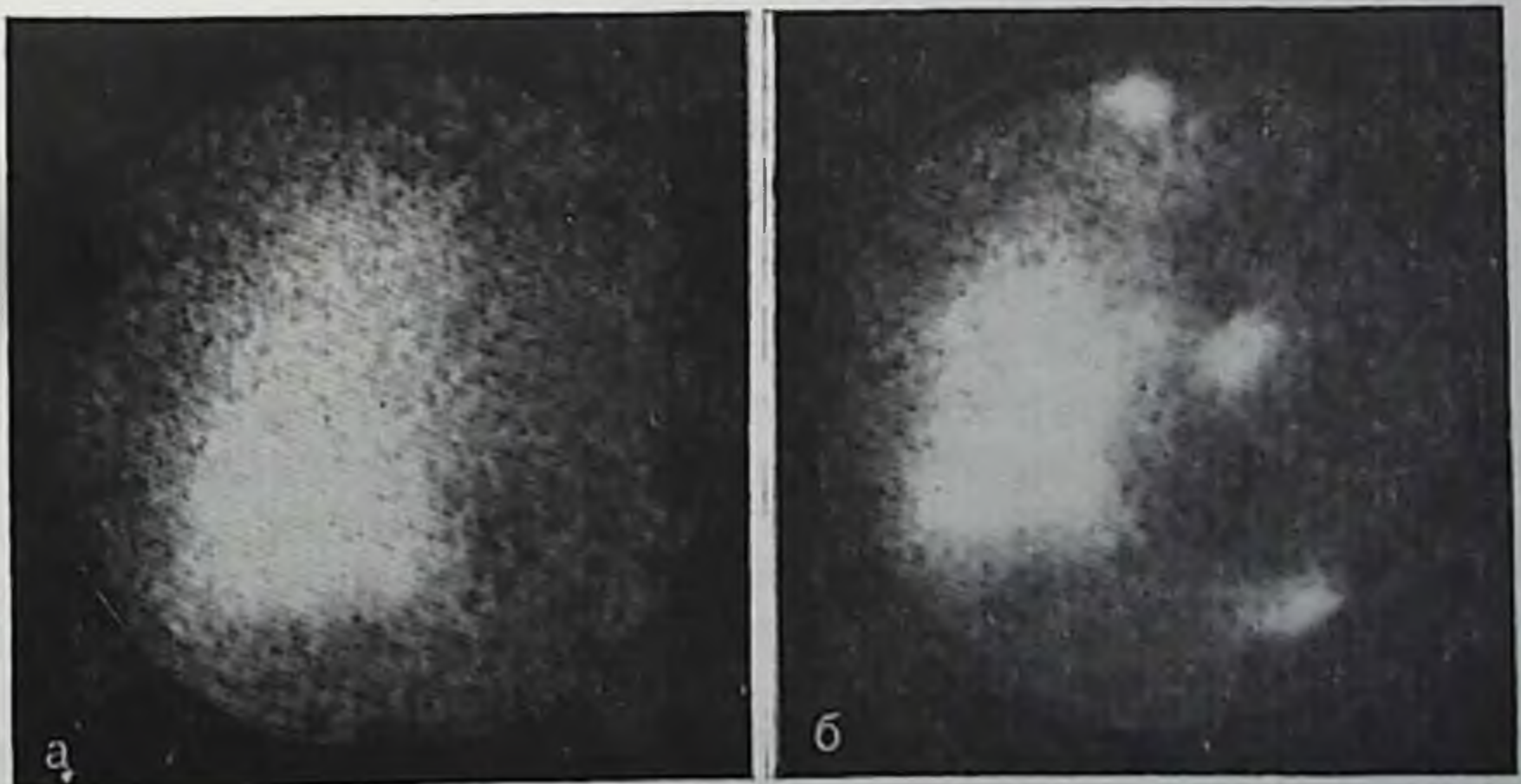
При хронической пневмонии с бронхоэктазами на сцинтиграммах может наблюдаться почти полное отсутствие кровотока в пораженном отделе легкого, в то время как ангиографические исследования не полностью выявляют изменения васкуляризации легких. Уменьшения кровотока, наблюдаемые на сцинтиграммах при осложненных формах хронической пневмонии, являются, по всей вероятности, следствием снижения легочной перфузии при облитерации легочных сосудов в гипоксическом отделе легкого.

Перфузионная и ингаляционная сцинтиграфия при раке легкого приобретает особое значение, так как выбор тактики лечения во многом зависит от величины и распространенности патологическо-



25. Сцинтиграммы при хронической пневмонии с бронхоэктазией. Значительное снижение легочной перфузии и вентиляции в нижнем отделе правого легкого. Отложение аэрозолей в этой области фактически отсутствует.

го процесса, степени расстройства вентиляции, капиллярного кровотока, а также выявления компенсаторных свойств неповрежденной легочной ткани. Основным признаком при этом является снижение или полное отсутствие изображения легкого в пределах зоны затемнения и даже за ее пределами, наблюдаемое на рентгенограммах. Величина и объем расстройства легочного кровотока и вентиляции зависят от локализации опухоли и сопутствующих изменений бронхов и сосудов легких. Центральный рак легкого с сегментарным ателектазом характеризуется выраженным снижением кровотока и вентиляции легких, вплоть до полного отсут-



26. Сцинтиграммы при обструкционных нарушениях, центральный рак левого легкого. Отсутствие кровотока и отложение аэрозолей в левом легком.

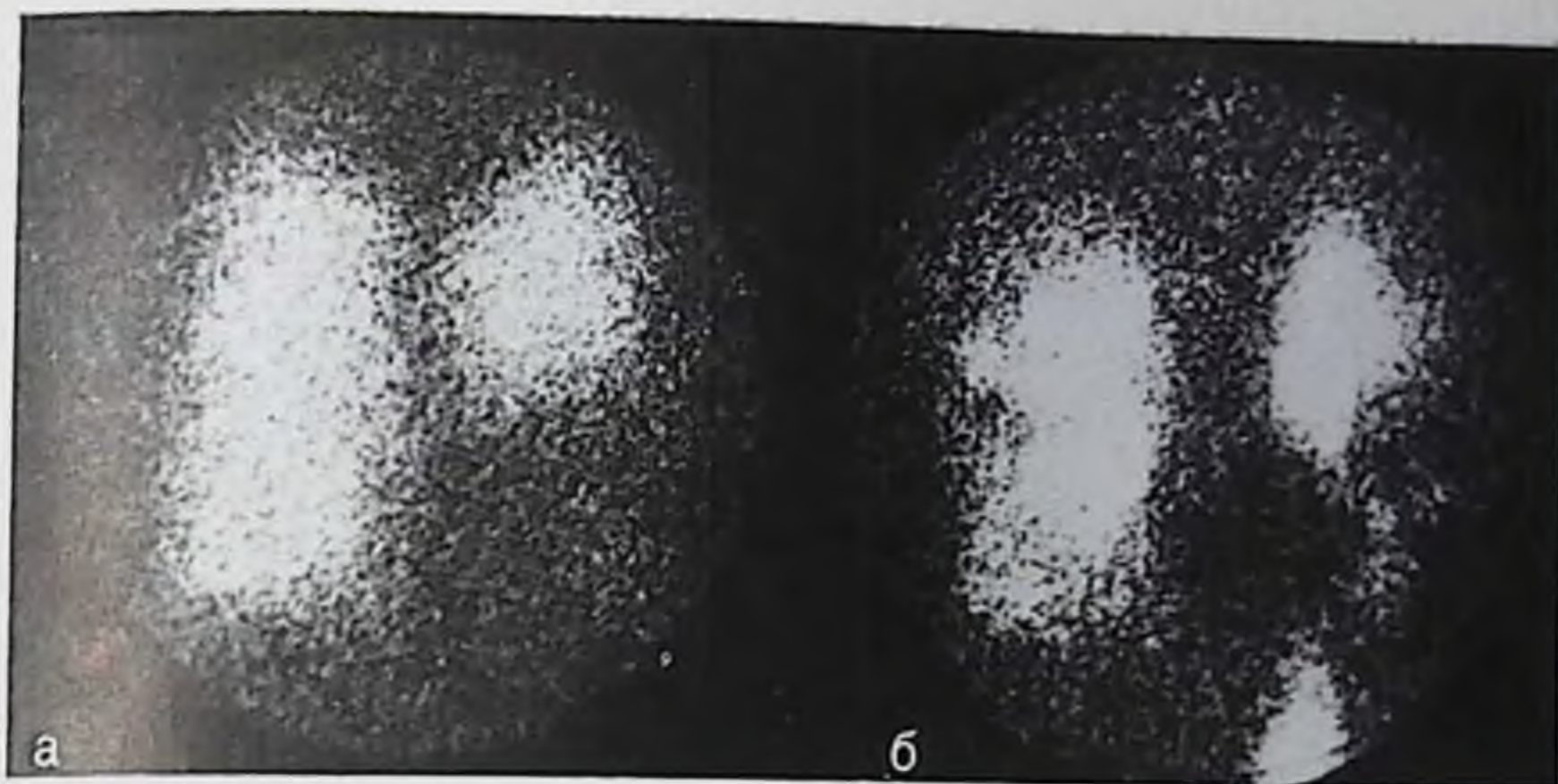
ствия их в пораженном участке легкого. На рис. 26 представлены пульмоно- и бронхосцинтиграммы больного центральным раком левого легкого, на которых изображение пораженного легкого полностью отсутствует.

Немаловажным фактором, определяющим состояние функции легких, является выявление проходимости бронхов. Ингаляционная сцинтиграфия в таких случаях позволяет по характеру распределения аэрозолей судить о локализации и степени частичной или полной обструкции бронха в зоне опухолевого очага. Одним из характерных признаков частичной бронхиальной непроходимости является наличие участков избыточного отложения радиоактивного аэрозоля на уровне обструкции бронха и уменьшение его количества в дистальном отделе этого участка. При полной непроходимости бронхиального ствола на ингаляционных сцинтиграммах преобладает зона локального повышения содержания радиоактивного препарата соответствующего участка легкого и зона полного отсутствия аэрозолей ниже уровня патологического очага.

Состояние легочного кровотока при центральном раке легкого зависит от величины и распространенности патологического процесса. На перфузионных сцинтиграммах выявляются расстройства кровообращения, ателектаза в зоне опухоли и в прилежащих отделах легкого, причем протяженность изменения кровотока на сцинтиграммах превалирует над изменениями, видимыми на рентгенограммах. Определяемые на перфузионных сцинтиграммах изменения при центральном раке легкого обусловлены, по данным ангиографии, в основном сужением и деформацией сосудов — сегментарных и субсегментарных артерий, а также наличием зон различной величины аваскуляции. В ряде случаев причиной нарушения вентиляции и кровотока является прорастание сосудов и бронхов опухолью или сдавливание их увеличенными лимфатическими узлами.

При периферическом раке легкого основным сцинтиграфическим признаком нарушения легочного кровотока и вентиляции является различной степени снижение концентрации РФП или, чаще, полное его отсутствие в зоне локализации опухоли. На рис. 27 приведены пульмоно- и бронхосцинтиграммы больного с периферическим раком нижней доли левого легкого. Изображение области поражения не визуализировано.

Разрешающая способность пульмоно- и бронхосцинтиграфии в выявлении периферического рака очень высокая. Изменения обнаруживаются при опухоли размером 3 см и более. В ряде случаев можно выявлять периферические новообразования и меньших размеров, например при пережатии сосуда, закупорке бронха или перифокальном воспалительном процессе. Основой нарушения кровотока, по данным ангиографии, является сужение и деформация даже мелких сосудов легких, однако возможность их обнаружения крайне затруднительна. В ряде случаев при периферическом раке выявляются изменения на сцинтиграммах в зоне самой опухоли, в то же время на ангиограммах у этих больных обнару-



27. Сцинтиграммы при периферическом раке левого легкого. Значительное снижение вентиляции в области опухолевого инфильтрата.

жить какие-либо изменения сосудистой структуры не удастся, что является, видимо, следствием наличия в этих случаях лишь частичной непроходимости сосудов легких.

3. Позитивная пульмоносцинтиграфия с туморотропными РФП

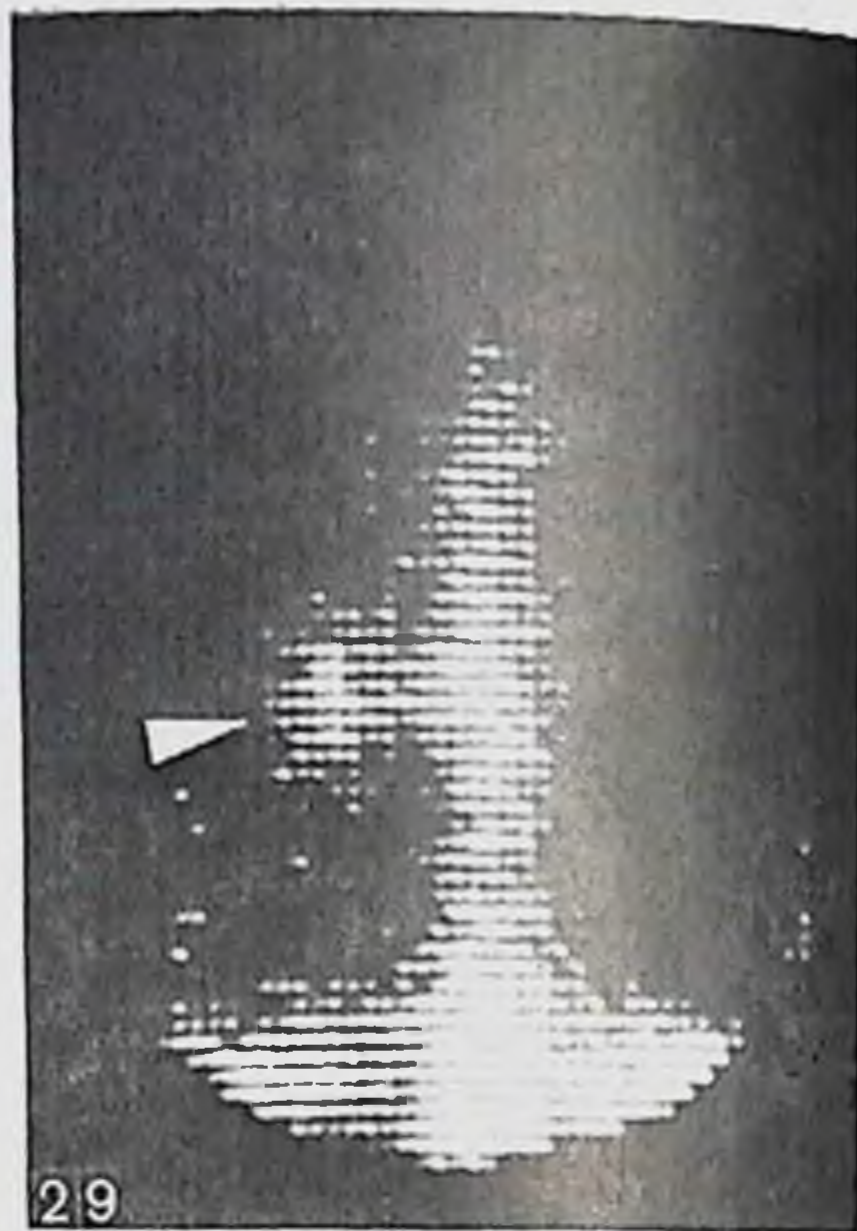
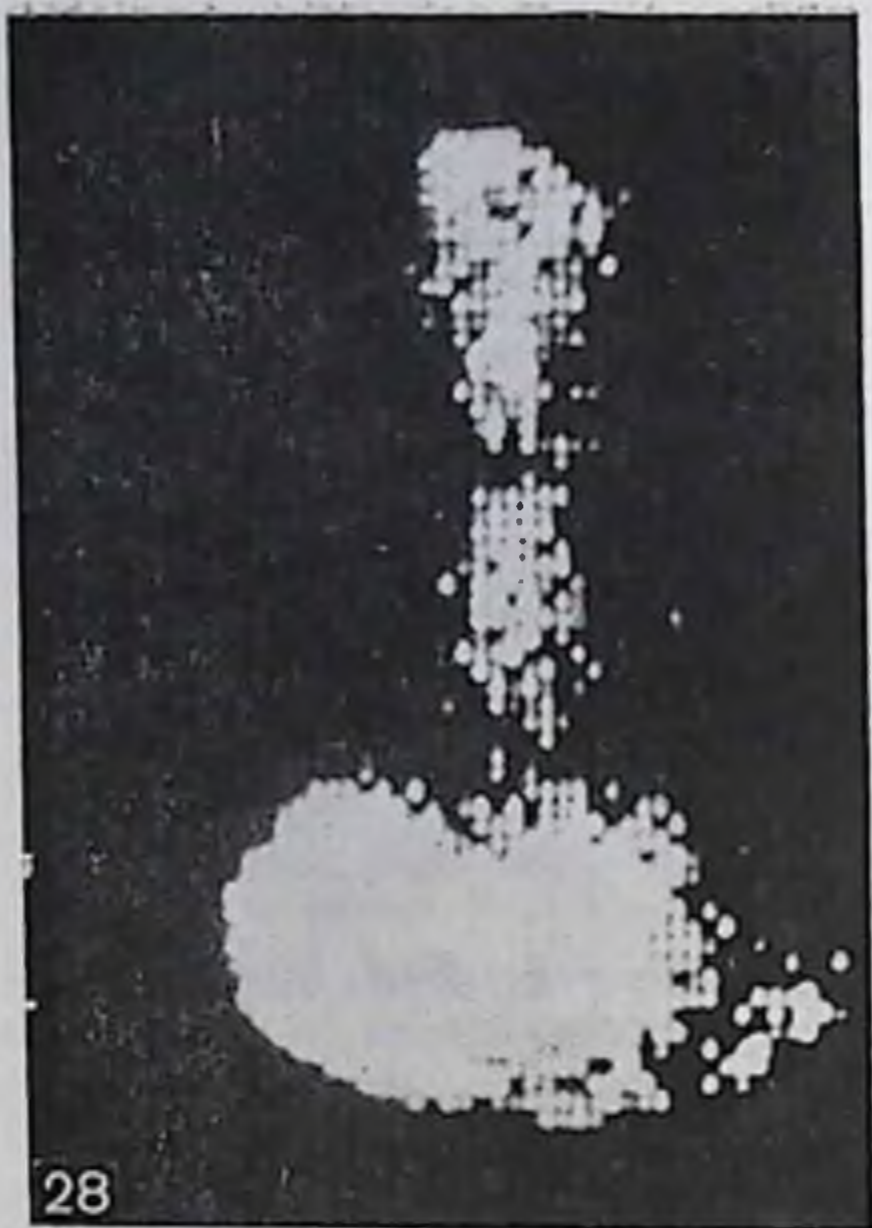
Важное место в радионуклидной диагностике опухолей легких занимает сцинтиграфия с туморотропными РФП — цитратом ^{67}Ga и блеомицином ^{111}In [Keeling, 1973; Lilen, Jones, 1975].

На основании данных литературы, ^{67}Ga может быть рекомендован для диагностики рака легкого, злокачественных лимфом, регионарных метастазов, а также в целях дифференциальной диагностики опухоли легкого с другими заболеваниями [Фадеев Н. П., 1982]. Принцип этого метода основан на его избирательном повышенном накоплении в ткани злокачественной опухоли после внутривенного введения по сравнению с непораженной тканью легкого [Heyses, Edwards, 1973].

Для исследования применяется цитрат ^{67}Ga с активностью 1—1,5 МБк на 1 кг массы больного. ^{67}Ga свободен от носителя, имеет период полураспада 78,2 ч, распадается путем электронного захвата с испусканием гамма-квантов 3 уровней энергии: 92 кэВ (39,6%), 300 кэВ (20,5%) и 394 кэВ (8%).

Через 3 сут после введения РФП больных обследуют на любом сканере или гамма-камере в горизонтальном положении в передних и задней проекциях. Окно дискриминации устанавливают в диапазоне энергии 184 и 296 кэВ. Скорость сканирования 40—60 см/мин при шаге 4 мм; постоянное время — 0,1 с, отсечка фона 40—60%.

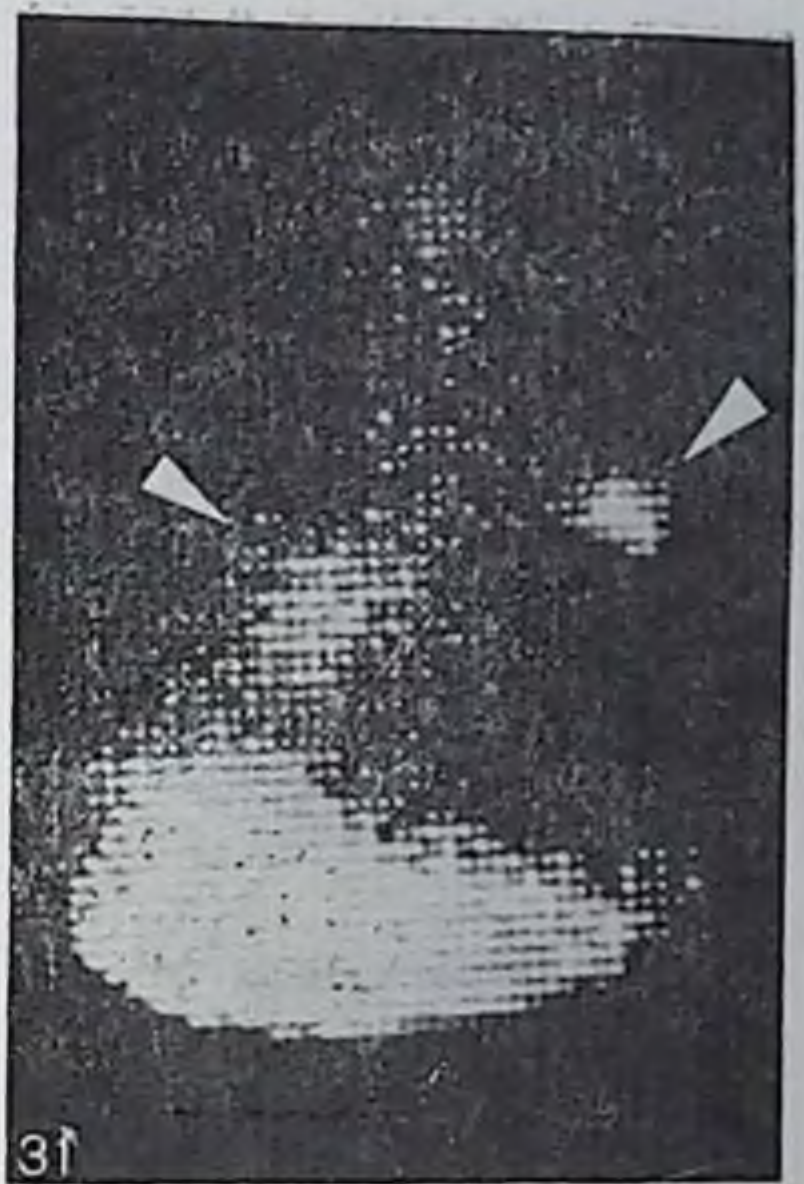
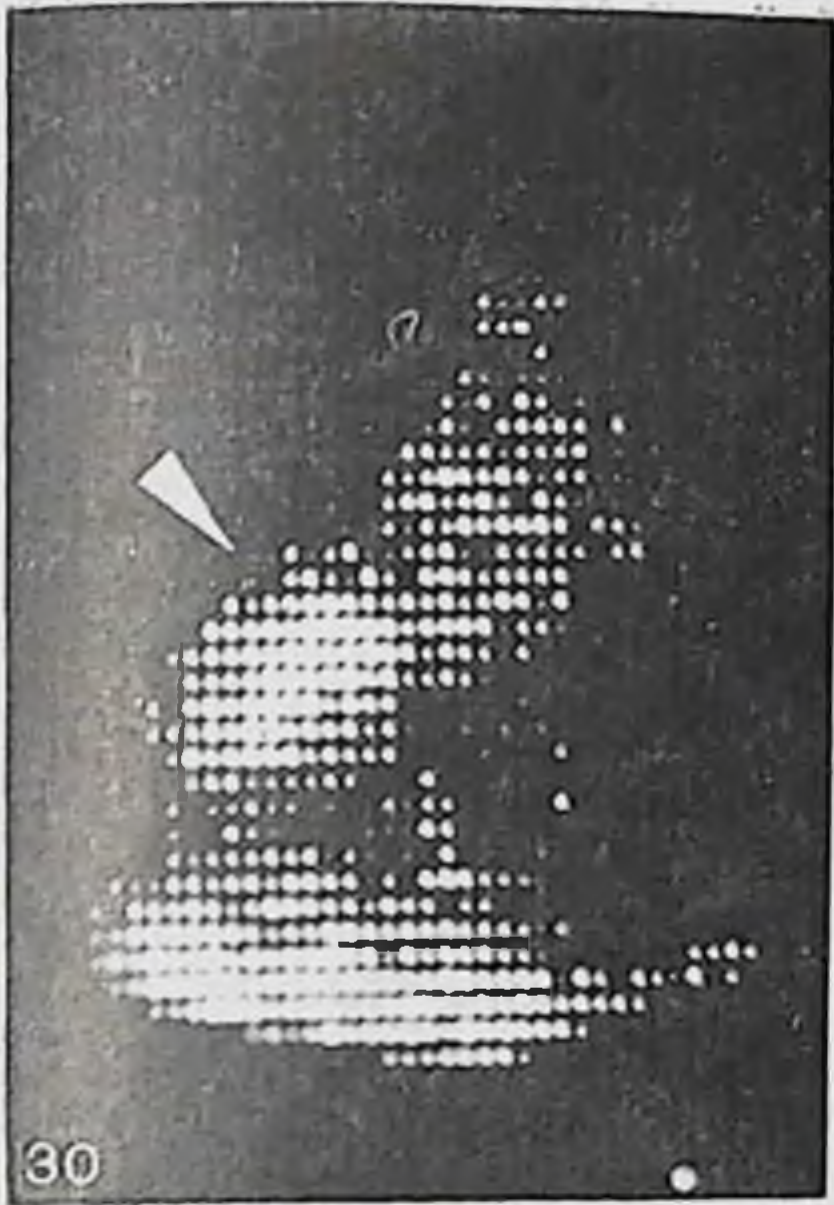
При сцинтиграфии минимальный набор импульсов составляет 50 импульсов, а оптимальный — 300 000 импульсов.



28. Сцинтиграмма грудной клетки с цитратом ^{67}Ga в норме. Накопление препарата определяется в области средостения и в печени.
29. Сцинтиграмма легких с цитратом ^{67}Ga при центральном раке правого легкого. Очаг накопления препарата, соответствующий локализации опухоли (отмечен стрелкой).

В норме через 72 ч после внутривенного введения цитрат ^{67}Ga распределяется в очагах физиологического накопления: большей частью в печени, затем в убывающем порядке в селезенке, почках, костях, кишечнике, носоглотке и органах средостения. На рис. 28 представлена сцинтиграмма грудной клетки, характерная для нормального распределения РФП. Поэтому при анализе сканограмм и сцинтиграмм необходимо учитывать распределение препарата в этих областях. Основными показаниями для проведения сцинтиграфии легких с цитратом ^{67}Ga является наличие на рентгенограммах признаков патологических изменений в легких, подозрительных на рак. Показаниями являются также затянувшаяся пневмония, не поддающаяся противовоспалительному лечению; кровохарканье неясной этиологии, а также наличие опухолевых клеток в мокроте. Такое исследование может быть полезным при необходимости подтверждения метастатической природы образования в легком у больных с известной первичной опухолью; подозрении на рецидив рака после противоопухолевого лечения, а также для оценки эффективности лучевого и противоопухолевого лечения рака легкого.

При наличии первичного рака легкого на сцинтиграмме отмечается «горячий» очаг повышенного накопления препарата в области рентгенологически определяемой патологической тени. Размеры патологического очага в большинстве случаев соответствуют



30. Сцинтиграмма легких с цитратом ^{67}Ga у больного периферическим раком правого легкого. Избирательное накопление препарата в нижнем отделе правого легкого (обозначено стрелкой).
31. Сцинтиграмма легкого с цитратом ^{67}Ga больного остеосаркомой средостения (локализации опухоли отмечены стрелками).

величине опухолевого узла. При центральном раке легкого (рис. 29) в большинстве случаев контуры патологического «очага» имеют неровные и нечеткие очертания, что обусловлено наличием перифокального воспаления, а также техническими условиями исследования на фоне многочисленных дыхательных экскурсий.

Определенные трудности интерпретации сцинтиграмм, полученных после введения галлия, наблюдаются при наличии опухолевого узла в пределах или на границе с областями повышенного физиологического накопления препарата. В этих случаях необходимо учитывать не только интенсивность накопления цитрата ^{67}Ga , но и асимметрию интенсивности изображения области средостения.

При периферическом раке очаг накопления препарата на сцинтиграммах четко ограничен, чаще всего округлой формы (рис. 30). Интенсивность изображения опухоли в данном случае настолько высокая, что частично область средостения не визуализируется. Минимальный размер выявляемой с помощью цитрата ^{67}Ga опухоли составляет для периферического рака 1,5 см, для центрального — 2 см и более. По данным Vichel и соавт. (1972), более интенсивные включения в зависимости от гистологической структуры опухоли отмечаются в лимфомах и карциномах легких. Преимущество сцинтиграфии легких перед другими инструментальными методами заключается в том, что ателектаз, обтурационный пневмонит и пневмосклероз не влияют на выявление опухолевого очага

в легких, так как в воспалительных участках включений цитрата ^{67}Ga всегда меньше, чем в опухолевом узле, и при правильном подборе режима можно получить четкое изображение опухоли.

Цитрат ^{67}Ga нашел применение наряду с диагностикой рака легкого в выявлении его метастазов в регионарные лимфатические узлы. Особое внимание следует обратить на определение с помощью позитивной сцинтиграфии бифуркационных, медиастинальных и надключичных лимфатических узлов, т. е. на поражения метастазами тех узлов, которые трудно поддаются клинико-рентгенологическому распознаванию. На рис. 31 представлена передняя сцинтиграмма больного раком правого легкого с метастазом в левое легкое.

Особое значение приобрела сцинтиграфия с помощью цитрата ^{67}Ga при лимфогранулематозе и других злокачественных лимфомах. В настоящее время в клинических условиях трудно диагностировать поражения лимфатических узлов средостения и легких при лимфогранулематозе. На сцинтиграммах в таких случаях выявляются множественные очаги интенсивного накопления препарата.

По нашему опыту, цитрат ^{67}Ga является наиболее эффективным препаратом в выявлении поражения лимфатических узлов средостения, при котором положительные результаты при лимфогранулематозе наблюдаются в 80—90% случаев. Дифференциацию сцинтиграфической картины злокачественных лимфом и рака легкого можно провести на основании гистологического исследования и локализации патологического очага.

Большое значение при применении цитрата ^{67}Ga имеет дифференциальная диагностика между опухолями и другими патологическими процессами в легких. При доброкачественных образованиях легких, таких как аденомы, гамартомы, они не накапливаются, если доброкачественная опухоль обтурирует бронх, нарушает его проходимость, в результате чего может развиваться воспалительный процесс и даже нагноение, при этом на сцинтиграммах выявляется очаг повышенного накопления препарата.

Аналогичные трудности возникают при дифференциальной диагностике рака и хронических неспецифических заболеваний легких в особенности при обострении хронической пневмонии и развитии абсцесса легких, когда включение цитрата ^{67}Ga значительно повышено. Вопрос о характере патологических изменений у таких больных решается при повторных исследованиях после интенсивной противовоспалительной терапии. Уменьшение или отсутствие накопления препарата в очаге поражения может свидетельствовать о пневмонии легких.

При туберкулезе легких в активной фазе в большинстве случаев наблюдается интенсивное накопление цитрата ^{67}Ga в патологическом очаге, и наоборот, в неактивной фазе препарат не накапливается.

Заслуживает внимания повышенное включение цитрата ^{67}Ga при саркоидозе Бека в острой фазе развития; в таких случаях для уточ-

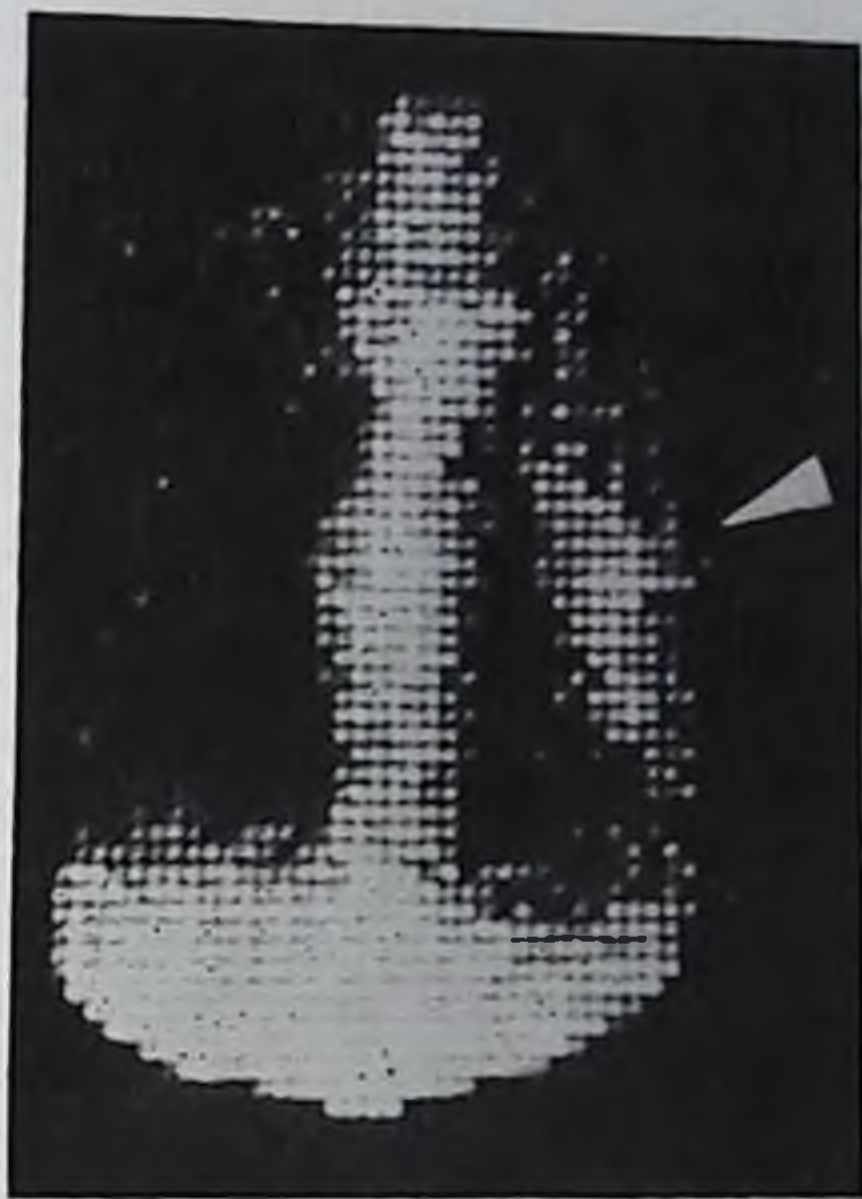
32.

Сцинтиграмма легкого с блеомицином, меченым ^{111}In , при центральном раке левого легкого. Накопление меченого блеомицина в опухолевом инфильтрате (обозначено стрелкой).

нения диагноза прибегают к повторным сканографическим исследованиям легких после специфического лечения.

Блеомицин ^{111}In так же, как и цитрат ^{67}Ga , селективно включается в лизосомы опухолевых клеток. Поэтому его распределение в норме и при новообразованиях легкого соответствует сцинтиграфической картине, получаемой при использовании цитрата ^{67}Ga . В отличие от него блеомицин выводится из организма преимущественно через мочевыводящие пути.

На рис. 32 представлена сцинтиграмма с блеомицином ^{111}In при центральном раке легкого.



4. Ангиопульмоносцинтиграфия

Исследования состояния кровообращения в легких представляют важную информацию для диагностики степени и объема поражения при хронических воспалительных заболеваниях и врожденных пороках развития легких. Необходимость получения сведений о состоянии кровоснабжения в области патологического очага обусловлена тем, что эти данные являются решающими в выборе тактики ведения больного и назначения оперативного лечения. До последнего времени для этих целей, как правило, в пульмонологической практике использовалась ангиопневмография, отличающаяся достаточной информативностью, но являющаяся в то же время сложной и достаточно травматичной процедурой. В связи с этим ангиопневмография неосуществима в амбулаторных условиях и имеет некоторые ограничения для повторных применений. Попытки получить информацию с помощью ксенона оказались малорезультативными, так как при этом не представлялось возможным установить объем поражения. Введение в практику перфузионной сцинтиграфии с макроагрегатами альбумина человеческой сыворотки позволило определять как степень, так и объем нарушений кровоснабжения в зоне поражения легкого. Вместе с тем такое исследование не лишено определенных недостатков, так как получаемые сведения отражают лишь артериальный этап кровоснабжения легочной ткани и позволяют определять состояния оттока кро-

ви и наличие шунтов. В разработанном нами варианте радионуклидной методики, названной ангиопневмосцинтиграфией, объединены возможности комплексной оценки состояния кровоснабжения, что значительно повышает ее диагностическую эффективность [Зубовский Г. А. и соавт., 1983]. Ангиопневмосцинтиграфия используется с целью диагностики нарушений регионарной перфузии легких с определением функционального состояния, выявления глубины и объема поражения бронхолегочных структур, что позволяет оптимизировать лечение больных с различными заболеваниями легких и планировать показания и объем хирургического лечения.

Принцип исследования заключается в последовательной регистрации первичного прохождения двух радионуклидных болюсов ^{99m}Tc -пертехнетата и ^{99m}Tc -макроагрегатов по сосудистому руслу легких с последующей полипозиционной пневмосцинтиграфией. Состояние регионарного легочного кровотока определяется следующими параметрами: объемным распределением кровотока, скоростью регионарного кровотока, скоростью кровотока в артериальной и венозной фазах, наличием и объемом артериовенозного сброса, кровоснабжением различных участков легкого. Для ангиопневмосцинтиграфии используют два РФП: чистый элюат пертехнетата с удельной активностью более 370 МБк в 1 мл и макроагрегат альбумина человеческой сыворотки крови, меченный ^{99m}Tc . Исследование выполняется с помощью радиоциркулографа и сканера либо, предпочтительнее, ЭВМ-сцинтиграфической системы, например типа «СЕГАМС» (ВНР). В первом случае введение обоих РФП осуществляется под детектором радиоциркулографа, во втором под детектором гамма-камеры. Подготовка больного включает тщательное инструктирование его о ходе исследования, о необходимости сохранять неподвижность тела, а также осмотр и выявление наиболее пригодных для инъекции вен.

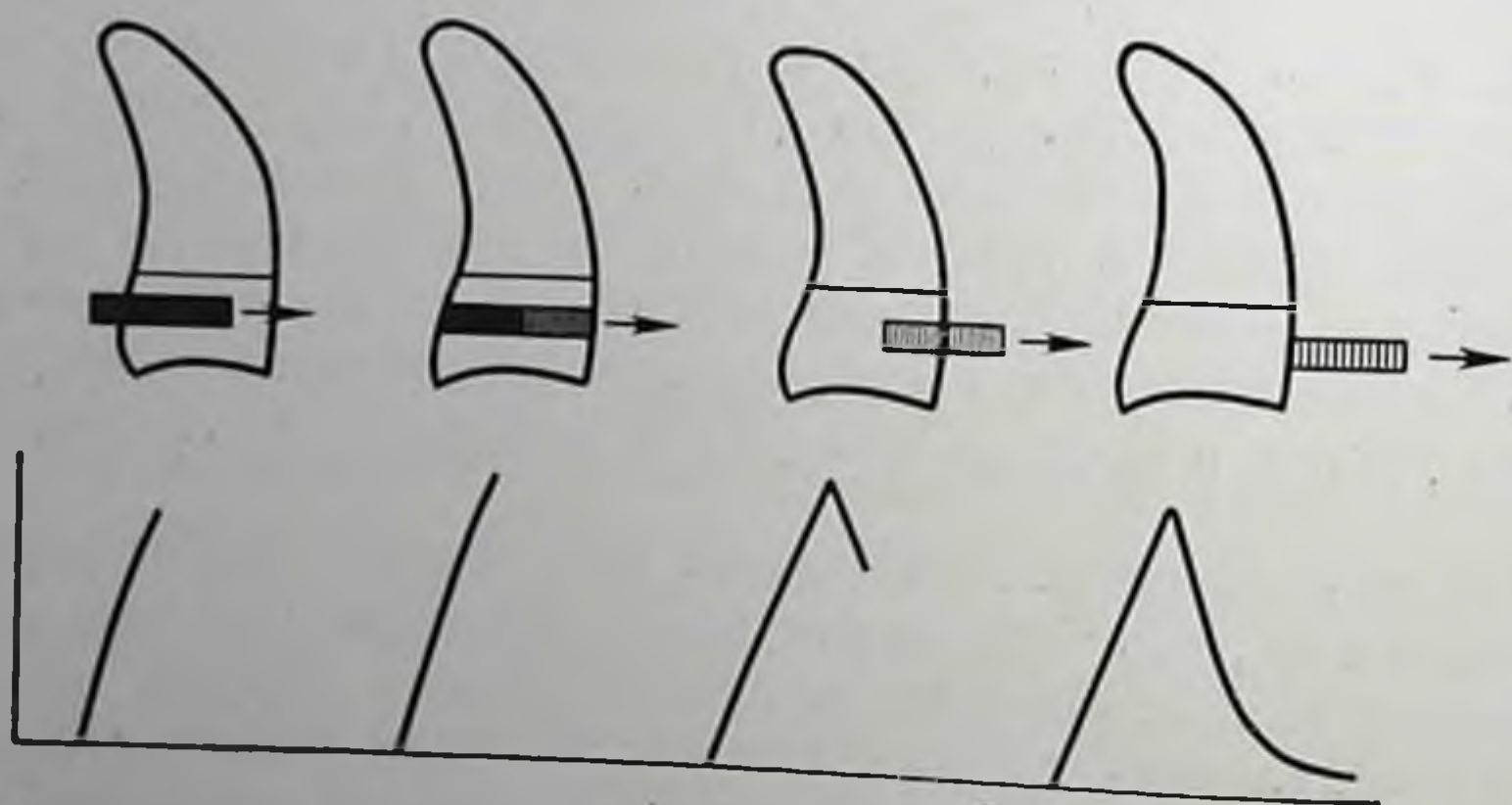
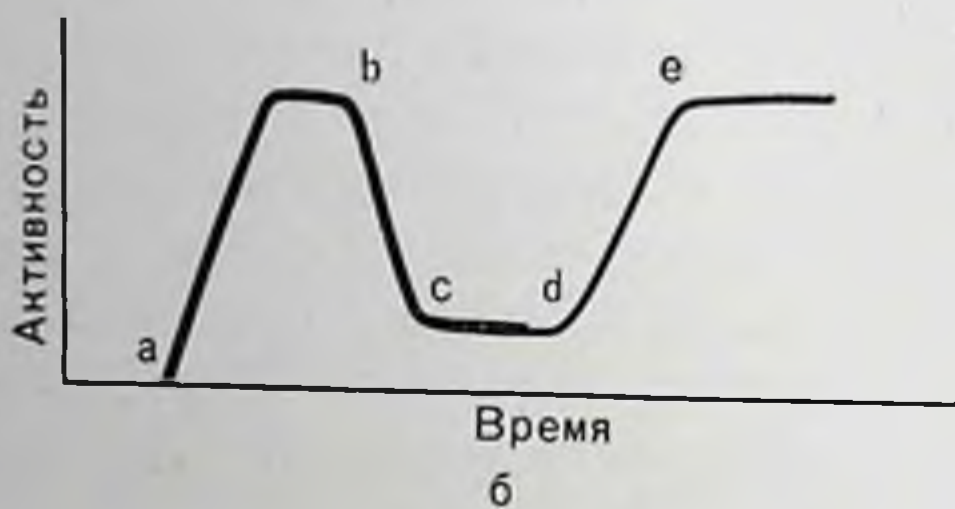
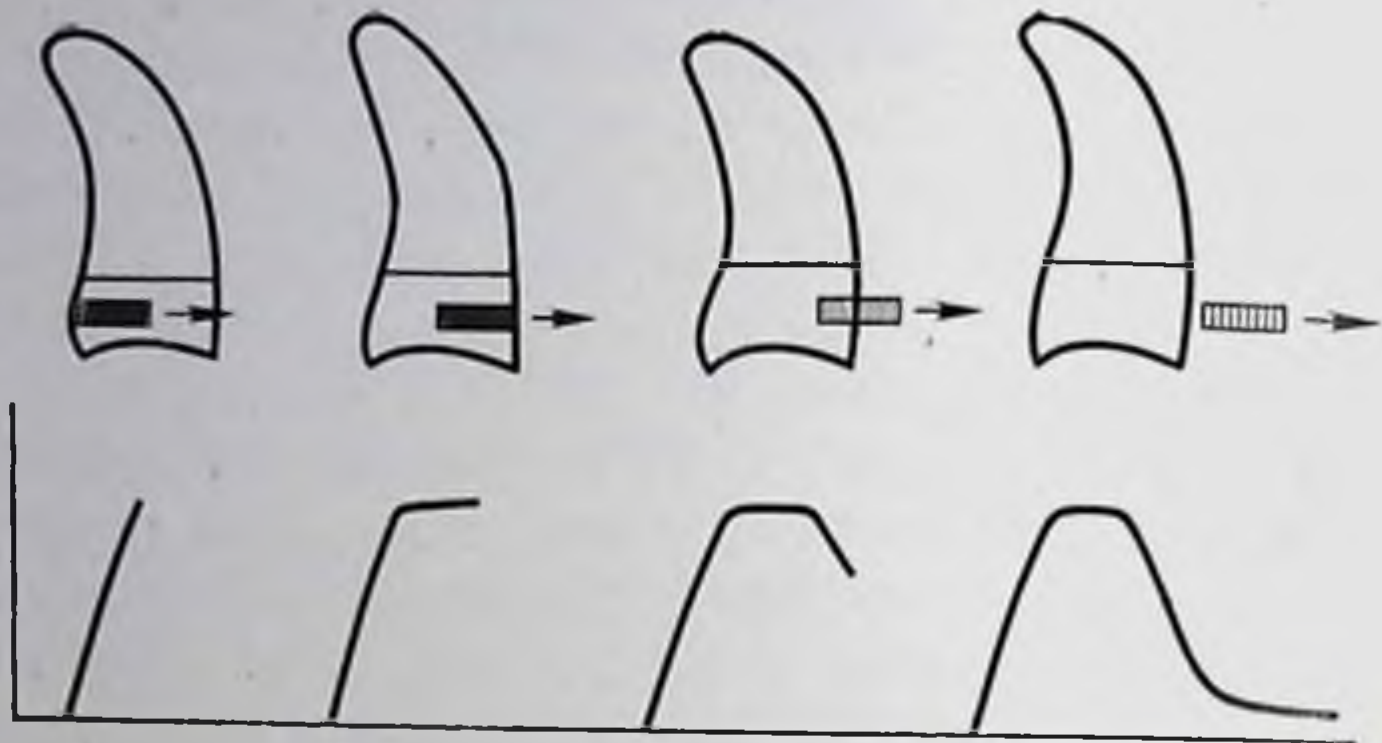
Процедура исследования. Больной ложится в горизонтальное положение на спине под детектором гамма-камеры, которую устанавливают в горизонтальной плоскости над проекцией грудной клетки обследуемого. Вертикальный центральный диаметр — поле видения совмещается со срединной линией грудины, а горизонтальный находится на уровне V ребра. Учитывая во время венопункции беспокойство больного, а в некоторых случаях и возникновение сосудистого спазма, особенно у детей, что нередко приводит к нарушению ритма дыхания, частоты пульса и влияет на скорость прохождения и компактность радионуклидного болюса, РФП вводят только после достижения исходного ритма дыхания и частоты пульса.

Для обеспечения компактности болюса объем вводимого РФП должен составлять 0,2 мл и быстро вводиться в вену. При проведении нами 469 обследований с использованием этого способа введения размывание болюса отмечено только в 3,1% обследований. Вначале вводят ^{99m}Tc -пертехнетат из расчета 0,4 МБк на 1 кг массы тела обследуемого и производят запись исследования в памяти

ЭВМ в режиме 3 кадра в 1 с. Игла остается в вене и через 15 с после первого введения также болюсом, в том же объеме вводят ^{99m}Tc -МАО с активностью из расчета 0,6 МБк на 1 кг массы тела обследуемого. Регистрация в памяти ЭВМ продолжается в течение 40 с от момента введения первого болюса. По окончании динамического исследования выполняют статическую полипозиционную сцинтиграфию легких в 4 позициях: переднезадней, заднепередней, правой и левой боковой. Регистрацию распределения МАО ^{99m}Tc в переднезадней позиции производят также в памяти ЭВМ. По окончании сцинтиграфии из памяти ЭВМ вызывается информация об исследовании со вторым болюсом в виде суммарной сцинтиграммы, на которой достаточно отчетливо визуализируются легкие и производится выбор зон интереса. Вначале выделяют зону интереса в границах очага поражения, которая по форме и площади воспроизводится в непораженном легком. Затем выделяют вторую зону, граничную с очагом поражения, по возможности той же площади, которая также воспроизводится в непораженном легком. Таким образом, минимально выделяют четыре зоны интереса, по возможности парносимметричные в обоих легких и одинаковые по площади. При необходимости, например при больших объемах поражения или множественных патологических очагах в одном или двух легких можно использовать выделение дополнительных зон интереса до 6—8.

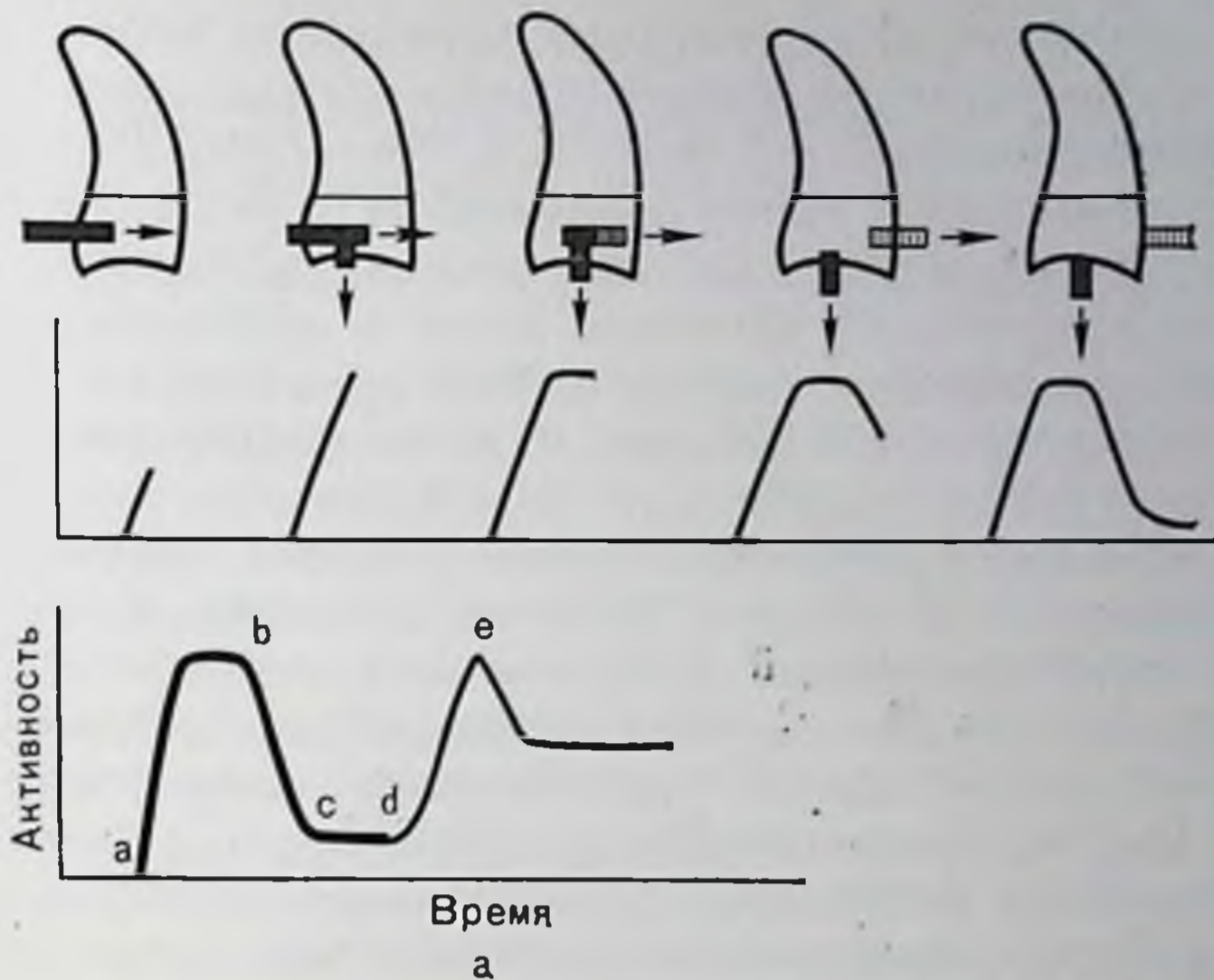
Из выделенных зон интереса последовательно строят кривые активность/время прохождения пертехнетата (первые 45 кадров) и прохождения макроагрегата (75 кадров). Для анализа кривых отмечают точку а — начало подъема; точку б — максимум первого подъема кривой и точку с — спад первой кривой до минимума 15 с, точку д — начало подъема второй кривой и точку е — ее максимум. Также измеряют высоту кривой на уровне максимума точки с, на уровне второго максимума и середины плато второй кривой.

При клинической интерпретации полученной информации следует учитывать, что ^{99m}Tc -пертехнетат, проходя болюсом по периферическим венам, попадает в правые отделы сердца, где равномерно смешивается с кровью, а затем, попадая в легкие, распределяется в них в прямой зависимости от объема перфузии. Таким образом, в различных зонах легкого скорость прохождения РФП отражает скорость регионарного кровотока. На рис. 33, а представлено графическое изображение прохождения пертехнетата в зоне интереса непораженного легкого. Полученная кривая активность/время характеризует легочный кровоток по следующим показателям: времени регионарного кровотока (ВРК), отрезку (а—б) и объему перфузии (h). Начальный отрезок кривой (а—б) соответствует артериальной фазе регионарного кровотока, а конечный (б—с) — венозной фазе, отрезок с—д обозначает время до появления в зоне интереса второго болюса МАО. При резком уменьшении регионарного кровотока характер кривой активность/время изменяется за счет появления «плато», выраженность которого за-

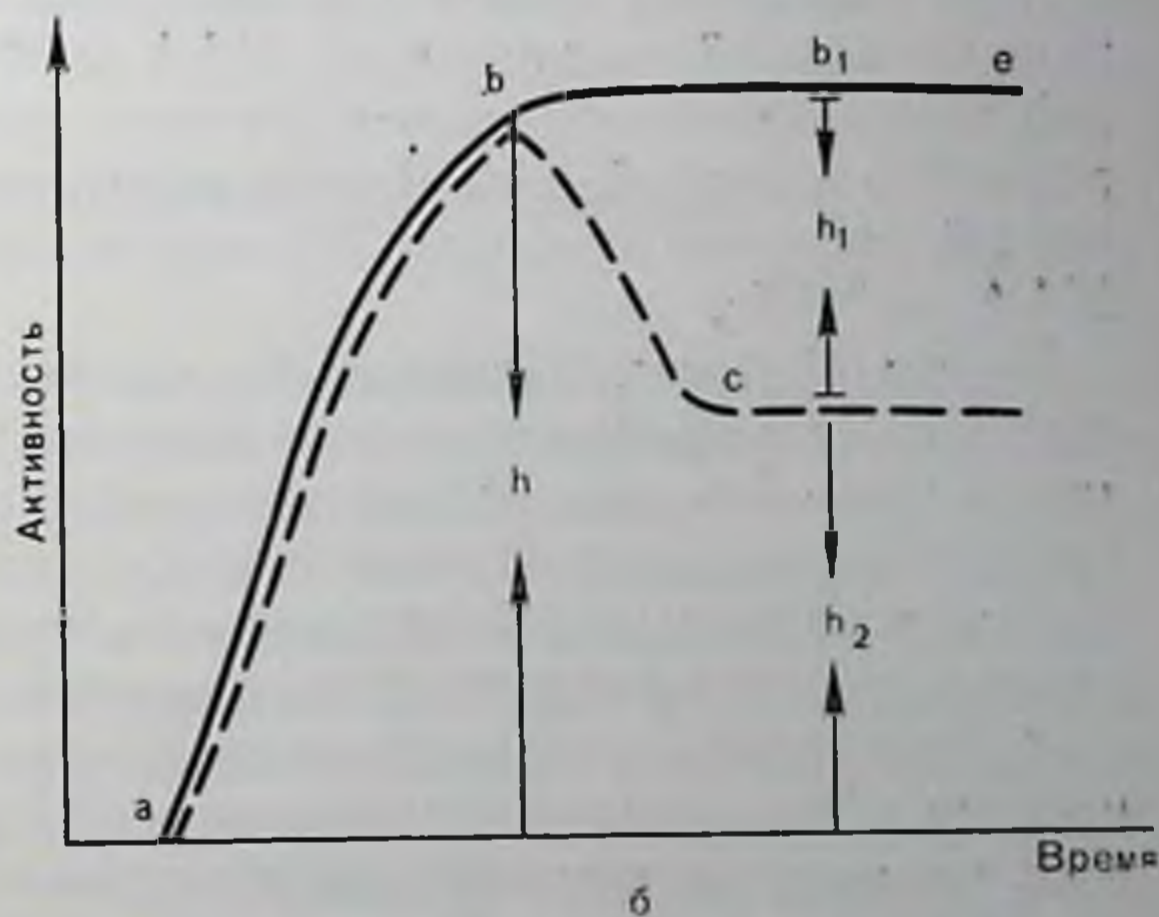


33. Прохождение болюса пертехнетата ^{99m}Tc через легкие (схема).

а — в норме и нормальная кривая двухболюсного исследования;
 б — при сниженной скорости кровотока. Объяснение в тексте.



34. Прохождение болюса через легкое (схема) при сниженной скорости кровотока и наличии шунтов (а); принципы расчета двухболюсной кривой (б).
Объяснение в тексте.



висит от степени уменьшения объемного кровотока. Как видно на рис. 33, б, расчет параметров кровотока производится по такому же принципу.

При артериовенозном сбросе происходит быстрое выведение РФП из зоны по артериовенозным анастомозам и на кривой также образуется «плато» (рис. 34, а). Время регионарного кровотока и его качественные характеристики рассчитываются так же, как и в первых случаях, однако при этом расчет обменного кровотока недостоверен. Определение причины возникновения «плато» возможно только при двухболюсном исследовании. Распределение макроагрегата происходит в легких также в зависимости от состояния перфузии в различных зонах. Так как размеры МАА как минимум вдвое превышают диаметр капилляров, составляющий не более 10 мкм, то при первичном прохождении МАА происходит эмболизация макрочастицами капилляров и прекапилляров.

При динамической регистрации первичного прохождения МАА по артериальному руслу легких получается тип кривой активность/время, представленный на рис. 34, б. Восходящий отрезок кривой (а—b) характеризует время кровотока до капилляров (время артериальной фазы), отрезок (b—с) — момент фиксации МАА; высота кривой h — объемный кровоток. Если в патологически измененных участках легких имеются артериовенозные анастомозы, диаметр которых достигает 200 мкм, то часть макрочастиц не фиксируется в артериальном русле и выводится по артериовенозным анастомозам в большой круг кровообращения, накапливаясь в печени и селезенке. В этом случае после восходящего отрезка кривой (а—b), характеризующей артериальный кровоток, формируется нисходящая часть (b—e), обусловленная количеством МАА, выведенного из легкого по артериовенозным анастомозам, и только отрезок (e—с) обусловлен фиксацией МАА, т. е. отражает объем МАА кровотока, достигающего капиллярного русла. Высота кривой в точке b будет отражать объем регионарного кровотока (h), высота в точке b_1 — объем сброса.

Так, определяя время артериальной фазы регионарного кровотока по кривой прохождения МАА — ^{99m}Tc , его фиксируют на кривой пертехнетата и, таким образом, устанавливают время капиллярной и венозной фаз. При наличии артериовенозного сброса объемный кровоток (см. рис. 34) определяют на кривой прохождения МАА — ^{99m}Tc .

Таким образом, радионуклидные исследования легких характеризуются многообразием используемых РФП, методик исследования и способов оценки, диагностическая ценность которых еще недостаточно изучена. Однако и в настоящем ассортименте представляется возможным сформулировать определенные показания для практического применения радионуклидных исследований.

Прежде всего, учитывая сложившуюся практику флюорографического обследования населения в СССР, необходимо рассматривать радионуклидные исследования как вспомогательные и дополнительные к рентгенофлюорографии. Полезность таких дополнительных исследований может быть сформулирована следующим образом (по степени практической значимости):

- уточнение степени поражения и обоснование необходимости хирургического лечения;
- количественное определение объема поражения с целью контроля эффективности проводимого лечения;
- накопление дополнительной информации с целью дифференциальной диагностики обнаруженных изменений в легких;
- первичная диагностика заболеваний легких.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПЕЧЕНИ И ЖЕЛЧНЫХ ПУТЕЙ

Радионуклидные исследования печени и желчных путей получили широкое распространение в клинической практике и по частоте занимают третье место в радионуклидной диагностике после исследований щитовидной железы и мочевыделительной системы. В практической работе в основном используются: гепатосцинтиграфия или гепатосканирование с коллоидными РФП; гепатобилисцинтиграфия с использованием различных РФП, поглощающихся паренхимой печени и выводящихся с желчью в кишечник. Поскольку каждая методика имеет целесообразное направление и специальное назначение, рассматривать их следует отдельно. Выбор методики исследования или определение показаний для исследования с использованием одной или обеих методик производится индивидуально для каждого больного после изучения истории болезни.

1. Гепатосцинтиграфия и сканография с коллоидами

Цель исследования — определение топографии и структуры печени и селезенки, а также состояния в них гемодинамики. Методика исследования основана на получении изображения печени и селезенки путем регистрации с помощью гамма-камеры или сканера избирательно накапливающихся в этих органах специальных РФП. При наличии опухолевых образований или кист печени и селезенки накопление РФП в пораженных участках отсутствует, и они обнаруживаются на сцинтисканограммах в виде дефектов накопления на фоне изображения этих органов. Кроме того, при цирротических изменениях имеются характерные нарушения формы и размеров печени, а также происходит перераспределение РФП между печенью и селезенкой, что нередко приобретает большое диагностическое значение.

Гепатосцинтиграфию (сканирование) выполняют после внутривенного введения коллоидных растворов, как меченных ^{198}Au или ^{111}In , так и $^{99\text{m}}\text{Tc}$, которые имеют различные фирменные названия «Фитон», «Котех», «Фитат» и др. Величина вводимой пациенту активности РФП варьирует в широких пределах в зависимости от чувствительности используемой аппаратуры. Для коллоидов ^{198}Au предел величины вводимой активности по условиям радиационной безопасности ограничивается 37 кБк на 1 кг массы пациента. Коллоидные частицы из крови в норме быстро захватываются главным образом ретикулоэндотелиальными клетками печени и в меньшей степени селезенки, так что полное очищение крови от коллоида происходит в течение нескольких минут. Распределение введенно-

го количества РФП между печенью и селезенкой составляет в норме 85—92% к 15—8% и зависит от типа используемого коллоида. Так фитатный комплекс типа фростимаг накапливается в селезенке в большем количестве, чем коллоид или фитаты другого типа.

В других органах и тканях коллоид практически не накапливается, однако при выраженной печеночной недостаточности отмечается концентрация его также в костном мозге, в связи с чем изображение костей начинает визуализироваться на сцинтиграммах. Коллоид остается в ретикулоэндотелиальных клетках неопределенно длительное время, поэтому принято считать, что РФП стабильно распределяется в печени и селезенке. По крайней мере, по данным радиометрии, в течение первых суток интенсивность излучения коллоидов в печени уменьшается только согласно периоду полураспада.

При исследовании печени с помощью коллоидов можно использовать сканеры и гамма-камеры. Если аппараты используются без последующей обработки изображений на ЭВМ, то технические условия исследования должны обеспечить получение изображения органов в оптимальном режиме, т. е. без искажения границ печени и селезенки и без превышения количества регистрируемого излучения более максимума дифференцируемой интенсивности изображения. При сканировании создание оптимального режима осуществляется индивидуально для каждого больного путем предварительного пробного измерения скорости счета детектором сканера над областью тканевого фона и в области максимума излучения. Используются коллиматоры высокой разрешающей способности соответственно уровню энергии гамма-излучения применяемого нуклида. На гамма-камерах исследование производится при стандартных технических условиях, контролируемых с помощью фантома печени. На полученной сцинтиграмме у отдельных больных могут быть искажения изображения в виде его недостаточной либо повышенной интенсивности. Первое не позволяет точно установить размеры органа, второе снижает выявляемость дефектов изображения. В этих случаях по первому снимку вносятся соответствующая поправка на величину экспозиции снимка (т. е. количество регистрируемых импульсов) и производится повторная сцинтиграфия. Опытный радиолог может избежать повторного снимка, если предварительно изучит характер формирования изображения на дисплее и на основании этого внесет соответствующую поправку в количество регистрируемых импульсов.

Процедура исследования предусматривает получение информации о характере распределения коллоида в организме и в каждом органе путем визуализации печени и селезенки на сканосцинтиграммах. Диагностическое значение имеет также определение соотношения концентрации РФП между печенью и селезенкой, которое изменяется при циррозах и некоторых других заболеваниях. Идеальным способом изучения относительного распределения коллоида между печенью и селезенкой является выполнение профильного сканирования с двумя датчиками, проходящими над левой

и правой половинами тела в двух проекциях: передней и задней. В норме картина такого распределения представлена на рис. 35, а. Таким образом, исследование на профильном сканере при гепатосцинтисканографии можно рассматривать как первый этап диагностической процедуры. При наличии ЭВМ в составе гамма-камеры эта процедура выполняется путем обследования пациента также спереди и сзади с последующим построением зон интереса печени и селезенки, определением суммарного числа импульсов в них и расчетом их относительного количества.

В некоторых случаях возникает необходимость установить скорость кардиопортального кровотока, что также можно выполнить в качестве первого этапа гепатосцинтиграфии. Исследование кардиопортального кровотока осуществляется либо на радиоциркулографе, если в дальнейшем планируется сканирование, либо непосредственно под детектором гамма-камеры, если планируется выполнение гепатосцинтиграфии. Получение этой информации достигается при исследовании со стороны живота, если в поле сцинтиграфии включается вся печень. Гепатосцинтисканография производится через 10—30 мин после инъекции препарата. Сканирование осуществляется только в горизонтальном положении пациента на спине, а при поиске очаговых поражений и на левом боку. Сцинтиграфию можно выполнять и в вертикальном положении пациента. Исследование пациента в этом положении ускоряет процедуру обследования: позволяет быстро центрировать детектор и изменять относительно него позицию пациента. Так, если в горизонтальном положении на укладку пациента в трех позициях требуется минимум 10 мин, то в вертикальном положении это осуществляется за 3—4 мин. Кроме того, укладка пациента на процедурном столе требует обязательно присутствия рядом врача и применения значительных физических усилий для перемещения процедурного стола с больным. При исследовании в вертикальном положении пациента изменения положения тела происходят по команде врача, контролирующего движения на экране дисплея, что уменьшает степень облучения персонала. Поскольку печень активно смещается в процессе дыхательных экскурсий, то получение ее качественного сцинтиграфического изображения в значительной степени зависит от учета биологической подвижности органа. Коррекция подвижности печени в процессе сканирования или сцинтиграфии после введения пациенту небольших активностей РФП, т. е. исследования в течение относительно длительного промежутка времени — около 10 мин, достигается путем относительного выравнивания за счет множества дыхательных экскурсий (до 200), усредняющих получаемую картину. Однако более оптимальным является получение изображения печени на фоне вдоха и выдоха, что осуществимо только на гамма-камерах и требует введения пациенту относительно высоких активностей РФП. Для коллоидов, меченых ^{99m}Tc и ^{113m}In , использование таких высоких рабочих уровней вполне допустимо по условиям радиационной безопасности, поскольку оно обуславливает повышение диагностической эф-

эффективности. Для коллоида ^{99m}Tc и гамма-камеры типа МВ-8100 (ВНР) возможно получение гепатосцинтиграммы при экспозиции 10—15 с (т. е. в условиях задержки дыхания пациентом) при введении 2—4 МБк на 1 кг массы тела, что сопровождается лучевой нагрузкой на печень в 10^{-4} Гр. При исследовании в режиме управляемого дыхания контрольный снимок необходимо всегда выполнять только в одном положении на максимуме вдоха, чтобы стандартизовать топографию органа относительно анатомических ориентиров. В качестве анатомических ориентиров используются в передней проекции верхний край мечевидного отростка грудной клетки и точки реберного края справа и слева на местах пересечения со среднеключичными линиями. Эти анатомические ориентиры устанавливаются врачом при предварительном клиническом обследовании больного и фиксируются краской на коже. По окончании процедуры сканирования анатомические ориентиры переносятся на гепатосканограмму с помощью светового визира либо это осуществляется в процессе исследования, если лаборант внимательно следит за перемещением светового визира по коже больного.

Расширение поля сканирования сопровождается увеличением времени исследования и целесообразно лишь при наличии показаний, например, с целью обнаружения у больного увеличенной селезенки при циррозе или при наличии в анамнезе у больного малярии, брюшного тифа и некоторых других инфекционных заболеваний, после которых остаются изменения сосудистой сети гепатолиенальной области и отмечается повышенное накопление коллоидов в селезенке. При исследовании на гамма-камере с большим диаметром кристалла — до 40 см, например МВ-9200, в поле зрения детектора в передней проекции включается изображение печени и селезенки. При малом диаметре кристалла, например ГСК-2, приходится делать дополнительные сцинтиграммы, когда в поле зрения включается только левая доля печени и вся селезенка. Сцинтиграфия селезенки проводится обычно в задней проекции, так как селезенка расположена ближе к спине и в этом положении даже в норме ее изображение достаточно четко визуализируется. Исследование печени для получения более полной информации о всех частях этого массивного органа производится как минимум в двух проекциях — в передней и правой боковой, а при необходимости, как упоминалось выше, и в задней проекции.

На передних сцинтиграммах изображение печени имеет характерную форму, приближающуюся к форме прямоугольного треугольника, гипотенузой которого является нижний край печени (рис. 35, а, б, в). Верхняя граница изображения печени волнистая с четко выраженным возвышением в области правой доли (диафрагмальная поверхность печени) и впадиной в области левой доли печени (кардиальная вырезка). Медиальная граница практически отсутствует, так как соответствует острому углу, либо имеет ровные очертания длиной 2—4 см. Нижняя граница достаточно ровная, но у некоторых лиц может быть небольшая вырезка между левой и правой долей печени. Размеры изображения соот-



35. Гепатосцинтиграммы нормальной печени, полученные с ^{99m}Tc коллоидом в трех проекциях.

а — передняя, б — боковая, в — задняя проекции.

ветствуют клиническим размерам печени по Курлову (по среднеключичной линии и по левому реберному краю) с определенными особенностями в зависимости от конституции пациента. У пациентов астенического типа отмечается некоторое удлинение вертикального размера печени по среднеключичной линии, а у пациентов пикнического типа — его уменьшение. Поскольку распределение коллоидов в нормальной печени происходит равномерно, то на сцинтиграммах интенсивность ее изображения имеет определенные закономерности. Неодинаковая интенсивность сцинтиграфического изображения печени обусловлена различной толщиной органа, что определяет наличие четкой закономерности в виде повышения интенсивности изображения от периферии к центру и слева направо. У женщин с большой молочной железой возможно экранирование ею верхней части правой доли печени, в связи с чем в этой области интенсивность гепатосцинтиграммы может быть сниженной. Поэтому сканирование печени у женщины необходимо выполнять с поднятой правой молочной железой.

В боковой проекции изображение печени, соответственно ее анатомическим особенностям, имеет характерную ромбовидную форму (см. рис. 35, б). Интенсивность изображения также характерна — с повышением максимума от периферии к центру. В некоторых случаях визуализируется выступ, отображающий нависающий кпереди свободный край печени.

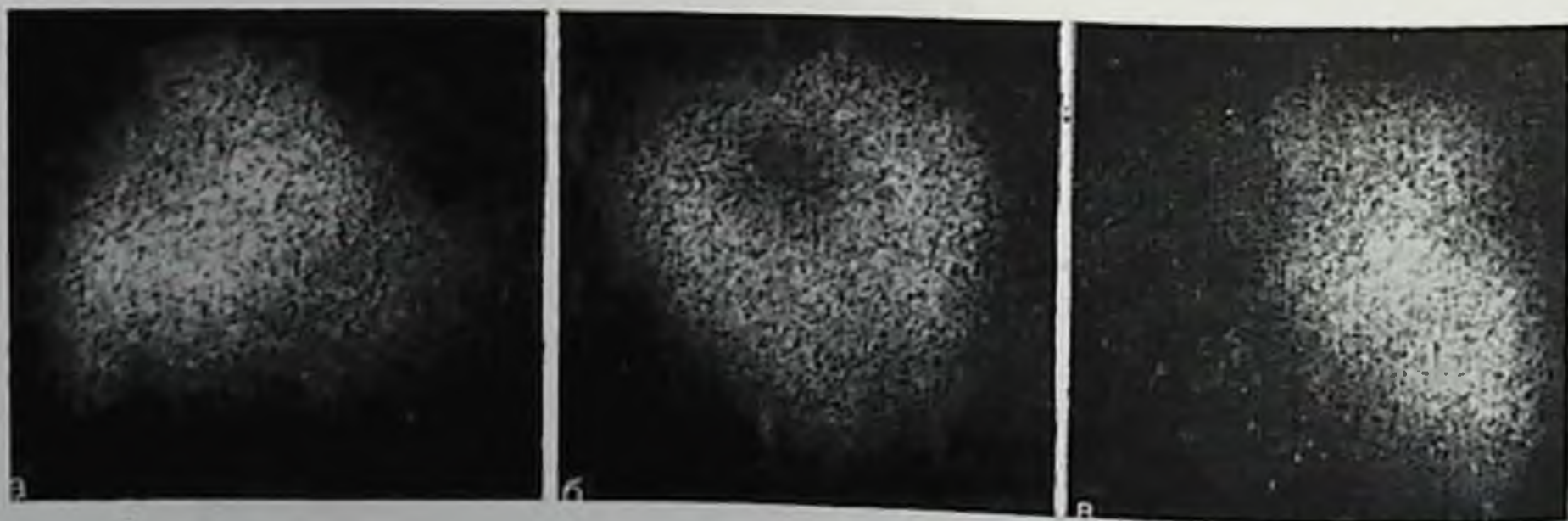
В задней проекции (см. рис. 35, в) изображение печени весьма характерное, поскольку свободный край печени, отдаленный более чем на 10 см от поверхности спины, почти не визуализируется при стандартных технических условиях исследования. Сохраняется практически только изображение правой доли и верхней половины части левой доли печени, которые формируют Г-образную фигуру. Левая граница гепатосцинтиграммы, как правило, не представляется, поскольку медиальная часть левой доли печени экранируется позвоночником и не визуализируется. В задней проекции, как отмечалось выше, более четко визуализируется селезенка, так как она ближе расположена к задней стенке брюшной полости. Размеры ее изображения значительно больше, чем получаемые при ис-



36. Гепатосцинтиграммы больного с опухолью в латеральной части верхней половины правой доли печени, которая достаточно четко определяется в передней (а), боковой (б) и задней (в) проекциях.

следовании в передней проекции. Форма селезенки чаще имеет вид равнобедренного треугольника, острый угол которого направлен вниз. Интенсивность лимфосцинтиграммы характеризуется повышением интенсивности от периферии к центру.

Изменения гепатосцинтиграмм при различных заболеваниях и поражениях. Гепатосканография, а позднее и гепатосцинтиграфия являются одними из первых методик радионуклидной визуализации внутренних органов, в связи с чем имеют свои сложившиеся традиции. Одной из таких традиций является принятое условное разделение разнообразных заболеваний и поражений печени на две группы — очаговых и диффузных. На ранних этапах развития этих методик других способов визуализации печени практически не было, так как целиакография и компьютерная томография появились позднее. При очаговых опухолевых поражениях органа или кисте диаметром более 3 см на гепатосцинтиграммах четко обнаруживаются соответствующей формы дефекты изображения, как это видно на рис. 36, а, б, в. В зависимости от локализации опухоли или кисты (в левой или правой доле, в толще ткани или на поверхности) выявление ее на сцинтиграммах достигается либо во всех проекциях, либо только в одной, как это видно на рис. 37, б. Особенно необходимо полипозиционное исследование при ^{99m}Tc



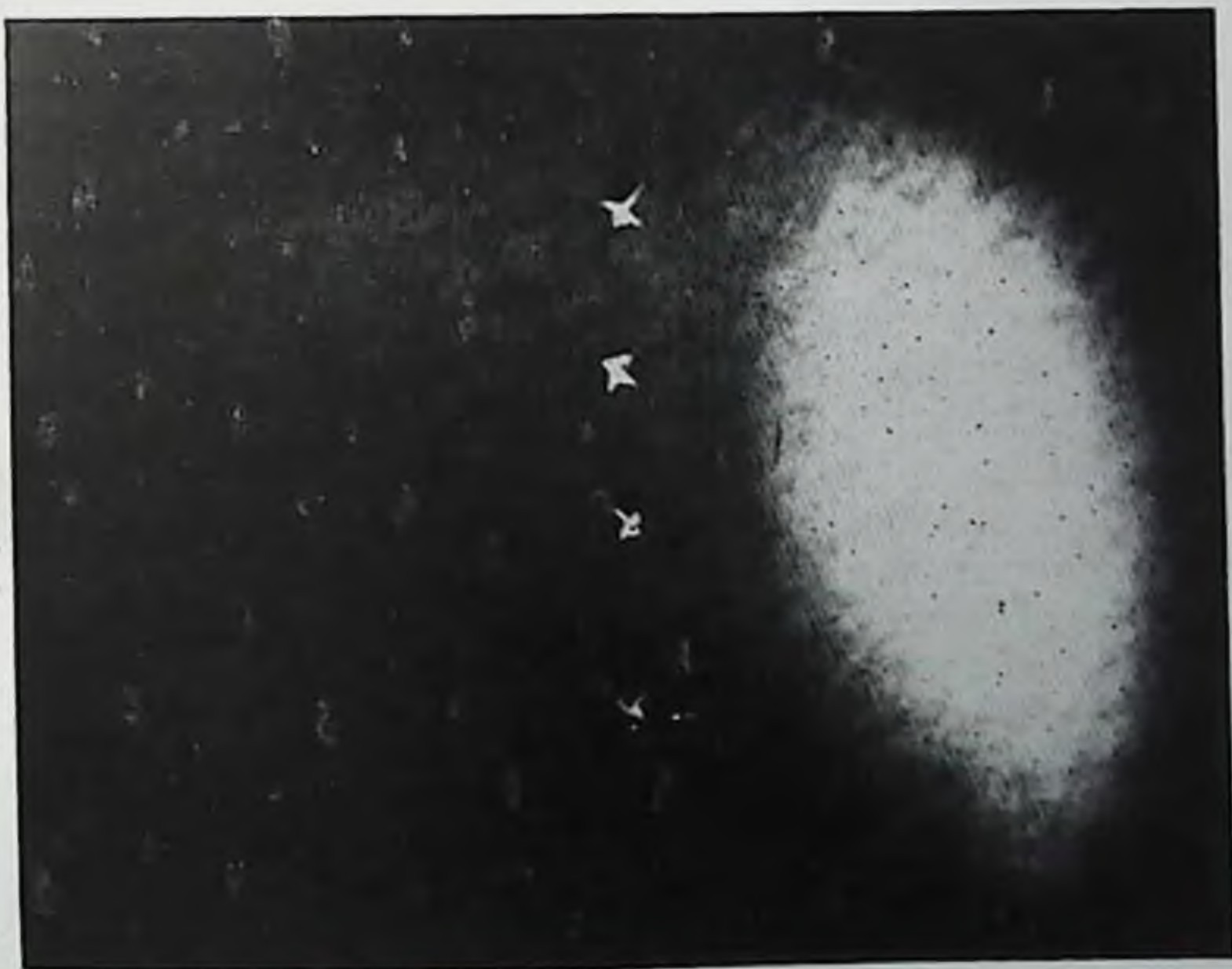
37. Гепатосцинтиграммы больного с опухолью в центре верхней половины правой доли печени, которая не определяется в передней (а) и задней (в), но видна в боковой (б) позиции.

38.

Гепатосцинтиграмма в передней проекции больного раком желудка. Множественные мелкие метастазы в печени.

РФП. Наиболее информативна передняя проекция, в которой выявляются обычно 75% всех очагов, в то время как в боковой удается обнаружить около 20% необнаруживаемых на передней проекции очагов. Особую сложность представляет уверенное определение множественных мелких метастазов,

при которых гепатосцинтиграмма имеет очагово-диффузную неравномерность и на этом фоне очаги поражения четко не выявляются (рис. 38). В последние годы в связи с появлением гамма-камер с более высокой разрешающей способностью возможность обнаружения очагов с диаметром меньше 3 см стала реальной, однако только в том случае, если они находятся в поверхностных слоях печени, обращенных в сторону детектора. Гепатосцинтиграфия



39. Гепатосцинтиграмма в передней проекции больного с тяжелым портальным циррозом. При стандартных условиях сцинтиграфии визуализируется только увеличенная селезенка.



40.

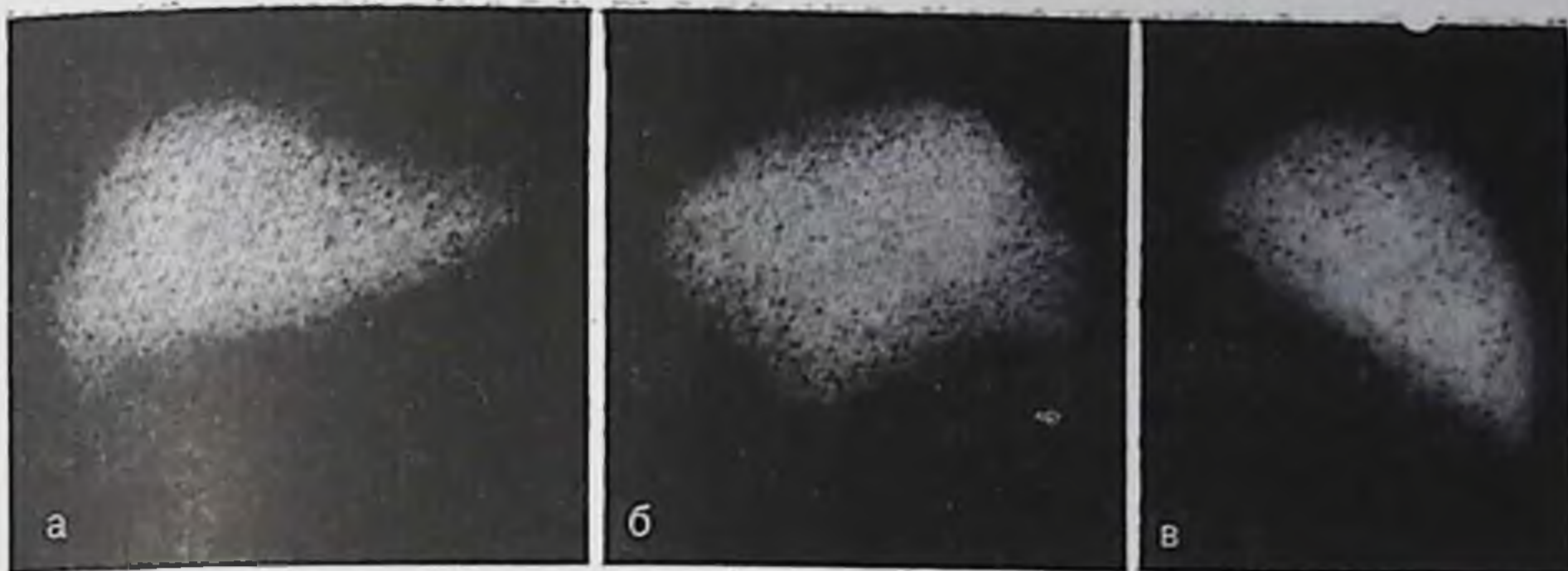
Гепатосцинтиграмма больного с билиарным циррозом печени. Изображение печени занимает весь верхний этаж брюшной полости и сливается с изображением селезенки.

показана не только при подозрении на опухоль печени, но также при гепатитах, циррозах печени и при гепатомегалиях другого происхождения. Эти исследования показаны не только в комплексе первичного обследования больного, но также и в процессе динамического наблюдения за его состоянием и оценки эффективности проводимого лечения.

При портальных циррозах (рис. 39) изображение печени не увеличено или даже уменьшено и, как правило, в передней проекции имеет место визуализация селезенки. Повышенное накопление коллоидных частиц в селезенке обусловлено снижением кровотока в печени, а также, по-видимому, тем, что снижается функциональная активность ее ретикулоэндотелиальной системы, в связи с чем большее количество коллоидных частиц попадает в селезенку. При этом сравнительная контрастность изображения печени и селезенки на сцинтиграммах может служить относительным признаком степени тяжести патологического процесса. Если контрастность изображения селезенки на передней сцинтиграмме выше контрастности изображения печени, то имеется тяжелая форма нарушения кровообращения печени. Гепатосцинтиграмма при таком состоянии представлена на рис. 39. У больных портальным циррозом с явлениями печеночной недостаточности отмечается накопление коллоида и в костном мозге, в связи с чем на сцинтиграммах визуализируются кости позвоночника и таза. При исследовании с коллоидом ^{99m}Tc визуализация позвоночника достигается только при сцинтиграфии в задней проекции.

При билиарном циррозе (рис. 40) и холестатическом гепатите отмечается значительное увеличение печени преимущественно левой доли при небольших размерах изображения селезенки одинаковой или более низкой контрастности, чем гепатосцинтиграмма. Интенсивность изображения левой доли печени значительно ниже правой доли. При тяжелом билиарном циррозе изображение печени занимает весь верхний этаж брюшной полости и ее левая доля сливается с изображением селезенки. Так как при вторичном билиарном циррозе формируется зона фиброза в области желчного пузыря, то изображение нижнего полюса правой доли на сцинтиграммах отсутствует.

При гепатите изображение печени увеличено относительно равномерно, без выраженной деформации органа. Изображение селе-



41. Гепатосцинтиграммы больного хроническим холециститом. В передней проекции (а) изображение нижнего полюса правой доли практически отсутствует. В боковой проекции (б) определяется краевой дефект.

зенки, как правило, в передней проекции отсутствует. Характерна неравномерная интенсивность изображения, когда на сцинтиграммах участки повышенной и пониженной интенсивности чередуются и изображение печени имеет пятнистый вид.

Изменения гепатосцинтиграммы имеются при различных и непеченочных заболеваниях, причем при многих из них изменения достаточно характерны. Так, при хроническом холецистите (рис. 41) вследствие формирования фиброза в области ложа желчного пузыря на сцинтиграммах, полученных в передней проекции, отмечается уменьшение до полного исчезновения изображения нижнего полюса правой доли вследствие замещения паренхимы фиброзной тканью. Вначале происходит исчезновение изображения этой части органа с визуализацией только латеральной его части, а затем и полное ее исчезновение. В таких случаях изображение печени теряет свою треугольную форму и приближается к прямоугольной (см. рис. 41). В боковой проекции отчетливо обнаруживается краевой дефект, соответствующий локализации желчного пузыря, над которым нависает свободный край печени.

При сердечно-сосудистой недостаточности вследствие развития застойных изменений в печени изображение органа на сцинтиграммах представляется равномерно увеличенным с понижением контрастности. В случаях эмфиземы правого легкого и низкого стояния диафрагмы изображение печени смещается вниз и в значительной степени выходит за пределы правого подреберья. При ателектазе правого легкого или релаксации диафрагмы отмечается высокое расположение преимущественно правой доли печени с характерной деформацией гепатосцинтиграммы.

Таким образом, гепатосцинтиграфия вследствие низкой травматичности для пациента и простоты техники исследования имеет широкие показания для ее использования во всех тех случаях, когда возникает подозрение на очаговое поражение печени или цирротические ее изменения. Эта методика выполняется в амбулаторных условиях и должна предшествовать проведению других, более

сложных исследований, в том числе целенакографии и лапароскопии. Вместе с тем гепатосцинтиграфия не дает информации о состоянии биллиарной системы, поэтому при подозрениях на дискинезии желчных путей или заболевания желчного пузыря необходимо проведение гепатобилисцинтиграфии.

2. Функциональные исследования гепатобилиарной системы

Исследование производится после введения бенгальского розового или бромсульфана, меченных ^{131}I или ^{125}I , а также с производными иминодиацетовой кислоты, мечеными $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (ХИДА). Бенгальская розовая и бромсульфан являются гепатотоксическими красителями, которые в крови связываются с белками (альбуминами и глобулинами) и, как и другие такого рода соединения, захватываются полигональными клетками печени. Модель динамики бенгальской розовой в организме четко выделяет ряд исследованных этапов прохождения препарата с кровью через печень (камера 1), в которой краска захватывается полигональными клетками (камера 2). Здесь препарат обезвреживается без изменения собственно химической структуры краски и без отщепления радиоактивного нуклида, а затем выделяется в систему желчных ходов (камера 3).

В системе желчных ходов и внутрипеченочных желчных протоков препарат постепенно концентрируется и в зависимости от фазы пищеварения поступает либо в кишечник (после еды; камера 4), либо в желчный пузырь (патошак; камера 5). Представленная модель более полно описывает функциональную динамику бенгальской розовой, чем используемые до сих пор четырехкамерные модели, в которых отсутствует камера желчных ходов и протоков. Еще не все стороны механизма биологического процесса известны, и даже существуют серьезные расхождения в основных вопросах. Например, ряд авторов считают, что существует обратное всасывание препарата из камер 3 и 5 в кровь, что, однако, не доказано даже в эксперименте. По-видимому, такая возможность возникает при определенных патологических состояниях, однако трудно предположить существование этого процесса в условиях нормальной функции системы, задачей которой является очищение крови от подобных соединений.

Если количественные показатели скорости очищения крови от бенгальской розовой и бромсульфана определены достаточно четко, то скорость выделения препаратов в систему желчных ходов представляется недостаточно обоснованной. Ориентировочно можно предполагать, что время ретенции краски в полигональных клетках составляет 2 мин, так как именно через такие сроки определяется появление краски в желчных протоках и желчном пузыре у животных. К сожалению, с помощью прижизненных радионуклидных исследований у человека не представляется возможным в

ранние сроки определить проникновение краски в желчь, поскольку единственным способом констатации является обнаружение препарата только в желчном пузыре.

В соответствии с рассматриваемой схемой модели динамика механизма поведения в организме бенгальской розовой и бромсульфана будет определяться на основании следующих 4 показателей:

- скорости клиренса крови,
- скорости элиминации из полигональных клеток,
- скорости накопления в желчном пузыре,
- скорости выведения краски в кишечник.

Клиренс бенгальской розовой зависит от трех факторов: скорости общего кровообращения, скорости печеночного кровотока и функциональной активности полигональных клеток.

Токсическое влияние указанных РФП можно исключить, так как вводимые активности содержат ничтожно малые количества химических соединений РФП: в пределах долей миллиграмма, т. е. в 1000 раз меньше, чем дозы, влияющие на блокаду системы.

Влияние первого фактора — скорости общего кровообращения — совершенно очевидно входит в значение второго фактора, т. е. в скорость печеночного кровотока, определение которого, таким образом, будет иметь большое значение. Располагая показателем печеночного кровотока, можно достаточно точно определить на основании показателя клиренса состояние функциональной активности полигональных клеток. Известно, что оценка состояния функциональной активности полигональных клеток является важным диагностическим и прогностическим критерием в гепатологии и до последнего времени решалась путем применения нерадиоактивной или радиоактивной бромсульфанолепновой пробы, а также с помощью радиогепатографии с бенгальской розовой. Однако в том и другом случае есть ряд технических погрешностей, которые снижают чувствительность исследований и позволяют только очень грубо оценивать состояние тяжести патологического процесса. Так, при исследовании клиренса бромсульфанолепна путем забора проб крови через определенные промежутки времени не учитывается состояние органного кровотока, а при радиогепатографии, даже при учете скорости органного кровотока, получаются неточные данные ввиду неизбежности вклада выделяемой краски в систему желчных ходов.

В настоящее время наиболее эффективной методикой оценки клиренса гепатотропных препаратов следует считать радиометрию всего тела с экранированием печени, причем при условии выполнения исследования с двумя РФП: коллоидным раствором и бенгальской розовой (или бромсульфана). Несмотря на то что бромсульфан был введен в практику радиоизотопной диагностики значительно позже, чем бенгальская розовая, в настоящее время он является более удобным тест-агентом, чем бенгальская розовая. Скорость элиминации бромсульфана из крови более высокая, чем бенгальской розовой, а следовательно, выполнение исследования может быть произведено в более короткие сроки. Скорость элими-

нации бенгальской розовой или бромсульфана из полигональных клеток в желчных ходах (В) будет зависеть от функционального состояния собственно полигональных клеток и от скорости тока желчи по желчным ходам и протокам. Если принять, что поглощение препаратов из крови и выделение их в желчь являются сторонами одного общего механизма, то по показателю клиренса можно судить о состоянии всего механизма в целом. Таким образом, остается определить влияние второго фактора — скорости тока желчи по желчным ходам. Здесь уместно отметить, что, по-видимому, как функция полигональных клеток, так и скорость движения желчи будут, даже у здорового человека, весьма вариабельны, учитывая время процесса пищеварения. Поэтому очень важно проводить исследования только натощак, утром и даже без приема воды. Однако, несмотря на такую дополнительную подготовку, установить непосредственно скорость движения желчи в печени невозможно. Этот показатель можно определить только косвенно — по скорости накопления РФП в желчном пузыре. Именно поэтому некоторые авторы используют в качестве схемы не пяти-, а четырехкамерную модель. Однако, по-видимому, более целесообразно использовать более близкую к действительности схему, даже если отдельные этапы ее в настоящее время еще недопустимы для разрешения, чем применять упрощенную схему с заведомым исключением важного, но не доступного для расшифровки этапа биологического процесса.

Наиболее распространенной методикой исследования функции гепатобилиарной системы с применением бенгальского розового или бромсульфана является гепатография с использованием 3 детекторов, которые устанавливаются на область головы (для исследования клиренса), на область печени и область кишечника.

Больным утром натощак вводят бенгальскую розовую или бромсульфан из расчета 7,4 кБк на 1 кг массы. Запись производится с постоянной времени 10 с в течение 1½—2 ч.

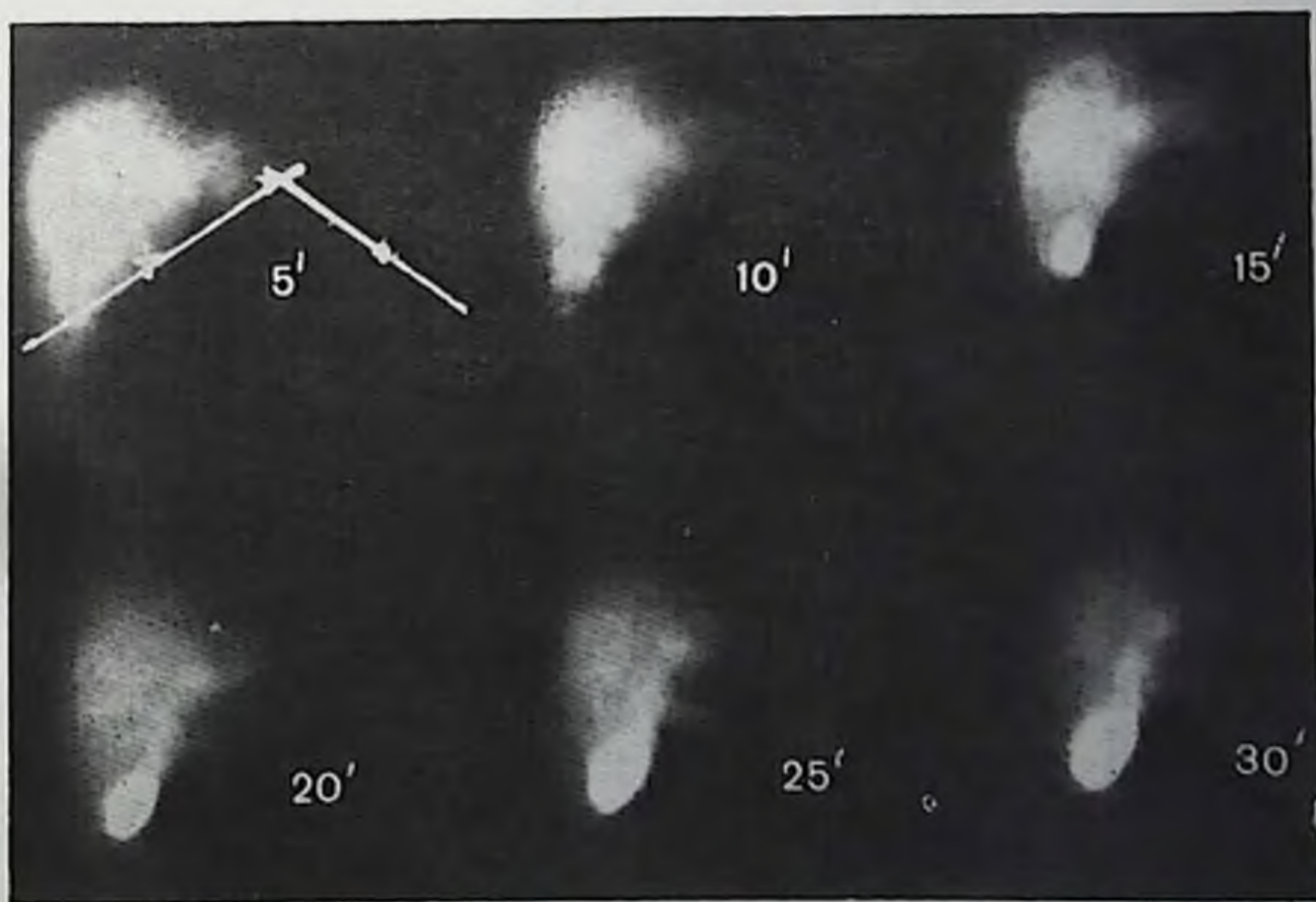
Полученные кривые с области печени, кишечника и головы подвергаются обработке. Очевидно, что каждая из полученных кривых отражает суперпозицию нескольких процессов. Для описания функции паренхимы печени в чистом виде необходимо исключить влияние желчного пузыря и желчевыводящих протоков, что достигается только при ЭВМ-сцинтиграфии.

3. Гепатобилисцинтиграфия

В течение 20 лет в качестве РФП использовалась краска бенгальская розовая, меченная ^{131}I или ^{125}I . Однако эти РФП оказались малоэффективными ввиду большой длительности исследования (более 2 ч) и недостаточно четкой визуализации желчных протоков и желчного пузыря. В 1978 г. были разработаны РФП на основе имиодиоацетовой кислоты, меченные $^{99\text{m}}\text{Tc}$, которые получили различные фирменные названия (ХИДА, ЛИДА и др.). Для исследования используют препарат с общей активностью 185—370 МБк.

ХИДА изготавливается в виде специального набора реагентов, который непосредственно перед введением пациенту смешивается с пертехнетатом. Концентрация препарата составляет 10—25 мг, поэтому ее введение не сопровождается реакцией со стороны организма больного.

После внутривенного введения ХИДА достигает с током крови паренхиму печени, захватывается ее полигональными клетками и затем выделяется в желчные ходы, включаясь в ток желчи. Время прохождения ХИДА через гепатоцит составляет 2—3 мин. Поскольку процесс желчевыведения тесно связан с фазами пищеварения, гепатоблицинтиграфию выполняют обязательно натощак, так как в этих условиях сфинктер Одди закрыт и поступления желчи в двенадцатиперстную кишку практически не происходит. ХИДА вместе с желчью проходит весь путь желчевыделения и попадает в желчный пузырь, откуда всасывания ее вместе с водой не отмечается. Пациент укладывается на процедурный стол в положении на спине. Детектор устанавливают так, чтобы центр совмещался с мечевидным отростком, что позволяет включить в поле видения всю печень и часть кишечника. Программа регистрации трансфера ХИДА на ЭВМ состоит из 30 непрерывно следующих друг за другом кадров с экспозицией каждого 1 мин. В норме накопление РФП в паренхиме печени происходит быстрыми темпами, так что максимум кривой ($T_{\text{макс.}}$) достигается не позднее 12-й минуты. К 14—15-й мин ХИДА достигает вместе с желчью



42. Гепатоблицинтиграммы, полученные через каждые 5 мин после инъекции ХИДА у здорового мужчины 40 лет, находящегося в горизонтальном положении. Два последних снимка получены при переводе пациента в вертикальное положение.

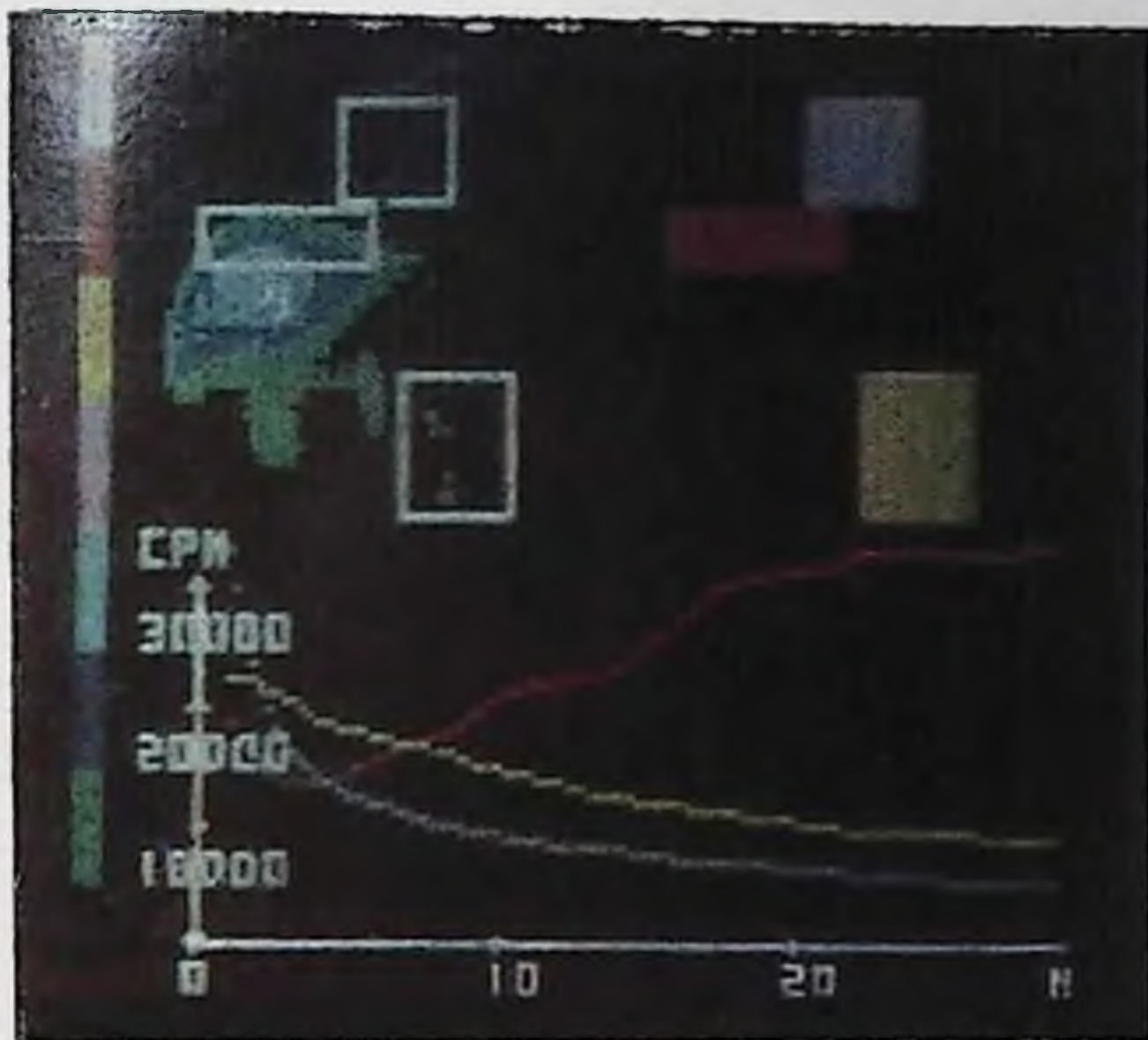


43.

Гепатобилисцинтиграммы, полученные у мальчика 15 лет без клинических признаков заболевания гепатобилиарной системы. Уже через 15 мин обнаруживается преимущественное накопление ХИДА в общем желчном протоке. Через 30 мин визуализируется желчный проток и желчный пузырь. Через 15 мин после завтрака желчный пузырь сократился, а через 30 мин опорожнился полностью.

желчного протока и желчного пузыря, о чем свидетельствует подъем кривой из соответствующих зон интереса. На 15-й минуте на сцинтиграммах визуализируются изображения и желчного протока, и желчного пузыря (рис. 42), интенсивность которого выше изображения печени.

Выделение краски в кишечник начинается также с 15-й минуты, однако при нормальной функции сфинктера Одди осуществляется в весьма незначительных количествах. Эти мелкие поступающие в двенадцатиперстную кишку порции ХИДА под влиянием нормальной перистальтики кишечника постепенно проходят из двенадцатиперстной кишки в другие отделы кишечника так, что исчезают из поля видения детектора гамма-камеры и кривая трансфера из этой области не имеет тенденции к росту. Через 30 мин после инъекции непрерывная регистрация прекращается и пациент от обследования свободен в течение 30—60 мин. Затем в вертикальном положении больного при строго вертикальном положении детектора производят исследование сократительной функции желчного пузыря. Под детектором гамма-камеры пациент принимает стандартный завтрак, состоящий из одного сырого яйца и 100—200 г сливок. Сразу же после завтрака осуществляется непрерывная регистрация на ЭВМ состояния желчного пузыря и кишечника с экспозицией кадра 1 мин в течение 20 мин. В норме после завтрака в вертикальном положении пациента через 2—4 мин отмечается двигательная реакция желчного пузыря, сопровождающаяся изменением его формы и положения, а начиная с 4-й минуты происходит его быстрое опорожнение. К 20-й минуте содержащаяся



44. Выбор зон интереса при гепатобилисцинтиграфии на ЭВМ «СЕГАМС» с построением из них кривых активность/время.

Красным цветом обозначена печень, синим — сердце, желтым — фон.

ся активность ХИДА в желчном пузыре снижается на 40—60%, а препарат попадает в кишечник (рис. 43). Одновременно с опорожнением желчного пузыря происходит выделение РФП и из общего желчного протока, изображение которого на сцинтиграммах полностью исчезает. К концу 1-го часа после приема завтрака изображение печени практически не визуализируется в связи с ее очищением от ХИДА и на сцинтиграммах получается только изображение желчного пузыря и петель тонкой кишки (см. рис. 43). Отсутствие изображения печени на сцинтиграммах в эти сроки еще не означает полного ее очищения от РФП, а обусловлено техническими условиями сцинтиграфии, когда задаваемая величина общего счета будет обусловлена массой РФП кишечника.

После окончания всех этапов исследования, в конце рабочего дня, на дисплей из памяти ЭВМ вызывается последний, 30-й, кадр первого этапа гепатобилисцинтиграфии, по которому производится выбор 3—4 зон интереса, включающих область сердца (необязательно), край паренхимы печени, желчный пузырь и область кишечника (рис. 44). Размеры и форма зон интереса выбирают индивидуально для каждого больного, руководствуясь избирательным выделением анатомических областей. На втором этапе изучения сократительной функции выделяются только 2 зоны интереса: желчный пузырь и кишечник. В обоих случаях зона интереса кишечника максимальная и должна включать практически всю зону выделения детектора ниже желчного пузыря и левее изображения печени, несмотря на то что на контрольном кадре в некоторых из этих участков визуализация препарата отсутствует. Это необходи-

Гепатобилицинтиграфия семяоттока заболеланий печени и желчных путей

Заболелание	Гепатосцинтисконография						Гепатобилицинтиграфия		
	положение	форма	размеры	радиоактивность	дефекты	накопление в селезенке	концентрация	визуализация желудочного пузыря	время выведения
Кисты	Нормальное	Изменена	Изменены	Да	Да	Нет	Нормальная	Нормальная	Нет
Опухоли	То же	»	»	»	»	»	»	»	»
Циррозы: внутрипеченочный портальный	»	»	Увеличены	Нет	Нет	Умеренное	Поздняя	Поздняя	»
	»	»	»	Нет	Да/нет	Высокое	Нехарактерная	Нормальная	»
	»	»	Нехарактерные	»	То же	Умеренное	То же	Нехарактерная	»
Хронический холецистит:	»	Нормальная	Нормальные	Да	Нет	Нет	Нормальная	Нормальная	Нет/да
	»	Изменена	Нормальная	»	Да	»	Поздняя	Поздняя или отсутствует	Да
Гепатит: легкое течение	»	Нормальная	»	»	Нет	»	Нехарактерная	Нормальная	Нет
	»	»	Увеличены	Нет	»	Незначительное	Поздняя	Поздняя	»
Эмфизема легких Релаксация диафрагмы	Опущена	»	»	Да	»	Нет	»	»	»
	Высокое	Изменена	Уменьшены	»	»	»	Нормальная	Нормальная	»

мо выполнять в связи с постоянным перемещением РФП по кишечнику.

На основании обследования 950 пациентов, в том числе 220 детей с различными заболеваниями, нами была разработана гепатобилисцинтиграфическая семиотика. Из 555 больных по поводу хронического холецистита обследованы 160, по поводу гастродуоденита — 96, по поводу гепатита — 186, по поводу врожденных заболеваний — остальные 75 больных. В основе анализа находятся следующие элементы исследования: сцинтиграммы гепатобилиарной системы, полученные через 1, 15, 30 мин после инъекции, а также сцинтиграмма, полученная через 20 мин после приема желчного завтрака; кривые трансфера РФП, полученные из области паренхимы печени, общего желчного протока, желчного пузыря и кишечника в течение первых 30 мин исследования и из желчного пузыря и кишечника в течение 20 мин второго этапа исследования.

По данным анализа обследованных больных, из которых 230 были оперированы, а у 540 выполнены холеграфия или холангиография, представилось возможным выделить ряд характерных сцинтиграфических симптомов, которые целесообразно рассматривать в определенной последовательности. Наличие отдельных признаков при некоторых заболеваниях представлено в табл. 8.

Нарушение поглотительно-выделительной функции полигональных клеток наблюдается у больных хроническим гепатитом и выражается задержкой достижения максимальной концентрации препарата в паренхиме после 12-й минуты. Степень поражения паренхимы печени можно разделить на легкую ($T_{\text{макс.}}$ до 20 мин), умеренную ($T_{\text{макс.}}$ 21—30 мин) и тяжелую ($T_{\text{макс.}}$ более 30 мин), а распознавание очень тяжелой степени требует более продолжительного времени исследования и нами не осуществлялось. Начало концентрации РФП в общем желчном протоке и желчном пузыре в таких случаях наступает без значительной задержки, но происходит медленными темпами. В тяжелых случаях начало концентрации ХИДА в желчном пузыре практически невозможно установить из-за высокого уровня тканевого фона, сопоставимого с уровнем накопления РФП в области желчного пузыря. На рис. 44 приведены кривые трансфера ХИДА, характерные для нарушения паренхиматозной функции печени умеренной степени тяжести. Наряду с нарушением клиренсовой функции полигональных клеток, особенно в тяжелых случаях, отмечается повышенное накопление РФП в почках, изображения которых более отчетливо выделяются на сцинтиграммах в течение первых 15 мин после инъекции. Это — следствие проявления определенной степени печеночной недостаточности, когда гепатотропные соединения начинают выводиться с мочой. Увеличение печени у таких больных также достаточно характерно, причем это увеличение равномерно распространяется как на правую, так и на левую долю печени. Вместе с тем отмечается поздняя визуализация желчного пузыря, так что к 30-й минуте его изображение на сцинтиграммах может отсутствовать. Длительная задержка препарата в паренхиме печени так-

же весьма характерна, так что и после 60 мин ее изображение на сцинтиграммах остается достаточно четким.

В отличие от общераспространенного мнения, что при алкогольном гепатите имеется нарушение функции полигональных клеток печени, мы отмечали у больных алкоголизмом картину более быстрого трансфера ХИДА. Это, по-видимому, обусловлено известной тренированностью системы антитоксической функции печени, собственно полигональных ее клеток, которые более быстро захватывают из крови гепатотропные соединения.

Наличие холестаза имеет ряд общих сцинтиграфических признаков с поражением паренхимы печени (задержка $T_{\text{макс.}}$, поздняя визуализация желчного пузыря), однако существует ряд дифференциально-диагностических признаков. Представляется также целесообразным вместе с холестазом рассматривать и симптом обтурации. Полная обтурация общего желчного протока сопровождается развитием желтухи, что не является противопоказанием для выполнения гепатобилисцинтиграфии. В таких случаях необходимо введение только больших активностей препарата (до 500 МБк). На сцинтиграммах у пациентов с полной обтурацией имеется резкое снижение темпов накопления препарата в паренхиме печени ($T_{\text{макс.}}$, позднее 30-й минуты). Визуализация изображения печени на сцинтиграммах определяется через 5 мин, однако в отличие от нормы интенсивность изображения усиливается в течение первых нескольких часов. При неполной обтурации определяется расширенный общий желчный проток, иногда в 3 и даже в 4 раза больше, чем в норме. У таких пациентов даже после обтурации остается расширенный общий желчный проток. Естественно, его визуализация возможна только при закрытии сфинктера Одди. Вместе с тем его изображение может имитировать «холодный» очаг на сцинтиграммах, полученных с коллоидами.

В отличие от обычной методики рутинной гепатографии на 3-канальной установке при гепатобилисцинтиграфии определение клиренса не всегда возможно, так как практически все поле видения детектора занимает печень и область кишечника. Учитывая ограниченное поле видения детектора, целесообразнее включить в него весь верхний этаж брюшной полости, чем область сердца.

Недостаточность сфинктера Одди, т. е. состояние, когда сфинктер Одди зияет даже у больных, не принимавших пищи в течение 12 ч, характеризуется быстрым и интенсивным выведением РФП в кишечник даже натощак. Уже с 15-й минуты на сцинтиграммах визуализируется двенадцатиперстная кишка и петли тонкой кишки, а кривая накопления ХИДА из этой зоны интереса идет круто вверх. Свободный выход РФП в кишечник свидетельствует о зиянии сфинктера Одди, что не позволяет создавать соответствующее давление в системе желчных протоков, вследствие чего не достигается открытие клапанов желчного пузыря и проникновение в него ХИДА практически отсутствует, что обуславливает отсутствие его визуализации на сцинтиграммах. Такая картина является характерной, в частности, для гастродуоденита. Типичная сцинти-



45.

Гепатобилисцинтиграммы больной с нефункционирующим желчным пузырем и недостаточностью сфинктера Одди. Выведение в кишечник начинается с 20-й минуты и быстро нарастает. Сцинтиграммы через 11 мин (а), через 30 мин после инъекции ХИДА (б) и кривые, полученные из зон интереса печени (красная) и кишечника (желтая) (в).

графическая картина при недостаточности сфинктера Одди приведена на рис. 45, а, б, в. В этих случаях введение морфина, вызывающего спазм сфинктера Одди, позволит в ряде случаев обеспечить визуализацию желчного пузыря на сцинтиграммах и избежать ошибочного заключения о его отсутствии.

Нарушение концентрационной функции желчного пузыря в виде уменьшения количества концентрирующейся в нем ХИДА до полного отсутствия наблюдается на фоне нормальной картины паренхимобилиарного трансфера ХИДА и при поражении паренхимы. Накопление ХИДА в желчном пузыре резко снижено и его визуализация даже к 30-й минуте нечеткая либо отсутствует. В более поздние сроки в большинстве случаев визуализация желчного пузыря все-таки наступает, а в тяжелых случаях может отсутствовать. Однако отсутствие визуализации желчного пузыря в течение первых 30 мин не свидетельствует об отсутствии его функции, поскольку при холеграфии удастся получить его изображение. В таких случаях необходимо проведение исследования через 1 или 2 ч после инъекции. Типичная картина, характерная для нарушения концентрационной функции желчного пузыря, представлена на рис. 46.

Нарушения сократительной функции желчного пузыря проявляются задерживанием по срокам и сниженной реакцией его опол-

рождения после приема желчегонного завтрака. Это проявляется в удлинении латентного периода более чем на 5 мин и медленным снижением концентрации ХИДА в желчном пузыре. В течение 20 мин после приема завтрака в тяжелых случаях вообще не отмечается уменьшения величины активности в зоне интереса желчного пузыря. В наших наблюдениях было всего 3 пациента, у которых не наблюдалось сокращения желчного пузыря после приема завтрака, причем у двух из них через 15—20 мин после приема завтрака началась рвота. Отсутствие снижения концентрации желчного пузыря даже в течение 20 мин после приема завтрака еще не означает полного отсутствия его сократительной функции, поскольку в более поздние сроки желчный пузырь все же, как правило, опорожняется. Именно этот признак гепатобилисцинтиграфии обнаруживает максимальное расхождение с рентгенологической семиотикой, поскольку по срокам эти показатели несопоставимы.

Как видно из изложенного выше, сцинтиграфическая семиотика нарушений гепатобилиарной системы в значительной степени отличается от рентгенологической, поскольку в отличие от гепатобилиарной системы представляется возможным оценить в динамике все этапы желчеобразования и желчевыделения. Например, такое распространенное рентгенологическое заключение, как дискинезия желчных путей, более чем в 70% случаев является следствием недостаточности сфинктера Одди и, как правило, наблюдается, например, у детей с диагнозом дуоденита. Определяемая рентгенологически нормальная концентрационная функция желчного пузыря в 50% случаев, по данным гепатобилисцинтиграфии, оказывается пониженной, поскольку вход ХИДА в желчный пузырь осуществляется более медленными темпами, чем в норме, что невозможно было установить по данным не только холеграфии, но и холангиографии.

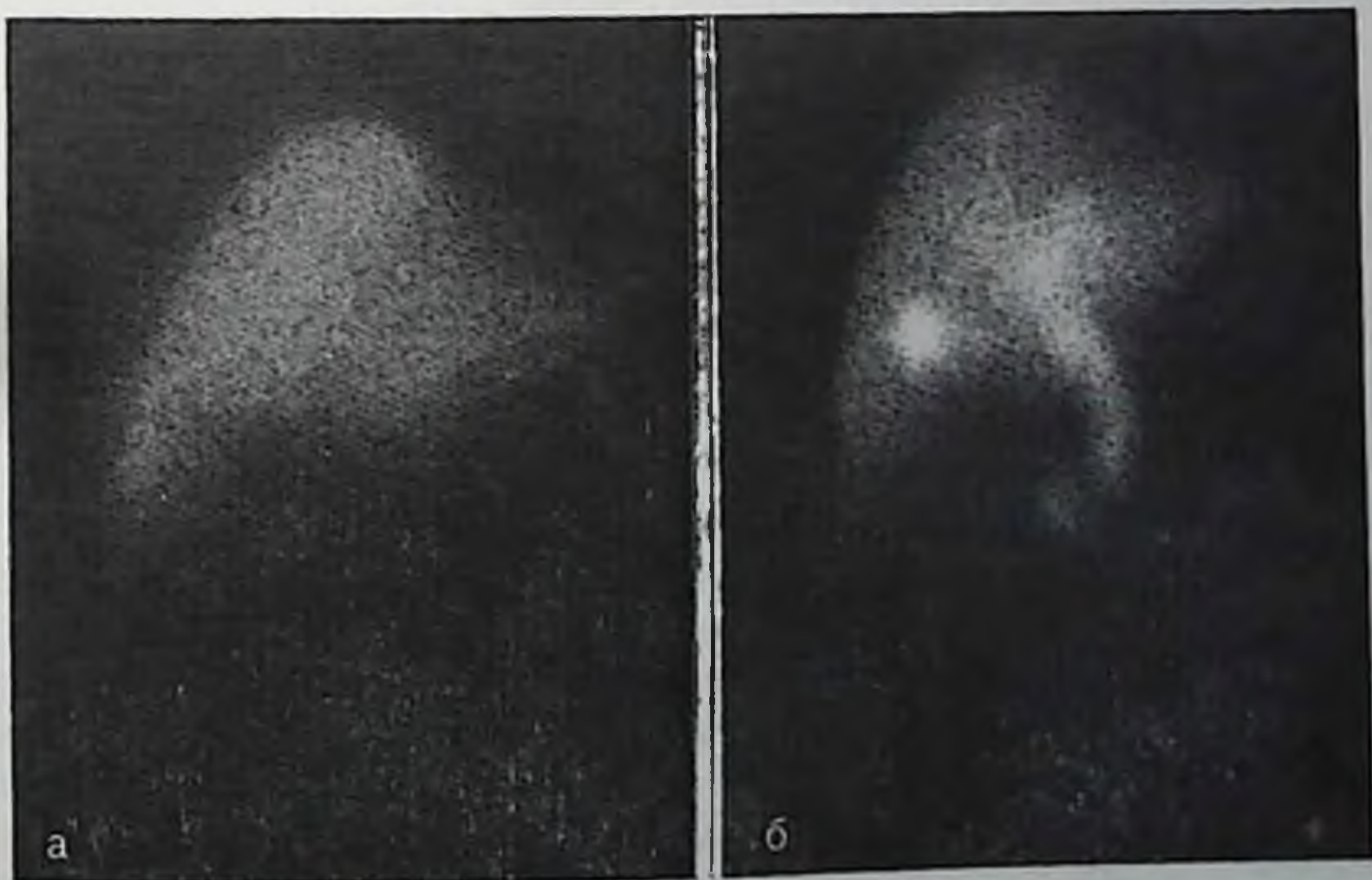
Установить нерезко выраженную задержку РФП в системе внутрипеченочных желчных протоков по данным рентгенологического исследования практически невозможно, тогда как по данным гепатобилисцинтиграфии эти изменения выявляются постоянно.

Помимо собственно оценки состояния функции гепатобилиарной системы, исследование с препаратом ХИДА рекомендуется использовать для дифференциальной диагностики очаговых поражений паренхимы печени, обнаруживаемых на сцинтиграммах, полученных после инъекции коллоида. У больных с расширенными внутрипеченочными протоками при исследовании с коллоидом в изображении печени могут выявляться «холодные» очаги, симулирующие опухоли. На гепатобилисцинтиграммах у таких больных на месте «холодных» очагов обнаруживаются скопления ХИДА в области желчных протоков. На рис. 47 представлены 2 сцинтиграммы одного пациента, полученные после введения коллоидного раствора и ХИДА. На первой сцинтиграмме четко определяется типичная картина цирроза печени с увеличением левой доли и



46. Гепатобилисцинтиграммы у больной с нефункционирующим желчным пузырем, несостоятельностью сфинктера ОДДИ и рефлюксом желчи в желудок, который обнаруживается в виде пятна у края левой доли печени.

усилением интенсивности ее изображения. Правая доля уменьшена с характерным для холецистита истончением полюса. В нижней половине изображения правой доли печени определяется очаг пониженной контрастности, который может быть расценен и как опухолевое поражение, и как очаг фиброза в области локализации желчного пузыря. На второй сцинтиграмме видно, что эти участки пониженной контрастности соответствуют локализации депо ХИДА в области желчного пузыря, который не визуализируется. В левой доле отмечается повышенная интенсивность, обусловленная повышенным накоплением РФП. Видно, что выведение РФП происходит беспрепятственно в кишечник, о чем свидетельствует визуализация бесформенного очага накопления препарата под нижним краем печени. Таким образом, исследование с ХИДА раскрывает природу обнаруженного на гепатосцинтиграмме опухолевого очага, выявляя массивный фиброз в области желчного пузыря



47. Гепатосцинтиграммы с коллоидом (а) и с ХИДА (б) у больной хроническим холециститом, полученные последовательно через сутки.

вследствие хронического холецистита с явлениями развивающейся компенсаторной реакции паренхимы левой доли печени; нефункционирующий желчный пузырь; умеренно выраженную недостаточность сфинктера Одди.

Таким образом, радионуклидное исследование гепатобилиарной системы с помощью современных РФП дает очень важную диагностическую информацию о функциональном и анатомо-топографическом состоянии печени, внутрипеченочных желчных протоков, желчном пузыре, холедохе и сфинктере Одди. Следует подчеркнуть, что в настоящее время на основании весьма ограниченного по времени и объему опыта использования гепатобилисцинтиграфии с производными имидоацетовой кислоты еще не представляется возможным дать достаточно полную характеристику клинической значимости этого метода в диагностике многообразных нарушений гепатобилиарной системы, однако перспективность его не вызывает сомнений. В связи с быстрым развитием ультразвукового сканирования (сонографии) радионуклидная гепатобилисцинтиграфия и даже рентгеноконтрастные исследования желчных путей будут ограничены. Однако если гепатобилисцинтиграфия значительно уступает анатомо-топографической оценке желчных путей с помощью метода сонографии, то в оценке функциональных нарушений она является идеальным способом. По-видимому, наиболее эффективно комплексное сонорадионуклидное исследование, которое способствует правильной оценке полученной диагностической информации и уверенному распознаванию заболевания, сопровождающегося выраженными нарушениями функциональной деятельности печени и желчевыделительной системы.

Перспективно исследование гепатобилиарной системы на основе ^{75}Se -метионина, которое впервые разработано в нашей стране [Палинкаши Д. Г., 1972—1984]. В отличие от исследования с меченым коллоидом, сонографии и компьютерной томографии применение метионина, являющегося обязательным участником ряда важнейших процессов белкового и липидного обмена в гепатоцитах, дало возможность определить не только органические изменения в печеночной паренхиме, обусловленные изменением ее плотности, но и выявить нарушение метаболизма в гепатоцитах на ранних этапах развития патологического процесса. Предложенный метод позволил выявить как внепеченочный, так и внутрипеченочный (на уровне гепатоцитов) холестаза, в том числе и при безжелтушных формах патологии. Метод атравматичен: метионин активностью 0,03 МБк на 1 кг массы тела вводят перорально. При исследовании 100 больных с различными диффузными и очаговыми формами поражения гепатобилиарной системы у всех результаты исследования с метионином совпали с данными верификации (операции, биопсии печени и вскрытия). Следует подчеркнуть, что ни в одном из 47 наблюдений, где диагноз был верифицирован на основании патогистологического исследования материала биопсии печени, не было расхождения с результатами исследования гепатобилиарной системы с ^{75}Se -метионином.

Таким образом, применение ^{75}Sc -метионина дает возможность осуществить раннюю и эффективную диагностику заболеваний печени и желчевыделительной системы, назначить рациональную терапию и провести контроль ее эффективности.

Глава V

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

1. Панкреатосцинтиграфия

Поджелудочная железа является одним из наиболее важных органов человека, принимающим самое активное участие в процессе пищеварения и регуляции углеводного, липидного и минерального обмена. Распознавание в клинической практике функциональных нарушений и анатомических изменений поджелудочной железы представляет большие трудности, что обусловлено отсутствием четких и характерных для заболеваний этого органа клинических симптомов, а также трудностями, связанными с ее пальпацией и получением ее рентгеновского или иного изображения. Трудности получения изображения поджелудочной железы в норме и при патологических изменениях вызваны, с одной стороны, ее забрюшинным расположением, с другой — тесным примыканием к ней ряда массивных органов, таких как позвоночник, печень, желудок, селезенка, петли кишок и др. При этом если диагноз острого панкреатита можно основывать на данных анамнеза и клинико-лабораторных исследований (интенсивная боль с отдачей в спину, неукротимая рвота, отсутствие болей при пальпации живота, наличие лейкоцитоза, нейтрофилеза в крови, быстро нарастающей диастазой в моче), то ценность последних при хронических воспалительных процессах поджелудочной железы, а особенно при опухолевых заболеваниях, резко снижается. Поэтому рентгенологическая симптоматика при заболеваниях поджелудочной железы имеет лишь относительное значение и используется в клинической практике при тесной связи их с клинико-лабораторными данными. В связи с тем что поджелудочная железа не имеет собственных магистральных сосудов и кровь поступает в железу через верхнебрыжеечную артерию, сосудистая коммуникация ее чрезвычайно сложна, поэтому выявление патологии, особенно опухолевых образований, с помощью висцеральной ангиографии в дистальной части поджелудочной железы представляет большие трудности.

Характерные ангиографические признаки опухолей поджелудочной железы, вновь образованные патологические сосуды и удлинение времени контрастирования зон поражения выявляются лишь в поздних стадиях развития патологического процесса. Частота

выявления заболеваний поджелудочной железы, особенно опухолевых образований, по данным ангиографии, составляет 60—70% [Hernandes, 1975].

Не менее сложным методом исследования поджелудочной железы является панкреатодуоденография с ретроградным введением контрастного вещества. Получаемая при этом рентгенологическая картина протоков поджелудочной железы и характер их изменения являются достаточно характерными признаками поражения поджелудочной железы.

Следует отметить, что в распознавании заболеваний поджелудочной железы за последние десятилетия достигнуты определенные успехи благодаря применению сонографии и компьютерной томографии (КТ). Эти исследования позволяют определять форму, размеры, расположение поджелудочной железы и ее взаимоотношения с окружающими органами и тканями. Возможность выявления опухолей и хронического воспалительного процесса с помощью компьютерной томографии составляет 80—90% [Габуния Р. И., 1980; Haga et al., 1977]. Лучше выявляются с помощью КТ кисты и хронические панкреатиты; злокачественные опухоли выявляются только диаметром более 1 см, но если плотность их невелика, а рост не вызывает сдавления ворот печени или прорастания в окружающие ткани, то диагностика рака поджелудочной железы чрезвычайно затруднена.

Радионуклидные исследования поджелудочной железы стали возможны после получения путем биосинтеза аминокислоты ^{75}Se -метионина. Ее активное участие в синтезе ферментов и обмене белков в поджелудочной железе, относительно быстрое накопление и усвоение железой ^{75}Se -метионина, являющегося гамма-излучателем оптимальной для регистрации энергии, сделали его наиболее пригодным для визуализации поджелудочной железы. Однако ^{75}Se -метионин наряду с поджелудочной железой в норме накапливается также в печени, и, несмотря на значительное превалирование (в 10 раз) концентрации препарата в поджелудочной железе по сравнению с печенью, не всегда удается получить четкое изображение органа, так как железа частично или полностью перекрывается левой долей печени.

Дальнейшим совершенствованием радионуклидной диагностики поджелудочной железы явилась разработка двухиндикаторного метода ее исследования [Karlan et al., 1966]. Суть методики заключается в применении наряду с ^{75}Se -метионином коллоидного $^{99\text{m}}\text{Tc}$ или ^{198}Au , накапливающихся в печени и отличающихся от него энергией излучения. Путем вычитания (субтракции) изображения печени из суммарной картины получается изолированное изображение только поджелудочной железы.

Для улучшения качества панкреатосцинтиграфии были предложены различные методы предварительной подготовки пациентов: назначение пробного завтрака с повышенным содержанием белка как стимулятора панкреатической секреции, медикаментов пробантина, панкреозимина и глутаминовой кислоты, стимулирующих

выработку в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки секретина, который в свою очередь активизирует экскрецию панкреатического сока. Для этой же цели, особенно при исследовании больных с панкреатитами, успешно используется предварительная (за 50 мин) глюкозная нагрузка из расчета 0,33 г на 1 кг массы. Одновременно одним шприцем вводят внутривенно оба препарата: ^{75}Se -метионин и коллоид $^{99\text{m}}\text{Tc}$ [Зубовский Г. А., Васильченко С. А., 1982]. К концу первого часа после инъекции глюкозы полностью заканчивается выброс гормонов и начинается их активное восстановление.

^{75}Se — чистый гамма-излучатель с периодом полураспада 121 день и с основной энергией излучения 270 кэВ. Биологический период его полувыведения составляет от 50 до 100 дней, а эффективный период полувыведения для поджелудочной железы — 24 ч. Введенный внутривенно ^{75}Se -метионин активно поглощается печеночной и панкреатической тканью. Печень поглощает до 11% введенного вещества в силу ее большого объема, в то время как на долю поджелудочной железы приходится 7% от введенной активности. Несмотря на то что включение ^{75}Se -метионина на 1 г ткани в поджелудочной железе в 8—10 раз выше, чем в печени, большая масса паренхимы печени обуславливает высокую интенсивность ее изображения, экранирующего изображение поджелудочной железы.

Для получения гамма-топографического изображения поджелудочной железы применяют методики сцинтиграфии и двухизотопного сканирования. Сканирование осуществляется только на 2-канальном сканере с многоцветным изображением. Сканирование проводят в горизонтальном положении больного с верхней границы печени через 15—20 мин после совместного внутривенного введения изотопического раствора ^{75}Se -метионина активностью 148 кБк и коллоидного раствора ^{198}Au 111 кБк на 1 кг массы тела пациента.

Режим сканирования выбирается в зависимости от уровня максимального накопления ^{75}Se -метионина и ^{198}Au в печени с последующим уравнением скорости счета обоих радионуклидов. Основной канал устанавливается на регистрацию гамма-излучения ^{75}Se 270 кэВ, дополнительный — на регистрацию ^{198}Au (411 кэВ). Исследование длится в среднем 30—50 мин. Первым этапом исследования является получение сочетанной гепатопанкреатической картины от введенных РФП. Вторым этапом является техническое вычитание печени из гепатопанкреатической картины и получение изображения поджелудочной железы.

Более совершенным и эффективным методом получения изображения поджелудочной железы является сцинтиграфия с помощью гамма-камеры. Больному внутривенно, отдельно или одновременно одним шприцем, вводят коллоидный раствор $^{99\text{m}}\text{Tc}$ активностью 370 и 140 кБк ^{75}Se -метионина на 1 кг массы тела. Для регистрации гамма-излучения и визуализации области поджелудочной железы используют сцинтилляционные гамма-камеры с большим полем зрения, оснащенные ЭВМ. Больного исследуют в горизонтальном

положении на спине. Сцинтиграфию начинают через 10 мин после введения препарата. Детектор камеры устанавливают над гепатопанкреатической зоной больного с наклоном по вертикальной оси спереди назад и по горизонтальной, поперечной оси справа налево на $10-15^\circ$ по отношению к больному. Подобное положение детектора является наиболее оптимальным для лучшего обзора и обусловлено анатомо-топографическим положением поджелудочной железы. Оно способствует более точному «выведению» ее изображения, особенно в тех случаях, когда поджелудочная железа соприкасается с печенью или заходит за ее нижний край. Дискриминатор настраивается на фотопик ^{99m}Tc (140 кэВ) с использованием коллиматора для средней энергии (410 кэВ).

Для изучения функциональной активности поджелудочной железы, особенно при панкреатитах (определение скорости перемещения препарата в организме, его утилизация железой и выведение в кишечник), одновременно наряду с обычной панкреатосцинтиграфией проводят динамическую сцинтиграфию печени и поджелудочной железы. При этом детектор гамма-камеры устанавливают так, чтобы в поле «зрения» вмещалось и изображение сердца для получения кривой клиренса крови. С помощью осциллоскопа с регулируемой памятью производится визуальное наблюдение за динамикой накопления, распределения и выведения препарата в исследуемой зоне. Одновременно производится и запись полученной информации на видеомэгнитофон. Сцинтифотограммы делают с 10-минутным периодом набора информации. Время исследования больного занимает 50—60 мин. Получение нескольких сцинтифотограмм при каждом исследовании позволяет следить за динамикой накопления, распределения и перераспределения препарата в гепатопанкреатической зоне и окружающих ее органах (кишечник, селезенка, почки и др.) и оценить функциональную активность исследуемого органа.

Обработку результатов сцинтиграфии поджелудочной железы производят с помощью ЭВМ по специально разработанным программам, что исключает необходимость ручного вычитания изображения печени. Анализ динамических исследований осуществляется построением гистограмм с 4 областей интереса: область сердца (клиренс крови), печени, поджелудочной железы и начального отдела тонкого кишечника (измерение фоновой активности). Такой анализ позволяет оценивать скорость выведения ^{75}Se -метионина из крови и его поступление в поджелудочную железу.

Нормальное изображение поджелудочной железы. На сцинтиграммах и сканограммах неизменная поджелудочная железа располагается под левой долей печени, которая может служить топографоанатомическим ориентиром.

Форма неизменной поджелудочной железы в достаточной степени переменна у различных людей. Можно выделить три варианта формы нормальной поджелудочной железы: 1) наиболее часто встречающуюся подковообразную форму, когда головка и хвост находятся ниже тела железы (рис. 48, а); 2) S-образную форму в



48.

Варпапты сцинтиграфических изображений нормальной поджелудочной железы, полученных с метионинном ^{75}Se .

а — подковообразная (стрелкой отмечена головка); б — S-образная; в — палочкообразная.

виде поперечно расположенной латинской буквы S (рис. 48, б); 3) палочкообразную форму, когда поджелудочная железа лежит параллельно краю печени (рис. 48, в).

Распределение препарата в неизмененной поджелудочной железе в различных ее отделах неравномерное. Имеются физиологические участки, а именно область перешейка и область между телом и хвостом, где препарата скапливается несколько меньше, что связывают с относительным истончением этого участка за счет прохождения в нем артериовенозных стволов. Контуры органа четкие, ровные, все отделы ясно контрастированы и без резких границ переходят друг в друга.

Максимальное накопление препарата в неизмененной поджелудочной железе наблюдается на 20—30-й минуте. Через 60—100 мин начинается выброс препарата в кишечник. Важным признаком нормальной деятельности поджелудочной железы является также органнй и тканевый фон, обусловленный внепанкреатическим включением препарата. Один из них, ближе к хвосту поджелудочной железы, соответствует селезенке, второй, расположенный несколько ниже, — области селезеночного угла толстой кишки. Часть РФП накапливается в области двенадцатиперстной кишки за счет выброса ^{75}Se -метионина с ферментами из поджелудочной железы. Часто эти очаги сливаются между собой и мешают интерпретации скано- и сцинтиграмм. После внутривенного введения глюкозы внепанкреатические включения ^{75}Se -метионина значительно снижаются.



49.
Панкреатосцинтиграмма больного хроническим панкреатитом.

Сцинтиграфическая картина при заболеваниях поджелудочной железы. Частота выявления хронического панкреатита по сцинтиграфической картине составляет 60—70% [Габуния Р. И. и др., 1980; Watenable, 1974].

Основными признаками хронического панкреатита на сцинтиграммах являются:

1) слабое контрастирование всех отделов поджелу-

дочной железы и замедленное накопление препарата (спустя 1—1½ ч после инъекции);

2) нечеткость, размытость контуров железы;

3) неравномерное распределение ⁷⁵Se-метионина;

4) ускоренный выброс препарата в кишечник, увеличение тканевого и органного фона;

5) более тесное, чем обычно, прилегание поджелудочной железы к печени.

Даже наличие двух признаков, а именно малого накопления и медленного выведения препарата, может служить достаточным критерием для распознавания хронического панкреатита. Диффузное снижение концентрации препарата на сцинтиграммах наблюдается при распространении воспалительного процесса на весь орган (рис. 49).

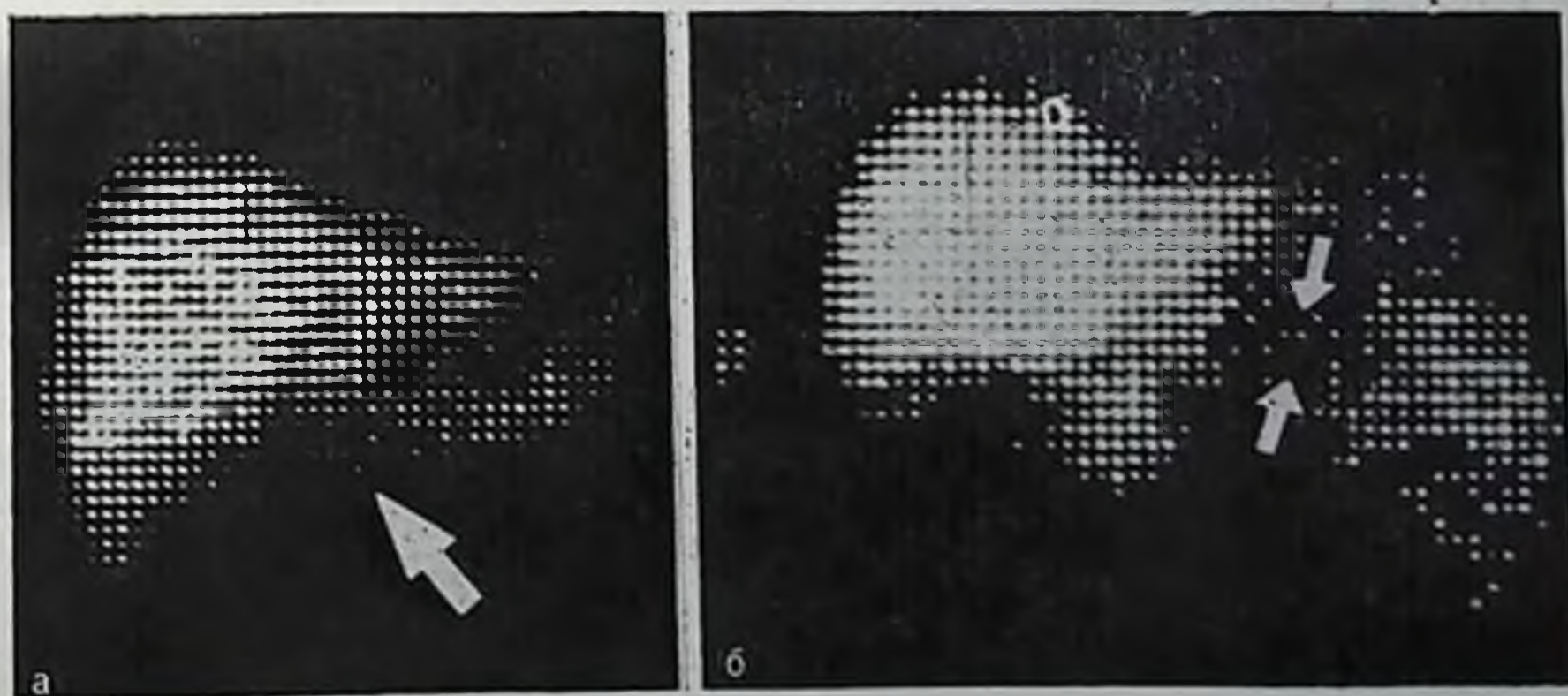
При локальном поражении поджелудочной железы воспалительным процессом наиболее часто наблюдается неравномерная и пониженная фиксация препарата в головке и теле органа. Снижение накопления ⁷⁵Se-метионина в поджелудочной железе при длительно текущем воспалительном процессе объясняется постепенным замещением паренхимы органа фиброзной тканью, способствующим снижению активности белково-синтетических процессов, поэтому зоны железы, вовлеченные в воспалительный процесс, мало накапливают препарат [Eaten et al., 1971]. Повышенный уровень внепанкреатического накопления ⁷⁵Se-метионина, особенно в левой половине живота, при хроническом панкреатите, по мнению Е. Н. Денисова (1975), является компенсаторной реакцией на хроническую недостаточность поджелудочной железы, в результате которой происходит активизация процессов пристеночного пищеварения; возможно, это — следствие активизации дополнительных желез, нахождение которых отмечается в стенке желудка.

В клинической практике изменения сцинтиграфической картины, сходные с хроническим панкреатитом, встречаются при поражении близлежащих органов гепатодуоденальной зоны, когда развивается реактивный панкреатит. У больных с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, хроническим гастродуоденитом на сцинтиграммах особенно выражена нечеткость, размытость контуров поджелудочной железы. На сцинтиграммах лиц, страдающих патологией печени (цирроз, гепатит), отмечается понижение накопления препарата, нечеткость контуров, ускоренный выброс препарата в кишечник, причем степень нарушения контрастности поджелудочной железы зависит от длительности течения заболевания.

При наличии у больных наряду с хроническим панкреатитом постхолецистэктомического синдрома, а также при оперативных вмешательствах на желудке более часто наблюдается тесное прилегание поджелудочной железы к печени.

Наиболее ярко радиоизотопные признаки хронического панкреатита отмечаются у лиц, перенесших острый панкреатит.

Злокачественные и доброкачественные опухоли. Новообразования поджелудочной железы выявляются при сцинтиграфии в 92—96% случаев [Watenable et al., 1974]. Опухолевые поражения поджелудочной железы на сцинтиграммах проявляются следующими признаками: изменением формы, величины и очертания органа, единичными и множественными дефектами накопления препарата, т. е. «холодными» очагами, отсутствием изображения пораженной части органа (рис. 50, а, б). Аналогичная картина отмечается и при прорастании в поджелудочную железу опухолей из соседних органов, а также при метастазах. Сцинтиграфически киста поджелудочной железы выглядит как округлой формы дефект на фоне накопления препарата в железе (рис. 51). Опухоли бывают различные по размерам. В отдельных случаях по периферии кисты на скано- и сцинтиграммах наблю-



50. Панкреатосцинтиграмма при раке головки (а) и при раке тела (б) поджелудочной железы.



51.

Панкреатосцинтиграмма при кисте поджелудочной железы, локализация которой обозначена стрелкой.

дается «кайма активности», окружающая кисту. Она соответствует функционирующей паренхиме по периферии кисты. Несмотря на отрицательные признаки скитиграфического изображения опухоли и кисты поджелудочной железы, дифференциальная диагностика между ними весьма трудна.

Разнообразие форм и размеров поджелудочной железы, колебание функциональной активности, а также очаги внепанкреатической фиксации ^{75}Se -метионина часто затрудняют выявление опухоли и особенно кист, когда изображение железы и ее границы определяются нечетливо. К тому же разрешающая способность современных радиодиагностических установок в выявлении опухоли поджелудочной железы составляет не менее 3 см.

Ряд авторов [Meckstroth et al., 1973; Henry et al., 1973] у больных с подозрением на очаговые изменения в поджелудочной железе используют дополнительное контрастирование двенадцатиперстной кишки коллоидным раствором $^{99\text{m}}\text{Tc}$ путем перорального введения препарата. Однако эта методика не получила широкого практического применения из-за слабой абсорбции коллоидного препарата двенадцатиперстной кишкой, а также из-за искажения скитиграфической картины в результате наложения изображения желудка на последующую область.

При проведении дифференциальной диагностики между опухолью и воспалительными заболеваниями большое значение имеет оценка скитиграфической картины поджелудочной железы с учетом комплекса симптомов, характерных для каждого заболевания.

В клинической практике нередко по скитиграфической картине выносятся ложноположительные и ложноотрицательные заключения. Причиной ложноположительных расхождений между данными радиоизотопных исследований и клиническим диагнозом может быть неправильный режим исследования. При преждевременном проведении скитиграфии могут появиться дефекты контрастирования за счет неполного захвата клетками железы ^{75}Se -метионина. Исследование в более поздние сроки приводит к смазыванию изображения железы из-за выброса препарата в двенадцатиперстную кишку. Ложноположительные заключения могут быть обусловлены также проекционным наложением на контур поджелудочной железы кист печени и объемных образований рядом лежащих органов.

Главной причиной ложноотрицательных заключений является разрешающая способность радиодиагностической аппаратуры, которая способна выявлять очаговые поражения только величиной 3 см и более.

Ангиосцинтиграфические исследования. Наряду со сцинтиграфическим исследованием для диагностики поражения поджелудочной железы используется ангиосканирование. В основе ангиосканиграфического метода лежит временная микроэмболизация прекапиллярного сосудистого русла частицами макроальбумина человеческой сыворотки, меченой ^{131}I (МАО ^{131}I).

Ангиосканирование поджелудочной железы проводится одновременно с ангиографией. МАО ^{131}I активностью 740—925 кБк, разведенного в 5—10 мл изотонического раствора натрия хлорида, вводят через катетер в чревную артерию после контрастирования сосудов поджелудочной железы. Сцинтиграфия проводится непосредственно после введения РФП.

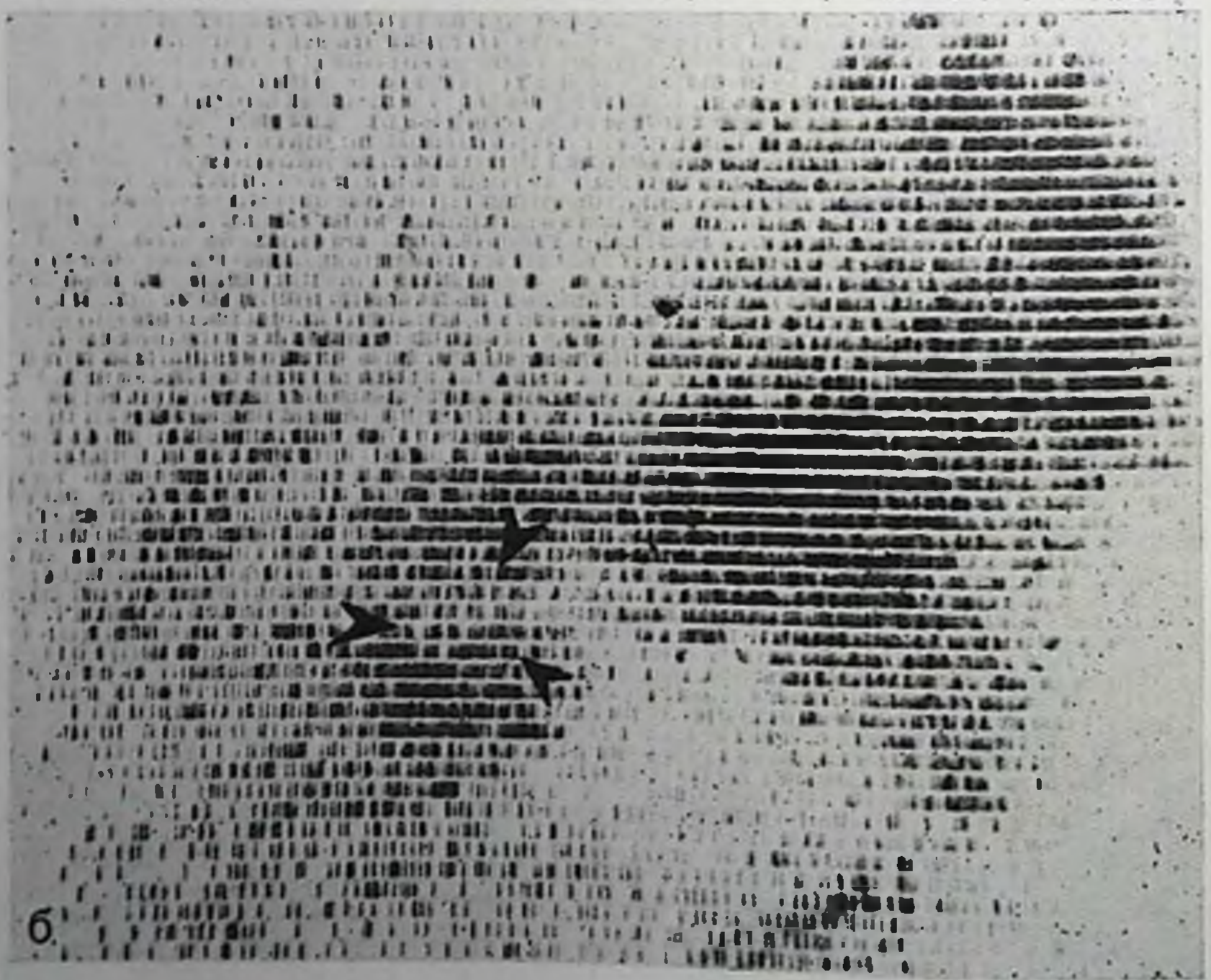
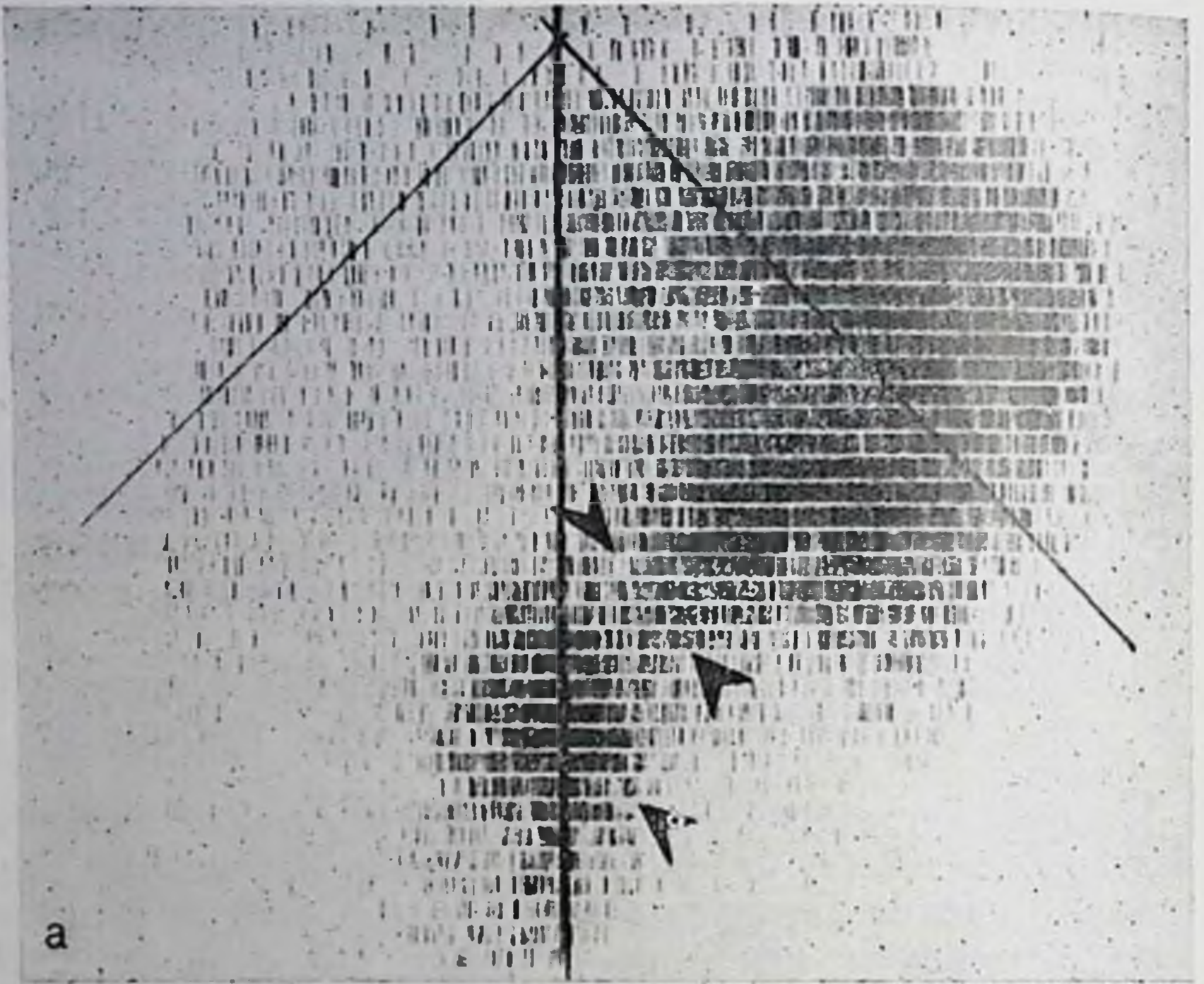
С целью предотвращения облучения щитовидной железы больные в течение 3 дней перед исследованием принимают 15—20 капель раствора Люголя.

На ангиосканограмме трудно дифференцировать нормальную поджелудочную железу от хронического панкреатита, так как при длительном течении патологического процесса сосуды железы могут быть подвержены изменениям больше, чем паренхима. В ряде случаев выявляется расширение границ органа, изменение формы с равномерной контрастностью (рис. 52, а).

При раке поджелудочной железы отмечаются изменение формы и размеров органа, наличие дефекта накопления препарата, причем не всегда выраженного, иногда наблюдается повышенное накопление препарата. Однако контрастность окружающей ткани значительно превалирует над патологическим очагом (рис. 52, б).

Кистозные образования поджелудочной железы на сцинтиграммах имеют более четкий, чем при раке, дефект накопления с ровными контурами, т. е. симптом дефекта накопления МАО ^{131}I в поджелудочной железе соответствует ангиографической картине аваскулярной зоны. Величина выявляемого объемного образования (рак, киста) на ангиосканограммах, так же как при сцинтиграфии с ^{75}Se -метионином, не менее 3 см.

По сравнению с другими методами исследования поджелудочной железы эффективность ангиосканирования, по данным А. Б. Итина (1975), при новообразованиях составляет 50%. Ввиду сложности техники выполнения ангиосканирования, необходимости ангиографической установки и квалифицированных кадров радиологов применение этого метода возможно лишь в отдельных специализированных учреждениях. Поэтому проведение ангиосцинтиграфии может быть рекомендовано по клиническим показаниям в случае отрицательных результатов, полученных при сцинтиграфии с ^{75}Se -метионином.



52. Ангиосканнограммы при хроническом панкреатите (а) и раке тела поджелудочной железы (б); области поражения обозначены стрелками.

2. Радиоиммунологический анализ гормонов и ферментов поджелудочной железы

Поджелудочная железа является не только эндокринным органом, но и обеспечивает процесс пищеварения важными компонентами для переваривания и усвоения главным образом белковой пищи. Показателями эндокринной функции поджелудочной железы являются определение концентрации сахара в крови и изменения концентрации внутривенно вводимой глюкозы. Как известно, расщепление сахара в крови происходит под влиянием инсулина. Инсулин вырабатывается бета-клетками поджелудочной железы в виде молекулы проинсулина. Проинсулин состоит из двух частей, которые освобождаются в крови при распаде молекулы проинсулина. Одна часть молекулы проинсулина представляет собой биологически активную форму собственно инсулина, а вторая часть — неактивную форму и называется Ц-пептидом. Обе части молекулы проинсулина достигают с кровью печени, где 60% инсулина инактивируется, включаясь в обменные процессы, а Ц-пептид проходит печень неизменным и концентрация его в крови сохраняется. Таким образом, несмотря на то что образование инсулина и Ц-пептида происходит в эквимолярных количествах, концентрация последнего в крови всегда выше, чем инсулина.

Определение концентрации инсулина и Ц-пептида в крови позволяет оценить не только функцию бета-клеток поджелудочной железы, но и функцию печени в утилизации глюкозы. Однако только базальные уровни концентрации инсулина и Ц-пептида позволяют определить тяжелые формы диабета, поэтому диагностическая ценность этого теста невысока.

Исследование гормонально-ферментативной активности поджелудочной железы более результативно выполняется при использовании нагрузочных тестов. Наиболее распространенным тестом является внутривенное введение глюкозы. Как и при выполнении обычного глюкозотолерантного теста, перед введением глюкозы пробу крови берут из локтевой вены (базальная проба). Последующие пробы крови берут на 5-й, 10-й, 20-й и 30-й минутах после окончания введения глюкозы в количестве 5 мл.

Кровь выдерживают при комнатной температуре до образования сгустка, центрифугируют и отделяют сыворотку. В сыворотке всех 5 проб определяют концентрации инсулина, Ц-пептида, а в базальной пробе — еще и трипсина. Исследование проводят радиоиммунологическим методом и использованием набора для определения инсулина, РИА-МАТ Ц-пептида, трипсина.

Основные параметры получаемой информации. Для анализа состояния гормонально-ферментативной активности поджелудочной железы необходимо определять следующие показатели: трипсин — базальная концентрация, в нг/мл; инсулин — суммарная концентрация за 30 мин ГТТ, в нмоль/л (Σ); Ц-пептид — суммарная

концентрация за 30 мин ГТТ, в нмоль/л (Σ) = $\frac{\Sigma \text{ инсулин}}{\Sigma \text{ Ц-пептид}}$;
 $\frac{\text{трипсин}}{\Sigma \text{ Ц-пептид}}$ (экскреторно-инкреторный индекс).

Суммарные концентрации инсулина и Ц-пептида рассчитываются как площади под кривыми изменениями концентрации инсулина и Ц-пептида на фоне ГТТ по формуле:

$$\left(\frac{A + g}{2} + B + C + D + E + F \right) \cdot 5,$$

где А, В, С, Е и g являются значениями концентрации вещества в пробах крови, соответствующих 0-й, 5-й, 10-й, 20-й и 30-й минутам после введения глюкозы; D и F — значения, соответствующие 15-й и 25-й минутам после введения глюкозы, они вычисляются как средние между 10-й и 20-й минутами и 20-й и 30-й минутами.

Концентрация трипсина в сыворотке патоцак в норме составляет от 10 до 40 нг/мл, суммарная концентрация инсулина за 30 мин ГТТ — от 5,7 до 9,0 нмоль/л, суммарная концентрация Ц-пептида — от 14 до 40 нмоль/л, отношение Σ Ц-пептида/ Σ инсулина в норме — от 2 до 5, экскреторно-инкреторный индекс — от 0,5 до 2.

При легкой форме хронического панкреатита в стадии ремиссии отмечается умеренное снижение гормонально-ферментативной активности поджелудочной железы, причем нарушения внешней секреции опережают инкреторные изменения. Базальный уровень трипсина в сыворотке колеблется от 5 до 20 нг/мл, суммарная концентрация инсулина за 30 мин ГТТ — от 3,5 до 7,7 нмоль/л, суммарная концентрация Ц-пептида — от 9 до 26 нмоль/л, соотношение концентраций инсулина и Ц-пептида в периферическом русле не изменено, экскреторно-инкреторный индекс — ниже 1.

При обострении хронического панкреатита отмечается дальнейшее угнетение функции островкового аппарата, сочетающееся с активацией ферментных систем.

Суммарная концентрация инсулина за 30 мин ГТТ — ниже 5 нмоль/л, суммарная концентрация Ц-пептида — ниже 10 нмоль/л, пропорция инсулина и Ц-пептида в периферическом русле сохранена. Концентрация трипсина в сыворотке выше, чем при легкой форме хронического панкреатита в стадии ремиссии, и колеблется от 9 до 55 нг/мл. Исходное состояние поражения экскреторной функции не дает значениям концентрации трипсина повыситься до уровня, наблюдаемого при остром панкреатите, и он становится нормальным или незначительно повышается. Экскреторно-инкреторный индекс резко повышается до 6—8, что указывает на выраженную диссоциацию показателей гормонально-ферментативной активности поджелудочной железы.

При тяжелой форме хронического панкреатита в стадии ремиссии отмечается резкое угнетение ферментативной функции, отсутствие признаков восстановления гормональной активности.

Суммарные концентрации инсулина и Ц-пептида колеблются в тех же пределах, что и при обострении, концентрация трипсиногена в сыворотке — от 0 до 5 нг/мл, экскреторно-инкреторный индекс падает до значений ниже 1.

При реактивном панкреатите, связанном с патологическими изменениями гепатобилиарной системы, показатели, характеризующие функцию собственно поджелудочной железы, т. е. суммарная концентрация Ц-пептида за 30 мин ГТТ и базальный уровень трипсиногена, такие же, как и при первичном хроническом панкреатите в фазах обострения и ремиссии. Суммарная концентрация инсулина за 30 мин ГТТ колеблется в значительно больших пределах — от 3 до 18 нмоль/л, что зависит от степени усвоения инсулина печенью из портальной крови. Поэтому соотношение инсулина и Ц-пептида уже не является эквимолярным и возникает относительный гиперинсулинизм. У части больных он может быть явным, т. е. показатель суммарной концентрации инсулина превышает верхнюю границу нормы (при сохранной функции островкового аппарата или при выраженном нарушении печеночного катаболизма инсулина), у части больных — скрытым, т. е. показатель суммарной концентрации инсулина укладывается в нормальные пределы или снижен (при выраженном угнетении островковой функции). Явный гиперинсулинизм отличается от скрытого еще и удлинением времени максимальной концентрации инсулина в сыворотке, так что кривые могут иметь восходящий характер вплоть до 30-й минуты исследования.

Глава VI

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЧЕК

Изучение физиологии почек в норме и при патологических условиях развивается и углубляется по мере совершенствования методов исследования. Разработка новых РФП, принципиально отличающихся от ранее существующих, позволяет сделать новый качественный подход в диагностике и исследовании функционально-морфологического состояния почек.

В настоящее время методики радионуклидных исследований почек в клинике получили широкое распространение и всеобщее признание. Они дают возможность изучать функциональное состояние: канальцевую секрецию, клубочковую фильтрацию, уродинамику, состояние сосудистого русла и паренхимы почек, топографию всего органа и отдельных его участков. Применение гамма-камеры с ЭВМ позволяет подойти к более углубленному и детальному изучению функционального состояния сосудистого русла и паренхимы почек при различной патологии, а также использовать

для этих целей новые РФП, меченные ^{99m}Tc , что уменьшает лучевую нагрузку на организм и почки.

Различают следующие виды радионуклидных исследований состояния почек: ренография (изучение канальцевого аппарата почек с ^{131}I -гиппураном и клубочковой фильтрации с ДТПА ^{99m}Tc); сканирование или статическая сцинтиграфия состояния гамма-топографии органа и отдельных участков); динамическая реносцинтиграфия с ДТПА ^{99m}Tc и ангиофросцинтиграфия с глюконатом или ДМСА. Перечисленные методики используются в различных вариантах, отличаясь между собой способами сбора информации и их анализа. При наличии гамма-камеры с ЭВМ достаточно использовать только две методики: реносцинтиграфию и ангиофросцинтиграфию.

Однако, учитывая огромный опыт, накопленный специалистами в области радионуклидных исследований, целесообразно рассмотреть все виды исследований.

1. Ренография

Первые сообщения о применении радиоактивных нуклидов натрия, йода и фосфора для исследования функции почек относятся к 1956 г. Однако большая биологическая активность чистых радионуклидов, отсутствие автоматической графической регистрации, невозможность оценки отдельной функции почек и ряд других отрицательных моментов не способствовали распространению этого метода. Впоследствии был разработан метод отдельного изучения функций почек с применением внешней радиометрии с диодрастом ^{131}I , который использовался в клинике для исследования функционального состояния почек и верхних мочевых путей. Позднее оптимальным препаратом для ренографии оказался гиппуран ^{131}I . Нерадиоактивный гиппуран известен как контрастное вещество для нисходящей урографии. Гиппуран представляет собой натриевую соль ортоiodгиппурановой кислоты. Молекула гиппурана содержит 38,5% стабильного йода. В применяемых для ренографии количествах препарат не токсичен; в литературе не описаны случаи развития аллергических или других побочных реакций, связанных с введением гиппурана.

Биологический период полувыведения гиппурана ^{131}I составляет около 20 мин. Лучевая нагрузка на почки при проведении ренографии настолько мала, что составляет $1/2000$ от величины дозы при обзорном рентгеновском снимке почек. Количество свободного йода в препарате гиппурана ничтожно мало, так что возможность йодсинক্রазии исключается.

Гиппуран выделяется исключительно почками в неизменном виде. Он экскретируется проксимальным отделом канальцев так же, как и диодраст, но в отличие от последнего лишь в незначительном количестве поглощается печенью (1—3%). Гиппуран ^{131}I в заметных количествах связывается с эритроцитами и в незначительных количествах — с белками плазмы человека, но эта связь

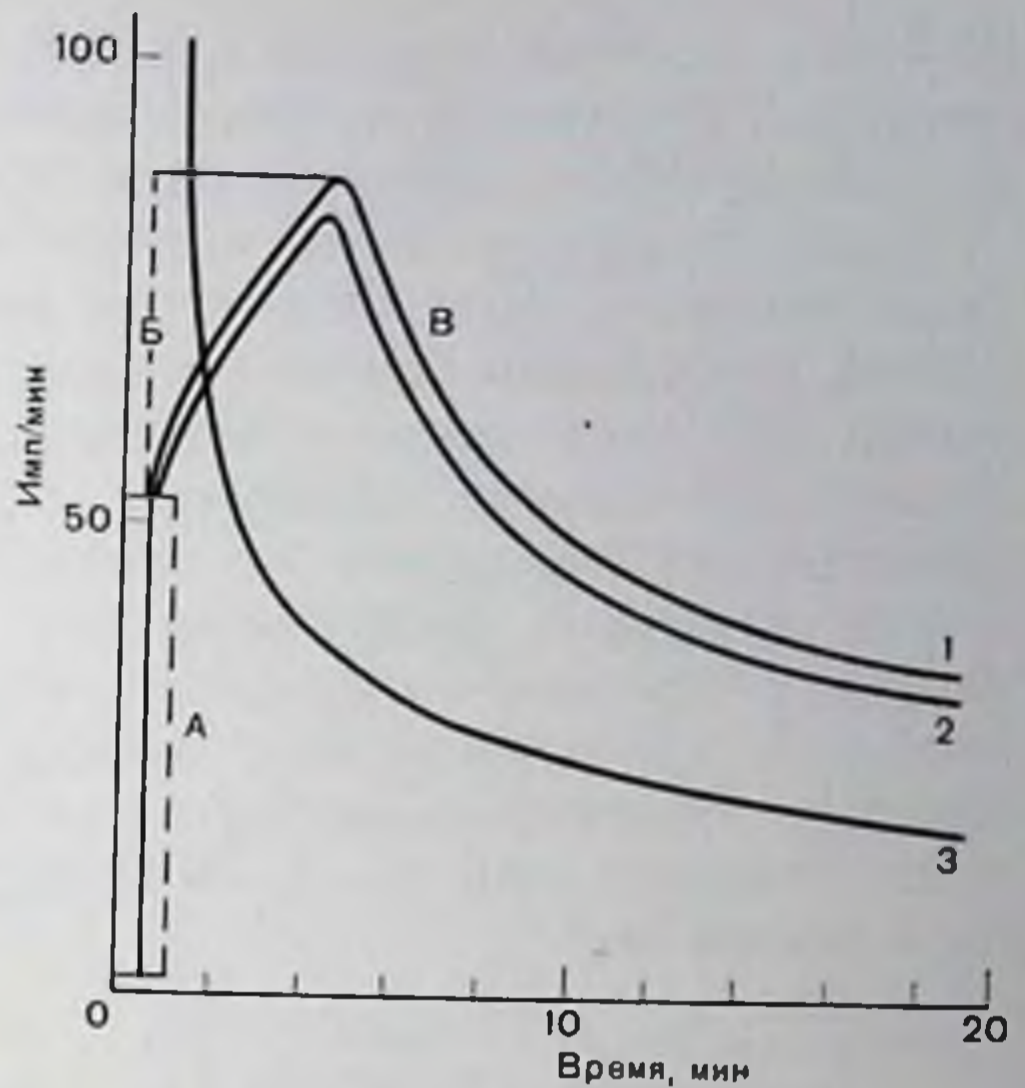
Нормальные ренограммы (1, 2) с выделением сегментов и кривой клиренса (3) (схема). А — васкулярный; Б — секреторный; В — экскреторный сегменты.

непрочная. При каждом прохождении тока крови через почки гиппуран удаляется полностью или по крайней мере на 90%. Гиппуран выводится из крови очень быстро: уже через 30 мин после введения около 50—70% начальной активности препарата оказывается в моче, а через 48 ч в моче не находят даже его следов.

Важное преимущество ренографии с гиппураном ^{131}I перед другими заключается в небольшом количестве вводимой активности на одно исследование — всего 3,7—7,4 кБк на 1 кг массы тела больного.

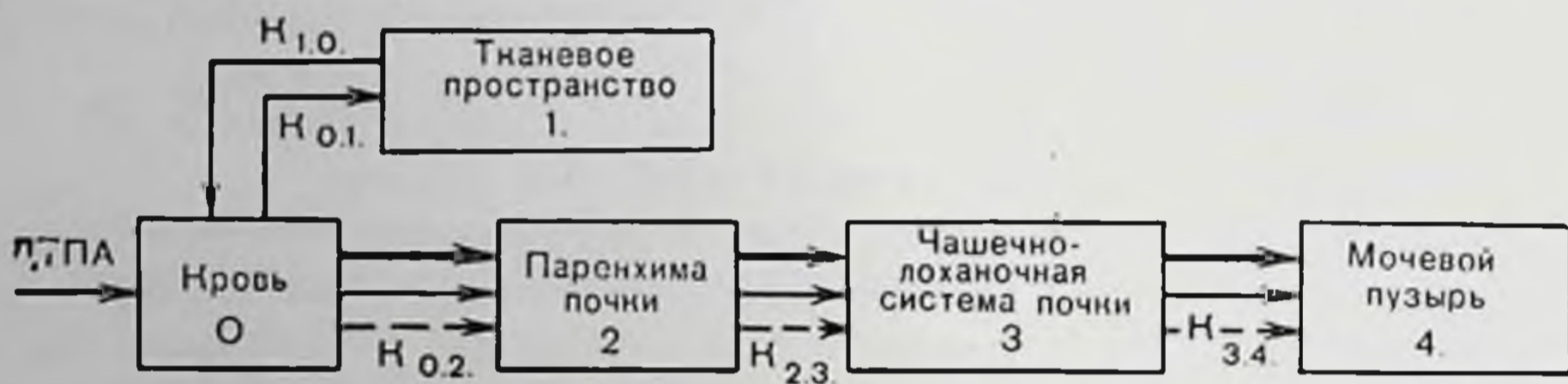
Радиоизотопная ренография заключается во введении РФП внутривенно и синхронной автоматической графической регистрации наружного радиоактивного излучения с области почек и области сердца. Вводить РФП внутривенно желательно в небольшом объеме и по возможности болюсом. При ренографии записываются три кривые (рис. 53). Две кривые (1, 2) отражают работу почек и выведение гиппурана почками, третья (3) — клиренс крови, т. е. скорость очищения крови от препарата. Почечная кривая условно разделяется на три фазы, или сегмента. Считается, что в каждой фазе идет только один процесс, который формирует этот участок ренограммы. Первый сегмент с быстрым подъемом ренограммы отражает состояние кровоснабжения почки и поэтому называется васкулярным, или сосудистым (см. рис. 53, А).

Первый сегмент является качественным показателем кровоснабжения почки. Амплитуда его подъема зависит от количества введенного радиоактивного препарата, массы крови, расстояния между почкой и кристаллом детектора, постоянной времени, чувствительности счетчика и толщины окружающих почку тканей. Для того чтобы синхронизировать размах самописца кривой от больного к больному рекомендуется ежедневно калибровать детекторы радиографа с помощью минифантомов. Подъем начинается через 14—20 с от момента внутривенной инъекции, что отражает скорость кровотока от места введения до почки. Время прохождения первичного болюса (сосудистый сегмент) продолжается в среднем 17—20 с. Вслед за сосудистым циклом выявляется плато в течение



30—40 с, которое связано с наложением двух взаимно противоположных процессов, функциональной активности почки, т. е. с задержкой РФП и прохождением болюса.

Второй сегмент с более медленным подъемом (см. рис. 53, Б) продолжается 4 мин. Скорость и высота подъема этого сегмента кривой ренограммы прямо пропорциональны способности канальцевого эпителия почки транспортировать гиппуран. В связи с этим второй сегмент называется «секреторным». Эта фаза расценивается как отражение по крайней мере трех факторов накопления гиппурана проксимальными канальцами, выведения препарата в просвет канальцев и очищения крови от препарата. Однако в действительности детектор учитывает и РФП, выводимый в чашечно-лоханочную систему почки, поэтому с каждой минутой вклад этой части РФП становится все более значительным (схема 1).



Второй сегмент заканчивается пиком — точкой наивысшего подъема кривой ренограммы. Эта точка является периодом временного равновесия между процессом накопления и экскрецией гиппурана в почке.

Третий сегмент (см. рис. 53, В) ренограммы отражает преимущественно выведение РФП из почки. Вначале происходит быстрое, в течение первых 10 мин, выведение РФП, после чего темпы снижения кривой в норме снижаются, отражая факт выведения большей части РФП в мочевой пузырь.

Третий сегмент является показателем способности почек эвакуировать мочу. В связи с этим возникло обозначение третьего сегмента как «фазы эвакуации», «экскреторный сегмент». Удлинение третьей фазы встречается при обструктивной уропатии, при резком сокращении диуреза, гипотонии чашечно-лоханочной системы или всего мочевого тракта. В норме разница в высоте амплитуды кривых правой и левой почек не превышает 10%, так же как и временные показатели.

Следует отметить, что приписание каждой фазе ренограммы определенной функции является в какой-то степени условным, потому что в почке постоянно идут процессы, зависящие друг от друга, и на образование каждого сегмента в той или иной степени влияют и почечный кровоток, и канальцевая секреция, и экскреция гиппурана.

Третья кривая ренограммы — кривая клиренса гиппурана показывает скорость очищения крови от РФП, однако отдельные ее

Нормальные ренограммы (1, 2) и кривая клиренса (3), полученные на ленте самописца.

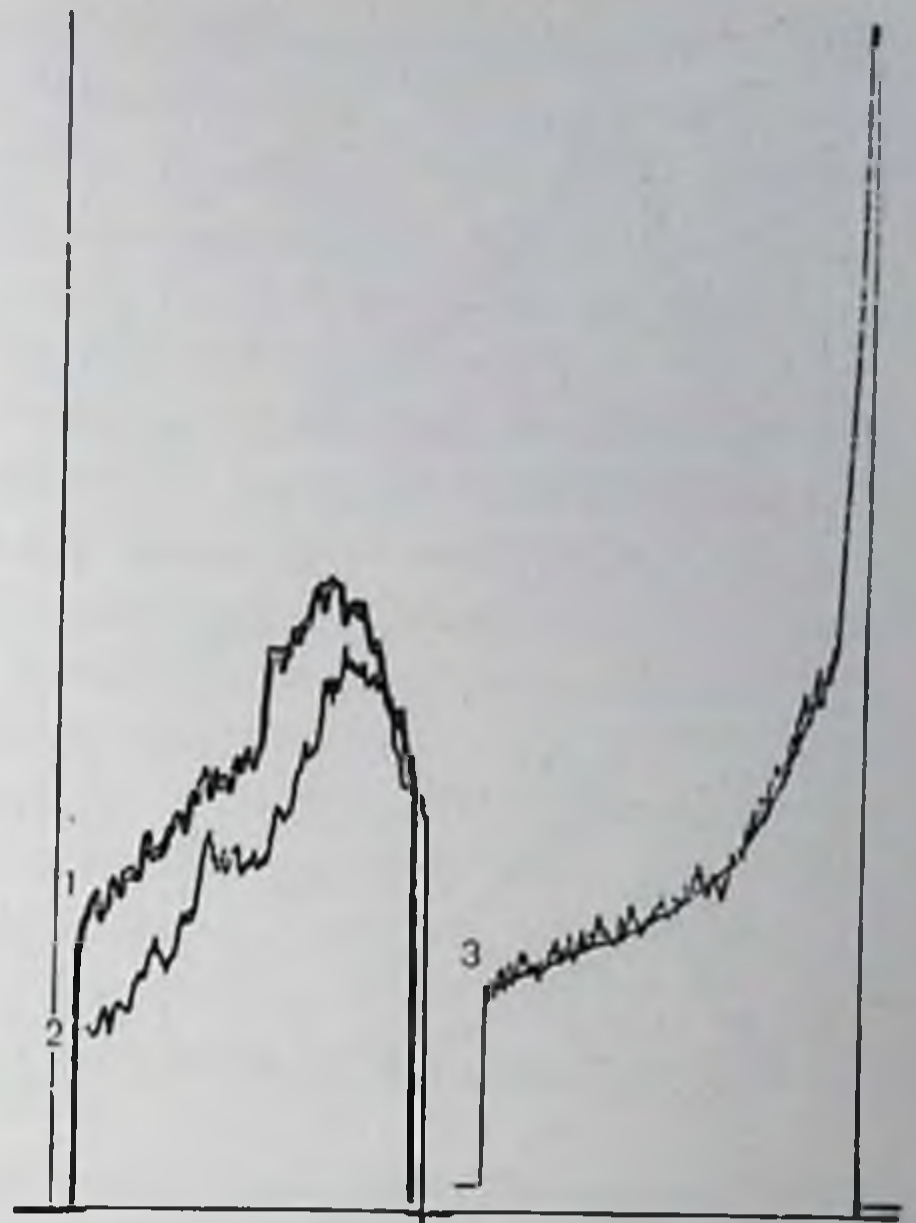
части неравнозначны в этом отношении. Так, первые 3—4 мин от начала исследования кривая отражает общее разведение гиппурана, а в более поздний период она является показателем суммарной деятельности почек. На рис. 54 приведены ренограммы в норме, на рис. 55 ренограммы при некоторых заболеваниях.

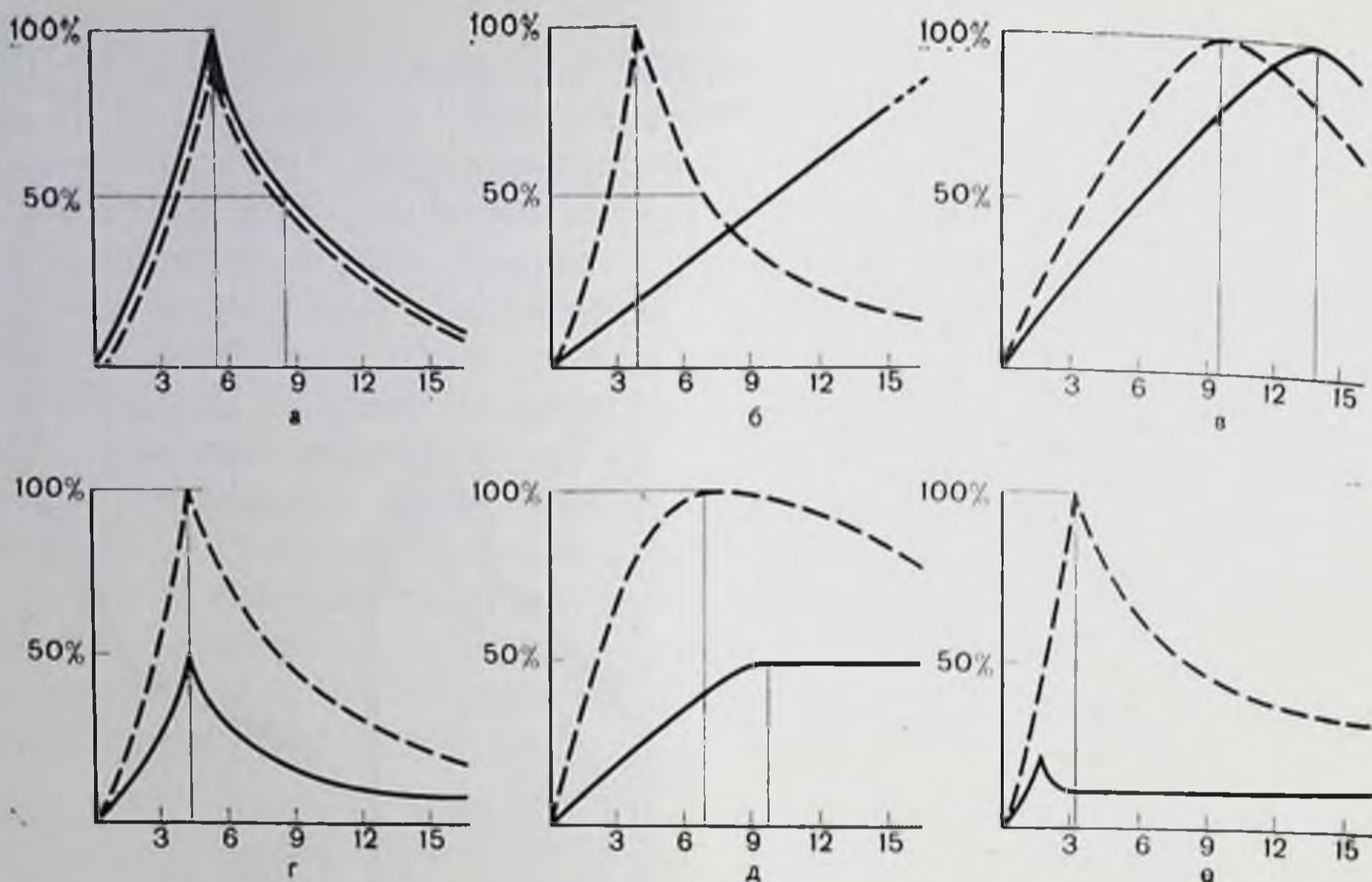
При интерпретации ренограмм большинство исследователей пользуются визуальной оценкой с привлечением лишь некоторых количественных показателей. В настоящее время различными авторами предложено более 30 способов количественной оценки ренограмм с применением математического метода моделирования транспорта гиппурана. Мы рассмотрим лишь имеющие практическое значение способы оценки, которые применяются в настоящее время большинством исследователей, поскольку все остальные не выдержали испытания временем и не используются в клинической практике.

При внимательном рассмотрении методов количественной оценки ренограмм можно заметить, что все они базируются на математической комбинации некоторых основных параметров (временных и амплитудных), в частности времени максимального подъема кривой ренограммы (T_m), времени выделения определенного количества активности от максимального уровня, чаще всего снижение на $1/2$ ($T_{1/2}$) скорости счета, в произвольные интервалы времени, к времени наступления максимального уровня, отношения этих параметров ренограммы каждой почки друг к другу.

В последнее время считается, что для оценки ренограмм достаточно учитывать основные параметры: максимальный уровень подъема ренограммы (T_m), период полувыведения препарата ($T_{1/2}$) и период получищения крови от препарата ($T_{1/2}$ кр.). Это заключение стало вполне обоснованным, когда на сцинтиграфических системах ЭВМ представилась возможность выделить различные анатомические структуры почек и была убедительно доказана нерезультативность всевозможных методик математического анализа ренограмм.

Ренография проводится на любом 3-канальном радиографе, обеспечивающем синхронную регистрацию. Два канала радиоциркулографа служат для наружного счета и автоматической регист-





55. Ренограммы различного типа (схема).

а — нормальная; б — обструктивного типа; в — нарушения секреции; г — очаговое поражение паренхимы; д — гидронефроз; е — отсутствие функции одной почки.

рации прохождения ГФП через почки, а третий — для определения клиренса крови. Исследование производится при следующих технических условиях: постоянная времени 3 с, диапазон измеряемой скорости счета 300 имп/с, скорость движения диаграммной ленты 6 мм/мин. Продолжительность исследований 15—30 мин в зависимости от состояния функции мочевой системы.

Попадание препарата в клетчатку близ места инъекции приводит к искажению кривых за счет его медленного поступления в кровь из содавшегося депо. При получении растянутых во времени обеих кривых необходимо проконтролировать радиометром область инъекции.

Для обеспечения правильной работы аппаратуры необходима ежедневная калибровка радиометров стандартным источником гамма-излучателя. Это достигается регулированием чувствительности прибора для получения равнозначных показателей на один источник гамма-квантов. Лучше всего использовать стандартный набор минифантомов МНИРРИ, имеющий пластмассовые вставки в рабочие отверстия коллиматоров с полостью для размещения источника излучения.

Исследования больных производятся без специальной подготовки в положении больного сидя, на радиометре «Гамма» и в горизонтальном положении на аппарате «Хроноскоп», поскольку в этом аппарате детекторы расположены под столом.

Большое значение при радиометрии придается центрации датчиков и коллимации. Наиболее оптимальной позицией детектора считается размещение их центра рабочего отверстия слева и справа

ва на расстоянии 5 см от центральной линии позвоночного столба на уровне XII грудного позвонка. Изменения уровня концентрации РФП в крови регистрируются с помощью третьего датчика, расположенного над областью сердца. Детектор располагается на 2—3 см влево от грудины на уровне IV ребра (или путем счета всего тела при использовании аппарата «Хроноскоп»).

Определение почечного плазмотока и клубочковой фильтрации. Почечный плазмоток и клубочковая фильтрация являются основными показателями, отражающими функцию канальцев и клубочков. Показатели почечного плазмотока и клубочковой фильтрации позволяют в процентном отношении рассчитать количество профильтрованной плазмы крови, проходящей через клубочки. Этот показатель получил название фильтрационной фракции плазмы. Сравнительный анализ клубочковой фильтрации, почечного плазмотока и фильтрационной фракции позволяет установить изменения во внутричерепной гемодинамике. У человека в норме фильтрационная фракция плазмы составляет около 20% от объема крови.

Все методики определения почечного плазмотока и клубочковой фильтрации можно разделить на две большие группы. В основе методик первой группы лежит постоянная перфузия РФП, забор крови и сбор мочи.

Методики второй группы основаны на однократной внутривенной инъекции РФП. Понятно, что методики второй группы в известной мере проще методик первой группы, но тем не менее и они довольно утомительны для больных и сложны для выполнения. Применяется методика расчета почечного плазмотока и клубочковой фильтрации по кривой клиренса гиппурана ^{131}I и ДТПА ^{51}Cr без забора проб крови и сбора мочи. В ее основе лежит установление раннего, довольно быстрого равновесия в организме и последующего выведения препарата только почками. Быстрый подъем кривой клиренса после внутривенного введения препарата отражает приход в полость сердца индикатора. Крутое падение кривой с выделением РФП из зоны «видимости» датчика обусловлено переходом препарата в большой круг кровообращения. Эта фаза на кривой клиренса занимает в среднем 1—2 мин. Кривые разведения в плазме гиппурана и ДТПА характеризуются двумя фазами: в первой фазе уровень РФП в плазме быстро снижается в связи с разведением препарата в общей массе крови, уходом в периваскулярное пространство и начинающимся выведением его почками. Конец первой фазы характеризуется установлением равновесия РФП в организме. Во второй фазе концентрация препарата в крови падает экспоненциально и отражает выведение препарата почками.

В основе расчетов ренальных клиренсов гиппурана и ЭДТА методом однократной инъекции лежит тот факт, что применяемые для этой цели РФП выводятся только почками. Расчет ренального клиренса производится по формуле:

$$C = kV, |$$

где C — ренальный клиренс препарата (в мл/мин); k — константа спада концентрации тест-вещества в крови, равная $\frac{0,693}{T_{1/2}}$; V — объем разведения препарата в организме. Чтобы найти величины, необходимые для этого расчета, кривая клиренса переносится на полулогарифмический масштаб. При этом выявляются две экспоненты. Первая отражает разведение и выход препарата в периваскулярное пространство, вторая — выведение меченого соединения почками, по ней и определяется $T_{1/2}$ клиренса.

Анализ первой и второй экспонент и концентраций препарата в пробах крови за этот период, а также объемов разведения препарата в организме показал, что процесс распространения метаболически инертных веществ (гиппурана и ЭДТА) в организме идет в два этапа, которые находят свое отражение на экспонентах клиренса. Объем разведения, рассчитанный по первой экспоненте, обладает относительной стабильностью и составляет около 15 и 7% от массы тела обследуемого. Этот факт и положен в основу расчетов объема разведения для второй экспоненты, по которой рассчитывается ренальный клиренс радиоактивных препаратов. Расчет объема разведения препарата в организме для второй экспоненты производится по формуле:

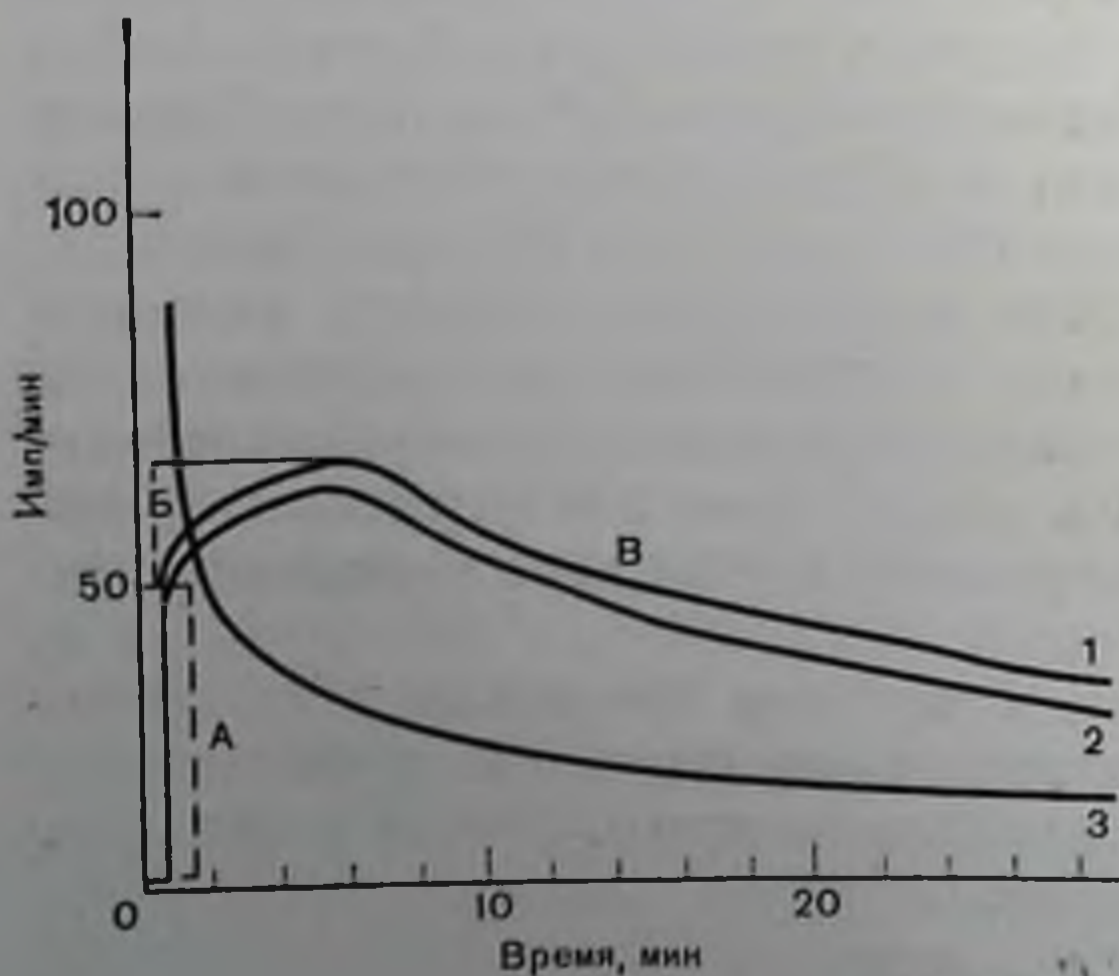
$$V = \frac{A}{B} V_a,$$

где A и B — точки пересечения первой и второй экспонент с линией T_0 ; V_a — условный объем разведения для точки A , равный 15% от массы обследуемого (рис. 56).

Источники возможных ошибок при ренографии: смещение датчика относительно исследуемого органа приводит к изменению формы кривой; изменение отношения клиренса гиппуран/почечный плазмоток, которое может возникнуть при нарушении функции канальцев. Однако этот недостаток присущ всем методикам

определения почечного плазмотока.

Знание почечного плазмотока и клубочковой фильтрации дает возможность более точно интерпретировать небольшие изменения ренограммы, а также рассчитывать фильтрационную фракцию, т. е.



56
Кривые (схема) при исследовании плазмотока почек. Обозначения те же, что на рис. 53.

установить в процентном отношении количество профильтрованной плазмы крови, проходящей через клубочки. Сравнительный анализ клубочковой фильтрации, почечного плазмотока, фильтрационной фракции и параметра ренограмм позволяет установить изменения во внутрипочечной гемодинамике и более дифференцированно подойти к оценке нарушений функции почек (табл. 9).

Значение ренографии в уро-нефрологической клинике. Ренальная гипертензия. Под термином «ренальная гипертензия» в настоящее время подразумевают симптоматическую артериальную гипертензию, обусловленную нарушением почечного кровотока (вазоренальная форма) или поражением паренхимы почек (паренхиматозная форма). Ренографические исследования, особенно при односторонних поражениях почечной артерии, дают возможность правильно распознавания до 85% асимметрии функции обеих почек [Лопаткин Н. А. и др., 1976]. Принято считать, что специфическим симптомом вазоренальной гипертензии является растянутый секреторный сегмент. Однако известно, что на этот сегмент оказывает влияние много ренальных и экстра-ренальных факторов и он не может достоверно отражать состояние магистрального почечного кровотока. Снижение секреторного и удлинение экскреторного сегмента ренограммы может указывать на значительные стенопотические изменения почечной артерии, а также и на паренхиматозные поражения почек различного происхождения.

Таблица 9
Показатели почечного плазмотока, клубочковой фильтрации, фильтрационной фракции и ренограмм при недостаточности кровообращения ($M \pm m$)

Группы обследованных	Почечная гемодинамика					Гипуран 131			ЭТЛА 51Сг		
	почечный плазмоток	клубочковая фильтрация	фильтрационная фракция	клиренс крови	$T_{\text{пик}}$	$T_{1/2}$ по-лучиве-дения	клиренс крови	$T_{\text{пик}}$	Т _{1/2} полу-выведе-ния		
	в мл/мин		в %		в мин				в мин		
Контроль	667,3 ± 16,1	113,4 ± 3,6	17,2 ± 0,3	12,4 ± 0,1	3,4 ± 0,1	7,5 ± 0,2	59,2 ± 3,5	3,5 ± 0,1	19,4 ± 0,8		
Недостаточность крово-обращения	259,5 ± 14,9 <0,05	61,7 ± 2,8 <0,05	23,2 ± 0,5 <0,05	30,4 ± 0,9 <0,05	5,0 ± 0,4 <0,05	19,6 ± 0,8 <0,05	103,6 ± 6,1 <0,05	4,6 ± 0,3 <0,05	32,2 ± 0,8 <0,05		
Гипертензивная бо-лезнь	441,2 ± 16,3 <0,05	99,2 ± 2,9 <0,05	24,4 ± 0,6 <0,05	22,7 ± 1,2 <0,05	4,5 ± 0,1 <0,05	13,5 ± 0,6 <0,05	73,9 ± 3,7 <0,05	3,9 ± 0,1 <0,05	23,2 ± 0,8 <0,05		

Анализ данных литературы, собственных наблюдений у 180 больных гипертонией различного происхождения показал, что изотопная ренография дает ложноотрицательные и ложноположительные результаты от 3,7 до 30%.

При нарушении почечного кровотока только с одной стороны ренограмма имеет наибольшую ценность, указывая на сторону поражения. При этом выявляется с пораженной стороны удлинение времени достижения пика кривой до 8—15 мин и замедление выведения до 20—40 мин без существенного снижения уровня записи. При двусторонних поражениях почечных сосудов аналогичная картина наблюдается с обеих сторон. Проведенные нами исследования с гиппураном выявили нарушения функции почек у больных с ренальной гипертонией в 60%.

На ренограммах при хроническом пиелонефрите в начальных стадиях I сегмент существенно не изменен или незначительно снижен, II сегмент растянут во времени в среднем до 6 мин и несколько снижен по уровню, выведение гиппурана в большинстве случаев не нарушено.

При средней степени поражения почечной паренхимы изменения на ренограммах становятся отчетливыми. Выявляется снижение I сегмента, II сегмент растянут во времени до 7—13 мин и уровень его значительно снижен, в ряде случаев наблюдается только снижение. Экскреция гиппурана замедляется до 25—45 мин. В далеко зашедших стадиях хронического пиелонефрита имеется значительное снижение I сегмента, удлинение II сегмента до 15—17 мин со значительным его снижением по уровню, а также замедление выведения гиппурана из почки ($T_{1/2}$ до 45 мин).

Положительной чертой ренографии является также возможность динамического наблюдения за больными до и после лечения, а также в отдаленные сроки, что важно для прогноза заболевания. Данные ренографии с гиппураном больных хроническим пиелонефритом по стадиям заболевания представлены в табл. 10. Таким образом, ренография позволяет установить одно- и двусто-

Таблица 10

Ренографические показатели с гиппураном ^{131}I при хроническом пиелонефрите ($M \pm m$)

Параметры (в мин)	Степень поражения			
	контроль	начальная	средняя	тяжелая
$T_{\text{пик}}$	$3,4 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,4$	$9,2 \pm 0,9$	$11 \pm 1,1$
$T_{1/2}$ выведения	$7,5 \pm 0,2$	$8,5 \pm 0,9$	$24,8 \pm 1,7$	$36 \pm 2,4$
$T_{1/2}$ клиренса	$12,4 \pm 0,6$	$14,5 \pm 1,2$	$35 \pm 1,7$	$44 \pm 3,6$
		$<0,05$	$<0,05$	$<0,05$
		$<0,05$	$<0,05$	$<0,05$
		$>0,05$	$<0,05$	$<0,05$

ропный характер поражения, провести оценку функционального состояния почек, а также проконтролировать эффективность терапии.

Туберкулез почек. При туберкулезе почек изменения данных ренографического исследования варьируют в широких пределах.

Произведенные нами исследования у 120 больных с туберкулезом почек, с различной степенью поражения паренхимы показали, что в начальных стадиях туберкулезного поражения почки с небольшими инфильтративными поражениями или явлениями паниллита не всегда выявляются функциональные нарушения с помощью ренографии. В этих случаях ренограмма либо не выявляет, либо выявляет лишь незначительное замедление полувыведения гиппурана до 11—12 мин.

При одиночных кавернах ренограмма на пораженной стороне бывает не изменена, а чаще отмечается снижение амплитуды кривой (на 20—30%) с нормальными или незначительно измененными временными показателями ($T_{\text{пик}}$ 4,5—5,5; $T_{1/2}$ выведения 11—14 мин).

Поликавернозный туберкулез характеризуется на ренограмме снижением сосудистого сегмента, а секреторный — растянут и уплощен ($T_{\text{пик}}$ до 12 мин), полувыведение замедленно ($T_{1/2}$ 20—36 мин).

Нефункциональная почка, по данным экскреторной урографии («немая»), в ряде случаев на сканограммах определяется как едва заметный контур почки с минимальным включением изотопа. На ренограмме выявляется небольшой васкулярный сегмент с незначительным подъемом II сегмента и прямой линией III сегмента.

В последнее время разработана методика, позволяющая выявлять ранние формы туберкулеза почек (Г. А. Зубовский, Б. Б. Доев). Сущность этой методики заключается в том, что больному проводят ренографию с гиппураном до туберкулезной пробы и после нее через 48—72 ч. При этом предполагается, что имеющееся скрытое поражение паренхимы почек специфическим процессом после провокации туберкулином обостряется и его легче выявить, что и отражается на ренографических показателях. Проведенные нами исследования до и после туберкулиновой пробы у больных показали, что у обследованных после пробы изменились ренографические показатели, что выразилось удлинением времени достижения пика кривой и времени полувыведения препарата из почки по сравнению с ренограммами, полученными до пробы.

Гидронефроз. Ренография с гиппураном при гидронефрозе имеет большое значение, позволяя установить степень нарушения эвакуации и функциональное состояние почек, а также проследить за эффективностью проведенного лечения и восстановлением эвакуации и функции почки.

Ренографические данные при гидронефрозе значительно варьируют в зависимости от степени сохранности почечной паренхи-

мы и проходимости мочевых путей. При резком нарушении оттока мочи из почки без атрофии паренхимы на ренограмме сосудистый сегмент, как правило, не сужен, секреторный сегмент переходит в экскреторный и выделение РФП не наступает длительное время, а уровень записи выше нормального.

В тех случаях, когда почечной паренхимы сохранилось немного и когда нарушение оттока мочи незначительно или его совсем нет, ренограмма показывает сужение секреторного сосудистого сегмента с его удлинением и замедленное выведение изотопа из почки. Между этими вариантами может встретиться много промежуточных форм поражения почек.

Опухоли почек. Диагностика новообразований почек на ранних стадиях представляет большие трудности. Ренографические данные лишь косвенно отражают нарушение функции почек на стороне поражения. Характер ренографических данных находится в зависимости от степени поражения и количества функционирующей паренхимы.

Особое значение имеет ренография для оценки характера и степени поражения регионарных лимфатических узлов при опухолях шейки матки и яичников, что устанавливается по показателям нарушения экскреции РФП.

Аномалии почек. Врожденные аномалии развития мочевыводящей системы и ее отдельных органов являются наиболее частыми из всех врожденных дефектов развития. Диагностика аномалий почек, и оценка функционального состояния почечной паренхимы при этих патологических состояниях нередко представляет значительные трудности.

Недостатки ренографии. Используя эту методику в клинической практике, следует помнить и учитывать свойственные ей недостатки во избежание грубых ошибок.

К недостаткам ренографии относятся: трудность предварительной установки детекторов над областью почек, что в известном проценте случаев приводит к неправильному центрированию и получению неточных данных о функции каждой почки за счет учета излучения от препарата контралатеральной почки; невозможность четкого разграничения при регистрации динамики прохождения гиппурана через почку, поэтому вклад в ренограмму собственно секреторного и экскреторного этапов, и деление ренограммы на общепринятые сегменты условно; кроме того при регистрации скорости счета над областью почки учитывается не только радиоактивность, непосредственно проходящего через почку, но также гиппурана, находящегося в мягких тканях, пред- и подлежащих органу; поэтому получаемая при регистрации над областью сердца кривая клиренса, не дает четкой информации об истинном очищении организма от гиппурана, так как значительная часть препарата распространяется в межклеточном пространстве, обуславливая образование так называемого гиппуранового пространства. Поэтому по мере накопления факторов и их научного анализа сформировалось критическое представление о

ренографии как методике, достоверно выявляющей раздельное нарушение функции каждой почки только в тех случаях, когда исследование проводится при корректных технических условиях, включающих предварительную калибровку всех каналов по величине вводимой активности гиппурана и точную центрацию детекторов на почки.

2. Реносцинтиграфия

Динамическая сцинтиграфия почек проводится не с гиппураном, а с ДТНА ^{99m}Tc . Это обусловлено необходимостью использования относительно высоких активностей РФП, поэтому применение гиппурана невозможно по причине высокой лучевой нагрузки на пациента. Радиотоксичность гиппурана связана не столько с облучением почек или всего тела, сколько с накоплением в щитовидной железе свободного йода, неизменно присутствующего в гиппуране. Реносцинтиграфия, выполняемая на современных сцинтилляционных камерах с возможностью выбора зон интереса и построения кривых на основании количественного учета скорости счета в динамике, имеет ряд следующих преимуществ по сравнению с обычной ренографией:

— выполнение сцинтиграфии не связано с ошибкой, обусловленной неправильной центрацией детекторов, поскольку в поле видения кристалла камеры находится вся область возможного расположения почек;

— при сцинтиграфии имеется возможность регистрации зоны околопочечных тканей по форме, соответствующей форме каждой почки, данные которой используются для коррекции сцинтиграфической кривой на вклад тканевого фона гиппурана;

— при сцинтиграфии представляется возможным наряду с общей информацией о транспорте гиппурана через почки получить данные о раздельной секреторной и экскреторной функции почки и дифференцировать уровень нарушения проходимости мочеточника;

— сцинтиграфия дает возможность получения изображения почек, достаточного для оценки их анатомо-топографического состояния и, в частности, оценки почек по сегментам;

— реносцинтиграфические кривые свободны от ошибки, обусловленной неточной калибровкой каналов, которая имеет место при использовании стандартных ренографов, что позволяет проводить более точный количественный анализ состояния функции каждой почки.

Перечисленные преимущества реносцинтиграфии позволяют по сравнению с рутинной ренографией значительно повысить надежность и чувствительность исследования, так что разница, выявляемая в оценке функции каждой почки при использовании более совершенных программ исследования и анализа получаемой информации с помощью ЭВМ, достигает 5%. Это означает, что реносцинтиграфия дает возможность обнаруживания таких сте-

пелей функции почек, которые до последнего времени не были известны в медицине и, по-видимому, могут рассматриваться исследователями как показатели доклинических патологических изменений.

По сравнению с ренографией, реносцинтиграфия имеет и некоторые кажущиеся недостатки, как, например, отсутствие во многих случаях возможности получения кривой клиренса и кривой накопления гиппурана в мочевом пузыре.

Реносцинтиграфия выполняется при использовании ДТПА, меченного ^{99m}Tc , и только в крайних случаях при использовании гиппурана ^{131}I (для обследования взрослых) и ^{125}I (для обследования детей). Величина вводимой активности ДТПА составляет 3—5 МБк, гиппурана в зависимости от чувствительности детектора 1 МБк, а гиппурана ^{125}I 2 МБк на 1 кг массы тела пациента. Несмотря на значительную разницу в величинах вводимой активности каждого препарата, величина дозы общего облучения пациента при использовании гиппурана ^{125}I значительно меньше и составляет 0,003 Гр на 37 МБк, тогда как при использовании гиппурана ^{131}I она равна 0,006 Гр на 37 МБк, что обусловлено неодинаковыми физическими свойствами их излучения.

Введение препарата внутривенно производится по возможности достаточно быстро в объеме 1—2 мл. Большой опыт применения реносцинтиграфии, в том числе и собственный, основанный на обследовании 12 000 пациентов, показывает, что после введения препарата в таких активностях регистрируемые клинические реакции или осложнения у больных не наблюдаются, даже в тех случаях, когда исследование проводится у данного больного повторно через один или несколько дней.

Так же как и ренография, реносцинтиграфия выполняется при установке детектора со стороны спины, так как почки располагаются в этой области на наименьшем расстоянии от поверхности тела, что уменьшает степень поглощения излучения в покрывающих мягких тканях и, таким образом, позволяет вводить меньше активности гиппурана. Неудобством исследования со стороны спины является сложность при сравнительном изучении реносцинтиграмм и рентгеноурограмм, которые выполняются в переднезадней проекции.

Реносцинтиграфия может выполняться как в положении больного сидя, так и в положении лежа, которое более удобное, поскольку позволяет пациенту надежно сохранять неподвижность тела, абсолютно необходимую для выполнения обследования. Детектор устанавливают на расстоянии 2 см от поверхности тела, так, чтобы верхний край поля видения находился на уровне IX грудного позвонка, а вертикальная ось соответствовала срединной линии позвоночника.

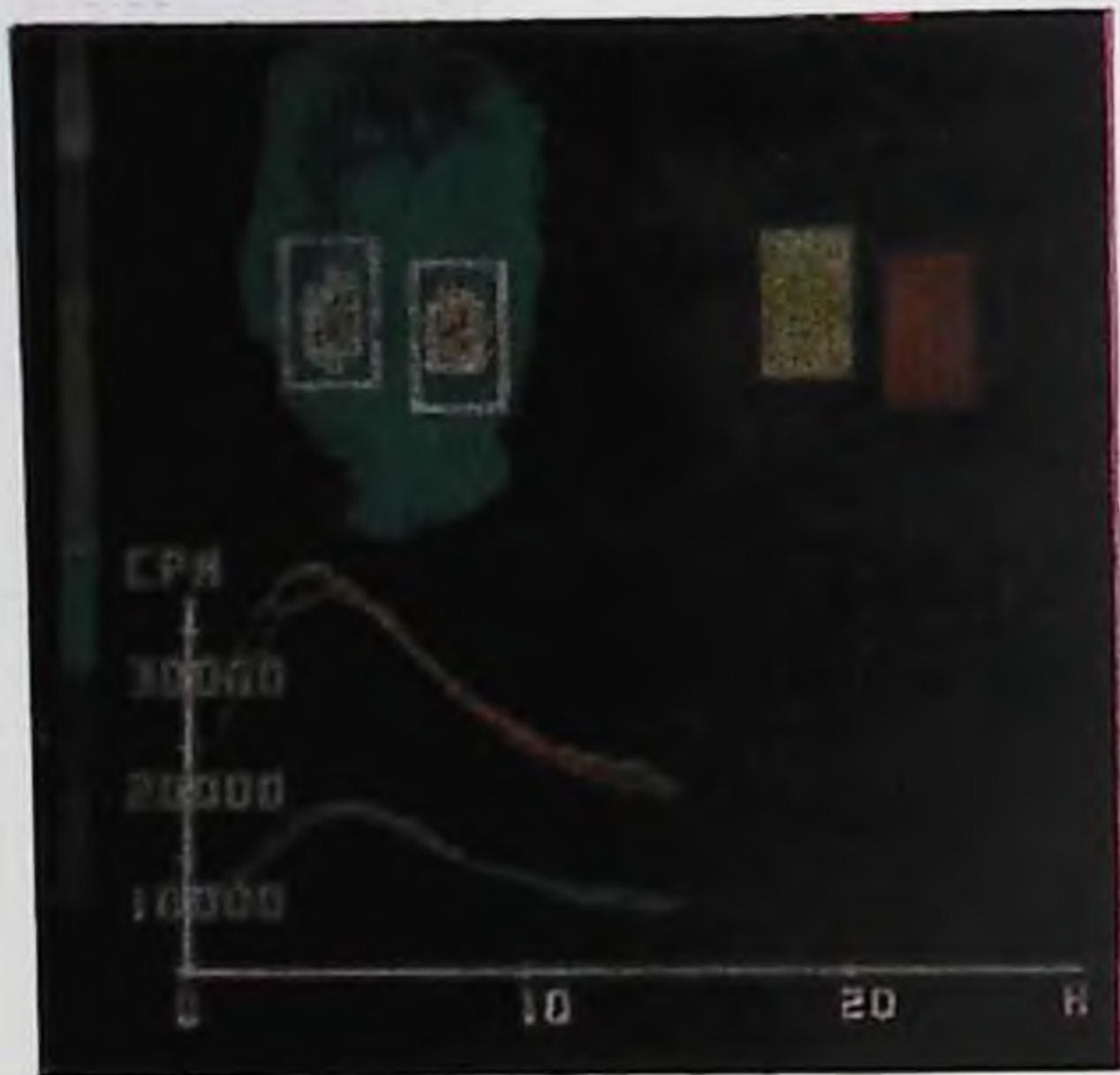
Специальной и особой подготовки больного лучше не производить, кроме рекомендации перед исследованием опорожнить мочевой пузырь, чтобы создать лучшие условия комфорта и обеспечить неподвижность больного.

Программа реносцинтиграфии включает непрерывную запись кадров в течение первых 30 с при экспозиции каждого кадра 2 с. Не использовать меньшую экспозицию можно при условии увеличения уровня вводимой активности соответственно уменьшению времени экспозиции, однако существенной дополнительной информации такая скоростная система при исследовании почек не дает. Затем производится регистрация кадров в другом режиме — 20 кадров при экспозиции каждого 1 мин. Программа включается только после появления на экране изображения болюса в сердце, когда визуально можно убедиться в правильной установке детектора. При необходимости под контролем экрана представляется возможным исправить положение тела больного, и это не отражается на качестве второго этапа сцинтиграфии, поскольку регистрация его начинается только через 45 с после инъекции препарата. Начинать запись непосредственно после инъекции, как при обычной ренографии, нецелесообразно, поскольку динамика накопления препарата в почках в большой степени обусловлена состоянием общего и местного органического кровотока. При медленном движении болюса достижение РФП почек может удлиняться до 30 с, а следовательно, пришлось бы включать в программу не первые 30 кадров, а 60 кадров, что загружает объем памяти операционного диска и сокращает число возможных исследований без последующей обработки.

Оптимальным расположением почек на экране через 1 мин после инъекции препарата следует считать такое, когда верхняя граница левой почки находится на уровне верхней четверти экрана. Это позволяет выявлять одновременно состояние функции верхнего полюса почки и установить наличие мегауретера, появляющегося в более позднее время.

При исследовании без компьютера поле камеры разделяется на две половины точно по центру камеры с целью получения количественных представлений о динамике изменения скорости счета с каждой половины, снимки выполняются на 3-й, 10-й, 15-й и 20-й минутах. При исследовании компьютером поле видения не разделяется, а выделяются три зоны интереса (рис. 57). Первая зона интереса выбирается над областью почки большого размера и по площади соответствует второй, третьей зонам интереса, соответствующим другой почке и тканевому фону. В состав последней зоны интереса включаются околопочечные ткани, кишечник, мышцы спины и живота, т. е. те ткани, в которых избирательного накопления гинпурана не происходит. В целом очищение этих тканей от гинпурана происходит так же, как всего тела, поэтому построение кривой активность/время с этой зоны интереса дает возможность учитывать клиренс РФП. Построение кривой реносцинтиграммы производится ЭВМ с постоянным вычитанием показателя клиренса тканей (A_0) из показателя скорости счета в зоне интереса каждой почки ($A_{п}$) в момент времени t_1 , t_2 , t_3 и т. д.

Продолжительность исследования зависит от степени паруще-



57

Выделение зон интереса и построение из них ренограмм на ЭВМ «СЕРАМС».

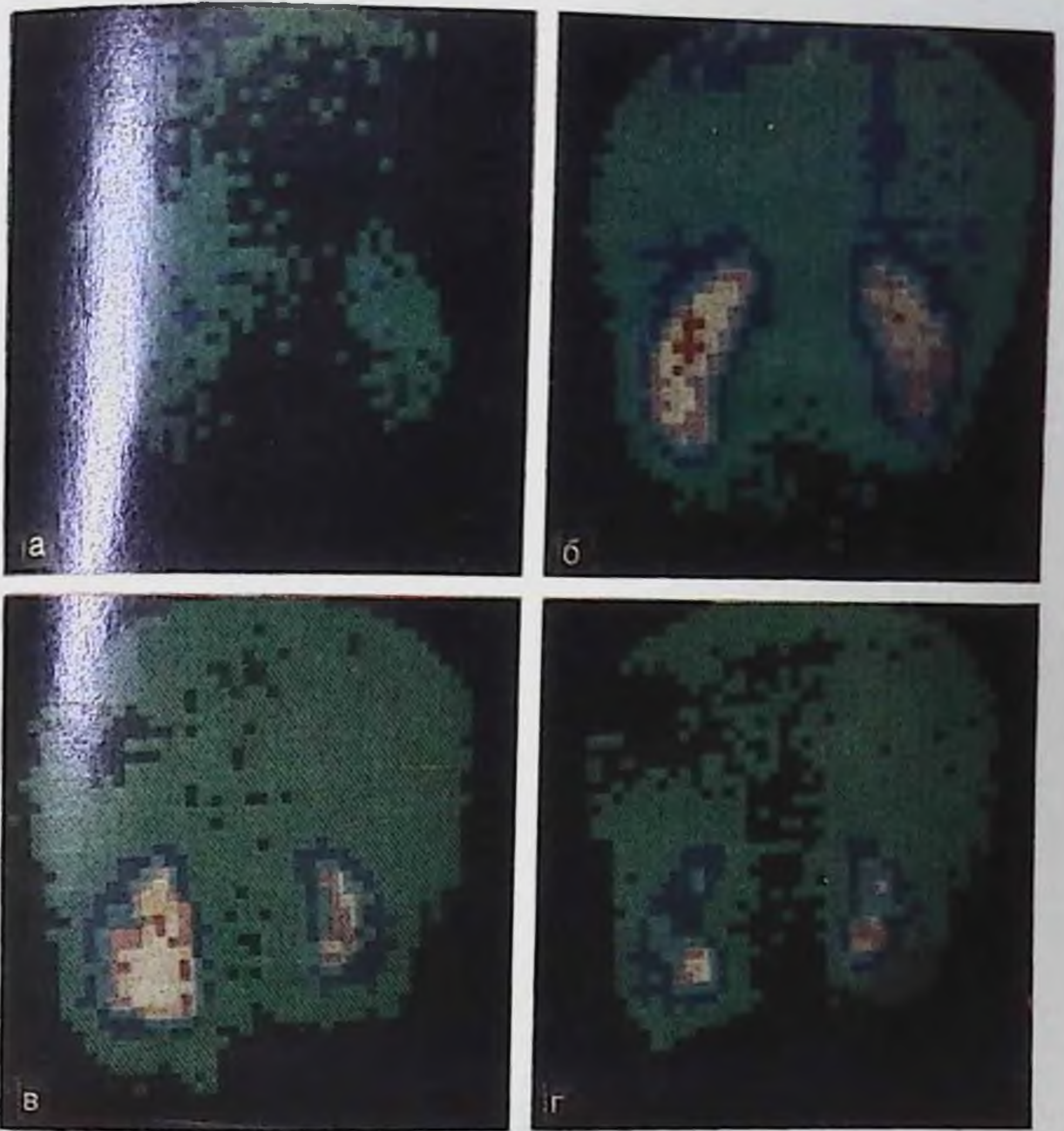
Желтым цветом обозначена левая почка, красным — правая почка.

ция секреторно-экскреторной функции почек, поэтому определяется в процессе исследования. Как правило, исследование продолжается не более 25 мин, а затем при необходимости можно выполнить контрольный кадр через 1 ч. Естественно, при тяжелых степенях поражения почки желательно проводить непрерывные исследования в течение большого срока, например 40—60 мин, чтобы получить более полную информацию. Однако при исследовании первичного больного, когда степень поражения почек неизвестна, не следует устанавливать такие программы, которые невозможно изменить в процессе исследования, так как это приведет к потере времени.

Анализ результатов реносцинтиграфии производится в четыре этапа: 1) визуальным способом; 2) с коррекцией геометрии и клиренса; 3) с выделением секреторно-экскреторной функции; 4) по сегментам. Первые два этапа являются обязательными. Вторые два этапа используются по данным первых двух.

На первом этапе визуальным способом производится анализ серии реносцинтиграмм путем просмотра кадров на дисплее ЭВМ, что позволяет оценить топографию, размеры, форму почек, ориентировочно установить состояние секреторной и экскреторной функций каждой почки без ее количественной оценки. В качестве примера такого анализа на рис. 58 приведена серия реносцинтиграмм.

В норме на 3-й минуте получается отчетливое изображение паренхимы почек с относительно равномерным распределением контрастности. На 5—6-й минуте происходит отчетливое перераспределение РФП с концентрацией его в области лоханок, изображение которых становится достаточно четким. На 9—10-й минуте изображение паренхимы почек практически исчезает и остается



58. Реносцинтиграммы, полученные с экрана ЭВМ «СЕГАМС» на 2-й (а), 8-й (б), 15-й (в) и 20-й (г) минутах после инъекции ДТГА.

только изображение лоханок. Через 15 мин изображение лоханок также практически исчезает. У детей эти процессы происходят быстрее, а у пожилых людей более медленно.

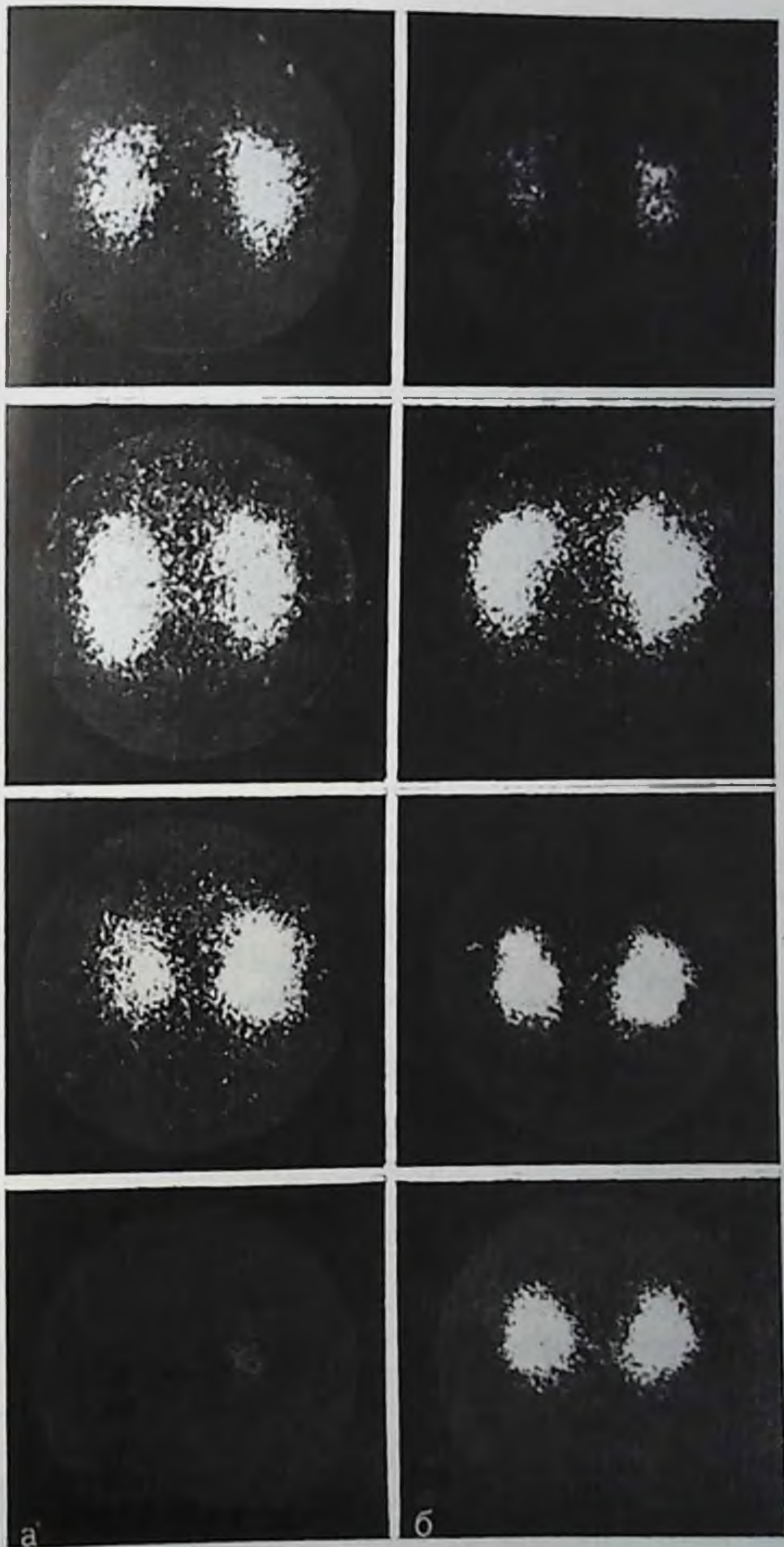
У больного с массивным гипернефroidным раком левой почки на 2—3-й минуте получено изображение правой почки нормальной формы и равномерной контрастности. Изображение левой почки представлено в виде бесформенного пятна, смещенного вниз. На 5—6-й минуте происходит деформация почки за счет значительного усиления контрастности в центральной части. В оставшейся части паренхимы левой почки также происходит перераспределение контрастности за счет концентрации гиппурана в медиальной части. Это свидетельствует о сохранении нормального механизма функции остатка левой почки. На 9—10-й минуте происходит дальнейшее характерное перераспределение контраст-

ности изображения, и к 16-й минуте изображение левой почки практически исчезает, а правой почки сохраняется в виде небольшого пятна, соответствующего лоханке почки. Как видно, даже визуальная оценка реносцинтиграммы дает достаточно надежную информацию о состоянии функции почек. Резкое замедление транспорта гиппурана отмечается при вазоренальной гипертензии.

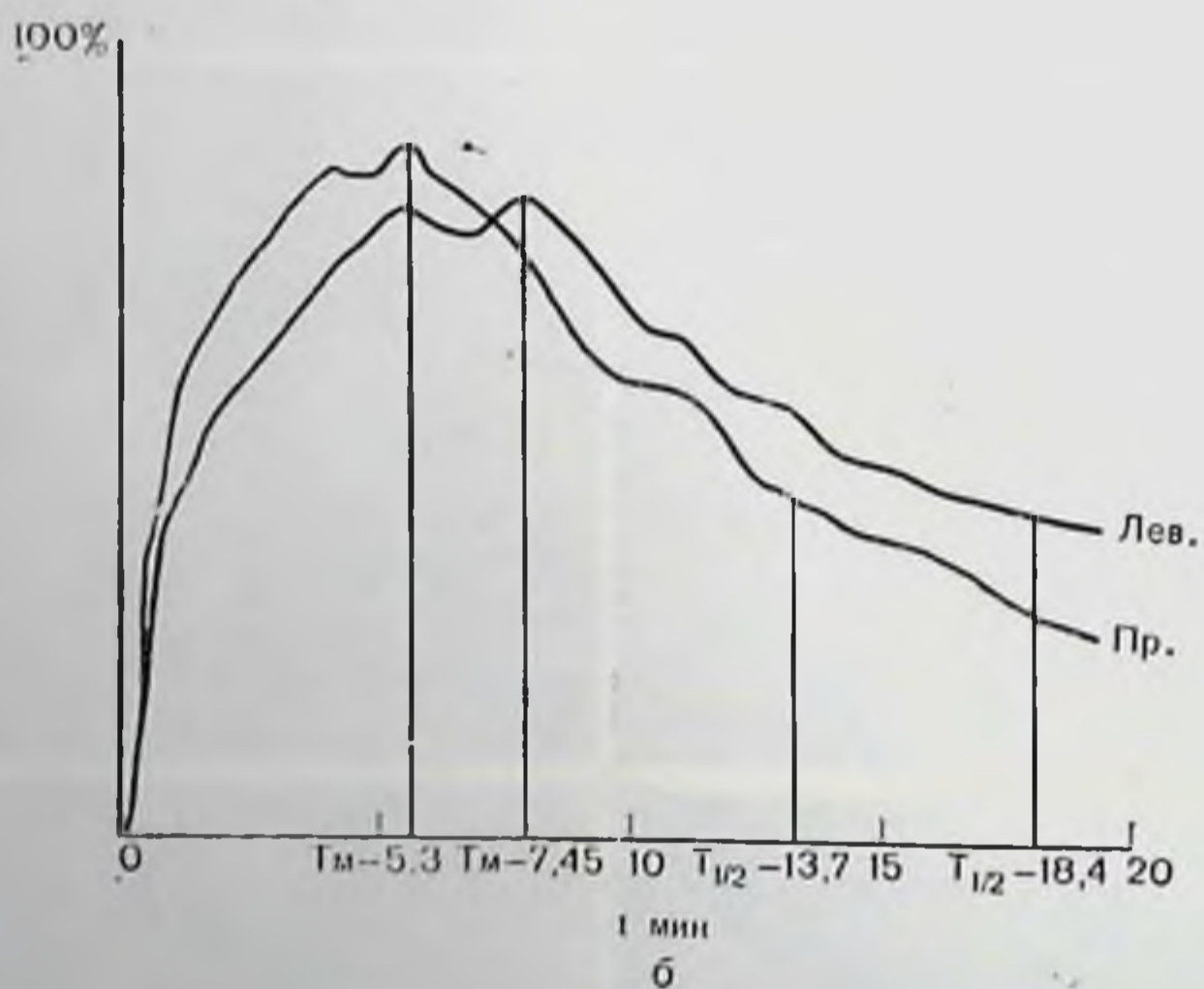
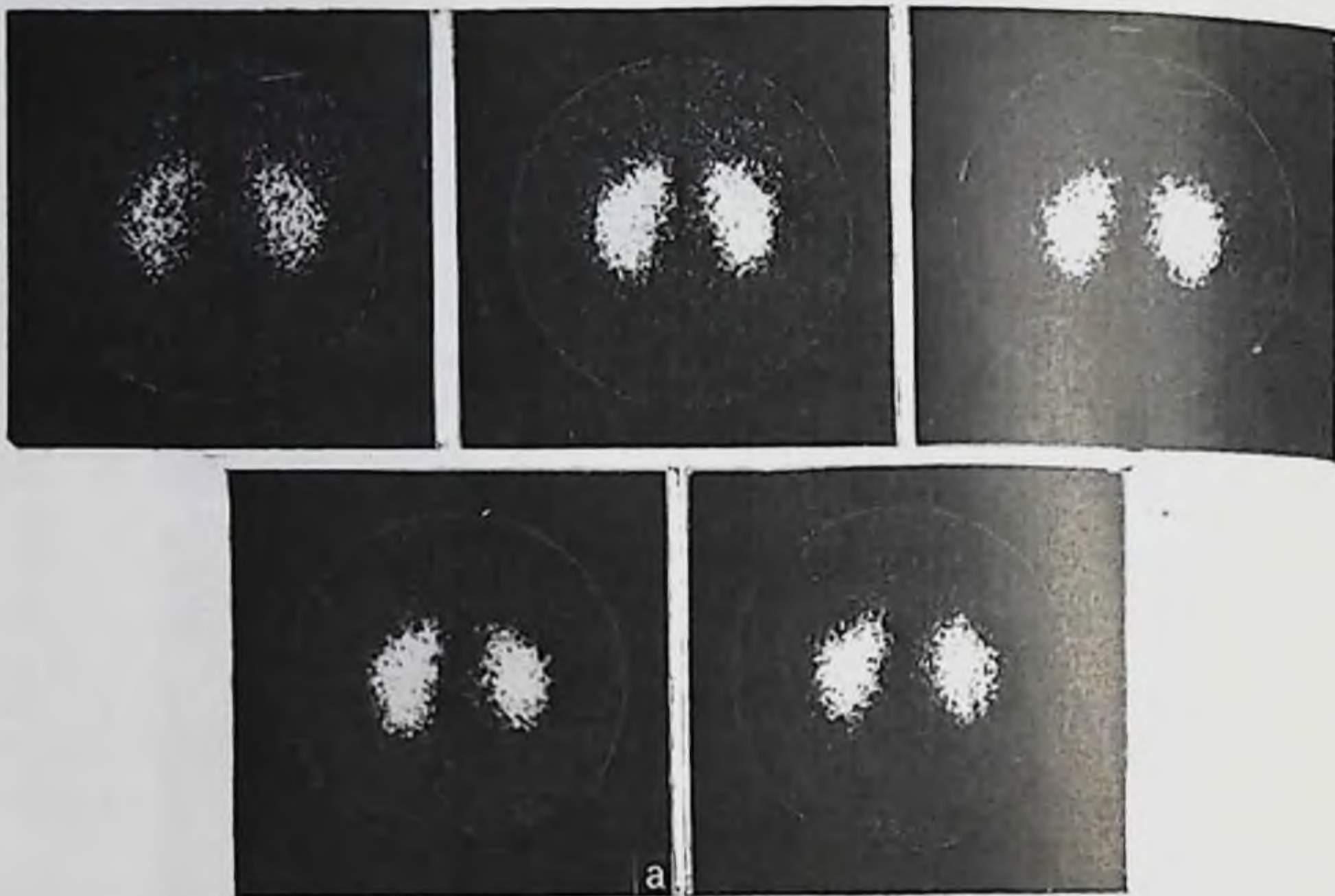
Характеризуя сцинтиграммы у лиц без признаков поражения почки, следует иметь в виду их возможное разнообразие, обусловленное главным образом состоянием человека в момент исследования. Известно влияние количества принятой жидкости на состояние диуреза, поэтому в настоящее время принято проводить исследование пациентов без специальной предварительной подготовки. Особое влияние оказывает принятие алкоголя накануне исследования, т. е. после алкогольного опьянения. В таких случаях отчетливо выражены нарушения как секреторной, так и экскреторной функции почек. Поэтому следует предупредить пациента накануне исследования не принимать алкоголя.

По-видимому, определенное влияние оказывают и различные медикаменты, действие которых на деятельность почек мало изучено. Так, в нашей работе совместно с Б. Б. Доевым мы обнаружили значительное изменение функции почек после введения туберкулина (рис. 59). Именно эти обстоятельства требуют от врача-радиолога тщательного опроса больного перед выполнением исследования с целью корректной оценки сцинтиграммы.

На втором этапе производится анализ реносцинтиграмм с выделением зон интереса. Поскольку показатели скорости из зоны интереса каждой почки складываются из двух величин, а именно из показателя концентрации гиппурана собственно в исследуемой почке и из концентрации препарата, содержащегося в тканях тела, покрывающих и подлежащих почке, то для выделения собственно вклада почки требуется вычесть из него показатель концентрации гиппурана из околопочечных тканей. Такая коррекция выполняется путем постоянного вычета фона из показателей активность/время каждой почки. В качестве примера (рис. 60, а, б) представлены реносцинтиграммы больного 17 лет, страдающего геморрагическим васкулитом, до и после обработки, а также с учетом коррекции на активность околопочечных тканей. Приведены 5 сцинтиграмм, полученных при экспозиции 1 мин соответственно на 2—3-й, 5—6-й, 9—10-й, 15—16-й и 19—20-й минутах после инъекции 12 МБк гиппурана ^{131}I . Визуально определяется удовлетворительная фильтрационная функция обеих почек с некоторой задержкой экскреции больше слева. Видны изображения расширенных лоханок, что характерно для умеренно выраженной их гипотонии, нередко имеющей место при геморрагическом васкулите. На синхронных ренограммах после ЭВМ обработки с коррекцией на активность околопочечных тканей видно, что максимум накопления хорошо выражен и составляет для правой почки 5,3 мин, а для левой почки 7,45 мин. Полупериод выведе-



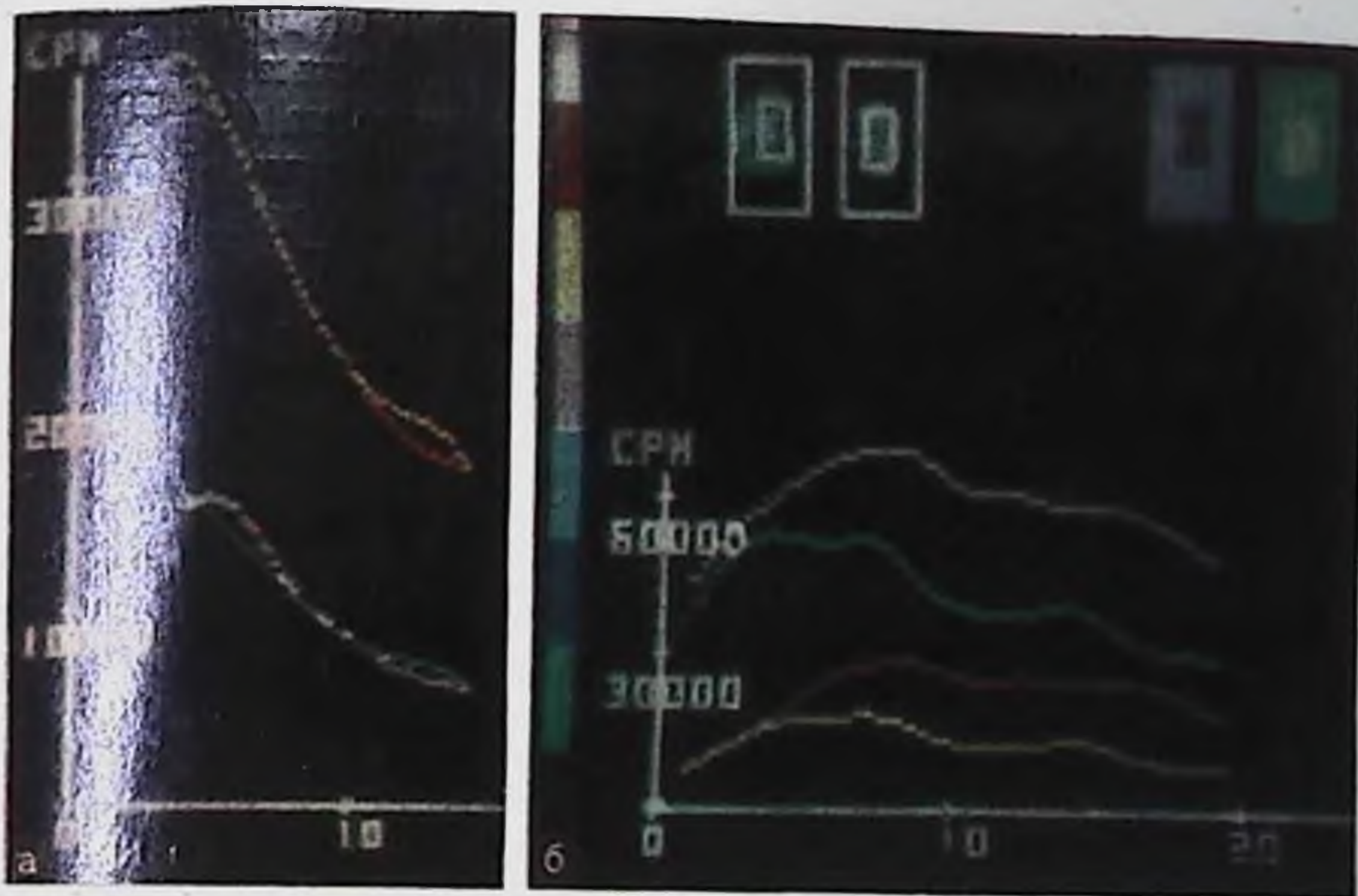
59. Реносцинтиграммы, полученные через каждые 5 минут у больного (а) до и (б) после инъекции туберкулина.



60. Реносцинтиграммы (а) и кривые (б), полученные с двух почек. Объяснение в тексте.

ния для левой почки составляет 18,4 мин, для правой 13,7 мин. Таким образом, на основании результатов ЭВМ обработки представилось возможным дать количественную оценку истинной функции каждой почки и установить определенную разницу между состоянием левой и правой почек.

Третьим этапом анализа, или вторым этапом ЭВМ обработки, является выделение в каждой почке двух зон интереса, соответ-



61. Нормальные суммарные реограммы, полученные только с области лоханок (а); выделение зон интереса для суммарных кривых и только для области лоханок больного с гипотонией левой лоханки (б). Кривая красного цвета длительное время не снижается.

ствующих области паренхимы почки в области чашечно-лоханочной системы с целью отдельного изучения собственно секреторной и экскреторной функций каждой почки. В норме (рис. 61, а, б) секреторная функция характеризуется более быстрым подъемом с достижением максимума на 130—150-й секунде и быстрым снижением при $T_{1/2}$ 430—450 с, в то время как эти показатели для всей почки соответственно составляют 160—170 и 470 с. Кривая экскреторной функции характеризуется более медленным подъемом с достижением максимума с обеих сторон на 220-й секунде. Резкое снижение кривой также бывает при $T_{1/2}$ 480 с. Введение ЭВМ обработки отдельно для секреторной и экскреторной функций показано при исследовании больных с преимущественным нарушением экскреции для оценки динамики патологического процесса. Такие исследования корректны только при использовании камер с высокой разрешающей способностью и ЭВМ с матрицей 128×128 элементов.

На рис. 61, б в отличие от предыдущего исследования четко определяется разница в функциональной активности паренхимы, тогда как расхождение в экскреторной функции менее значительно. Так, слева максимум определяется на 160-й секунде при периоде полувыведения 460 с, а справа эти показатели соответственно равны 350-й и 640-й секундам.

Четвертым этапом анализа, или третьим этапом обработки на ЭВМ, является выделение зон интереса по сегментам почки: верхнему, среднему и нижнему. В норме функциональная активность

Каждого сегмента значительно отличается друг от друга: средний сегмент характеризуется максимальной активностью, активность нижнего сегмента в среднем на 20%, а верхнего на 40—50% ниже среднего. Максимум накопления в верхнем сегменте в норме соответствует максимуму накопления в паренхиме, в среднем наступает на 60 с, а в нижнем на 90 с позднее. Период полувыведения также минимальный для верхнего сегмента.

Перечисленные три этапа ЭВМ обработки сцинтиграмм не являются обязательными при исследовании любого больного, поскольку ЭВМ обработка значительно увеличивает время занятости компьютера и, следовательно, снижает пропускную способность машины, даже при выполнении обработки по окончании обследований всех больных. Необходимость выполнения этапов обработки на ЭВМ определяется прежде всего в зависимости от клинического диагноза и результатов визуального осмотра серии кадров. Например, при очаговых поражениях почки или при мочекаменной болезни, особенно если планируется оперативное лечение, целесообразно выполнение трех этапов обследования или по крайней мере первого и третьего. При диффузных поражениях почек, на-

Т а б л и ц а 11

Оценка различных методов радиологического исследования почек с гиппураном по 100-балльной системе

№ п/п	Название методики	Количество исследований	В чем преимущество	Оценка
1	Ренография с гиппураном ¹³¹ I	10 285	Получение отдельных кривых выведения гиппурана	25
2	Регистрация цифрорепечатью	340	Автоматическая регистрация скорости счета по минутам	30
3	С малыми коллиматорами п ¹²⁵ I	250	Отсутствие вклада второй почки. Меньшая лучевая нагрузка	35
4	Со снятием фона тела	135	Отсутствие влияния изменяющейся фоновой активности тела при одностороннем поражении	В норме 35—40
5	Реносцинтиграфия	3105	Получение серии изображений почек и визуальная оценка скорости накопления и вывода	50
6	На гамма-камере с компьютером	2550	Получение серии изображений, регистрация по сегментам и отдельно паренхимы и лоханок	100
7	Реносцинтиграфия с автоматическим выводом кривых	350	Получение серии изображений почек и регистрация кривых	75

пример хроническом нефрите, достаточно выполнения только первого этапа ЭВМ обработки. По нашим данным, при условной оценке существующих методик исследования почек с гиппураном сравнительная эффективность представлена в табл. 11.

Показания к применению и клиническая оценка результатов ренографии и реносцинтиграфии. Ренография и реносцинтиграфия являются методами исследования состояния секреторно-экскреторной функции почек и поэтому имеют весьма ограниченное диагностическое значение, выполняя роль отборочного теста для дальнейших более нагрузочных исследований. Именно поэтому показания для назначения ренографии и реносцинтиграфии очень широкие и основанием для их выполнения являются клинические данные и данные лабораторных исследований мочи. По существу при любом предварительном клиническом диагнозе поражения или заболевания почек целесообразно выполнение этого исследования как начального этапа детального инструментального обследования больного. Естественно, могут возникнуть опасения, что по сравнению с ренографией величина дозы облучения пациента при реносцинтиграфии в 20 раз выше. Однако это опасение, по-видимому, неоправдано, учитывая значительно большую диагностическую эффективность и достоверность реносцинтиграфии. Преимуществом реносцинтиграфии по сравнению с ренографией являются:

- отсутствие ошибки при центрации детектора, что позволяет более точно оценить отдельную функцию каждой почки;
- возможность автоматического учета влияния тканевого фона на показатели секреторно-экскреторной функции почек;
- более точное разделение вклада нарушений секреторной и экскреторной функций почек;
- возможность определения особенностей анатомо-топографического состояния почек;
- определение состояния мочеточников и наличие мочеточниково-лоханочного рефлюкса.

Однако ренография, помимо более низкой величины дозы облучения пациента, в современном исполнении на аппарате «Хроноскоп» имеет одно преимущество по сравнению с реносцинтиграфией в виде более точного выявления начальных стадий почечной недостаточности и ее количественного определения. Это достигается благодаря радиометрии всего тела, что невозможно при выполнении реносцинтиграфии. Учитывая изложенное выше, можно было бы более точно сформулировать показания для назначения реносцинтиграфии и ренографии на аппарате «Хроноскоп»:

- при первичном обследовании пациента предпочтительнее использовать реносцинтиграфию как более результативный способ;
- при повторных обследованиях больных в динамике с заболеваниями почек предпочтительнее применять ренографию как менее нагрузочный тест.

Путь обследования больного от простых, малотравматичных исследований до более сложных и травматичных в принципе совер-

шенно правильный, однако на определенных этапах этой цепи обязательно выполнение всех звеньев. В частности, этому выбору могут оказать содействие наши собственные рекомендации (см. табл. 11). Использование более результативных диагностических методик позволяет сократить сроки обследования больного и кроме того установить диагноз более ранних стадий поражения, что уже является важным фактором успешно проводимого лечения.

На основании данных реносцинтиграфии представляется возможным установить диагноз заболевания лишь в ограниченном числе случаев, например при некоторых врожденных заболеваниях почек или при хроническом нефрите. В этих случаях клинико-лабораторные данные и данные реносцинтиграфии являются достаточными для установления окончательного диагноза, без применения более травматичных рентгеноконтрастных и ангиографических исследований.

Во всех остальных случаях с помощью реносцинтиграфии можно выбрать дальнейшее ультразвуковое, нефросцинтиграфическое, рентгенологическое исследование (ангиографию, экскреторную урографию, восходящую пиелографию). В табл. 11 показаны роль и значение реносцинтиграфии в комплексе диагностических исследований при наиболее распространенных заболеваниях почек. Как следует из приведенных в табл. 11 данных, выбор дальнейшего вида исследования осуществляется достаточно просто. При наличии двусторонних изменений и клинической картины нефрита или нефроза дальнейшие инструментально-физические методы исследования не показаны.

При наличии одно- или двусторонних изменений и клинической картины, характерных для гидронефроза, проводят либо ультразвуковое сканирование с целью выявления камней, либо повторную ренографию с применением фармакологической пробы (фуросемид или лазикс) для диагностики идиопатического гидронефроза. При изменениях функции только одной почки и подозрении на наличие очагового поражения или гипоплазии почки назначают ангиосцинтиграфию.

Как видно из приведенных рекомендаций, показаний для рентгенологических исследований после скрининговой реносцинтиграфии нет, что обусловлено следующими причинами.

Во-первых, с помощью реносцинтиграфии представляется возможным выявлять нарушения экскреторной функции почек на более ранних стадиях, чем они проявляются на урограммах. С помощью реносцинтиграфии у 600 обследованных нами больных с различными заболеваниями почек были выявлены нарушения экскреторной функции, тогда как при урографии — только у 380 больных, а у остальных пациентов из этой группы была констатирована нормальная картина. Таким образом, урография не может быть использована как тест, уточняющий данные реносцинтиграфии в оценке экскреторной функции. Однако, если выполняется ренография, назначение урографии в ряде случаев по-

казано для уточнения состояния чашечно-лоханочной системы и мочеточников.

Во-вторых, в связи с появлением ультразвуковых сканеров, работающих в реальном масштабе времени, возможность выявления камней и характерных анатомических изменений чашечно-лоханочной системы конкурирует с рентгенологическим исследованием, но выгодно отличается от него отсутствием лучевой нагрузки и обременительной процедуры, проводимой больным. Только у очень тучных больных использование урографии предпочтительнее перед ультразвуковым сканированием.

В-третьих, при помощи ангиофросцинтиграфии возможно диагностировать анатомические поражения почек, которые ограничивают назначение ангиографии.

Естественно, реализация приведенных выше рекомендаций возможна только при наличии комплекса скintiграфического и ультразвукового оборудования.

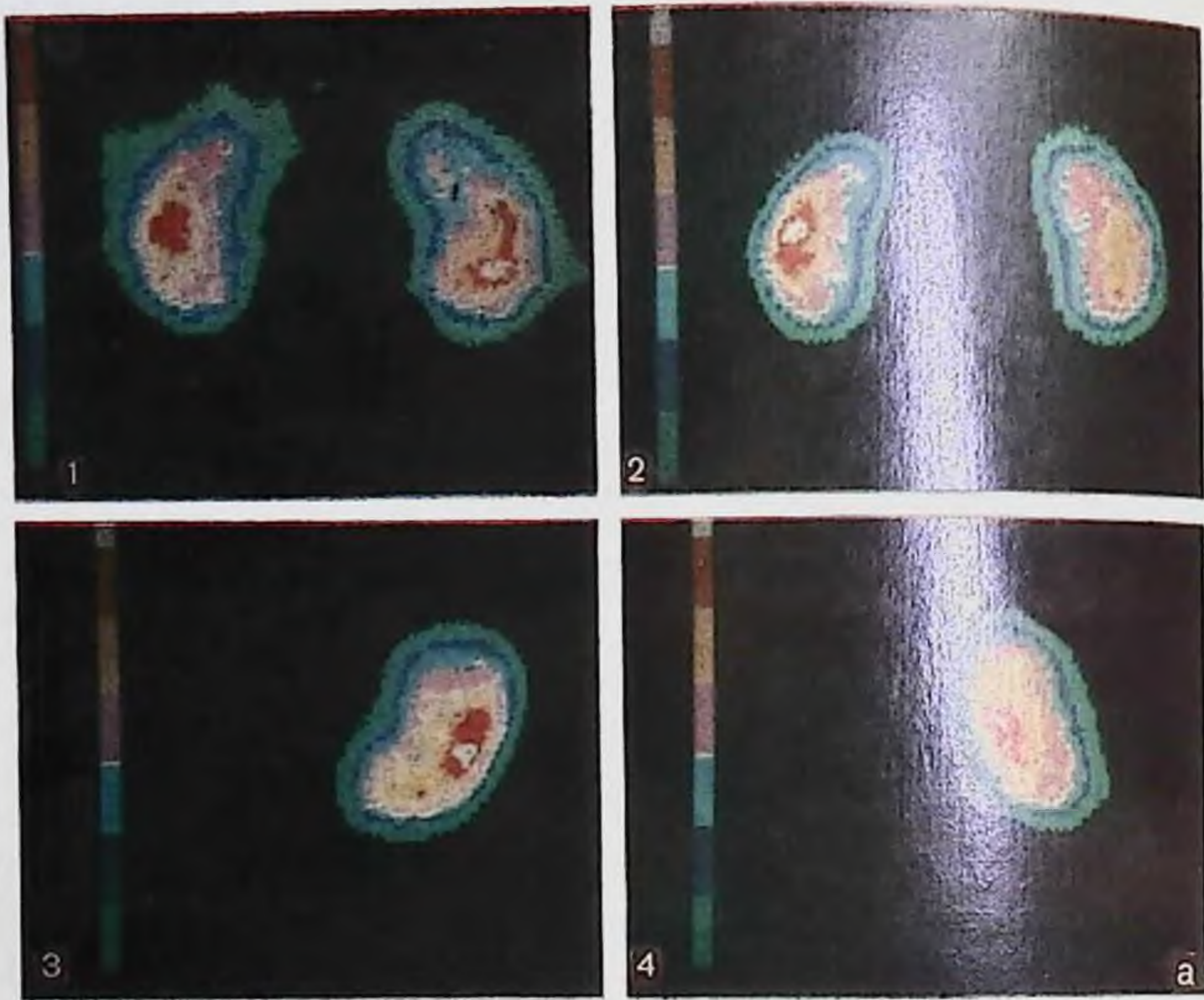
Во всех случаях реносцинтиграфия позволяет избрать наиболее результативное дальнейшее радиологическое или рентгенологическое исследование. По нашим данным, основанным на обследовании 2000 первичных больных, после реносцинтиграфии у 630 данные были в пределах нормы и дальнейших исследований не понадобилось. У 450 обследованных полученные данные были достаточными для установления диагноза. Остальные 920 больных были направлены на дообследование: 540 — для выполнения нефросцинтиграфии и 380 — для выполнения артериографии.

Нефросцинтиграфия. Исследование с помощью медленно выводящихся из почек РФП было широко распространено до внедрения в практику сцинтилляционных камер и осуществлялось методом сканирования. Основной целью этого исследования являлось изучение анатомо-топографического состояния почек. Вначале для исследования почек использовали неогидрин (промеран) ^{203}Hg . В дальнейшем, учитывая высокую степень лучевой нагрузки на почки, ^{203}Hg заменен неогидрином ^{197}Hg , имеющим более низкую радиотоксичность. С введением сцинтилляционных камер стали использовать новые РФП, меченные $^{99\text{m}}\text{Tc}$: глюкогептопат и димеркаптосукцинат (ДМСА). Поскольку исследование с ними характеризуется методическими и техническими особенностями, целесообразно для данного способа ввести специальное название — нефросцинтиграфия.

Все три препарата равномерно распределяются в паренхиме почки и характеризуются медленным выведением в течение нескольких дней. Механизм фиксации нефротропных препаратов в почечной паренхиме различен, однако общим является то, что задержка препаратов происходит только в нормально функционирующих элементах.

Основными параметрами оценки качества нефротропных РФП являются:

— количество фиксирующегося препарата, которое выражается в процентах относительно введенного;

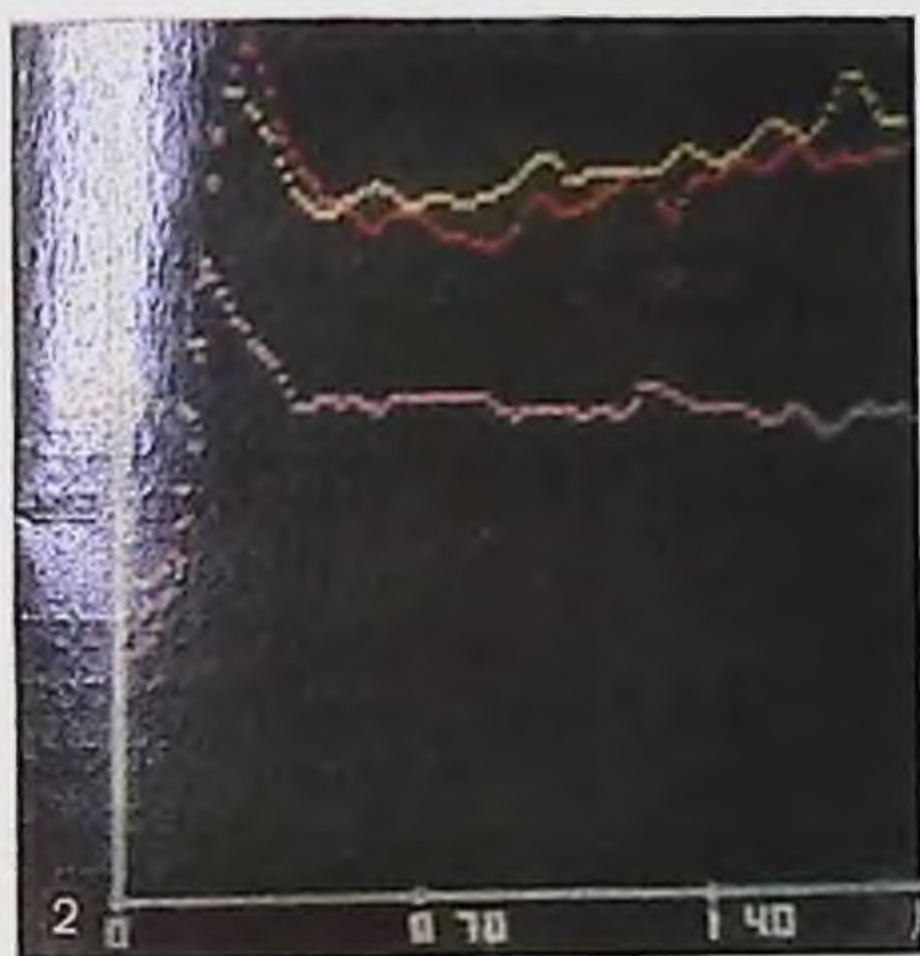
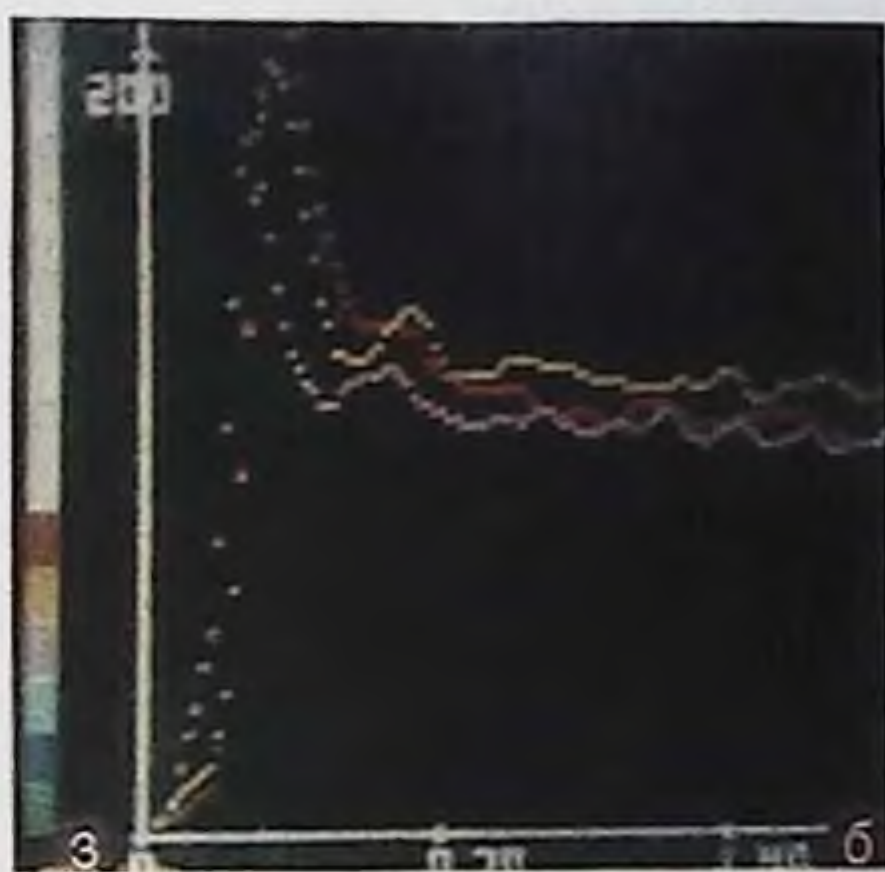
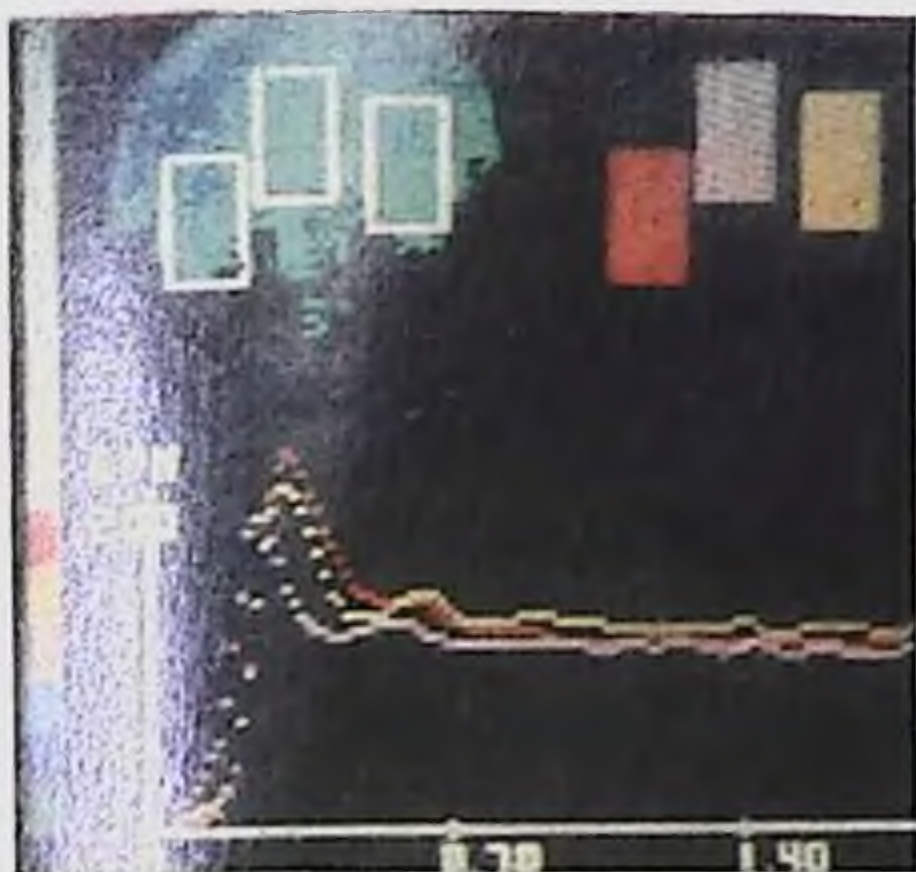


— скорость очищения крови и тканей организма от введенного в кровь РФП, что выражается соотношением почка/тканевый фон.

По этим двум показателям в настоящее время более высоким качеством обладает ДМСА, поскольку он накапливается в корковом слое почки в большем количестве, чем глюкогептопат (соответственно 21 и 6,2% через 6 ч). Препарат после внутривенного введения быстро соединяется с глобулинами (70%) и альбуминами (30%) и в таком состоянии циркулирует в крови. Достигая почек, часть соединения фиксируется в их проксимальных канальцах, а большая часть расщепляется и содержащее радиоактивную метку соединение переходит в мочу путем клубочковой фильтрации. Этот процесс осуществляется в течение нескольких часов, а при нарушениях клубочковой фильтрации — до суток. Однако в норме через 5—6 ч достигается оптимальное для исследования соотношение активности почка/тканевый фон.

Исследование производится через 5—6 ч после введения препарата в положении больного лежа на животе. Детектор устанавливают, так же как и при реносцинтиграфии, со стороны спины. Величина вводимой активности составляет 2—4 МБк на 1 кг массы тела больного, что необходимо для исследования кровотока.

В норме (рис. 62, а) на нефросцинтиграмме получается изображение обеих почек, расположенных на одинаковом расстоянии от позвоночника на уровне XI грудного — II поясничных позвонков.



62

Нормальные нефросцинтиграммы (а) в задней (1), передней (2) и боковых проекциях (3, 4), выбор зон интереса (б) и кривые кровотока в течение первых 2 мин после инъекции нефротропного препарата (1) глюкогептоната (2) и ДТПА (3).

Левая почка обычно граничит с селезенкой, а правая накладывается частично на правую долю печени.

Анализ изображения производится по следующим показателям: расположение почек, форма, размеры и наличие участков неравномерной интенсивности изображения. При визуальном анализе нефросцинтиграмм все показатели определяются с достаточной точностью, за исключением тех случаев, когда имеется повышенное накопление РФП в печени и селезенке.

3. Ангиофлюоросцинтиграфия

Первым этапом нефросцинтиграфии является ангиосцинтиграфия почек с радиоактивными пуклидами, что открывает новые возможности в изучении сосудистой патологии почек, позволяя не только визуализировать сосудистое ложе почек, но и получать временные линейные параметры прохождения РФП через сосуды почек. Наибольшее значение радионуклидная ангиография имеет в диагностике гипертензивных состояний, связанных с поражением

ем сосудов почек (стенозы почечных артерий, нефросклероз, тромбоз, фибромышкулярная гиперплазия и др.). Такое исследование было практически неосуществимо при использовании неогидрина, поскольку требовалось введение высоких уровней активности, создающих значительную дозу облучения почек. Даже при введении таких уровней, как 2—4 МБк на 1 кг массы тела, требуется применение специального высокочувствительного коллиматора. Для более компактного формирования болюса РФП применяется пережатие сосудов манжеткой тонометра в области середины плеча. Давление доводится до 200—250 мм рт. ст., затем вводится РФП и через 5 с быстро снимается манжетка. Результаты исследований начинают фиксироваться в ЭВМ после появления РФП в области сердца, продолжительность кадров 1—2 с в течение 40 с. По окончании ангиосцинтиграфии визуально просматривают кадры, выбирают кадры с лучшей визуализацией собственно почек и осуществляют их суммирование, обычно от 12 до 20 кадров. РФП, меченные ^{99m}Tc , являются более эффективными препаратами, чем ^{113m}In . Для сохранения одинакового качества исследования с 370 МБк ^{99m}Tc необходимо вводить 111 МБк ^{113m}In , что обусловлено в основном большим различием в эффективности регистрации гамма-излучения этих нуклидов — 80 и 18% соответственно. Кроме того, излучения индия, характеризующиеся большей энергией гамма-квантов, создают повышенную лучевую нагрузку на персонал, выполняющий обследование пациента.

Полученная информация позволяет оценить почечный кровоток в целом в каждой почке и отдельных ее участках. Выбор зон интереса почек должен производиться таким образом, чтобы исключить включение в них тканей селезенки и печени; целесообразно для контроля выделять также третью зону интереса над аортой (рис. 62, б).

При нормальной функции почек и без патологических изменений сосудов видно изображение сердца и начало поступления РФП в аорту на уровне нижнего грудного отдела. Затем на уровне брюшного отдела происходит быстрое поступление препарата в почечные артерии и сосуды почек с максимально контрастным их изображением. Далее происходит выведение РФП из почки с уменьшением интенсивности их визуализации и начинается поступление препарата в селезенку и печень. Максимум кровоснабжения этих органов запаздывает относительно максимума накопления РФП в почках на 5—6 с, поэтому выбор зон интереса почек должен производиться таким образом, чтобы он исключал включение тканей селезенки и печени. Полученные кривые из построенных зон интереса отражают кровоснабжение почки. Анализ радиоангиограмм производится с помощью определения двух показателей: времени почечного кровотока (ВПК) и времени выведения индикатора (ВВИ). ВПК означает время в секундах от начала подъема кривой до точки максимума. В норме ВПК составляет 10—12 с, ВВИ — время пика максимума кривой до уровня плато и в норме составляет 6—10 с.

Важным параметром оценки кривых оказалось также сравнение пиков не только времени достижения максимума, но и по высоте подъема радиоангиограммы с каждой стороны. В норме они одинаковые (см. рис. 62, б). На рис. 62, в для сравнения приведена радиоангиограмма, полученная с ДТПК. Видно, что в отличие от нефротропного препарата здесь имеет место быстро начинающийся повторный подъем кривых, обусловленный фильтрацией РФП.

Проведенные нами исследования ТСК-10 и ТСК-12 у 240 больных показали большое диагностическое значение радионуклидной ангиографии в выявлении нарушений почечного кровоснабжения в каждой почке отдельно, что позволяло оценивать наличие стеноза почечной артерии в дифференциальной диагностике кист и опухолей почек. После выполнения первого этапа исследования через 5—6 ч выполняется соответственно нефросцинтиграфия. Детальное рассмотрение клинической значимости ангиоцинтиграфии будет изложено ниже вместе с результатами второго этапа исследования — нефросцинтиграфии. Следует только отметить, что только у 30% больных представляется возможным выделить зону интереса правой почки без включения в нее тканей печени. Зону интереса левой почки представляется возможным выделить от тканей печени в 60% случаев. Однако даже если это выделение зон интереса не всегда осуществимо, то тем не менее во всех случаях представляется возможным оценить первый этап прохождения болюса, т. е. получить амплитуду и время первичного подъема кривой. Выведение РФП в случаях наложения изображения печени или селезенки на зону интереса почки на кривой искажается, поскольку начинается фиксация входа РФП в ткани печени и селезенки.

Выполнение нефросцинтиграфии возможно только в том случае, если у больного нет явления гидронефроза и не обнаруживается задержка РФП в выделительной системе почки. Если на экране дисплея визуализируется область лоханки, то исследование лучше провести утром следующего дня. По нашим данным обследования 240 больных, подобные случаи были отмечены у 12 больных. Учитывая значительный уровень величины вводимой активности нефротропного РФП, даже через 24 ч представляется возможным получить качественную нефросцинтиграмму при экспозиции кадра не более 5 мин.

Нефросцинтиграфия с РФП, меченным ^{99m}Tc , осуществляется вначале в прямой проекции и в случае обнаружения даже незначительной разницы между изображениями почек повторяется в одной или двух боковых проекциях, причем пациент при этом остается в том же положении, а перемещается детектор. Это необходимо только в тех случаях, когда сцинтиграфия выполняется в положении больного лежа. Однако при осуществлении нефросцинтиграфии через 5—6 ч более целесообразно выполнять процедуру в положении стоя, так как экспозиция кадра не превышает $1\frac{1}{2}$ мин. В таком положении исследование даже в трех проекциях продолжается не более 10 мин, так как исключается время, затра-



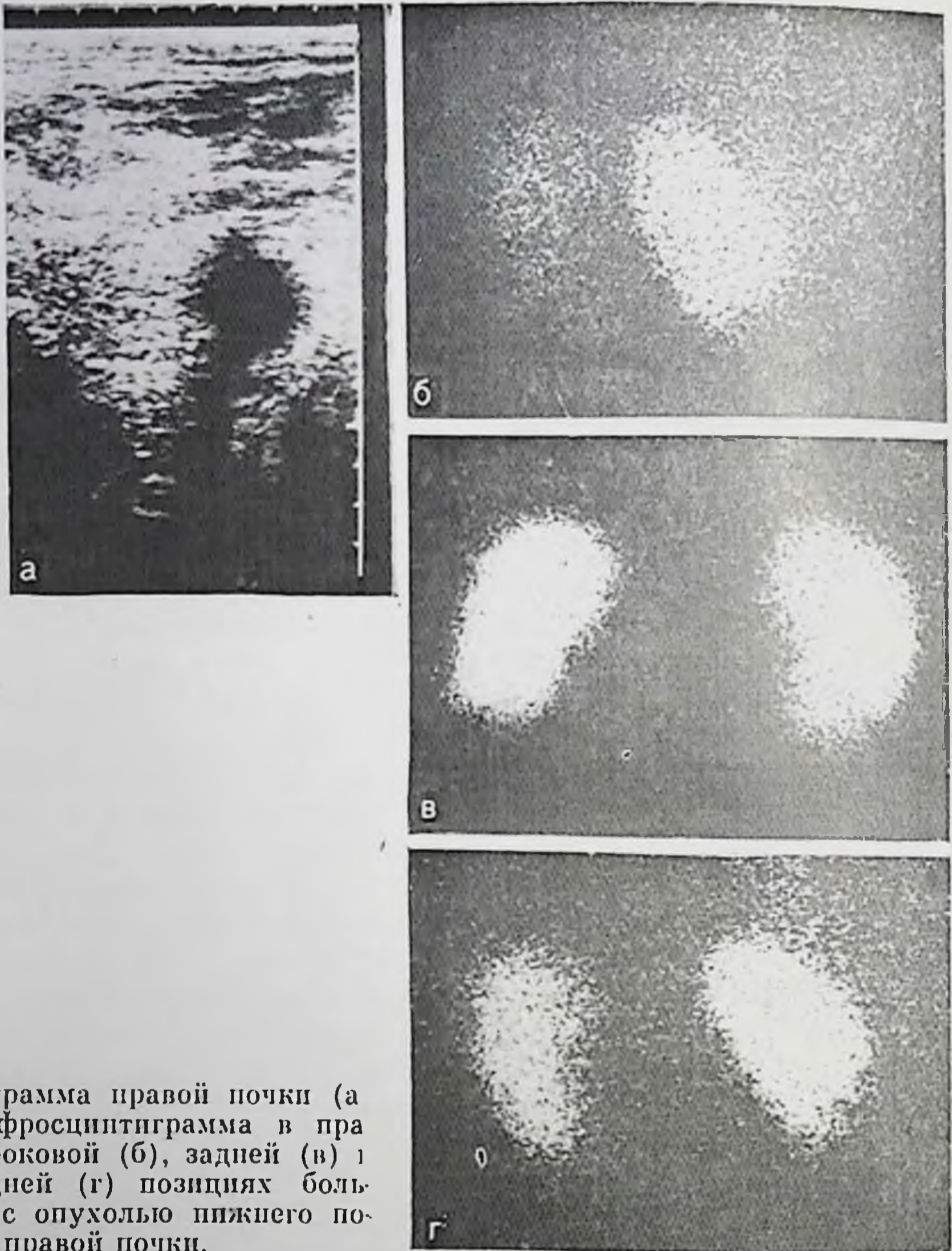
63
Нефро-сцинтиграмма больного со стенозом правой почечной артерии и ангио-нефро-сцинтиграфические кривые (а). Ангио-нефро-сцинтиграмма, нефро-сцинтиграмма и ангио-нефро-сцинтиграфические кривые больного со стенозом левой почечной артерии (б).

чиваемое на передвижение детектора гамма-камеры. На нефросцинтиграммах определяются расположение почек, форма, размеры и наличие участков неравномерной контрастности. Как известно, и при визуальном анализе реносцинтиграмм, полученных на 3-й минуте после введения РФП, все эти показатели также определяются с достаточной точностью, за исключением оценки равномерности распределения РФП в паренхиме почки.

Наиболее просто таким способом установить аплазию и гипоплазию почки, что позволяет избежать более травматических ангиографических исследований. В качестве примера на рис. 63, а приведена нефросцинтиграмма больного с аплазией правой почки (изображение ее практически отсутствует) и нормально функционирующей левой почки (изображение ее увеличено). На ангиосцинтиграммах, полученных с нижних и верхних отделов каждой почки, определяются отсутствие кровоснабжения верхнего полюса правой почки, сохранение незначительного кровоснабжения нижнего полюса (обе нижние кривые) и практически симметричные ангиосцинтиграфические кривые левой почки. При ангиографии: стеноз v. renalis dextra, сморщенная почка.

На рис. 63, б приведены данные исследования больного с гипертонией вследствие стеноза левой почечной артерии. Вверху — суммарный кадр, полученный после сложения кадров с 15-й по 30-ю секунду. Четко визуализируется аорта, правая почка. Изображение левой почки нечеткое и сливается с изображением селезенки. Внизу — нефросцинтиграмма, полученная через 4 ч после введения глюкогептопата, на которой видно, что изображение левой почки резко уменьшено, однако сохраняет нормальную форму. На приведенных рядом радиоангиограммах отчетливо обнаруживается удлинение ВПК, снижение пика слева (нижняя кривая). Кроме того, видно, что максимум концентрации РФП в левой почке значительно запаздывает.

Пределом разрешающей способности нефросцинтиграмм в обнаружении опухолевого поражения можно считать обнаружение очага отсутствия накопления препарата размером не менее 200 мм и только в том случае, если этот очаг располагается не на краю органа. Если очаг такого размера расположен на краю почки, возможности его выявления маловероятны. На рис. 64 приведены нефросцинтиграммы и сонограмма больного с кистой нижнего полюса правой почки, диаметр которой достигает 3 см, и она четко выявляется в виде округлого эхонегативного образования. На сцинтиграммах спереди, сзади и сбоку выявить кисту невозможно. Несравненно лучшие возможности имеет анализ сцинтиграмм после обработки полученной информации на ЭВМ. Помимо обычного вычитания фона, применяются два способа компьютерного анализа: построение гистограмм и изосчетных контуров. Оба способа правомочны и используются на равных основаниях. Однако построение изосчетных контуров при использовании цветного дисплея производится автоматически при снятии тканевого фона. Снятие тканевого фона и анализ нефросцинтиграммы имеют боль-



64

Сонограмма правой почки (а) и нефросцинтиграмма в правой боковой (б), задней (в) и передней (г) позициях больного с опухолью нижнего полюса правой почки.

шое значение ввиду значительного содержания РФП в печени и селезенке (рис. 65). Каждый цвет выделяет участки, располагающиеся в виде кольцевых линий, характеризующихся одинаковым числом зарегистрированных импульсов. Например, полученное изображение состоит из отдельных точек, в каждой из которой зарегистрировано от 300 до 5000 импульсов. Максимальное число импульсов принимается за 100%. Таким образом, снятие фона на 10% позволит освободить изображение от ячеек со скоростью счета менее 500 импульсов. При таких условиях цветное изображение строится из точек, характеризующихся уровнем зарегистрированных импульсов от 500 до 3000. Например, на рис. 65, а, б, в приведены результаты такой обработки нормальной нефросцинтиграммы. На первом кадре (а) представлено необработанное изображение почек, полученное с экрана дисплея ЭВМ «СЕГАМС».



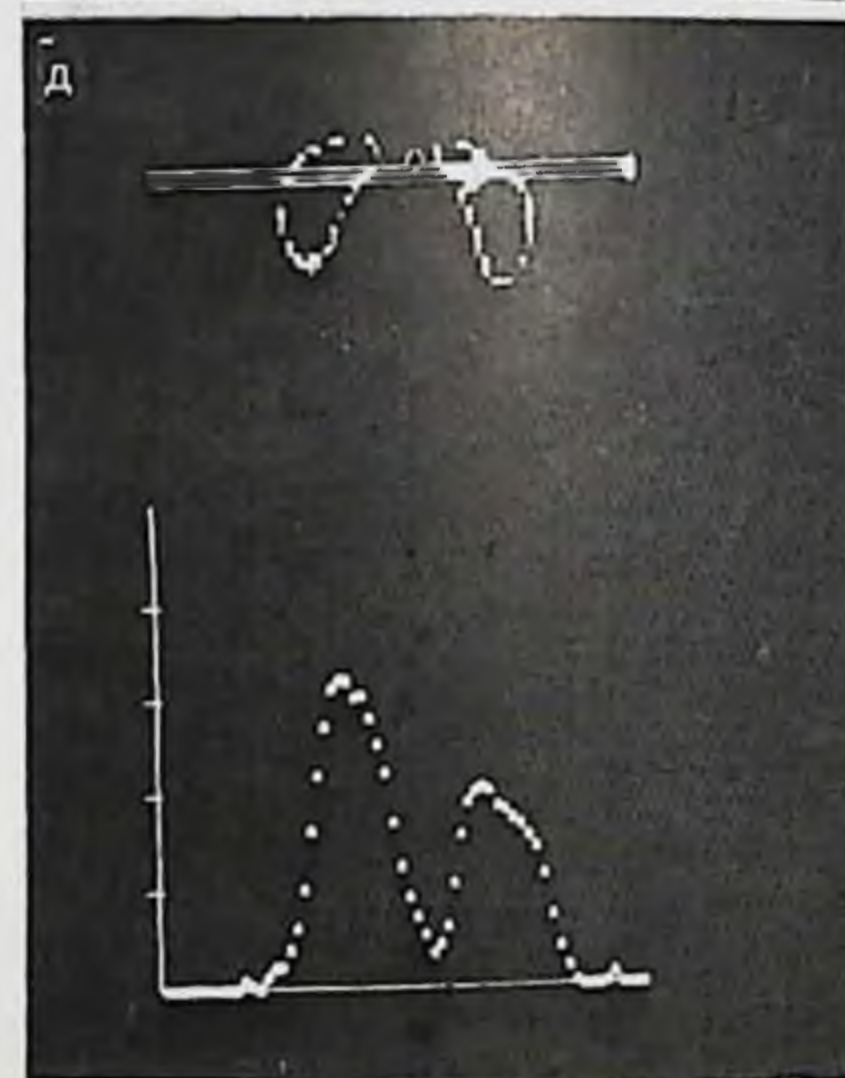
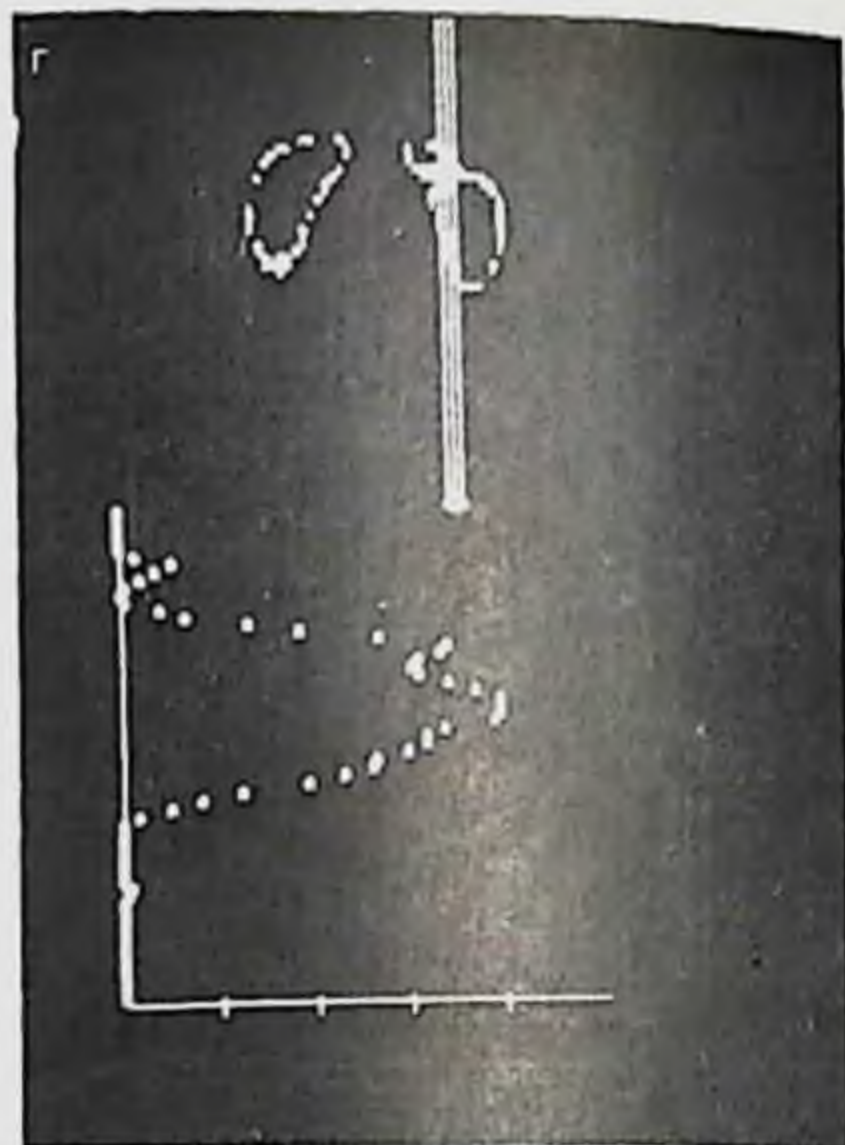
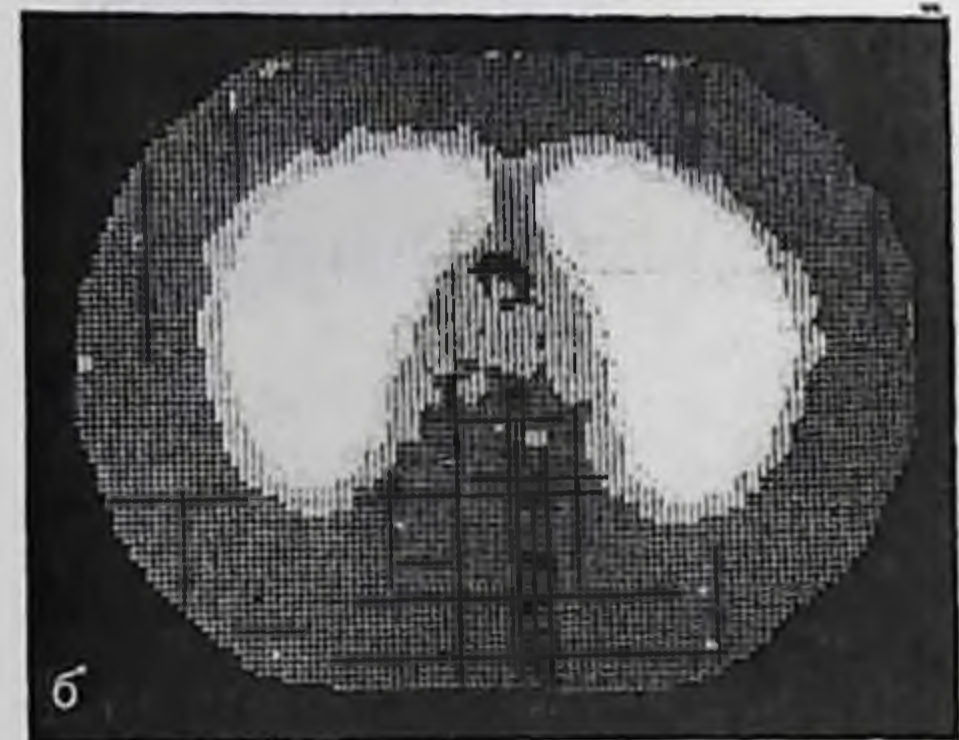
65

Нефросцинтиграммы, полученные с дисплея ЭВМ «СЕГАМС» при последовательной отсечке возрастающих уровней фона. Объяснение в тексте.

Изображения обеих почек четкие и состоят из изосчетных контуров 5 цветов. Зеленый цвет соответствует минимальному накоплению РФП в селезенке и печени. На следующих кадрах (б, в) приведены сцинтиграммы, на которых нижний предел регистрации сокращен на 10 и 20% от максимума.

При таких уровнях отсечки фона изображение печени полностью исчезает, а изображение селезенки еще немного сохраняется, однако синий цвет из него полностью исчезает. Обращает внимание замкнутость каждого цветового контура, что соответствует нормальному построению; при неравномерном распределении препарата форма построенных изосчетных контуров нарушается. В качестве примера на рис. 66, а — д приведены результаты обработки на ЭВМ нефросцинтиграммы больного с опухолью правой почки, где использовался не цветной, а черно-белый дисплей.

На нефросцинтиграмме (см. рис. 66, а) отмечается обычное расположение обеих почек при сохранении нормальной формы. Изображение правой почки несколько увеличено, и в области верхнего полюса имеется участок (отмечен стрелкой) пониженной контрастности, однако достоверность этого суждения сомнительна. На рис. 66, б приведена та же нефросцинтиграмма, полученная с дисплея ЭВМ без дополнительной обработки, на которой обна-



66. Результаты ЭВМ обработки нефросцинтиграммы больного с опухолью верхнего полюса правой почки.

а — сцинтиграмма; б — ЭВМ сцинтиграмма без отсечки фона; в — выведение контура почек по 80% изосчетной линии; г — гистограмма вертикальная; д — гистограмма горизонтальная.

ружить патологический очаг не представляется возможным. При выделении изосчетного контура (см. рис. 66, в) по 50% накоплению в правой почке отчетливо обнаруживается патологический очаг в области верхнего полюса. При построении вертикальной гистограммы через очаг получена точная количественная разница между распределением уровней активности в правой почке (см. рис. 66, г) и отмечается двухпиковая вершина, что свидетельствует о наличии очага пониженного накопления РФП. На гори-

зонгальной гистограмме (см. рис. 66, д) можно определить разницу в уровнях накопления РФП между верхними полюсами обеих почек в области локализации опухоли. Таким образом, путем ЭВМ обработки обнаружена опухоль верхнего полюса правой почки диаметром 30 мм, что было подтверждено при операции.

Построение изосчетных изображений, несомненно, облегчает анализ распределения препарата в почке и, с точки зрения обнаружения очагов, является, по-видимому, наиболее эффективным и вместе с тем наиболее трудоемким, чем построение цифрового изображения, особенно с представлением на цветном дисплее, который практически не используется. При таких способах ЭВМ анализа достоверность нефросцинтиграфической диагностики значительно возрастает и представляется возможным определить очаги диаметром до 10 мм. Дальнейшее улучшение разрешающей способности практически невозможно, учитывая главным образом неизбежную подвижность исследуемых органов. Сокращение экспозиции исследования до пределов, принятых в рентгенодиагностике, т. е. до долей секунды, сопряжено с необходимостью введения настолько больших активностей РФП, что лучевая нагрузка на больного становится сопоставимой с рентгеноконтрастными исследованиями. Однако независимо от качества обработки информации результаты нефросцинтиграфии дают возможность определять лишь наличие или отсутствие «холодных» очагов. При первично выявленных очагах поражения в паренхиме почки необходимо решение вопроса о проведении операции, для обоснования и выполнения которой представляется важным определить не только локализацию и размеры, но и тип опухоли, а также взаимосвязь ее с сосудами почки. Как известно, эти данные могут быть получены при аортографии или селективной ангиографии почки.

Глава VII

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ НАДПОЧЕЧНИКОВ

Радионуклидная диагностика заболеваний надпочечников в последние годы стала одним из основных методов при обследовании больных с болезнью Иценко — Кушинга, болезнью Коона, опухолями надпочечников. Эти успехи стали возможны после разработки РФП, накапливающихся в надпочечниках, и изготовления ряда наборов для РИА гормонов коры надпочечников.

1. Супрареносцинтиграфия

Изучение состояния надпочечников в клинике проводится с помощью специальных методик рентгенологического исследования: пневмоперитонеума, артериографии и венографии. Эти ме-

тодки не всегда эффективны и не всегда выполнимы. Например, у 15—20% больных не удается катетеризировать артерии надпочечников.

Длительное время попытки получения сцинтиграфического изображения надпочечников оставались безуспешными ввиду отсутствия соответствующего радиофармацевтического препарата, избирательно накапливающегося в надпочечниках. Только в 1971 г. в эксперименте на собаках удалось установить достаточно высокую концентрацию 19-йодхолестерола ^{131}I в надпочечниках. Этот РФП представляет собой бесцветный, прозрачный раствор. Как известно, холестерол синтезируется в печени и является исходным продуктом для образования многих биологически активных соединений: желчных кислот, половых гормонов, гормонов коры надпочечника, витамина D и копростерола в кишечнике. Установлено, что 40% меченого 19-йодхолестерола превращается в организме в холевую кислоту.

За сутки у человека с желчью выделяется около 10 г холевой кислоты и 0,5 г холестерола, а остальная часть холестерола депонируется в купферовских клетках печени. Fukuchi (1973), Sohn (1973) проводили клинические испытания йодхолестерола и установили, что в нормальных надпочечниках накопление препарата незначительное, в связи с чем визуализация их на сцинтиграммах представляет определенные трудности. Однако эти данные были основаны на единичных наблюдениях при условиях использования низкочувствительных приборов и без применения ЭВМ. Главным отрицательным качеством 19-йодхолестерола являлась необходимость вводить его пациенту в значительных активностях, что сопровождалось высокой лучевой нагрузкой.

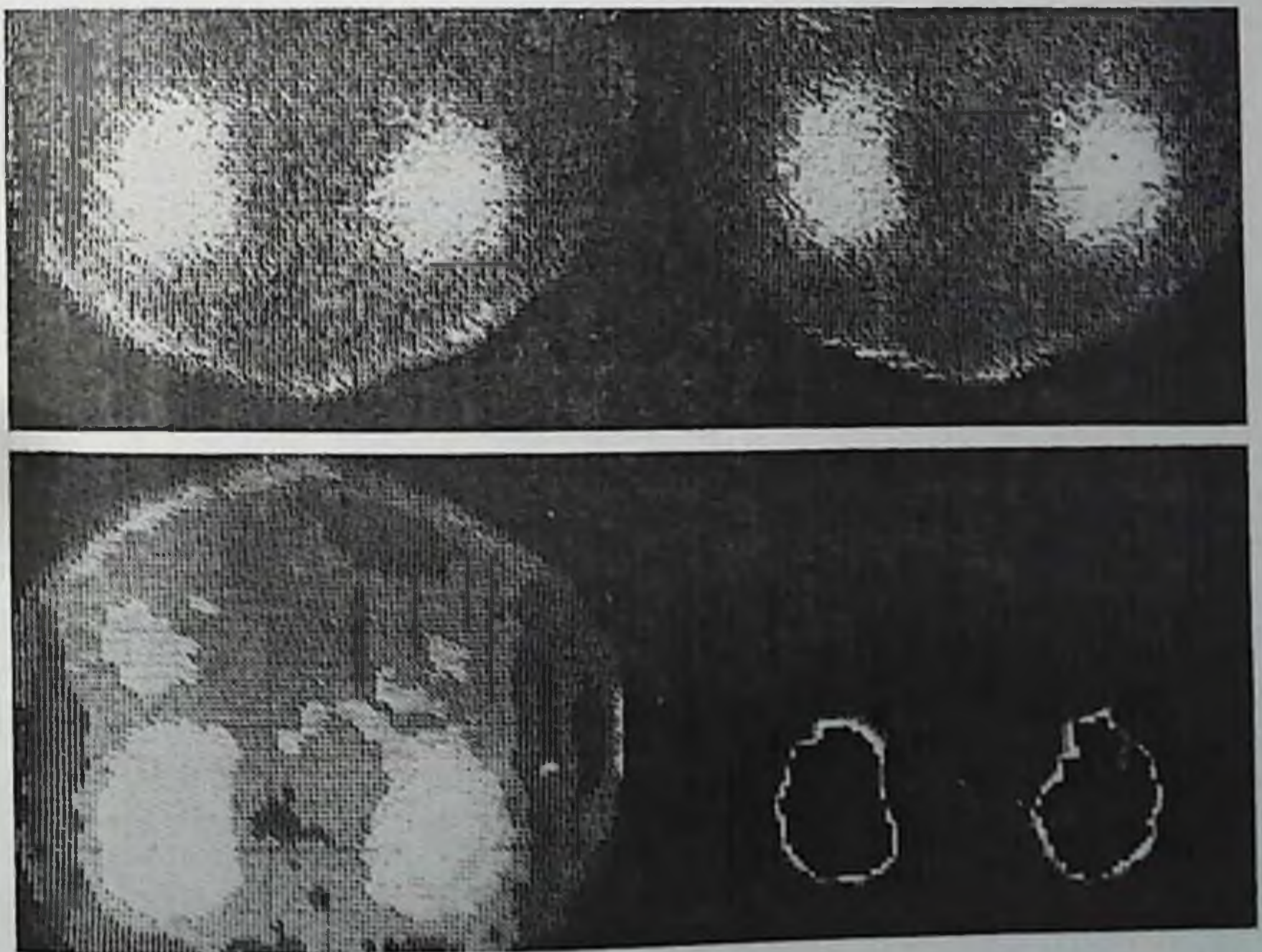
Величина нагрузки на пациента составляет: на все тело — $1,1 \cdot 10^{-2}$ Гр, на печень — $12 \cdot 10^{-2}$ Гр, на яички — $3 \cdot 10^{-2}$ Гр, на яичники — $34 \cdot 10^{-2}$ Гр, на надпочечники — $65 \cdot 10^{-2}$ Гр. Поскольку в организме происходит частичное высвобождение свободного йода из молекулы йодхолестерола, который может в больших количествах накапливаться в щитовидной железе, необходимо проводить предварительную блокаду щитовидной железы путем назначения больным раствора Люголя за 3 дня до введения йодхолестерола и в течение последующих 10 дней.

Анализ полученных сцинтиграмм также представляет известные трудности, так как наряду с изображением надпочечников нередко выявляются также печень, желчный пузырь, по-видимому, отдельные участки кишечника, где также накапливаются йодхолестерол или продукты его метаболизма. Выделить на этом фоне собственно изображение надпочечников довольно сложно. С одной стороны, дополнительные изображения оказывают маскирующий эффект, а с другой — могут привести к ложной интерпретации, когда изображение желчного пузыря может быть расценено как правый надпочечник. Только при обработке на ЭВМ и создании оптимальных условий оказывается возможным выделить четкие изображения надпочечников. В качестве примера на рис. 67 при-



57. Изображение правого надпочечника с наличием бесформенных пятен в области желчного пузыря и протоков.

ведена сцинтиграмма поясничной области, полученная через 5 дней после введения 5 МБк йодхолестерола у больного с болезнью Иценко — Кушинга. Так как концентрация РФП в надпочечниках незначительная, то приходится использовать продолжительную экспозицию кадра до 30—40 мин. Слева супрареносцинтиграмма получается достаточно отчетливой, однако справа изображение надпочечников может маскироваться за счет накопления РФП в желчном пузыре. С целью улучшения визуализации надпочечников нами в свое время был предложен способ



68. Элементы ЭВМ обработки с выведением контуров почек по данным реносцинтиграфии.



69

Супрареносцинтиграмма, полученная у больного болезнью Иценко—Кушинга на фоне контуров почек.

улучшения супрареносцинтиграфии. После выполнения супрареносцинтиграфии больному, находящемуся в том же положении, вводят 10 МБк гиппурана и на ЭВМ записывают суммарную регистрацию его в почках в течение первых 4 мин. На рис. 68 приведены этапы обработки на ЭВМ нефро-

сцинтиграмм до получения наружного контура почки. Выведение контура более целесообразно, чтобы разделить на ЭВМ сцинтиграммах изображения надпочечников и изображения собственно почки. Затем производится совмещение контуров почек с изображением надпочечников и таким образом осуществляется анатомо-топографическая привязка полученной информации (рис. 69). Несмотря на то что используется гиппуран, меченный, так же как йодхолестерол, ^{131}I , отдельная сцинтиграфия оказывается возможной ввиду разницы более чем в 10 раз по величине активности. В нормальных надпочечниках накапливается 2—5% от введенного РФП, и поскольку исследование проводится через неделю после инъекции йодхолестерола, т. е. практически после достижения периода полураспада йода, то к этому времени в надпочечниках содержится около 20 кБк ^{131}I . Были попытки использовать вместо ^{131}I для метки йодхолестерола ^{75}Se , однако при этом величина дозы облучения пациента возрастает почти в 2 раза.

Супрареносцинтиграфия с 19-йодхолестеролом показана для исследования больных с болезнью Иценко — Кушинга, а также для диагностики гормонально-активных опухолей надпочечников кортикостером, при гиперальдостеронизме и в том числе при обнаружении рецидивов гиперкортицизма после двусторонней адреналэктомии. По нашим собственным данным обследования 280 больных с болезнью Иценко — Кушинга или с подозрением на опухоль, визуализация надпочечников на сцинтиграммах достигалась у всех больных в условиях экспозиции кадра не менее 3 мин. При меньшей экспозиции кадра изображения нормально функционирующих надпочечников после введения 370 МБк вообще не получается на сцинтиграммах. У больных с гиперальдостеронизмом, как правило, визуализировались оба надпочечника, однако размеры и контрастность изображений была различной. На рис. 70, а, б приведены типичные супрареносцинтиграммы, харак-



70. Супрареносцинтиграммы, полученные с дисплея ЭВМ «СЕГАМС» у больных болезнью Иценко—Кушинга с одинаковой степенью гиперплазии надпочечников (а), преимущественно левого (б).

терные для больных с болезнью Иценко — Кушинга, полученные с экрана ЭВМ «СЕГАМС». Изображения надпочечников четкие с максимальной контрастностью в центре. У одного больного (см. рис. 70, а) функциональная активность правого надпочечника несколько выше, а у другого больного, наоборот, активно функционирует левый надпочечник. Путем построения гистограмм с обеих надпочечников представляется возможным количественно определить функциональную активность и, таким образом, степень поражения каждого органа, что предопределяет сторону первоочередного их удаления. На рис. 71 приведена сцинтиграмма надпочечников, полученная с экрана ЭВМ ПДП-11 у больного с болезнью Иценко — Кушинга на 8-е сутки после введения йодхолестерола.

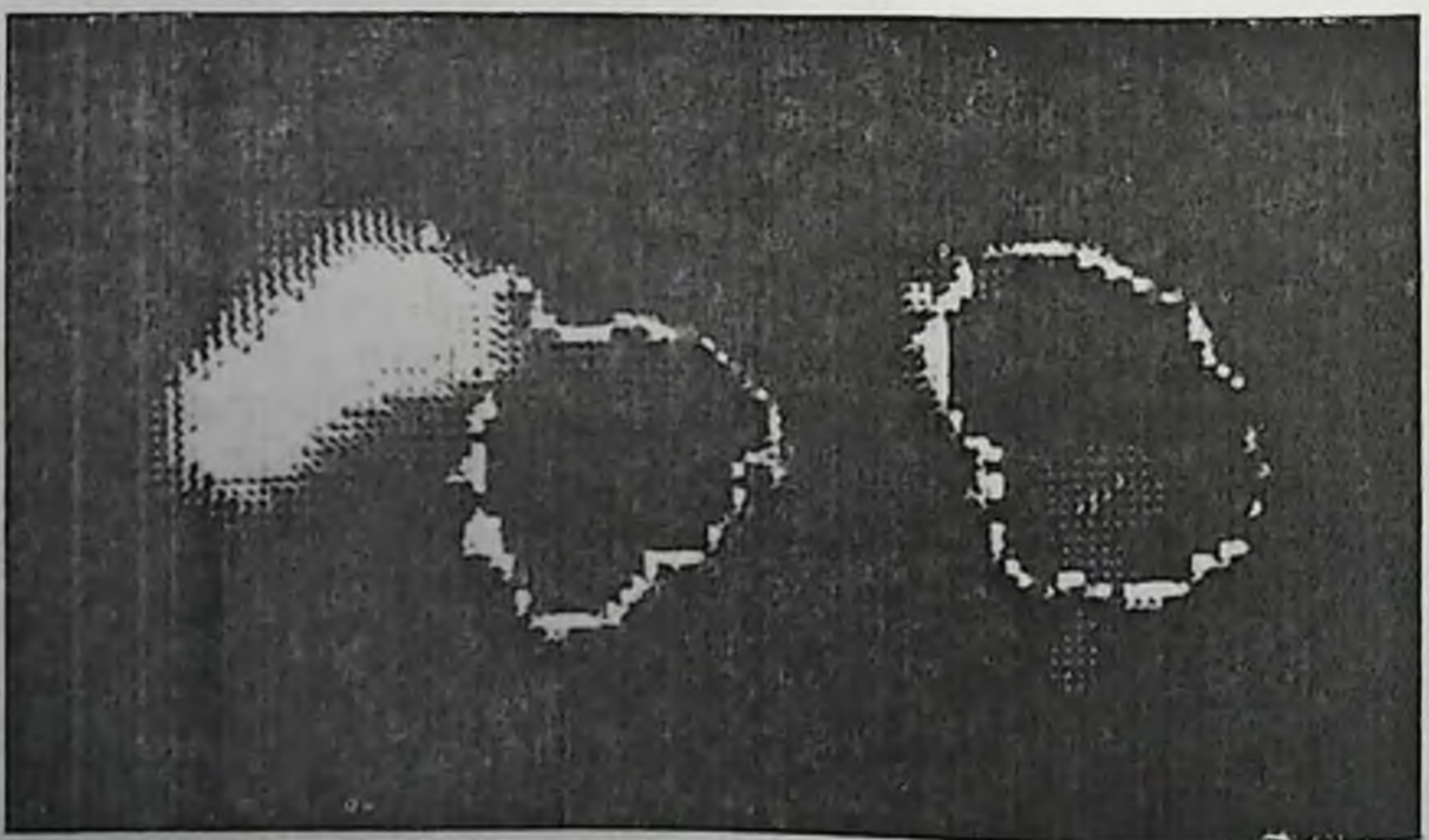
У больных с опухолью надпочечника при сцинтиграфии получается изображение только одного надпочечника, что дает основание для диагностического заключения и предопределяет сторону оперативного вмешательства. Однако не все опухоли надпочечника активно накапливают йодхолестерол. Это характерно только для кортикостером. Вместе с тем у некоторых больных без клинических признаков поражения надпочечников также можно получить картину преимущественной концентрации йодхолестерола на одной стороне. Так, на рис. 72 приведена сцинтиграмма с визуализацией изображения правого надпочечника у больного с кортикостеромой. Для лучшей анатомической ориентировки изображения надпочечников были получены на фоне почек после введения гиппурана, которые представлены после ЭВМ обработки в



71
ЭВМ-супрареносцинти-
грамма у больного с ги-
перплазией обеих над-
почечников.

виде контуров органов. Такая картина должна расцениваться как опухоль правого надпочечника.

Имеющиеся в литературе указания о клиническом применении ¹⁹йодхолестерола с целью визуализации надпочечников основаны на большом контингенте обследованных больных при использовании различной техники визуализации, в том числе и при использовании сканеров. Наши данные показывают, что получение сцинтиграфического изображения надпочечников после инъекции ¹⁹йодхолестерола возможно только при выполнении специальной техники исследования, обеспечивающей высокую чувствительность детектора, длительную экспозицию кадра и проведение обработки на ЭВМ. Длительность экспозиции до 40 мин и невозможность использования вводимых больших активностей йодхолестерола вы-



72. Супрареносцинтиграмма у больного с кортикостеромой левого надпочечника.

нуждает применять менее продолжительную методку. В основе ее находится принцип, что при известной технике исследования на конкретной гамма-камере можно установить граничную экспозицию, например 20 мин, когда визуализируются только надпочечники с повышенной функциональной активностью, а нормальные надпочечники еще не видны. При такой методике исследования получение на сцинтиграммах надпочечников может рассматриваться как наличие их гиперфункции. Сокращение времени экспозиции уменьшает вероятность шевеления и смещения пациента, ведущих к искажению сцинтиграфических изображений. Малейшее движение больного в процессе исследования приводит, с одной стороны, к анатомической дезориентировке относительно изображения почек, а с другой — к размазыванию изображения самого надпочечника, размеры которого увеличиваются. Если при этом учитывать необходимость выполнения дополнительной сцинтиграфии почек с тирпураном, выигрыш во времени представляется очень важным.

А. С. Аметов различает 6 типов сцинтиграфической картины надпочечников:

первый тип — изображение надпочечников небольших размеров, одинаковая, средняя интенсивность включения РФП в функционирующую ткань;

второй тип — двустороннее увеличение изображения надпочечников, повышенная интенсивность включения РФП в функционирующую ткань;

третий тип — увеличение изображения одного надпочечника, повышение интенсивности включения РФП в его функционирующую ткань при сохраненном изображении второго надпочечника;

четвертый тип — увеличение изображения одного надпочечника, повышенная интенсивность включения РФП в его функционирующую ткань при отсутствии изображения контралатерального надпочечника;

пятый тип — в случаях поиска остаточной ткани после оперативного лечения возможно обнаружение накопления РФП в типичных местах локализации надпочечников;

шестой тип — в случаях поисков метастазов злокачественных новообразований возможно обнаружение накопления РФП в некоторых органах в местах появления метастазов. Атипичное расположение участков накопления РФП возможно также и в случаях аберрантной надпочечниковой ткани.

2. Радиоиммунологический анализ гормонов надпочечников

Развитие методик исследования РИА позволило также изучать уровни концентрации различных гормонов коры надпочечников. В литературе имеются многочисленные публикации о состоянии уровней экскреций гормонов надпочечников при самых различных

заболеваниях и состояниях. Большая часть исследований альдостерона, ангиотензина, ренина, кортизола и АКТГ имеют пока чисто научный теоретический характер. Однако в трех областях клинической медицины показатели концентрации гормонов надпочечников в сыворотке крови пациента имеют важное клиническое значение и широко используются в диагностике. Это относится к диагностике гипертонии, гиперкортицизма и к определению степени тяжести бронхиальной астмы.

Диагностика патогенетического начала гипертонии до последнего времени представляла известные трудности и, как правило, требовала выполнения нагрузочных ангиографических исследований почек и надпочечников. С развитием радионуклидных методик исследования представилось возможным в значительной части случаев ограничиваться выполнением таких простых исследований, как ангиоцефросцинтиграфия, которая позволяет установить или отвергнуть почечный генез гипертензии.

Следующим этапом радионуклидной диагностики является изучение функционального состояния надпочечников и гипофиза. По данным А. С. Аметова и соавт. (1982), у таких больных наиболее информативными являются исследования уровня ренина и альдостерона в сыворотке крови. Снижение уровня ренина и повышение уровня альдостерона у больных с выраженной гипертензией указывают на надпочечниковый генез артериальной гипертонии. Таким больным показано проведение супрареносцинтиграфии с ¹²⁵йодхолестеролом. Если на сцинтиграммах будет получено изображение только одного из надпочечников или на фоне увеличенного одного надпочечника изображение второго будет нормальным, представляется возможным установить диагноз — болезнь Куона (естественно, при наличии и других данных клинико-лабораторного исследования). Поскольку таким больным показано хирургическое лечение, то по данным сцинтиграфии вполне обоснованно можно установить сторону операции.

При наличии у больных гипертензией нормальных показателей уровня ренина и альдостерона в сыворотке крови вероятность надпочечникового генеза артериальной гипертонии маловероятна и назначение супрареносцинтиграфии не обосновано. Таким образом, РИА исследования ренина и альдостерона у больных с артериальной гипертензией выполняют роль скрининга для более сложной супрареносцинтиграфии.

У больных с явлениями гиперкортицизма РИА исследования кортизола и АКТГ являются вспомогательными к результатам супрареносцинтиграфии и могут способствовать дифференциальной диагностике между болезнью Иценко — Кушинга и кортикостеромой надпочечника. У таких больных может быть получена при сцинтиграфии с йодхолестеролом одинаковая картина: интенсивное изображение одного из надпочечников при нормальном изображении второго надпочечника или его отсутствие. При обнаружении пониженного уровня АКТГ и повышенного уровня кортизола можно установить диагноз кортикостеромы.

У больших бронхиальной астмой также отмечены характерные изменения уровня кортизола, позволяющие определить степень тяжести заболевания. Так, при среднетяжелой форме бронхиальной астмы в межприступном периоде отмечаются низкие уровни кортизола, а в момент приступов концентрация кортизола резко увеличивается. Введение аллергенов таким больным в межприступный период сопровождается резким повышением уровня кортизола, что свидетельствует о сохранении нормальной ответной реакции надпочечников на стрессовую ситуацию. При тяжелой форме бронхиальной астмы, после лечения кортикостероидами, может не отмечаться повышения уровня кортизола на гипосенсибилизацию.

Приведенные выше данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Супрареносцинтиграфия с ^{131}I -йодхолестеролом является высокоэффективным способом визуализации надпочечников, позволяет определить состояние гиперфункции и должна быть использована в диагностике болезни Иценко — Кушинга и опухолей надпочечников. В сочетании с РИА АКТГ и кортизолом представляется возможным осуществлять дифференциальную диагностику этих заболеваний. По данным супрареносцинтиграфии представляется возможным избрать правильную тактику оперативного вмешательства, т. е. определить сторону операции.

2. У больных с артериальной гипертензией супрареносцинтиграфия в сочетании с РИА ренина и альдостерона позволяет установить диагноз болезни Юнга.

3. Удовлетворительные результаты при сцинтиграфии надпочечников могут быть получены только при строгом соблюдении методики исследования с анализом полученных результатов путем обработки на ЭВМ.

Глава VIII

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Заболевания и дисфункции щитовидной железы за последние 30 лет настолько тщательно изучены, что в настоящее время их патогенез, клиника и последствия представляются раскрытыми в гораздо большей степени, чем патология других органов и систем. Такой успех в познании нормальной и патологической физиологии щитовидной железы обусловлен в основном благодаря применению радиоактивных нуклидов. Широкое распространение радионуклидной диагностики заболеваний щитовидной железы позволило настолько повысить уровень оказания медицинской помощи для данной категории больных, что в последние годы значительно уменьшились (а на некоторых территориях практически ис-

чезли) классические формы базедовой болезни с выраженными клиническими проявлениями. По существу в современной клинической практике первичное выявление заболеваний щитовидной железы происходит на ранних стадиях развития патологического процесса, когда клиническое проявление является малоспецифичным и диагноз устанавливается на основании исключительно данных радионуклидного исследования. Весь комплекс радионуклидной диагностики заболевания щитовидной железы целесообразно разделить на две группы методик, показания к назначению которых совершенно различные, а выполнение их производится в специальных кабинетах. Именно поэтому рассмотрение этих групп методик в настоящей главе будет проведено отдельно.

К первой группе методик относятся исследования состояния функции щитовидной железы и йодного обмена, которые объединяются общим названием «радионуклидные исследования тиреоидного обмена».

Ко второй группе методик относятся способы визуализации ткани щитовидной железы.

1. Поглощительные тесты с тиреотропными РФП

Краткая характеристика йодного обмена. Физиология йодного обмена достаточно хорошо изучена и разделяется на несколько фаз, которые представлены в виде схемы 2. Неорганический йод,



поступающий с пищей и водой, всасывается в кишечнике и достигает с кровью щитовидной железы, где происходит его окисление и последующая йодинация в тирозиновые группы (монойодтирозин) до достижения активных гормональных соединений — трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄). Эти гормональные соединения йода соединяются с тиреоглобулином и откладываются в виде интрафолликулярного коллоида. В нормальной щитовидной железе концентрация йода распределяется следующим образом: в виде монойодтирозина — 17—28%, дийодтирозина — 24—25%, тироксина — 35% и трийодтиронина — 5—8%.

Путем ферментативного гидролиза происходит освобождение тироксина от тиреоглобулина, и тироксин поступает в кровь, где соединяется с особым транспортным белком — тироксинсвязывающим глобулином (ТСГ). Тиреоглобулин при этом в норме в кровь

не проникает. Количество T_3 в крови очень низкое и составляет $1/70$ от концентрации тироксина. Существует мнение, что трийодтиронин частично образуется из тироксина путем нитратпреобразовательного ферментативного монодйодирования и как бы является его активной фракцией. Собственно свободная фракция тироксина крови весьма незначительная и составляет всего 0,05% от тироксина, циркулирующего в крови, однако именно она обуславливает активное действие гормонов в тканях организма, так как может проникать в клетку. В норме определяется четкая зависимость между связанной и свободной фракцией тироксина в крови.

В транспортно-органической фазе йодного обмена существует тонкий механизм компенсации, обусловленный, в частности, состоянием тироксинсвязывающих белков. Общая емкость тироксинсвязывающих белков обозначается как ОТСС (общая тироксинсвязывающая способность сыворотки) и состоит из части, занятой тироксином, собственно определяемой в крови как тироксин T_4 , и части свободных связей тироксинсвязывающих белков, которая определяется как латентная тироксинсвязывающая способность сыворотки (ЛТСС). Около 60% T_4 связано с глобулином, 30% — с преальбумином и 10% — с альбумином.

Регулирование функциональной активности щитовидной железы осуществляется тиреотропным гормоном передней доли гипофиза — тиролиберином. В свою очередь функция гипофиза регулируется тиреотропин-релизинг-гормоном, продуцируемым гипоталамической областью, который с кровью достигает гипофиза. Таким образом, система регуляции функции щитовидной железы соответствует классической форме регуляции любой эндокринной железы.

В принципе все многообразие заболеваний и нарушений йодного обмена может быть сведено к пониженной и повышенной функции, что сопровождается развитием характерной клинической картины. Однако причины развития этих состояний различны: эпидемические заболевания, связанные с недостатком йода в воде и пище, воспалительные заболевания щитовидной железы, развитие опухолей, а также нарушения функции гипофиза или центральной нервной системы. Задачей современной диагностики является определение состояния йодного обмена и установление причины развития его нарушений.

Еще 40 лет назад было установлено, что ^{131}I при пероральном приеме всасывается из желудка в кровь, частично накапливаясь в щитовидной железе, а большей частью выводится с мочой. При пониженной функции щитовидной железы включение йода в нее снижается, а при повышенной функции повышается. Эти данные послужили основанием для развития диагностического теста — определения йодоглотительной функции щитовидной железы с помощью ^{131}I , который получил широкое распространение в клинической практике. В 1970 г. была разработана методика определения концентрации собственно гормонов щитовидной железы — T_4 , T_3 и тиреоглобулина, который является нормальным компо-

пентом сыворотки крови, а также концентрации тиролиберина. Непосредственное измерение свободного тироксина в сыворотке стало возможным только в последнее время, а до этого использовались способы косвенного определения уровня свободного тироксина, например коэффициента свободного тироксина (КЭТ), основанного на соотношении измерений спиртового экстракта тироксина в стандартном растворе и сыворотке пациента.

К настоящему времени в клинической практике используется ряд методик радионуклидного исследования, вполне достаточных для своевременной диагностики различных заболеваний щитовидной железы.

Йодопоглотительный тест. Этот тест производится после перорального приема пациентом натощак раствора йодида натрия ^{131}I общей активностью 74 кБк. Равное количество активности препарата вводят в специальный фантом щитовидной железы. Через 2, 4 и 24 ч после приема йода выполняется радиометрия области шеи пациента с помощью специального аппарата — тироксиметра. Каждое измерение проводят до получения общего счета импульсов 10 000. Затем в аналогичных геометрических условиях выполняют измерения фантома щитовидной железы, содержащего равную, с принятой больным активностью ^{131}I . Результаты измерений фантома принимают за 100% и относительно этой величины рассчитывают процент накопления йода в щитовидной железе пациента. В норме через 2 ч в щитовидной железе накапливается 10—15% йода, через 4 ч — 20—30% и через 24 ч — 25—30%. При пониженной функции эти показатели ниже, а при повышенной увеличиваются. Недостатком этой пробы является продолжительность исследования, так как пациент вынужден находиться в течение 2 дней на исследовании, а также определенная лучевая нагрузка на щитовидную железу. Кроме того, йодопоглотительный тест дает малоинформативные данные в оценке пониженной функции щитовидной железы, поскольку в большинстве случаев эти показатели находятся на уровне нижней границы нормы.

Поглотительный тест с технецием. Этот тест производится после внутривенного введения пертехнетата $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в количестве 3—37 МБк. Техника исследования такая же, как и для йодопоглотительного теста, однако измерения производятся непрерывно в течение первых 20 мин. К этому времени в норме наступает максимум накопления препарата в щитовидной железе и кривая выходит на плато. Для этих измерений лучше использовать аппарат «Хроноскоп», с помощью которого представляется возможным одновременно выполнять как радиометрию области щитовидной железы, так и радиометрию всего тела.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ не включается в состав гормонов щитовидной железы, и его участие ограничивается неорганической фазой. Скорость его концентрации в щитовидной железе отражает состояние кровоснабжения щитовидной железы и проницаемость клеточных мембран, определяющих интенсивность неорганической фазы йодного обмена. Этот тест является вспомогательным и дает воз-

возможность преждевременно выяснить степень включения йода в щитовидную железу. Как правило, проводится как первый этап перед сканированием или сцинтиграфией щитовидной железы, которое осуществляется сразу же после окончания функционального теста. Этим комплексом объясняется необходимость введения значительных активностей пертехнетата (до 37 МБк).

2. Радиоиммунологический анализ в диагностике заболеваний щитовидной железы

Радиоиммунологический анализ в диагностике заболеваний щитовидной железы получил широкое распространение в клинической практике. РИА включает исследования ЛТСС, T_3 , T_4 (общего и свободного) и тиротропина. Кроме того, предложены различные специальные методики РИА, которые до настоящего времени еще не получили четкого клинического обоснования. К ним относятся методики РИА тироглобулина и реверсивного трийодтиронина. Следует также отметить, что ввиду огромного интереса к диагностике врожденных гипотиреозов были разработаны и специальные методики РИА тироксина и тиротропина для обследования новорожденных.

В основе наборов для РИА трийодтиронина и тироксина находится радиоиммунный анализ, а для определения латентной тироксинсвязывающей способности — радиореагентный анализ. Для измерения концентрации трийодтиронина, связанного с глобулином, требуется 0,1 мл сыворотки, а для определения тироксина — всего 0,025 мл (25 мкл). Период инкубации соответственно составляет 3 и 2 ч при комнатной температуре. Затем в наборах типа «СПАК» без последующего центрифугирования надосадочная жидкость сливается, а осадок подвергается радиомерению. В наборах типа «РИОМАТ» осадок отделяется путем центрифугирования. В основе определения ТТГ лежит радиоиммунная проба. Разделение свободного и связанного с антителами гормона происходит с использованием принципа двойных антител. Для измерения концентрации тиротропина требуется 0,2 мл сыворотки (на две параллельные пробы). Процедура исследования занимает 2 дня, поскольку требуется длительный срок инкубации (2 раза по 24 ч).

Становление функции щитовидной железы у новорожденных. Система гипофиз — щитовидная железа является ведущей в развитии ранней среды гормональной адаптации новорожденного, поскольку она формируется у плода с ранних сроков беременности и функционирует независимо от аналогичной системы матери. Ранний постнатальный период адаптации новорожденного происходит под влиянием сложных гормональных взаимоотношений. Сразу после рождения ребенок представляет собой составную часть единой системы мать — плод — новорожденный, и его приспособительные возможности в значительной мере зависят от усло-

вий антенатального развития. В этот период в крови новорожденного циркулируют гормоны материнского и плацентарного происхождения: эстрогены, прогестерон, гипофизарные гормоны. Проникая через плацентарный барьер в систему кровообращения плода, эти гормоны остаются в высоких концентрациях в крови новорожденного в течение первых дней жизни.

Совершенно иной характер динамики постнатального периода отмечается у гормонов щитовидной железы, которые не проникают через плацентарный барьер. Формирование системы щитовидной железы у плода с первых недель беременности происходит независимо от организма матери. К моменту рождения ребенка щитовидная железа находится в активном состоянии, и уровень ее гормонов в крови обусловлен собственной функцией железы, независимо от уровня гормонов щитовидной железы матери.

В пуповинной крови по сравнению с кровью матери отмечается низкий уровень T_3 , достаточно высокий уровень T_4 и высокий уровень ТСГ. Это свидетельствует, что у новорожденного сразу после рождения, так же как и у плода, система обратной связи щитовидная железа — гипофиз еще не функционирует в достаточной степени. Низкий уровень T_3 в пуповинной крови при умеренно высоком уровне T_4 , по-видимому, обусловлен недостаточной зрелостью системы.

В 1-е сутки после рождения наблюдается тенденция к повышению уровня всех трех гормонов, в том числе и T_3 , причем эти показатели даже несколько выше, чем у матери, что доказывает самостоятельную продукцию их в организме новорожденного. Значительный подъем ТСГ в течение первых часов внеутробной жизни, а также следующее за ним повышение T_3 и T_4 имеют, несомненно, адаптационный характер. Так же как и в пуповинной крови, в 1-е сутки жизни отмечаются низкие коэффициенты корреляции между гормонами. К 3-му дню жизни уровень T_4 продолжает умеренно нарастать, в то время как содержание ТСГ падает, поскольку в это время начинает функционировать обратная корреляционная зависимость между функцией гипофиза и щитовидной железой. Однако эта зависимость еще крайне неустойчива и имеет большие индивидуальные особенности.

Содержание T_3 на 3-й день достоверно снижается, однако прямая корреляционная зависимость между T_3 и T_4 отсутствует, напротив, их динамика в течение 1—3-го дня имеет разнонаправленный характер: T_4 повышается, а T_3 снижается.

К 6-му дню жизни уровни ТСГ и T_4 приближаются к показателям матери и стабилизируются, что, по-видимому, связано с окончанием острой фазы адаптации. Уровень T_3 после вторичного падения на 3-й день вновь нарастает и достигает показателя у матери.

Особенностью этого периода является установление корреляционной зависимости как между ТСГ и T_4 , так и между T_3 и T_4 .

Таким образом, в течение первых 3 сут изменения уровня тиреоидных гормонов и ТСГ носят в основном адаптационный ха-

рактар, в связи с чем содержание гормонов значительно отличается от их уровня у взрослых. Отсутствует корреляция между гормонами, свойственная зрелому организму, характерны значительные индивидуальные колебания. В это время определение гормональных показателей может служить тестом для оценки адаптационных возможностей новорожденного. Однако для корректной интерпретации уровня гормонов в раннем постнатальном периоде необходимо учитывать день или даже час забора крови и степень зрелости ребенка.

Только после 3-го дня жизни уровни гормонов начинают стабилизироваться и устанавливаются корреляционные связи между ними, свойственные системе гипофиз — щитовидная железа, в связи с чем диагностика врожденных заболеваний щитовидной железы возможна только по окончании острой фазы адаптации (3—6-й день жизни).

Развитие РИА в перинатологии уже в настоящее время имеет несомненные успехи в улучшении здоровья новорожденных. Установлена ведущая роль щитовидной железы в процессах физического развития плода, формирования скелета и центральной нервной системы (ЦНС). Врожденный гипотиреоз вызывает задержку развития ЦНС и является главной причиной в структуре развития врожденной умственной отсталости. Особую опасность в плане развития гипотиреоза представляют недоношенные новорожденные, у которых общий уровень тиреоидных гормонов снижен по сравнению с доношенными детьми. Однако клинические проявления гипотиреоза у недоношенных малоспецифичны, что вызывает большие трудности для ранней диагностики. Мало изучены также основные патологические механизмы низкого уровня тиреоидных гормонов у новорожденных детей.

И. П. Ларичева и соавт. (1983) обследовали 50 новорожденных, которые были разделены на две группы в зависимости от степени зрелости. Забор крови проводили на 1-й, 3-й, 7-й, 14-й и 30-й день жизни. В каждой пробе определялся комплекс гормонов: тироксина (T_4), трийодтиропина (T_3) и тиреостимулирующего гормона гипофиза (ТСГ). Первую группу составили новорожденные с массой тела от 2000 до 2500 г, родившихся при сроках беременности от 33 до 37 нед, а вторую группу — новорожденные с массой тела от 900 до 2000 г, родившихся при сроках беременности от 28 до 36 нед. Уровень тироксина (T_4) в группе детей с массой от 2000 до 2500 составил $119,9 \pm 10,3$ нмоль/л на 1-е сутки жизни, что достоверно ниже, чем в контрольной группе ($189,6 \pm 10,8$ нмоль/л). У глубоко недоношенных детей второй группы показатель T_4 составлял $94,1 \pm 10,7$ нмоль/л. В последующие дни уровень тироксина постоянно нарастал у детей первой и второй групп, но даже к концу 1-го месяца жизни показатели оставались на более низком уровне, чем у доношенных. Уровень трийодтиропина (T_3) у недоношенных детей также был значительно ниже, чем у доношенных, и к концу 1-го месяца жизни его показатели не достигли уровня доношенных детей. У детей первой группы в 1-е сутки жизни

уровень T_3 был в $1\frac{1}{2}$ раза ниже, чем у доношенных, а во второй группе даже в 3 раза ниже. При этом у недоношенных с массой тела менее 1500 г концентрация T_3 не поднималась выше 0,29 нмоль/л, а у плода с массой тела 900 г при сроке беременности 28 нед T_3 составлял 0,07 нмоль/л, а T_4 — 37,4 нмоль/л. Общий уровень ТТГ при рождении у недоношенных как в первой, так и во второй группах оказался ниже, чем у доношенных детей. В последующие дни отмечались большие индивидуальные колебания ТТГ, которые мы рассматривали в корреляционной зависимости от уровня тиреоидных гормонов.

Установлены три формы взаимоотношений между уровнем ТТГ и T_4 :

- 1) снижение ТТГ при сниженном уровне T_4 ;
- 2) повышение уровня ТТГ при низком T_4 ;
- 3) нормальный уровень ТТГ при низком уровне T_4 .

Таким образом, по полученным результатам исследований у недоношенных новорожденных значительно снижен уровень тиреоидных гормонов, выраженный не только при рождении, но и в течение последующих 3—4 нед жизни, особенно важных в формировании ЦНС. В патогенезе этого состояния можно определить три ведущие причины: 1) первичное снижение функции щитовидной железы; 2) снижение функциональной активности гипофизарно-тиреоидной системы в целом; 3) дисгормоногенез, проявляющийся в нарушении корреляционной зависимости в системе гипофиз — щитовидная железа.

Анализ полученных результатов позволяет считать снижение уровня тиреоидных гормонов у недоношенных особой формой гипотиреоза, обусловленной незрелостью гипофизарно-тиреоидной системы. Транзиторный характер гипотиреоза у недоношенных тем не менее необходимо оценивать как патологическое состояние, влияющее на адаптационные механизмы постнатального развития, на снижение уровней обменных процессов, ведущее к замедленному формированию ЦНС, что нередко обуславливает отставание в развитии недоношенных детей и в последующие периоды жизни.

В связи с высказанной точкой зрения транзиторный гипотиреоз недоношенных требует проведения заместительной гормональной терапии.

Недостаточность функции щитовидной железы у новорожденных ведет к нарушению последующего гормонального развития человека. Клинические проявления гипотиреоза зависят от степени тяжести поражения щитовидной железы. Углубленное изучение функции щитовидной железы высокочувствительными методами исследования позволило установить, что даже субклинические формы гипотиреоза вызывают полигландулярные расстройства, а нарушение обмена веществ влияет на психомоторное развитие и формирование репродуктивной функции человека. Бесплодие, низкий уровень интеллекта, эмоциональная вялость, снижение работоспособности нередко являются последствиями

врожденной недостаточности функции щитовидной железы, которая своевременно не была диагностирована и в связи с этим оставалась без лечения. Между тем если лечение гипотиреоза начинается своевременно с периода новорожденности, то тяжелые психоневрологические, соматические нарушения развития ребенка можно предупредить.

Однако, как показал статистический анализ, выявление гипотиреоза на основании клинических симптомов происходит позднее 3-го месяца жизни, т. е. в те сроки, когда возникают уже необратимые изменения в ЦНС, ведущие к нарушению развития интеллекта ребенка, вплоть до тяжелой умственной отсталости. В течение 1-го месяца жизни врожденный гипотиреоз клинически распознается лишь у 2,8% детей.

Поскольку получение сыворотки у новорожденного представляет определенные трудности, разработана методика исследования гормонов в плазме крови. Забор крови осуществляется всем новорожденным в период от 5-го до 7-го дня жизни. Проводится определение тироксина и тиреостимулирующего гормона гипофиза. Поскольку вопросы регуляции функции щитовидной железы более подробно рассматриваются в следующем разделе, мы ограничимся лишь вопросами гипотиреоза у новорожденных без подробного описания патологического состояния йодного обмена.

С помощью проведения целенаправленных программ массового обследования новорожденных установлено, что частота врожденного гипотиреоза в различных странах неодинакова и носит эпидемичный характер.

Клиническое определение гормонов щитовидной железы и гипофиза позволяет различить две основные формы гипотиреоза у новорожденных:

1) первичный гипотиреоз — внутриутробное недоразвитие щитовидной железы, которое сопровождается снижением уровня тироксина и резким повышением продукции тиреостимулирующего гормона гипофиза. Встречается с частотой 1 : 3300, 1 : 4000;

2) вторичный гипотиреоз, развивающийся как следствие недостаточности гипоталамо-гипофизарной системы, для которой характерны низкий уровень тироксина при отсутствии повышения содержания тиреостимулирующего гормона гипофиза. Встречается значительно реже, чем первичный гипотиреоз, примерно 1 : 20 000.

На основании проведенных исследований были установлены критические уровни тироксина $183,1 \pm 21,9$ нмоль/л и тиреостимулирующего гормона гипофиза (30 мкЕ/мл) для доношенных новорожденных на 5—7-е сутки жизни. Эти сроки жизни являются оптимальными для диагностики гипотиреоза, так как содержание гормонов в пуповинной крови и в течение первых суток жизни не отражает истинное состояние функции щитовидной железы новорожденного. Уровень гормонов в эти дни нестабильный, носит адаптационный характер и часто зависит от многих обстоятельств (состояния белковых фракций, объема циркулирующей крови и пр.).

Исследования последних лет показали, что у недоношенных новорожденных уровень тироксина значительно ниже, чем у доношенных, и зависит от степени недоношенности.

В то же время общий уровень тиреостимулирующего гормона у недоношенных ниже, чем у доношенных новорожденных, что обусловлено незрелостью гипоталамо-гипофизарной системы.

Наиболее частыми диагностическими симптомами гипотиреоза у новорожденных являются общая вялость, плохое сосание, длительная желтуха, сухость и дистрофические изменения кожных покровов. Однако все эти симптомы малоспецифичны и лабораторная диагностика остается основной для распознавания заболевания. Проведение скрининговых исследований у новорожденных позволяет установить не только врожденный гипотиреоз, но и так называемый транзиторный гипотиреоз, представляющий еще большие трудности для диагностики. Транзиторный гипотиреоз характеризуется временным нарушением функции щитовидной железы у новорожденных, которое наблюдается в течение первого месяца жизни, и обусловлено нарушениями внутриутробного развития при осложненном течении беременности или развивается на фоне тяжелых заболеваний новорожденных, таких как дыхательная недостаточность, сепсис и пр.

Транзиторный гипотиреоз, так же как истинный, неблагоприятно влияет на адаптацию новорожденного, его физическое и психическое развитие, в связи с чем оценивается как тяжелое заболевание, требующее применения корригирующей гормональной терапии под контролем исследования уровня гормонов щитовидной железы и гипофиза. Особой формой гипотиреоза новорожденных является снижение уровня тироксина на фоне врожденной недостаточности тироксинсвязывающего глобулина (ТСГ-анемия).

Таким образом, проведение массового обследования новорожденных по скрининг-программе позволяет выявить ряд тяжелых нарушений функции системы гипоталамус — гипофиз — щитовидная железа и своевременно начать целенаправленное лечение. Новорожденные с нарушенной функцией щитовидной железы, отобранные в результате скрининг-исследования, пуждаются в более детальном и комплексном обследовании, включающем определение в сыворотке крови новорожденных уровня тироксина, трийодтиронина, тиреостимулирующего гормона, тироксинсвязывающего глобулина с целью установления дифференциального диагноза, формы и тяжести заболевания.

Концентрация гормонов при эутиреозе. Специальные работы по обоснованию нормальных уровней тиреоидных гормонов в крови у людей отмечают, что стандартные показатели нормы в значительной степени имеют особенности в зависимости от географического положения и геологических характеристик местности, где постоянно проживают обследуемые. Обычно сывороточный базальный уровень тиротропина в норме не превышает 7 мкЕ/мл. Через 30 мин после внутривенного введения 100—200 мкг тиротропина-рилизинг-гормона (тиролиберина) концентрация ТТГ в крови по-

вышается до 25 мкЕ/мл. Увеличение концентрации ТТГ через 30 мин после инъекции ТРГ обозначается как Δ ТТГ и при эутиреоидном состоянии не превышает 23 мкЕ/мл. Измерения ТТГ в более поздние сроки, например через 1 ч после инъекции ТРГ, не дают дополнительной информации и поэтому практического значения не имеют. В табл. 12 приводятся нормальные значения

Т а б л и ц а 12

Нормальные показатели тиреоидных гормонов у лиц в возрасте 30—40 лет ($M \pm m$)

ТТГ, мкЕ/мл	T_3 , н.моль/л	T_4 , н.моль/л	КЭТ	ЛТСС
0—7,4 $2,97 \pm 0,3$	1,5—2,7 $1,8 \pm 0,04$	103—170 $114 \pm 3,3$	0,95—1,05 $0,98 \pm 0,1$	0,08—0,95 $0,98 \pm 0,02$

концентрации ТТГ, трийодтиронина (T_3), тироксина (T_4), а также коэффициента эффективного тироксина (КЭТ) и латентной тироксинсвязывающей способности (ЛТСС). Два последних показателя представляются в условных относительных единицах.

По нашим данным, основанным на наблюдении 135 детей в возрасте от 2 до 15 лет без признаков заболевания щитовидной железы, можно отметить, что у детей в пубертатном возрасте отмечается некоторое снижение концентрации T_4 и T_3 по сравнению с детьми дошкольного возраста.

Значение ЛТСС зависит как от уровня тиреоидных гормонов в сыворотке, так и от содержания в ней тироксинсвязывающего глобулина (ТСГ). В табл. 12 приведены значения ЛТСС при эутиреозе, когда количество ТСГ также не отличается от нормы. При состояниях, сопровождающихся повышением или снижением уровня ТСГ в сыворотке, например при заболеваниях системы кроветворения, у беременных, значения ЛТСС при неизменной функции щитовидной железы будут отличаться от приведенных в табл. 12.

Показатель ЛТСС, характеризующий емкость тироксинсвязывающих белков, имеет определенное диагностическое значение при пограничных гипертиреоидных состояниях, когда его изменение регулирует уровень свободного тироксина в крови.

В принципе приведенные в табл. 12 значения нормальных показателей достаточно стабильны и мало изменяются даже при различных неэндокринных заболеваниях. Так, из обследованных нами в динамике 102 детей, больных лимфогранулематозом, только при тяжелом состоянии отмечалось некоторое снижение уровней T_3 и T_4 относительно нижней границы их исходной нормы. Даже после проведения повторных курсов лучевой терапии и химиотерапии существенных изменений концентрации тиреоидных гормонов у детей не отмечено. Вместе с тем при некоторых по-

лустрессовых ситуациях возможны значительные индивидуальные изменения концентрации тиреоидных гормонов. Так, например, у больных ожирением после массивного курса похудения, когда масса пациентов уменьшалась на 10—15 кг за 2—3 нед, имелись значительные изменения показателей, выходявшие за границы нормы.

При гипотиреозах базальный уровень ТТГ в сыворотке, особенно при первичном гипотиреозе, как правило, выше 7 мкЕ/мл, но при вторичном и третичном гипотиреозах начальная концентрация ТТГ в сыворотке может быть нормальной. После стимуляции тиролиберином уровень ТТГ в сыворотке при первичном гипотиреозе повышается и Δ ТТГ превышает 25 мкЕ/мл. При вторичном гипотиреозе стимуляция тиролиберином не вызывает ответной реакции со стороны гипофиза и концентрация тиреотропного гормона в крови практически не изменяется. При гипотиреозах, обусловленных поражением гипоталамуса, резервные возможности гипофиза могут оказаться ненарушенными или даже быть выше, чем в норме, поэтому ТТГ может быть в пределах нормы.

Сывороточный уровень трийодтиронина при гипотиреозах в большинстве случаев ниже 1,5 нмоль/л, но может находиться и в пределах нормальных значений, а иногда даже незначительно превышать верхнюю границу нормы, что объясняется компенсаторно-адаптационной реакцией организма. По той же причине часто наблюдается повышенная концентрация трийодтиронина при эутиреозе в сыворотке пациентов, проживающих в эндемичной области.

Уровень тироксина и значение коэффициента эффективного тироксина при гипотиреозах снижены, причем степень этого снижения зависит от тяжести заболевания. В зависимости от типа гипотиреоза отмечается различная картина изменений гормонального гомеостаза. Так, при первичном гипотиреозе имеется снижение T_3 и T_4 , повышение ТТГ и резкое повышение Δ ТТГ. При йододефицитном гипотиреозе и болезни Хашимото наблюдается такая же картина. При вторичном гипотиреозе, обусловленном дисфункцией гипофиза, снижены показатели не только T_3 , T_4 , но и ТТГ, а реакция на введение тиролиберина либо нормальная, либо немного повышена.

Несмотря на то что основополагающих работ по разделению гипотиреоза на стадии по данным комплекса радиоиммунологических исследований до сих пор нет, мы считаем целесообразным использовать нашу рабочую классификацию. Предусматривается выделение трех стадий, или форм, гипотиреоза: легкой, средней и тяжелой. При легкой форме уровень ТТГ 8—12, а Δ ТТГ 25—30 мкЕ/л, при среднетяжелой форме базальный уровень ТТГ 13—16, а Δ ТТГ 31—40 мкЕ/л, при тяжелой форме соответственно ТТГ более 16 и Δ ТТГ более 40 мкЕ/л.

Значения показателей ТТГ, T_4 и КЭТ являются важным критерием оценки эффективности проводимой гормональной терапии

детей, страдающих гипотиреозом. Рекомендуется проводить определение этих показателей каждые 10 дней во время лечения гипотиреоза и не реже 2 раз в год при приеме поддерживающих доз тиреоидина. В среднем при легких формах гипотиреоза нормализация показателей общего и свободного тироксина наступает на 15-й день лечения. При среднетяжелых формах заболевания уровень общего тироксина нормализуется к 20-му дню лечения, а уровень свободного тироксина — только к 30-му дню лечения. При тяжелых формах гипотиреоза значение общего тироксина приходит к норме лишь через месяц после начала лечения, а показатель эффективного тироксина в этот момент обычно находится на нижней границе нормы.

При легкой степени гипотиреоза показатель латентной тироксинсвязывающей способности может иметь нормальное значение. При среднетяжелых и тяжелых формах заболевания значение ЛТСС повышено. В период лечения гипотиреоза показатель ЛТСС может принимать самые разнообразные значения, отражая адаптационную реакцию организма, и не может являться критерием оценки эффективности проводимой больному гормональной терапии.

Использование йодпоглотительного теста для диагностики гипотиреоза мало достоверно, так как снижение показателей накопления йода в железе может быть обусловлено рядом причин, приводящих к временной блокаде щитовидной железы. Этих причин много, и наиболее частой является прием медикаментов, в том числе и введение йодсодержащих рентгеноконтрастных препаратов, прием гормональных препаратов, седативных и др. Несмотря на тщательность предварительной подготовки пациента, эти многочисленные влияния очень трудно учесть и предотвратить.

Тиреотоксикоз. Базальный уровень тиреотропного гормона при гиперфункции щитовидной железы, как правило, низкий и не превышает 2 мкЕ/мл. После стимуляции тиролиберном реакция со стороны гипофиза или вообще не наблюдается, или крайне незначительна (ТТГ 15—20 мкЕ/мл). Концентрация трийодтиронина в сыворотке при тиреотоксикозах выше 2,7 нмоль/л. Некоторые формы тиреотоксикоза, составляющие, по нашим данным, 12% всех случаев заболевания, обусловлены избирательно повышенной секрецией трийодтиронина щитовидной железой. В этих случаях в крови больных определяется повышенный уровень трийодтиронина более 3,5 нмоль/л при нормальном содержании общего и свободного тироксина. Изолированные трийодтирониновые тиреотоксикозы часто наблюдаются в ранних стадиях тиреотоксикоза, а также при автономной аденоме. При лечении анти тиреоидными препаратами концентрация трийодтиронина в сыворотке может увеличиться, в то время как уровни общего и свободного тироксина нормализуются или даже опускаются ниже нормальных значений. Наблюдается также повышение уровня трийодтиронина в сыворотке пациентов после хирургического удаления доли щитовидной железы. При трийодтирониновом тиреотоксикозе лечение

следует проводить до нормализации сывороточного уровня трийодтиронина.

Концентрация тироксина при тиреотоксикозе в сыворотке и значение коэффициента эффективного тироксина, как правило, повышены (T_4 более 170 нмоль/л), КОЭ более 1,05, но, как уже отмечалось выше, при трийодтироновом тиреотоксикозе эти показатели могут оставаться нормальными. Обычно же степень повышения показателей T_4 и КЭТ зависит от тяжести заболевания. Так, при легкой степени тиреотоксикоза уровень тироксина находится в пределах 170—206 нмоль/л, при средней степени — 207—245 нмоль/л и при тяжелой — более 245 нмоль/л.

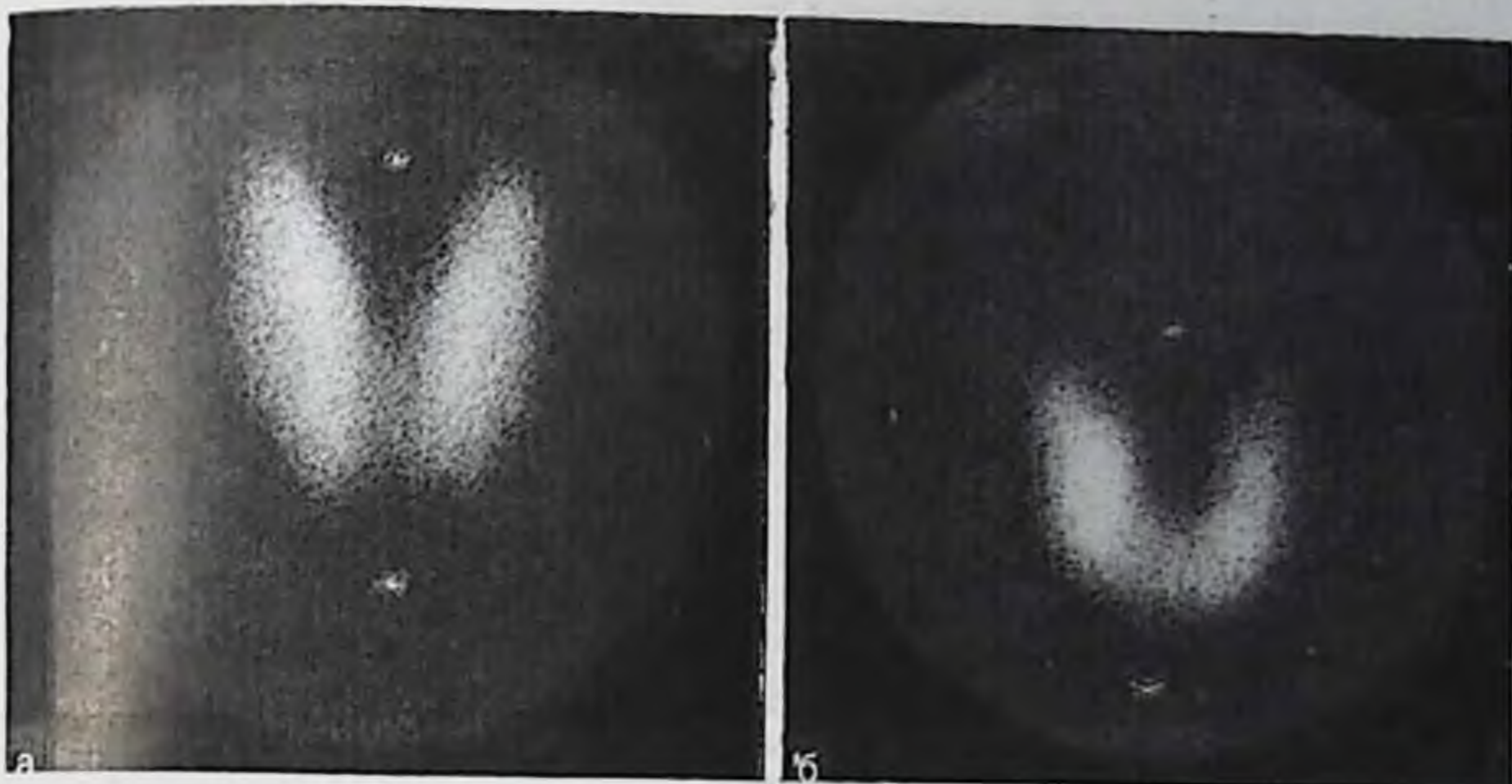
При медикаментозном лечении тиреотоксикоза рекомендуется проводить измерение концентрации общего тироксина и коэффициента эффективного тироксина через каждые 10 дней. При этом отмечается, что при среднетяжелом тиреотоксикозе уровень общего тироксина в среднем приходит к норме к 20-му дню лечения, а свободного тироксина — к 30-му дню лечения. При тяжелых формах тиреотоксикоза показатель общего тироксина нормализуется через месяц после начала лечения, а показатель эффективного тироксина — лишь на 40-й день лечения.

Показатель латентной тироксинсвязывающей способности сыворотки в начальных стадиях заболевания тиреотоксикозом обычно имеет нормальные или даже несколько повышенные значения. При среднетяжелых и тяжелых формах тиреотоксикоза значение ЛТСС снижено. При лечении тиреотоксикоза показатель ЛТСС может принимать разнообразные значения.

3. Тиреосцинтиграфия

Необходимость анатомо-топографического исследования щитовидной железы возникает в случаях обнаружения опухолевых образований в области щитовидной железы и при подозрении на наличие эктопированной щитовидной железы. Радионуклидная визуализация щитовидной железы осуществляется после внутривенного введения пертехнетата ^{99m}Tc из расчета 150—370 кБк на 1 кг массы тела. Однако в случаях блокады щитовидной железы йодом вводимое количество пертехнетата может быть увеличено до 500—600 кБк. Только в исключительных случаях разрешается использование для сцинтиграфии ^{131}I , что будет описано далее. Сцинтиграфию или сканирование проводят через 20 мин после внутривенной инъекции пертехнетата. Сцинтиграфия с пертехнетатом имеет несомненное преимущество, так как дополнительно можно провести тест оценки состояния неорганической фазы обмена йода в щитовидной железе.

Изображение нормальной щитовидной железы характеризуется четко выраженным разделением на две доли (рис. 73, а, б). Обе доли симметрично располагаются по обе стороны срединной линии шеи. Каждая доля напоминает равнобедренный треуголь-

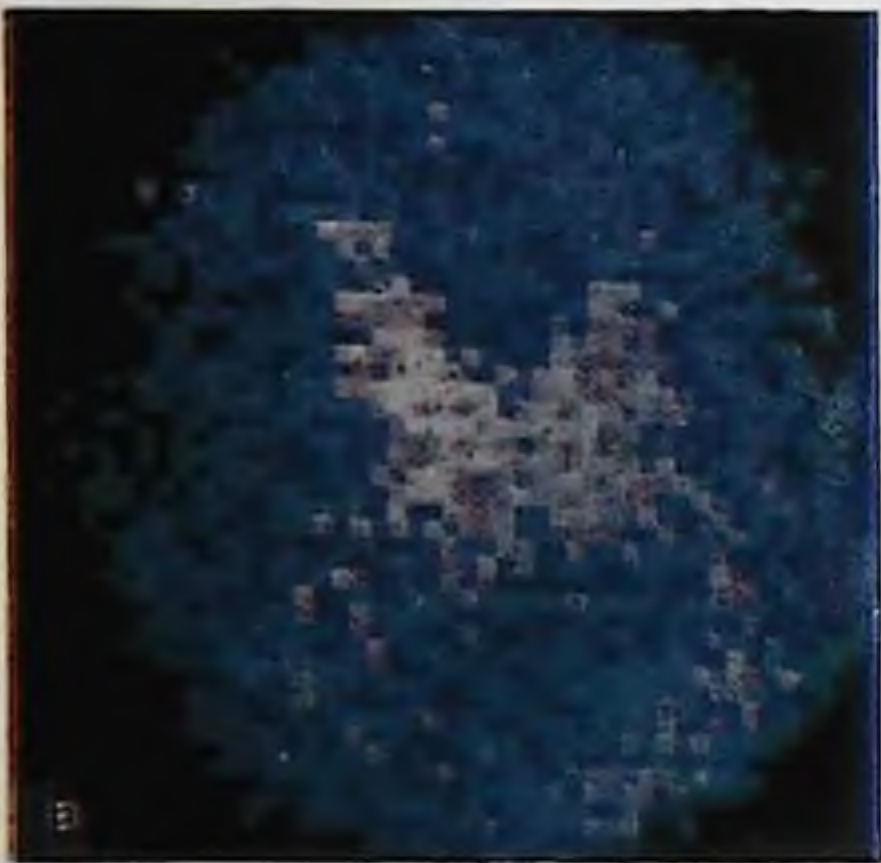
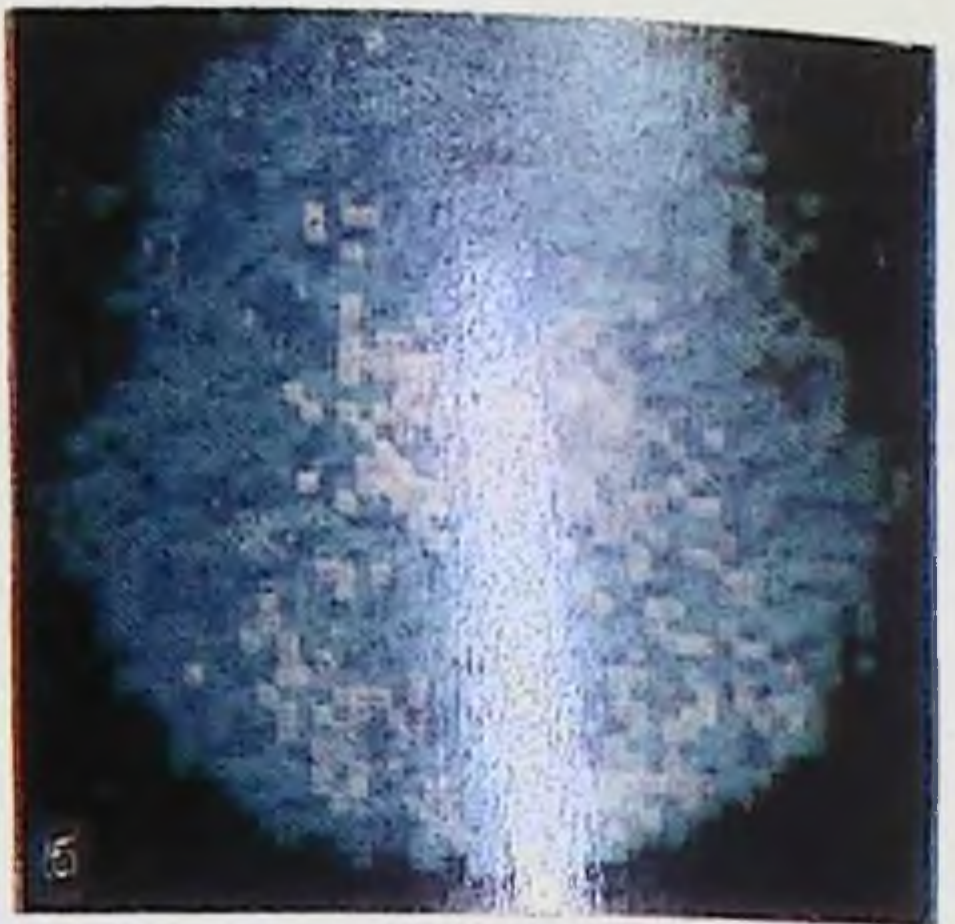


73. Сцинтиграммы нормальной щитовидной железы: метками обозначены верхний край грудины и перстневидный хрящ.

а — с четко выраженным двухдольным строением в виде «бабочки»; б — в форме подковы.

ник, обращенный острым углом к голове. Основание треугольничка является нижней границей доли. Таким образом, расстояние между долями в нижней части минимальное, а в верхней части максимальное. В зависимости от условий сцинтиграфии в получаемом изображении нижние части обеих долей могут сливаться, имитируя наличие функционирующего перешейка. Распределение контрастного изображения тиреосцинтиграммы характеризуется, так же как и для других органов, постепенным нарастающим интенсивности от периферии к центру, что отражает увеличение толщины функционирующей ткани щитовидной железы. Размеры сцинтиграфического изображения щитовидной железы могут значительно варьировать в зависимости от условий техники исследования. Чем больше набор импульсов, тем больше будут размеры сцинтиграфического изображения щитовидной железы. Чтобы не допустить искажения размеров органа, целесообразнее ограничивать экспозицию кадра или, еще лучше, записывать информацию в память ЭВМ и затем проводить его анализ путем постепенной отсечки фона.

Нормальные изображения щитовидной железы характеризуются известной вариабельностью. В качестве примеров нормальных тиреосцинтиграмм на рис. 73 приведены наиболее характерные для нормы варианты изображений щитовидной железы. Наиболее часто встречается изображение щитовидной железы в виде «бабочки» (рис. 73, а), значительно реже в виде подковы (рис. 73, б). Чаще всего правая доля несколько больше, чем левая, и количество РФП в ней на 10—20% больше, чем в левой доле, поэтому ее изображение интенсивнее, чем левой.



74

Тиреосцинтиграммы, полученные с экрана ЭВМ «СЕГАМС» в течение 15 мин после внутривенного введения пертехнетата.

а — 1-я минута; б — 3-я минута; в — 5-я минута; г — 10-я минута; д — 30-я минута.

Тиреосцинтиграфия проводится в виде самостоятельного исследования, когда необходимо определить наличие узла в ткани щитовидной железы при печатном его определении методом пальпации или установить характер функционального состояния пальпируемого узла. Это наиболее частое показание для тирео-

сцинтиграфии. Реже представляется необходимым включать тиреосцинтиграфию в качестве этапа комплексного радиологического исследования функционального и анатомо-топографического состояния щитовидной железы. В таких случаях больным перед обследованием желателен натощак взять из вены пробу крови в объеме 2—3 мл для исследования гормонов щитовидной железы, а при необходимости и тиреотропного гормона гипофиза. Дальнейшие исследования производятся следующим образом. Больной усаживается в кресло с подголовником, на область шеи устанавливается детектор аппарата «Гамма-тиреогадиометр» (ГТГМ-01Ц) или аппарата «Хрооскоп». Внутривенно больному вводят 40 МБк ^{99m}Tc . Затем в течение 20 мин производится непрерывная регистрация активности по 1 мин и строится кривая накопления. В исключительных случаях, когда требуется оценка состояния кровоснабжения каждой доли железы отдельно, измерения в таком же режиме осуществляются на гамма-камере. Такая ранняя дипампческая тиреосцинтиграфия, которую можно выполнить, например, после внутривенного введения такой же активности пертехнетата, позволяет изучить отдельные этапы распределения пертехнетата в области шеи и формирование тиреосцинтиграммы. Обработка результатов в дальнейшем может быть произведена на ЭВМ типа «СЕГАМС».

На рис. 74, а, б, в, г, д приведена серия тиреосцинтиграмм. Все кадры получены последовательно друг за другом при экспозиции каждого 1 мин. На первом кадре видно изображение проходящего болюса, сливающегося с изображением щитовидной железы. На втором кадре, полученном на 3-й минуте, уже формируется изображение щитовидной железы, которое становится более отчетливым на последующих кадрах. Как следует из приведенной кривой, иллюстрирующей динамику накопления пертехнетата в щитовидной железе в течение первых 30 мин после инъекции, максимум накопления пертехнетата достигается в норме к 15-й минуте, а в дальнейшем накопление РФП, по-видимому, уравновешивается с его выведением и на кривой образуется плато.

Тиреосцинтиграфия производится при положении больного лежа на спине с несколько запрокинутой назад головой, для чего под шею подкладывают небольшой валик. Это необходимо для того, чтобы подбородок не мешал при приближении детектора. Чтобы щитовидная железа находилась в зоне максимума счета, расстояние между железой и наружной поверхностью коллиматора должно быть минимальным.

Показаниями для сцинтиграфии щитовидной железы являются следующие клинические данные:

— наличие увеличенной щитовидной железы с целью измерения ее размеров для контроля развития патологических изменений или с целью расчета массы железы, необходимой для определения величины активности радиоактивного йода, назначаемого с целью лечения;



75. Тиреосцинтиграмма больной тиреотоксикозом. Обе доли имеют нормальное строение.

Изображение чаще увеличенных размеров, равномерной контрастности (рис. 75). Показатели накопления пертехнетата в щитовидной железе свидетельствуют о раннем достижении максимума накопления к 8-й минуте, после чего устанавливается плато кривой. Если проследить кинетику пертехнетата в течение более длительного срока, то можно отметить тенденцию к снижению после 20-й минуты.

Аналогичная скитиграфическая картина может наблюдаться при гиперплазии щитовидной железы, когда все показатели функциональной активности находятся в пределах нормы. Например, на рис. 76 приведена тиреосцинтиграмма больной 40 лет с увеличенной щитовидной железой. Максимум накопления пертехнетата в щитовидной железе достигается к 10-й минуте, однако тенденции к снижению его концентрации в течение первых 30 мин не отмечается. Таким образом, в подобных случаях диагностического значения тиреосцинтиграфия практически не имеет, поскольку дифференцировать гиперплазию от тиреотоксикоза невозможно. Тем не менее выполнение этого исследования совершенно необходимо, особенно если предполагается оперативное вмешательство с целью определения более активно функционирующей доли железы. На рис. 77 приведена тиреосцинтиграмма больной тиреотоксикозом. На тиреосцинтиграмме отчетливо видно, что контрастность левой доли значительно выше правой, что свидетельствует о ее большей функциональной активности, которая обуславливала клиническое развитие заболевания. У таких больных показатели теста накопления пертехнетата и йода в щитовидной железе свидетельствуют о повышенной функции и резко выраженных нарушениях гормонального гомеостаза. Могут иметь место случаи, когда показатели окончательного теста малохарактерны, но концентрация тироксина в крови высокая. Таким образом, показанием для тиреосцинтиграфии является также необходимость анатомо-топографической оценки щитовидной железы у больных, направляемых для оперативного лечения.

— подозрение на наличие за-
грудинного расположения щито-
видной железы;

— наличие узлов в щитовид-
ной железе с целью определения
их функциональной активности;

— поиск атипически располо-
женной щитовидной железы;

— определение характера опу-
холевых образований, пальпируе-
мых в области шеи, в их связи со
щитовидной железой.

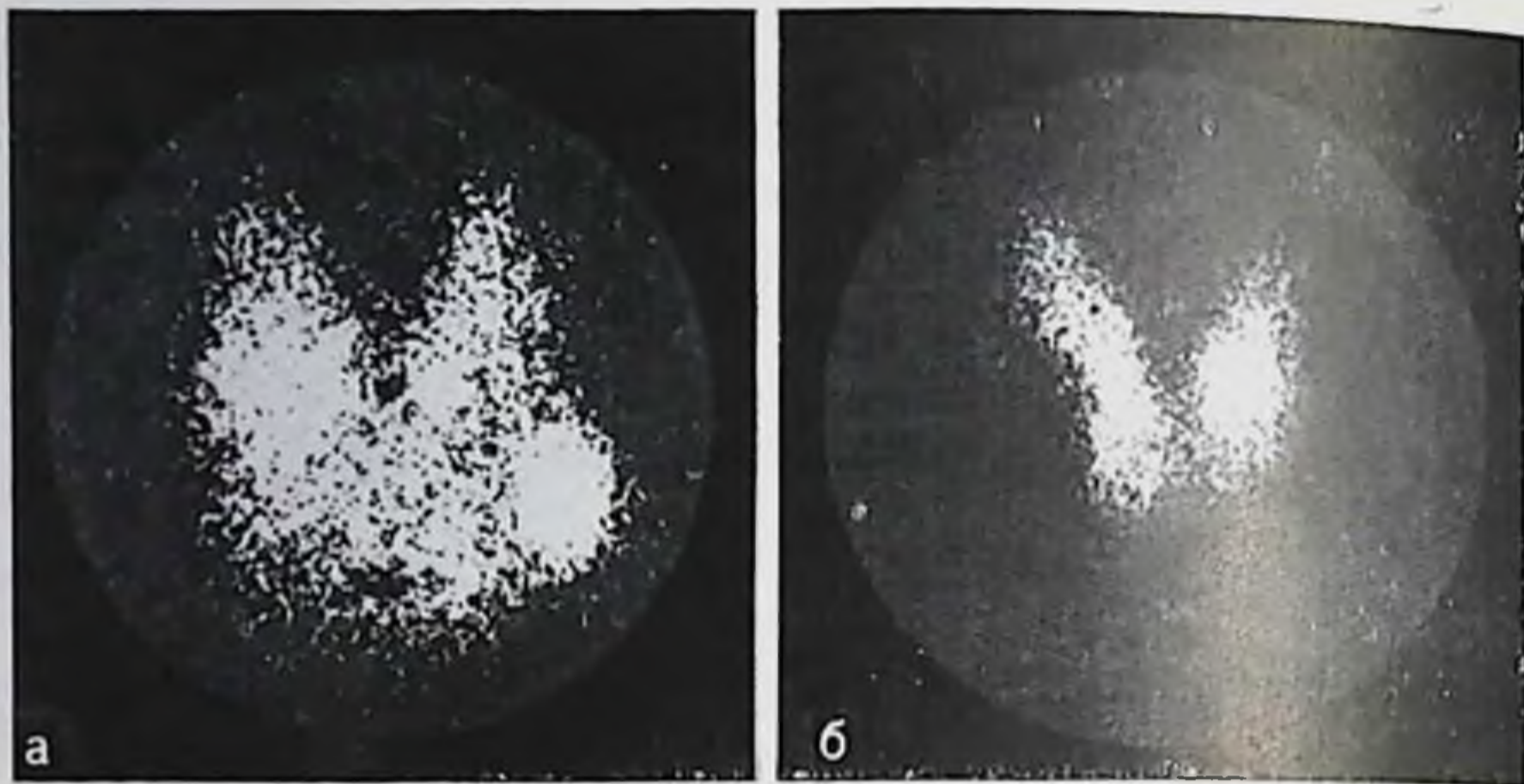
При тиреотоксикозах с увели-
ченной щитовидной железой на
сцинтиграммах может быть выяв-
лено нормальной формы изобра-



76. Тиреосцинтиграмма больной с гиперплазией щитовидной железы, изображение которой увеличено, и обе доли четко не разграничиваются.
77. Тиреосцинтиграмма больной тиреотоксикозом; четко определяется повышенная активность правой доли (65%) по сравнению с левой долей (35%).

При гипотиреозах, в том числе и транзиторных, после лекарственной блокады изображение щитовидной железы, особенно после введения пертехнетата, практически всегда получается. Характерных признаков изменения тиреосцинтиграммы при гипотиреозах не существует, однако для получения скитиграфического изображения необходимо использовать более продолжительные экспозиции. Собственно при гипотиреозах показаний для тиреосцинтиграфии нет.

При узловом зобе тиреосцинтиграмма дает возможность выявить узлы и определить их функциональную активность. Если пальпируемый узел не выделяется по интенсивности от окружающей ткани щитовидной железы, то такой очаг на скитиграмме определяется как «теплый»; если интенсивность изображения пальпируемого узла больше интенсивности нормальной окружающей паренхимы, то очаг определяется как «горячий»; если интенсивность изображения меньше, то как «холодный». «Холодные» очаги в такой же степени подозрительны на рак, как и «теплые», поэтому такой признак является малохарактерным для дифференциальной диагностики доброкачественных опухолей. На рис. 78, а приведена тиреосцинтиграмма больной со смешанным зобом, где некоторые узлы в области правой доли «холодные», а один, в левой доле, — «горячий». На рис. 78, б приведена тиреосцинтиграмма больной Б. с эутиреоидным узлом, на которой видно, что изображение щитовидной железы расположено обычно, имеет форму подковы, несколько увеличено, равномерной контрастности. В области наружного края нижней половины правой доли имеется малозаметное сужение изображения, с четкими контурами, соответствующими пальпаторно определенному узлу в этой области. Наличие такой картины позволяет сделать вывод о наличии «хо-



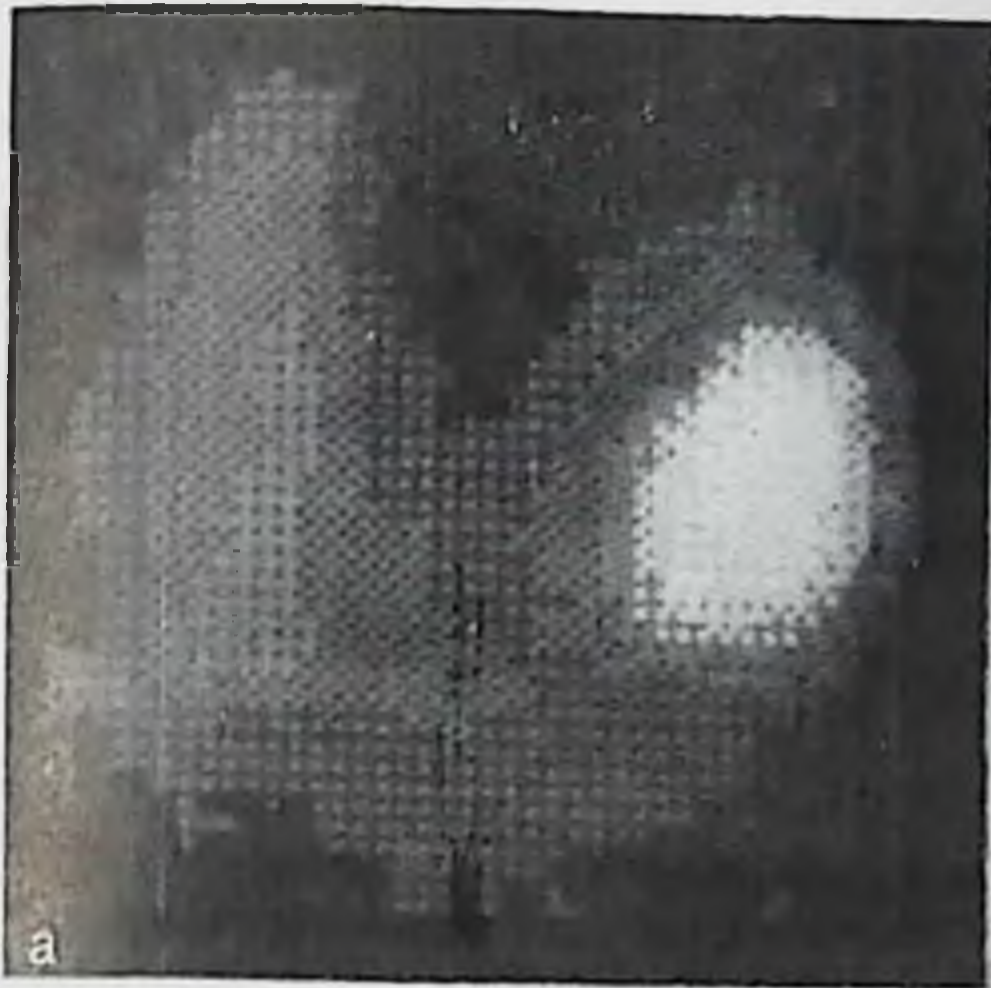
78. Тиреосцинтиграммы больных с узловатым зобом.

а — смешанный зоб с множественными узлами различной функциональной активности; б — «холодный» узел правой доли железы.

лодного» узла. Помимо обычной тиреосцинтиграфии, в некоторых случаях необходимо использование исследований на фоне специальных нагрузочных тестов. Эти исследования производятся при обнаружении «горячего» узла в щитовидной железе, подавляюще-функциональную активность нормальных тканей органа, которые практически не визуализируются на сцинтиграммах при обычных технических условиях. С целью дифференциальной диагностики между компенсированной и декомпенсированной токсической аденомой назначается повторная сцинтиграфия, которая производится с ^{131}I через неделю после выполнения нагрузочного теста. Существо теста состоит в назначении больному перорального приема трийодтиронина по 100 мкг в день в течение 5—6 дней или в однократном приеме препарата в количестве 3 мг за неделю до исследования. На рис. 79, а, б представлены тиреосцинтиграммы больного с декомпенсированной и компенсированной аденомой до и после нагрузки.

Разница между этими стадиями заболевания состоит в том, что при компенсированной аденоме сохраняется влияние тиротропина и наряду с активным узлом отмечается и функция окружающей паренхимы железы, которая визуализируется на сцинтиграммах. При декомпенсированной аденоме вся тиреоидная функция сосредоточена только собственно в опухоли и не регулируется тиротропином, а на сцинтиграмме нормальная ткань железы не визуализируется.

При раке щитовидной железы на ранних стадиях заболевания картина изменений тиреосцинтиграммы схожа с таковой, наблюдающейся при узловом зобе, т. е. на месте пальпируемой опухоли определяется «холодный» или «теплый» очаг в зависимости от состояния функции ткани опухоли. На рис. 80 приведена тиреосцинтиграмма больной с опухолью щитовидной железы. При пункции узла были определены атипические клетки, а при гистологи-



79. Тиреосцинтиграммы больных с компенсированной токсической аденомой (а) и декомпенсированной аденомой (б).

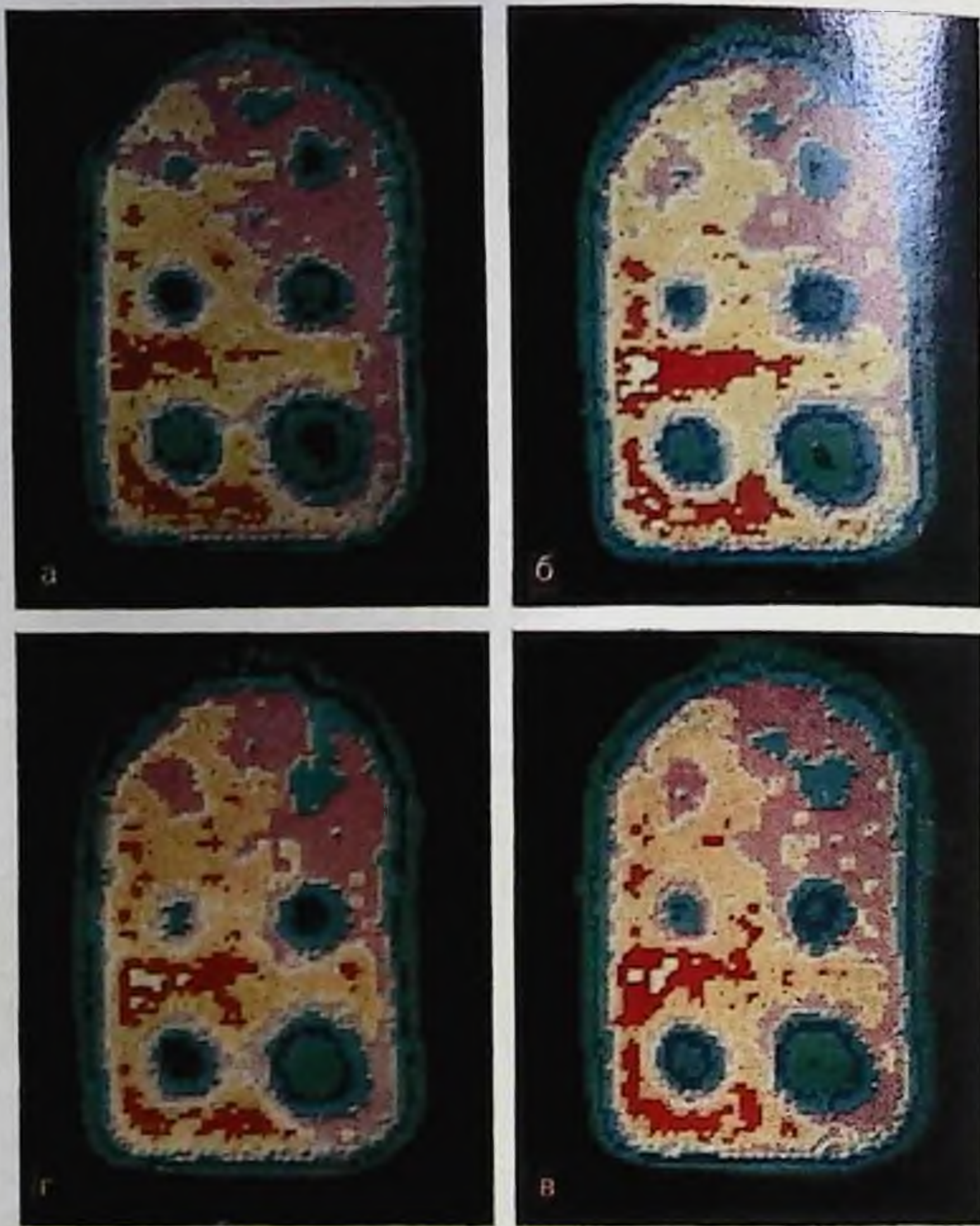
ческом исследовании удаленного узла — установлена аденокарцинома. «Холодные» очаги в такой же степени подозрительны на рак, как и «теплые», поэтому этот признак является малохарактерным. Однако нередко больные обращаются к врачу после клинически выраженного заболевания со значительным увеличением опухоли. В этом случае появляется дополнительный признак изменений тиреосцинтиграммы, который может оказать помощь в дифференциальной диагностике между узловым зобом и раком щитовидной железы. Таким признаком является наличие нечетких границ между опухолью и окружающей тканью щитовидной железы, что обусловлено прорастанием опухоли с постепенным замещением паренхимы щитовидной железы. Естественно, этот признак не может быть расценен как патогномоничный для рака, поэтому в заключении описания тиреосцинтиграммы следует ограничиться только констатацией факта наличия дефекта изображения, его локализации и функциональной активности.

Разрешающая возможность тиреосцинтиграфии или сканирования в выявлении узлов зависит не только от техники выполнения, но и от использования ЭВМ для обработки полученного изображения.



80

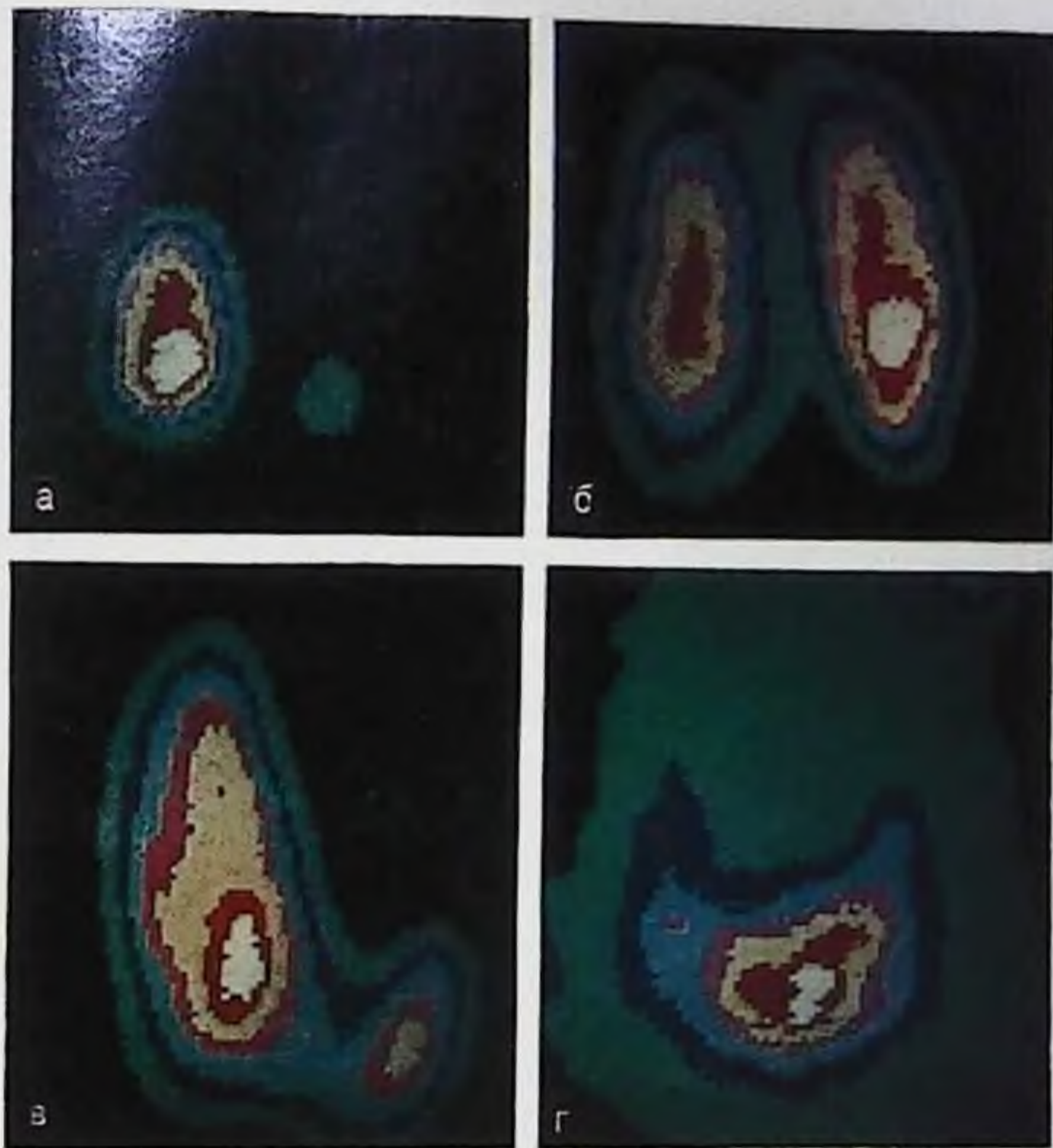
Тиреосцинтиграмма больной с аденокарциномой левой доли щитовидной железы.



81. Сцинтиграммы стандартного фантома щитовидной железы, полученные с экрана дисплея ЭВМ на расстоянии 0 (а), 5 (б), 10 (в) и 15 см (г) от коллиматора.

На рис. 81, а, б, в, г приведены сцинтиграммы стандартного фантома, полученные на поляроиде (а) и с экрана дисплея ЭВМ «СЕГАМС», при размере матрицы 64×64 (б), при размере матрицы 128×128 (в) и при увеличении изображения (г).

Отчетливо видно, что изображения «холодных» очагов фантома в диаметре более 5 мм выявляются и без обработки на ЭВМ, однако очаги 5 и 3 мм обнаруживаются только после обработки на ЭВМ, причем лучше при матрице размером 128×128 . Естественно, фантомные исследования не означают, что у человека при сцинтиграфии щитовидной железы могут быть обнаружены такие маленькие очаги. В действительности, как правило, пределы обнаружения «холодных» очагов в железе ограничены 8 мм. По крайней мере в литературе до настоящего времени нет достоверных указаний, что при тиреосцинтиграфии возможно обнаружение узлов меньшего диаметра. Обработка тиреосцинтиграмм на ЭВМ

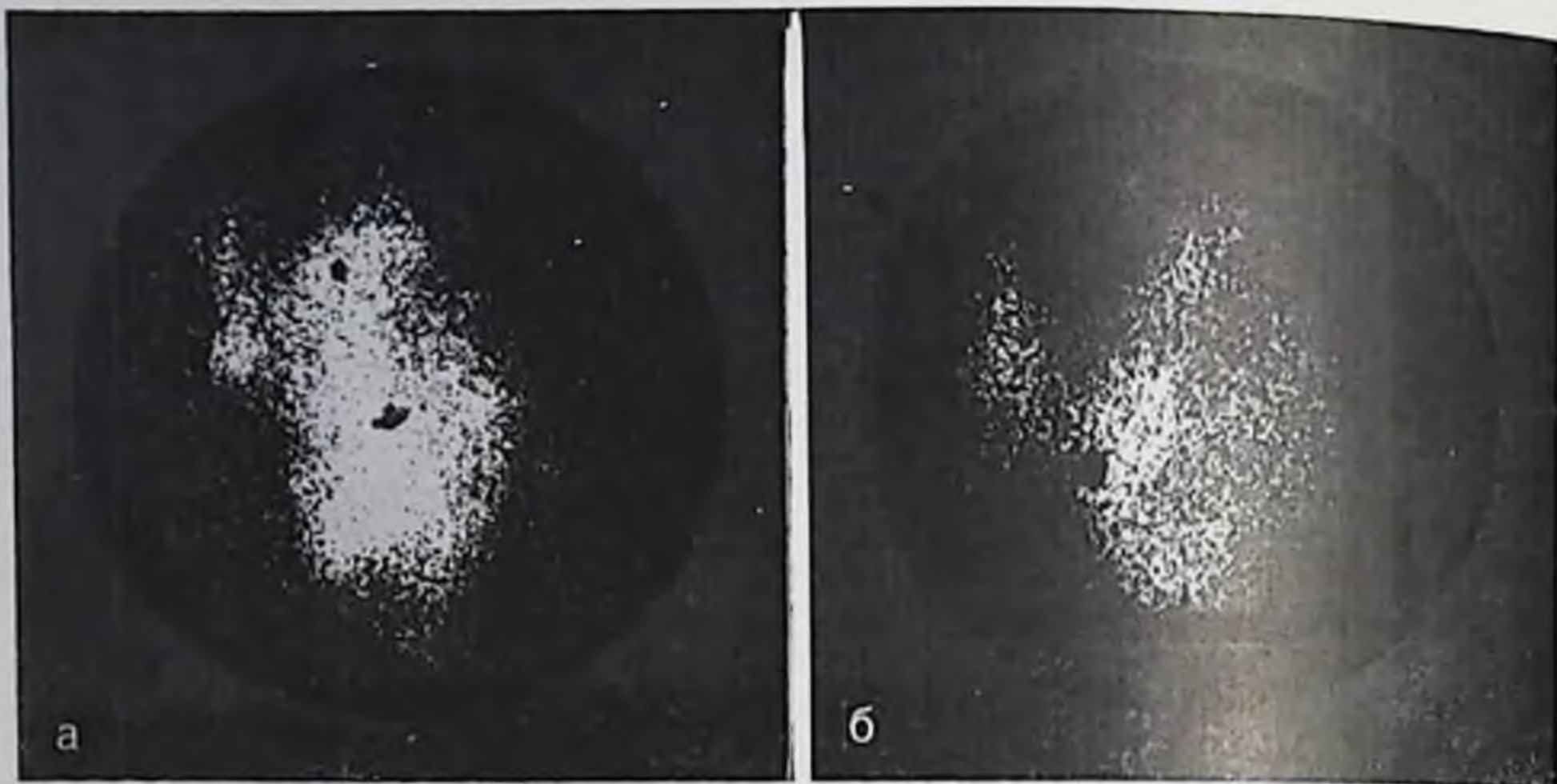


82. Тиреосцинтиграммы, полученные с экрана ЭВМ «СЕГАМС» при интерполяции на матрицу размером 128×128 .

а — после гемиструмэктомии; б — у больной с диффузным зобом; в — у больной с гипоплазией левой доли; г — при болезни Ханимото.

имеет еще одно важное преимущество по сравнению с обычной сцинтиграммой, так как позволяет дифференцировать распределение уровней накопления пертехнетата. На рис. 82, а, б, в, г приведены 4 тиреосцинтиграммы, полученные с экрана ЭВМ «СЕГАМС» при интерполяции на матрицу размером 128×128 . У больной после удаления левой доли щитовидной железы по поводу узлового зоба (рис. 83, а) определяется увеличенная правая доля с четкими уровнями накопления пертехнетата, возрастающими от периферии к центру. Максимум концентрации расположен в нижней части доли, однако он не является «горячим» узлом, поскольку уровень накопления в нем превосходит окружающую ткань лишь на один градиент. В левой доле определяется лишь небольшой участок слабофункционирующей паренхимы.

У больной с гиперплазией щитовидной железы (рис. 83, б) на обычной сцинтиграмме изображения обеих долей четко не дифференцируются и сливаются в одно изображение. После обработки на ЭВМ видно, что изображения обеих долей действительно сли-



83. Тиреосцинтиграммы с за грудиной локализацией щитовидной железы.
 а — смешанный зоб с преимущественным за грудиной расположением; б —
 частичное за грудиной расположение увеличенной левой доли железы.

ваются, однако они четко дифференцируются по уровням накопления пертехнетата. Четко определяется также несколько большая концентрация препарата в левой доле железы. На рис. 83, в приведена врожденная аномалия железы с гипоплазией левой доли. На рис. 83, г приведена тиреосцинтиграмма, характерная для болезни Хашимото, — изображение железы деформировано и представлено в образовании без дольчатого строения.

При атипичном расположении щитовидной железы, особенно в наиболее частом случае полного или частичного ее за грудиного расположения, тиреосцинтиграфия является основным методом исследования, результаты которой дают достаточное основание для установления диагноза заболевания. Особенностью тиреосцинтиграфии в диагностике за грудиного зоба является необходимость обследования пациента в вертикальном положении.

На рис. 83, а приведена тиреосцинтиграмма больной узловатым зобом с за грудиным расположением щитовидной железы. Изображение щитовидной железы представляется бесформенным образованием размером 115×220 мм с нечеткими контурами и наличием отдельных узлов пониженной и более высокой активности. Большая часть паренхимы железы располагается за грудино, обуславливая формирование дополнительной тени, впервые обнаруженной на флюорограмме и расцененной как опухоль средостения. Накопление пертехнетата в этом образовании позволило установить правильный диагноз за грудиного зоба, не требующий дополнительных исследований. Не менее демонстративна тиреосцинтиграмма больной Ц. (рис. 83, б), на которой определяется частично за грудиное расположение только одной резко увеличенной в размерах левой доли щитовидной железы. Правая доля железы гипоплазирована, однако нормального строения.

Как видно из изложенного выше, возможности радионуклидной визуализации щитовидной железы настолько широкие, что этот метод исследования является главным и основным определителем анатомо-топографического состояния щитовидной железы. Радионуклидная визуализация щитовидной железы при наличии пальпируемых образований в ней позволяет обосновать план дальнейшего обследования пациента. При отсутствии накопления РФП в узле назначается ультразвуковое обследование с целью дифференциальной диагностики между опухолью и кистой. При кисте достаточно выполнение простой пункции без хирургического вмешательства.

Глава IX

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ КОСТЕЙ

1. Принципы исследования

В настоящее время радионуклидная диагностика получила широкое применение в диагностике различных костных заболеваний и в первую очередь для выявления метастазов в скелете. Этому способствовала разработка новых остеотропных радиофармацевтических препаратов, т. е. таких радионуклидов, которые принимают участие в минеральном обмене кости.

В основе изучения костной патологии в клинике лежит рентгенологический метод исследования, который четко отражает генез патоморфологических изменений при развитии патологического процесса, сопровождающийся реактивным и опухолевым костеобразованием, перестройкой костной структуры вследствие нарушения ее роста, формирования и созревания.

Радионуклидный метод исследования основан на изучении интенсивности минерального обмена, т. е. на способности остеотропных РФП включаться в ионный обмен и осаждаться на поверхности кристаллов гидроксиапатита. С помощью микро-, макрорадиографии, а также радиометрии проб операционных материалов с использованием ^{85}Sr , ^{32}P и ^{18}F показано, что повышение их накопления выявляется в первую очередь по периферии очага поражения костной ткани в молодых, частично минерализованных костных структурах в зонах с наиболее выраженными реактивными явлениями, а также в самой ткани костной опухоли (остеосаркомы), за исключением зон некроза и низкодифференцированных структур [Jones et al., 1976].

Механизм накопления радионуклидов при различных заболеваниях скелета точно не выявлен, однако известно, что поглощение остеотропных РФП подчинено законам общепатологического остеогенеза, т. е. если патологический процесс не сопровождается образованием костного вещества и его дериватов, то накопления РФП

в очаге поражения не происходит. В свою очередь любые патологические изменения воспалительного характера в костях при опухолях, дистрофических процессах, а также при переломе в период образования костной мозоли сопровождаются интенсивным поглощением остеотропных РФП.

Г. А. Зедгенидзе и Е. А. Ищенко (1972) в соответствии с причинами нарушения минерального обмена и на основании сопоставления рентгенологических данных с синцитиографической картиной разделяют заболевания костей на три группы. К первой группе относят заболевания, при которых отмечается накопление остеонуклида в реактивных костных структурах, продуцируемых надкостницей, собственной костной тканью и эндостом: активно текущий остеомиелит, туберкулез, ретикулосаркома, лимфогранулематоз, миелома и метастазы в кости. Ко второй группе относят заболевания, при которых гиперфиксация выявляется в реактивных и опухолевых костных структурах. Такая картина встречается при остеобластической форме остеосаркомы, остеобластокластомах и хондросаркомах. К третьей группе относят заболевания, при которых повышение накопления препарата обусловлено патологической перестройкой костной структуры: фиброзная дисплазия, болезнь Педжета, костно-хрящевые экзостозы.

Таким образом, повышение накопления остеотропных радионуклидов наблюдается при созидании костной ткани любого генеза при опухолевом и реактивном костеобразовании, патологической и функциональной перестройке костной ткани. Однако наряду с повышением накопления радиопрепарата в ряде случаев даже при поражении скелета происходит нормальное распределение препарата в патологическом очаге. Такая картина может наблюдаться, когда процессы минерализации вновь образованных костных структур уже закончены (при литических формах остеогенной саркомы), а также вследствие успешно проведенного лечения (особенно при лечении гормонально-зависимых опухолей). Поэтому выявляемое при этих исследованиях повышенное накопление РФП необходимо расценивать как неспецифический процесс. Исходя из этого, для правильной интерпретации данных радионуклидных исследований и дифференциальной диагностики характера заболевания необходимо учитывать наряду с клиническими показателями данные рентгенологических и других методов исследования.

Остеотропные радионуклиды. Для изучения заболевания скелета и выявления патологических очагов предложены различные остеотропные препараты: ^{72}Ga , ^{67}Ga , ^{47}Ca , ^{85}Sr , $^{87\text{m}}\text{Sr}$, ^{18}F . Однако не все эти препараты получили широкое применение в клинической практике. Так, ^{72}Ga , так же как и ^{67}Ga , в комплексе с носителем в 2--3 раза меньше включается в очаге поражения, чем ^{85}Sr ; более того ^{72}Ga обладает высокой токсичностью, вызывает угнетение гемопоэза. ^{47}Ca обладает большой тропностью к костной ткани в очаге поражения: при ревматоидном артрите, остеопорозе количество всасывающегося радиопрепарата составляет 85% по

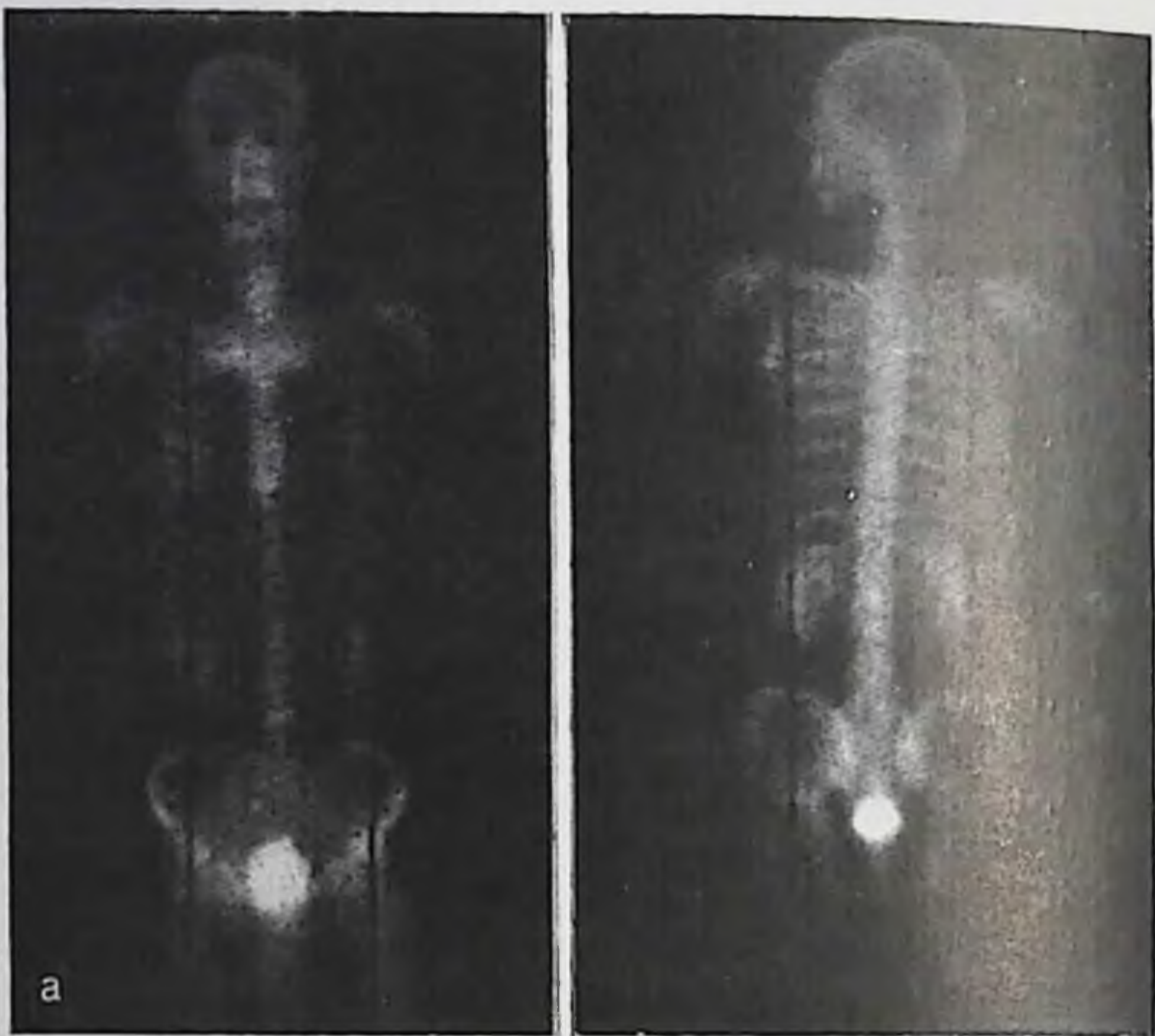
сравнению с нормой. Однако трудность получения, высокая цена и лучевая нагрузка на критические органы и, главное, высокая энергия гамма-излучения, требующая большой защиты для коллимации, ограничили возможность их клинического применения. Не получил признания и ^{87m}Sr — короткоживущий радионуклид ($T_{1/2} = 2,8$ ч): наряду с включением в прекостную ткань он одновременно накапливается в окружающих патологический очаг мягких тканях, что образует высокий фон и затрудняет интерпретацию сцинтиграфической картины. Большие надежды появились после получения ^{85}Sr . Он не токсичен и обладает высокой тропностью к костной ткани, через 10 мин в кость поступает половина введенной активности, а через 1 ч — 90%. Несмотря на это, его применение ограничено из-за большого физического периода полураспада, равного 64 дням, и биологического периода полувыведения, равного 800 дням, увеличения фона радиоактивности за счет продолжительной экскреции стронция в течение 24 ч с фекалиями и мочой. К тому же он создает высокую лучевую нагрузку на критический орган и ограничивает его применение для повторных динамических исследований, особенно в педиатрической практике.

Новые возможности исследования заболевания костной системы открылись после создания в 1971—1972 гг. фосфатных соединений, редуцируемых оловом и меченных ^{99m}Tc [Subramanian, McAfee, 1971; Poulouze et al., 1975]. Эти препараты обладают высокой тропностью к костной ткани, не токсичны и имеют оптимальную энергию (140 кэВ) для получения качественных сцинтиграмм скелета. В настоящее время в клинике применяют полифосфат, пирофосфат, трифосфат.

Соединения фосфатов после внутривенного введения быстро связываются белками плазмы крови, с глобулинами примерно 80% и с альбуминами 20%. Через 1 ч после внутривенного введения около 50% РФП поступает в костную ткань, около 17% циркулирует в крови через 3—4 ч уровень радиоактивности крови составляет 10%, в экстраваскулярном пространстве — до 12%, в кости — 50% и выделяется мочой 28% введенной активности [Krishnamurthy et al., 1975].

Механизм накопления пирофосфата, олова и других препаратов этого ряда аналогичен стронцию ^{85}Sr . Пирофосфат соединяется в основном с молодой прекостной коллагеновой тканью.

Показания для сцинтиграфии скелета. Основным показателем для исследования скелета остеотропными радионуклидами в настоящее время является в первую очередь поиск метастазов злокачественных опухолей в кости, особенно тогда, когда у больных имеется болевой синдром. Этот метод показан также для исследования первичных злокачественных опухолей и для дифференциальной диагностики между злокачественными и доброкачественными образованиями. Сцинтиграфия скелета показана также при механических повреждениях костей, для установления сращения переломанных концов и образования костной мозоли. С помощью остеосцинтиграфии может быть установлено развитие



84. Сцинтиграммы скелета спереди и сзади с нормальным распределением ^{99m}Tc пирофосфата (а); сцинтиграмма скелета мальчика 8 лет спереди с нормальным распределением ^{99m}Tc пирофосфата (б).

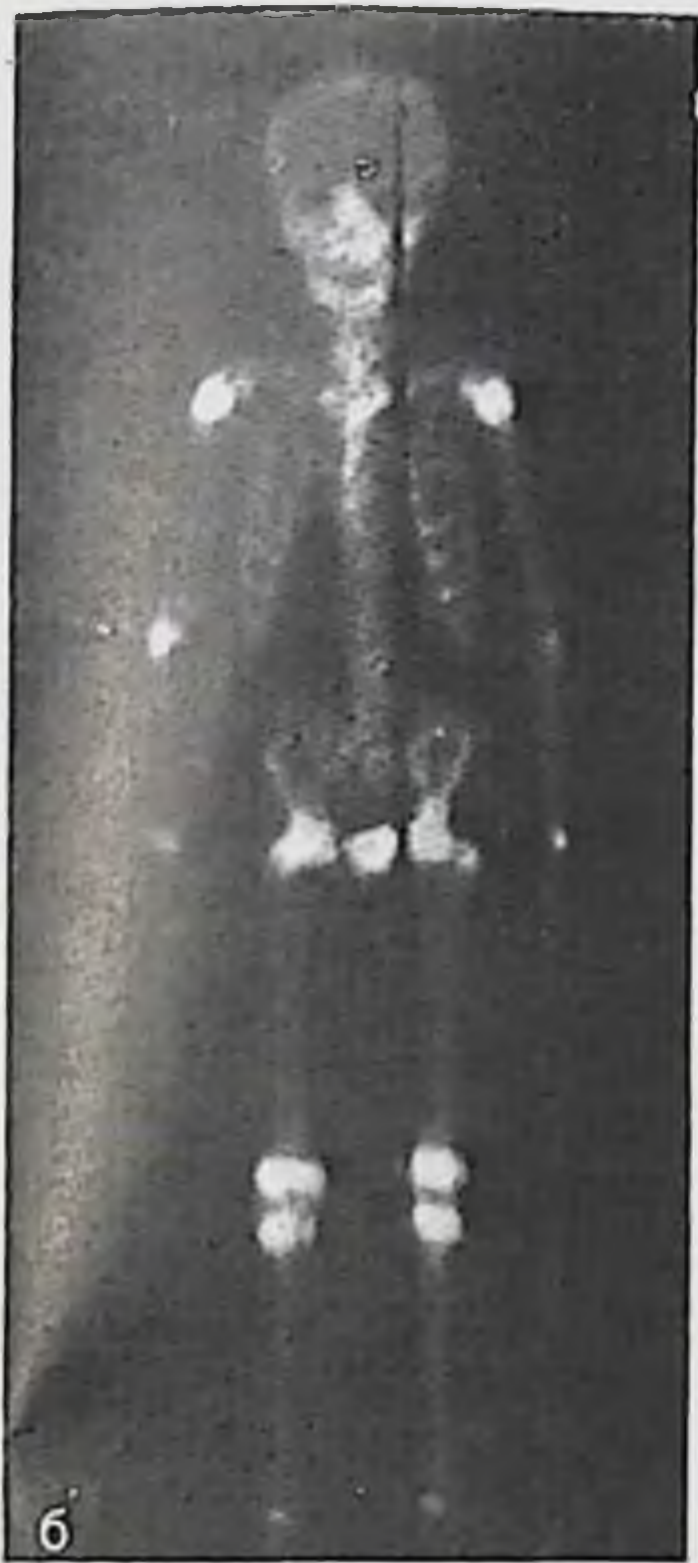
ложного сустава после неэффективного лечения, когда через 2—3 мес после иммобилизации длинных трубчатых костей отсутствует накопление радионуклида у места перелома.

Методика исследования. Основными методами исследования скелета остеотропными радионуклидами являются сцинтиграфия и сканирование. При этом, если обследуют пациента с известным по рентгенологическим данным очагом поражения, проводится сцинтиграфия данного участка с захватом здоровой костной ткани, так как при радионуклидных исследованиях объем и распространение патологических изменений почти всегда превышают выявляемые на рентгенограммах изменения кости.

При исследованиях для выявления метастазов в скелете, а также при системных поражениях костей проводится сцинтиграфия и сканирование всего тела.

При изучении состояния минерального обмена используют радиометрию всего тела, отдельных участков. В ряде случаев для выявления патологического очага применяется методика радиометрии по стандартным точкам, особенно при заболеваниях, имеющих характерную локализацию патологического процесса.

Преимущество радиометрии по стандартным точкам перед другими методами заключается в меньшей затрате времени для исследования. К ограничению применения метода относится возможность выявления патологических очагов лишь в парных кос-



тях, при этом необходимо проведение радиометрии строго в симметричных участках здоровой и пораженной костей.

Для изучения особенностей обмена в зоне поражения скелета и для оценки изменения минерального обмена в результате проводимого лечения применяется динамическое исследование с помощью сцинтиграфии или радиометрии.

Аппаратура и методика исследований костей. Исследование костной системы проводится на гамма-камерах со столом для сцинтиграфии всего тела или на быстросканирующих сканерах.

Для исследования костей взрослым пациентам вводят внутривенно 370—444 МБк, детям и подросткам — 185 МБк пирофосфата ^{99m}Tc . Сцинтиграфию или сканирование проводят через 3 ч после инъекции препарата больному и опорожняя им мочевого пузыря.

Обследование на гамма-камере проводят в двух проекциях: сначала на животе, затем на спине. На сканере благодаря

наличию 2 детекторов изображение скелета получают одновременно в двух проекциях. Укладка больного производится на сканирующий стол животом вниз, при положении рук вдоль туловища, теменная часть головы устанавливается на отметку «0» в центр датчика гамма-камеры. При движении стола надо стараться, чтобы в поле зрения датчика не попадали почки и мочевого пузырь, так как препарат выделяется через мочевую систему и создает большую активность в этих областях. Для получения качественного изображения детектор гамма-камеры устанавливается непосредственно над поверхностью тела пациента. Скорость движения стола устанавливается в зависимости от количества импульсов, набранных в течение 10 с. Например, при 16 000—20 000 импульсов скорость движения составляет 16 см/мин, при 30 000 и более — 32 см/мин.

В ряде случаев для уточнения места гиперфиксации радиопрепарата остеосцинтиграфия проводится в статическом режиме с фокусировкой на очаге поражения. Получение изображения заинтересованной зоны облегчает интерпретацию характера накопления и распределения радиопрепарата.

Для правильной интерпретации заболевания костно-суставной системы необходимо правильное понимание физиологического распределения остеотропных пуклидов в скелете.

В неизменном скелете на сцинтиграммах и сканограммах (рис. 84, а) пирофосфат ^{99m}Tc распределяется симметрично и рав-

померно во всех костях. Относительное повышение его концентрации наблюдается в области суставов, метафизах длинных трубчатых костей, в области лицевого черепа, в глотке, в хрящах гортани, в рукоятке и теле грудины, в нижних углах лопатки и гребней подвздошной кости [Charkens et al., 1973].

В детском и молодом возрасте в норме (см. рис. 84, б) в связи с быстрым ростом и формированием скелета выявляется более четкая сцинтиграфическая картина костей скелета, особенно выделяются участки метафизов трубчатых костей с повышенным накоплением радионуклидов. Так как фосфатные соединения выводятся с мочой, на сцинтиграммах определяется накопление препарата в почках и мочевом пузыре.

2. Исследование при опухолевых и воспалительных заболеваниях костей

В настоящее время диагностика метастазов опухолей в кости с помощью фосфатных препаратов ^{99m}Tc занимает ведущее место среди инструментальных методов исследования. До появления остеотропных радионуклидов диагностика костных метастазов основывалась на данных рентгенологических исследований. Однако разрешающая способность рентгенографии ограничена, особенно в ранней стадии развития патологического процесса, когда метастатической эмбол локализуется в костномозговом канале и еще не вызывает деструкцию или разрушение костных структур [Spiessens et al., 1977].

По материалам вскрытия известно, что частота метастазирования злокачественных опухолей в скелете достигает от 10 до 80%. По данным Г. С. Беспалова (1974), частота выявленных метастазов на вскрытии у больных раком предстательной железы составила 70—80%; молочной железы — 40—60%, легкого — 7—28%, щитовидной железы — 2—3%.

Распространение метастазов в кости происходит преимущественно гематогенным путем, поэтому, как правило, метастазы бывают множественные и локализуются в позвоночнике, костях таза, ребер, грудины и черепа. Единичные метастазы выявляются преимущественно в длинных трубчатых костях.

Существует зависимость характера и распространенности метастазов от гистологического строения первичной опухоли: при скирре молочной железы метастазы остеобластические, при слизистых раках — остеолитические. Железистая форма опухоли предстательной железы дает метастазы остеобластического типа. Остеолитические метастазы характерны для плоско- и мелкоклеточного рака легкого и почек.

При раке молочной железы костные метастазы чаще всего выявляются через 2—3 года с момента установления диагноза заболевания.

Наиболее часто метастазы в скелете наблюдаются у лиц в возрасте 40—60 лет, тогда как первичные злокачественные опухоли скелета встречаются у лиц молодого и среднего возраста.

По данным литературы, частота выявляемых с помощью сцинтиграфии и остеотропными радионуклидами костных метастазов составляет 10—50%. Частота выявления метастатических очагов, не обнаруженных рентгенологически (рентгенонегативных), достигает 50%. При этом на остеосцинтиграммах метастатические очаги в скелете диагностируются раньше на 3—12 мес, а иногда на 3 года, чем на рентгенограммах [Bessler, 1974].

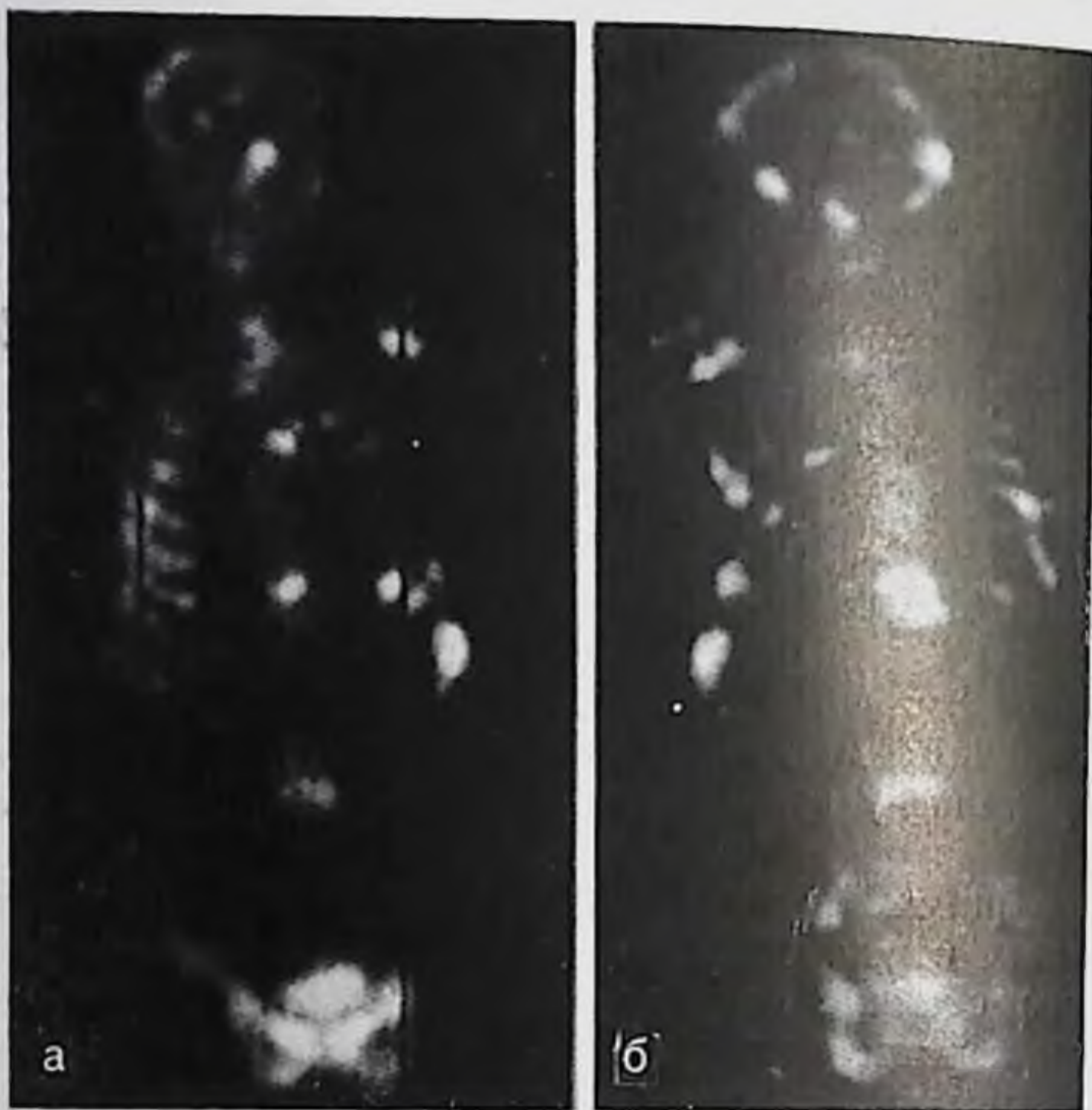
По данным Кларк и соавт. (1977), из 223 пациентов, которых обследовали, применяя пирофосфат, в 26% были выявлены метастазы радионуклидным и у 3% рентгенологическим методом, через год соответственно у 22 и 10%, а через 2 года по сцинтиграммам скелета метастазы обнаружены у 19%, тогда как на рентгенограммах у этих пациентов очаги поражения не выявлялись.

В основе ранней радионуклидной диагностики метастазов злокачественных опухолей в кости лежит повышение минерального и белкового обмена, сопровождающего усиленным поглощением остеотропных радионуклидов. Изменения на рентгенограммах могут быть обнаружены при деструктивных изменениях и разнице в минерализации в зоне поражения по сравнению со здоровой костью не менее 30% [Fogelman, Carr, 1979].

По данным Всесоюзного онкологического научного центра АМН СССР, из 2500 обследованных пациентов с опухолями различной локализации метастазы в кости выявлены у 1200 больных, т. е. у 48%. В большинстве случаев до 85% метастазы были множественными. Чаще всего метастазы на сцинтиграммах локализовались в ребрах — 32,5%, в позвоночнике — 15,2%, в грудной клетке — 11,2%, в костях нижних конечностей — 10,8%, в костях таза — 8,6%. При раке молочной железы в 6 из 10 случаев остеосцинтиграфические данные являются единственным показателем распространенности опухолевого процесса. Наиболее часто метастазы при этой форме рака выявляются в ребрах, позвоночнике и в костях таза у лиц в возрасте от 40 до 60 лет. Метастазы в скелете при раке предстательной железы локализуются в поясничном отделе позвоночника и в костях таза. Преимущественным метастазированием в кости обладают железистые формы рака предстательной железы.

У больных лимфогранулематозом наличие метастазов в кости скелета обнаруживается в 10—30% [Gambell, 1977]. На нашем материале (он составил 12% случаев) наиболее часто подвержены метастазированию позвонки, кости таза, ребра, реже — длинные трубчатые кости. В большинстве случаев метастазы выявляются у больных со смешанно-клеточным вариантом лимфогранулематоза.

Основным сцинтиграфическим признаком метастазов злокачественных опухолей в скелете является интенсивное накопление ра-



85. Сцинтиграммы скелета больного раком предстательной железы с множественными метастазами в кости (спереди — а, сзади — б).

дионуклида в очаге поражения («горячий» очаг). При компьютерной обработке или радиометрии достоверным признаком наличия метастазов считается преобладание интенсивности накопления радионуклида в очаге поражения над здоровым симметричным или рядом лежащим участком на 30—40% (рис. 85). При эффективном противоопухолевом лечении накопление РФП в очаге поражения после курса химиолучевого или гормонального лечения отсутствует.

Для исключения ложноположительных заключений при радионуклидной диагностике костных метастазов следует помнить, что на сцинтиграммах костей повышенное накопление могут давать участки и области, в которых были старые переломы костей на месте образования костной мозоли (рис. 86).

Ложноотрицательные результаты отмечаются в костных метастазах, имеющих остеолитический характер изменений, а также после лечебных мероприятий, химиолучевого и гормонального лечения, если нет реактивного костеобразования.

Характерной особенностью радионуклидного метода исследования для выявления метастазов в кости является то, что на сцинтиграммах метастазы выявляются раньше, чем на рентгенограммах у этих же пациентов или метастатические очаги при рентгенологических исследованиях выявляются или определяются в

Сцинтиграмма скелета больного раком легкого с множественными очагами повышенного накопления в ребрах на месте бывших переломов (передняя проекция).

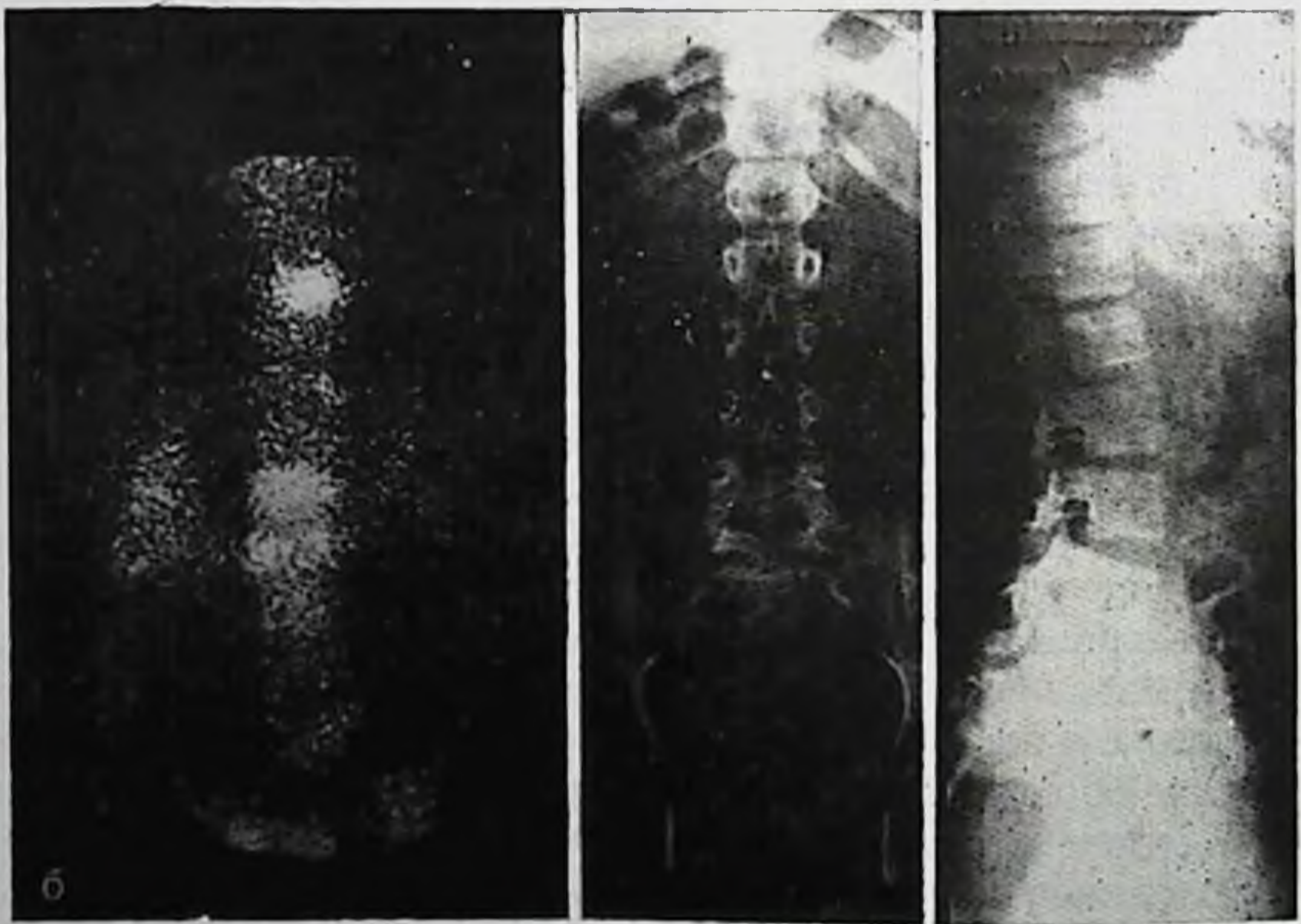
более поздние сроки. По данным Р. И. Габуния и соавт. (1978), из 152 больных с метастазами, наблюдавшихся в течение 3 лет, в 77% случаев метастазы в скелете выявлены одновременно и рентгенологически, в 23% случаев на сцинтиграммах они выявлялись раньше (от 3 мес до 3 лет и более). При сравнительной оценке данных радионуклидных и рентгенологических исследований зона распространенности процесса и очаги поражения на остеосцинтиграммах больше, чем на рентгенограммах аналогичных областей (рис. 87, а, б).



Первичные злокачественные опухоли костей. Диагностика первичных злокачественных опухолей костей с помощью остеотропных радионуклидов применяется самостоятельно или в комплексе с рентгенологическим исследованием. Радионуклидное исследование опухолей костей не только подтверждает наличие новообразования, но и позволяет судить о распространенности патологического очага и характере роста опухоли.

Повышение накопления остеотропных радионуклидов при первичных злокачественных опухолях обусловлено процессами минерализации реактивных и опухолевых костных структур. При анализе сцинтиграмм больных с первичными злокачественными опухолями установлено, что интенсивность накопления остеотропного радионуклида в зоне поражения может быть самой разнообразной не только у больных с различными патологическими процессами, но и при одних и тех же патологических изменениях. Существует определенная прямая зависимость степени накопления радионуклида от локализации и фазы развития патологического процесса.

При злокачественных опухолях с распространенным процессом за пределы кости и наличии реактивных изменений со стороны надкостницы интенсивность накопления значительно выше (рис. 88), чем при внутрикостной локализации патологического очага (рис. 89).



87. Сцинтиграммы костей черепа больного с двумя метастазами, которые не видны на подлежащих рентгенограммах, (а); сцинтиграмма позвоночника больной раком молочной железы с метастазами в грудные позвонки, которые не обнаруживаются на рентгенограммах (б).



88. Рентгенограмма (а) и сцинтиграмма (б) коленного сустава больного с остеохондромой верхней трети большеберцовой кости.
89. Сцинтиграмма (а) и рентгенограмма (б) костей плечевого пояса (слева) больного с саркомой головки плечевой кости.





90

Сцинтиграммы и рентгенограммы костей черепа больного миеломной болезнью с множественными очагами паренхимы с остеолитическим и остеобластическим процессом.

На основании сопоставления сцинтиграфической картины с рентгенологическими данными при первичных опухолях костей установлено, что высокое накопление остеотропных радионуклидов отмечается при остеобластической форме остеогенной саркомы, хондросаркоме, ретикулосаркоме, опухоли Юинга и миеломе (рис. 90). Разность в степени накопления радиопрепарата при этих опухолях между очагом поражения и симметричной здоровой частью кости может составлять 8—10 раз и более. Наблюдается также повышение включения РФП в центре опухоли вокруг опухолевой ткани в зоне реактивного костеобразования, поэтому протяженность опухоли на сцинтиграммах больше, чем на рентгенограммах. Однако судить только по сцинтиграфической картине о характере злокачественной опухоли кости практически невозможно.

Значительно меньшее поглощение в очаге поражения радионуклида отмечается у больных остеолитической формой остеогенной саркомы, злокачественной остеобластокластомой, а также при доброкачественных образованиях из хрящевой ткани. Накопление препарата при этих патологических состояниях в зоне поражения по сравнению со здоровым симметрично расположенным участком не превышает 4—5 раз.

При сравнительной оценке данных радионуклидных и рентгенологических исследований показано, что в большинстве случаев объем патологического очага и распространенность процесса на сцинтиграммах и сканограммах превышает изменения, выявляемые на рентгенограммах на 2—5 см.

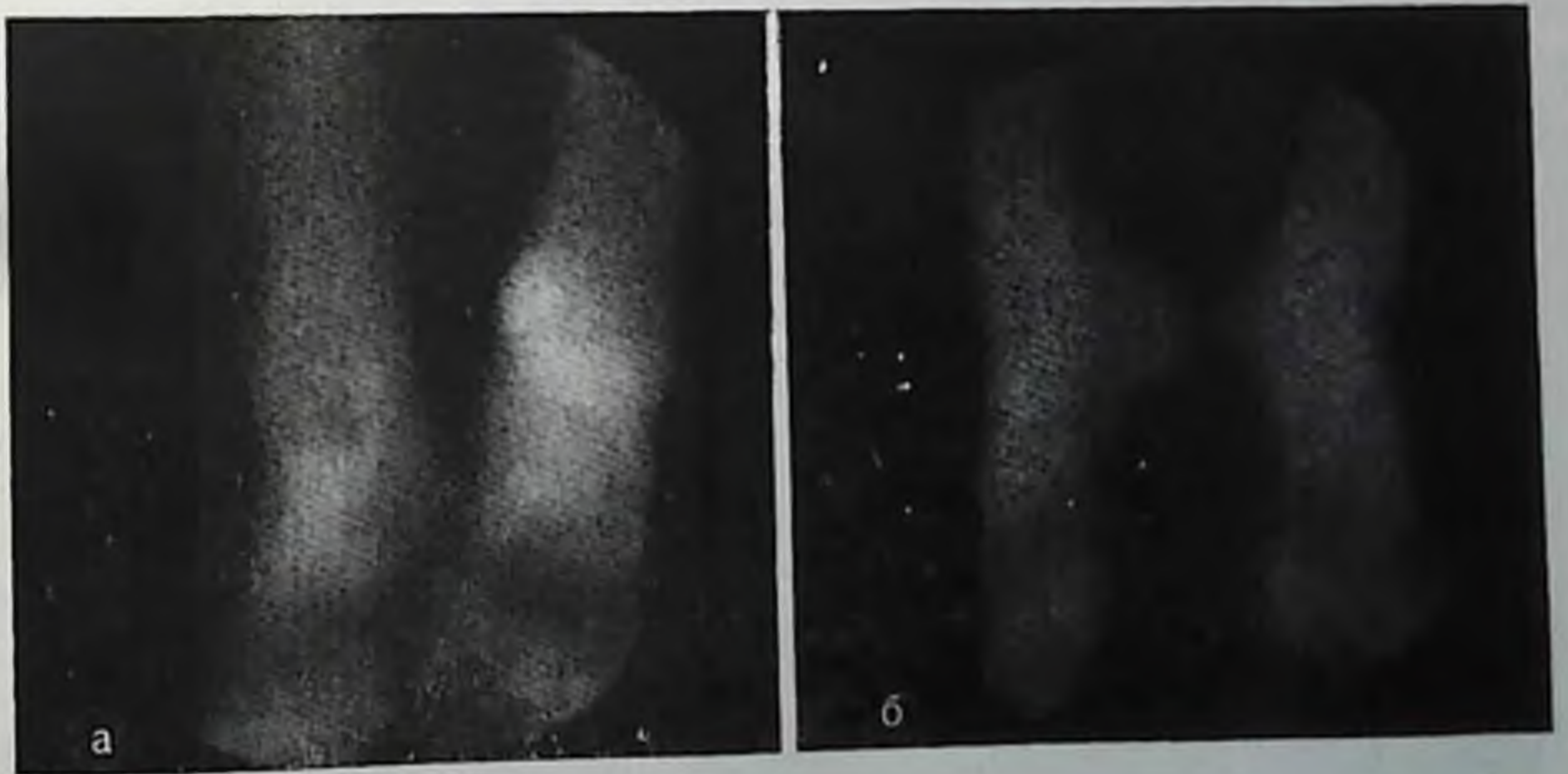
Пограничные и опухолевые процессы. К пограничным и опухолевым процессам относятся костно-хрящевые экзостазы, хондроматоз костей, фиброзная дисплазия, болезнь Педжета.

Нарушение минерального обмена при этих патологиях и увеличение накопления в очаге поражения остеотропных пуклидов являются следствием минерализаций, создающихся при патологической перестройке прекостной ткани, причем интенсивность накопления радиопрепарата в зоне костной опухоли находится в зависимости от активности течения патологического процесса и интенсивности костеобразования.

При болезни Педжета на фоне рентгенологических признаков перестройки большей части костной ткани, которая, как правило, распространяется на пораженной кости, определяется повышение накопления препарата в 5—10 раз. Аналогичная закономерность имеется при фиброзной дисплазии, при этом характерны включения радиопрепаратов преимущественно в длинных трубчатых костях, где рост кости более интенсивен.

Остеомиелит. Клиническая картина разрушения или созидания костной ткани при инфекционном процессе предшествует рентгенологическим данным.

Изменения сцинтиграфических данных скелета при остеомиелите, так же как и при других заболеваниях, являются показателем течения патологического процесса в костной ткани, указывая на увеличение минерального обмена в пораженных участках. При хроническом процессе образовавшиеся изменения костной архитектоники пораженного участка кости затрудняют оценку рентгенологической картины, на фоне склерозированной костной структуры невозможно различить мелкие деструктивные очаги. Их обнаружение иногда невозможно даже на томограммах. В таких случаях диагностическое решение основано исключительно на данных радионуклидного исследования.



91. Сцинтиграмма голеностопных суставов больного с обострением ревматоидного артрита слева при отсутствии изменений справа.
а — до лечения, б — после.



92

Сцинтиграмма костей таза в задней проекции больного с болезнью Бехтерева.

При подострой форме остеомиелита, а также при туберкулезе костей происходит интенсивное накопление радионуклида в очаге поражения. Поглощение препарата патологически измененной костью в 10 раз выше, чем в здоровом симметричном участке. Причем изменения сцинтиграфической картины при подостром остео-

миелите предшествуют рентгенологическим данным на 1—2 мес.

При хроническом остеомиелите также выявляется увеличение накопления радионуклида, однако интенсивность поглощения радиопрепарата не выше 3—4 раз.

Снижение поглощения остеотропных радионуклидов при переходе подострой формы в хронический остеомиелит можно объяснить уменьшением или прекращением образования реактивной костной ткани, в связи с чем поглощение препарата в ней замедлено или прекращено.

Заболевания суставов. При различных заболеваниях суставов отмечается увеличение белкового и минерального обмена в прилежащих костях, что можно рассматривать как местную реакцию организма на развитие патологического процесса. Вследствие этого образуются остеофиты, приводящие к повышению накопления остеотропных радионуклидов. В этот период на остеосцинтиграм-

мах суставов выявляется остаточное количество пирофосфата, что следует иметь в виду при исследовании данной области. По-видимому, при воспалении синовиальной оболочки сустава в прилегающих частях кости увеличивается активность образования



93

Сцинтиграмма костей рук больного подагрой с тофусами, где отмечается высокий уровень накопления ^{99m}Tc пирофосфата.

гидроксиапатита и повышается приток крови. При активном спондите, особенно в начальных формах его развития, отмечается увеличение накопления пирофосфата в пораженной области по сравнению с симметричным здоровым суставом. На рис. 91, а, б представлены сцинтиграммы голеностопных суставов больного с ревматоидным артритом, на которых отмечается интенсивное накопление пирофосфата в области левого голеностопного сустава. После успешного медикаментозного лечения и исчезновения клинических явлений, что расценивалось как ремиссия, минеральный обмен в костной ткани очага поражения нормализовался, вследствие чего интенсивность накопления пирофосфата в нем не отличалась от здорового правого сустава (см. рис. 91, б).

Таким образом, остеосцинтиграфия с мечеными фосфатами представляет собой эффективный способ выявления поражений скелета самого различного характера, особенно латентно протекающих, например костных метастазов, на ранних стадиях развития.

Остеосцинтиграфия позволяет достаточно точно определить уровень включения РФП в участок поражения, в частности, по сравнению с симметричным участком, что дает возможность в динамике оценить развитие патологического процесса и определить эффективность лечения.

Видно, что накопление РФП происходит в области суставных поверхностей большой и малоберцовой костей, тогда как в костях стопы концентрация пирофосфата в пределах нормы.

При болезни Бехтерева повышено накопление остеотропных РФП отмечается в области болевых точек еще в тот период, когда рентгенологически не выявлены деструктивные изменения.

Особенно характерным для болезни Бехтерева является более интенсивное накопление РФП в области крестцово-подвздошных сочленений (рис. 92). Интенсивное изображение изолированного участка в нижней части сцинтиграммы обусловлено остатком РФП в мочевом пузыре. У пожилых пациентов даже после опорожнения мочевого пузыря в нем сохраняется остаточное количество пирофосфата, что следует иметь в виду при исследовании этой области. Накопление пирофосфата также отмечается при подагре, причем не только в участках скелета, где имеется воспаление, но и в конгломератах мочекислых соединений — тофусах, даже если клинически в этих участках изменений нет (рис. 93).

Глава X

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Радионуклидная диагностика повреждений и заболеваний центральной нервной системы (ЦНС) основана на трех принципах:
— определение нарушений кровообращения головного мозга (энцефалорадиография, энцефалоангиосцинтиграфия);

- позитивная сцинтиграфия при очаговых поражениях мозга;
- определение распространения РФП по спинномозговому каналу и желудочкам мозга (радиомиеелография, вентрикулоцистернография).

Учитывая, что каждая методика имеет определенные показания, связана с использованием различных РФП и техники исследования, рассматривать их следует отдельно. Кроме того, используются также некоторые редкие способы исследования с помощью радионуклидов, например диагностика травматической ликвореи.

За последние годы радионуклидные исследования центральной нервной системы несколько утратили свое перспективное значение в связи с достижениями в области компьютерной томографии, являющейся эффективным способом диагностики очаговых поражений. Наряду с этим быстро развивается и ультразвуковая диагностика в плане определения объема крови, поступающей в головной мозг. Однако, несмотря на быстрое развитие конкурирующих методик, радионуклидная диагностика остается важным методом исследования, поскольку в ней сочетается одновременное получение информации, как о состоянии кровообращения, так и визуализации очаговых поражений. Кроме того, в настоящее время происходит развитие нового перспективного направления радионуклидной диагностики, связанного с позитронной томографией.

В основе этого способа находится принцип изучения особенностей распределения в тканях мозга различных соединений, меченных ультракороткоживущими нуклидами ^{11}C , ^{13}N или ^{15}O , получаемых на циклотронах. Эти нуклиды являются источниками позитронов, вылет которых из ядра сопровождается образованием пары гамма-квантов. На основе получения томографических срезов мозга представляется возможным установить распределение РФП. Этот способ может быть эффективным в диагностике системных заболеваний мозга, например шизофрении, где распределение РФП в пораженных и непораженных участках мозга будет неодинаково.

1. Энцефалорадиография и энцефалоангиосцинтиграфия

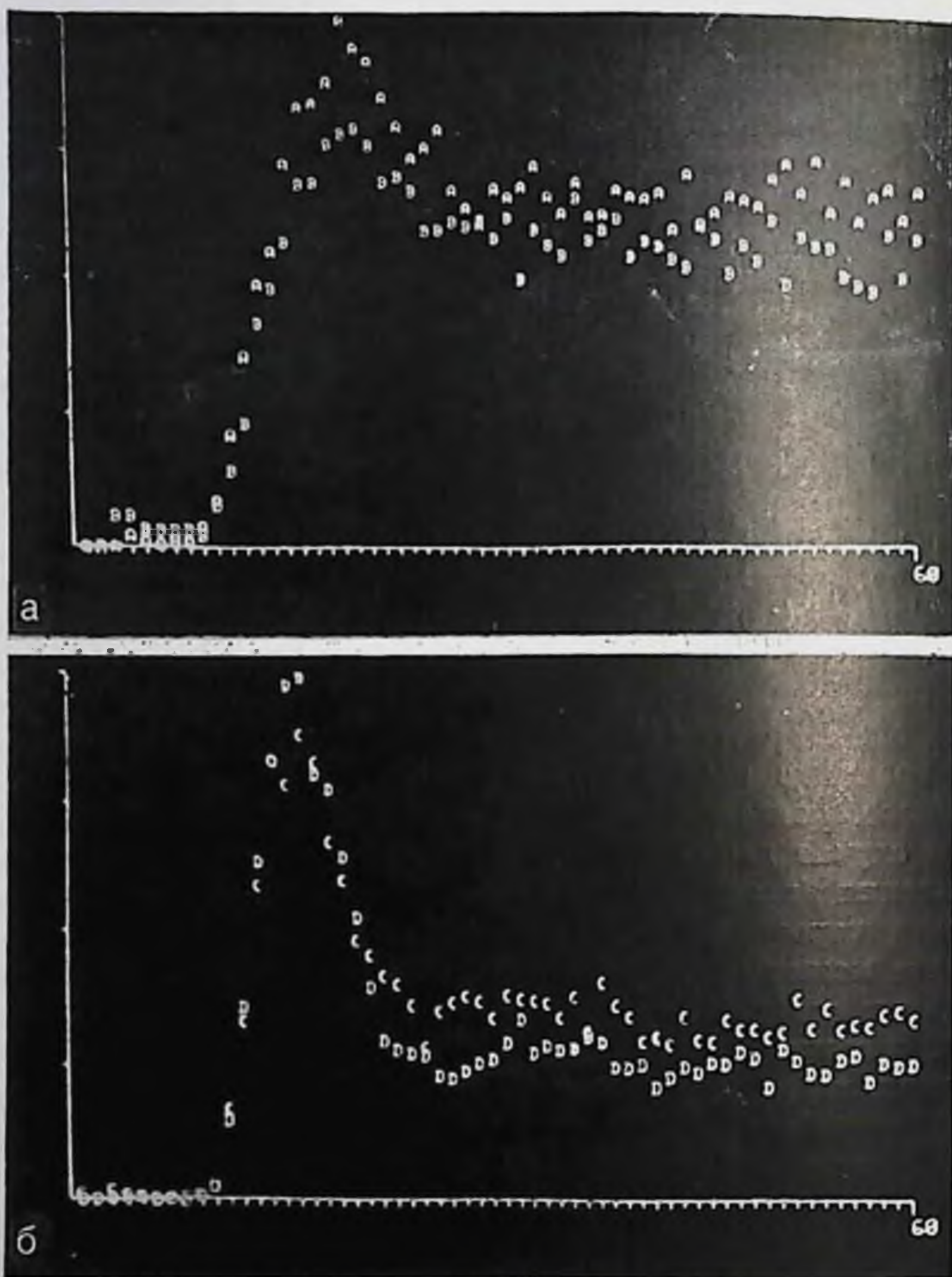
Энцефалорадиография — методика изучения кровотока полушарий головного мозга на основе отдельного определения скорости прохождения болюса РФП и его величины с левой и правой половины черепа двумя детекторами.

История развития радионуклидного исследования кровообращения головного мозга, по-видимому, самая богатая различными техническими приемами и использованием большого набора известных радиофармацевтических препаратов, потому что для распознавания заболеваний именно этой системы была особенно

перспективна из-за высокой травматичности радиодиагностической процедуры. К. Н. Бадмаев еще в 1957 г. использовал для изучения кровообращения головного мозга введение газообразных радиоактивных индикаторов и, применяя принцип Фика, проводил сложные расчеты кровотока в миллилитрах на 1 г ткани мозга. Несмотря на определенные преимущества использования газообразных индикаторов и достаточно широкое представление в литературе результатов их использования, эта методика исследования кровотока головного мозга не нашла широкого применения в клинической практике в связи со сложностью техники выполнения — препарат вводится в сонную артерию. При таком введении, во-первых, возможны нарушения мозгового кровотока вследствие раздражения синокаротидной рецепторной зоны, а во-вторых, выполнение становится допустимым только в условиях стационара.

Oldendorf в 1963 г. ввел в практику энцефалорадиографию с использованием растворов РФП, для которой многочисленными последователями применяли различные препараты: гиппуран, альбумин, меченые эритроциты и др. Эта методика получила широкое распространение в СССР. В основе энцефалорадиографии находится способ регистрации двумя или четырьмя детекторами (в последнем случае два детектора устанавливают над областью шеи) прохождения введенного внутривенно радиофармацевтического препарата через левое и правое полушария мозга. В качестве препарата может использоваться любое, недиффундируемое через нормальные стенки сосудов соединение; альбумин, меченые эритроциты, а также гиппуран, пертехнетат. При нормальном кровообращении левого и правого полушарий головного мозга учитываемая детекторами скорость счета слева и справа будет одинаковой. Данные измерений регистрируются в виде кривых с постоянной времени 0,2—0,3 с. Энцефалорадиография осуществляется с использованием, например, аппарата «Хроноскоп» или любого двухканального радиографа. Обследование пациента производится как в горизонтальном положении, так и в положении сидя на кресле с подголовником, фиксирующем его голову. Детекторы устанавливают слева и справа, напротив друг друга. Коллиматоры выбирают с широким отверстием так, чтобы в зону видения входила вся боковая поверхность головного мозга.

В качестве РФП применяется чистый пертехнетат ^{99m}Tc с величиной активности 74 кБк на 1 кг массы тела. В случае отсутствия пертехнетата можно использовать и любой другой РФП, однако величина вводимой активности должна быть экспериментально обоснована на фантомах. После тщательной укладки пациента и создания оптимальных геометрических соотношений голова — детекторы производится введение РФП с такой же техникой, которая была описана выше для изучения гемодинамики с помощью болюса. На ленте самописца получают две кривые прохождения болюса: через левое и правое полушария головного мозга. В норме обе кривые (рис. 94, а, б) имеют синхронный



94. Радиоэнцефалограммы пациента с нормальным мозговым кровотоком, полученным в течение 60 с после введения ^{99m}Tc пертехнетата.
Кривые прохода болюса РФП через каротиды (а) и кривые прохода болюса РФП через полушария (б).

подъем до достижения максимального пика и синхронное снижение до определенного уровня. Как следует из представленной кривой, существо энцефалорадиографии сводится к регистрации транспорта болюса с определением стандартных показателей линейного кровотока. Подъем кривой отражает вхождение болюса по артериальной системе, а снижение кривой — венозный отток. Запоздывание начала подъема одной из кривых свидетельствует о наличии на данной стороне сужения артерии различного происхождения. Меньшая амплитуда подъема одной из кривых при наличии синхронности свидетельствует об уменьшении притока артериальной крови в данном полушарии. Задержка снижения

кривой характеризует нарушения венозного оттока. Помимо такой качественной оценки, производится также расчет количественных параметров.

В литературе описаны различные параметры количественной оценки энцефалорадиограммы. В последние годы большинство исследователей ограничиваются расчетом только трех основных, к числу которых относятся:

— время мозгового кровотока (ВМК), которое измеряется в секундах и определяется продолжительностью первого отрезка кривой от начала подъема до начала спада (или до достижения пика максимума);

— время выведения индикаторов (ТВ) измеряется в секундах и определяется продолжительностью отрезка от начала спада кривой до точки пересечения ее нисходящего экстраполированного отрезка с линией фона;

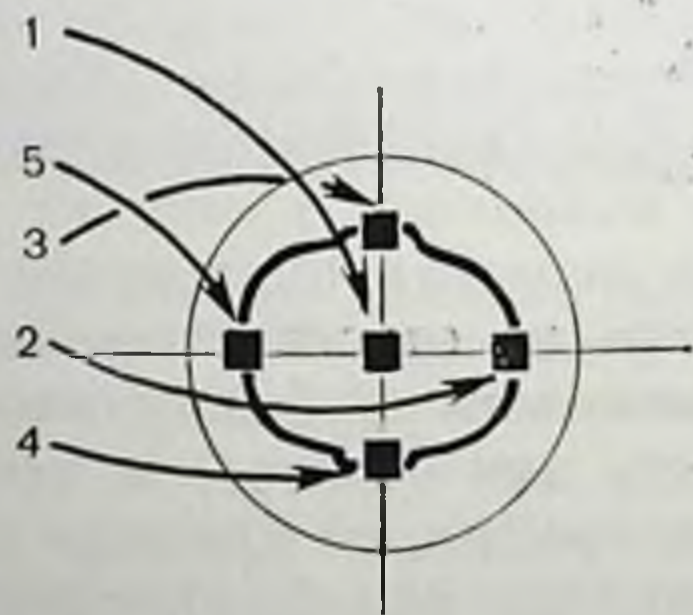
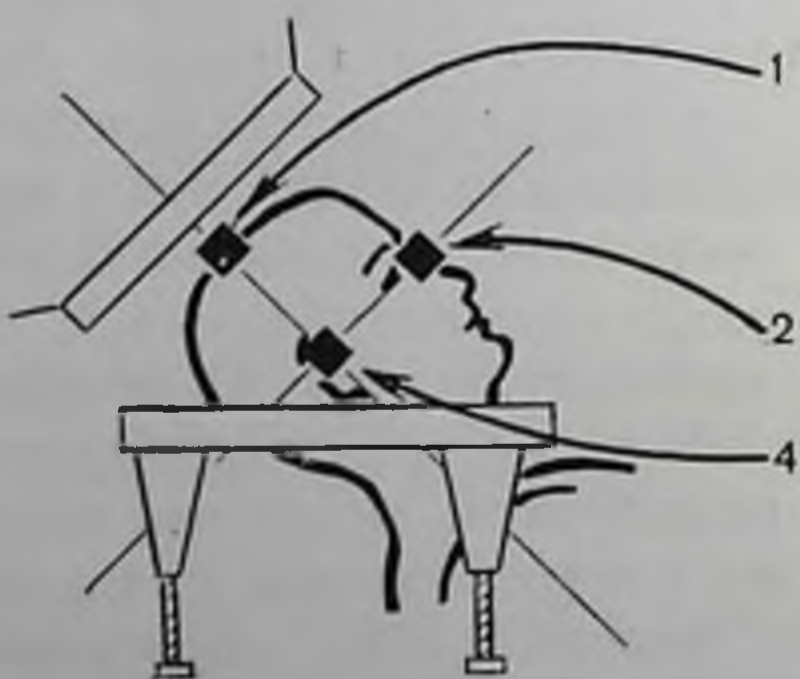
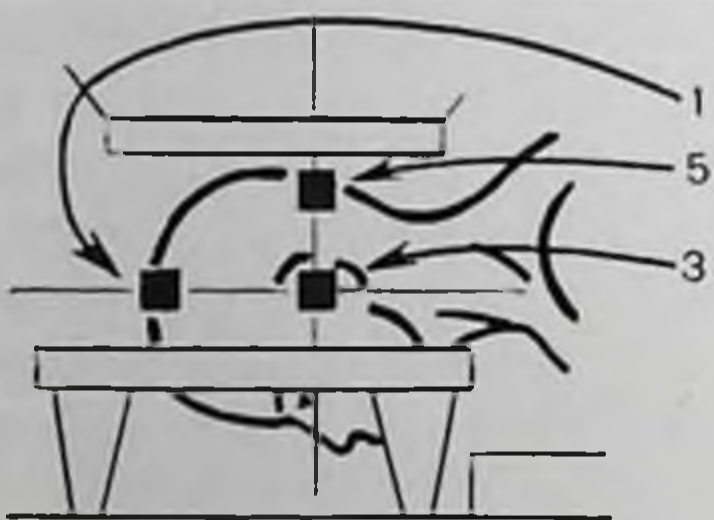
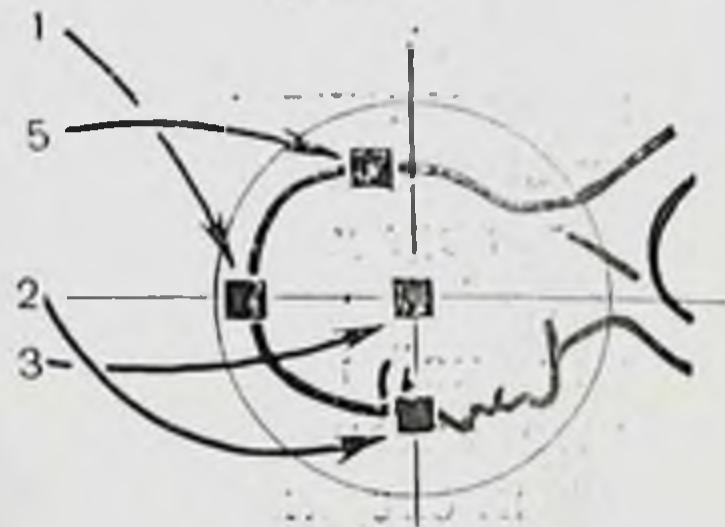
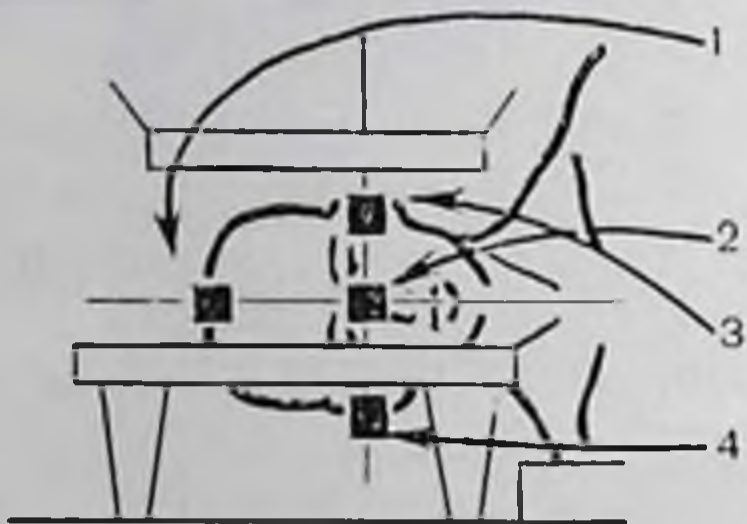
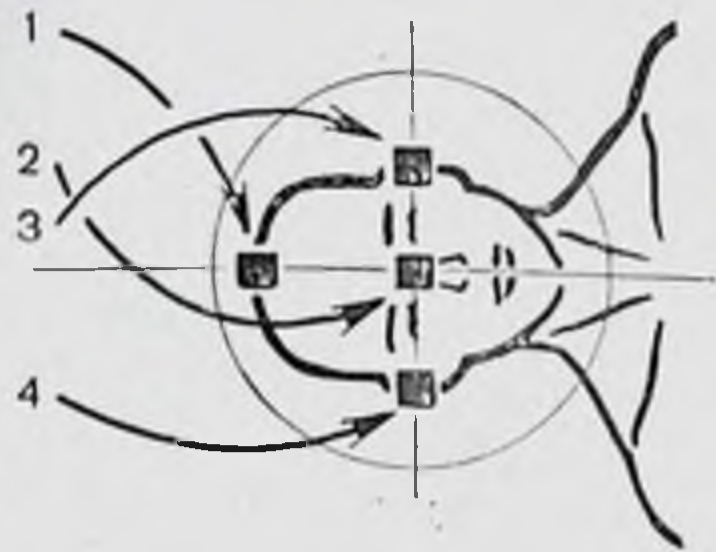
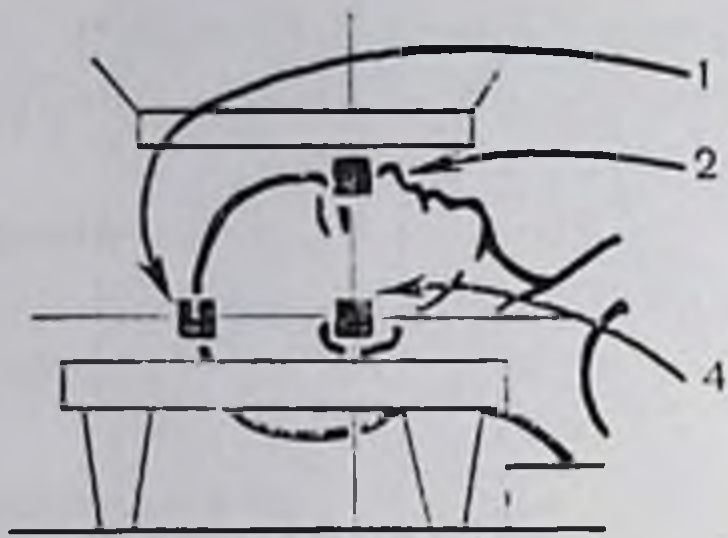
— время полной циркуляции индикатора (ТЦ) в секундах, соответствующее времени от начала подъема кривой до точки пересечения ее нисходящего сегмента с линией фона (т. е. сумма ВМК и ТВ).

По нашим собственным данным, эти показатели в норме составляют: ВМК — 5—8 с, ТВ — 7—9 с и ТЦ — 13—16 с. Колебания показателей в пределах $\pm 15\%$ укладываются в понятие нормы. Это относится также к разнице между показателями слева и справа. Уменьшение ВМК наблюдается при артеровенозных аневризмах, удлинение ВМК — при опухолях, ишемических и геморрагических инсультах, когда очаговый кровоток затруднен.

Удлинение ТВ, естественно, наблюдается и при удлинении ВМК, однако при явлениях венозного застоя возможно изолированное удлинение ТВ. Необходимо отметить, что в норме при удачном введении болюса выделение соответствующих отрезков энцефалорадиограммы достаточно просто осуществить, однако при наличии изменений кровотока мозга выделение показателей может быть недостаточно точным.

Несмотря на относительно высокие диагностические возможности в выявлении грубой патологии головного мозга, низкую травматичность для больного и простоту исполнения методики энцефалорадиографии, ей присущи также два отрицательных качества. Во-первых, на энцефалорадиограммах можно лишь определить сторону поражения без уточнения топографии патологического очага собственно в полушарии. Во-вторых, при исследовании с двумя взаимно противоположно установленными детекторами неизбежно учитывается вклад излучения нуклида с противоположной стороны, что снижает предел эффективности выявления нетяжелых поражений.

Энцефалоангиосцинтиграфия. После появления сцинтилляционных камер с компьютерами они прежде всего стали использоваться для диагностики нарушения кровообращения головного мозга различного происхождения. В отличие от других методов сцинти-



95. Положение головы пациента при выполнении энцефалосцинтиграфии в различных проекциях.
 Цифрами обозначены анатомические ориентиры.

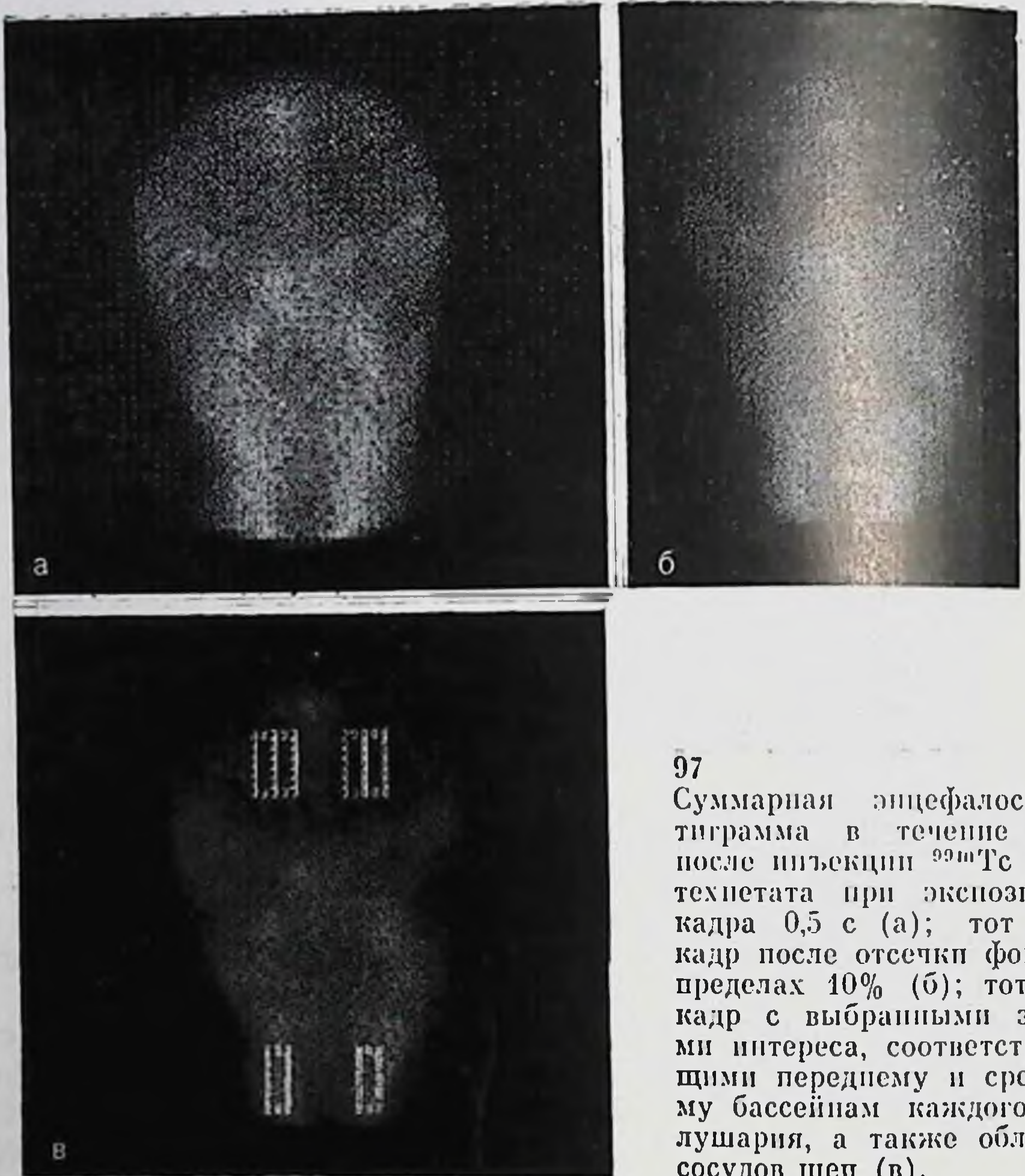
тиграфии, когда устанавливается наличие изменения функции, при диагностике поражений и заболеваний головного мозга основу диагностической информации составляет выявление факта нарушения кровообращения. Эти нарушения могут быть обусловлены следующими причинами: нарушением кровоснабжения, нару-



96. Энцефалосцинтиграмма через 2 ч после введения ^{99m}Tc пертехнетата с экрана дисплея ЭВМ «САОРИ».

пешнями гематоэнцефалического барьера, нарушением венозного оттока.

Для исследования больной укладывается на процедурном столе в горизонтальном положении на спине. Голова пациента фиксируется на специальной подставке (рис. 95). Детектор камеры устapавливают над головой спереди таким образом, чтобы верхний край поля зрения на 3—4 см перекрывал уровень темпной области головы пациента. Это исключает невключение в зону зрения детектора области локализации сагиттального синуса. После полной готовности системы осуществляют внутривенное введение РФП. Для обследования лучше всего использовать пертехнетат ^{99m}Tc , при условии однократного введения с общей активностью 370 МБк. Менее показано использование ^{113m}In ввиду более низкой эффективности регистрации его излучения и необходимости введения еще большей активности — 740 МБк, что сопровождается значительной лучевой нагрузкой на выполняющий введение медицинский персонал. Регистрация кинетики болюса производится непрерывно в течение первых 40 с с продолжительностью кадра 0,3—1 с. Меньшая продолжительность кадра малоцелесообразна, несмотря на возможность впоследствии выполнить сложение кадров в памяти компьютера. После выполнения всей серии кадров фармакодинамики и регистрации их в памяти ЭВМ больной остается в том же положении в течение еще 3—4 мин (время разведения пертехнетата в организме). Затем выполняется статическая сцинтиграмма в переднезадней про-



97

Суммарная энцефалосцинтиграмма в течение 60 с после инъекции ^{99m}Tc пертехнетата при экспозиции кадра 0,5 с (а); тот же кадр после отсечки фона в пределах 10% (б); тот же кадр с выбранными зонами интереса, соответствующими переднему и среднему бассейнам каждого полушария, а также области сосудов шеи (в).

екции при экспозиции, достаточной для набора оптимального количества импульсов. При тех же технических условиях производятся снимки в обоих боковых положениях, а при необходимости еще в заднепередней и вертикальной проекциях головы (рис. 95). Такое число снимков требуется не только для того, чтобы точнее определить топографию патологического очага, но и обнаружить некоторые очаги в определенной проекции.

Наконец, через 30 мин, при необходимости, эти статические сцинтиграммы повторяют. Показанием для этих поздних снимков является подозрение на наличие опухоли мозга. Статические сцинтиграммы можно регистрировать на обычную поляроидную пленку или в памяти ЭВМ с последующей обработкой (рис. 96).

Обработка на ЭВМ энцефалоангиосцинтиграмм производится в пять этапов. На первом этапе выполняется суммирование информации всех кадров с представлением на дисплее полученного изображения (рис. 97, а). Затем производится отсечка тканевого фона до получения четкого изображения скальпа (см. рис. 97, б)

Построение кривых активность/время из зоны интереса в передней проекции.

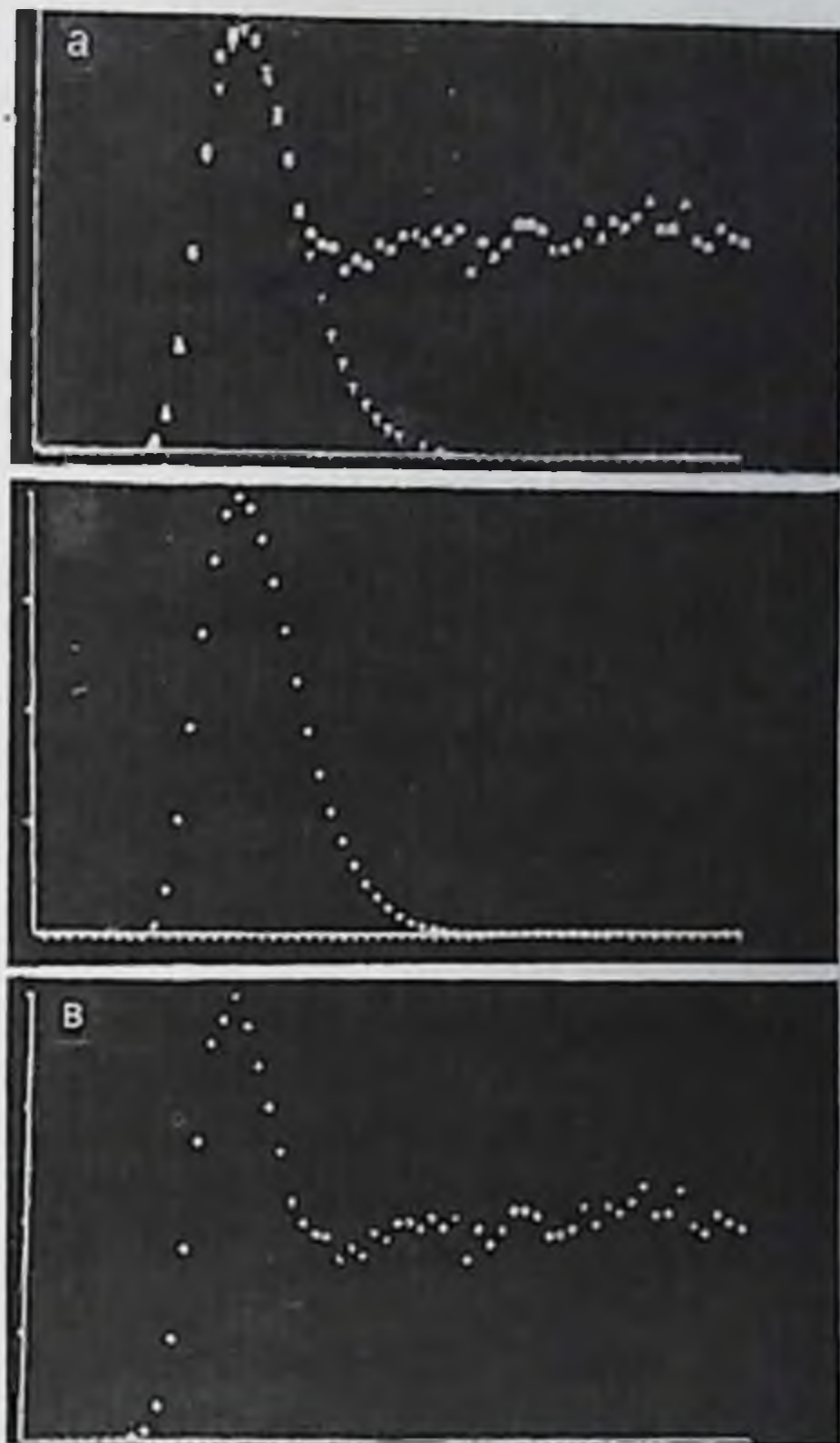
а — истинная кривая и аппроксимация ее нисходящего отрезка; б — изолированная кривая с аппроксимированным нисходящим отрезком; в — истинная кривая с выходом нисходящего отрезка на плато.

и выбираются 4 зоны интереса для переднего и среднего сосудистых бассейнов каждого полушария (см. рис. 97, в). Построение зон следует производить в виде прямоугольников одинаковой площади, чтобы получить сопоставимые объемы исследуемых тканей слева и справа.

На втором этапе с каждой зоны интереса выводятся кривые активность/время — зонные радиоциркулограммы с соответствующей маркировкой по бассейнам (рис. 98). В норме для каждого бассейна ВМК составляет 5 с, ТВ — 8 с и ТЦ — 13 с, т. е. такие же показатели, как и показатели обычной энцефалорадиографии.

На третьем этапе производится обработка радиоциркулограмм по общим принципам энцефалорадиографии, только применительно не ко всему полушарию, а к каждому бассейну. При обнаружении признаков расхождения в величинах транзита РФП в парных сосудистых бассейнах выполняется четвертый этап обработки: на дисплей последовательно выводятся кадры через каждые 2 с, которые оцениваются визуально и путем построения поперечных гистограмм. На таких ранних стадиях визуализируются артеровенозные аневризмы (8—12 с), менингиомы (16—20 с) и злокачественные глиомы (24—32 с). Просматривая записанные кадры на дисплее ЭВМ и ориентируясь на нарушения транзита, можно установить топiku и размеры очага поражения, а по времени их выявления дать заключение и о характере очага.

На пятом этапе осуществляется анализ ранних и поздних статических энцефалосцинтиграмм. Поскольку анализ изображений динамической и статической энцефалосцинтиграммы производится одинаковыми способами, представляется целесообразным предварительно рассматривать особенности анатомо-топографической картины в различных проекциях (рис. 99, а — з). Для рассмотре-

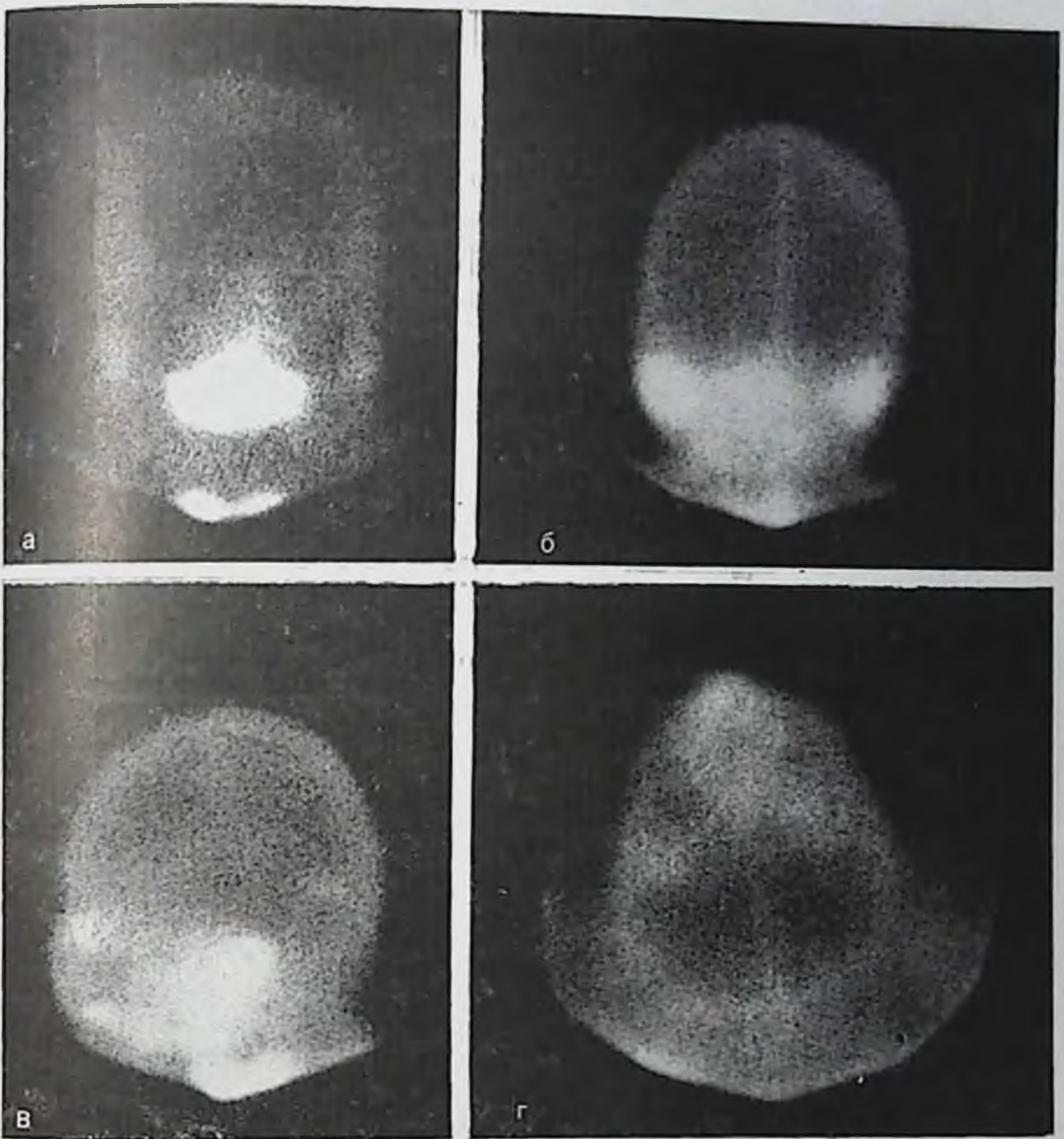


ния использованы поздние статические сцинтиграммы, которые дают лучшие и более четкие анатомо-топографические ориентиры вследствие закономерной визуализации не только скальпа, но и слюнных желез.

На переднезадней энцефалосцинтиграмме обе лобные доли головного мозга представляются в виде «холодных» зон, разделенных отчетливой перегородкой, в виде полосы повышенной интенсивности, которая в верхней части, соответствующей верхнему сагиттальному синусу, наиболее контрастная. Сверху и латерально оба полушария ограничиваются хорошо выраженной контрастной полосой, обусловленной наличием пертехнетата в скальпе черепа. Нижнюю границу сцинтиграфического изображения головного мозга составляют оба кавернозных синуса и области орбит. Нижняя часть изображения головы представляется более активной за счет накопления РФП в обильно кровоснабжающихся тканях головы, а в более поздние сроки за счет концентрации пертехнетата в слюнных железах, слизистой оболочке носа, полости рта, а также в мягких тканях лица. По краям этой области на поздних сцинтиграммах четко контурируются околоушные слюнные железы, где накопление пертехнетата максимальное. Верхний край изображения околоушной слюнной железы определяется как наружное слуховое отверстие и используется в качестве анатомического ориентира на энцефалосцинтиграмме.

В заднепередней проекции область скальпа менее активная ввиду меньшего количества мышечной ткани. Нечетко также проявляется изображение верхнего сагиттального синуса. На боковых энцефалосцинтиграммах, достаточно точно соответствующих профилю головы, область соответствующего полушария головного мозга также представлена в виде неактивной зоны, окруженной четким изображением скальпа с максимальной контрастностью в области вершины свода. Нижняя граница захватывает зону повышенного содержания пертехнетата в области носа, полости рта и слюнных желез. Анатомическими ориентирами на боковых энцефалосцинтиграммах являются переносы и затылочный бугор.

Показаниями для применения энцефалоангиосцинтиграфии являются диагностика сосудистых нарушений, кровоизлияний и опухолей головного мозга, поэтому при подозрении на подобные патологические процессы показано проведение энцефалоангиосцинтиграфии. Относительным показанием является также изучение кровоснабжения головного мозга и состояния крупных кровеносных сосудов, особенно в качестве отборочного теста для назначения рентгеноконтрастного исследования. Наконец, энцефалоангиосцинтиграфия может выполняться с целью изучения патогенеза длительно существующих головных болей и, в частности, для уточнения значения сосудистого компонента. Показанием для энцефалоангиосцинтиграфии являются также опухоли орбиты. При проведении исследований с целью обнаружения сосудистых нарушений выполняется только два этапа исследования: энцефалоангиосцинтиграфия (рис. 100) и ранний статический снимок. При



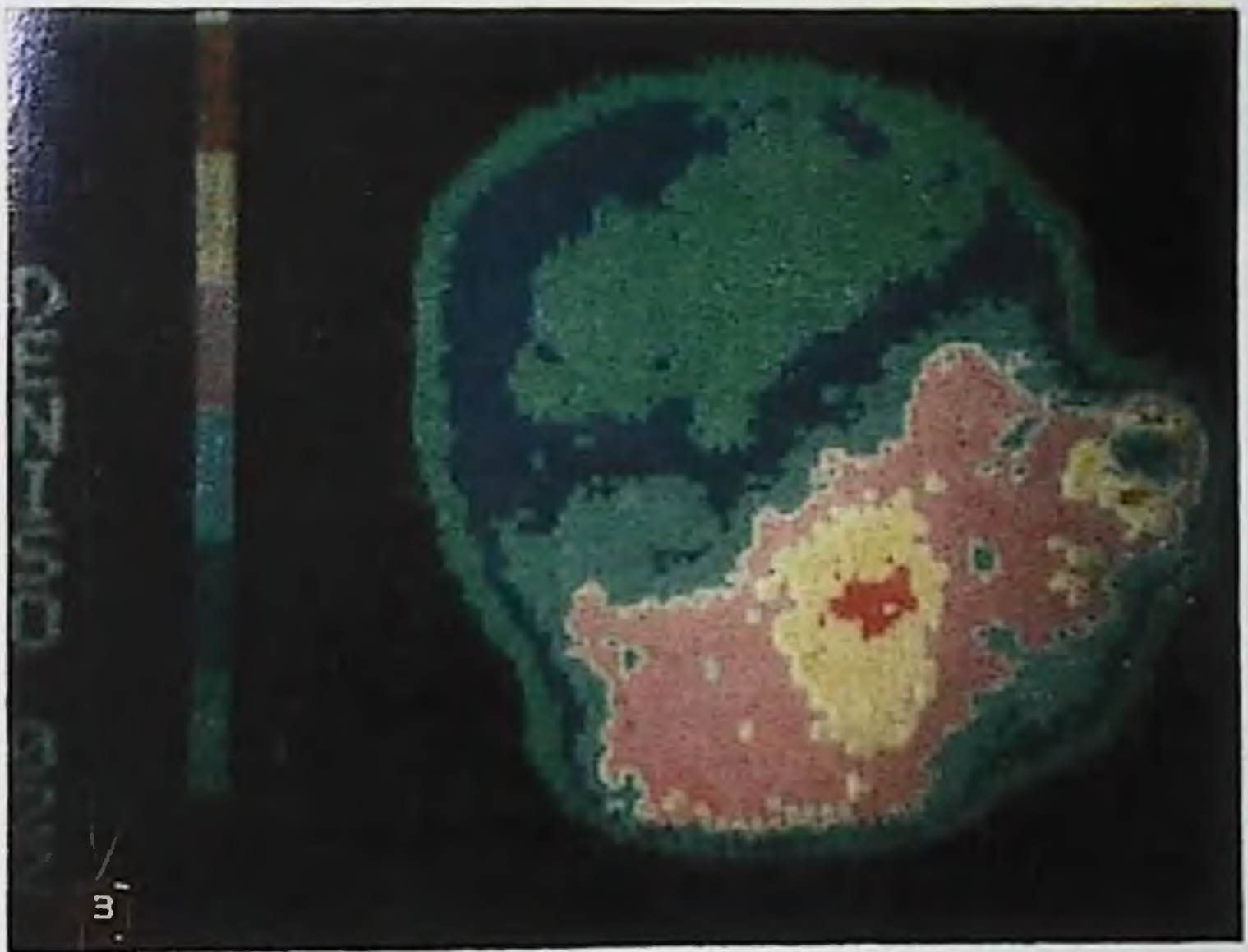
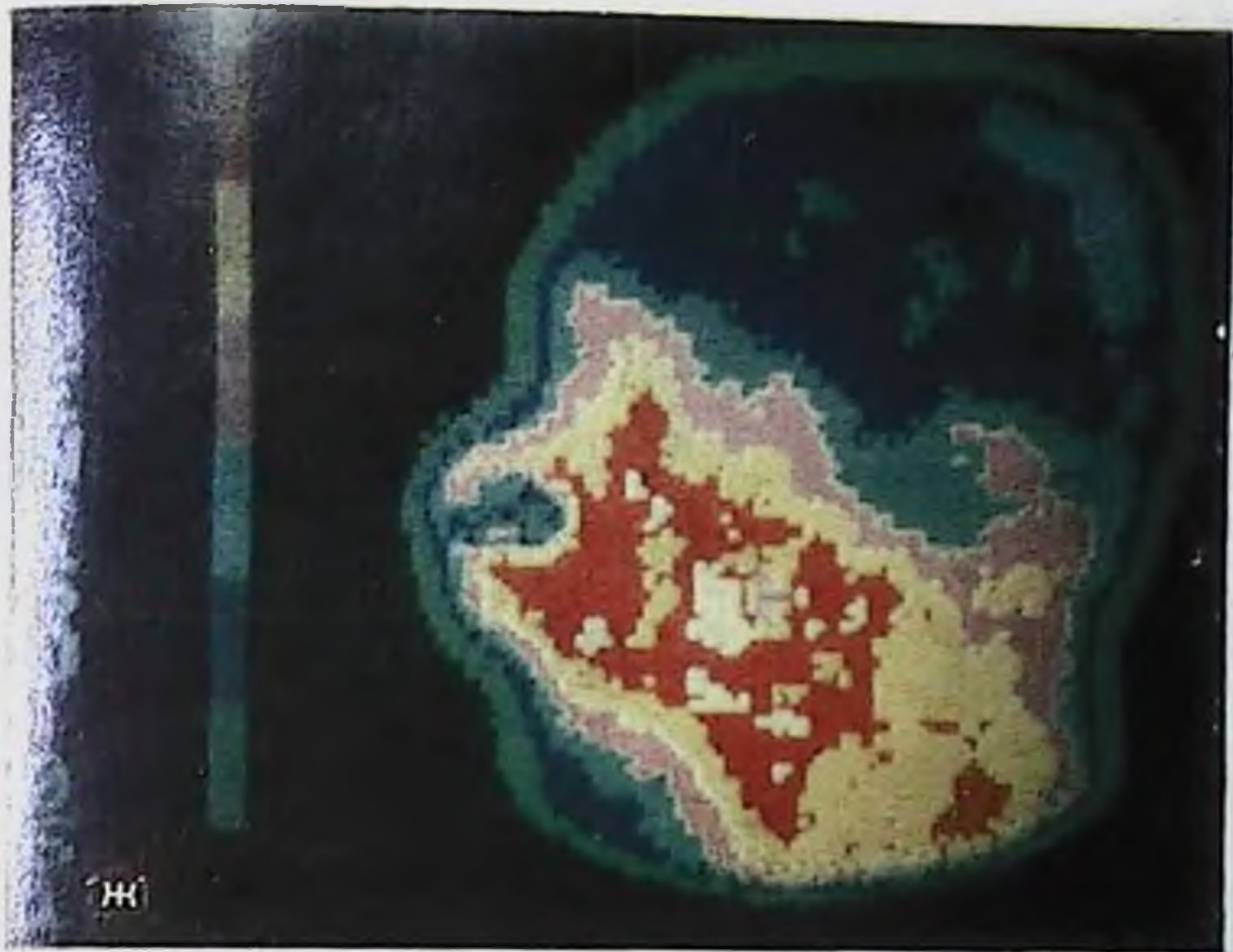
99. Поздние, полученные через 2 ч после введения ^{99m}Tc пертехнетата, энцефалосцинтиграммы в передней (а), задней (б), левой (в) и верхней (г) позициях с нормальной картиной распределения РФП у мужчины 55 лет; д, е, ж, з — после обработки на ЭВМ «СЕРАМС».

подозрени на опухоль мозга проводится все три этапа исследования, даже если опухоль определяется на раннем снимке. По разнице изображения в ранние и поздние сроки представляется возможным высказать предположение о виде опухоли головного мозга. Так, артеровенозные аневризмы и менингиомы через 30 мин уже не визуализируются, злокачественные гликомы лучше визуализируются через 20—60 мин, а гематомы и геморрагические инсульты — через 30—120 мин. В последние годы значение радонуклидных исследований для диагностики опухолей мозга уменьшилось ввиду развития компьютерной томографии, однако в диагностике сосудистых поражений энцефалоангиосцинтиграфия является первостепенной.



99. (продолжение).

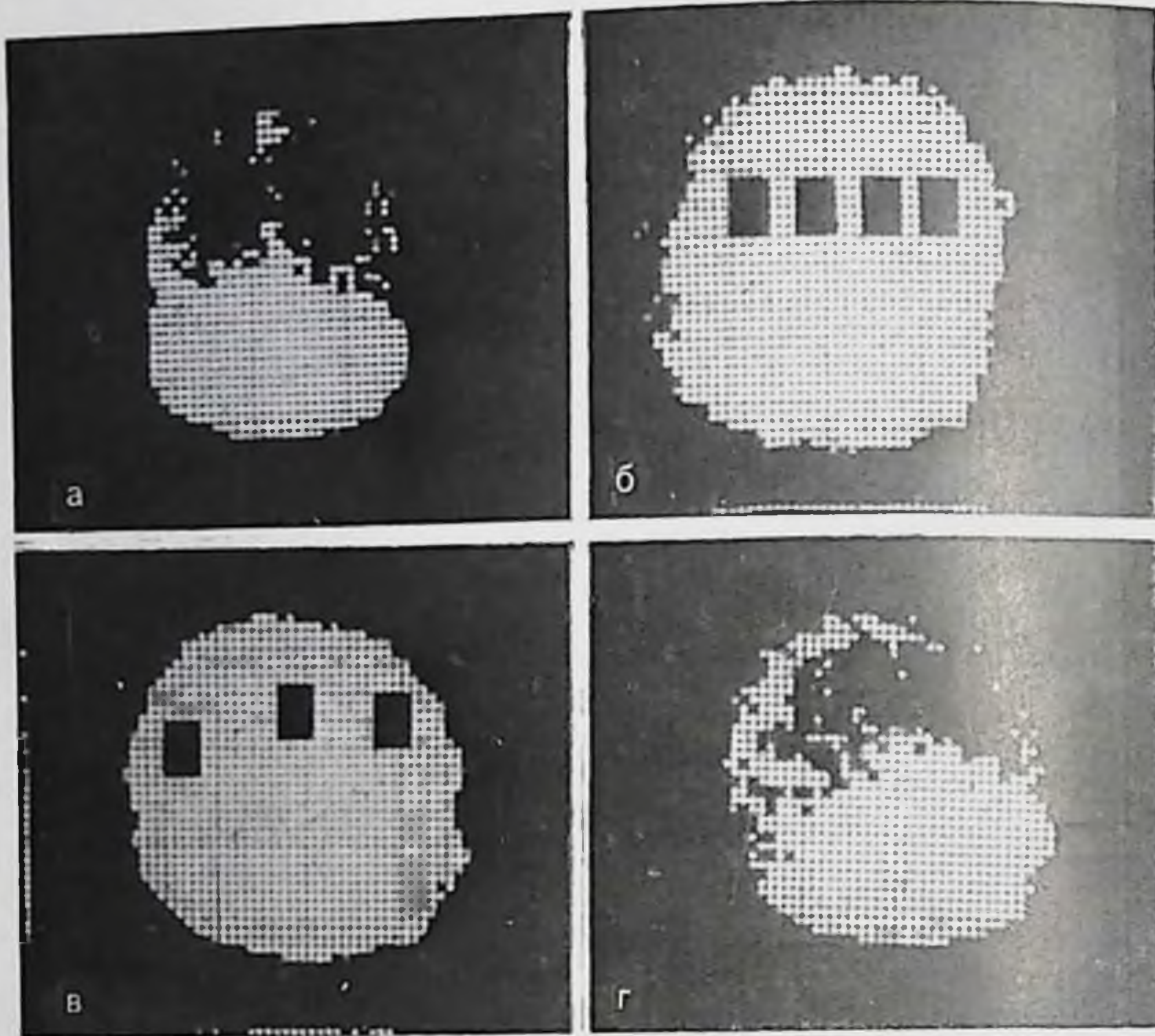
Данные энцефалоангиосцинтиграфии при травматических повреждениях. При диагностике травматических повреждений головного мозга и разграничении сотрясения и ушиба мозга энцефалоангиосцинтиграфия имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами исследования. О возможности обнаружения характерных признаков изменения нормальной энцефалосцинтиграфической картины в таких случаях может свидетельствовать



99. (продолжение).

обследованне больной 9 лет, получившей травму головы во время катания на коньках.

На радиоциркулограммах ВМЖ и ТЦ не увеличены, однако отмечается межполушарная асимметрия кривых, свидетельствующая о снижении объема кровотока в левом полушарии. Покадровый анализ ангиосцинтиграмм, полученных после введения 170 МБк пертехнетата при экспозиции одного кадра 3 с не выявил нарушений пассажа радиондикатора. По кривым актив-

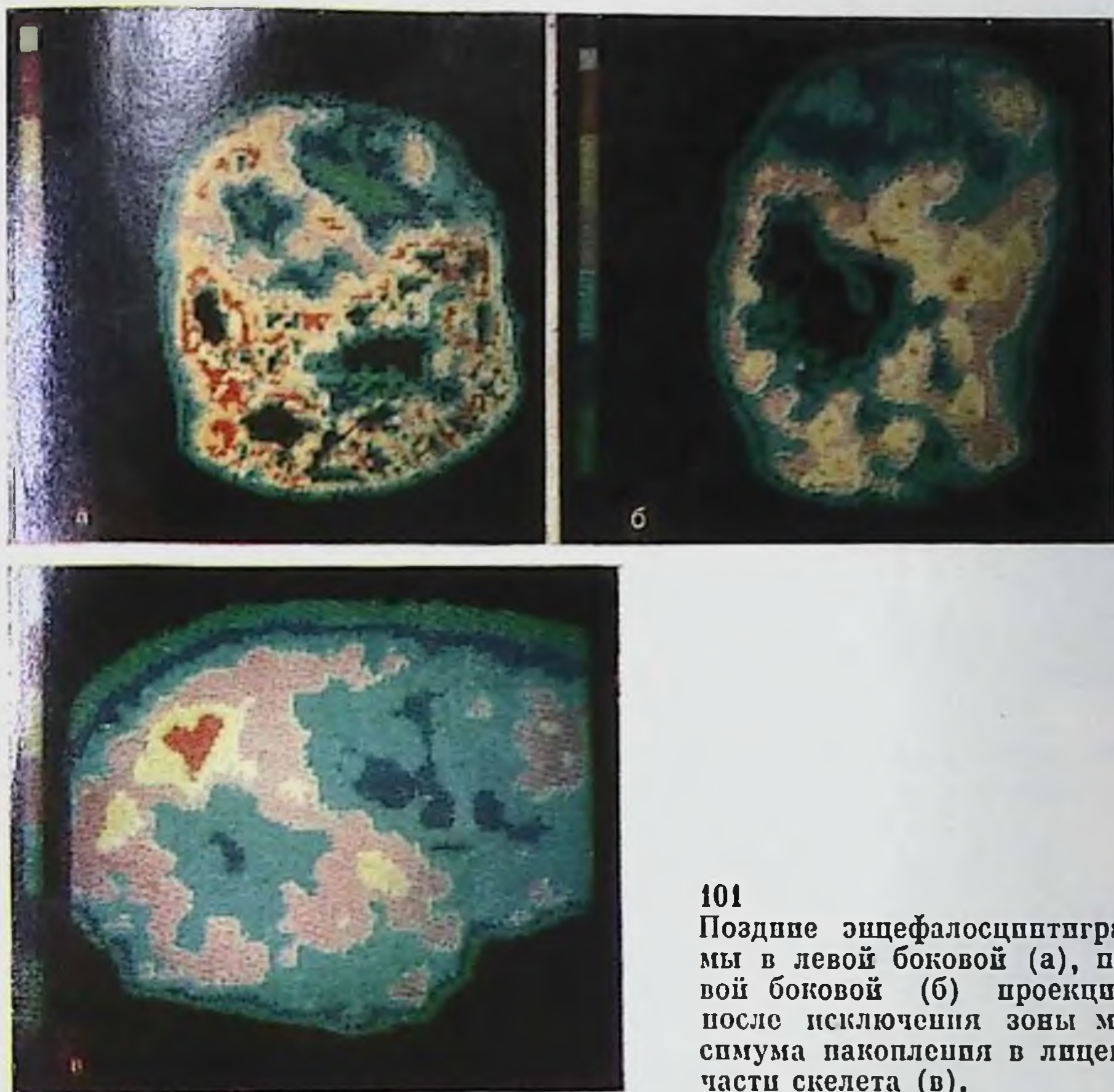


100. Суммарные энцефалосцинтиграммы, полученные в течение 40 с после введения ^{99m}Tc пертехнетата в передней (а, б) и правой боковой (в, г) проекциях с выделенными зонами интереса.

ность/время отчетливо определяется уменьшение кровотока в левой гемисфере в бассейне передней и средней мозговой артерии. На статических сцинтиграммах (рис. 101, а, б, в) отмечается диффузное повышенное накопление радиондикатора в левой лобно-теменной области, свидетельствующее о повышенной проницаемости гематоэнцефалического барьера в указанной области. Таким образом, у больной было установлено региональное нарушение мозгового кровообращения, соответствующее по локализации области перелома свода черепа и обусловленное ушибом мозга. Следовательно, диагноз интракраниальной гематомы был снят. Дальнейшее наблюдение за больной подтвердило правильность диагноза. После проведенного консервативного лечения на 23-й день болезни девочка была выписана домой в удовлетворительном состоянии.

В диагностике внутричерепных гематом энцефалоангиосцинтиграфия представляет исключительную ценность, особенно учитывая полную атравматичность исследования. В качестве иллюстрации диагностических возможностей энцефалосцинтиграфии в таких случаях могут служить и данные обследования больного 10 лет с травмой головы.

На серийных ангиосцинтиграммах, полученных в переднезадней проекции, определяется низкий уровень повышенной активности



101
 Поздние энцефалосцинтиграммы в левой боковой (а), правой боковой (б) проекциях, после исключения зоны максимума накопления в лицевой части скелета (в).

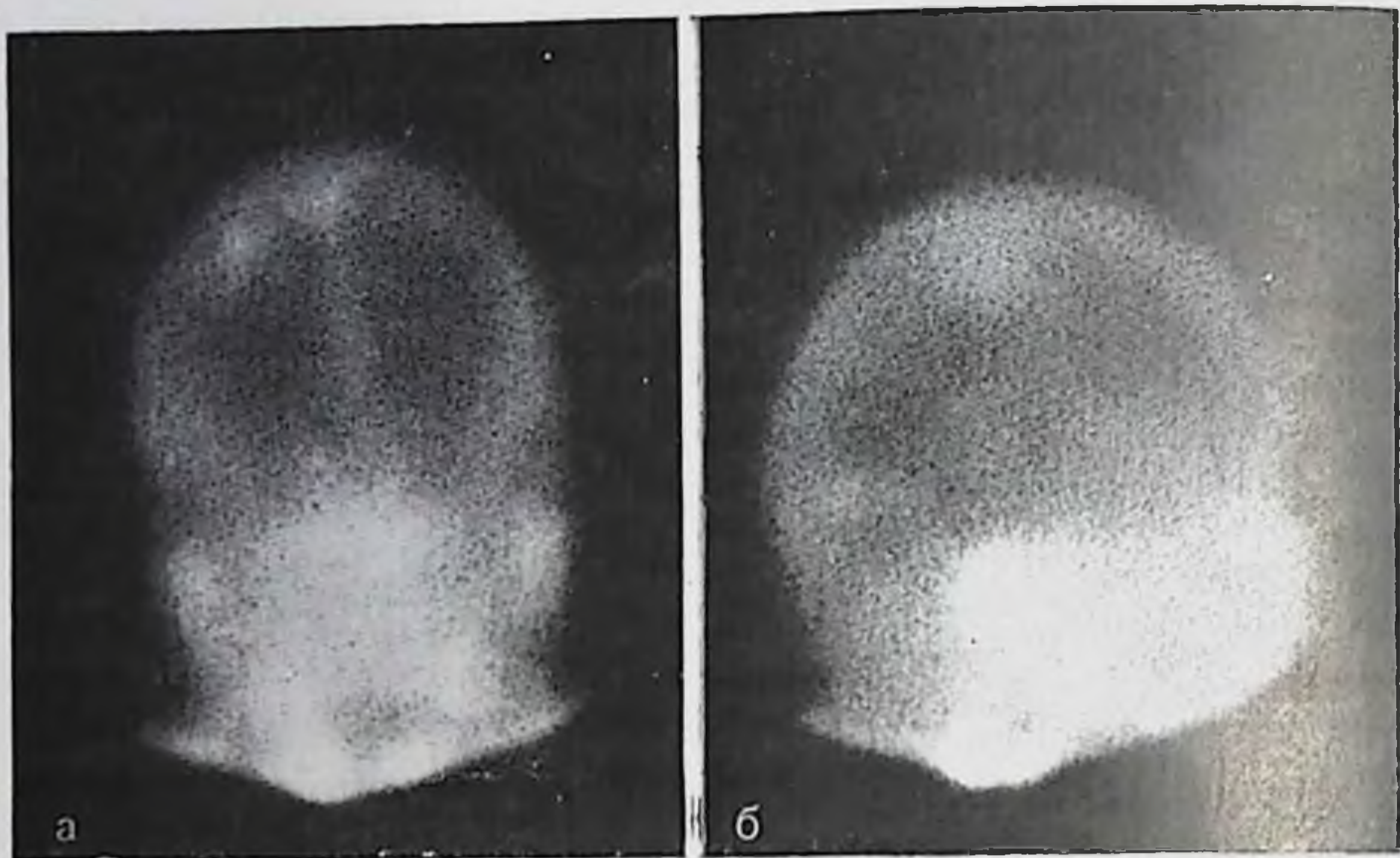
в латеральной части изображения левого полушария, что характерно для регионарного снижения мозгового кровотока в бассейне средней мозговой артерии. В переднезадней, левой, боковой и вертикальной проекциях определяется «горячий» очаг в левой височно-теменной области, который по степени накопления пертехнетата, локализации и форме изображения может быть отнесен к внутричерепной гематоме (рис. 102, а, б).

Операция — обнаружена эпидуральная гематома в левой височно-теменной области. Послеоперационный период протекал гладко. Выписан домой на 52-е сутки после травмы в удовлетворительном состоянии.

В среднем ряду представлены изображения в левой боковой проекции, а в нижнем — в вертикальной. Постепенно обрабатывая изображение путем выбора наиболее оптимальных уровней регистрации, достигается визуализация патологического очага.

По данным Ю. Н. Смирнова (1976), из 96 обследованных, получивших травму черепа, у 83 в первые 7 сут были обнаружены нарушения церебральной динамики.

На основании полученных количественных показателей цере-



102. Энцефалосцинтиграммы больного с эпидуральной гематомой правой височпо-теменной области.

а — передняя проекция; б — правая боковая проекция.

бразьной гемодинамики можно различать два типа нарушений мозгового кровообращения:

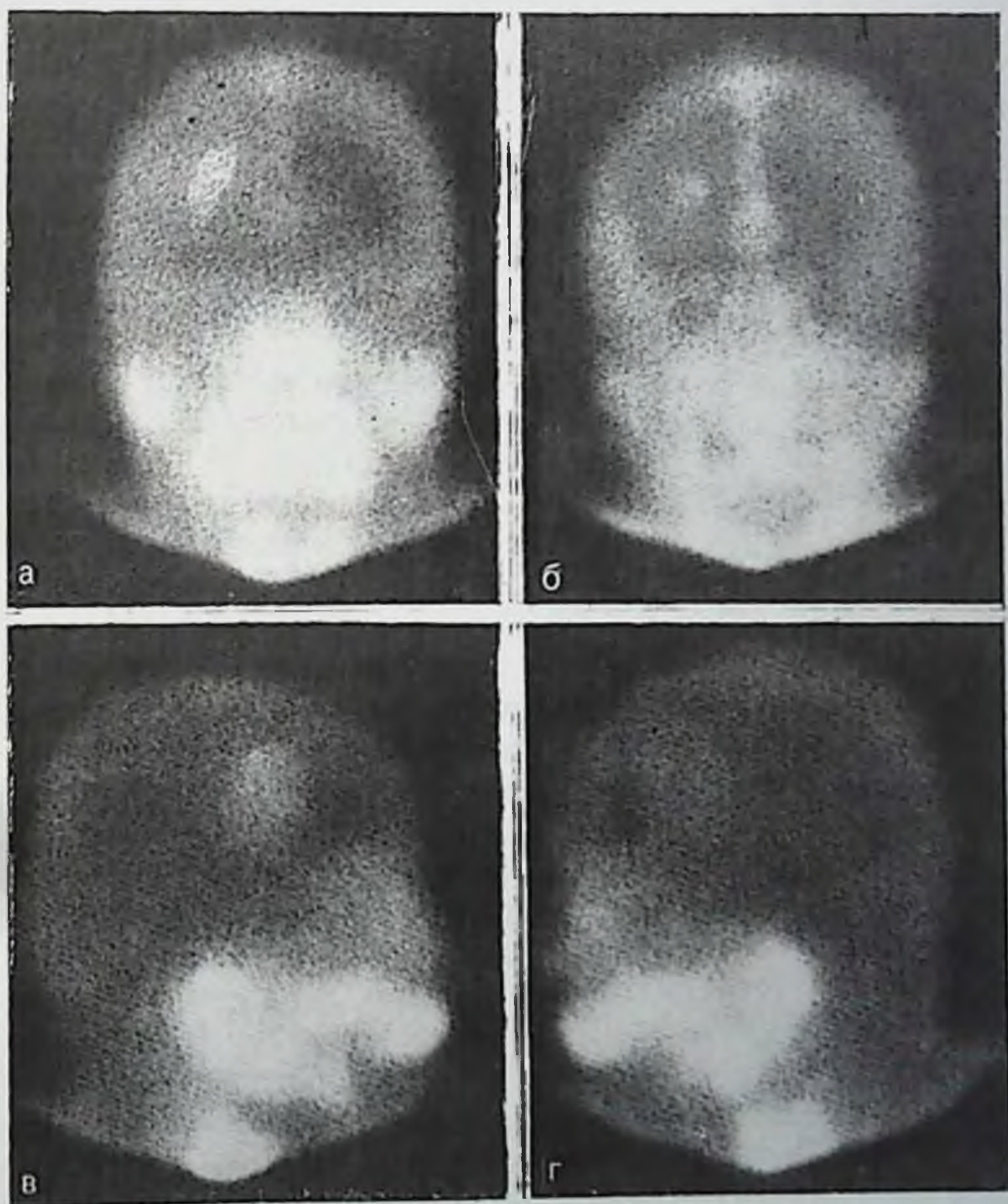
первый тип, который мы определяем как гиподинамический, характеризуется равномерным замедлением скорости мозгового кровотока в обоих полушариях;

второй тип определяется как диспропорциональный, когда четко определяется межполушарная асимметрия.

Таким образом, возможности радионуклидной диагностики повреждений головного мозга достаточно высокие и вполне сопоставимы с диагностической информацией компьютерной томографии. Если в обнаружении гематом компьютерная томография имеет преимущества перед энцефалоангиосцинтиграфией, то в диагностике контузий и ушибов головного мозга более эффективна последняя. Поскольку при травматических поражениях речь идет не только об исключении собственно гематомы, но и об определении самого факта поражения сосудов мозга, то энцефалоангиосцинтиграфия не имеет альтернативы.

Опухоли головного мозга. Возможности энцефалоангиосцинтиграфии, особенно в сочетании со статической сцинтиграфией, достаточно надежны для распознавания опухолей головного мозга. Однако эффективность диагностики обусловлена рядом обстоятельств, из которых главную роль имеют следующие три: размер опухоли, степень ее васкуляризации и соотношение накапливаемого препарата в опухоли и в окружающих ее тканях мозга. Если относительно опухолей печени или почек можно было однозначно отмечать конкретные размеры выявляемых при сцинтиграфии

опухолей, поскольку в них накопления коллоидов или других гепатотропных соединений не происходит, то относительно опухолей мозга это положение не оправдано. При диагностике опухолей мозга речь идет о выявлении «теплого» очага в условиях сложного неодинакового тканевого фона. Обычно принято считать, что выявление опухолей возможно при размерах более 2 см в диаметре, при условии их высокой контрастности, т. е. когда соотношение концентрации РФП опухоль/тканевый фон более 50%. По данным Е. Н. Бадмаева (1982), опухоли супратенториальной локализации диагностируются на сцинтиграммах в 96% случаев, а субтенториальных — в 91% случаев. По мнению Н. Декарта (1973), при диагностике супратенториальных опухолей сцинтиграфия оказывается успешной только в 80—85% случаев, тогда как при диагностике субтенториальных опухолей эффектив-



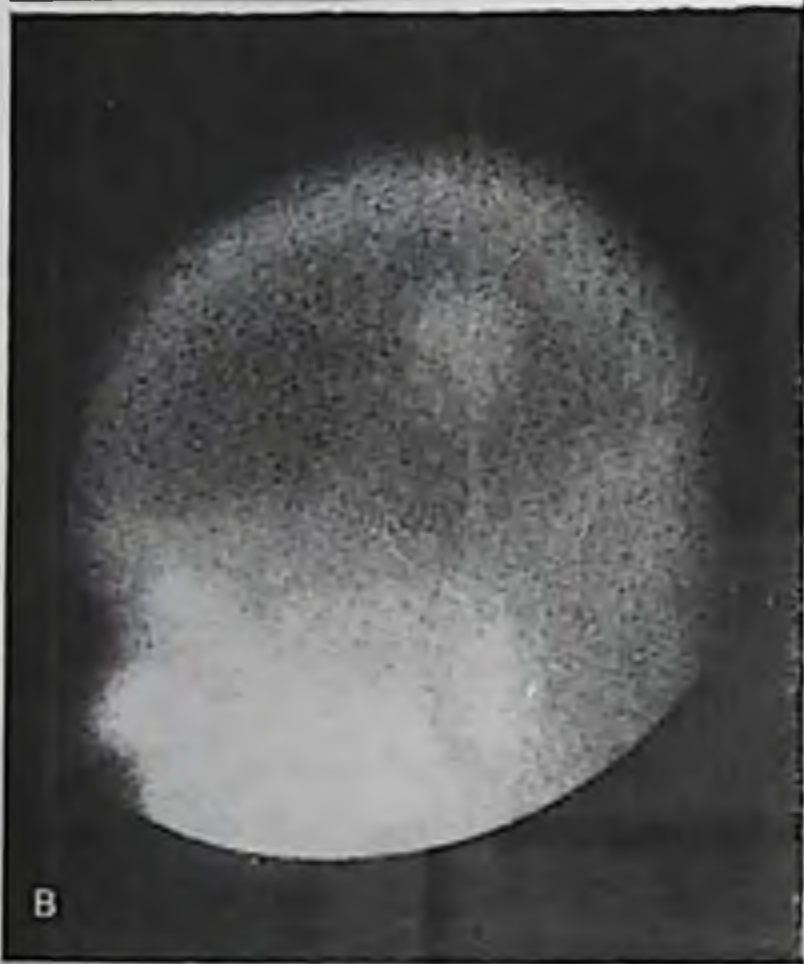
103. Энцефалосцинтиграммы больного с глиомой правого полушария в переднезадней (а, б), правой и левой боковых проекциях (в, г). На передней и еще лучше на правой боковой проекции четко определяется очаг поражения.



а



б



в

104

Энцефалосцинтиграммы больного с медуллобластомой левой височной доли.

а — прямая, б — правая боковая, в — левая боковая проекция, где определяется горячий очаг.

ность сцинтиграфии не выше 70%. Однако данные Н. Декарта основаны на использовании рутинных методик исследования без применения гамма-камер, компьютерной обработки и специальных, трюковых к опухолям РФП.

Одной из основных особенностей сцинтиграфии головного мозга для обнаружения опухолевых очагов является необходимость выполнения исследований во всех четырех проекциях. Особенно это важно при использовании пертехнетата и РФП, меченных технецием, излучение которого претерпевает значительное снижение интенсивности ввиду как экранирующего эффекта костей черепа, так и толщи мозговой ткани между очагом и детектором. Не имея четких данных о предполагаемой локализации очага поражения, можно на сцинтиграмме в одной из проекций практически не получить диагностической информации сделать ложное заключение. В качестве примера нами приведены 4 энцефалосцинтиграммы в разных проекциях, полученные у больного с опухолью правого полушария в области теменной доли (рис. 103, а, б, в, г). На передней энцефалосцинтиграмме обнаруженное изображение очага повышенного накопления справа малодостоверно. Видна повышенная контрастность в центральной области правого полушария недостаточно четкой формы. Ниже, на правой боковой энцефа-

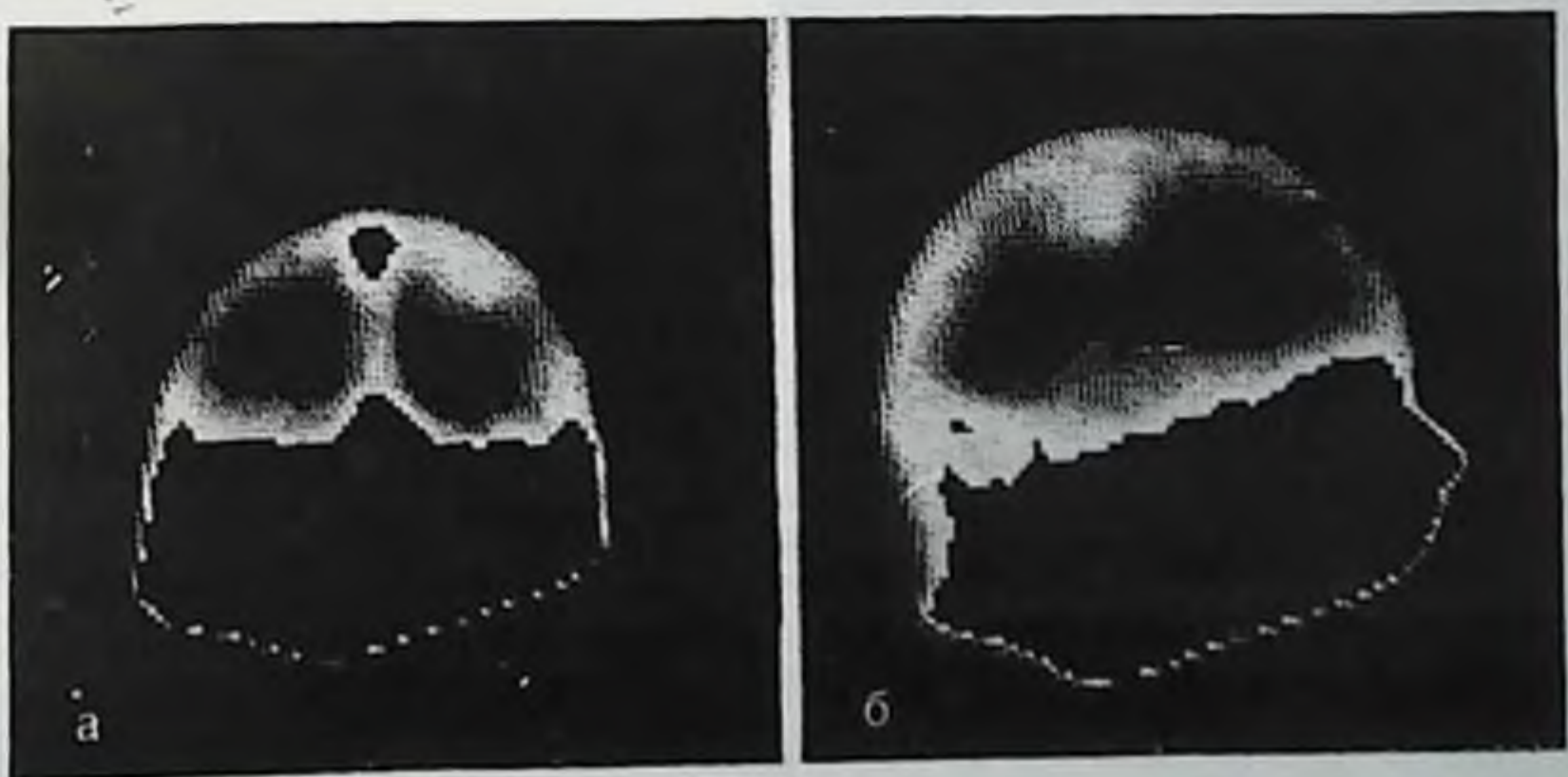
Энцефалосцинтиграммы, полученные с экрана дисплея после ЭВМ-обработки при оптимальных технических условиях у больного без поражения головного мозга.

лосцинтиграмме, контуры очага повышенного накопления более четкие. На левой боковой энцефалосцинтиграмме изображение опухоли мало контрастно, а на задней энцефалосцинтиграмме не определяется совсем. Еще более выразительным примером может служить обследование головного мозга в трех проекциях больной с глиобластомой левой теменной доли. Как видно из приведенных энцефалосцинтиграмм, полученных через 30 мин после введения пертехнетата, в прямой проекции опухоль не визуализируется совсем (рис. 104, а, б, в). Не проявляется «горячий» очаг и в правой боковой позиции, но зато четко обнаруживается в левой боковой проекции. Этот пример иллюстрирует значение поглощения гамма-излучения ^{99m}Tc .

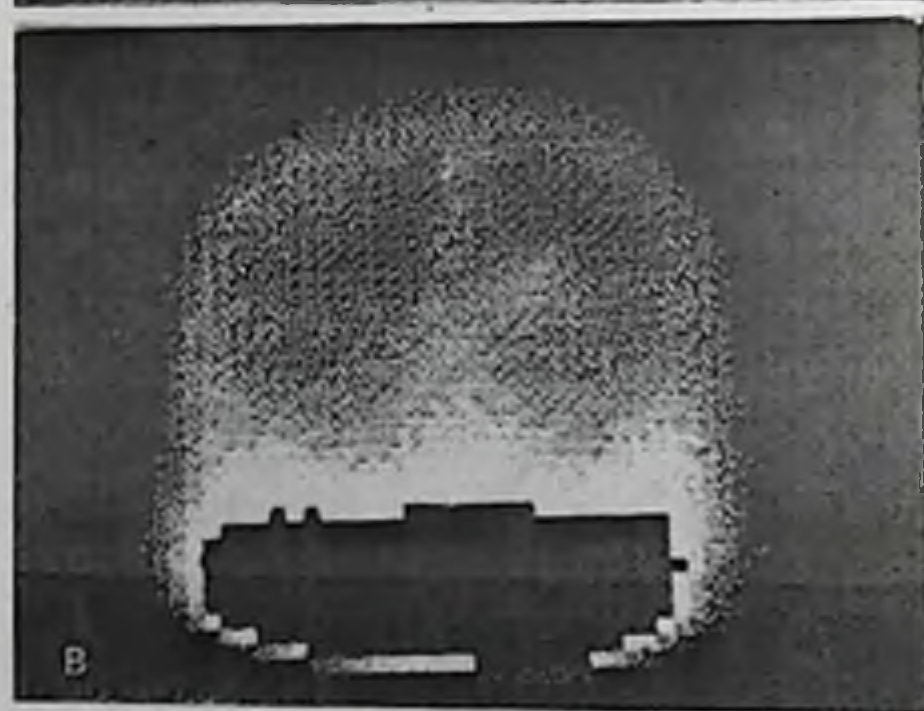
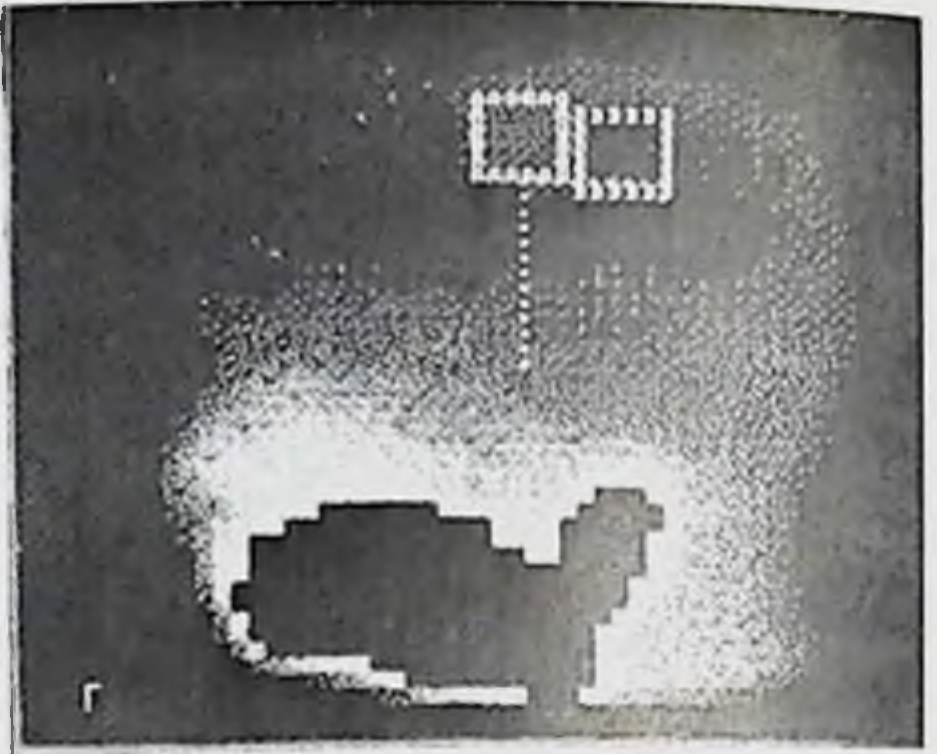
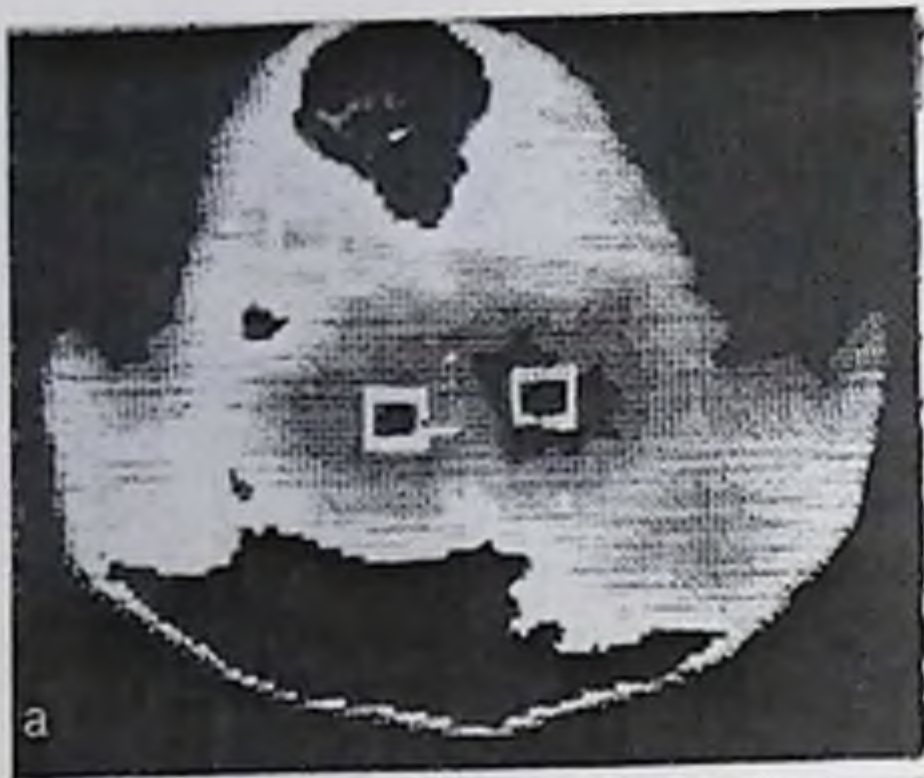
Определенную помощь в выявлении сомнительных очагов дает обработка изображения головного мозга на ЭВМ. Нами (рис. 105) приведены нормальные энцефалосцинтиграммы, полученные с дисплея ЭВМ при матрице размером 128×128 . Для большей наглядности представления собственно головного мозга изображение лицевой части головы с максимальной контрастностью снято пу-



Определенную помощь в выявлении сомнительных очагов дает обработка изображения головного мозга на ЭВМ. Нами (рис. 105) приведены нормальные энцефалосцинтиграммы, полученные с дисплея ЭВМ при матрице размером 128×128 . Для большей наглядности представления собственно головного мозга изображение лицевой части головы с максимальной контрастностью снято пу-



106. Энцефалосцинтиграммы больного с медуллобластомой левой теменной доли в задней (а) и правой боковой проекциях (б).



107

Энцефалосцинтиграмма больного с метастазами в левую затылочную долю, полученная с экрана ЭВМ с выведенными зонами интереса (а); ЭВМ-сцинтиграммы больного с метастатической опухолью левой теменной области без и с выведенными зонами интереса. Накопление в опухоли на 40% выше (б—д).

тем отсечки зон с максимальной скоростью счета, поэтому эта часть лица представлена в виде абсолютного фона и не отвлекает внимание врача.

Нами представлены энцефалосцинтиграммы больного с медуллобластомой левой теменной доли после обработки на ЭВМ при матрице размером 128×128 (рис. 106, а, б). Опухоль определяется менее четко в передней проекции и более достоверно в левой боковой проекции.

Вертикальная проекция энцефалосцинтиграммы больного с метастатической опухолью после обработки на ЭВМ представлена на рис. 107, а. Во всех остальных проекциях опухоль не визуализировалась. И в вертикальной проекции отчетливой визуализации опухоли нет, но слева отмечается более высокий уровень накопле-

ния РФП, чем справа. Для достоверности в таких случаях можно выделить одинаковые зоны интереса и сопоставить величину скорости счета слева и справа. Естественно, такие данные не позволяют с достоверностью установить наличие опухоли, поэтому рекомендуется повторить исследование через 10 дней. Аналогичная ситуация представлена на сцинтиграммах во всех четырех проекциях, отчетливо обнаруживается опухоль (рис. 107, б — д).

Обнаруживаемые местные очаги на стандартном фантоме головного мозга МНИРРИ лучше всего получить при исследовании на сцинтиграммах. Такие фантомные исследования позволяют в каждой лаборатории применительно к имеющейся аппаратуре разработать оптимальные технические условия исследования (вводимый уровень активности РФП, оптимальные экспозиции сцинтиграмм). Фантом изготовлен из тканеэквивалентных материалов согласно современным рекомендациям и имеет три объема, имитирующих соответственно кожные покровы и свод черепа; головной мозг; ткани лица, шеи и верхней части плечевого пояса (основание фантома). Объемы разделяются водным раствором пертехнетата, чтобы было следующее соотношение удельных активностей в различных объемах фантома: камера мозга — 1, скальпа — 6, объем основания — 15. Величина удельных активностей в объемах, имитирующих скальпа, мозговое вещество и фон лица — шеи, обоснована эмпирически на основании анализа количественных параметров сцинтиграмм, полученных при клиническом обследовании больных с применением компьютера.

В объеме головного мозга встроены имитаторы патологических очагов, выполненные в виде полых сфер диаметром 10, 20 и 30 мм, которые для имитации «горячих» очагов заполняются водным раствором технеция, имеющего удельную активность в 10 (очаги II, V) и в 20 (очаги I, III, IV) раз большую, чем активность объема области фантома, имитирующая головной мозг.

Относительная активность «горячих» очагов головного мозга в клинической практике определяется различными соотношениями. Очаг концентрации РФП в опухоли — нормальная ткань составляет 1 : 8, 1 : 12 и даже 1 : 33.

Приведенные нами исследования фантома в трех проекциях: вертикальной, передней, левой боковой — были подвергнуты анализу с помощью ЭВМ на выявляемость очага. Как следует из табл. 13, наиболее результативные данные по выявлению «горячих» очагов были получены в вертикальной проекции. Схема устройства фантома и обработанные сцинтиграфические изображения его в вертикальной проекции при наборе 1 млн. импульсов представлены на рис. 108, а, б. Приведенные примеры клинических исследований и результаты сцинтиграфии фантома головного мозга свидетельствуют о необходимости проведения обследования пациента обязательно во всех четырех и даже пяти проекциях, что, естественно, требует определенного времени, особенно для тщательной укладки больных в соответствующих поло-

Таблица 13

Выявляемость очагов стандартного фантома головного мозга МНПРРП по сцинтиграммам и после обработки информации на ЭВМ при матрице размером 128×128 , гамма-камера с 19 ФЭУ

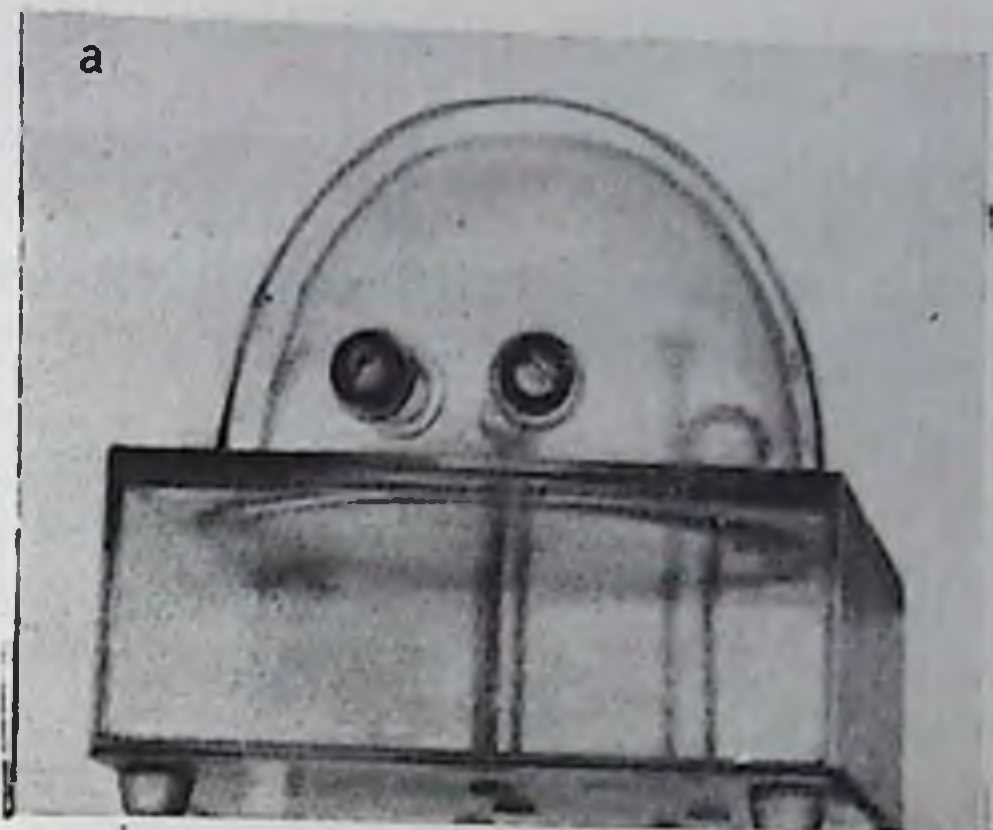
Проекция, счет	№ очага	Размер очага, в мм	Глубина залегания, в мм	Относительная удельная активность очаг/фон	Выявляемость очагов	
					сцинтиграмма	экран ЭВМ
Вертикальная, 1 млн. импульсов	I	20	130	20	У	У
	II	20	75	10	У	Х
	III	30	130	20	У	Х
	IV	10	90	20	У	Х
	V	30	125	10	У	Х
Передняя, 1 млн. импульсов	I	20	115	20	—	У
	II	20	115	10	—	—
	III	30	50	20	Х	Х
	IV	10	65	20	—	У
	V	30	135	10	?	У
Левая боковая, 500 000 импульсов	I	20	30	20	Х	Х
	II	20	100	10	?	У
	III	30	100	20	Х	Х
	IV	10	120	20	—	—
	V	30	120	10	Х	Х

Условные обозначения: Х — хорошая; У — удовлетворительная; ? — сомнительная; (—) — не выявляются.

жениях. Исследование собственно мозгового кровотока в случаях диагностики опухолей мозга дает дополнительную информацию о состоянии патологического процесса, однако не имеет решающего диагностического значения. Вместе с тем ангиосцинтиграфия может быть отборочным тестом для выполнения многопроекционных сцинтиграфических исследований.

Rösler и соавт. (1972) на основании изучения особенностей энцефалосцинтиграмм по трем зонам интереса в передней проекции (сагиттальный синус, опухоль и непораженная гемисфера) предложили комплекс дифференциально-диагностических признаков. Так, при ангиомах кривая на стороне поражения имеет быстрый высокий подъем с резким спадом (уменьшение ТЦ), в то время как кривая, выделенная из зоны интереса сагиттального синуса, запаздывает и уплощена. При глиобластомах кривая, полученная в области локализации с опухоли, схожа с предыдущей, однако кривая сагиттального синуса имеет нормальный вид, только амплитуда ее ниже. Таким образом, имеет место возможность дифференциальной диагностики. При менигиомах амплитуда кривой сагиттального синуса выше опухолевой кривой. При метастатической опухоли описанные выше особенности еще более выражены. Так как обработка на ЭВМ по такой программе несложная, то, по-видимому, целесообразно ее выполнять, чтобы в совокупности со статическими сцинтиграммами сделать еще более развернутое заключение. Таким образом, энцефалосцинтиграфия с пер-

Внешний вид фантома мозга (а), схема его устройства в разрезе с указанием положения шариков (б). Сцинтиграммы типового фантома мозга в передней проекции при различных технических условиях.



технетатом является высокоэффективной методикой исследования состояния кровообращения головного мозга с возможностью количественной сравнительной оценки отдельных бассейнов. С помощью энцефалоангисцинтиграфии представляется возможным выявлять тромбозы и сужения сосудов, контузионные очаги и гематомы, в том числе и у больных, перенесших черепно-мозговую травму, а также инсульты. Однако указанные признаки не являются высокоспецифичными.

Следует подчеркнуть, что для определения точной локализации опухоли головного мозга и ее размеров необходимо выполнять полипозиционную энцефалосцинтиграфию в передней, левой и правой боковых и задней проекциях.

Несмотря на относительно высокие уровни активности, вводимые больным при обследовании с пертехнетатом (до 200 МБк), они легко переносятся, поэтому практически не существует противопоказаний для выполнения таких исследований.

При введении в практику работы радиодиагностической лаборатории методики энцефалосцинтиграфии необходимо приобрести собственные навыки работы, проводя экспериментальные исследования с фантомом головного мозга.

2. Миелосцинтиграфия

Субарахноидальное пространство спинного мозга исследуют главным образом для диагностики опухолей, арахноидальных спаек, грыж межпозвоночных дисков, а также травматических повреждений. Как известно, применение классического рентгеноконтрастного исследования сопряжено с необходимостью введения в субарахноидальное пространство значительного количества рент-

геноконтрастного вещества, что нередко сопряжено с развитием реактивных явлений и тяжелых осложнений. Радионуклидная миелография позволяет визуализировать спинномозговой канал после введения в 100 и даже в 1000 раз меньших количеств веществ, чем при рентгеноконтрастной методике, что, как правило, не сопровождается развитием каких-либо реакций и тем более осложнений.

В качестве РФП используются радиоактивный газ ^{133}Xe [Ф. М. Лясс, 1983], альбумин ^{131}I и ДТПА ^{111}In . ^{133}Xe , распространяясь по спинномозговому каналу, задерживается в области блокады и тем самым выявляет наличие поражения и его уровень. Однако с помощью ^{133}Xe невозможно получить изображение всего спинномозгового канала, поэтому большее распространение получили недиффундируемые РФП. Эти соединения постепенно равномерно перемешиваются со спинномозговой жидкостью и позволяют визуализировать весь спинномозговой канал путем сканирования или сцинтиграфии.

Техника введения РФП в спинномозговой канал предусматривает выполнение спинномозговой пункции, взятие порции спинномозговой жидкости для исследования, после чего через эту же пункционную иглу вводят газ или другой РФП в объеме 2 мл. Введение производят в горизонтальном положении больного на боку. Если вводят газ, то больного сразу же переводят в вертикальное положение, чтобы создать условия для его передвижения в краниальном направлении, и тотчас же осуществляют измерения. После введения жидкого РФП больного не беспокоят и он находится на общем режиме. Измерения производят через 24 и 48 ч после инъекции при полном перемешивании РФП со спинномозговой жидкостью.

Техника измерения с применением воздушно-ксероповой смеси предусматривает выполнение радиометрии с любым одноканальным детектором при коллимации его до 15 мм минимум в 20 точек вдоль всего спинномозгового канала. Процедура достаточно трудоемкая, позволяющая сделать какое-либо заключение через 1 ч. При наличии гамма-камеры представляется возможным получить более быстрое изображение спинного мозга и установить факт наличия блокады и уровень блокады, однако для этого требуется вводить почти в 100 раз большие уровни активности ^{133}Xe . Идеальной техникой радиометрии при использовании газа является профильное сканирование, которое осуществимо при тех же условиях активности, что и радиометрия.

При использовании жидких РФП выполняется статическая сцинтиграфия или сканирование всего спинномозгового канала. Так как исследование производят через 24 и 48 ч, требуется использовать достаточную долгоживущую метку — ^{111}In в виде отечественного препарата «Пентайд». Использовать для этих целей метку $^{99\text{m}}\text{Tc}$ невозможно ввиду быстрого распада нуклида.

Радионуклидная миелография является ценным вспомогательным тестом в диагностике опухолей спинного мозга, спаячных про-

цессов при арахноидитах и компрессий, обусловленных грыжами межпозвоночных дисков и травматических повреждений. Однако следует иметь в виду, что радионуклидная диагностика позволяет установить только факт и уровень блокады (как полной, так и частичной), однако не дает информации о характере процесса. По данным Ф. М. Лясса (1978), это исследование в совокупности с клинико-лабораторными данными позволяет в большинстве случаев установить диагноз заболевания.

Как следующий этап радионуклидной миелографии можно рассматривать цистернографию головного мозга. Однако цистернография может выполняться и как самостоятельное исследование, когда РФП вводится в субарахноидальное пространство путем субокципитальной пункции. В этом случае ДТПА более быстро достигает большой цистерны.

В зависимости от показаний радионуклидную цистернографию производят различными способами. При диагностике носовой ликвореи больному после инъекции РФП вводят марлевый тампон в полость носа, а затем проверяют в коллоидном счетчике наличие активности в тампоне. В качестве контрольного теста можно использовать забор пробы крови из вены с последующей ее радиометрией.

При диагностике гидроцефалии (врожденной или травматической) исследование производят путем выполнения серии сцинтиграмм через 1, 5, 7 и 24 ч после инъекции РФП, на основании которых оценивается динамика ликвора. В течение 1—2 ч визуализируются только базальные цистерны, в течение 4—6 ч дополнительно получается изображение цистерны синусовой и межполушарной. В течение 6—8 ч визуализируется все экстрацеллюлярное ликворное пространство. Техника радионуклидной цистернографии и анализ получаемой информации весьма сложные и требуют специальной подготовки специалиста [Щербакова Е. Я., 1983].

Таким образом, радионуклидная миелография, несмотря на относительную ограниченность показаний для назначения, представляется весьма ценным диагностическим исследованием и благодаря своей относительной нетравматичности может иметь достаточное распространение.

Глава XI

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Современные принципы диагностики онкологических заболеваний требуют не только выявления локализации, размеров и характера первичного очага, но и определения распространенности злокачественного процесса, которые помогают выбору наиболее

рационального метода лечения и избегают ненужных лечебных мероприятий. Наиболее сложной проблемой определения распространенности злокачественного процесса является оценка состояния регионарных лимфатических узлов. Как правило, с помощью обычного клинического обследования больного не удается достоверно оценить состояние лимфатических узлов, в особенности недоступных пальпации парастернальной области, таза и забрюшинного пространства. Для распознавания метастазов в лимфатические узлы в настоящее время широко используются флебография, прямая рентгеноконтрастная лимфография. Однако, как показал опыт применения этих методик, в ряде случаев они недостаточно полно отображают картину патологических изменений в лимфатических узлах при метастатическом поражении, иногда эти исследования тяжело переносятся больными, нередко чреваты осложнениями. С внедрением в медицинскую практику радиоактивных нуклидов открылись новые перспективы использования их для изучения состояния лимфатических узлов в норме и при метастатическом их поражении. В 1975 г. Hattbørg и соавт. впервые указали на возможность исследования лимфатической системы с помощью радиоактивных нуклидов. Sage и соавт. (1978) разработали основы непрямо́й радионуклидной лимфографии для различных локализаций патологического процесса, используя в качестве контроля радионуклидное сканирование. В настоящее время для изучения состояния лимфатических узлов при злокачественных опухолях и системных заболеваниях крови широко используется радионуклидный метод исследования с применением радиоактивных коллоидов. Для радионуклидной лимфографии использовались различные неорганические коллоиды, меченные ^{198}Au , сернистый коллоид $^{99\text{m}}\text{Tc}$, цитрат ^{67}Ga , микроагрегат альбумина ^{131}I .

1. Непрямая лимфография

Методика основана на избирательном накоплении коллоидных частиц в непораженных или гиперплазированных РЭС-клетках лимфатических узлов, тогда как в пораженных клетках препараты не накапливаются или накапливаются в незначительных количествах. Методике непрямо́й радионуклидной лимфографии в последние годы уделяется значительное внимание ввиду разработки специальных коллоидов, меченных $^{99\text{m}}\text{Tc}$, характеризующихся быстрым распространением по лимфатическим путям. Еще более простым способом исследования лимфатических узлов является применение цитрата ^{67}Ga . Таким образом, наличие этих РФП позволяет использовать исследования с достаточной эффективностью.

Общепринятая техника радионуклидного исследования лимфатических узлов различной локализации заключается во введении коллоидного раствора в подкожную клетчатку исследуемой области, с предварительной анестезией места инъекции 2—3 мл 20% раствора новокаина. Для лучшей резорбции коллоида из тканей

области введения в лимфатическую систему и более быстрого накопления его в лимфатических узлах к РФП добавляется гиалуронидаза, способствующая повышению проницаемости тканей. Сканирование или сцинтиграфию проводят через 5—6 ч с коллоидом ^{99m}Tc или через 24 ч после введения РФП, меченных ^{198}Au . Д. С. Сивонинский и соавт. (1964) для оценки функционального состояния лимфатических узлов разработали специальную методику под названием «лимфотахография». Суть метода заключается в том, что после введения радиоактивного коллоида проводится радиометрия зон расположения регионарных лимфатических узлов. При этом степень функциональных нарушений оценивается на основании определения скорости перемещения РФП из каждого депо в сосудистое русло по лимфатическим сосудам, накопления и времени задержки меченого препарата в лимфатических узлах.

Механизм накопления и миграции коллоидных частиц по лимфатическим сосудам в лимфатические узлы аналогичен законам кинетики коллоидных частиц метиленового синего. При введении меченных коллоидных частиц в подкожную клетчатку в результате изменения осмотического давления мелкие коллоидные частицы из внутрикожного депо проникают в лимфатические щели и по лимфатическим путям двигаются к лимфатическим узлам. Достигая нормального функционирующего лимфатического узла, коллоидные частицы фагоцитируются макрофагами и задерживаются в лимфоидной ткани. Большая часть коллоидов распространяется за первый барьер и достигает следующего уровня лимфатических узлов. По-видимому, такое неодинаковое поведение коллоидов обусловлено их неодинаковой дисперсностью. При сканировании лимфатических узлов таза и забрюшинного пространства лучше использовать раствор мелкодисперсного ^{198}Au , так как на сцинти- и сканограммах получается более четкое изображение лимфатических узлов, особенно в парааортальной области. Это обусловлено относительно высоким уровнем проникновения и накопления мелких коллоидных частиц в лимфатических узлах.

При изучении лимфатических узлов парастернальной области лучшие результаты получают при применении лимфоциса, меченого ^{99m}Tc . Введение этого препарата позволяет получить качественные сцинтиграммы лимфатических узлов и исследовать состояние лимфооттока этой области.

Практическое применение нашла также методика внутриплеврального введения коллоидного золота для выявления поражений регионарных лимфатических узлов при раке легкого [Н. П. Фадеев, 1980] и методика исследования лимфатических узлов шеи с введением РФП под слизистую оболочку нижней губы или корня языка с обеих сторон. Используется также методика исследования состояния лимфатических узлов на путях оттока молочной железы, когда препарат вводится в подареолярное пространство железы [Г. А. Зубовский, 1978]. При такой технике введения визуализируются узлы Соргиуса и Бартельса.

Для радионуклидного исследования лимфатической системы не требуется специальной подготовки больного. Однако радионуклидная лимфография должна предшествовать прямой рентгеноконтрастной лимфографии, так как рентгеноконтрастные препараты блокируют узлы, что препятствует нормальному прохождению коллоида по лимфатическим путям оттока и накоплению его в лимфатических узлах. После инъекции желательно рекомендовать пациенту физические упражнения, способствующие усилению лимфооттока из данной анатомической области.

Место введения препарата для радионуклидной лимфографии зависит от области предполагаемого исследования. Для изучения функционально-морфологического состояния парастернальных лимфатических узлов коллоида вносят с двух сторон под фасцию прямой мышцы живота. При исследовании лимфатических узлов таза и брюшинного пространства препарат вводят в подкожную клетчатку первого межпальцевого пространства обеих стоп. Препарат вводят в небольшом объеме (0,2—0,7 мл) тонкой иглой.

Величина вводимой активности для РФП, меченных ^{198}Au , составляет 5 МБк, а для лимфоцита — 20—30 МБк. Лимфоцит содержит определенный процент чистого пертехнетата, а также, по-видимому, быстро распадается, что обуславливает увеличение чистого пертехнетата в организме. Именно этим объясняется довольно быстрое накопление пертехнетата в мочевом пузыре. Поскольку размер частиц лимфоцита неодинаковый в пределах 4—8 нм, часть коллоида попадает в ток крови и, достигая печени, задерживается в купферовских клетках. Перед исследованием пациент опорожняет мочевой пузырь.

Сканирование и сцинтиграфию парастернальных лимфатических узлов проводят через 2—3 ч, а абдоминальных — через 6 ч при использовании лимфоцита $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Сканирование лимфатических узлов, как правило, проводится в горизонтальном положении больного на спине со стороны живота с таким расчетом, чтобы провести исследование от минимальной активности к максимальной. Учитывая физиологическую неравномерность распределения коллоида в отдельных группах лимфатических узлов, лимфосканирование проводится на различном режиме чувствительности детектора. Вначале сканирование проводят в зоне лимфатических узлов с максимальной концентрацией РФП, а затем переходят к режиму большей чувствительности, т. е. используют направление от периферии к центру. В зависимости от исследуемой области начало сканирования устанавливается на 5 см ниже обычного расположения лимфатических узлов. Исследование производят при минимальной скорости, чтобы получить четкое изображение лимфатических узлов. При исследовании на гамма-камере, где лимфатические узлы таза и брюшинного пространства полностью попадают в поле зрения, отпадает необходимость изменения режима измерений. Все поле зрения экспонируется таким образом, чтобы область инъекции либо вообще была исключена, либо попадала только частично на краю поля видения. В противном слу-

чае набор заданного числа импульсов будет в большей степени обеспечиваться за счет депо РФП в месте инъекции, а визуализация узлов будет недостаточная.

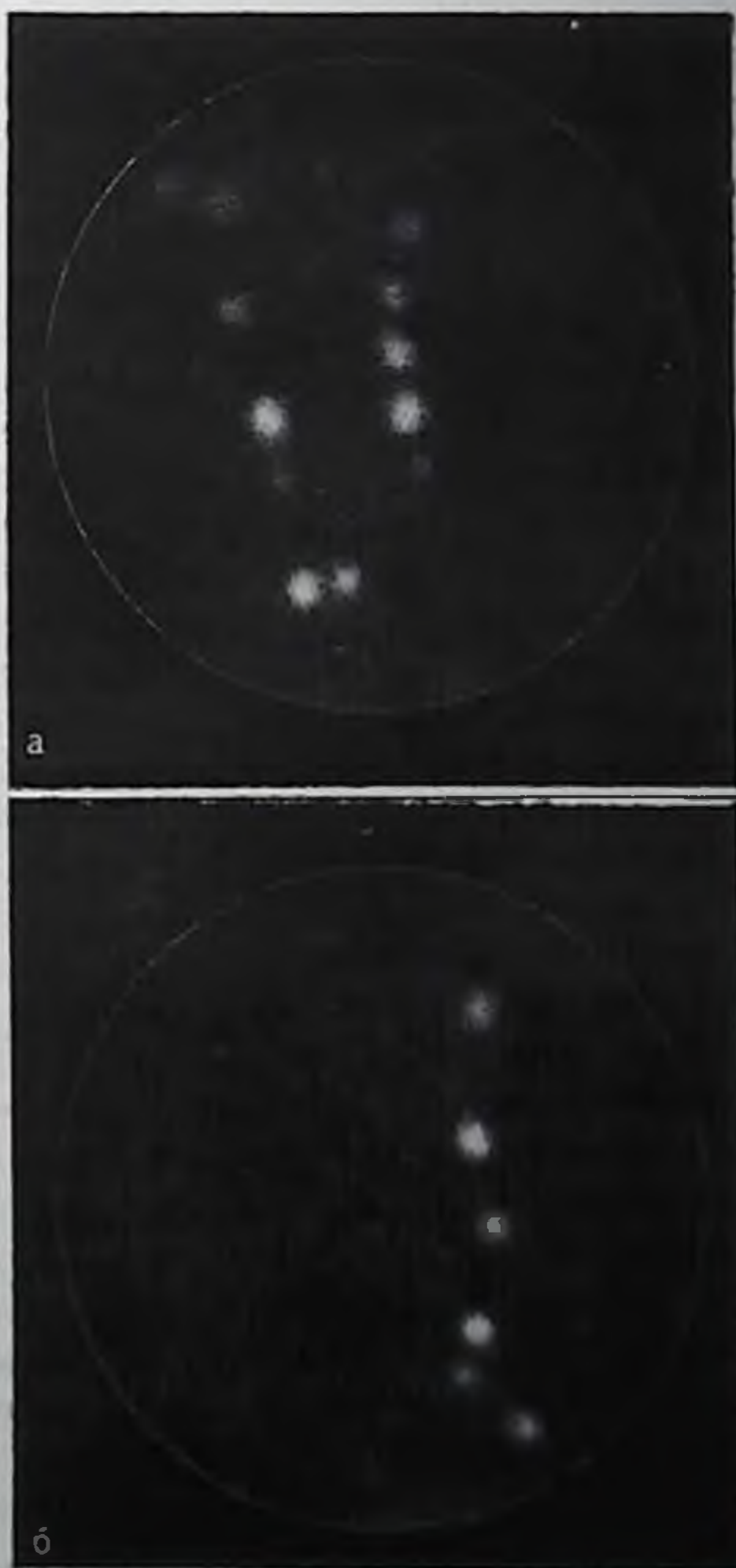
2. Исследование парастернальных лимфатических узлов

Известна высокая частота поражаемости парастернальных лимфатических узлов при раке молочной железы, достигающая 20%. Несмотря на значительную диагностическую ценность, метод чрезгрудной флебографии имеет существенные недостатки, так как с его помощью удастся диагностировать метастазы в лимфатические узлы лишь в тех случаях, когда они смещают или сдавливают близкорасположенные вены. Поэтому на ранних стадиях поражения парастернальных лимфатических узлов даже флебография оказывается неэффективной.

В нормальных условиях радионуклидной визуализации парастернальных узлов определяются две цепочки лимфатических узлов округлой или овальной формы с четкими контурами по обе стороны грудной группы (рис. 109, а, б). По ходу цепочек с обеих сторон определяется несколько групп лимфатических узлов, количество которых варьирует от 2 до 6. Размеры изображения лимфатических узлов составляют 15—20 мм, т. е. не соответствуют анатомическим размерам, что, по видимому, обусловлено как техническим искажением, так и тем, что отдельные небольшие узлы сливаются в их скинтиграфическом изображении.

109

Скintiграмма парастернальных лимфатических узлов у больной раком левой молочной железы без признаков метастатического поражения (а) и при метастазах в лимфатические узлы по ходу а. mammae dextra (б).



Вариабельность изображения параахиллярной цепи лимфатических узлов вызвана анатомическим разнообразием. Наиболее постоянное изображение лимфатических узлов отмечается в третьем межреберье. Обычно здесь узлы имеют наибольшую величину, причем почти всегда определяются с двух сторон. Часто выявляются лимфатические узлы также по второму и четвертому межреберьям. Однако в пятом, первом и особенно в шестом межреберьях контуры узлов заметно ослабевают и даже нередко отсутствуют. Возможно, что значительная анатомическая вариабельность обусловлена также перенесенными в прошлом маститами.

У больных раком молочной железы при поражении параахиллярных лимфатических узлов они не визуализируются, так как накопление в них РФП либо резко снижено, либо полностью отсутствует. По-видимому, нарушается также лимфоотток на пораженной стороне, поэтому на месте введения остается большее количество РФП по сравнению с непораженной стороной. При острых воспалительных процессах в лимфатических узлах имеет место увеличение изображения с изменением их формы. Снижение концентрации препарата в лимфатических узлах наблюдается при длительно текущих формах хронического воспаления. В этих случаях получить изображения отдельных лимфатических узлов также не представляется возможным.

При сравнении результатов чрезгрудинной флебографии и радионуклидного исследования параахиллярных лимфатических узлов в 73% случаев данные совпадают. Только по данным радионуклидной диагностики, отмечаются поражения в 20% случаев, а по данным флебографии — только в 7%.

У больных после комбинированного лечения по поводу рака молочной железы с облучением зоны параахиллярных лимфатических узлов на сканограммах отмечается отсутствие накопления препарата в параахиллярной области, поэтому осуществлять контроль за эффективностью проведенного лучевого лечения и возникновением рецидивов в этой области методом радионуклидного исследования не представляется возможным из-за подавления фагоцитарной функции клеток РЭС лимфатических узлов ионизирующим излучением.

3. Исследование лимфатических узлов области таза и брюшинного пространства

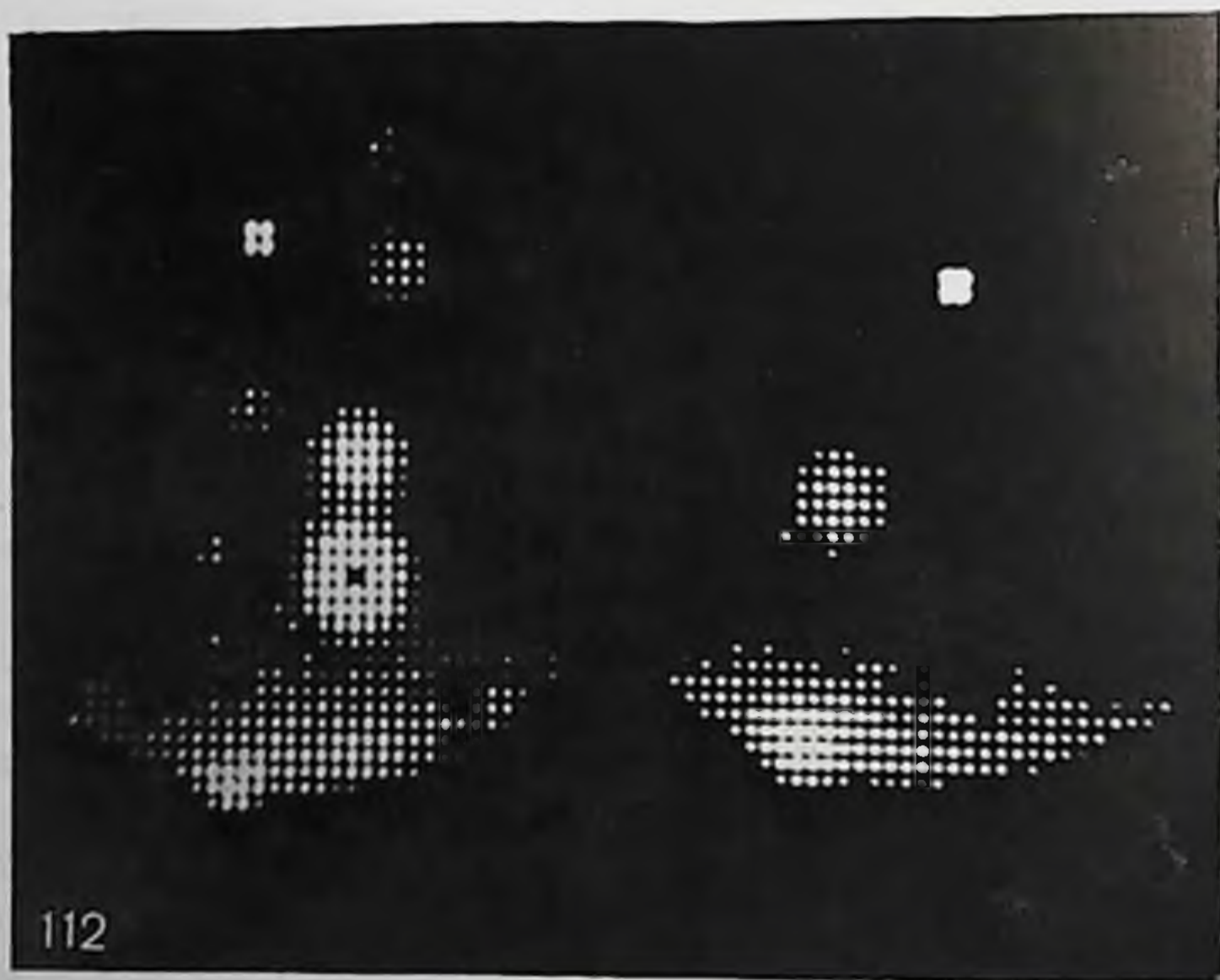
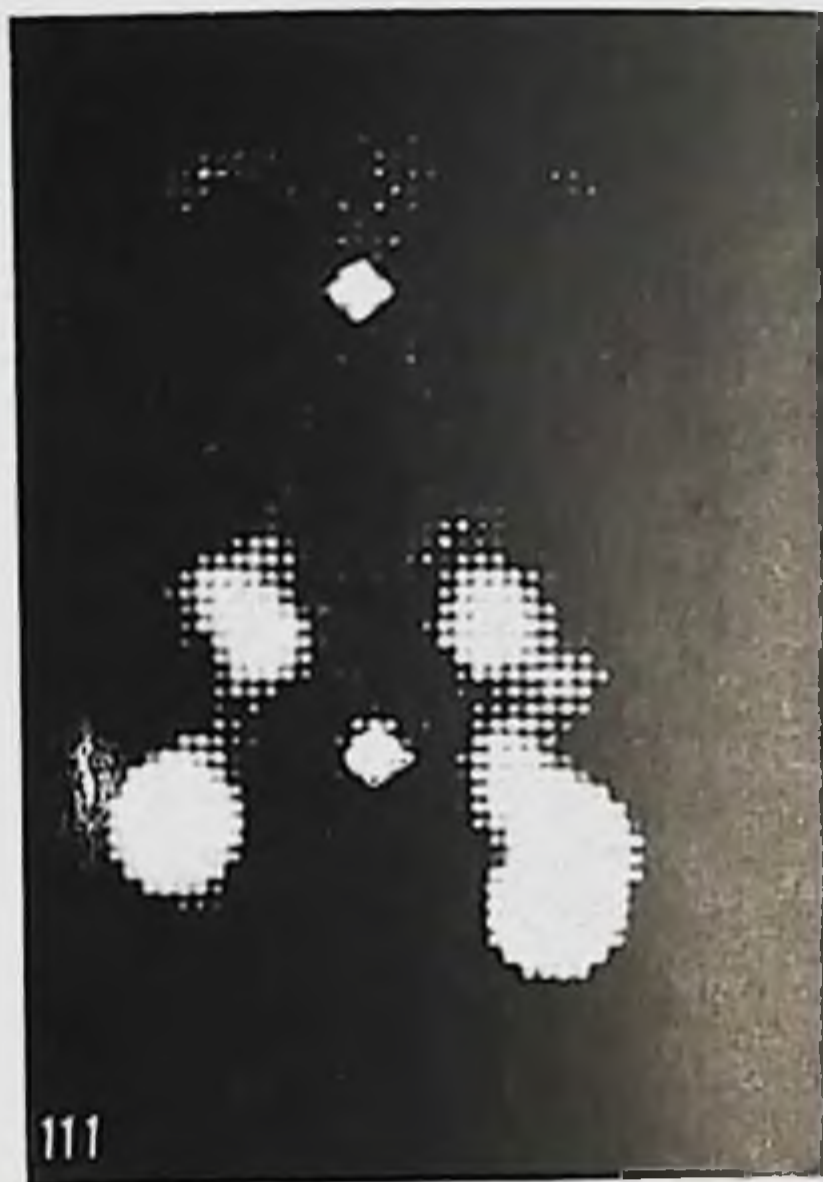
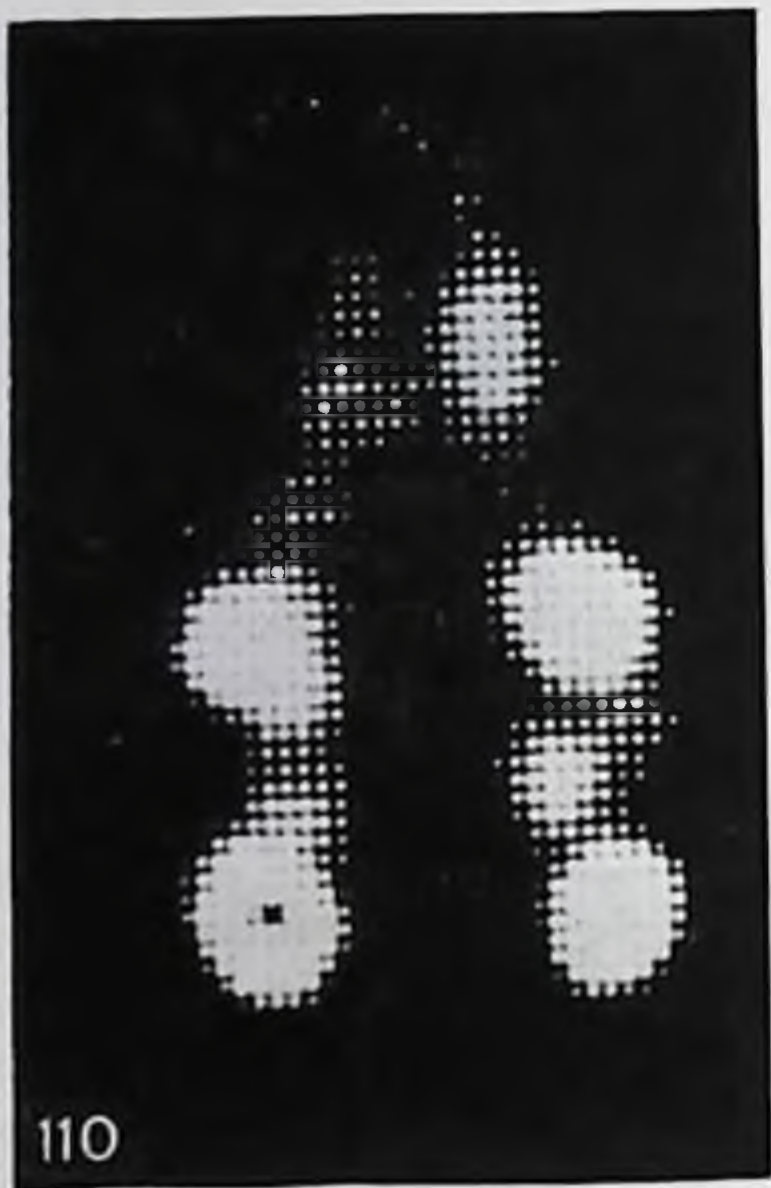
Исследование лимфатических узлов области таза и брюшинного пространства показано для выявления метастазов при опухолях органов мочеполовой системы, прямой кишки и лимфогранулематозе. Во всех случаях введение РФП производится в подкожную жировую клетчатку первого межпальцевого пространства стоп.

В норме радионуклидная визуализация лимфатических узлов таза и брюшинного пространства определяется в виде отдель-

ных округлых конгломератов, образующих две непрерывные цепочки в виде перевернутой буквы «У». Две сходящиеся ветви соответствуют паховым, наружным и общим подвздошным группам лимфатических узлов, которые, соединяясь, образуют общий ствол, представляющий парааортальную группу лимфатических узлов (рис. 110). Интенсивность изображения группы лимфатических узлов равномерно убывает от паховых групп к парааортальным. На сканограммах, полученных в поздние сроки, в большинстве случаев визуализируется также изображение печени, что вызвано попаданием коллоида из лимфатических сосудов в грудной проток, затем в кровяное русло, откуда коллоидные частицы захватываются клетками РЭС печени. Визуализация лимфатических узлов во многом определяется техникой сцинтиграфии.

При анализе лимфосканограмм в норме выявляются несколько анатомических вариантов строения лимфатической системы, отличающихся числом, формой и анатомо-топографическим положением. Наиболее распространенным является тип визуализации в виде непрерывной цепочки лимфатических узлов одинаковой контрастности с обеих сторон. Вторым вариантом лимфосканограмм, встречающийся реже, характеризуется участками прерывания цепочки активности от одной группы лимфатических узлов к другой, при этом изображения симметричных групп лимфатических узлов могут быть неодинаковыми. Это обусловлено тем, что получаемые изображения отражают чаще всего один узел, а не группу мягких лимфатических узлов, сливающихся в одно изображение (рис. 111). В некоторых случаях имеются также участки повышенной контрастности цепочки лимфатических узлов. Такая картина обусловлена наличием хронического воспалительного процесса и наблюдается у женщин, страдающих хроническим аднекситом. Иногда на сканограмме изображение неизмененных парааортальных лимфатических узлов представлено в виде двух сходящихся цепочек с низкой контрастностью. На рентгеноконтрастных лимфограммах у таких больных в соответствующих областях иногда обнаруживаются мелкие лимфатические узлы. Поэтому обнаружение на сканограммах уменьшения или отсутствия накопления радиоколлоидов в парааортальной области (при отсутствии других признаков метастатического поражения лимфатических узлов) нельзя считать патологическим процессом без сравнения с прямой рентгеноконтрастной лимфографией.

При метастатическом поражении лимфатических узлов этой области характерным признаком является наличие «немой» зоны, т. е. отсутствие накопления РФП или резкое уменьшение интенсивности изображения в пораженных группах лимфатических узлов (рис. 112). Этот симптом обусловлен потерей способности лимфатических узлов накапливать коллоид в результате поражения клеток РЭС патологическим процессом. Вторым признаком их поражения наряду с отсутствием накопления препарата в группах лимфатических узлов является более высокая интенсивность и расширение цепочки лимфатических узлов перед «немой» зоной.



110. Сцинтиграмма лимфатических узлов таза без признаков поражения.
111. Сцинтиграмма лимфатических узлов таза без признаков поражения (вариант нормы).
112. Сцинтиграмма лимфатических узлов таза большой раком яичника с отсутствием изображения нижних подвздошных узлов слева.

Это вызвано лимфостазом ввиду быстрой блокады метастазом и начинающимся развитием коллатерального лимфооттока.

Наиболее часто при раке яичка и дистального отдела толстой кишки поражаются лимфатические узлы парааортальной и общей

подвздошной группы. Причем частота поражения правой и левой цепи подвздошных групп лимфатических узлов приблизительно одинакова. При изучении зависимости между погружным ростом опухоли и частотой поражения лимфатических узлов было установлено, что по мере инвазивного роста опухоли возрастает частота метастазирования рака толстой кишки в лимфатические узлы. Так, в стадии T2 метастазы выявлены в 20% случаев, в стадии T3 — в 36%, в стадии T4 — в 50% случаев. Из приведенных данных видно, что по мере инфильтрации опухолью глубоких слоев толстой кишки возрастает частота метастатического поражения лимфатических узлов.

Сопоставление результатов прямой рентгеноконтрастной лимфографии и радионуклидного исследования лимфатических узлов области таза и забрюшинного пространства у больных раком дистального отдела толстой кишки показало совпадение в 87,5% случаев. В остальных 12,5% случаев рентгеноконтрастная лимфография оказалась более результативной.

Клиническое изучение лимфатических узлов таза и забрюшинного пространства целесообразно начинать с радионуклидного метода исследования. Только в случае получения сомнительных данных следует целенаправленно проводить рентгеноконтрастную лимфографию. При отсутствии данных, указывающих на поражение лимфатических узлов, рентгеноконтрастная лимфография, как правило, не дает дополнительной информации и ее назначение нецелесообразно.

Исследование лимфатических узлов области таза и забрюшинного пространства при лимфогранулематозе. Лимфосканирование и сцинтиграфия при лимфогранулематозе применяются для определения стадии заболевания, уточнения плана лучевого или комбинированного лечения и оценки эффективности терапии. Необходимость отдельного рассмотрения результатов радионуклидных исследований при лимфогранулематозе обусловлена особенностью характера поражений, отличных от метастатического поражения лимфатических узлов.

Во Всесоюзном онкологическом научном центре АМН СССР и в Московском рентгенорадиологическом институте накоплен значительный опыт радионуклидных исследований при лимфогранулематозе, основанный на обследовании 500 больных. Особенно часто эти исследования выполнялись у детей, больных лимфогранулематозом, как первый этап комплекса рентгенорадиологического исследования. Картина радионуклидной визуализации лимфатических узлов таза и забрюшинного пространства многообразна, что обусловлено главным образом неравномерным поражением лимфатических узлов и вариабельностью анатомического строения лимфатической системы. Из 59 сканограмм больных без признаков специфического поражения в лимфатических узлах области таза и забрюшинного пространства только в 39 случаях картина радионуклидной визуализации соответствовала общепринятой норме. В остальных случаях на сканограммах отмечались участки

симметричного разрежения контрастности в различных областях лимфатической цепочки и даже полное отсутствие накопления препарата в отдельных группах лимфатических узлов. В ряде случаев имелось увеличение лимфатических узлов и повышение накопления препарата по сравнению с другой стороной. Наиболее часто участки повышенного накопления отмечаются в паховых, затем парааортальных и реже в подвздошных лимфатических узлах. При сопоставлении лимфосканограмм этой группы больных с рентгеноконтрастными лимфограммами выявлено, что в местах разрежения или отсутствия накопления радиоколлоидов имелось мало лимфатических узлов или они совсем отсутствовали, тогда как при интенсивном накоплении препарата и увеличении его объема на рентгеноконтрастных лимфограммах отмечалось обилие лимфатических узлов и незначительное увеличение их размеров.

Кроме описанных изменений, на сканограммах часто отмечаются симметричные области прерывания цепочки контрастности или разграничение участков перехода от одной группы лимфатических узлов к другой.

При лимфогранулематозе в начальных стадиях заболевания лимфатические узлы обладают повышенной способностью накапливать радиоколлоид. По мере прогрессирования патологического процесса лимфатические узлы утрачивают способность к фиксации РФП. Таким образом, в отличие от метастатического поражения у больных лимфогранулематозом повышенное накопление РФП также свидетельствует о поражении.

Сканографическая картина поражения лимфатических узлов при лимфогранулематозе, по нашим данным, характеризуется следующими признаками:

1) пониженным накоплением препарата — на сканограмме лимфатические узлы с нечеткими контурами и зонами разрежения контрастности в одной или нескольких асимметричных областях цепочки лимфатических узлов;

2) повышенным накоплением препарата — на сканограммах значительное увеличение площади, интенсивности накопления и плотности концентрации в различных областях групп лимфатических узлов;

3) наличие «немой» зоны на сканограммах — полное отсутствие включения препарата в группах лимфатических узлов. Одновременно с этим иногда выявляется чрезмерное расширение контуров лежащих ниже лимфатических узлов с интенсивной концентрацией коллоида.

Наиболее часто встречающимся сканографическим признаком поражения лимфатических узлов является уменьшение накопления коллоида. Этот симптом обусловлен частичной потерей способности лимфатических узлов накапливать радионуклид в результате патологического процесса. На контрастных лимфограммах в таких случаях отмечается значительное увеличение лимфатических узлов с нечеткими контурами, многочисленными краевыми и

центральными дефектами накопления. Вторым по частоте признаком является наличие «немой» зоны, т. е. полное отсутствие накопления препарата.

Значительно реже на лимфосканограммах наблюдается повышенное накопление препарата в отдельных группах лимфатических узлов. При сопоставлении лимфосканограмм этой группы с данными рентгеноконтрастной лимфографии обнаружено, что данное сканографическое изображение на лимфограммах соответствует увеличенным лимфатическим узлам, которые имеют ровные четкие контуры и неравномерную мелкопятнистую структуру. Все перечисленные симптомы могут встречаться отдельно, либо в комбинации друг с другом.

Таким образом, радиоуклидное сканирование при лимфогранулематозе как метод, более щадящий, чем рентгеноконтрастная лимфография, является способом предварительного обязательного исследования и позволяет выявить сомнительные случаи и нормальное состояние лимфатической системы и лимфатических узлов таза и брюшинного пространства. В сомнительных случаях показано назначение рентгеноконтрастной лимфографии. Правильный диагноз поражения лимфатической системы возможно поставить только при сопоставлении лимфосканографической картины с данными рентгеноконтрастной лимфографии.

Непрямая сцинтиграфия лимфатических узлов шеи. Нормальная шейная лимфосцинтиграмма характеризуется достаточно четкой картиной распределения коллоидных частиц в лимфатических узлах шеи (рис. 113). При введении РФП в край корня языка в этой области вследствие обилия лимфатических сосудов выведение коллоидных частиц происходит более быстро и в большем количестве, чем при других способах введения. Через 24 ч в области введения остается не более 40%



113. Сцинтиграмма шейных лимфатических узлов с нормальной визуализацией всех узлов.



114. Сцинтиграмма шейных лимфатических узлов больного с остеомиелитом нижней челюсти. Высокий уровень накопления коллоида в подчелюстных узлах.



115. Сцинтиграмма шейных лимфатических узлов у больного с переломом нижней челюсти слева, где накоплено коллоида ограничивается только подчелюстным узлом.



116. Сцинтиграмма шейных лимфатических узлов у больного раком гортани с метастазами в югулярные узлы.

метки, тогда как остальные 60% распределяются в регионарных лимфатических узлах.

В поле видения детектора обязательно включается и область инъекции, и исследуемая зона. Ввиду относительной близости участка введения и регионарных лимфатических узлов требуется особая укладка головы больного с максимальным отведением подбородка в краниальном направлении. При таком положении корень языка и регионарные лимфатические узлы удаляются на максимальное расстояние друг от друга и становятся четко ограниченными на сцинтиграммах (см. рис. 113). В норме определяются в основном две цепочки, каждая из которых состоит из трех основных изображений: подчелюстного,

югулярного и подключичного лимфатических узлов. В некоторых случаях выявляются также изображения дополнительных лимфатических узлов, более мелких размеров, которые могут иметь вид ленты, соединяющей более контрастные лимфатические узлы.

При воспалительном процессе в полости рта или остеомиелите нижней челюсти наблюдаются увеличенные регионарные лимфатические узлы на стороне поражения, при этом отмечается более выраженное накопление коллоидных частиц и изображение их на сцинтиграммах становится увеличенным и более контрастным (рис. 114). При этом коллоидные частицы могут задерживаться в первом лимфатическом узле или в ближайших двух, не проникая в расположенные ниже. При острых односторонних воспалительных процессах в полости рта наблюдается повышенное накопление коллоида только в ближайших лимфатических узлах на стороне поражения (рис. 115). При метастатическом поражении лимфатических узлов отмечается уменьшение накопления в них коллоидных частиц, и изображения на сцинтиграммах будут иметь низкую контрастность или отсутствовать (рис. 116). Если отсутствует изображение ближайшего к месту инъекции лимфатического узла, например подчелюстного, а изображение более отдаленного, например югулярного, определяется четко (см. рис. 116), можно уверенно сделать заключение о наличии опухолевого поражения в первом. Такое же заключение вполне оправдано, если контрастность второго узла более высокая, чем первого.

Естественно, особую ценность представляет использование лимфосцинтиграфии в дифференциальной диагностике первичных опухолей шеи неясного генеза, так как позволяет дифференцировать воспалительные очаги от опухолевых.

Исследование путей лимфооттока молочной железы. Это исследование можно выполнить двумя независимыми способами, один из которых позволяет проследить путь оттока в направлении подмышечной впадины, а другой — в направлении парастернальных лимфатических узлов. Исследование пути оттока представляет исключительную ценность при ранних стадиях рака молочной железы, поскольку могло бы решить вопрос о необходимости выполнения радикальной мастэктомии. Несмотря на то что этим способом мы обследовали более 200 женщин и получили удовлетворительные результаты совпадений радиологических и гистологических заключений, тем не менее в 15% случаев имелись ошибки за счет ложноотрицательных радиологических заключений. Почти все эти случаи относились к ранним стадиям метастатического поражения, т. е. к таким, когда объем выполняемой операции определяет судьбу больной. Возможность подобного рода трагических ошибок резко ограничивает применение этой методики в клинической практике, но тем не менее оправдывает ее использование в некоторых случаях.

Лимфосцинтиграфия является эффективной методикой исследования путей регионарного лимфатического оттока с возможностью диагностики только выраженных патологических состояний. Ранние формы опухолевого поражения лимфатических узлов с помощью этой методики установить практически невозможно.

При анализе лимфосцинтиграмм необходимо использовать сравнение картины парных путей оттока, поэтому инъекция препарата должна производиться обязательно как на стороне поражения, так и на здоровой стороне.

Отсутствие изображения лимфатических узлов или резко выраженное снижение его контрастности на одной стороне является основанием для заключения о его поражении вследствие либо наличия метастазов, либо длительно существовавшего хронического воспалительного процесса.

Наличие увеличенного изображения лимфатического узла более высокой контрастности свидетельствует об активном воспалительном процессе, в том числе и при ранних стадиях лимфогранулематоза.

Применение цитратного комплекса ^{67}Ga для диагностики поражения лимфатических узлов. За последние годы получил широкое применение цитратный комплекс галлия (^{67}Ga) для диагностики поражения лимфатических узлов при лимфогранулематозе и лимфосаркоме. Механизм его кумуляции в зоне специфического процесса при лимфогранулематозе, так же как и в злокачественных органах, неспецифичен и до конца не изучен.

Согласно литературным данным, после введения в сосудистое русло ионы быстро связываются с β -глобулином сыворотки крови и в дальнейшем избирательно накапливаются в клетках, богатых лизосомами, особенно в фагоцитах лимфоретикулярной ткани [Bischel, Hansen, 1972; Edwards, Hayes, 1969]. Включение ^{67}Ga в тка-

ши существенно зависит от их кровоснабжения, количества и биохимической активности клеток, рН тканей, химической формы галлия и степени включения плазменных белков, связывающих галлий. Поэтому в норме наибольшее количество ^{67}Ga концентрируется в печени, из которой он экскретируется в кишечник, далее в убывающем порядке — в почках, костном мозге, селезенке, легких, лимфатических узлах. По мнению Haulbold (1973), повышенное включение цитрата ^{67}Ga в ткани, пораженные лимфогранулематозом, может быть объяснено изменением клеточного состава и биохимической активности в очаге поражения. Наиболее оптимальное соотношение между показателями накопления ^{67}Ga в опухолях и тканевым фоном наступает через 48 ч.

Наши данные основаны на результатах радионуклидного обследования с цитратным комплексом галлия без носителя более 350 больных лимфогранулематозом II—IV стадии с гистологически подтвержденным диагнозом. Повторно после курса лучевого и комбинированного лечения обследовано 190 больных. Исследования проводились на скапере с большим кристаллом через 48 и 72 ч после внутривенного введения 37—74 МБк цитрата ^{67}Ga . Постоянная времени, скорость и пересчет при сканировании выбирались индивидуально. Вычитание фона составляло 20—30% от максимального счета. Часть больных были обследованы на гамма-камере.

Радионуклидная визуализация проводилась в горизонтальном положении больного на спине. Обследование всего тела начиналось от уровня надбровных дуг. На сканограммы в таких случаях наносился следующий анатомический ориентир: кончик носа, центр подбородка, яремная вырезка, ключицы, мечевидный отросток, реберные дуги, пупок, верхний и нижний края лопного сочленения, верхнепередние части подвздошных костей. Кроме того, проводили радиометрию очагов повышенного накопления препарата и симметричных зон.

Исследование области живота целесообразно проводить через 48 и 72 ч, так как в первые сутки значительное количество препарата регистрируется в кишечнике. Для ускорения выведения ^{67}Ga из кишечника больным ставили очистительные клизмы вечером и утром перед исследованием. Однако и эта мера не всегда оказывалась достаточно эффективной, что затрудняло интерпретацию получаемых результатов.

При отсутствии поражения наибольшая концентрация ^{67}Ga регистрируется в печени, несколько повышено накопление в области ротоглоточного лимфоидного кольца и слюнных желез.

По литературным и нашим данным, очаги повышенного включения ^{67}Ga в пораженные лимфатические узлы составляют 60—80%. После лучевого или комплексного лечения у больных, находящихся в стадии клинической ремиссии, очагового накопления препарата не обнаруживается. Наиболее частая локализация очагов выявляется в области шеи и в надключично-подключичных зонах — в 60—70% случаев. Поражение лимфатических узлов

средостення отмечается в 35—40% случаев, абдоминальных лимфатических узлов — в 20—35% случаев.

У большинства больных лимфогранулематозом в активной фазе выявлены зоны повышенного накопления препарата, которые по локализации совпадают с клинически определяемыми очагами поражения.

Таким образом, несмотря на то что цитратный комплекс ^{67}Ga не является специфическим препаратом для позитивной диагностики лимфогранулематоза, сканирование с его помощью позволяет уточнить наличие и локализацию активных очагов лимфогранулематозного поражения, а также контролировать эффект проводимого лечения.

Глава XII

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОРАЖЕНИЯ СЕЛЕЗЕНКИ

При заболевании кроветворной системы, а также дифференциальной диагностике опухолевых образований верхней половины брюшной полости всегда возникает вопрос о заинтересованности селезенки в патологическом процессе.

Физикальные методы исследования — пальпация и перкуссия — во многом субъективны и часто дают лишь ориентировочное представление о величине и положении селезенки. С другой стороны, у здорового человека селезенка обычно недоступна пальпации, но если удастся пальпировать нижний край органа, то об увеличении селезенки можно судить лишь приблизительно. Что касается рентгенологического исследования, то его возможности ограничены. Вследствие малой рентгеноконтрастности селезенки получить ее тень возможно лишь при значительной спленомегалии. Рентгеноконтрастные методы исследования (пневмоперитонеум, спленопортография, артериография) не всегда гарантируют четкое изображение селезенки и достаточно полную информацию о состоянии ее паренхимы, что не оправдывает риск возможных осложнений при проведении указанных исследований.

В связи с этим понятен интерес, проявляемый к возможностям радионуклидного исследования селезенки, позволяющего безопасно и объективно оценить форму, положение, размеры и функционально-морфологическое состояние органа.

Одним из первых препаратов, применяемых для сканографической визуализации селезенки, был коллоидный раствор радиоактивного золота (^{198}Au). Однако ввиду резкого преобладания РЭС печени над селезенкой и особенностей кровоснабжения этих органов у здоровых лиц около 90% введенных частиц захватываются печенью и лишь 3—5% селезенкой, что практически не позволяет судить по сканограмме о состоянии селезенки в норме и при

заболеваниях. Более высокое накопление коллоидного золота в селезенке отмечается лишь при хронических гепатитах и циррозах печени, а при гематологических заболеваниях — только при гемолитической тромбоцитопении и остеомиелопатической дисплазии, исключая все виды лейкозов и опухолевидные ретикулезы. Тем не менее даже при достаточно высоком накоплении коллоидного золота в селезенке возможности сканирования ограничены тем, что при увеличении печени или спленомегалии изображения этих органов сливаются на сканограмме, а в боковой проекции перекрываются полностью.

Более успешным для исследования оказалось применение других коллоидных препаратов: серного коллоида, меченного ^{99m}Tc , или ^{111}In , микроагрегатов альбумина ^{131}I .

Преимуществом данных соединений перед коллоидным золотом является то, что они интенсивно накапливаются не только в печени, но и в селезенке. Однако и в данном случае наблюдается общий для всех коллоидных препаратов недостаток: высокое накопление их в печени.

Получение селективного и четкого изображения селезенки оказалось возможным при принципиально ином методическом подходе к решению данной проблемы. Известно, что по характеру внутриоргана кровообращения селезенка является своеобразным фильтром для состарившихся, патологически измененных эритроцитов и их фрагментов. Поэтому понятно, что меченые и специальными способами разрушенные эритроциты также будут захватываться селезенкой.

Метка эритроцитов различными радиоактивными соединениями в настоящее время достаточно хорошо разработана. Впервые для этой цели был использован хромат натрия ($\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$). При смешивании с кровью шестивалентный ^{51}Cr в виде аниона легко проникает через оболочку эритроцитов и, восстановившись в трехвалентный, прочно связывается с сульфгидрильными группами гемоглобина. Освобождаясь при разрушении меченых эритроцитов, трехвалентный хром не способен к повторному включению в эритроциты и выделяется из организма с мочой с периодом полувыведения на 14—16-й день. Несмотря на то что ^{51}Cr широко применяется и до настоящего времени, с радиологической точки зрения он обладает рядом недостатков. В связи с небольшим выходом гамма-квантов (12%), образующихся при распаде ^{51}Cr , требуется применять для исследования активность до 11,1 МБк. При этом длительные периоды полураспада (27,8 дня) и нахождения в организме обуславливают относительно высокую лучевую нагрузку. Поэтому в настоящее время для метки эритроцитов преимущественно используются ^{99m}Tc .

Следует отметить, что ^{99m}Tc довольно быстро проникает в эритроциты, но процент связывания его намного ниже, чем ^{51}Cr . Так, окончательный процент связывания ^{99m}Tc с эритроцитами не превышает 22%, тогда как связывание ^{51}Cr достигает 60—90%. Тем не менее возможность применения высоких количеств ^{99m}Tc (до

3,7—7,3 МБк и более) обеспечивает лучшее сканографическое изображение селезенки при значительно меньшей лучевой нагрузке по сравнению с использованием ^{51}Cr -эритроцитов.

Процедура получения меченых ^{51}Cr или $^{99\text{m}}\text{Tc}$ эритроцитов одинакова и заключается в следующем: 15—20 мл венозной крови пациента помещают в пробирку, содержащую около 50 ЕД гепарина для предотвращения свертывания. Эритроциты осаждаются центрифугированием при 1000 об/мин в течение 15 мин, после чего отсасывают плазму. К осажденным эритроцитам добавляют стерильные растворы хромата натрия ^{51}Cr из расчета 0,185 МБк на 1 кг массы больного или 37—74 МБк $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Содержимое пробирки осторожно перемешивают и помещают в защитные контейнеры при комнатной температуре на 20—30 мин. Если в качестве метки применялся ^{51}Cr , то после указанной инкубации в пробирку необходимо прилить 1—2 мл 5% раствора аскорбиата натрия для перевода несвязавшегося ^{51}Cr из шестивалентного в трехвалентный. Меченые эритроциты дважды отмываются от невключившегося в эритроциты нуклида. Для этого в пробирку добавляют 10—15 мл изотонического раствора натрия хлорида и производят центрифугирование при указанных выше условиях с последующим отсасыванием надосадочной жидкости.

Поскольку в процессе метки эритроциты практически не меняют своих морфологических и физиологических свойств, то для одномоментного и достаточно быстрого захвата селезенкой их необходимо искусственно денатурировать. Это достигается различными способами, из которых наибольшее распространение получила термическая обработка эритроцитов при 49—50°C. В результате нагревания эритроциты превращаются в сфероциты и быстро захватываются селезенкой после репункции в сосудистое русло. Чтобы добиться указанного эффекта, достаточно пробирку с мечеными эритроцитами поместить в водяную баню с постоянно поддерживаемой указанной температурой на 20—30 мин. Перед введением обработанные эритроциты ресуспензируют добавлением 10—15 мл изотонического раствора натрия хлорида. Максимальная концентрация меченых сфероцитов в селезенке наступает через 30—50 мин и держится на достигнутом уровне около суток. При четком выполнении всех этапов методики меченые и поврежденные эритроциты накапливаются только в селезенке. Радиоактивность печени и других органов при этом незначительна, что обеспечивает получение качественных сцинтиграмм и сканограмм селезенки в любых проекциях.

В 1964 г. для метки эритроцитов был предложен меркургидроксипропан (МГП), меченный ртутью (^{197}Hg), а в 1972 г. отечественный аналог броммеркуроксипропан (БМОП). Эти РФП обладают высоким сродством к эритроцитам, быстро и прочно связываются с ними, вызывая их одновременное повреждение. При комнатной температуре *in vitro* за короткое время более 90% БМОП соединяется с эритроцитами цельной крови и при концентрации 0,5—1 мг БМОП на 1 мл крови вызывается заметная

альтерация эритроцитов, что и приводит к их секвестрации селезенкой после реинъекции. Благодаря указанным свойствам препарата процесс приготовления меченых и поврежденных эритроцитов сокращается с нескольких часов до 3—5 мин. Метку эритроцитов БМОП, меченого ^{197}Hg , производят *in vitro* или непосредственно в шприце в присутствии гепарина, так как БМОП заметно повышает свертываемость крови, а необходимое время инкубации составляет 1—1½ мин. Поэтому при медленном внутривенном введении препарата обеспечивается метка и разрушение эритроцитов.

Недостатком применения БМОП является то, что прочность его связи с эритроцитами значительно ниже, чем ^{51}Cr или $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Уже через 2—3 ч после введения меченых эритроцитов отделившаяся радиоактивная ртуть начинает накапливаться в почках, достигая максимума через 24 ч.

Независимо от способа получения меченых и поврежденных эритроцитов механизм захвата их селезенкой универсален, а следовательно, и интерпретация получаемых при сканировании результатов проводится однотипно.

Броммеркуроксипропан ^{197}Hg представляет собой бесцветный раствор с рН 7,5—8,5, содержание БМОП 2—6 мг/мл, удельная активность 1—2 МБк в 1 мл. Препарат вводился внутривенно после инкубации в шприце с кровью пациента (0,2—0,7 мл раствора активностью 150—200 МБк, БМОП ^{197}Hg + 2—5 мл крови). Шприцы предварительно промывают раствором гепарина, чтобы предотвратить свертывание крови. Максимальное накопление препарата над селезенкой наблюдалось уже через 1 ч после введения БМОП — ^{197}Hg и практически не изменялось в течение последующих 3—4 ч. Через 20—24 ч максимальная активность регистрируется над почками и практически отсутствует в селезенке.

Таким образом, оптимальными сроками сканирования селезенки являются первые 1—3 ч после введения препарата. Показаниями для исследования являются подозрения на поражение селезенки или необходимость уточнения ее топографических взаимоотношений с другими внутренними органами.

Каких-либо токсических осложнений или реакций на введение БМОП — ^{197}Hg и термически обработанных эритроцитов, меченых ^{51}Cr или $^{99\text{m}}\text{Tc}$, не наблюдается.

Сканирование селезенки проводится на скенерах любых систем или гамма-камере в положении больных лежа на правом боку. В качестве анатомических ориентиров на сканограмму наносят ряд точек соответственно контурам левой реберной дуги.

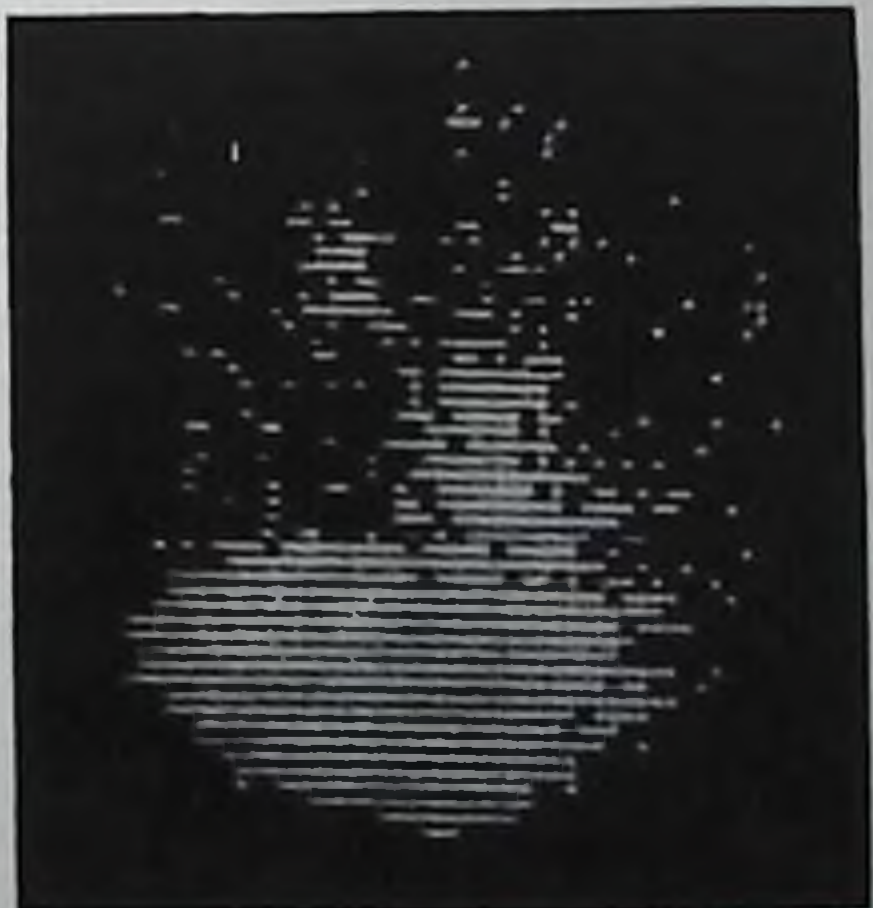
При оценке сканограмм учитывается положение селезенки, ее форма, четкость контуров и величины органа, характер распределения препарата. Особенно важно для установления патологии измерить площадь селезенки и определить селезеночный индекс, который рассчитывается делением площади селезенки в квадратных сантиметрах на площадь всего тела в квадратных сантиметрах.

117

Сканограмма селезенки в норме в боковой проекции. Селезенка бобовидной формы. Равномерное накопление РФП, площадь 68 см^2 , селезеночный индекс $3,4 \times 10^3$.



В норме (рис. 117) положение селезенки на сканограмме соответствует анатомическому. Форма индивидуальная для каждого пациента, но чаще округлая или бобовидная. Накопление препарата больше в центральных отделах органа с равномерным разрежением к периферии. Вследствие ее пассивного перемещения при дыхании часто наблюдается динамическая перезкость. Величина селезенки у здоровых лиц колеблется в довольно широких пределах — от 60 до 80 см^2 . Поскольку не наблюдается прямой зависимости размеров селезенки от пола, возраста и антропометрических показателей, то и селезеночный индекс подвержен значительным колебаниям и составляет от $3,0 \cdot 10^{-3}$ до $4,5 \cdot 10^{-3}$, в среднем $3,7 \cdot 10^{-3} \pm \pm 0,5 \cdot 10^{-3}$. Если при хронических миело- и лимфолейкозах выраженная спленомегалия легко определяется физикальными методами исследования, то при опухолевых формах ретикулезов, таких как лимфогранулематоз, в большинстве случаев поражение селезенки не сопровождается значительным увеличением органа и клинически, как правило, не распознается. Поэтому при лимфогранулематозе, когда планируется лучевая терапия, сканирование селезенки имеет большое значение как для выявления поражения органа, так и для оценки эффективности терапии. Сканографическая картина при диффузном поражении селезенки лимфогранулематозным процессом характеризуется увеличением ее размеров, что в ряде случаев сопровождается диффузно-неравномерным распределением препарата. Часто на сканограммах крупные одиночные лимфогранулематозные уз-



118

Сканограмма селезенки с очаговым поражением при лимфогранулематозе. Орган увеличен, определяется дефект изображения размером $3 \times 4 \text{ см}$, окруженный неравномерным накоплением РФП.

лы выявляются зонами резкого снижения или отсутствия накопления РФП (рис. 118).

При эффективности лучевой терапии, повторном сканировании отмечается резкое уменьшение очага поражения и площади селезенки. Сканирование селезенки с БМОП — ^{197}Hg отличается некоторыми особенностями. Для получения качественного изображения селезенки исследование необходимо проводить не позже чем через 1—4 ч после введения препарата, так как в более поздние сроки происходит отщепление метки.

Таким образом, радионуклидное исследование селезенки не является специфическим диагностическим тестом, но позволяет получить объективное представление об анатомо-морфологическом состоянии и характере ее поражения.

Глава XIII

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ГОРТАНИ, НОСОГЛОТКИ И ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ

Радионуклидные методы исследования наряду с другими инструментальными методами диагностики получили широкое применение в распознавании заболеваний верхних дыхательных путей и в первую очередь новообразований придаточных пазух носа, носоглотки и гортани.

Радионуклидная диагностика опухолей верхних дыхательных путей, как и других органов, основана на определении интенсивности накопления в них радиопрепарата. В настоящее время существует два основных метода измерения радиоактивности, поглощенных опухолью радионуклидов: радиометрический и гамма-топографический.

Радиометрический метод применяется в основном для измерения бета-излучения радиоактивного фосфора (^{32}P), поэтому он называется также методом радиофосфорной диагностики. В основе избирательного накопления ^{32}P в злокачественных новообразованиях лежит включение фосфора в состав нуклеиновых кислот быстроразмножающихся опухолевых клеток.

Радиометрический метод исследования с помощью ^{32}P используется для диагностики поверхностно-расположенных опухолей, носовых пазух, полости носа и гортани. Лучшие результаты радиофосфорной диагностики получаются при контактной радиометрии, т. е. при подведении датчика непосредственно к опухолевому очагу. Там, где это невозможно, например около носовых пазух, используют иглообразные датчики, с помощью которых прокалывают пазуху и проводят радиометрию. Более успешно осуществляется радиометрия при раке гортани в тех случаях, когда проведение биопсии по каким-либо причинам затруднено или ее результаты не позволили установить правильный диагноз. В та-

ких случаях использование бета-зондов после анестезии гортани дает возможность провести радиометрию всех участков с опухолевой инфильтрацией.

Методика радиофосфорной диагностики заключается в следующем. Пациент натощак принимает внутрь или ему вводят внутривенно раствор двузамещенного фосфата натрия ^{32}P активностью 3,7—5,5 МБк. Через 24, 48 и 72 ч после его приема с помощью бета-зонда проводят измерение интенсивности излучения над опухолью и на симметричном участке здоровой области. Результаты исследования оцениваются на основании сопоставления интенсивности накопления РФП в опухолевом очаге и неповрежденном участке. При этом скорость счета над опухолью выражается в процентах по отношению к скорости счета над нормальным участком, который условно принимается за 100%. При злокачественных опухолях интенсивность накопления через 24—72 ч превышает 120—130%. Относительно высокое накопление ^{32}P (100—120%) наблюдается в воспалительных инфильтратах, но в отличие от злокачественных опухолей ^{32}P из очагов воспаления выводится быстрее — через 24—48 ч.

Недостатком метода считается то, что с помощью радиометрии с ^{32}P трудно определить топографию опухолевого очага, величину и распространенность опухоли. Кроме того, с помощью радиофосфорной диагностики можно определять лишь поверхностно-расположенные новообразования, так как пробег бета-частиц ^{32}P в мягких тканях составляет в среднем 3—4 мм. Фактически радиофосфорная диагностика констатирует характер опухолевого образования, выявленного эндоскопическим и рентгенологическим методами исследования. Однако свою ценность бета-радиометрия с ^{32}P сохраняет при дифференциальной диагностике между злокачественными, доброкачественными опухолями и воспалительным процессом, а также при наблюдении за ходом лучевого лечения и оценке его эффективности.

Вторым методом радионуклидной диагностики является гамма-топографический, т. е. получение изображения опухолевого очага с помощью сканирования или сцинтиграфии. Этот метод также основан на избирательном накоплении в опухоли введенного в организм РФП. Радиофармпрепараты, которые накапливаются в ткани опухоли, называют «относительно» туморотропными. К ним относятся: ^{75}Se метионин, цитрат ^{67}Ga , блеомицин ^{111}In . Для диагностики этих опухолей предложен также цитрат ^{111}In , цитрат $^{99\text{m}}\text{Tc}$, глюконат $^{99\text{m}}\text{Tc}$ [А. Г. Приходько, 1983]. Механизм успешного поглощения туморотропных радионуклидов в опухоли точно не установлен. Например, метионин ^{75}Se как составная часть аминокислот участвует в белковом метаболизме, и повышенное его накопление в новообразованиях связывают с интенсивным размножением клеток злокачественных опухолей.

Цитрат ^{67}Ga , по данным Takeda и соавт. (1977), Hammersley, Taylor (1979), имеет тенденцию включаться в лизосомы быстропролиферирующих опухолевых клеток. Туморотропные РФП на-

капливаются также, но в небольшом количестве и в доброкачественных новообразованиях, и в очагах воспалительных процессов. Поэтому при анализе сцинтиграмм с опухолевыми образованиями необходимо учитывать два критерия: чувствительность и специфичность РФП. Чувствительность означает количество случаев (в процентах) повышенного накопления РФП в опухолевом очаге у больных со злокачественными новообразованиями. Специфичность — это количество случаев отсутствия повышенного накопления РФП в доброкачественных опухолях и воспалительных процессах. По данным А. Г. Приходько (1983), наибольшей чувствительностью (85—95%) и специфичностью (80—85%) к злокачественным образованиям головы и шеи, в частности к первичным опухолям носоглотки и гортани, обладает ^{75}Se метионин. Чувствительность цитрата ^{67}Ga равна 74,5%, специфичность — 71,7%. Чувствительность ^{75}Se метионина при диагностике рецидивов несколько ниже, чем первичных опухолей, и составляет от 60 до 81%. Поэтому ^{75}Se метионин используется не только для диагностики и дифференциальной диагностики новообразования, но и для контроля проводимой терапии.

Радионуклидное исследование новообразований верхних дыхательных путей осуществляется с помощью сканирования или сцинтиграфии. При этих исследованиях на сканограмме или сцинтиграмме на месте локализации опухоли отмечается интенсивное накопление РФП. В отличие от этого при сцинтиграфии с оргопотропными препаратами, когда на сцинтиграммах получается изображение органа, например печени, а при наличии опухоли дефект накопления в ней, речь идет о «негативной» сцинтиграфии. Исследования с использованием туморотропных РФП называют «позитивной» сцинтиграфией.

Показаниями для радионуклидного исследования опухолей верхних дыхательных путей являются: выявление первичных и метастатических опухолей, определение распространенности опухолевого роста и развитие рецидивов, дифференциальная диагностика между опухолевым и воспалительным процессом, злокачественным и доброкачественным новообразованиями. Важное значение приобретает радионуклидная диагностика в тех случаях, когда невозможно или затруднено проведение ларингоскопии с прицельной биопсией из-за глубокой локализации опухолевого процесса.

Радионуклидные исследования находят широкое применение для оценки эффективности противоопухолевого лечения, особенно лучевой терапии, когда с помощью туморотропных РФП можно контролировать чувствительность опухолей к облучению [Higashi et al., 1977].

Методика исследования. Исследование носоглотки и придаточных пазух носа проводится в двух проекциях: в прямой и боковой, а исследование гортани — только в прямой проекции в положении больного на спине с фиксацией головы.

При сканировании в прямой проекции необходимо, чтобы носоподбородочная линия была параллельна плоскости коллиматора,

Сканограмма челюстно-лицевой области в норме, определяется наличие РФП в области физиологического накопления РФП в проекции полости рта и ротоглотки.

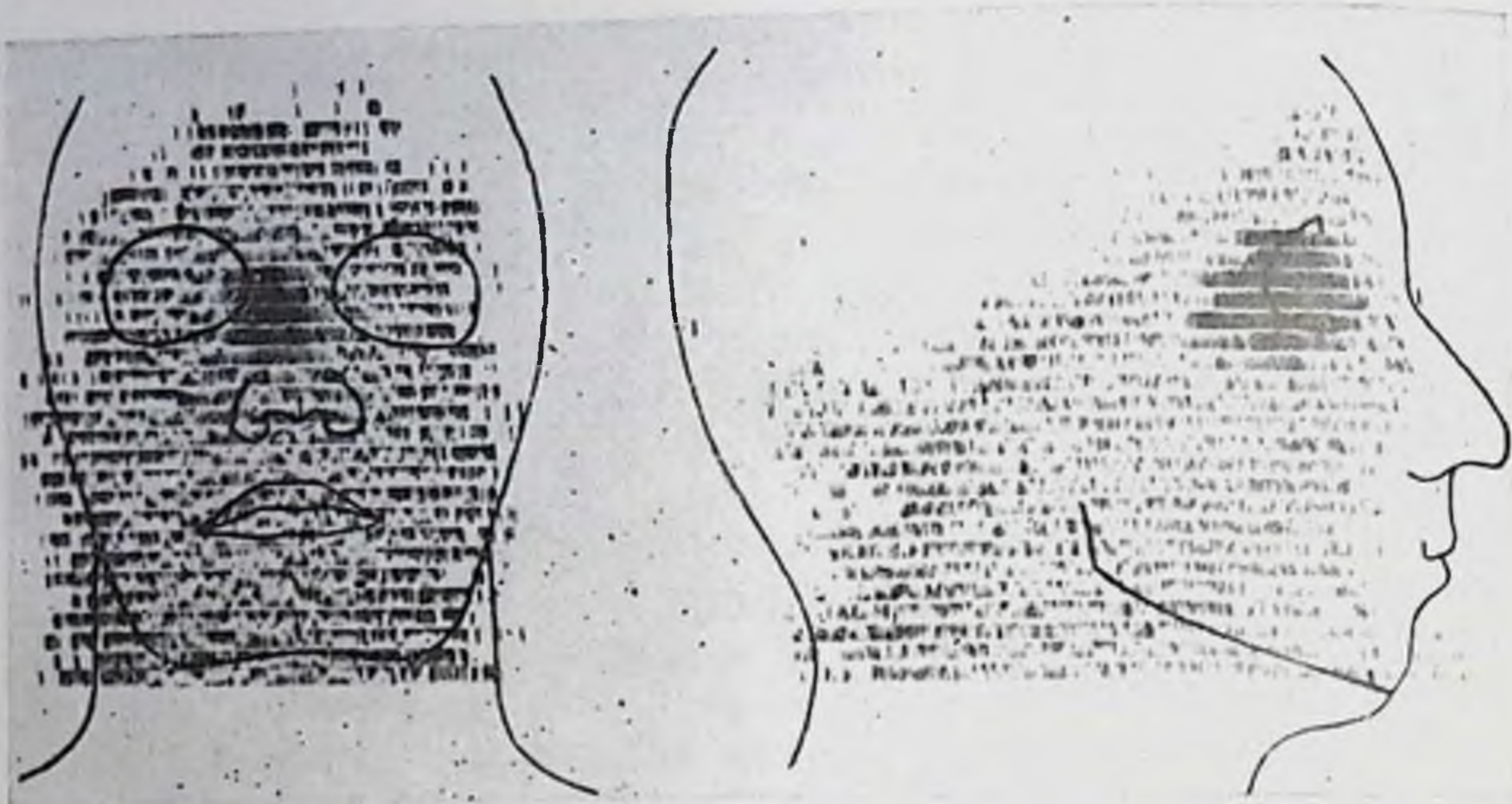
в боковой проекции больной поворачивает голову набок так, чтобы сагиттальная плоскость черепа была перпендикулярна детектору. Для установления топографии опухолевого очага проводится разметка на сканограммах, отмечаются верхние, дуги, угол нижней челюсти и наружный слуховой проход. По меткам на сканограммах с помощью трафарета наносится контур орбиты лицевого черепа. Сканирование и сцинтиграфия гортани проводится в прямой проекции с максимальным отведением головы. На сканограммы наносится яремная вырезка грудины, контуры гортани, шеи и подбородка. Наряду с обычным сканированием и сцинтиграфией для лучшей визуализации опухолевого очага применяют методику электросканирования, вначале делается электрорентгенограмма придаточных пазух носа, носоглотки и гортани, затем на ней записываются сканограммы.

Для исследования ^{75}Se метионин вводится внутривенно активностью 7,4—9,25 МБк, цитрат ^{67}Ga и цитрат ^{111}In — активностью 37—74 МБк. Сканирование или сцинтиграфия с ^{75}Se метионином осуществляется через 1—2 ч, а с цитратом ^{67}Ga и ^{111}In через 48—72 ч после инъекции препарата. Сканирование проводится в спектрометрическом режиме с настройкой на фотопик гамма-излучения ^{75}Se с энергией 265 или 280 кэВ. При использовании цитрата ^{67}Ga для исследования челюстно-лицевой области сканирование осуществляется в спектрометрическом режиме с регистрацией двух фотопиков с энергией 93 или 184 кэВ.

Сцинтиграфия на гамма-камере производится также в спектрометрическом режиме. При использовании цитрата ^{67}Ga окно дискриминации настраивается на фотопик с энергией 93 кэВ. Ширина окна 30%. В тех же случаях, когда для сцинтиграфии применяется блеомицин ^{111}In , фотопик настраивается на энергию 171 кэВ. В обоих исследованиях используется коллиматор на 410 кэВ.

Согласно литературным данным [Kubota et al., 1972] и собственным исследованиям, проведенным совместно с А. Г. Приходько и охватывающим более 400 больных со злокачественными и доброкачественными опухолями придаточных пазух носоглотки и гортани, а также лиц контрольной группы (пациенты без поражения указанной области), при сканировании головы и шеи установлена тенденция к накоплению ^{75}Se метионина и цитрата





120. Сканограмма. Рак решетчатого лабиринта справа в прямой и боковой проекциях. Определяется накопление РФП в области решетчатого лабиринта справа.

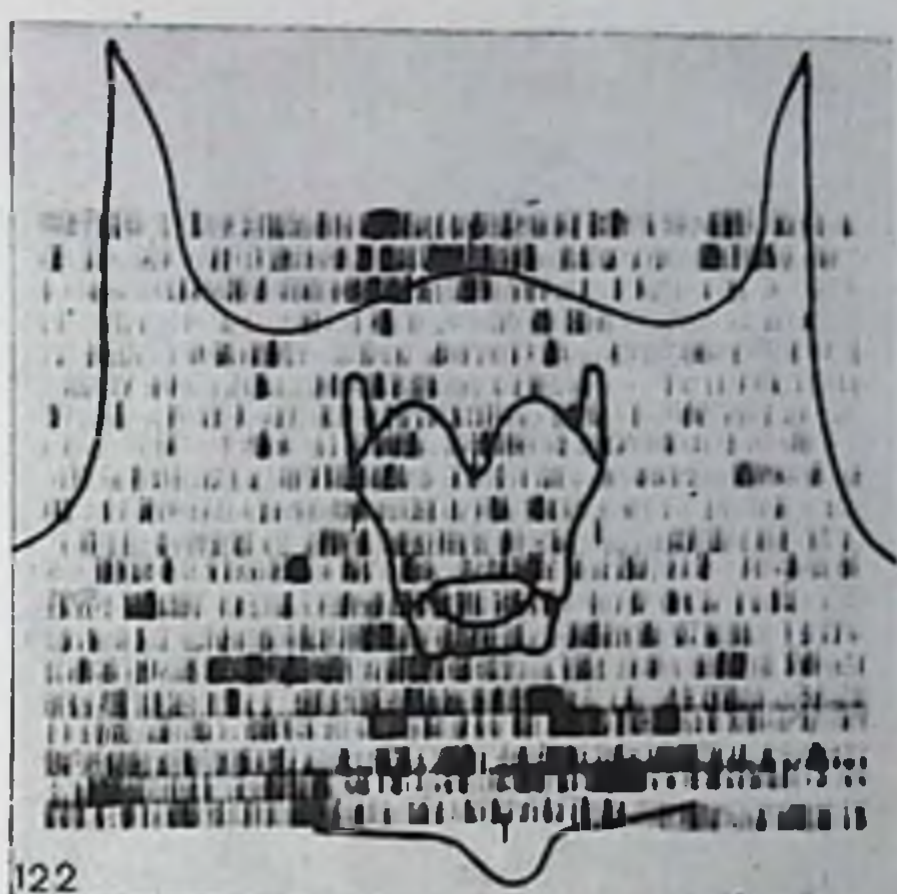
^{67}Ga и в норме в проекции полости рта и ротоглотки (рис. 119). Это обусловлено избирательным включением препарата в ткани языка и лимфоидную ткань глотки (при правильной укладке такое распределение препарата не препятствует интерпретации данных сканограмм).

Сканографическая картина рака придаточных пазух носа характеризуется интенсивным накапливанием РФП в опухоли, причем площадь накопления, как правило, соответствует топографической локализации и величине новообразования (рис. 120).

При злокачественных новообразованиях придаточных пазух носа и распространенности опухолевого процесса с выходом в смежные области, а именно в полость рта и глазницу, а также при затруднениях определения анатомо-топографических взаимоотношений опухоли и лицевого скелета при сопутствующих воспалительных изменениях в околоносовых пазухах, когда на рентгенограммах и томограммах выявляются деструктивные изменения их стенок, радионуклидные исследования, помимо подтверждения злокачественной природы новообразования, служат способом уточнения исходной локализации и степени распространения опухоли в смежные анатомические области.

Однако радионуклидные исследования уступают компьютерной томографии в точности определения распространенности процесса в смежные органы.

У больных раком гортани на сканограммах выявляется очаг повышенного накопления радиопрепарата в проекции опухолевого поражения органа (рис. 121). Уровень накопления ^{75}Se метионина и цитрата ^{67}Ga при раке гортани выше, чем в области максимального накопления этих препаратов при нормальном их рас-



121. Сканогамма. Рак вестибулярно-связочного отдела гортани. Определяется накопление РФП в проекции гортани.

122. Сканогамма. Хронический ларингит. Накопление РФП в проекции гортани отсутствует.

пределении. Поэтому на сканогаммах визуализируется только очаг злокачественной опухоли гортани, а изображение ротоглотки, подчелюстных слюнных желез и щитовидной железы инваляется на фоне окружающих их мелких тканей.

Не менее важное значение имеют радионуклидные исследования с опухолетропными РФП для дифференциальной диагностики злокачественных и доброкачественных поражений гортани и околоносовых пазух и лучевого отека гортани, когда проведение биопсии затруднено из-за сопутствующего воспалительного процесса. В то же время с помощью цитрата ^{67}Ga возможно дифференцировать рак от хронического воспалительного процесса.

При доброкачественных образованиях и хроническом воспалении придаточных пазух носа и гортани избыточное накопление РФП не выявляется (рис. 122). Характер распределения РФП в указанной области на сканогаммах и сцинтиграммах соответствует варианту нормы.

Особое значение приобретает радионуклидная диагностика в оценке и контроле эффективности лечения после лучевой или комбинированной терапии, а также при выявлении рецидива опухоли. Более того, применение цитрата ^{67}Ga в динамике лечения может служить объективным показателем биологической активности новообразования.

На сканогаммах после лучевого лечения в случае ремиссии накопление РФП не определяется, в то же время при рецидиве определяется повышенное накопление РФП в зоне продолжения опухолевого роста (рис. 123). Однако интенсивность накопления цитрата ^{67}Ga и ^{75}Se метионина при рецидивах опухоли ниже, чем при нелеченых карциномах.



123

Сканогамма. Рецидив рака гортани после комбинированного лечения. Определяется повышенное накопление РФП при рецидиве опухоли выше трахеостомы.

Таким образом, радиоизотопная диагностика с туморотропными радиопрепаратами является одним из дополнительных методов исследования больных с опухолями верхних дыхательных путей. Сканирование и сцинтиграфия применяются для уточнения природы новообразо-

вания скрыто протекающего опухолевого процесса на фоне сопутствующих воспалительных процессов, фиброзных изменений в тканях после лучевого и хирургического лечения, когда клиническая картина и рентгенологические данные не убедительны, а эндоскопически не подтверждается наличие рака.

Радиоизотопная диагностика может служить надежным средством контроля эффективности противоопухолевого лечения и выявления рецидивов. Радиоизотопные исследования не обременяют больного, лучевая нагрузка с применением короткоживущих радиоизотопов типа цитрата ^{67}Ga и блеомицина ^{111}In не превышает предельно допустимый уровень для этой категории пациентов. Недостатком метода является его разрешающая способность. При помощи радиодиагностических приборов можно выявлять опухоли размером только более 2 см, что затрудняет распознавание опухолей в ранней стадии развития и при их злокачественном росте в области накопления РФП.

Кроме того, неправильное положение больного при его укладке может привести к ложноотрицательным результатам; например, при эндофитном росте опухоли гортани происходит проекционное наложение зоны повышенного накопления ^{75}Se метионина в гиперфункционирующей щитовидной железе на область подскладочного и среднего отделов гортани.

Глава XIV

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ

Одним из важных направлений радиоизотопной диагностики является интенсивное внедрение ее методов в неотложную медицину. При этом клинико-физиологические методы исследования

должны быть не только информативны, но просты и быстро выполнимы. Поэтому необходима разработка новых и коррекция существующих радионуклидных методов исследования применительно к требованиям неотложной медицины.

Опыт ряда научно-практических и лечебных учреждений нашей страны, в частности НИИ скорой помощи имени Н. В. Склифосовского, свидетельствует о том, что применение этих методов при неотложных состояниях способствует распознаванию острого заболевания или травмы и их осложнений. Эти исследования входят в комплекс методов по динамическому наблюдению за эффективностью реанимационных мероприятий или предоперационной диагностики, являющихся особо ответственными, и требуют выработки единых принципов, технических приемов и условий, обеспечивающих высокое качество их проведения.

При организации радионуклидных исследований при острых заболеваниях и травмах весьма важным является определение рационального соотношения централизации и децентрализации радионуклидных блоков соответственно их профилю и состоянию пациентов, а также установление объема этих исследований на этапах движения в процессе лечения больных и пострадавших.

В больнице скорой помощи и многопрофильных стационарах, имеющих койки для находящихся в неотложном состоянии больных, организационно-методическим центром по проведению радионуклидных исследований является лаборатория радионуклидной диагностики, включающая экспресс-лабораторию (с инженерно-технической и вычислительной группами), и филиалы, расположенные на базе клинических специализированных отделений.

В экспресс-лаборатории, которая должна находиться в непосредственной близости к реанимационному и операционному отделениям, проводят исследование жизненно важных органов для установления первичного диагноза. В филиалах лаборатории осуществляют контроль за эффективностью лечения и медицинской реабилитации. Центральная лаборатория имеет в своем составе кабинеты, название которых определяется системными или методическими принципами. Проводимые в ней исследования практически не отличаются от исследований, выполняемых радионуклидной лабораторией многопрофильной больницы, однако их осуществление имеет особенности, связанные с неотложным состоянием больного.

Необходимость проведения экстренных радионуклидных исследований обуславливает разделение графиков работы медицинского персонала на бригады — дежурную и плановую. Дежурная бригада работает по непрерывному графику, плановая — по установленному лабораторией радионуклидной диагностики регламенту.

При диагностике заболевания применяются те методы исследования, которые преимущественно дают информацию о топогра-

фоанатомических особенностей органов, — сцинтиграфия и сканирование.

Данные этих исследований могут играть роль отсеивающих тестов, хотя при распознавании поражений таких органов, как печень и почки, они могут быть основными.

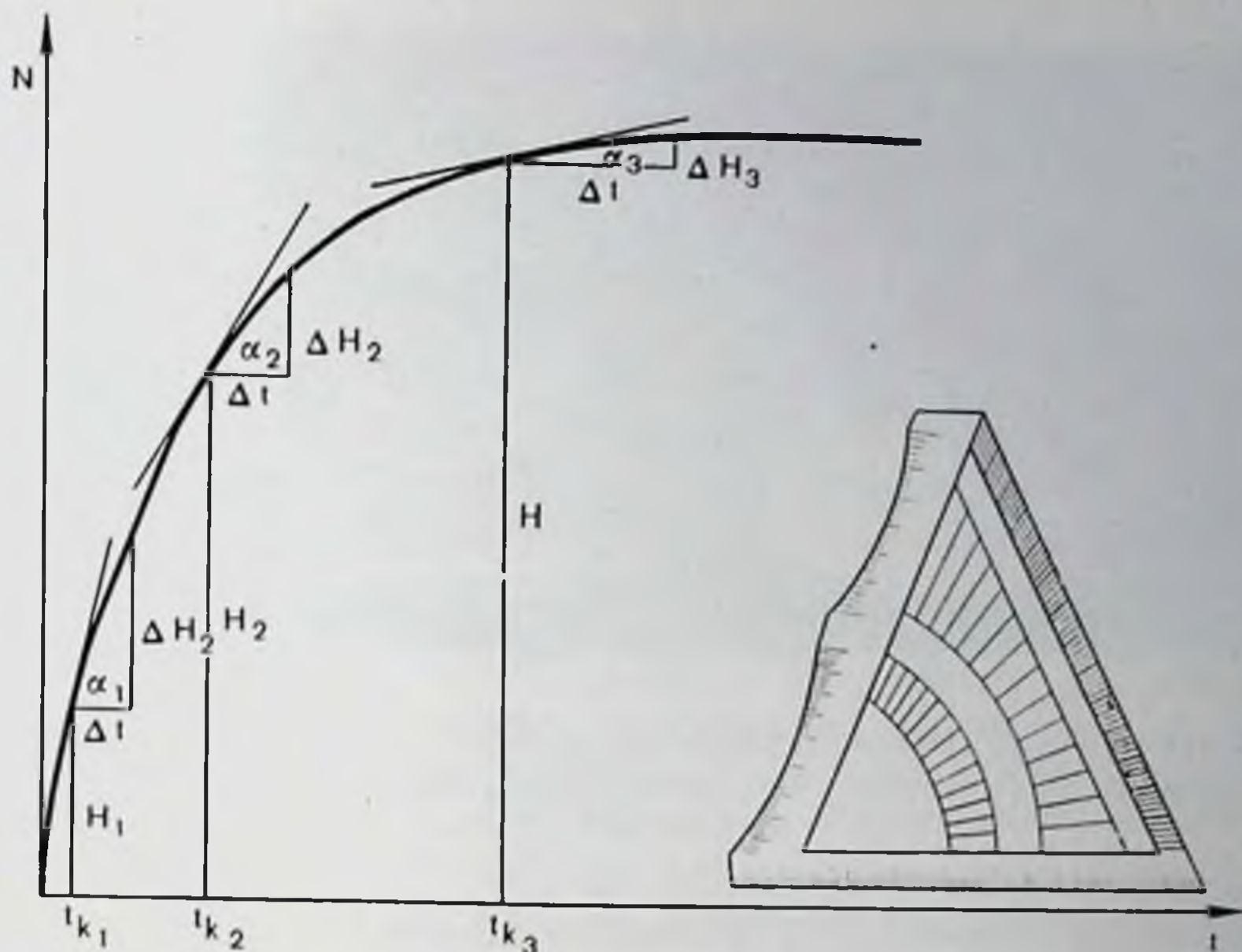
При изучении и характеристике клинического течения заболевания в оценке эффективности лечения радионуклидные методы позволяют установить и оценить степень нарушений деятельности органов и систем (сердечно-сосудистая, гепаторенальная и др.), которые наиболее часто вовлекаются в патологический процесс при острых заболеваниях и травмах. При решении этих задач наряду с функциональными радиографическими методами *in vivo* определенную роль играют методы *in vitro* по изучению гомеостаза организма в экстремальном состоянии.

Проведение при неотложных состояниях радионуклидных исследований требует применения экспресс-методов, разработка которых диктуется необходимостью получения в предельно короткий срок с помощью простых и безопасных для больного методов объективной количественной информации в динамике патологического процесса.

Решение технической стороны задачи обеспечивается применением мобильной и быстродействующей аппаратуры в сочетании с ЭВМ, использованием радионуклидов с приемлемыми для экстренной медицины характеристиками и разработкой экспресс-методов обработки данных радионуклидного исследования. Медицинские разработки включают изучение радионуклидной семантики острых заболеваний и травм, определение диагностической ценности различных показателей, сопоставление результатов, полученных при радионуклидном исследовании, с клинико-лабораторными и инструментальными данными, выделение ряда методических комплексов.

Наряду с использованием быстродействующей аппаратуры в сочетании с ЭВМ и созданием программ для обработки данных радионуклидных исследований разработаны экспресс-методы исследования ряда органов. В частности, для изучения функции дыхания регионарной вентиляции и кровотока в легких при острых заболеваниях и травмах, когда больного необходимо исследовать в положении лежа на спине, предложена методика передней спирорадиографии. При этом счетчики устанавливаются спереди в 6 точках, по три парных точки справа и слева: 1) под ключицей, по срединно-ключичной линии, 2) в четвертом межреберье по переднеподмышечной линии и 3) в пятом межреберье, по среднеподмышечной линии. После введения ^{133}Xe ингаляционно или внутривенно (соответственно для изучения вентиляции или газообмена) одновременно с записью регионарных спирограмм проводят регистрацию их суммарных параметров.

При радионуклидных исследованиях печени на основе теоретических предположений и на конкретной модели кинетики бенгальского розового ^{131}I [О. Г. Синякова, Т. И. Ильницкая, 1978]



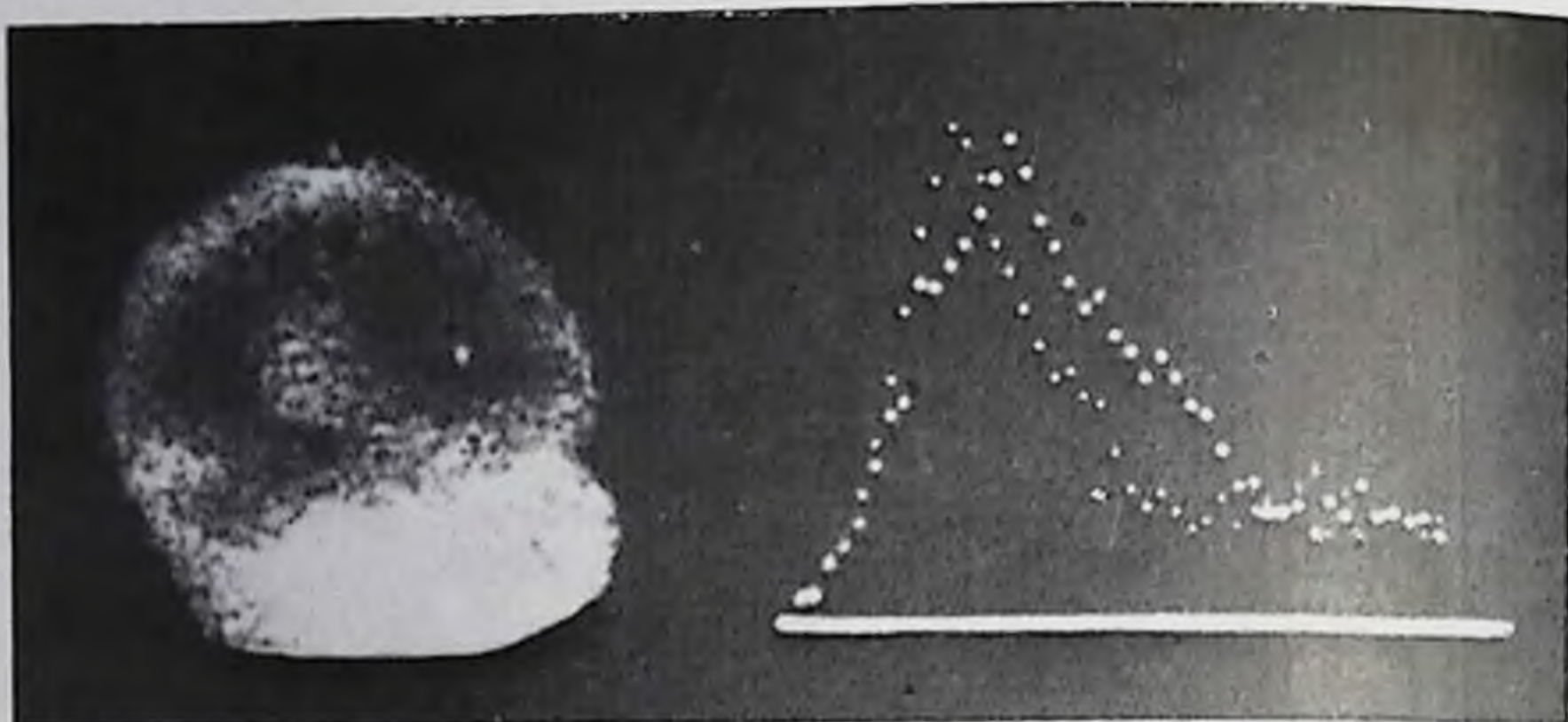
124. Схема анализа гепатограммы: универсальный транспортёр для расчета ее показателей.

разработан экспресс-метод получения и расчета показателей гепатограмм. Сущность его заключается в том, что записывается накопительный участок гепатограмм с его более детальным изучением; при этом определяются константы относительной скорости изменения концентрации препарата в печени (K_1 , K_2 , K_3) в различные моменты времени (на 1-й, 5-й и 15-й минутах) по формуле:

$$K = \frac{\Delta H}{\Delta t H},$$

где ΔH — приращение высоты амплитуды кривой, зарегистрированной над областью печени за время, равное Δt (рис. 124). С известными допущениями показатель K_1 позволяет оценить кровоснабжение печени; K_2 — ее поглотительную функцию; K_3 — выделительную функцию. Для ускорения обработки полученных кривых усовершенствован [Т. И. Ильицкая, 1979] транспортёр, который позволяет по величине угла наклона касательной, проведенной к кривой в полупологарифмической системе координат, определить значение констант скорости накопления РФП, избегая при этом каких-либо расчетов.

Клиническое применение. В распознавании острых травматических повреждений жизненно важных органов из радионуклидных методов основное значение имеет сцинтиграфия с одновременной записью на ЭВМ и последующей обработкой полученной информации. Исследование на гамма-камере отвечает в этом плане необ-



125. Сцинтиграмма головного мозга при ушибе.

Справа — время мозгового кровотока: ВМК правой височной области 15 с, ВМК левой височной области 11 с.

ходимым требованиям: 1) получение количественной информации в предельно короткий срок; 2) быстрота и простота технического выполнения исследования. Вместе с тем следует отметить, что значение сцинтиграфии среди других инструментальных методов в диагностике травм определенных органов различно.

Наряду с количественными показателями оценка изменений жизненно важных органов проводится по качественным признакам: форма, размеры, характер распределения РФП, построение профильных кривых и изозон для очагов нецелесообразного накопления радионуклидов. Установление локализации и характера повреждений при этом должно сочетаться с изучением функциональных нарушений, для чего проводится запись на ЭВМ динамики перераспределения радионуклидов в исследуемых органах и системах. Объединение указанных радионуклидных исследований дает оценку состоянию жизненно важных органов в динамике острого патологического процесса, что весьма важно при выборе средств и вида лечения, а также при контроле его эффективности.

Для визуализации очагов повреждения при травме головного мозга применяется статическая позиционная сцинтиграфия головного мозга с помощью пертехнетата ^{99m}Tc ; в зоне ушиба выявляется очаг повышенного накопления РФП с неравномерным распределением и пестрыми границами (рис. 125). Применение компьютерной томографии в указанных исследованиях эффективно, однако радионуклидные методы по-прежнему играют важную роль в изучении гемодинамики и других осложнений черепно-мозговой травмы.

Согласно современным представлениям, сосудистые нарушения в головном мозге лежат в основе патогенеза черепно-мозговой травмы. Поэтому радионуклидное изучение как церебрального (линейного и объемного) кровотока, так и центральной гемоди-

намики имеет важное значение. В остром периоде черепно-мозговой травмы наибольшие изменения выявляются в 1—2-е сутки. Дальнейшее проявление нарушений гемодинамики зависит от течения и исхода заболевания (положительная или отрицательная гемодинамика), что может служить дополнительным прогностическим критерием; степень выраженности выявленных нарушений центральной гемодинамики зависит от тяжести черепно-мозговой травмы, а характер гемодинамических изменений — от уровня повреждения структур головного мозга. Это может быть использовано как один из диагностических признаков в комплексном определении степени тяжести и локализации повреждения.

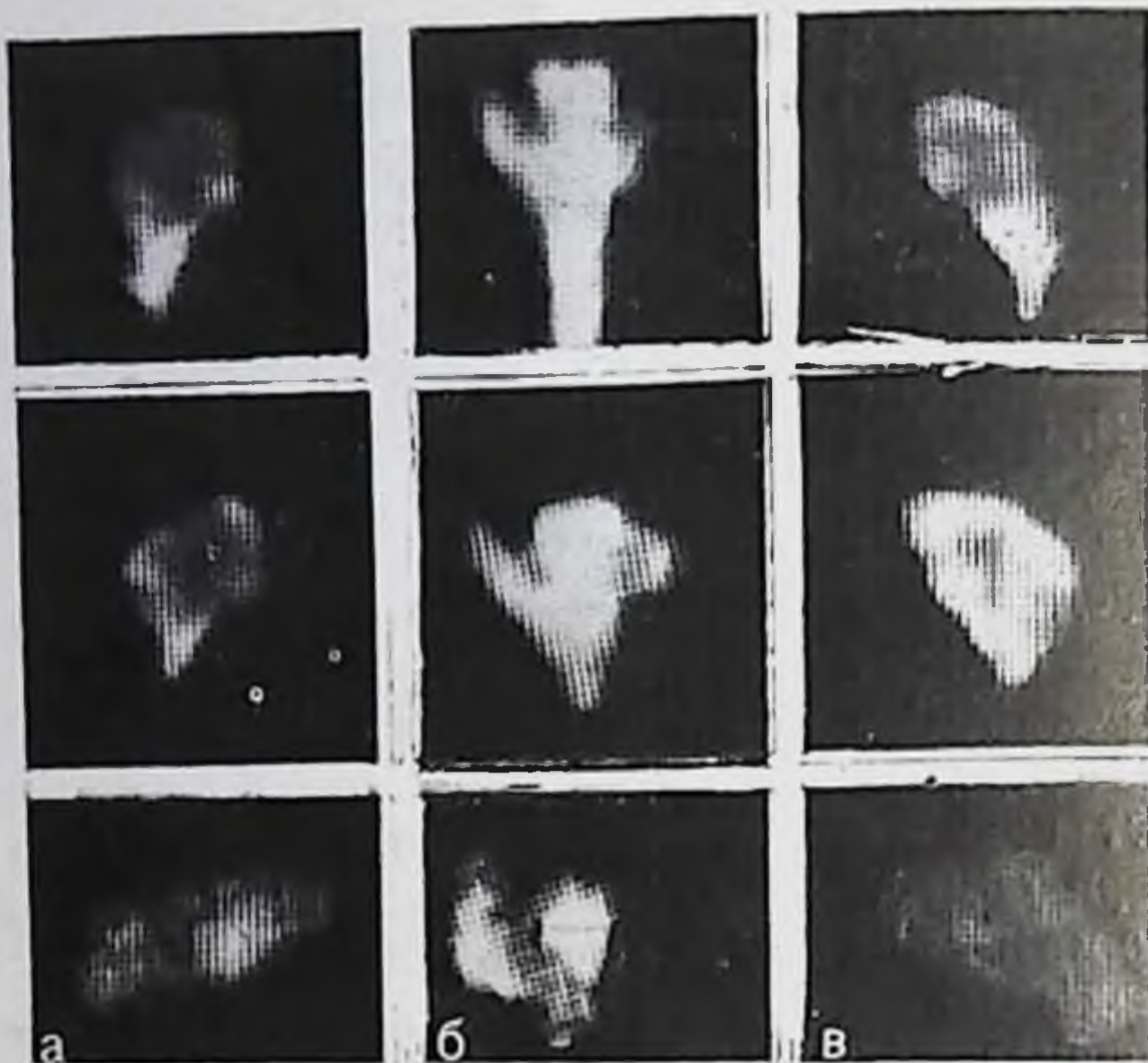
Важную роль для выявления нарушений мозгового кровообращения при черепно-мозговой травме и сосудистых заболеваниях мозга играет радиоизотопное исследование линейного мозгового кровотока при помощи внутривенного введения ^{99m}Tc и объемного мозгового кровотока с использованием ^{133}Xe .

Время прохождения ^{99m}Tc через сосуды мозга сравнимо со временем размешивания индикатора в сосудистом русле, поэтому в отличие от камерных моделей, где интерес представляют транспортные константы, в данном случае характеристикой кровотока является время прохождения болюса индикатора через зоны мозга. Поэтому в качестве количественных показателей, характеризующих линейный мозговой кровоток в зонах мозга (области кровоснабжения верхней и средней мозговых артерий обеих полушарий плюс возможная область или области поражения) при черепно-мозговой травме, вычисляются следующие: время мозгового кровотока, время циркуляции, время выведения, продолжительность плато на кривой, если оно есть. Для характеристики асимметрии кровотока правого и левого полушарий дополнительно вычисляются коэффициенты временной (КГ) и амплитудной (КА) асимметрии.

При черепно-мозговой травме выявляется замедление мозгового кровотока, наименьшее — при сотрясении головного мозга и наибольшее — при ушибе мозга со сдавлением. Между нарушениями мозгового и центрального кровотока при нейротравме существует высокая степень корреляционной связи, что необходимо учитывать при назначении лечебных мероприятий [И. С. Поздышева, 1981].

Известно, что в результате повреждения костей черепа часто возникает ликворея, которая ведет к тяжелым осложнениям. Раннее выявление ликвореи и своевременная профилактика способствуют уменьшению этих осложнений. Метод заключается в эндолюмбальном введении (одновременно с проведением лечебных мероприятий) раствора натрия фосфата- ^{32}P и подсчете активности через $1\frac{1}{2}$ —2 ч после введения препарата; превышение фоновой активности более чем в 3—5 раз свидетельствует о наличии ликвореи.

Перспективным методом изучения состояния ликворных путей



126. Радионуклидная цистернография при тяжелой черепно-мозговой травме и гидроцефалии мозга (замедление продвижения РФП через ликворные пространства головного мозга, желудочковый рефлюкс).
а — правая боковая, б — передняя, в — левая боковая проекции.

головного мозга является радионуклидная цистернография, которая, кроме того, позволяет выявить наличие ликвореи; исследование достаточно информативно не только при черепно-мозговой травме, но и при посттравматических арахноидитах, а также при гидроцефалии. При исследовании эндолумбально вводят ДТПА- ^{99m}Tc и затем производят статическую сцинтиграфию через 2, 4, 8 и 24 ч [И. С. Поздышева, 1981] после введения препарата в пяти стандартных проекциях (рис. 126).

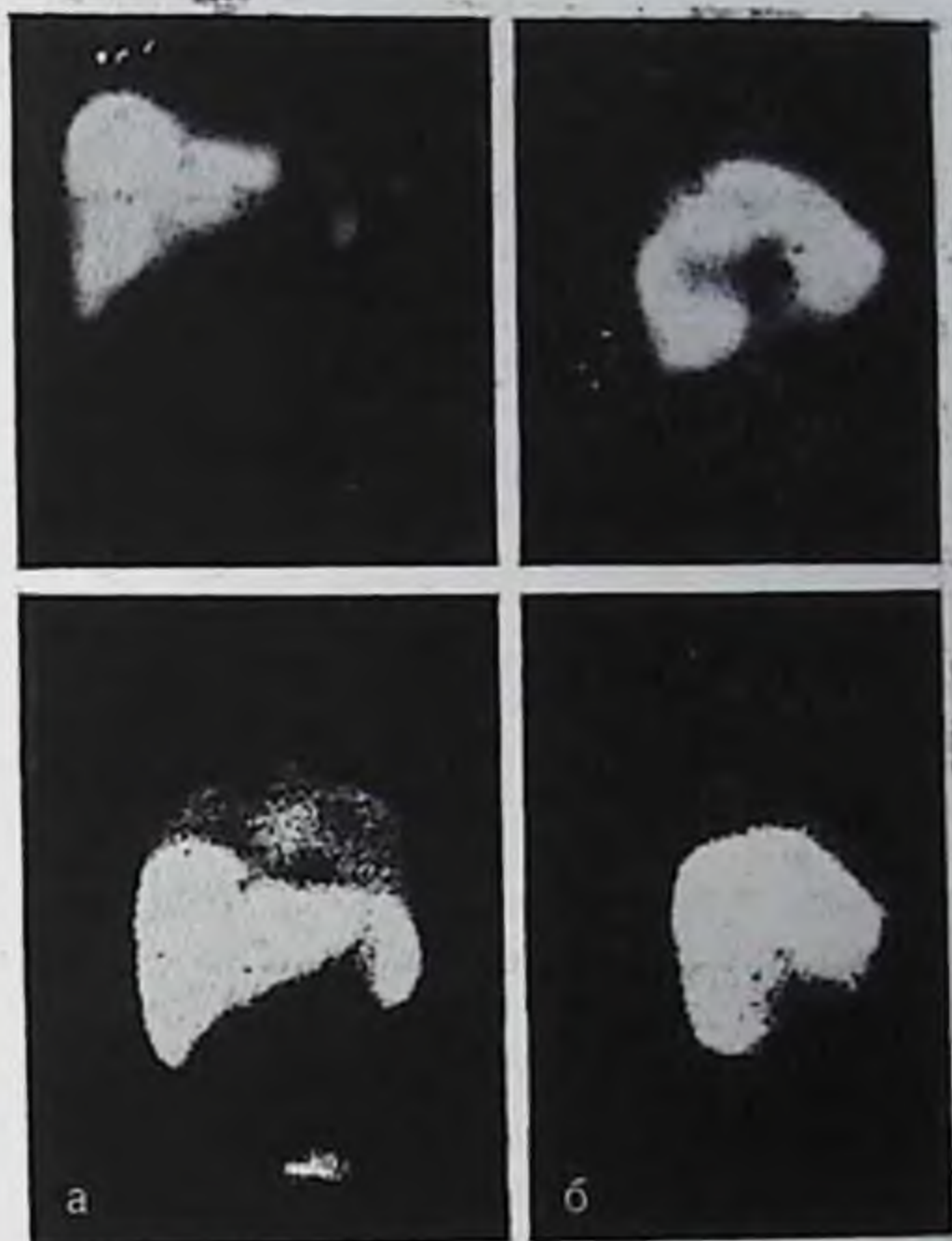
На сцинтиграммах, проведенных в остром периоде (первые часы) после травмы, при повреждениях паренхиматозных органов наблюдается изменение их формы и размеров, очаговое распределение РФП за счет поврежденных участков, что связано с наличием отека и гематом.

Как правило, на фоне увеличения печени при обширных объемных повреждениях печеночной паренхимы выявляются дефекты накопления меченого коллоида (рис. 127). При анализе результатов радиоизотопного исследования почек также наряду с увеличением размеров поврежденного органа, дефектами накопления РФП в почечной паренхиме выявляется замедление секреторно-экскреторной функции.

При острой травме легких радионуклидные методы применяются как для оценки структурно-функциональных изменений легких, так и для комплексного изучения состояния дыхательной недостаточности.

Сцинтиграмма печени в передней и боковой проекциях при травме печени.

а — до операции, б — после операции.



Известно, что в изучении структурно-функциональных изменений легких важное место занимают рентгенологические методы, применение которых основано на динамическом проведении сопоставлений рентгенограмм органов грудной полости с клиническими данными. Другим методом для выполнения указанной цели является радиоизотопное сканирование и сцинтиграфия. Характер возникновения выявленных с помощью данного метода структурных изменений можно установить проведением динамического рентгенологического исследования. Клинический опыт убеждает в высокой ценности сочетанного исследования, которое при указанных патологических состояниях наиболее целесообразно применять в два этапа: на первом проводят экстренное рентгенологическое исследование; на втором этапе, кроме динамического рентгенологического наблюдения, выполняют сцинтиграфию легких. Важное преимущество ее заключается в том, что данный метод наряду с визуализацией органа является более чувствительным по сравнению с другими при оценке очаговых расстройств вентиляции и перфузии. Это подтверждается нашими данными по применению перфузионного сканирования при открытой травме груди, при которой установлена прямая зависимость между тяжестью торакальной травмы и сосудистыми нарушениями легких. Наиболее полное сочетание исследования функции и визуализации легких возможно при проведении сцинтиграфии. Нами разработана [А. И. Ишмухаметов и др., 1977] программа радиоизотопных исследований, включающая динамическую сцинтиграфию и изучение регионарной вентиляции и кровотока в легких на гамма-камере с автоматической обработкой информации на ЭВМ; применение этой программы при травматических повреждениях легких позволило получить достоверную информацию о функционально-морфологических нарушениях.

При пневмонии, возникшей после травмы грудной клетки с нарушением ее каркаса, и отсутствии повреждений внутренних ор-



128

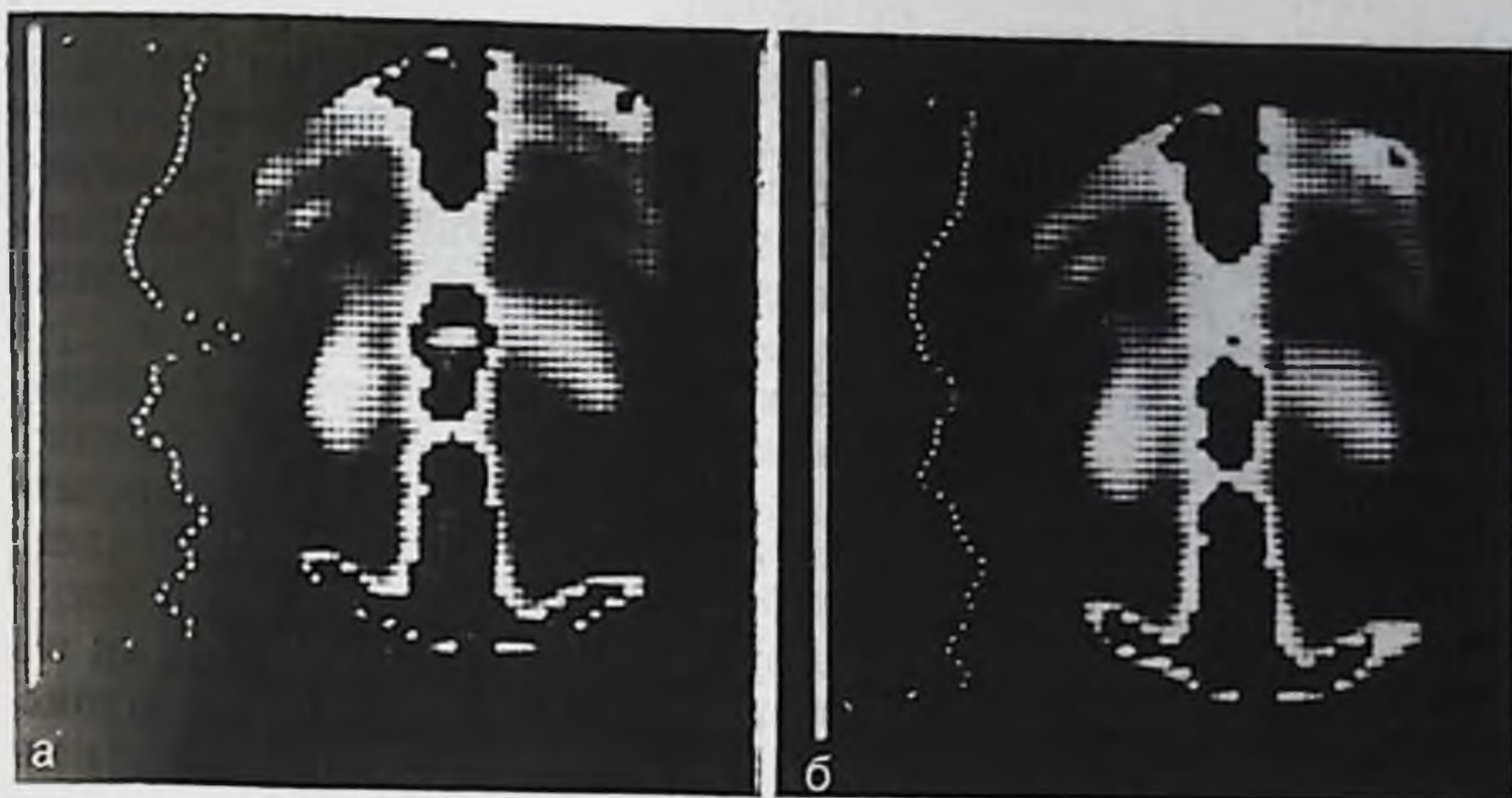
Сцинтиграмма легких при острой двусторонней травматической пневмонии.

ганов на сцинтиграммах легких определяется диффузное разрежение штриховки различной степени, интенсивности и протяженности соответственно области пневмического очага. При нарушении каркаса грудной клетки с повреждением внутренних

органов отмечается тяжелое течение болезни с наличием на сцинтиграммах дефектов накопления и зоной диффузного разрежения в области, окружающей пневмическую инфильтрацию (рис. 128). При обработке на ЭВМ кривых радиопневмограмм и легочного кровотока выявляются изменения соответствующих зон легкого. При этом для больных первой группы характерны пропорциональные изменения перфузионных величин и показателей легочного кровотока ($P/Q=1$). У больных второй группы в зоне травмы соотношение $P/Q > 1$ на фоне значительного снижения всех показателей вентиляции и кровотока. В прилегающих зонах соотношение $P/Q=1$ при некотором снижении этих показателей свидетельствует о более широком распространении воспалительного процесса.

С применением препаратов фосфатного ряда (полифосфат, пирофосфат), меченных ^{99m}Tc , которые избирательно аккумулируются в зоне острого некроза [Е. И. Чазов и др., 1977], открылись новые перспективы в диагностике травматических повреждений сердца и инфаркта миокарда. Анализ данных, полученных на передвижной сцинтиграфической камере [А. В. Баумгартель и др., 1980], свидетельствует о том, что сцинтиграфия грудной клетки с пирофосфатом ^{99m}Tc может быть рекомендована для обследования тяжелобольных в условиях кардиореанимационного отделения; метод позволяет быстро и точно установить наличие острого некроза миокарда, его локализацию, размеры; указанный метод может служить дифференциально-диагностическим тестом разграничения обратимых ишемически-дистрофических и необратимых некротических повреждений миокарда. Особое значение метод приобретает при недостаточной информативности ЭКГ и ферментной диагностике (при нарушениях ритма и проводимости сердца или повторных инфарктах миокарда) и при травме грудной клетки, когда она сопровождается такими грозными осложнениями, как травматический инфаркт миокарда или разрыв сердца.

Следует отметить, что наряду с препаратами, позволяющими



129. Сцинтиграмма позвоночника при травме.
а — до операции, б — после операции.

визуализировать зоны некроза миокарда, существует другая группа соединений (например, ^{201}Tl), использование которой дает возможность на основании визуализации здорового миокарда установить нарушения его перфузии.

Другим перспективным направлением использования сцинтиграфии с применением меченых фосфатов является распознавание и контроль лечения трудных для диагностики рентгенологическими методами переломов (травмы ребер и позвоночника); особое значение указанный метод имеет в определении интенсивности процесса заживления или его отсутствия.

При исследовании на гамма-камере изображение записывается на дисплей ЭВМ, где выбираются следующие основные зоны интереса: область сломанного позвонка и по два позвонка, лежащих выше и ниже. Вычисляется плотность накопления в выбранных зонах. В качестве показателя, характеризующего степень накопления РФП в области перелома, используют отношение плотности накопления в области перелома к средней плотности накопления в соседних, неповрежденных позвонках (коэффициент относительного накопления — КОН). Исследования проводятся в динамике лечения до окончания накопления РФП в зоне перелома.

В 1-е сутки после травмы в области поврежденного позвонка отмечается снижение накопления РФП по сравнению с соседними здоровыми позвонками (КОН 0,7), которое выравнивается на 2-е сутки и к 3-м суткам превышает накопление РФП в окружающих тканях на 20—30%. Максимальное накопление РФП (КОН 2,6) отмечается к концу 1-й недели (рис. 129). С 4-й недели интенсивность накопления РФП начинает постепенно уменьшаться; нормализация накопления наступает к 3—6-му месяцу после травмы; окончание повышения накопления РФП в зоне перелома является показателем образования костной мозоли.

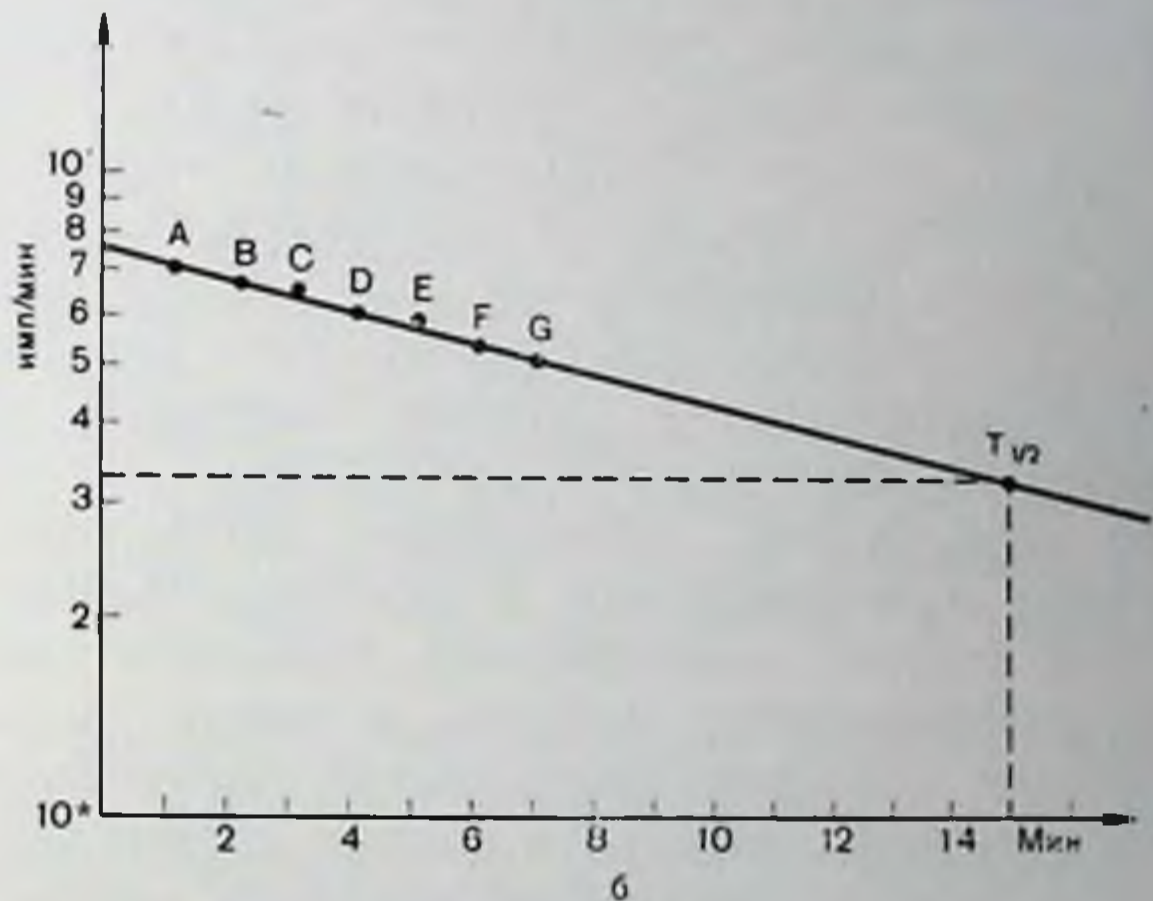
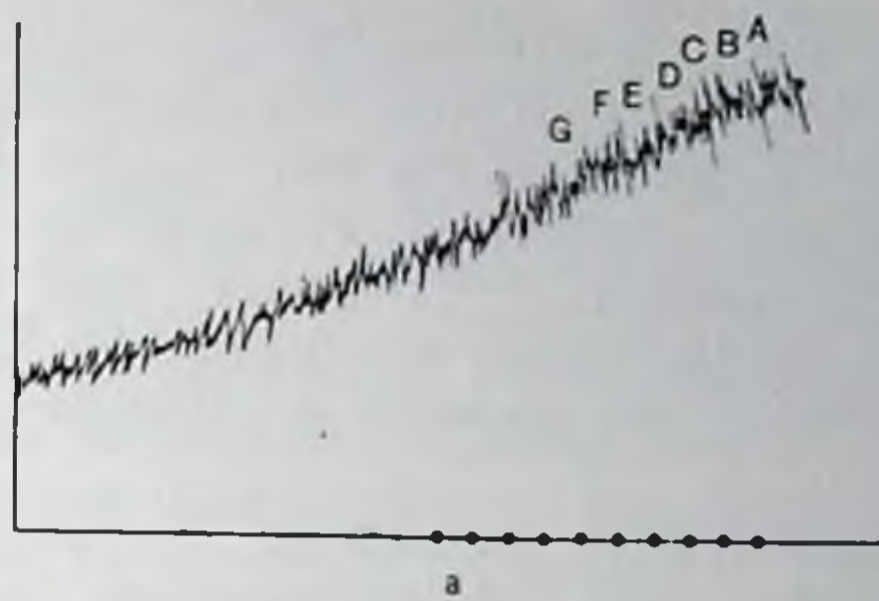
Работами ряда авторов [А. В. Каплан и др., 1977] показана зависимость процессов регенерации длинных трубчатых костей от особенностей регионарной гемодинамики. Для изучения состояния периферического кровообращения в области перелома или послеоперационной раны рационально использовать изучение мышечно-кровоотока. При первом исследовании РФП вводится внутримышечно, возможно ближе к зоне перелома, но обязательно в пределах здоровой ткани (отсутствие гематомы, имбибиции тканей кровью); на здоровой конечности препарат вводят в симметричную точку. Над местом введения устанавливают коллимированный датчик и производят графическую запись радиоактивного излучения во времени (рис. 130, а). На основании полученных измерений в полулогарифмическом масштабе строится график зависимости скорости счета от времени, в течение которого происходила резорбция радионуклида из тканевого депо. По данным Кети (1949), интенсивность регистрируемого излучения снижается по экспоненциальной кривой, которая в полулогарифмическом масштабе выражается прямой линией. По графику определяют показатель ($T_{1/2}$), характеризующий интенсивность тканевого кровоотока — время резорбции из тканевого депо половины введенного РФП (рис. 130, б). Аналогичным образом проводится изучение тканевого кровоотока после внутрикожного введения РФП.

Радионуклидные исследования периферического кровообращения проводились при механической [Г. М. Балабаненко, Е. В. Романенко, 1980] и термической травме [Е. В. Романенко, 1979] и показали, что выявленные при этих ситуациях нарушения возможно использовать как в объективной оценке эффективности лечения, так и в прогнозировании течения патологического процесса.

При сочетанных повреждениях радионуклидные методы могут быть применены для экспресс-диагностики или динамического наблюдения за состоянием органов и систем. Как известно, ведущими причинами нарушений гемодинамики, дыхания и метаболизма при сочетанной травме прежде всего являются тяжелая кровопотеря, первичные расстройства газообмена, дисфункция жизненно важных органов, поврежденных в результате прямой травмы (головной мозг, сердце). Радионуклидные методы, позволяющие оценить эти показатели, значительно расширяют круг тестов, составляющих основу объективной диагностики множественных повреждений.

При травматических кровотечениях или кровопотерях для оценки степени кровопотери и тяжести состояния больного, а также для контроля эффективности переливания крови и различных перфузионных жидкостей применяют радионуклидный метод определения ОЦК. В этих случаях рационально использовать упрощенный способ определения ОЦК по результатам радиометрии цельной крови [Г. А. Малов, 1970]. Сравнение этого метода со способом определения ОЦК по предварительным подсчетам объема

Кривая резорбции РФП из внутрикожного или внутримышечного депо (а); б — расчет периода полурезорбции препарата ($T_{1/2}$) в полулогорифмическом масштабе.



плазмы с помощью венозного гематокрита показало достаточную точность ускоренного способа, что при отсутствии необходимости центрифугирования крови и радиометрии полученной плазмы позволяет шире рекомендовать этот метод при острых патологических состояниях; значительно (примерно наполовину) сокращает срок исследования и упрощает расчет также применение автоматизированной установки «Гемолитр» (ВНР). Необходимо подчеркнуть, что определение ОЦК имеет ценность для клинического применения лишь при повторных исследованиях, при которых наряду с применением альбумина ^{131}I для снижения лучевой нагрузки возможно использование $^{99\text{m}}\text{Tc}$ и $^{113\text{m}}\text{In}$.

Следует указать на совершенно новый аспект использования радионуклидов при кровотечениях. На основании данных, полученных с применением внешней радиометрии, о возможности распознавания внутренних кровотечений [М. Б. Багдасаров, 1974] разработан [А. И. Ишмухаметов, Т. И. Ильницкая, 1983] метод, сущность которого заключается в том, что при проведении сцинтиграфии органов малого таза с помощью короткоживущих изотопов определяется скорость нарастания концентрации введенного РФП; метод позволяет не только выявить наличие продолжающегося внутрибрюшного кровотечения, но и оценить его количество.

Для изучения гемодинамики используют метод радиокардиографии. Основным показанием для применения этого метода в экстренной патологии является определение тяжести и динамики лечения сердечно-сосудистой недостаточности. Использование цитратного комплекса ^{113m}In или альбумина ^{99m}Tc позволяет проводить динамические измерения сердечного выброса через короткие промежутки времени и существенно снизить лучевую нагрузку.

Применительно к экстренной хирургии и травматологии этот метод используется для правильного установления показаний к оперативному вмешательству, особенно у пожилых, страдающих сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также для соответствующего контроля за их ведением до и после операции. С учетом ограниченного и даже невозможного использования красочного метода при явлениях гемолиза радиокардиографию часто применяют для определения показателей гемодинамики или хирургических вмешательств при острой печечно-почечной недостаточности. Другим примером применения радиокардиографии является использование ее для определения возникающей при острой кровопотере гиповолемии и связанных с ней сдвигов в центральном и периферическом кровообращении.

При острых заболеваниях терапевтического профиля с позиций рационального лечения, а также уточнения патогенеза применяется изучение центральной гемодинамики, особенно сердечного, ударного выброса и общего периферического сопротивления. Метод радиокардиографии является одним из ведущих в оценке недостаточности кровообращения при остром инфаркте миокарда, острых отравлениях, позволяя обнаружить гемодинамические нарушения еще до появления клинических признаков недостаточности кровообращения; при развитии сердечной недостаточности метод дает возможность получить в динамике заболевания количественные данные о сократительной способности миокарда и общем периферическом сосудистом сопротивлении.

При острых отравлениях и ожоговой болезни применение радионуклидных методов является наиболее применимым в изучении гемодинамики и гепаторенальной системы, что связано с важной ролью нарушения этих органов при указанной патологии, а также с высокой чувствительностью методов радиоиндикации в оценке состояния печени и почек. Основным проявлением функциональных изменений печени и почек при острых отравлениях является нарушение гемодинамики и поглотительно-выделительной и антитоксической функций этих органов. Указанные изменения начинаются с расстройства гемодинамики, затем нарушается секреторно-выделительная функция печени; восстановление нарушенных функций происходит в обратном порядке. Динамика установленных при радионуклидном исследовании изменений печени и почек зависит от особенностей токсического вещества и находится в прямой зависимости от вида и тяжести отравления; наиболее выраженные при этом нарушения наблюдаются при от-

равлениях хлорированными углеводородами. Сравнительный количественный анализ параметров кривых рено- и гепатограмм показал, что при острых отравлениях изменения в состоянии печени и почек выявляются ранее и чаще, чем при применении клинико-биохимических и других функционально-структурных тестов. Это можно объяснить высокой чувствительностью методов, в основе которых лежит избирательное накопление меченых соединений в определенных структурах печени и почек.

При изучении с помощью радиокардиографии центральной гемодинамики установлено, что острые отравления кислотами и щелочами в раннем периоде заболевания сопровождаются нарушениями гемодинамики, которые независимо от вида прижигающего вещества характеризуются при отравлениях легкой степени гиперкинетическим, а тяжелой — гипокинетическим состоянием кровообращения. Наиболее информативными показателями в оценке степени нарушений центральной гемодинамики у больных острыми отравлениями прижигающими веществами являются: ОЦК, ударный объем сердца, общее периферическое сопротивление. Основным патогенетическим механизмом в развитии нарушений гемодинамики у больных острыми отравлениями прижигающими веществами средней и тяжелой степени является абсолютная гиповолемия, обусловленная внутренней и внешней плазмотерией.

Полученные данные позволили использовать радионуклидный метод в условиях реанимационного и послеоперационного отделений на фоне лечебных мероприятий (гемо- и лимфосорбция) и других оперативных вмешательств.

Вследствие необходимости получения информации не только от отдельных систем, но и от ряда жизненно важных органов одновременно в результате комплексирования методов созданы программы радионуклидного исследования при некоторых острых заболеваниях.

В частности, при последовательном применении радиокардиографии, ренографии и динамической сцинтиграфии гепатобилиарной системы при холецистите установлено [И. Я. Таджиев, 1979], что острый воспалительный процесс в желчевыводящих путях независимо от формы холецистита сопровождается дисфункцией почек, которая выражается преимущественно снижением экскреторной способности и плазмотока почек.

Гемодинамические нарушения при остром холецистите характеризуются гиповолемией с развитием гипокинетического циркуляторного синдрома, степень выраженности которого зависит от характера осложнений и наличия сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний. Гепатосцинтиграфическая семиотика при остром холецистите характеризуется, как правило, снижением выделительной способности печени, отсутствием или резким ухудшением контрастирования желчного пузыря, замедлением пассажа радиоактивной желчи в кишечник. Более выражены эти изменения при осложненном холецистите, особенно в случае присоединения ме-



ханической желтухи, что проявляется в различной степени угнетения поглотительной функции печени и в свою очередь зависит от степени обтурации желчных путей, продолжительности и интенсивности желтухи.

В случаях применения программы, которая включает радионуклид-

ное изучение центральной гемодинамики поджелудочной железы, печени и почек при остром панкреатите и его осложнениях, установлено, что нормальная сцинтиграфия поджелудочной железы с метионом ^{75}Se в 1-ю неделю острого заболевания позволяет отвергнуть острый панкреатит, а в более поздние сроки свидетельствует об удовлетворительной восстановительной динамике. Существенными для отечной формы острого панкреатита являются следующие признаки: диффузное увеличение всей железы или ее части, нечеткость контуров, близкое прилегание железы к печени. Для деструктивной формы характерны (рис. 131) наличие дефектов накопления метиоина ^{75}Se без четких контуров, деформация железы за счет отсутствия изображения ее части (при субтотальном поражении) или отсутствие изображения всей железы при полном ее поражении. Уровень накопления РФП характеризует остроту процесса: повышенное накопление РФП, сочетающееся с перечисленными выше признаками, указывает на прогрессирующее течение болезни; пониженное накопление РФП, неравномерное распределение и ускоренный выход в кишечник указывают на переход заболевания в хроническую фазу. Для хронического панкреатита основными признаками являются снижение накопления РФП, неравномерное ячеистое его распределение и ускоренный выход в кишечник. Наличие кисты характеризуется дефектом включения РФП с четкими контурами, оттеснением железы, выявлением в ее проекции зоны резко пониженного включения препарата (ниже уровня фона). Количественная оценка функционального состояния поджелудочной железы показала, что у больных деструктивной формой острого панкреатита отмечается достоверное различие по всем показателям; у больных с отечной формой — только по показателям, характеризующим отношение плотности накопления в поджелудочной железе к плотности накопления в области кишечника и фона.

Применение при остром панкреатите динамической сцинтиграфии печени и желчных путей позволяет примерно у $2/3$ больных выявить изменения со стороны печени в виде ее деформации, увеличения в размерах преимущественно за счет левой доли; при деструктивных формах панкреатита распределение препарата

крупноочаговое. При этом нарушения со стороны печени, такие как неравномерное распределение РФП, увеличение размеров органа, сочетаются примерно у $2/3$ больных с замедлением внутрипеченочного пассажа препарата, нарушением концентрационной и сократительной функций желчного пузыря, а также с признаками нефункционирующего желчного пузыря и механической желтухи.

Изменения со стороны центральной гемодинамики выявляются практически у всех больных острым панкреатитом и характеризуются гиповолемией с развитием гипокшетического циркуляторного синдрома, выраженность которого зависит от тяжести основного заболевания, наличия осложнений и сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний.

При радиозотопном исследовании примерно у $1/3$ больных неосложненным панкреатитом и у всех больных с различными его осложнениями наблюдается нарушение секреторно-экскреторной функции почек.

Изложенное при учете простоты и безопасности (при соблюдении необходимых мер работы с РФП) позволяет шире рекомендовать использование радионуклидного метода при диагностике и контроле лечения острых заболеваний и травм.

Глава XV

ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ (КТ)

Разработка и внедрение в клиническую практику рентгеновской компьютерной томографии (КТ) явились крупнейшим достижением науки и техники. По утверждению Макробрет Эварда, со времени открытия рентгеновского излучения в конце прошлого века не было в медицине более значительного сообщения, чем разработка компьютерной томографии. Свидетельством этого является присуждение Нобелевской премии 1979 г. известным физикам Cormack (США) и Hounsfield (Англия) за создание и клиническое испытание компьютерного томографа.

Компьютерная томография позволяет изучить положение, форму, размеры и структуру различных органов, а также их соотношение с другими органами и тканями. Это фактически осуществление идей великого русского хирурга Н. И. Пирогова: получение в клинических условиях данных о топографии и структуре органов в поперечных срезах.

Основой для разработки и создания компьютерного томографа послужили различные модели математической реконструкции рентгеновского изображения объектов.

В 1961 г. Oldendorf, используя в качестве источника излучения радионуклид ^{131}I , произвел математическую реконструкцию для получения трансаксиального изображения черепа, а в 1963 г.

Cormack разработал математический метод реконструкции изображения головного мозга с помощью источника рентгеновского излучения. На основании этих исследований в 1972 г. в лаборатории английской фирмы «EMJ» Hounsfield сконструировал первую клиническую модель рентгеновского компьютерного томографа для исследования головного мозга. Убедительные результаты, полученные при использовании КТ в диагностике поражений головного мозга, послужили стимулом создания КТ для исследования всего тела. И уже через 2 года, в 1974 г., Ledley разработал новый вариант КТ для сканирования всего тела. Применение этих компьютеров в клинической практике показало высокую эффективность метода в выявлении заболеваний паренхиматозных органов брюшной полости и забрюшинного пространства.

Успехи, достигнутые с помощью КТ в диагностике различных заболеваний, послужили стимулом быстрого технического совершенствования аппаратов и значительного увеличения их моделей.

Если первое поколение компьютерных томографов имело только один детектор и время для сканирования составляло 5—10 мин, то на томографах третьего — четвертого поколения при наличии от 512 до 1100 детекторов и ЭВМ большей емкости время для получения одного среза уменьшилось до 2—5 с, что практически позволяет исследовать все органы и ткани, включая сердце и сосуды.

В данной главе представлены основы КТ, принципы работы и устройство компьютерного томографа, его возможности и разрешающая способность; клинические показания для применения КТ в диагностике различных заболеваний и методические подходы для повышения разрешающей способности КТ.

Глава написана на основании данных литературы и опыта нашей лаборатории по обследованию более чем 8000 больных с различными заболеваниями. Наши исследования выполнялись на компьютерном томографе третьего поколения «Соматом SF» и «Соматом DP-3» фирмы «Симменс» (ФРГ).

1. Принцип работы и устройство компьютерного томографа

Компьютерная томография основана на принципе создания рентгеновского изображения органов и тканей с помощью ЭВМ. В зависимости от того, какое излучение используется для исследования в настоящее время, конструкции томографа подразделяются на несколько видов.

Первый вид компьютерного томографа, который положил начало развитию данного направления, называется аксиальным, или рентгеновским. В основе данного прибора лежит регистрация рентгеновских лучей чувствительными детекторами. Принцип метода заключается в том, что после прохождения лучей через тело пациента они попадают не на экран (как в обычных рентгенов-

ских установках), а на чувствительные детекторы, в которых возникают электрические импульсы, передающиеся после усиления на ЭВМ, где по специальному алгоритму они реконструируются и создают изображение объекта, который из ЭВМ выдается на телемонитор. Изображение органов и тканей на КТ в отличие от традиционных рентгеновских снимков получается в виде поперечных, наподобие «пироговских» срезов. Современные установки позволяют получать срезы толщиной от 2 до 8 мм. При работе в автоматическом режиме аппарат делает срезы толщиной 8 мм, однако при необходимости, когда подлежат исследованию более тонкие структуры, можно настроить установку на режим, позволяющий получать срезы толщиной 4 и даже 2 мм.

Второй вид КТ, который нашел клиническое применение, называется эмиссионной компьютерной томографией (ЭКТ). Он основан на принципе регистрации гамма-излучения или позитронного излучения от введенных в организм и накопившихся в различных тканях РФП. Излучение от отдельных органов, таких как, например, сердце, печень, почки, головной мозг и др., регистрируется одним или двумя детекторами с полем зрения 40—54 см. Информация, собранная при движении детекторов вокруг пациента, обрабатывается на ЭВМ и после реконструкции выдается на экран телемонитора. Минимальная величина среза тканей составляет 12 мм. Время получения одного среза 2—4 с, а изображение всего органа — 15—17 мин.

Кроме указанных видов КТ, в настоящее время создаются и проходят клинические испытания компьютерный томограф на базе ядерно-магнитного резонанса и разрабатываются проекты ультразвукового компьютерного томографа.

Современная конструкция рентгеновского компьютерного томографа состоит из 4 основных частей:

- 1) стола для сканирования, который имеет привод-транспортёр для перемещения пациента. Перемещение пациента осуществляется в горизонтальном положении, автоматически по сигналу ЭВМ;
- 2) штатива «Гентри», в который вмонтированы рентгеновская трубка, кадмиевые или ксеноновые детекторы, система сбора усиления и передачи импульсов на ЭВМ. В штативе имеется отверстие диаметром 54 см, внутри которого перемещается транспортёр с пациентом, снимки производятся перпендикулярно продольной оси тела или под наклоном в пределах 15° ;
- 3) консоль управления установкой, на которой выведены режимы работы аппарата и ЭВМ. К нему подключен также смотровой монитор, система записи и обработки информации; 4) компьютера, в котором, кроме сбора, обработки сигналов и реконструкции изображения, происходит хранение и передача информации на консоль управления и штатив. Информация из ЭВМ выдается на телемонитор, камеру для фотографирования, магнитофон или флоппидисковод. Наряду с основной установкой в комплект КТ включается дополнительный миникомпьютер, предназначенный

для различных операций: анализа данных, получения изображения, выделения зон интереса, реконструкции, т. е. получения изображения органа во фронтальной или сагиттальной проекции, определения точных размеров патологического очага, замера плотностей.

Компьютерная томография обладает рядом преимуществ перед обычным рентгенологическим исследованием:

а) прежде всего высокой чувствительностью, что позволяет дифференцировать отдельные органы и ткани друг от друга по плотности в пределах 1—2%, а на томографах третьего и четвертого поколений — до 0,5%; на обычных рентгенограммах этот показатель составляет 10—20%;

б) в отличие от обычной томографии КТ позволяет получить изображение органов и патологических очагов только в плоскости исследуемого среза, что дает четкое изображение без наложения лежащих выше и ниже образований;

в) КТ дает возможность получить точную количественную информацию о размерах и плотности отдельных органов, тканей и патологических образований;

г) КТ позволяет судить не только о состоянии изучаемого органа, но и о взаимоотношении патологического процесса с окружающими органами и тканями, например, инвазию опухоли в соседние органы, наличие других патологических изменений;

д) КТ позволяет получить топограммы, т. е. продольное изображение исследуемой области наподобие рентгеновского снимка путем смещения больного вдоль неподвижной трубки. Топограммы используются для установления протяженности патологического очага и определения количества срезов.

Дальнейшее совершенствование аппаратуры привело к созданию приставок для исследования сердца, оценки функциональных нарушений внутренних органов, а также планирования лучевой терапии (составление карт облучения и расчет доз).

Данные КТ могут быть использованы для проведения диагностической пункции, и, что особенно важно, она может с успехом применяться не только для выявления патологических изменений, но и для оценки эффективности лечения и, в частности, противоопухолевой терапии, а также определения рецидивов и сопутствующих осложнений.

Диагностика с помощью КТ основана на прямых рентгенологических симптомах, т. е. определении точной локализации, формы, размеров отдельных органов и патологического очага и, что особенно важно, на показателях плотности или абсорбции. Показатель абсорбции основан на степени поглощения или ослабления пучка рентгеновского излучения при прохождении через тело человека. Каждая ткань в зависимости от плотности, атомной массы по-разному поглощает излучение, поэтому в настоящее время для каждой ткани и органа в норме разработан коэффициент абсорбции (КА) по шкале Хоунсфильда (рис. 132). Согласно этой шкале, КА воды принят за «0», кости, обладающие наибольшей

132. Коэффициенты абсорбции по шкале Хоунсфильда.

плотностью, — за +1000, воздух, обладающий наименьшей плотностью, — за —1000. Исходя из этого, для каждого органа выработан средний показатель коэффициента абсорбции.

Разрешающая способность КТ зависит от ряда факторов: локализации, формы, величины и плотности патологического очага, хорошо выявляются опухоли и другие патологические изменения в

органах с естественной контрастностью, голова и шея, легкие, кости, а также органы, окруженные жировой капсулой. Не представляет трудности диагностика кистозных образований, инородных тел, камней, обызвествленных участков.

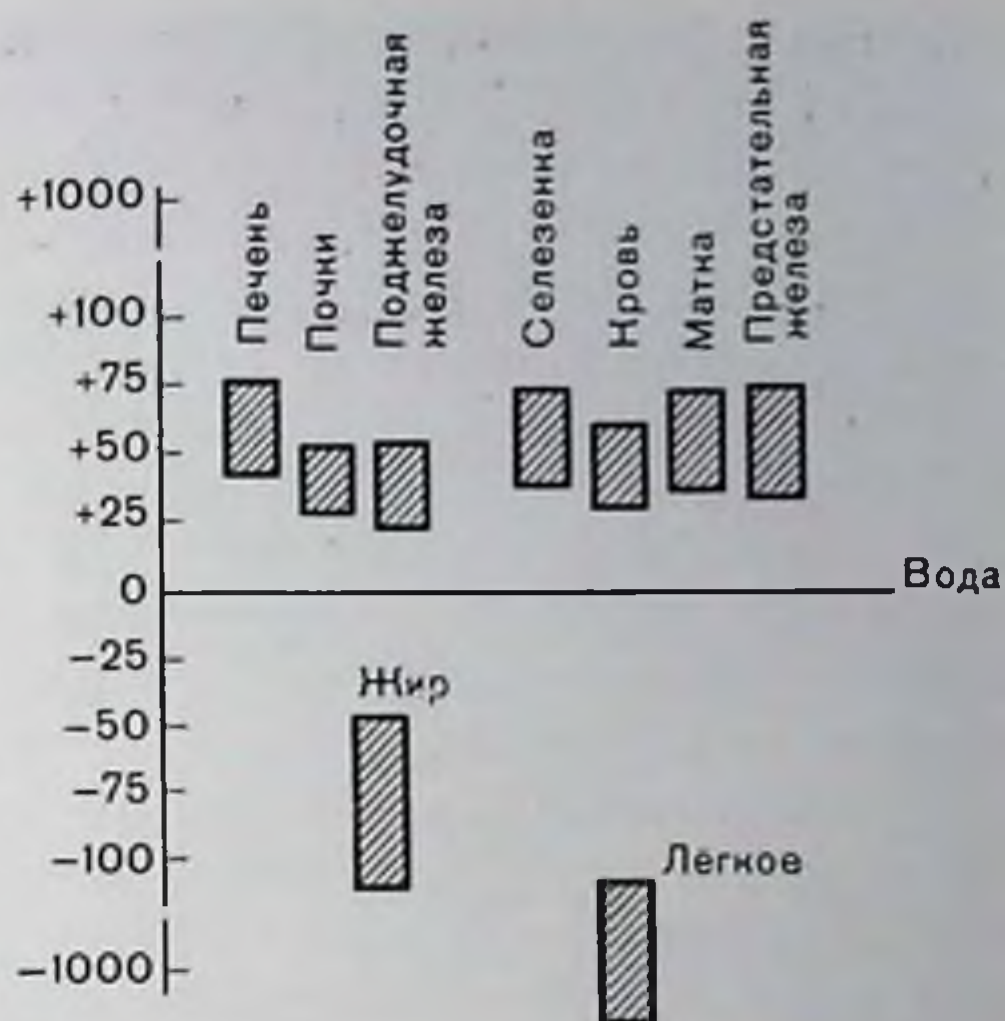
Минимальная величина опухоли или другого патологического очага, определяемая с помощью КТ, колеблется от 0,5 до 1 см при условии, что КА пораженной ткани отличается от такового здоровой на 10—15 единиц.

Для увеличения разрешающей способности компьютерной томографии была предложена методика «усиления» изображения. Она основана на внутривенном введении рентгеноконтрастных препаратов, в результате которого происходит повышение денситометрической разницы между здоровой тканью и патологическим образованием вследствие их различного кровенаполнения.

Методику «усиления» используют: для дифференциальной диагностики между злокачественными опухолями и доброкачественными образованиями, когда отсутствует или незначительна разница в их плотности, что не позволяет отграничить очаг от здоровой ткани. Контрастирование также используется при динамических исследованиях в оценке характера и степени функциональных нарушений отдельных органов и систем.

Наиболее часто «усиление» используется для выявления опухоли и метастазов в печени, где эффективность методики достигает 25—30%. Использование «усиления» необходимо для диагностики гемангиом в связи со специфичностью контрастирования ткани опухоли, что позволяет практически исключить необходимость ангиографического исследования. Методика «усиления» дает хорошие результаты также при диагностике патологических образований в головном мозге, в средостении и органах малого таза.

Методика «усиления» осуществляется перфузионным или инфузионным введением контрастного вещества. При использовании



методики перфузионного контрастирования препарат с концентрацией йода 60—76% вводится одновременно из расчета 0,8—1 мл/кг массы тела в течение 10—20 с. Сканирование проводится до и после «усиления». Оптимальное время сканирования — через 20—25 с и 30 с после введения препарата. При инфузионном «усилении» КТ проводится в течение капельного введения 100—200 мл 30% верографина. Оптимальное время сканирования: 8—10 мин.

С помощью КТ не представляется возможным судить о природе новообразований, однако совокупность компьютерно-томографических признаков и клинические данные дают возможность высказаться о природе опухолевого образования.

Кроме общих компьютерно-томографических признаков, опухоли и другие заболевания отдельных органов имеют свои особенности, как прямые, так и косвенные, которые будут рассмотрены при компьютерно-томографической диагностике отдельных органов.

Лучевая нагрузка. Величину поглощенной дозы при КТ определяют на тканеэквивалентном фантоме. В отличие от обычной рентгенографии при КТ рентгеновское излучение проходит через узкий коллиматор и поглощается в области среза толщиной 8 мм. Измерение величины поглощенной дозы проводится как на одном срезе, так и суммарно на целом органе или области тела человека. На компьютерных томографах второго — третьего поколения величина поглощенной дозы на одном срезе составляет 0,013 Гр при максимальном количестве срезов, включая и их реконструкцию, т. е. получение продольного или сагиттального изображения органа, когда один срез накладывается на другой, максимальная поглощенная доза составляет на 90 срезов 0,07 Гр.

2. КТ при некоторых заболеваниях головы и шеи

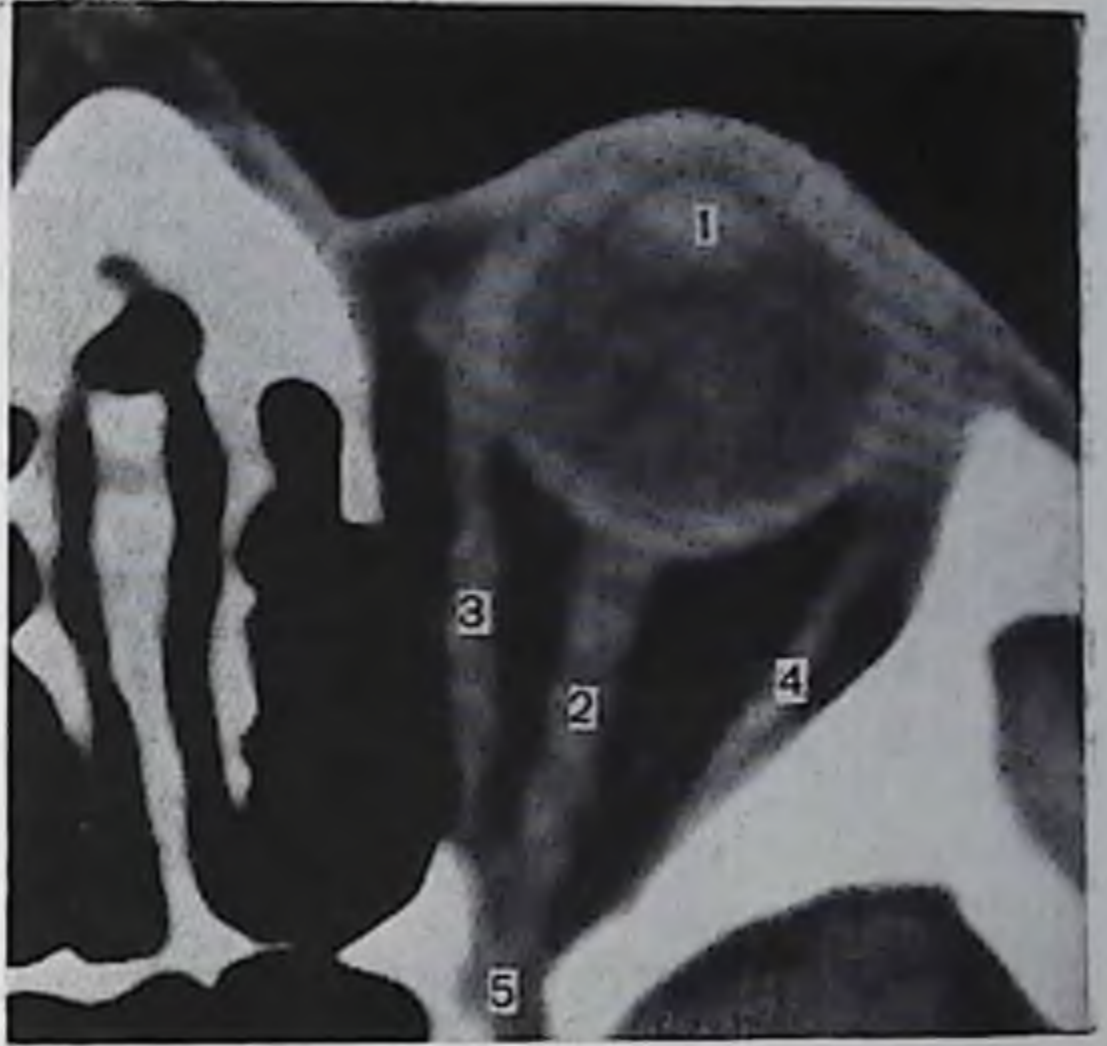
Органы зрения. Компьютерная томография позволяет определить поражение как самой орбиты, так и прилежащих к глазнице отделов, вовлекающих зрительный тракт и вызывающих нарушение зрения.

Показаниями к КТ являются опухоли орбиты и глазного яблока, зрительного нерва, псевдоопухоли, воспалительные процессы и механические повреждения. Получаемая при КТ информация дает возможность судить о всех компонентах орбиты, их структуре, взаиморасположении, оценить размеры патологических изменений внутри орбиты и инвазию их в прилежащих к ней отделах (головной мозг, основание черепа, придаточные пазухи и носоглотка). Высокая чувствительность метода позволяет одновременно получать четкое изображение разных по плотности тканей (мышцы, нерв, кости, жировая клетчатка).

Методика исследования. Исследование орбиты проводят в горизонтальном положении больного на спине с фиксацией головы в двух проекциях: в аксиальной, параллельно линии, соединяющей

Томограмма орбиты в норме.

1 — хрусталик; 2 — зрительный нерв; 3 — медиальная прямая мышца; 4 — латеральная прямая мышца; 5 — канал зрительного нерва.



нижний край орбиты с наружным слуховым проходом (нижняя орбитоментальная линия), во фронтально-коронарной с резким разгибанием головы и наклоном геитри вперед под 50° к нижней орбитоментальной линии в положении больного на животе и с каудальным наклоном геитри под 90° к нижнеорбитальной линии. Толщина среза 4—8 мм; исследование начинают на 4 мм ниже нижнеглазничного края и заканчивают на 4 мм выше верхнего края.

Котаді и соавт. (1978) рекомендуют косые укладки под углом 45° к аксиальному срезу. Могут быть использованы реконструкции аксиальных срезов в коронарные и сагиттальные.

В норме (рис. 133) на томограммах хорошо видны зрительный нерв, хрусталик, прямые мышцы. Хрусталик имеет эллиптическую форму размером 4×9 мм, относительная плотность составляет от +60 до +83 единиц. Внутриорбитальный отдел нерва на томограмме имеет диаметр 3—4 мм, плотность от +14 до +30 единиц и более четкое изображение благодаря окружению низкоплотной жировой клетчаткой. Боковые прямые мышцы имеют четкое изображение на томограммах вдоль костных стенок орбиты. Их плотность соответствует +8—54 единицам. Толщина медиальной мышцы равна 3,5—4 мм, латеральной — 1—2,5 мм. Верхняя прямая мышца выражена слабо, обычно сливается с изображением мышцы, поднимающей веко.

Опухоли орбиты. По данным Henderson (1973), из всех опухолей орбиты на долю карциномы приходится 28%. Опухоли, исходящие из зрительного нерва глиомы, составляют 4%, фибросаркома — 3%, рабдомиосаркома — 2%. Реже встречаются доброкачественные образования, такие как фиброма, дермоидная киста, фиброзная дисплазия. Первичные опухоли, развивающиеся в полости орбиты, встречаются реже вторичных, растущих из крыла основной или лобной кости, бугорков турецкого седла и по ходу зрительного нерва, проникающих в глазницу.

Менингиомы в большинстве случаев гомогенные, на КТ имеют овальную или дольчатую форму. Относительная плотность их составляет от +42 до +80 единиц, после контрастирования плот-

ность возрастает от +61 до +116 единиц. Вторичные менингиомы сопровождаются утолщением костных структур орбиты. Менингиомы оболочки зрительного нерва имеют нехарактерное изображение на томограмме и могут напоминать глиому. Однако при выраженной кальцинации опухоли картина специфична: нерв утолщен, имеет резко повышенную плотность.

Нейробластома — опухоль растущая из периферических нервов или сплетений, имеет четкие контуры и гомогенную структуру. Относительная плотность их равняется от +28 до +42 единиц, после «усиления» увеличивается вдвое.

Фиброма — опухоль, исходящая из оболочки нерва или фасции мышц. Имеет хорошо очерченные края, что объясняется наличием капсулы. Структура опухоли гомогенная. Относительная плотность их равняется от +30 до +50 единиц, повышается после «усиления». Располагается, как правило, в задних отделах орбиты, вовлекает верхнюю стенку глазницы.

Фиброзная дисплазия — опухоль, поражающая лобную и основную кости, реже — решетчатую кость, верхнюю челюсть. При КТ выявляется утолщение кости, вызывающее экзофтальм и сужение канала зрительного нерва.

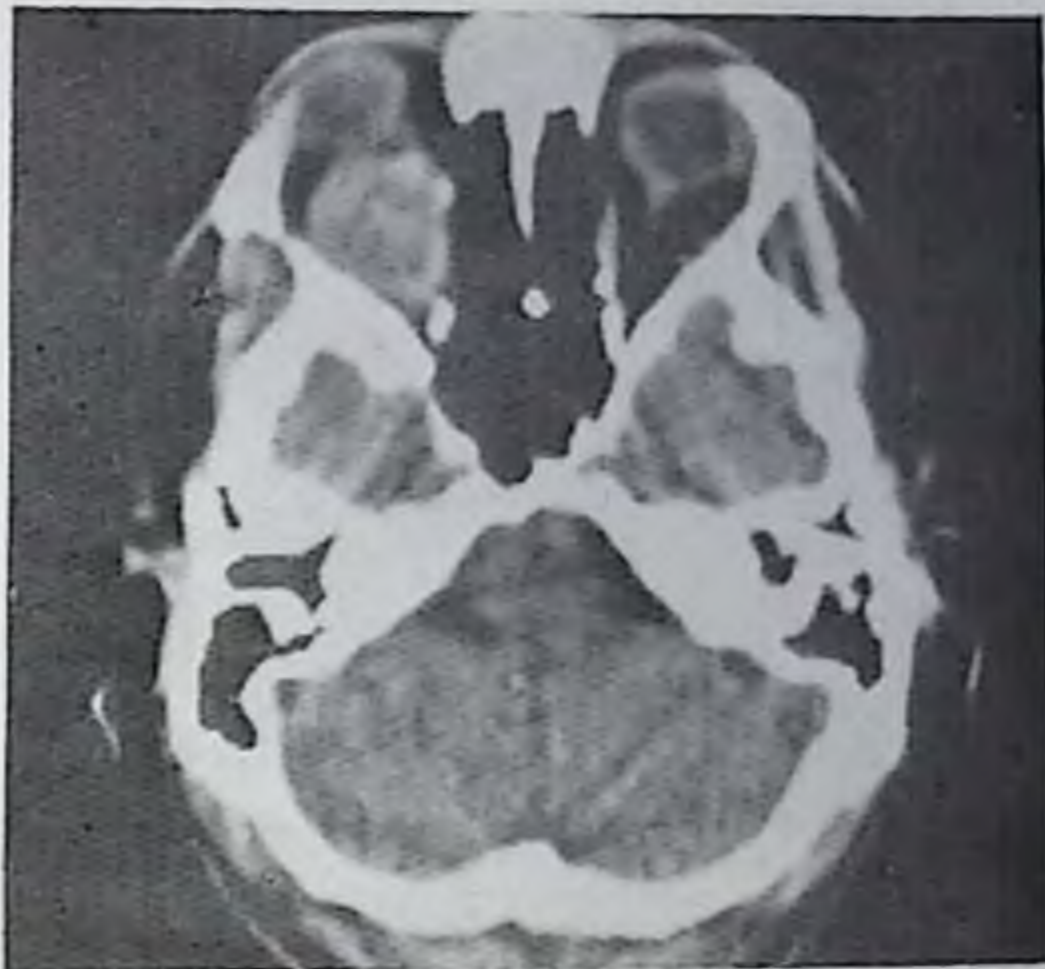
Дермоидная киста — опухоль, которая на КТ имеет негетогенную структуру. Края неровные. В толще опухоли выявляются линейные или извитые плотные структуры, кистозноподобные участки со смешанной плотностью, могут быть жировые включения. На «усиление» не реагирует.

Гемангиома — наиболее часто встречающаяся первичная опухоль орбиты (8—16%), локализуется в боковой части мышечного конуса, около нижней прямой мышцы, сопровождается экзофтальмом. Структура опухоли на томограммах однородная, края ровные, форма овальная или круглая. Относительная плотность их равняется от +34 до +76 единиц. Степень повышения КА после внутривенного контрастирования различна: от минимальной реакции до резкого накопления рентгеноконтрастного препарата.

Глиома — опухоль, располагающаяся по ходу зрительного нерва, чаще у оптического отверстия, растет вперед в орбиту или по направлению к хиазме. Может быть двусторонней. Глиома приводит в ранней стадии к веретенообразному утолщению нерва, выявляемому только при сравнении со здоровой стороной, или наличию мелких узелков. Большие опухоли вызывают равномерное или прерывистое утолщение всего нерва или его участка. Небольшие опухоли имеют относительную плотность от —12 до +26 единиц, большие — от +22 до +80 единиц. После внутривенного контрастирования плотность опухоли возрастает не более 4% (рис. 134).

Опухоли мышечной ткани (рабдомиосаркома) отличаются округлой формой и четкими контурами, располагаются пристеночно и могут достигать больших размеров. Первичные опухоли развиваются из мышц глазницы, локализуются преимущественно в заднем отделе орбиты. Вторичные опухоли растут в орбиту из

Глиома зрительного нерва. Опухоль веретенообразной формы, располагающаяся по ходу зрительного нерва.



полости носа или основной пазухи. Структура опухоли гомогенная. Часто наблюдается деструкция костных стенок орбиты. Относительная плотность их равняется от +20 до +60 единиц. Опухоли, растущие из верхней стенки глазницы, диагностируются на томограммах

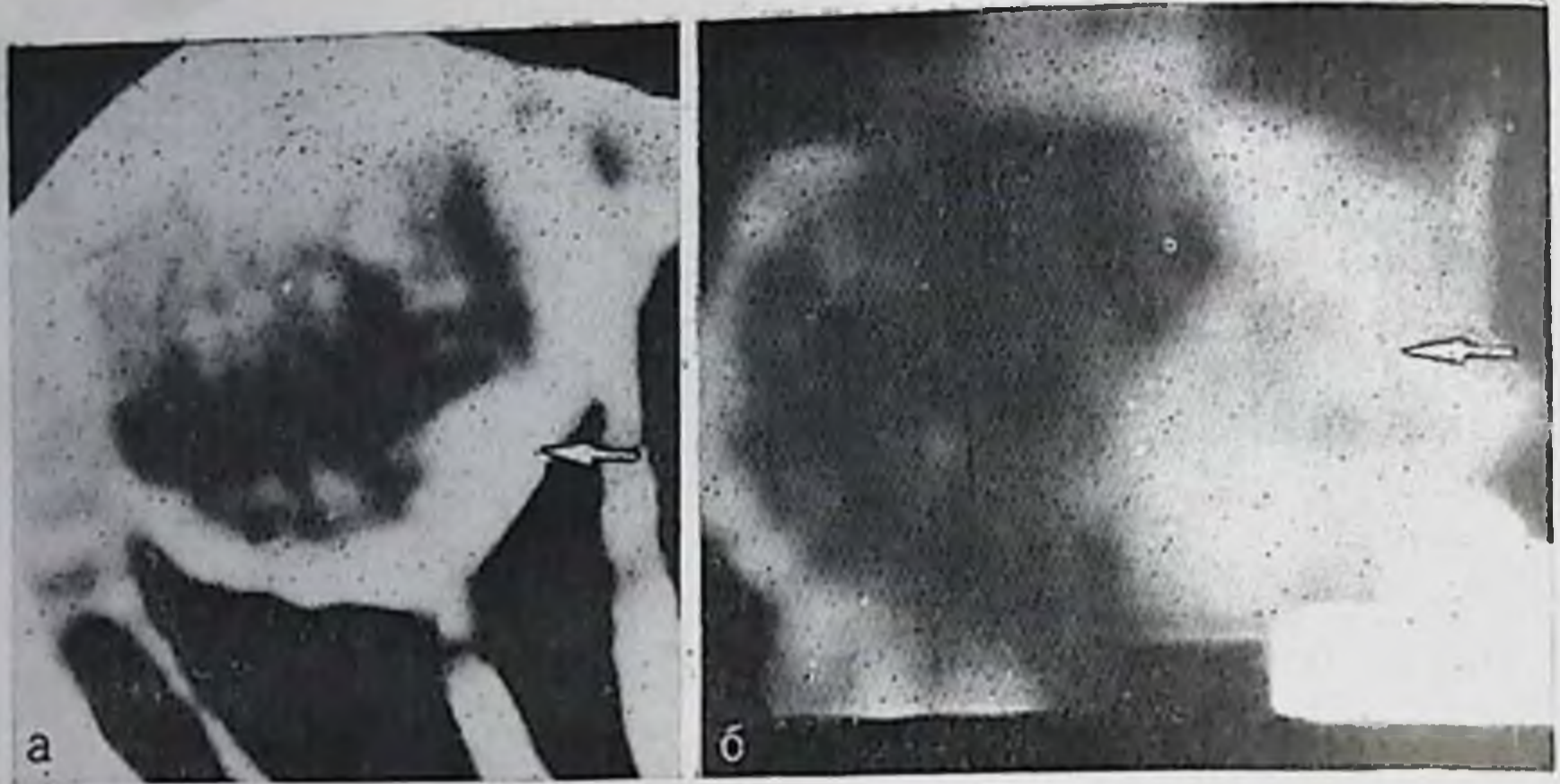
только в коронопарной проекции. На аксиальных срезах они могут проявляться утолщением века.

Вторичное поражение орбиты наблюдается при метастазах и лимфомах. В орбиту наиболее часто метастазируют опухоли молочной железы, легкого, саркомы, нейробластомы.

При лимфомах, преимущественно в передних отделах глазницы, выявляется гомогенное с ровными краями образование. Относительная его плотность от +30 до +66 единиц, после внутривенного контрастирования плотность повышается на 50—100%.

Псевдоопухоли орбиты встречаются при системных заболеваниях (гранулематоз, коллагенозы), инородном теле, воспалительных процессах. По изображению на компьютерных томограммах группа миозитных псевдоопухолей подразделяется на две формы: фокальную и диффузную, хотя клинические проявления между обеими схожи. При фокальной форме миозитных псевдоопухолей поражаются все или одна мышца глазницы. Плотность мышцы возрастает от +35 до +90 единиц, резко увеличивается ее поперечное сечение, но форма сохранена. При диффузной форме орбита заполнена гомогенной массой, имеющей неправильную или дольчатую форму и сливающейся с изображением глазного яблока. Плотность образования высокая — от +46 до +112 единиц.

Опухоли глазного яблока. Среди внутриглазных опухолей чаще наблюдаются новообразования в увеальном тракте (77,8—88,7%), в сетчатке (11,3—22,2%) [А. И. Пачес и др., 1980]. Наиболее часто встречающаяся опухоль хориоидея — меланома, наблюдается преимущественно у мужчин в возрасте 50—60 лет и составляет 72—85% всех внутриглазных опухолей. На томограмме опухоль имеет вид гомогенного округлого образования с плотностью от +34 до +80 единиц. Ей часто сопутствует утолщение ободка склеры, который имеет неровные контуры, а после внутривенного контрастирования еще больше утолщает-



135. Меланома левого глаза.

а — в хориоиде определяется опухоль размером $0,6 \times 0,8$ см однородной структуры; б — сагиттальная реконструкция через массу опухоли. Опухоль размером 1 см имеет овальную форму, гомогенную структуру.

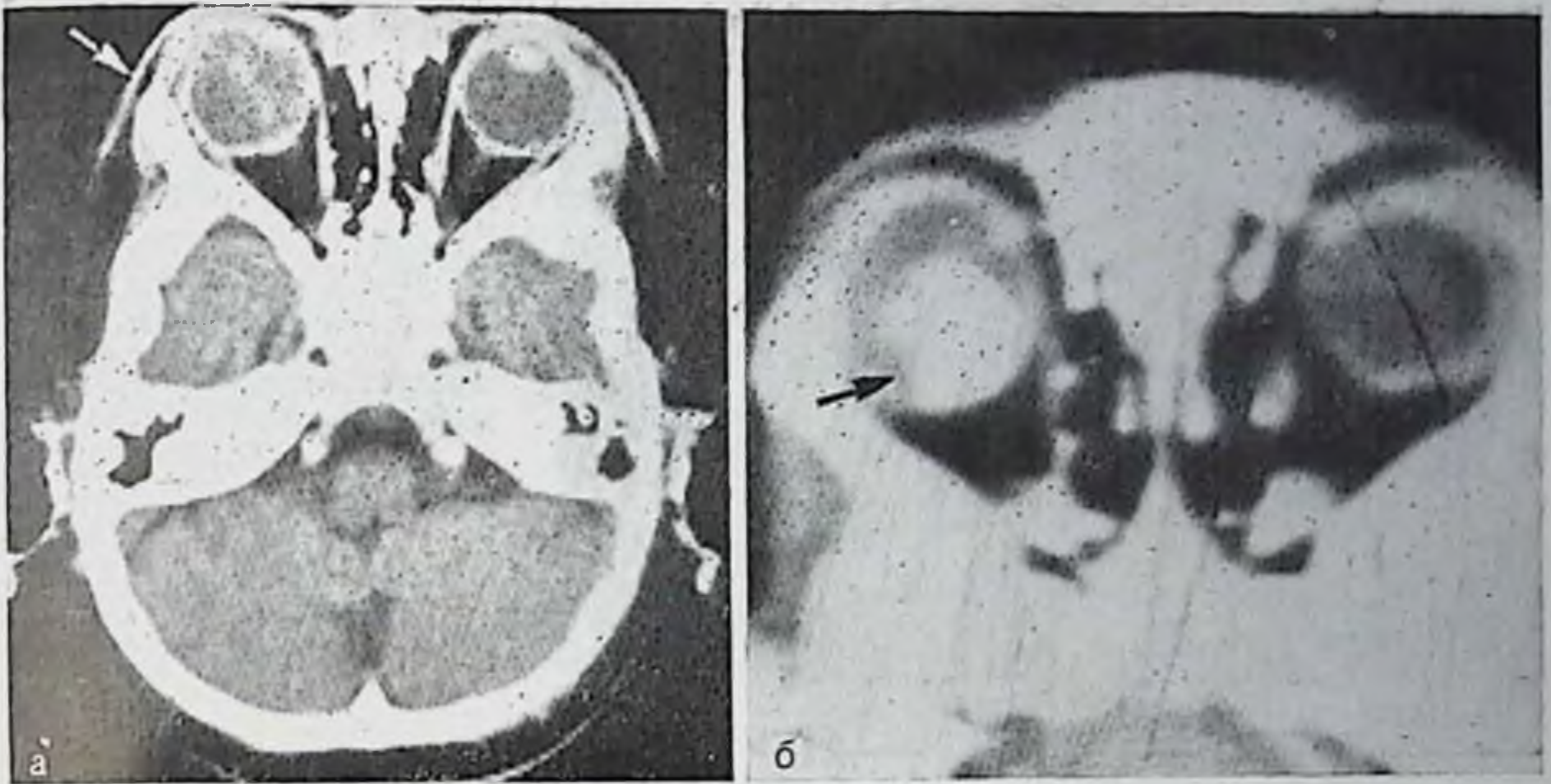
ся и светлеет. Внутриглазное образование контрастного вещества не накапливает (рис. 135, а, б).

Ретинобластома является наиболее злокачественной опухолью глаза, возникает у новорожденных и детей до 10 лет. В 30% случаев опухоль бывает двусторонней. Обычно опухоль располагается в задних отделах сетчатки и в виде узла растет в стекловидное тело (рис. 136, а, б). Genziger и Price (1979) с помощью КТ выделяют три степени роста ретинобластомы: I степень — опухоль располагается внутри глазного яблока, часто содержит мелкие кальцинаты, плотность не увеличивается после контрастирования; II степень — в процесс вовлечены ретроорбитальные ткани и зрительный нерв, края глазного яблока печеткие, кальцинаты встречаются редко; III степень — процесс выходит за пределы глазницы, опухоль хорошо контрастируется, кальцинаты не встречаются. В ряде случаев опухоль, видимая при офтальмоскопии, на томограммах не дифференцируется, а все глазное яблоко имеет значительно повышенную плотность, в 2—3 раза превышающую обычную, что, очевидно, объясняется изменением структуры всех сред глаза, на фоне которых выделить опухоль не удается (см. рис. 137, б).

Участки повышенной плотности, выявляемые при ретинобластомах, не всегда обусловлены кальцинатами; в ряде случаев это мелкие кровоизлияния, которые при КТ имеют высокую плотность.

Метастатическое поражение глазного яблока наблюдается чаще, чем орбиты (5:1). Оно проявляется как гомогенное округлое образование с утолщенным ободком склеры.

КТ полости носа, придаточных пазух и носоглотки. Основными показаниями для ее применения являются: диагностика злокачественных и доброкачественных опухолей, кистозных образований.



136. Ретинобластома.

а — опухоль располагается в глазном яблоке, имеет неправильную форму, высокую плотность; б — глазное яблоко имеет равномерно повышенную плотность (обозначено стрелкой).

В структуре опухолей человека на долю злокачественных опухолей полости носа и придаточных пазух приходится 0,5%, из них 80% опухолей представляют плоскоклеточный рак [А. И. Пачес, 1983]. Встречаются, но очень редко, злокачественные лимфомы, аденокарциномы, цилиндромы, опухоли, исходящие из костной, хрящевой ткани и лимфатической и кровеносной системы, а также метастазы рака молочной железы, легких, предстательной железы, яичников.

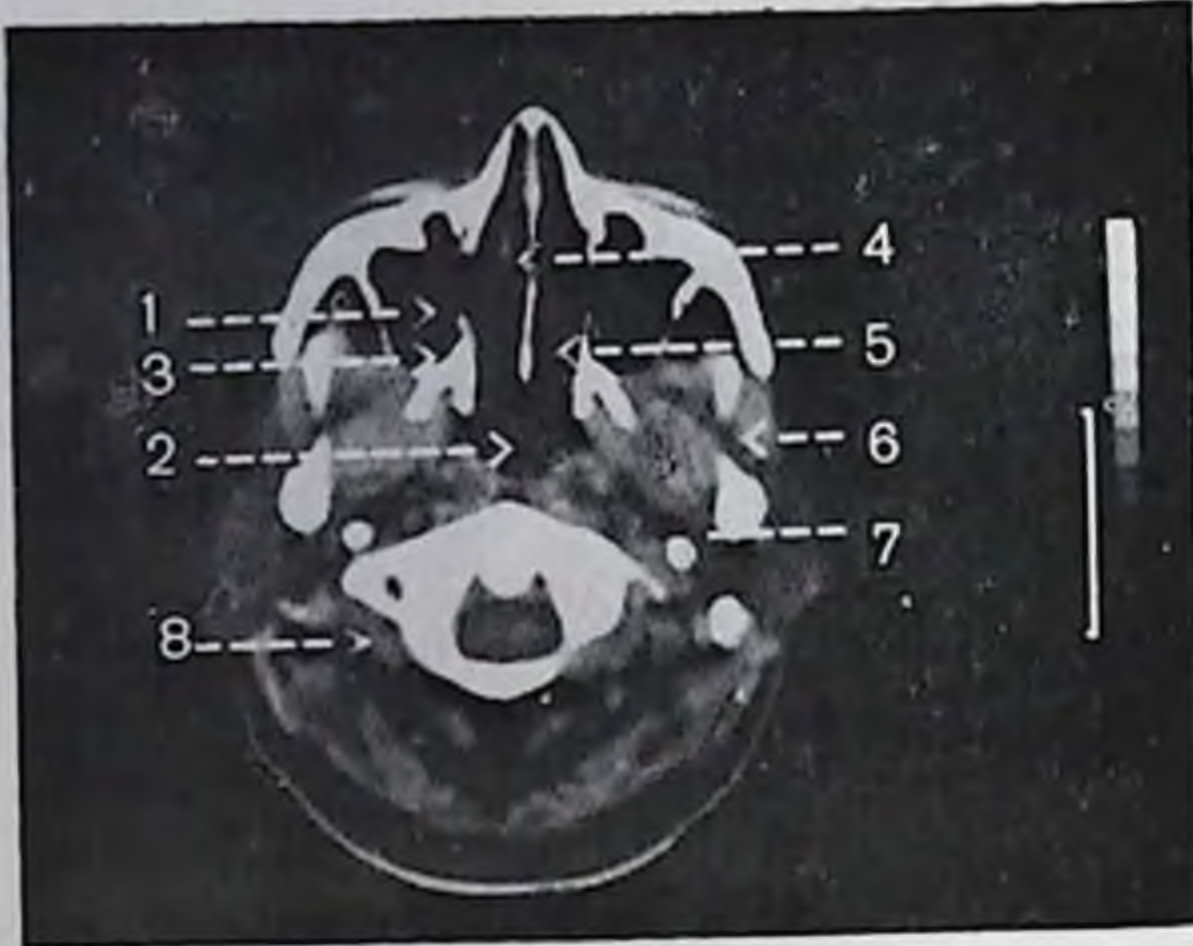
Методика исследования. КТ при опухолях придаточных пазух носа и носоглотки проводится в двух проекциях: в поперечной (аксиальной) и фронтальной (коронарной). В первом случае больной укладывается, как при исследовании головного мозга, а сканирование начинается с уровня основания носа; во втором случае больной укладывается на живот, подбородком на подголовник, на котором фиксируется голова. Сканирование осуществляется в плоскости, параллельной восходящей ветви нижней челюсти. Толщина среза 8 мм, шаг томографирования 6 мм.

В норме при КТ полости носа, придаточных пазух и носоглотки (рис. 137) хорошо дифференцируются все структурные элементы (костные, хрящевые и мягкотканевые).

КТ при опухолях полости носа и придаточных пазух в аксиальной проекции дает возможность определить локализацию опухоли, ее точные размеры, форму, прорастание в окружающей ткани, в том числе в окружающие кости. КТ во фронтальной проекции позволяет уточнить распространение опухоли в головной мозг, основную пазуху, крылонебную ямку, а также получить дополнительную информацию о взаимоотношении опухоли с подлежащими тканями. Большую ценность представляет КТ в диагно-

Компьютерная томография в аксальной проекции.

1 — верхнечелюстная пазуха; 2 — носоглотка; 3 — крыловидный отросток; 4 — нижняя носовая раковина; 5 — сонник; 6 — ветвь нижней челюсти; 7 — клиновидный отросток; 8 — шейный позвонок.



стике опухолей малых размеров, а также опухолей, маскированных хроническим воспалением гайморовых пазух и недоступных другим методам диагностики до прорастания в соседние органы или разрушения костных структур.

КТ в ряде случаев позволяет по строению опухоли, ее локализации, форме, гомогенности, распространенности процесса и по плотности образования судить о природе новообразования.

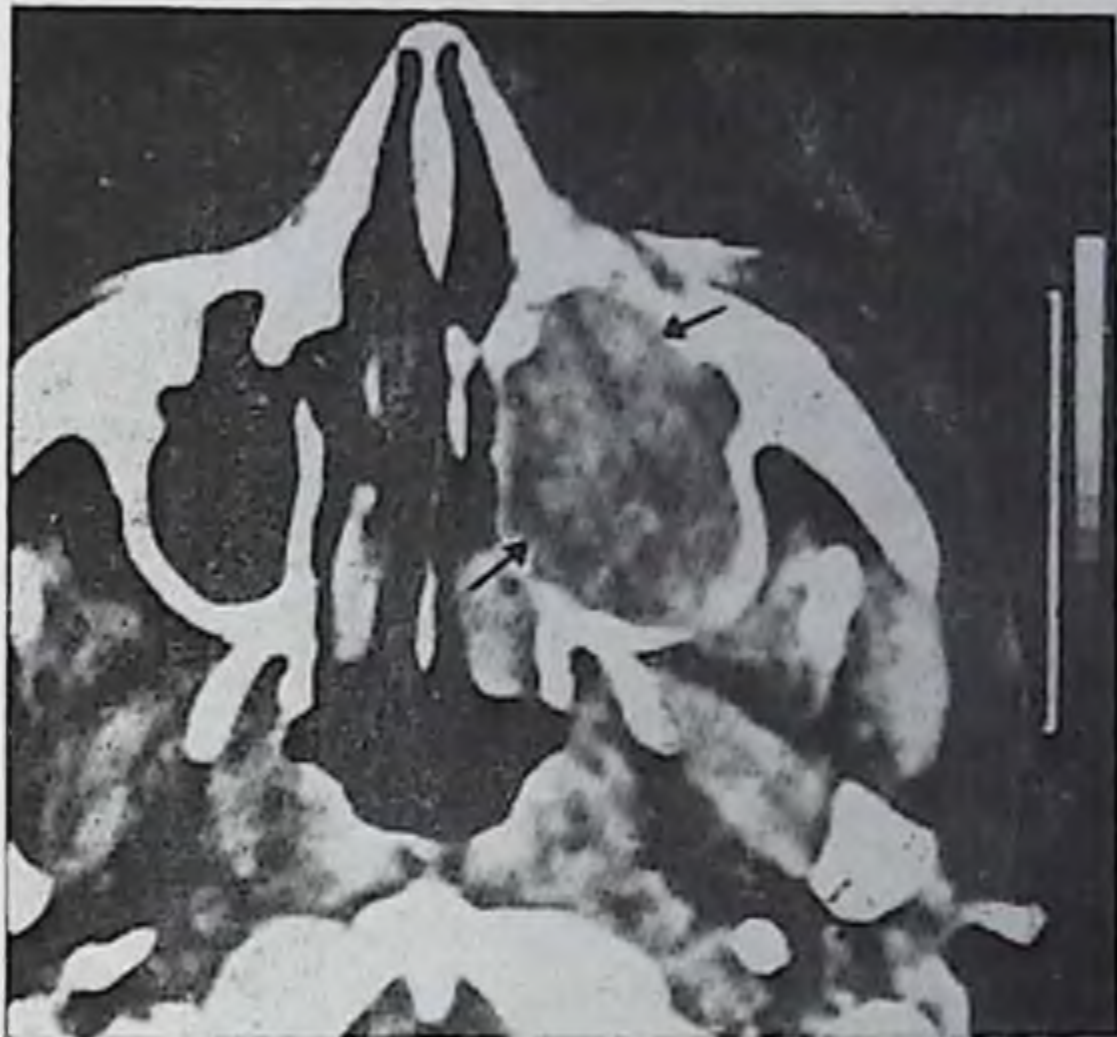
Доброкачественные опухоли этой локализации, кисты, аденомы, полипы, фибромы, гемангиомы имеют четкие контуры, иногда заключены в капсулах, что хорошо дифференцируется от окружающей полости. Плотность кистозных образований в зависимости от содержимого составляет от -4 до $+46$ единиц, при полипах и фибромах она колеблется от $+40$ до $+50$ единиц. При раке и других злокачественных образованиях опухоли имеют высокую плотность — $50-60$ единиц, неомогенную структуру, неровные контуры, сдавливают или разрушают прилегающие костные структуры с прорастанием в полость орбиты, основание черепа.

На КТ опухоли гайморовых пазух имеют повышенную плотность — $69-70$ единиц, неоднородную структуру, нечеткие контуры, часто определяется разрушение прилегающих к опухоли костей. При локализации опухоли сзади и сверху она пропикает в полость орбиты, в переднюю нижнюю область и полость носа, смещая носовую перегородку, и в решетчатый лабиринт (рис. 138). При контрастировании плотность образования, как правило, повышается на 30% .

Опухоли носоглотки бывают злокачественными преимущественно в 70% случаев, плоскоклеточный рак и недифференцированный рак — в 30% [А. И. Пачес, 1983]. Рак носоглотки имеет тенденцию быстро расти в окружающие ткани, дает регионарные и отдаленные метастазы. Среди доброкачественных новообразований носоглотки в 50% случаев встречается юношеская ангиофиброма, которая развивается в возрасте $10-16$ лет. Юношеская ангиофиброма в отличие от других доброкачественных опухолей имеет

138

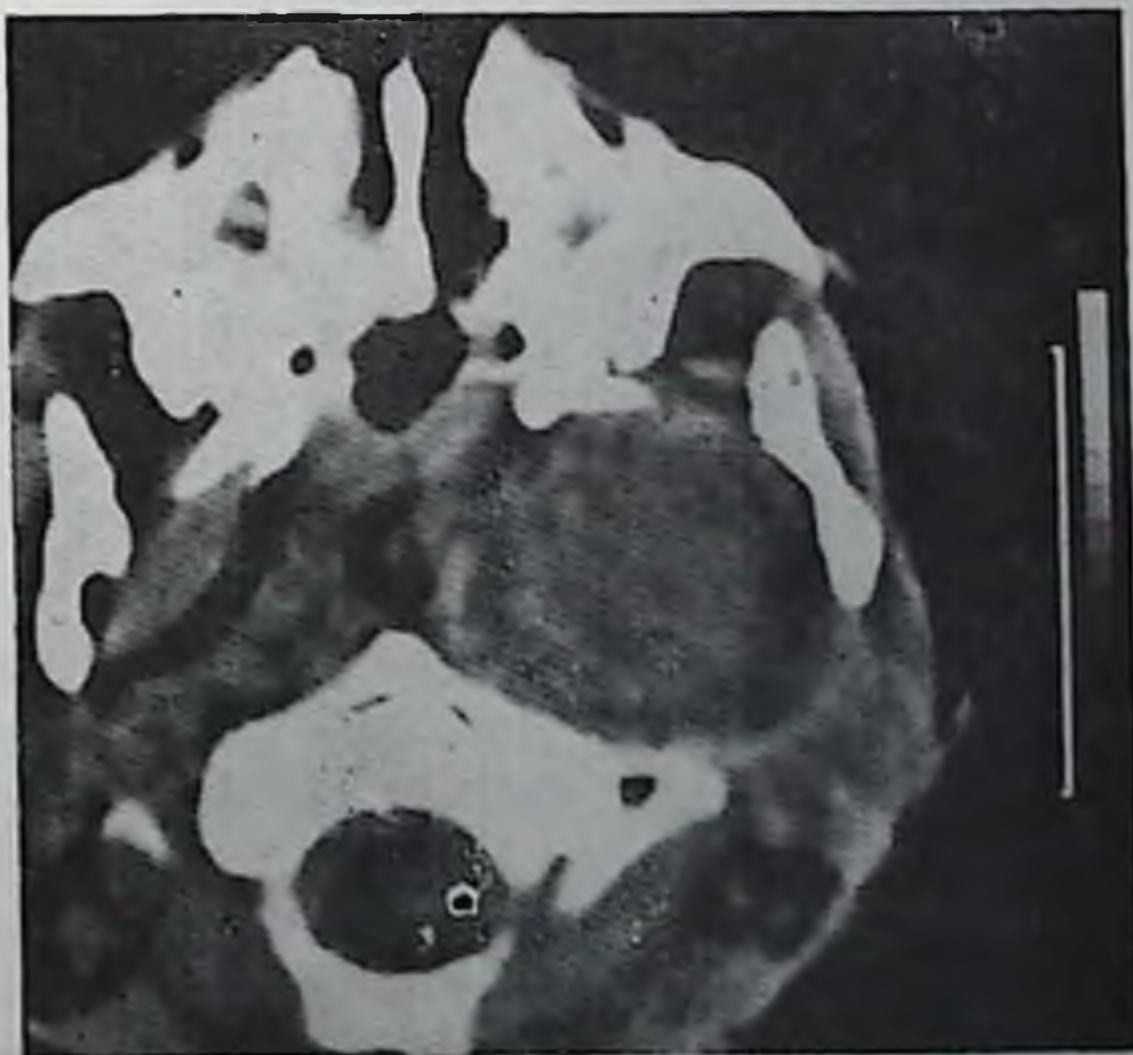
Компьютерная томография опухоли гайморовой пазухи. Опухоль размером $3,2 \times 2,1$ см (обозначена стрелками) занимает всю гайморову пазуху, прорастая в орбиту, полость носа, разрушая костную структуру.



неоднородную структуру, нечеткие контуры, быстро растет, сдавливая и разрушая окружающие костные структуры, плотность ее от $+35$ до $+60$ единиц. В отличие от рака эта опухоль не дает метастазов, однако часто возникают рецидивы (рис. 139).

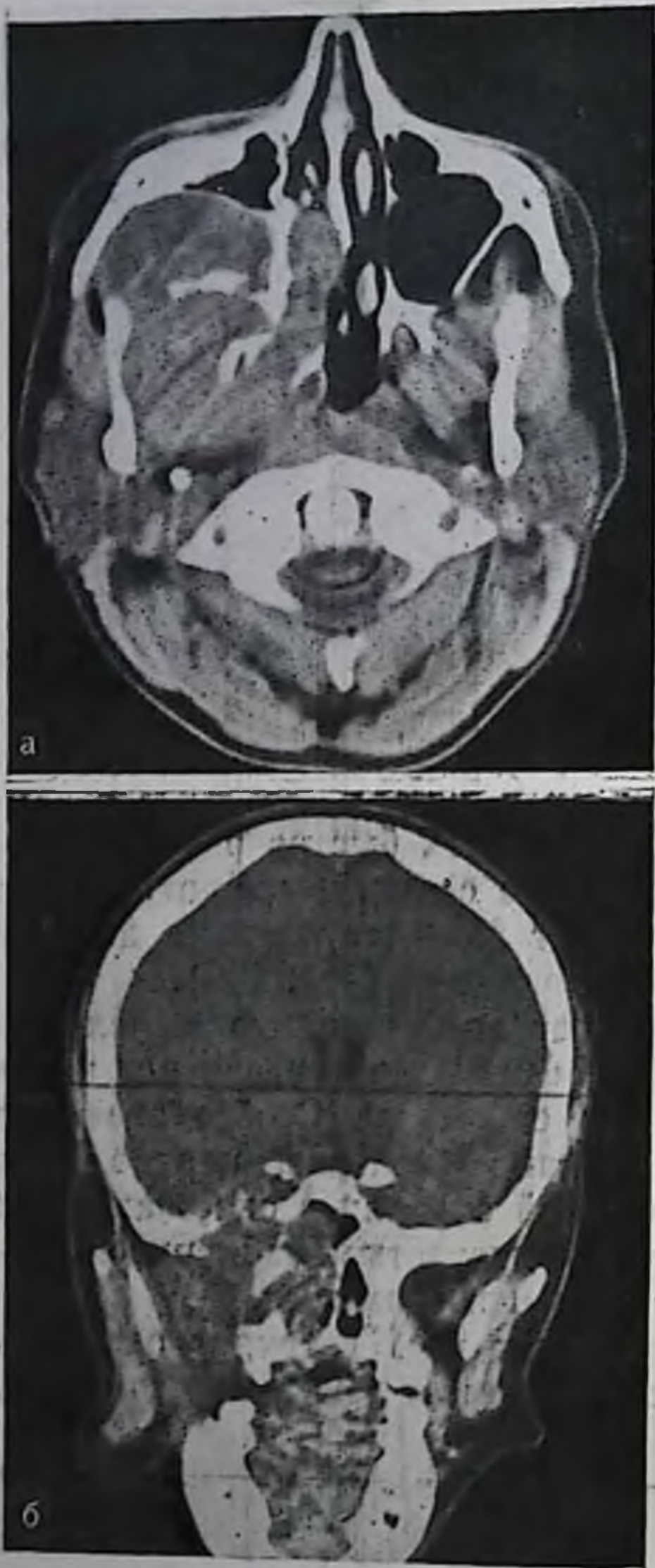
Компьютерная томография обладает возможностью выявления опухоли носоглотки даже в ранней фазе своего развития, когда еще неясно выражены клинические симптомы. Особое значение имеет КТ в определении локализации, размеров, направления роста и установления взаимоотношений опухоли с окружающими тканями: верхнечелюстной пазухой, решетчатым лабиринтом, основной пазухой, крылонебной и подвисочной ямками.

При раке носоглотки изображение его на КТ трудно отличить от юношеской ангиофибромы. Опухоль имеет высокую плотность,



139

Компьютерная томография юношеской ангиофибромы. Опухоль размером $4 \times 4,3$ см округлой формы, с четкими контурами, неоднородной структуры, сдавливает полость носоглотки, плотность $+58$ ЕД.



140. Компьютерная томография опухоли носоглотки в аксиальной (а) и фронтальной (б) проекциях. Опухоль (стрелка) размером 6,6×6,8 см занимает левую половину носоглотки, левую верхнечелюстную пазуху, задний отдел левой глазницы, разрушает латеральную и верхнюю медиальную стенки верхнечелюстной пазухи, распространяется в крыловидную ямку, основную пазуху, проникает в головной мозг. Плотность +46—+56 ЕД.

Методика исследования. Обследование больного в аксиальной проекции проводят так же, как при опухолях носоглотки. Для получения четкого изображения голосовых и вестибулярных скла-

неоднородную структуру, неровные контуры, как правило, отмечается прорастание в окружающие ткани и разрушение костных структур (рис. 140, а, б).

Заболевания гортани. Основным показанием для применения КТ является рак гортани. В структуре злокачественных опухолей рак гортани составляет 3,5%, а по частоте 60—70% из всех злокачественных новообразований верхних дыхательных путей [А. И. Пачес, 1983].

В диагностике рака гортани КТ дает возможность не только выявлять наличие опухоли, но и оценить степень инвазии в окружающие ткани, а также дифференцировать наличие опухоли от отека, что недоступно другим методам исследования. Более того, клиническое применение КТ решает такие важные задачи, как объективная оценка направления роста опухоли, уточнение ее размеров, определение состояния окружающих опухоль костных, хрящевых, мягкотканевых структур. Все эти данные являются важным критерием для выработки тактики и объема операции или лучевого лечения.

Диагностика рака гортани и распространенность опухоли левого процесса основываются на изменении формы, величины, структуры и относительной плотности структурных элементов гортани и прилегающих тканей.

док «Гентри» наклоняют на $5-10^\circ$ в зависимости от длины шеи. Сканирование начинают снизу вверх — от вырезки щитовидного хряща до подъязычной кости, толщина среза 8 мм, шаг томографии 6 мм. Количество срезов составляет 12—17 в зависимости от распространенности опухолевого процесса. В ряде случаев для оценки распространенности опухоли в окружающие ткани наряду с поперечными срезами производят реконструкцию в сагиттальной и фронтальных проекциях.

Для повышения разрешающей способности КТ наряду с обычным сканированием при спокойном дыхании проводят повторное томографирование с фонацией звука «и», что позволяет уточнить данные о взаимосвязи опухоли с окружающими структурными элементами, о подвижности черпаловидных хрящей, складочного аппарата гортани, сосудов и лимфатических узлов.

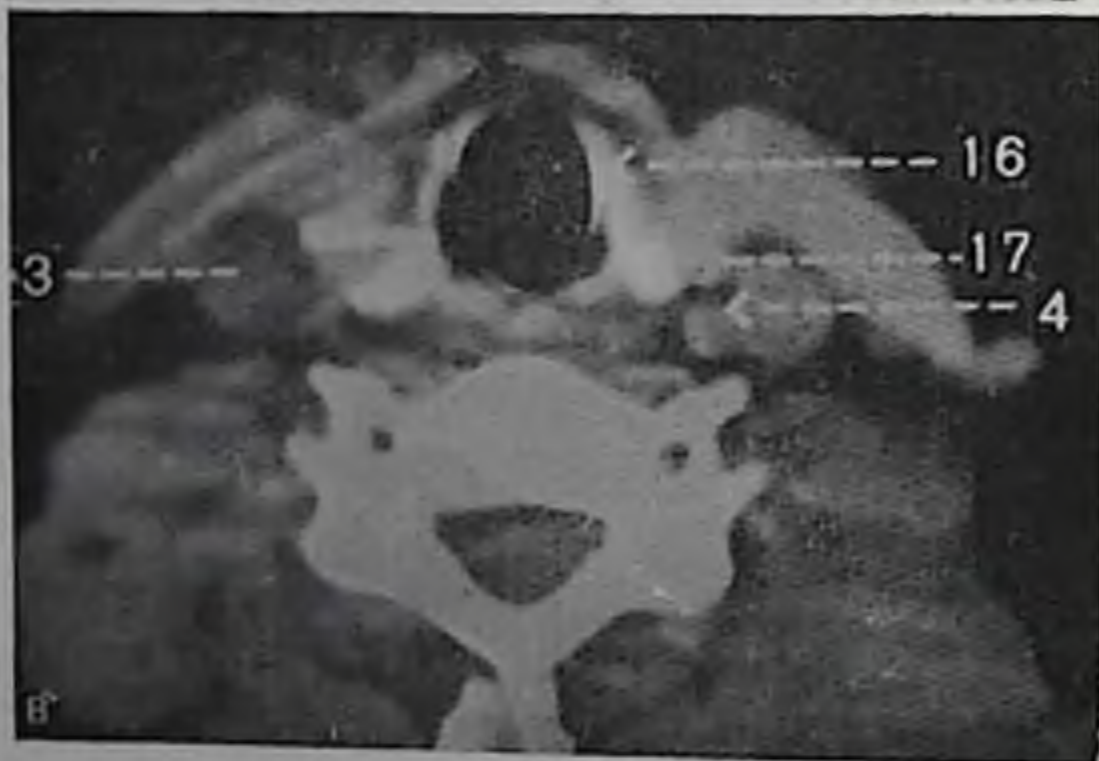
В норме на компьютерной томограмме (рис. 141, а, б, в) гортани, определяются большие рога подъязычной кости, на фоне которой видны надгортанник, вход в гортань, грушевидный синус, тело позвонка, по бокам которого просматриваются тени внутренних сонных вен и общей сонной артерии; на два среза ниже, на уровне голосовых связок, отчетливо контурируются структурные элементы гортани пластины щитовидного и кольцо-перстневидного хряща, на внутренней поверхности которого видны голосовые связки; на томограмме подъязычной области на фоне просвета гортани с обеих сторон четко дифференцируются дуги перстневидного и нижние рога щитовидного хрящей, а также вены и артерии.

Для установления локализации опухоли и границ ее распространения гортань условно разделяют на три отдела: вестибулярный, голосовых связок и подскладочное пространство. Складки вестибулярного отдела состоят из рыхлой клетчатки, поэтому плотность ее ниже, чем у голосовых связок, и составляет от +20 до +50 единиц. У места соединения спереди вестибулярные складки образуют тонкую прослойку.

Голосовые связки имеют гомогенную структуру; направляясь спереди назад, они утолщаются, ширина связок спереди составляет 2 мм, сзади — 9 мм. Свободные края связок вогнуты внутрь строго симметрично. Плотность голосовых складок спереди от +20 единиц, сзади до +70 единиц.

Большую помощь в ориентации роста опухоли оказывает состояние мягкотканевых и хрящевых образований, окружающих гортань. Так, предгортанное пространство из-за наличия жировой прослойки имеет очень низкую плотность — от -20 до -70 единиц, и наоборот, толщина и плотность надгортанника значительно выше и составляют у субъектов, астенически сложенных с длинной шеей, от -3 до +60 единиц и у гиперстенически — от -6 до +120 единиц.

Плотность хрящей также различна. Относительная плотность пластины щитовидного хряща составляет в норме от +200 до



141

Компьютерная томография гортани в норме.

а — уровень подъязычной кости; б — подскладочное пространство; в — голосовые связки. 1 — тело позвонка; 2 — спинной мозг; 3 — внутренняя яремная вена; 4 — общая сонная артерия; 5 — большой рог подъязычной кости; 6 — грушевидный синус; 7 — черпалонадгортанная складка; 8 — вход в гортань; 9 — надгортанник; 10 — преднадгортанное пространство; 11 — тело подъязычной кости; 12 — пластинка щитовидного хряща; 13 — голосовая складка; 14 — черпаловидный хрящ; 15 — передняя комиссура; 16 — дуга перстневидного хряща; 17 — нижний рог щитовидного хряща.

+500 единиц, перстневидного — от +120 до +400 единиц, черпаловидного — от +70 до +190 единиц.

Немаловажное значение в определении распространенности опухолевого процесса имеет также наличие жировой прослойки в межмышечном пространстве и в области сосудистого пучка. Перепад плотности между жировой, мышечной и хрящевой тканью позволяет при паличии рака определить границы его инвазии.

При раке гортани на томограммах определяется увеличение ее объема, деформация контуров, изменение структуры отдельных элементов органа, повышение относительной плотности. Наряду с основными признаками рака имеются и отдельные показатели, характерные для опухолей различных структурных элементов гортани. При опухоли голосовых связок определяется повышение плотности от $+40$ до $+60$ единиц и ригидность пораженной области. При функциональной пробе с фонацией буквы «и» даже при опухоли небольших размеров, исходящей из связок, определяется отставание пораженной связки, а при распространении опухоли на подскладочный отдел гортани на стороне поражения при фонации наблюдается натяжение и смещение складки вверх (рис. 142).

В клинической практике большое значение приобретает определение инвазии и деструкции опухолью хрящей гортани. В то же время при визуальном осмотре, эндоскопически и даже рентгенологически не всегда удается выявить поражение опухолью хрящевой структуры гортани. В этих случаях КТ оказывает эффективную помощь: позволяет установить нарушение целостности как хряща, так и прилежащих мягких тканей и сосудов.

На рис. 143 представлена томограмма рака гортани с инвазией в хрящ.

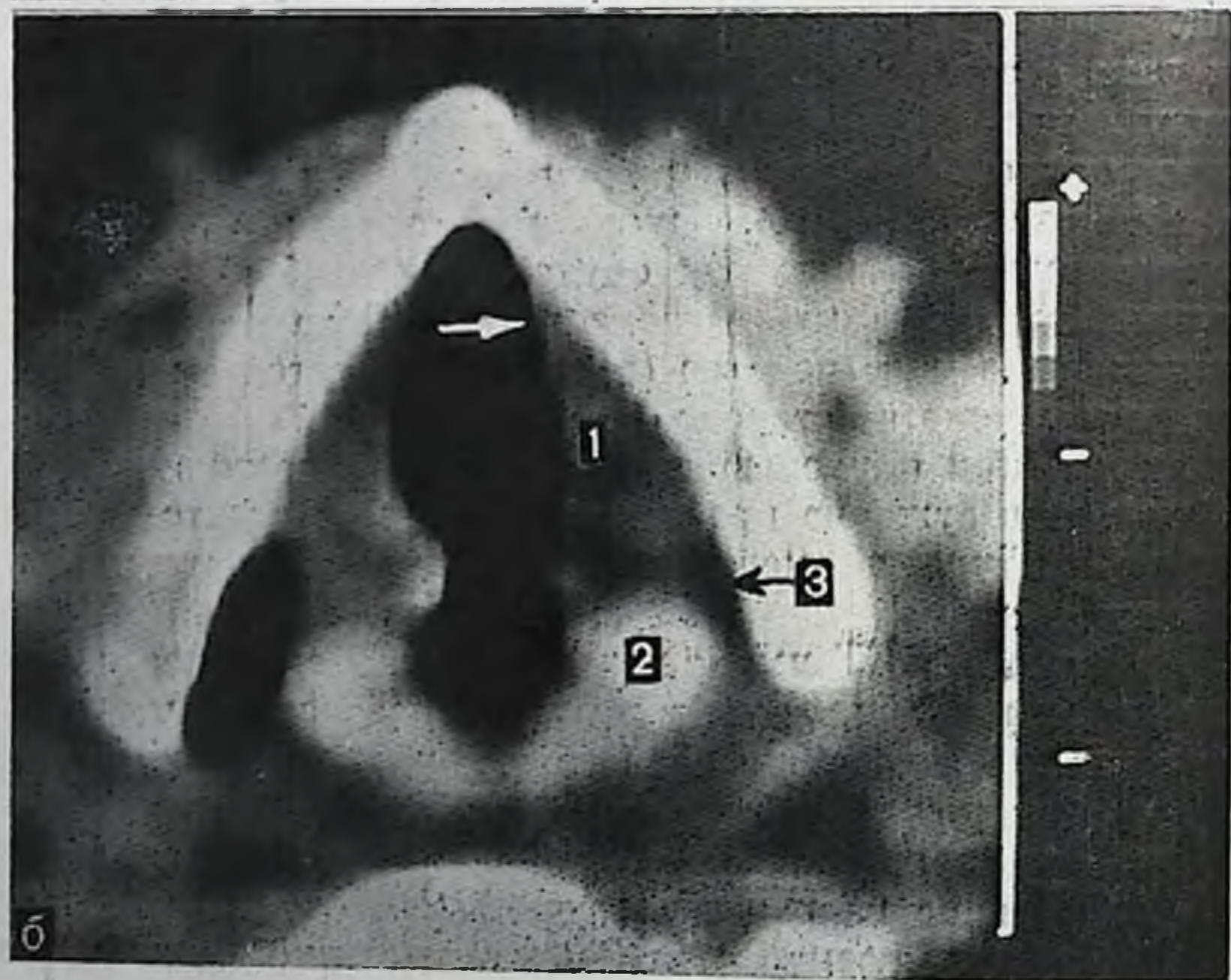
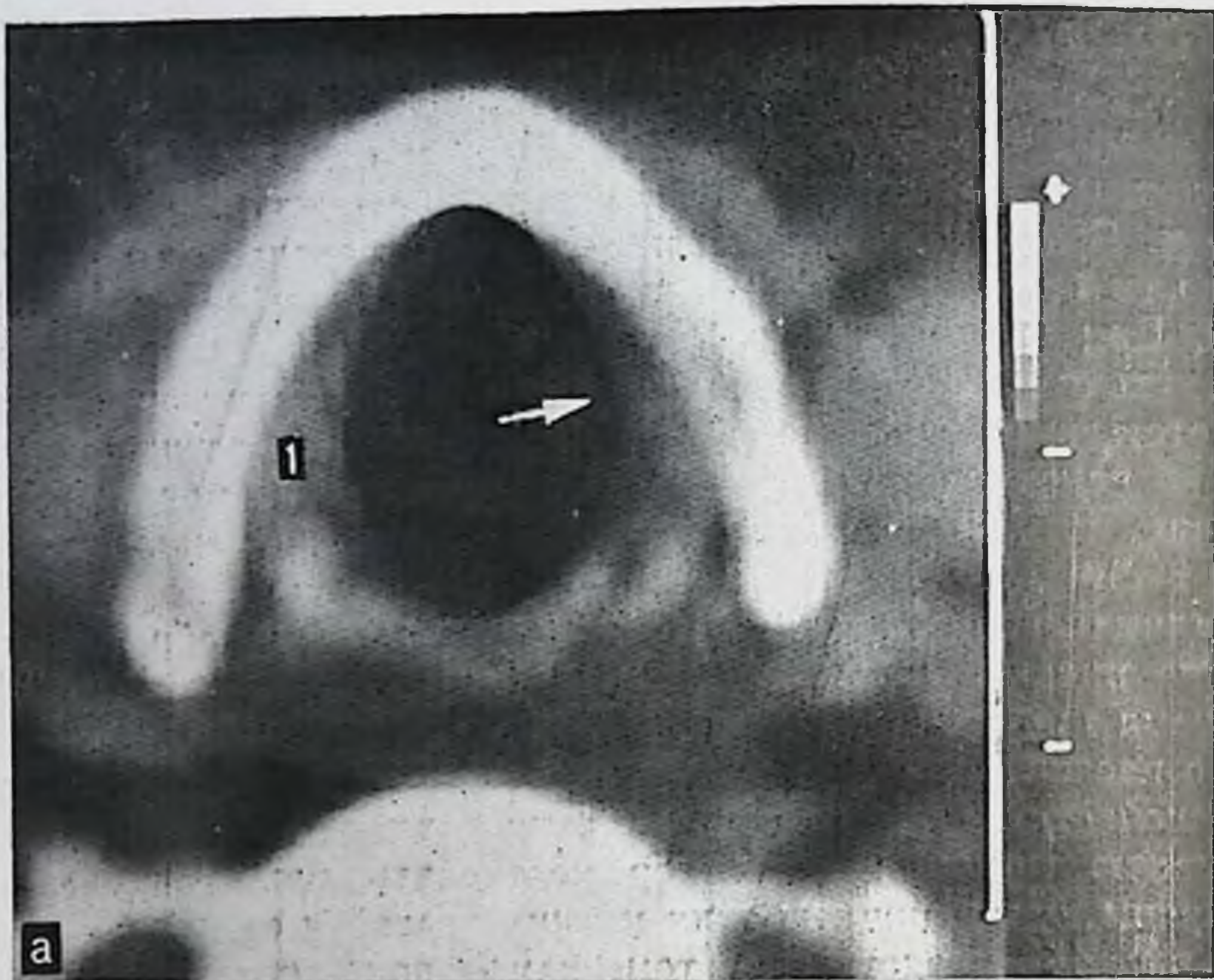
При раке вестибулярного отдела гортани КТ позволяет провести четкую идентификацию между здоровыми тканями и пораженными опухолью вестибулярными складками грушевидных спусков, а также судить о состоянии предгортанного пространства. На томограммах, пораженных опухолью, вестибулярные складки уплотнены, плотность их составляет от $+40$ до $+60$ единиц, парарингеальное пространство сужено, отмечается смещение черпаловидного хряща на стороне поражения.

При поражении опухолью гортанной поверхности надгортанника наблюдается сужение просвета гортани за счет утолщения, деформации контура и смещения надгортанника латерально или его ротация.

Особую ценность КТ имеет для оценки эффективности лучевой терапии рака гортани, даже в таких труднодоступных для других методов исследования областях, как подскладочный отдел, преднадгортанниковое пространство.

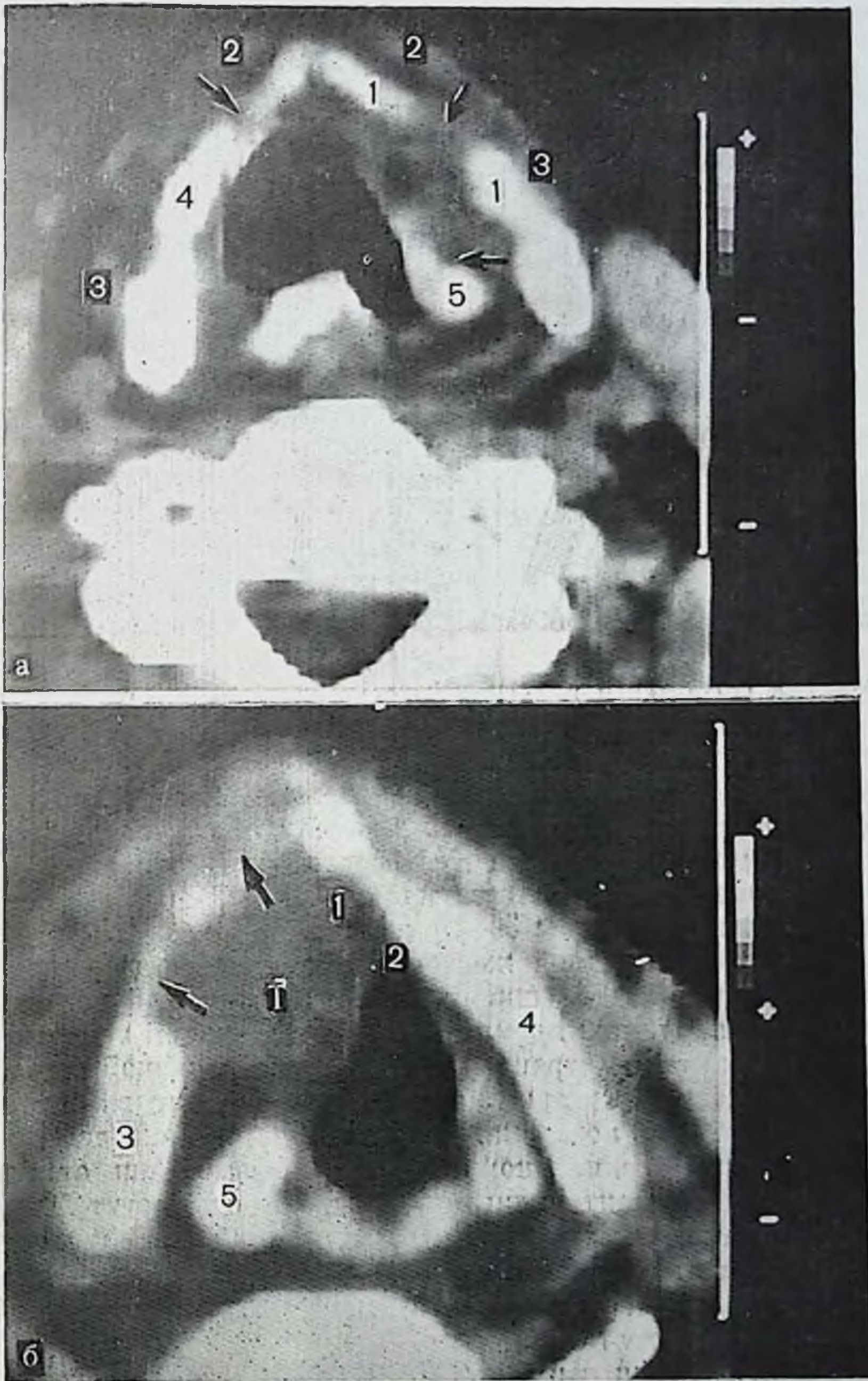
Щитовидная железа. Показанием для КТ является в первую очередь подозрение на рак щитовидной железы, а также определение топографии, размеров и взаимоотношение железы с окружающими органами при ее гиперплазии, диффузно-узловой и узловой форме зоба, кисте, аденоме. Исследование обычно проводится после тиреосцинтиграфии. Обследование проводят с яремной вырезки. Толщина среза равна 8 мм, при подозрении на «скрытый» рак — 4 мм. Шаг томографии 4—8 мм, с центральным увеличением области щитовидной железы.

В норме нижний край щитовидной железы располагается на 2 см выше верхнего края грудины. На томограммах железа име-



142. Увеличенный фрагмент томограммы рака гортани на уровне голосовых связок.

а — при спокойном дыхании определяется утолщение левой голосовой складки (стрелка); правая (1) — без изменений, структура обеих складок нормальная; б — томограмма во время фонации. Деформация (стрелка) и изменение структуры складки (1); левый черпаловидный хрящ (2) утолщен и увеличена его плотность. Левый грушевидный синус (3) сужен. Рак гортани I степени.



143. Рак гортани с инвазией и деструкцией опухолью хрящей гортани.

а — деструкция размером 8 мм (обозначено стрелкой) средней трети левой (1) и правой (4) пластины щитовидного хряща с прорастанием опухоли в грудино-подъязычную (2) и грудино-щитовидную (3) мышцу и в левый черпаловидный хрящ (5); б — опухоль гортани (Т) занимает правую голосовую складку с инфильтрацией в переднюю комиссуру (1), в левую голосовую складку (2), в щитовидный (3, 4) и правый черпаловидный хрящ (5).



144. Рак щитовидной железы. Опухоль размером 2×3 см в левой доле, бугристая, неоднородной консистенции.

ет вид двух овалов с относительно ровными контурами, хорошо отграниченными от окружающих тканей. Структура железы однородна. Нормальная железа при содержании йода в паренхиме $0,65$ мг/г имеет относительную плотность $+90 \pm 10$ единиц. Поперечные размеры железы 3×2 см, высота — $3-4$ см.

Впереди от щитовидной железы располагаются грудино-щитовидная и грудино-подъязычная мышцы, по передней поверхности которых идет наружная яремная вена. Латеральной поверхностью железа прилежит к внутренней яремной вене и общей сонной артерии. Слева сонная артерия лежит под веной, справа располагается ближе к телу позвонка, по заднелатеральной поверхности железы. По заднемедиальному краю железы, кзади от трахеи, располагаются паращитовидные железы, которые могут быть видны на томограммах у тучных больных. Задний край щитовидной железы отделяется от тел V—VI шейных позвонков длинной мышцей шеи. В середине среза, между трахеей и серединой тел позвонков, располагается пищевод.

Гиперплазия и диффузный зоб сопровождается увеличением железы, при этом нижний полюс может определяться около рукоятки грудины или заходить за нее. При большом увеличении железы изображение трахеи смещается в переднезаднем направлении.

Кистозные образования характеризуются гомогенной структурой, окружены капсулой, их плотность колеблется от $+4$ до $+30$ единиц в зависимости от содержания протенинов и йода.

Аденома также имеет гомогенную структуру, четкие конту-



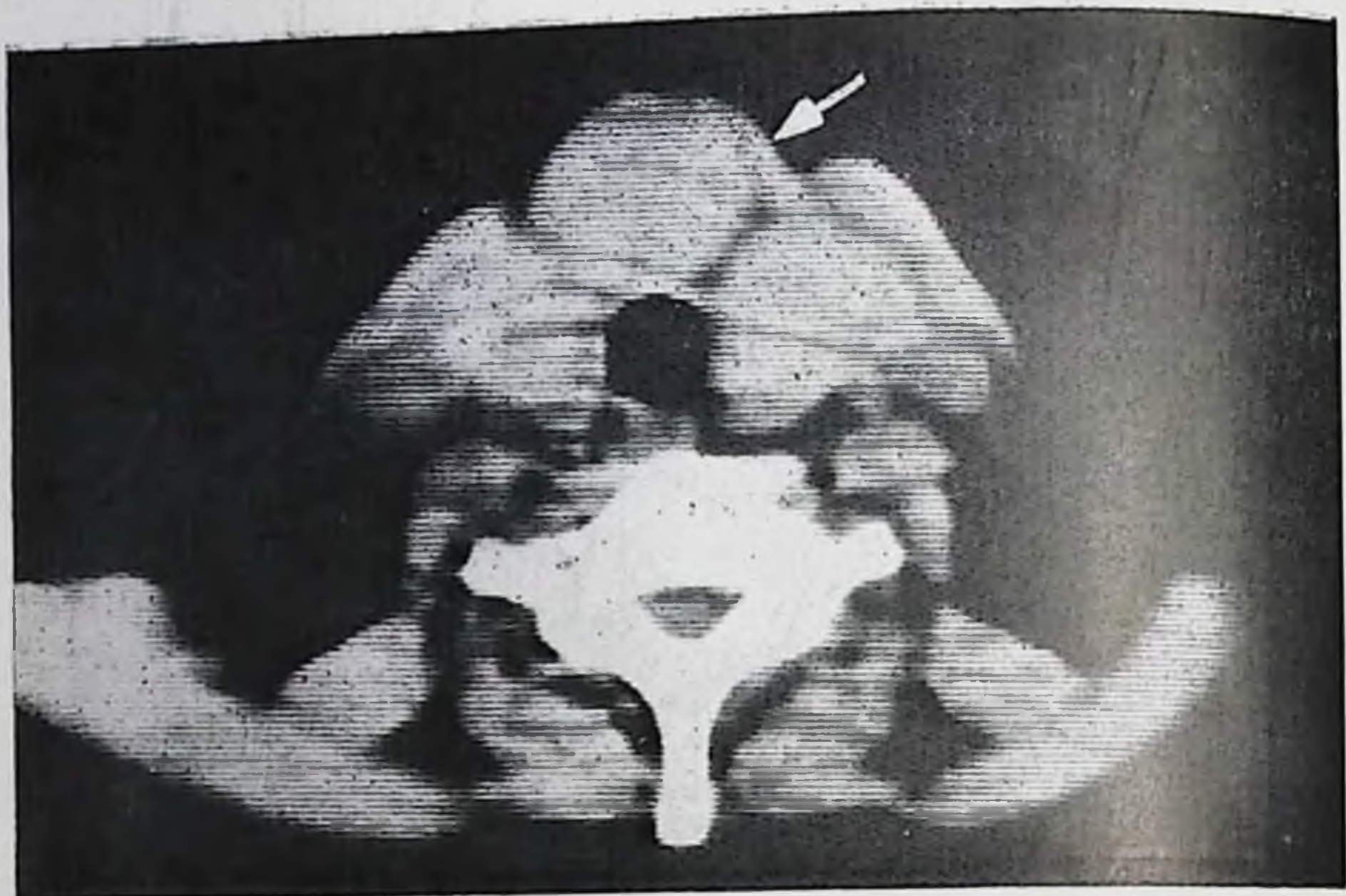
145. Скрытый рак щитовидной железы. Размеры долей железы обычные. В толще левой доли — участок неправильной формы со сниженной плотностью (обозначено стрелкой).

ры, плотность ее не отличается от плотности железы и окружающих мышц.

Злокачественные новообразования щитовидной железы (рак, саркома) характеризуются в первую очередь односторонним или асимметричным увеличением органа, отмечается также раздвигание мышц, смещение сосудов латерально, деформация и сдавление трахей. Плотность ткани железы снижена, структура неоднородна (рис. 144). Контуры очага нечеткие. В толще опухоли могут определяться обызвествленные участки. Контуры трахей и сосудов при инвазии становятся нечеткими. Увеличение размеров сечения пищевода и его зияние на срезах свидетельствуют о распространенности опухолевого процесса. «Скрытый» рак проявляется мелким низкоплотным участком с нечеткими контурами в толще железы без увеличения размеров доли (рис. 145).

Преимущественное увеличение одной доли или части ее при диффузно-узловом зобе, особенно при загрудничном расположении, вызывает сужение и искривление трахей. Вследствие давления на стенку трахей наблюдается изменение ее диаметра, особенно при натуживании и глубоком вдохе. Измененный отдел железы имеет неровные бугристые контуры, сниженную плотность. Структура может быть неомогенной. В некоторых случаях в толще узлового зоба обнаруживаются известковые и костные включения, в редких случаях — обызвествление капсулы и сосудов зоба.

Во всех случаях узлового зоба (рис. 146), независимо от того, «горячий» или «холодный» очаг на сканограмме, плотность узла



146. Узловой зоб. Железа увеличена. Структура гомогенная. Контуры бугристые. Из перешейка исходит большой узел до 4 см в поперечнике.

на томограмме снижена. При узловом зобе и раке контуры очага менее определены, чем при аденоме. Скапографически «теплые» узлы при КТ не дифференцируются от окружающей ткани и могут быть выявлены только при деформации доли.

3. КТ при заболеваниях легких и средостения

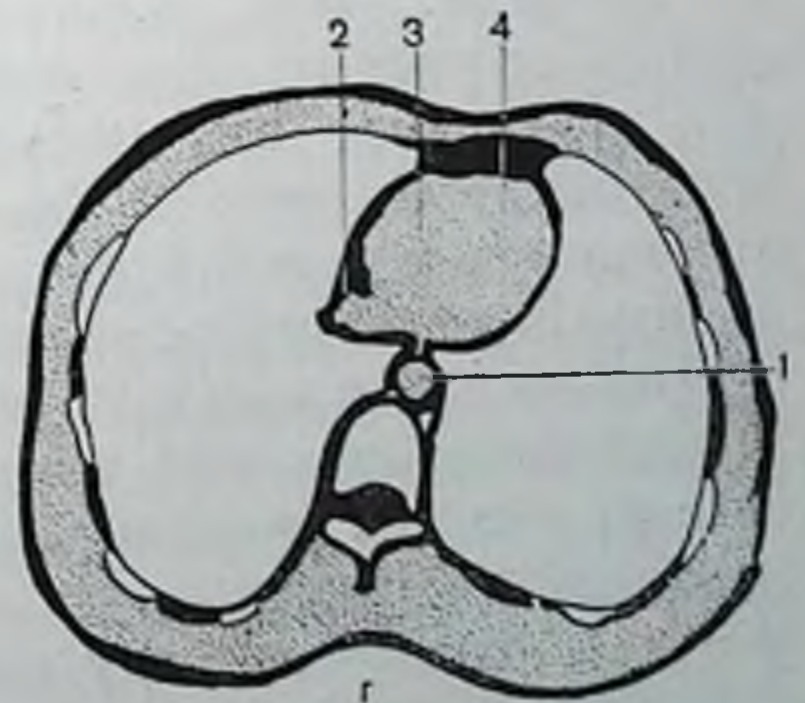
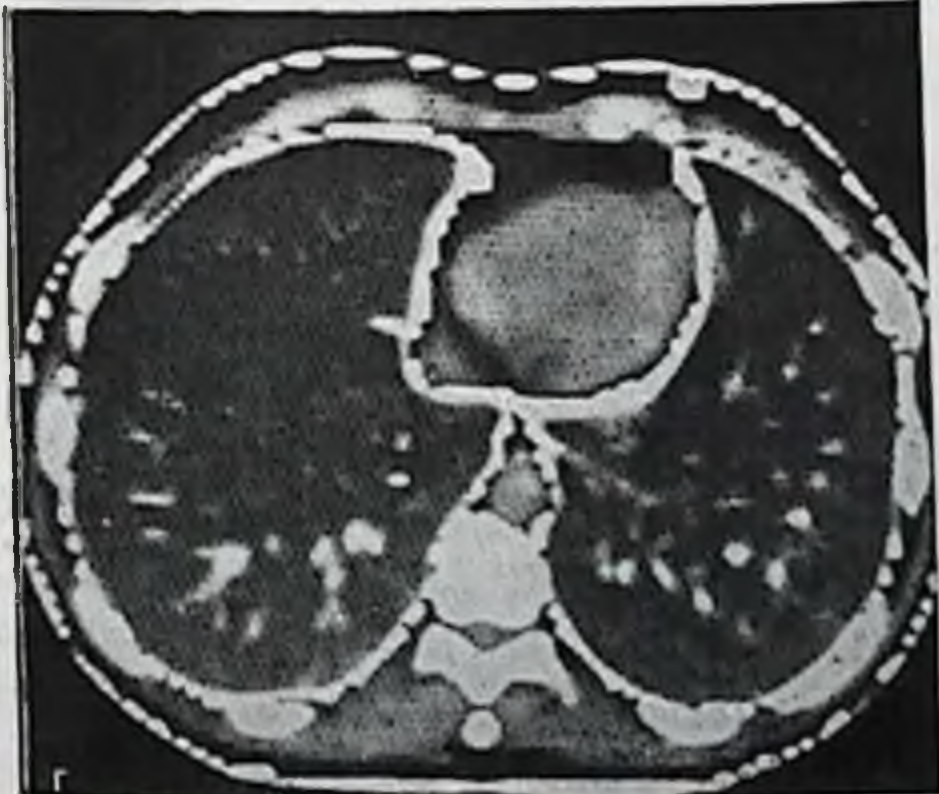
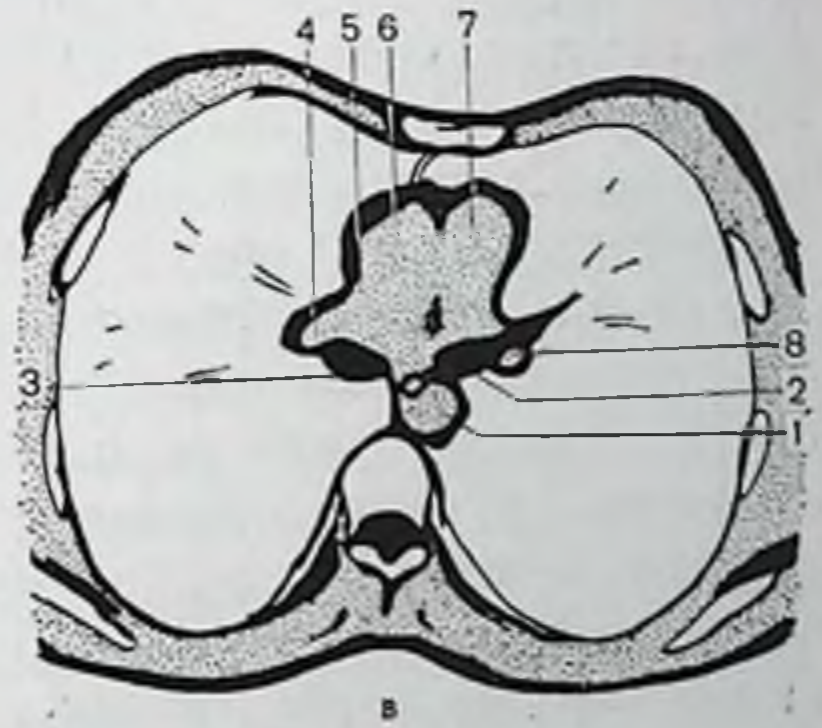
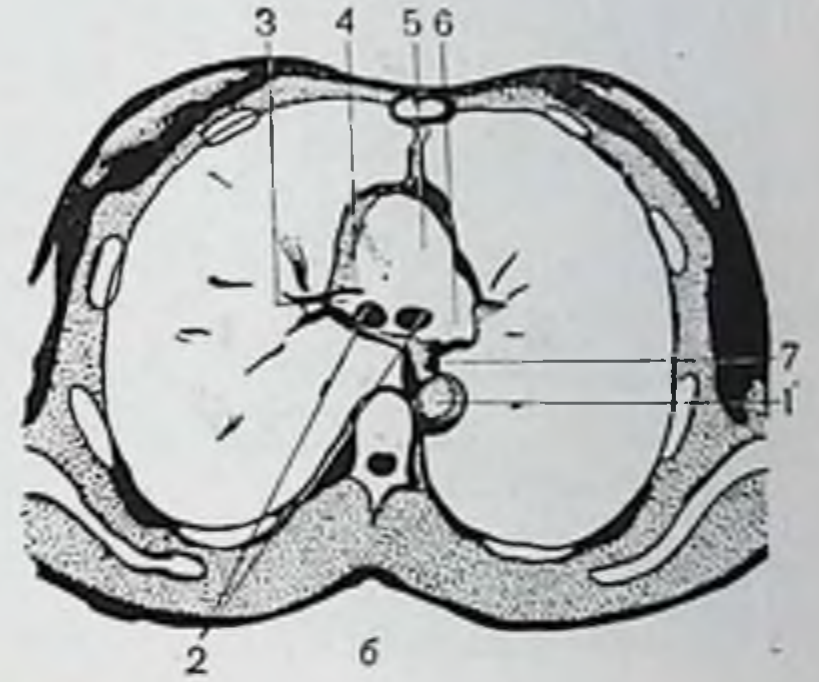
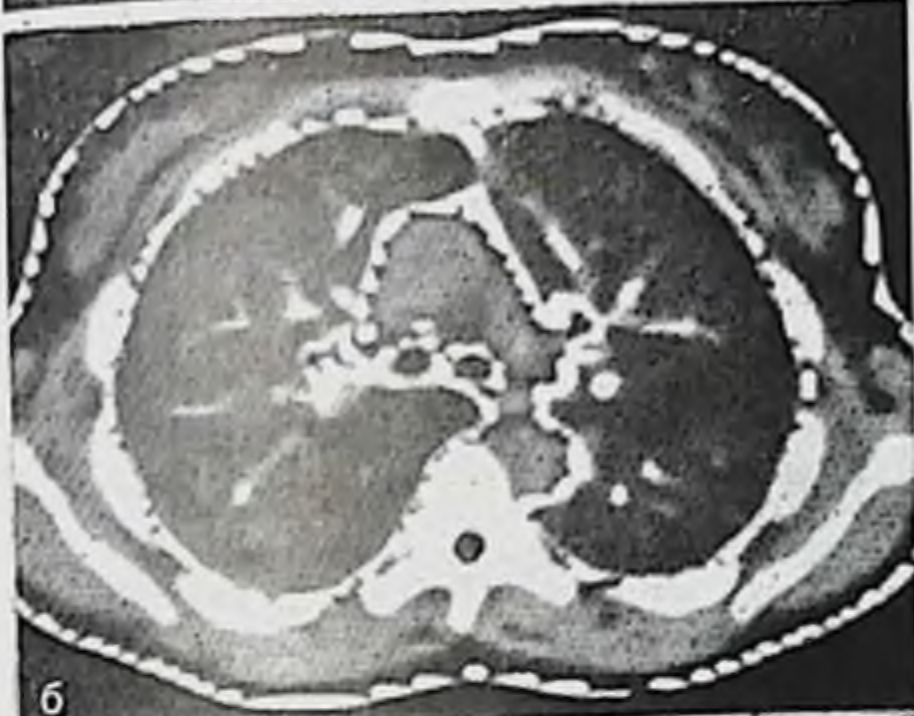
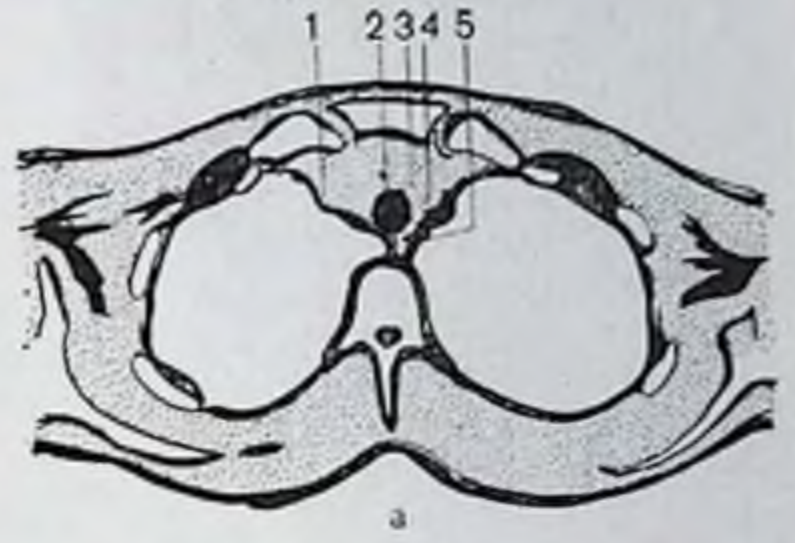
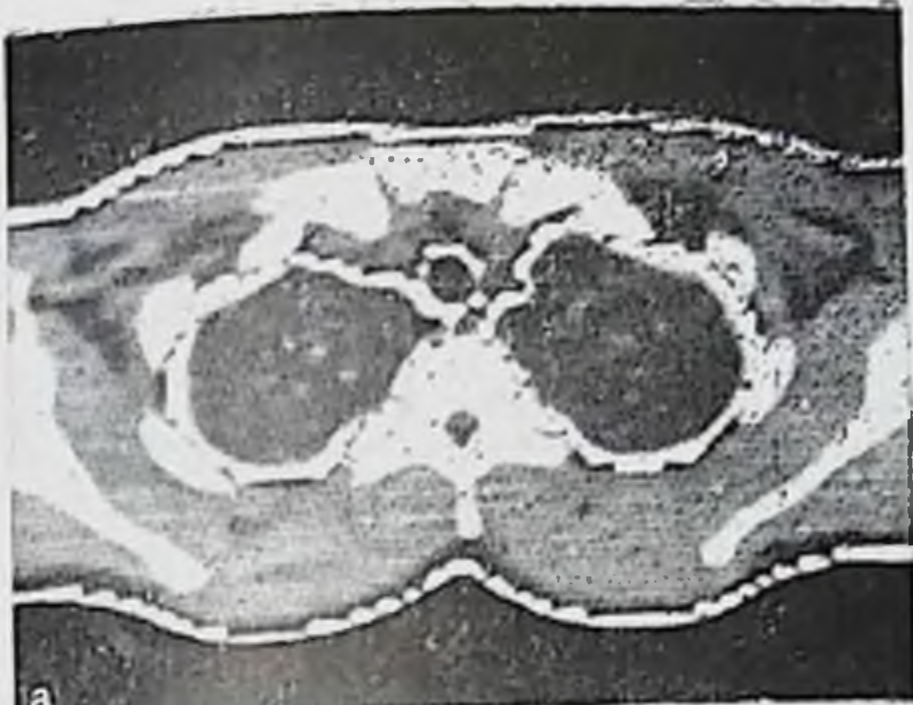
Грудная клетка. Показанием для КТ являются опухоли легких и средостения, грудной стенки, мелкие метастазы в легких, лимфатические узлы, средостения, изменения плевры.

Методика исследования. Обследование больного проводят в горизонтальном положении на спине, на задержанном вдохе. Толщина среза 8 мм, шаг томографии 8—16 мм. Зону сканирования выбирают в зависимости от распространенности процесса по томограмме в прямой проекции.

На томограммах определяются легочная паренхима, органы сре-

147. Грудная клетка в норме. →

а (томограмма на уровне грудино-ключичного сочленения): 1 — правая плечеголовная вена; 2 — трахея; 3 — общая сонная артерия; 4 — левая плечеголовная вена; 5 — пищевод; б (томограмма на уровне бифуркации трахеи): 1 — нисходящая аорта; 2 — главные бронхи; 3 — ствол правой легочной артерии; 4 — верхняя полая вена; 5 — легочный ствол; 6 — левая легочная артерия; 7 — пищевод; в (томограмма на 2 см ниже бифуркации трахеи): 1 — нисходящая аорта; 2 — левый главный бронх; 3 — правый главный бронх; 4 — верхняя полая вена; 5 — правая легочная артерия; 6 — восходящая аорта; 7 — легочный ствол; 8 — легочная артерия; г (томограмма над куполом диафрагмы): 1 — нисходящая аорта; 2 — правое предсердие; 3 — правый желудочек; 4 — левый желудочек.





148

Туберкулез легких.

а — фиброзно-кавернозный туберкулез, легочная ткань не дифференцируется, выявляются множественные тяжи соединительной ткани, округлые полости; б — туберкулома, справа в легочной ткани округлое образование с однородной структурой и четкими контурами, распознающееся на фоне деформированного легочного рисунка (обозначено стрелкой).

достенния, мягкие ткани, хрящевые и костные структуры грудной стенки (рис. 147, а, б, в, г). Поскольку они имеют разные показатели относительной плотности, резко отличающиеся друг от друга, каждый срез необходимо просматривать на двух режимах: для легочной ткани (окно 512—1024) и для мягких тканей (окно 128—256). Наличие режима «двух окон» позволяет одновременно

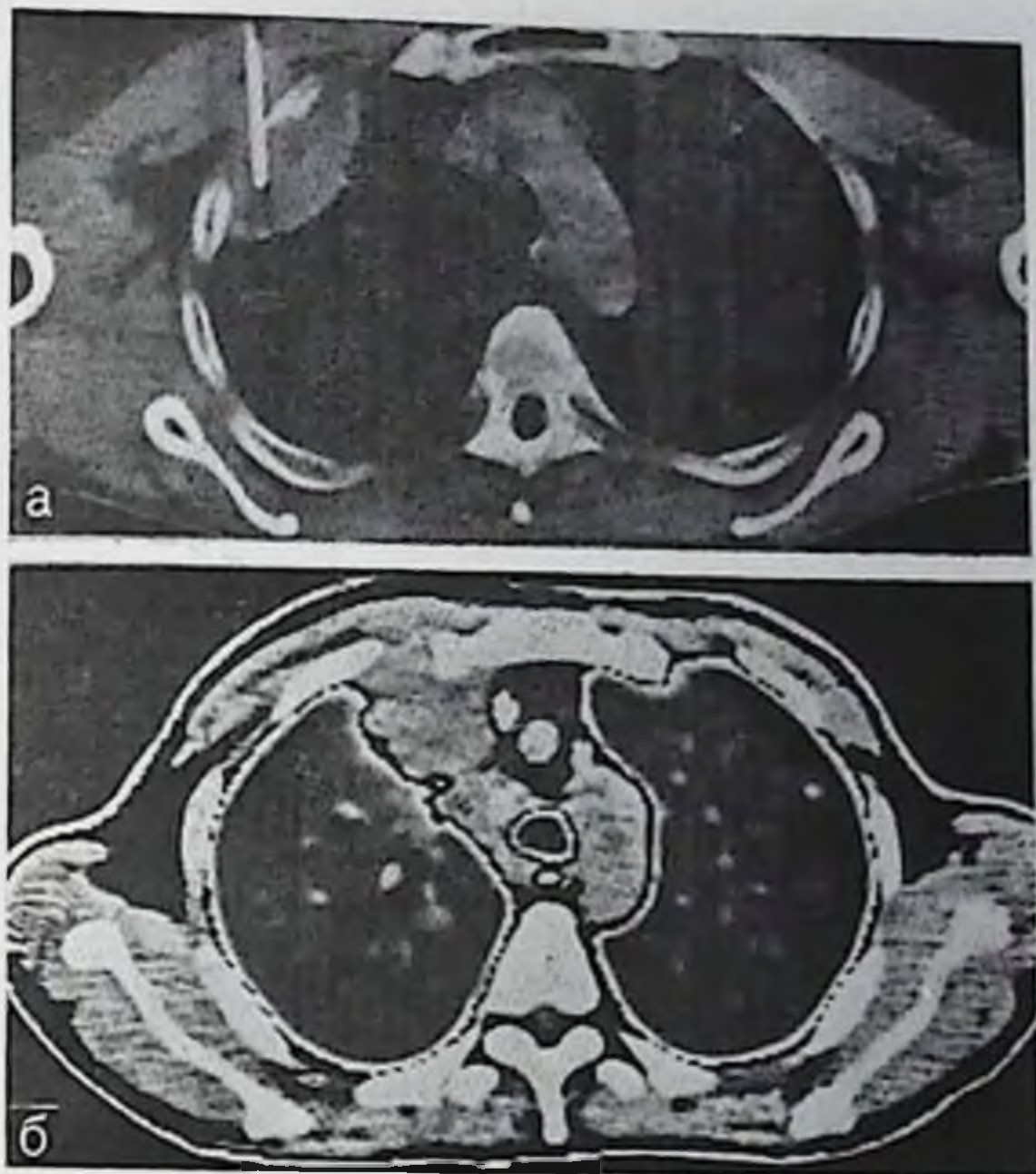
оценивать все структуры на срезе. Однако образующаяся при режиме «двух окон» вокруг них краевая полоска затрудняет дифференцировку контуров органов средостения, сосудов легких, плевры. Поэтому при патологических изменениях необходимо исследовать каждый срез в двух режимах отдельно.

В норме на томограммах сосуды легких имеют отчетливое изображение и прослеживаются до периферии. Распределение их на срезе относительно равномерное, с небольшим преимуществом наличия крупных стволов в прикорневых зонах легких. В фазе выдоха легочный рисунок сгущается, повышается плотность легочной ткани (от —950—750 до —550—700 единиц). При эмфиземе легких изображение сосудов отсутствует, паренхима однородная, плотность (от —1000 до —900 единиц) от фазы дыхания не зависит. При пневмосклерозе отмечается сгущение легочного рисунка, появление тяжистых телей неправильной формы, повышение КА паренхимы. При развитии бронхоэктазов и ретенционных кист на фоне уплотненной легочной ткани выявляются неправильной формы образования с толстыми стенками, образующие участок с ячеистой структурой.

Воспалительные изменения в легких сопровождаются уплотнением легочной ткани на томограмме, повышением ее КА за счет участка неправильной формы, имеющим мелкопятнистую, крапчатую или тяжистую структуру. Отдельные пневмонические фокусы, сливаясь между собой, образуют «облакообразную» тень с неравномерной интенсивностью затемнения. На фоне пневмонического фокуса могут дифференцироваться легочные сосуды

Рак легкого.

а — периферический рак легкого, прицельная биопсия под контролем КТ; опухоль с однородной структурой тесно прилежит к боковой грудной стенке, четко отграничена от легочной паренхимы; б — центральный рак. Опухоль прилежит к тени средостения, структура ее гомогенная.



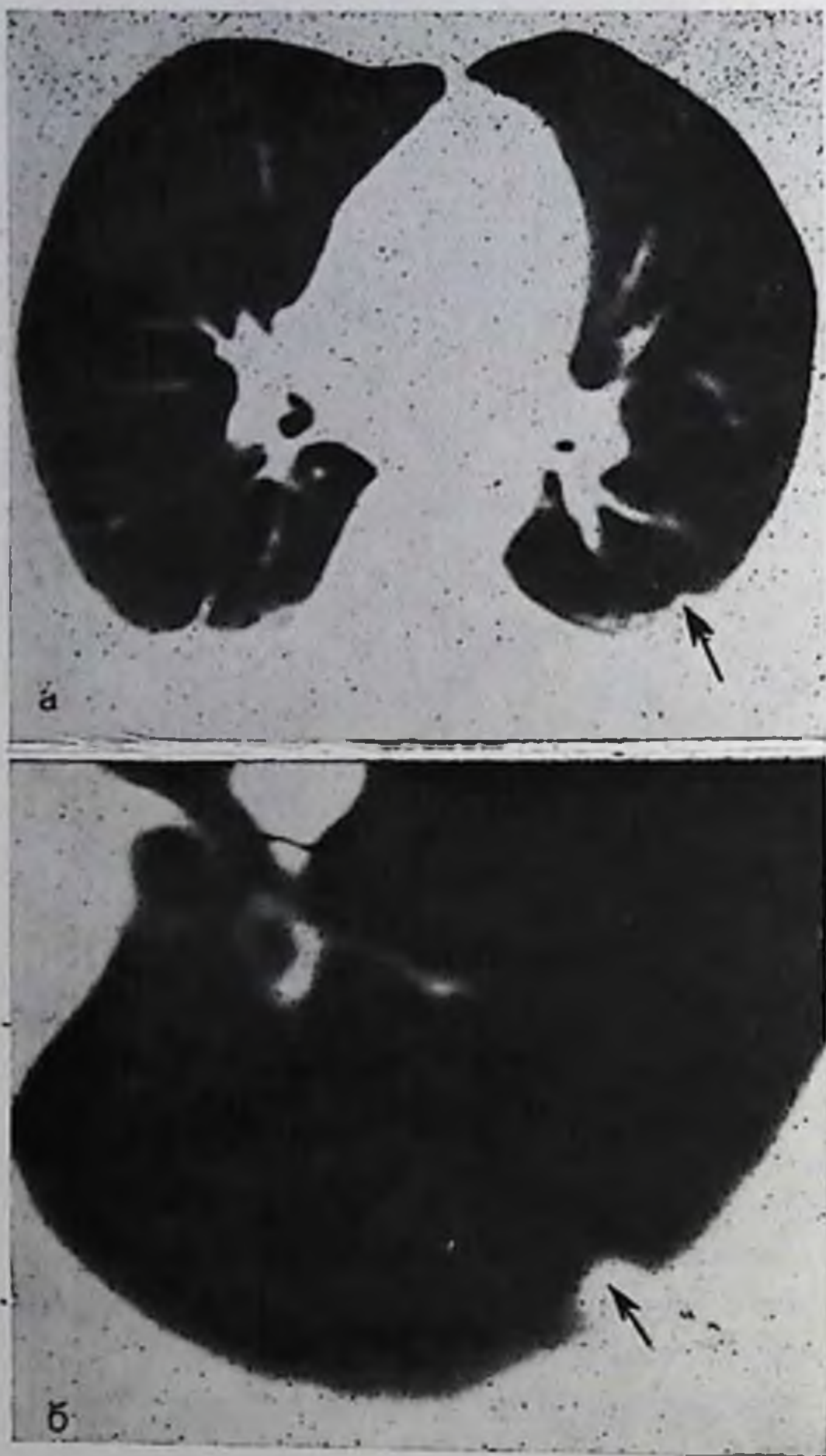
При формировании полости распада или абсцесса в зоне уплотнения появляется овальное или серповидное просветление с жидкостной или газовой плотностью. Граница фокуса становится более четкой и отграниченной от окружающей его ткани.

При милиарном туберкулезе в обоих легких определяются множественные мелкие, местами сливающиеся между собой узелки с четкими контурами. Они довольно равномерно распределены по легочным полям, однако в периферических и субплевральных отделах их количество несколько нарастает. Утолщена плевра. При фибринозно-кавернозном туберкулезе в легких выявляются множественные полости неправильной формы, имеющие неравномерные по толщине стенки. Нормальный легочный рисунок отсутствует. Туберкулома имеет гомогенную структуру, четкие контуры. Плотность равняется от $+100$ до $+250$ единиц (рис. 148, а, б).

При центральном раке легкого КТ позволяет раньше других методов выявить гиповентиляцию легочной ткани и увеличение медиастинальных лимфатических узлов. Опухоль тесно прилежит к средостению, имеет гомогенную структуру. Относительная плотность составляет от $+30$ до $+50$ единиц (рис. 149, а).

При наличии ателектаза отличить опухолевый узел от спавшейся паренхимы легкого с помощью КТ практически невозможно, так как показатели КА близки. Ателектаз имеет ровные прямые контуры, однако этот признак не всегда патогномичен. КТ позволяет уточнить место расположения опухоли и ее связь с корнем легкого.

У больных с периферическим раком легкого (рис. 149, б) удается определить признаки лимфангита между опухолевым узлом и лимфатическими узлами средостения. Опухоль имеет вид округ-



150

Метастаз рака почки в плевру (а). Слева пристеночно определяется образование до 0,4 см с четкими контурами. Структура его гомогенная; б — фрагмент томограммы с увеличением зоны интереса.

лого или неправильной формы участка, располагающегося вблизи грудной стенки. КА равен от $+30$ до $+50$ (± 10 единиц).

На томограммах видны сосуд и «дорожка» более плотной ткани, идущие к корню легкого. Контур опухоли неровные за счет множественных тяжей различной длины и толщины, отходящие от опухоли в толщу паренхимы и обусловленные инфильтрацией и перифокальной реакцией. При непосредственной близости опухоли к плевре последняя утолщена и подтянута к узлу.

При раковых опухолях полезны «пересмотры» срезов на более низком «окне» плотности, поскольку они позволяют выявить возможный распад с образованием полости. В ряде случаев достаточно изменить «ширину» окна.

Следует отметить, что дифференциальная диагностика спаечного процесса, особенно при единичных мощных спайках, затруднительна, так как КА не является специфичным и значения его одинаковы при многих патологических состояниях. В тех случаях, когда не удастся получить изображения легочной ткани между выявленным периферическим образованием и грудной стенкой при пересмотре срезов на различных «окнах», более вероятно предположить наличие спайки. Поэтому в диагностике метастатического поражения плевры и легких ведущее место занимают клиническая и рентгенологическая картины, так как судить о природе мелкого пристеночного образования только по данным КТ представляется не всегда возможным. Разрешающая способность КТ превышает возможности рентгенографии, особенно при исследовании периферических отделов легких, пограничных отделов грудной и брюшной полостей, грудной полости и шеи.

Метастазы на томограммах имеют вид округлых гомогенных образований различного диаметра с четкими ровными контурами (рис. 150, а, б). Дифференциальная диагностика мелких субплевральных метастазов в плевру с помощью КТ довольно затруднительна. При диаметре более 1 см плевральные метастазы чаще имеют вытянутую вдоль грудной стенки форму. Утолщены прилежащие к ним отделы плевры.

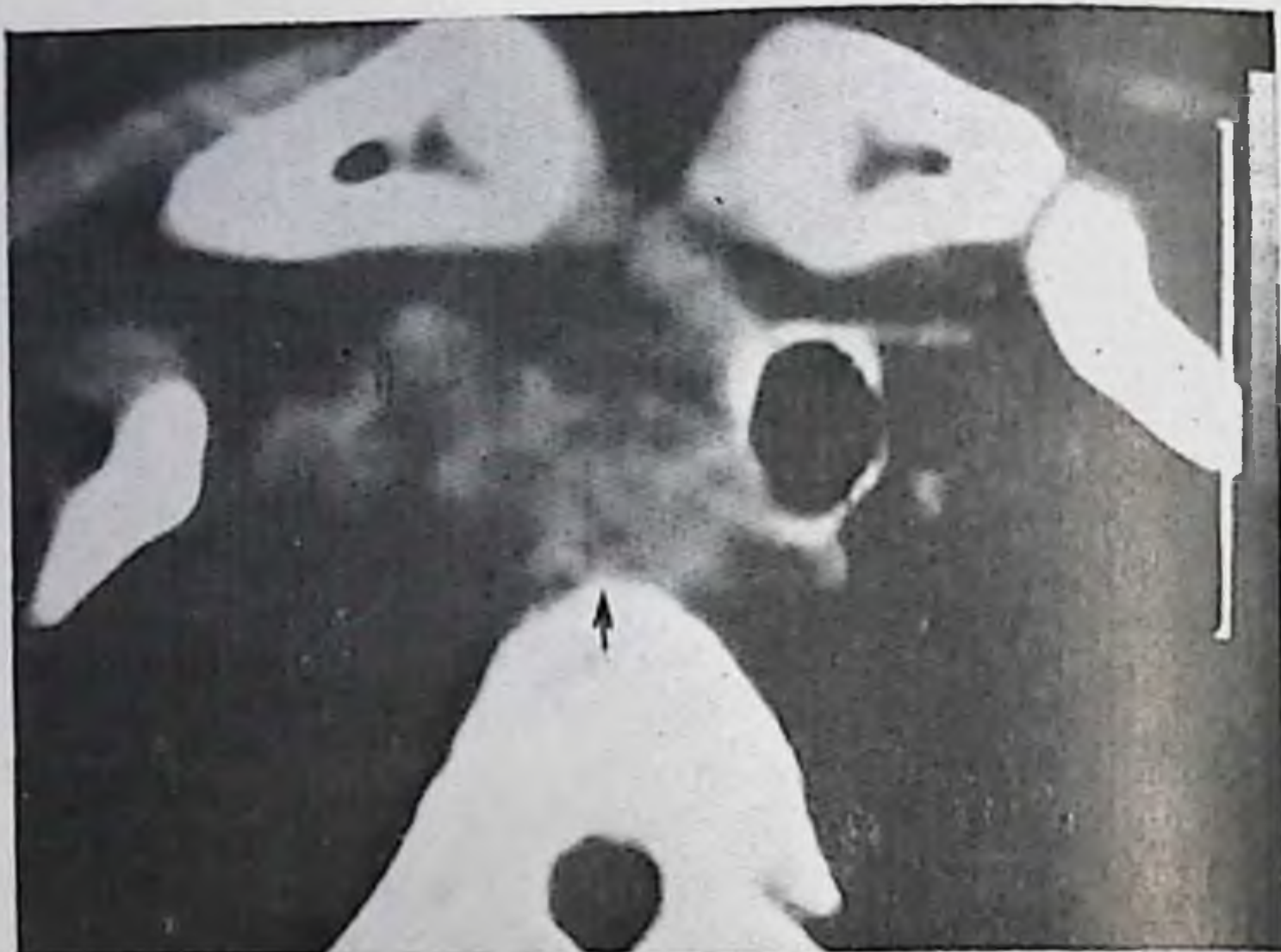
Коэффициент абсорбции рентгеновских лучей, используемый как показатель относительной плотности ткани, только в ряде случаев позволяет судить о природе выявленного образования. Это относится в основном к опухолям жировой, кистозной и хрящевой природы, которые по значениям КА резко отличаются от других образований, что может являться их дифференциально-диагностическим признаком. Судить о природе солидных мягкотканевых образований КТ не позволяет. В связи с этим при диагностике рака легкого, метастазов в легкие и средостение КТ должна использоваться в сочетании со сцинтиграфией легких с цитратом ^{67}Ga .

При изучении состояния органов средостения КТ имеет ряд как преимуществ, так и недостатков по сравнению с обычным рентгенологическим исследованием и также должна применяться после него и в дополнение к нему. Картина поперечного среза наглядно представляет анатомические взаимоотношения патологического образования с прилежащими крупными сосудами, что очень важно для решения вопроса о хирургическом вмешательстве.

По показателям КА удается отличить жировые опухоли средостения от солидных, в связи с чем дифференциальная диагностика таких образований должна включать данные не только рентгенологического исследования, но и КТ.

Наиболее часто встречается опухоль переднего средостения — загрудный зоб, локализующийся часто позади рукоятки грудины (рис. 151), преимущественно справа. Реже зоб встречается в заднем средостении, позади пищевода, располагаясь паравертебрально. На томограммах доброкачественный зоб имеет четкие контуры, обусловленные наличием капсулы. Он хорошо отграничен от окружающих тканей и органов. Нечеткие и нерезкие контуры могут свидетельствовать о злокачественности зоба. Щитовидная железа прослеживается от шейной области на уровне яремной вырезки до верхнего средостения. Неоднородные строения зоба на томограммах обусловлены высокими показателями плотности при отложении извести и кровоизлияниях, низкими — при жировом перерождении, образовании коллоидных кист. Последние имеют неправильную округлую форму, печеткие контуры. Кальцификация при зобе обычно диффузная, реже островки извести локализуются по краю капсулы. Даже небольшие опухоли приводят к отклонению и сужению трахеи.

Среди новообразований среднего отдела средостения одно из первых мест по частоте занимают опухоли вилочковой же-



151. Загрудный зоб. На уровне грудино-ключичного сочленения располагается опухоль (обозначено стрелкой) с пестрыми контурами и неоднородной структурой, смещающая трахею влево.

лезы (рис. 152, а, б). Доброкачественные тимомы составляют большинство опухолей вилочковой железы (до 80%). Наличие плотной фиброзной капсулы обуславливает их четкие контуры на томограммах. При злокачественном росте опухоли капсула рыхлая или совсем отсутствует, в связи с чем контуры опухоли пестрые, размытые. В толще опухоли редко встречаются очаги обызвествлений и некроза, поэтому ее структура, как правило, однородная. Форма опухоли — грушевидная или овальная, очертания



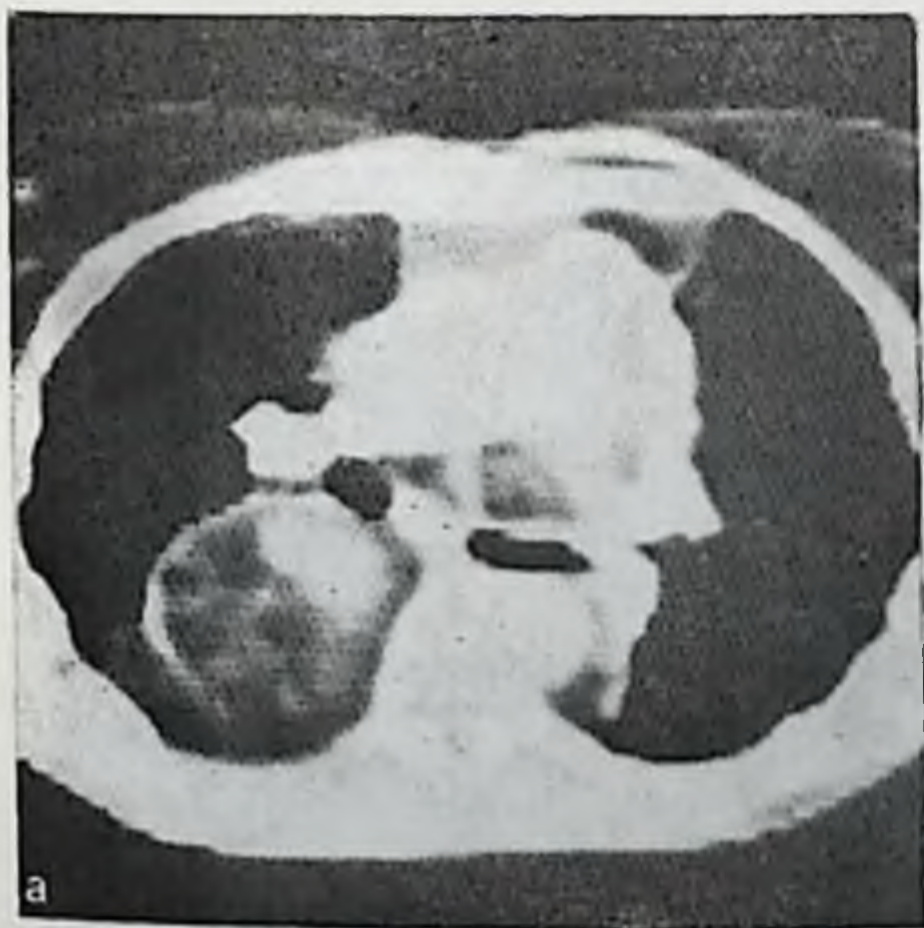
152. Тимома.

а — томограмма грудной клетки в прямой проекции, с обеих сторон от тени средостения располагается опухоль с однородной структурой; б — опухоль (обозначено стрелкой) лежит в переднем средостении, отделана от тени сердца тонкой прерывистой полоской.

волнистые. Трудна дифференциальная диагностика маленьких образований с сосудами. Во всех случаях показано внутривенное введение контрастного препарата. Наибольшие трудности вызывает выявление перестроившейся вилочковой железы. Она чаще всего располагается между восходящей аортой и грудной. Железа, имеющая плотность от $+30$ до $+60$ единиц, отчетливо дифференцируется на фоне жировой ткани переднего средостения, однако в ряде случаев в железу прорастает жировая ткань, что приводит к снижению КА и трудностям ее дифференциации.

Кисты вилочковой железы могут развиваться при дегенерации злокачественных опухолей. В отдельных случаях кисты многокамерные. Диагноз ставится на основании денситометрии. При небольших размерах и высокой плотности (тимомы, рак) опухоли вилочковой железы могут не дифференцироваться от тени средостения. В отличие от обычной рентгенологической картины доброкачественные тимомы при КТ хорошо отграничены от окружающих их структур средостения. КА их равен от $+35$ до $+55$ (± 10 единиц). Особую форму представляет тимолипома, имеющая неструю картину при КТ из-за участков жировой ткани с низкой плотностью — от -80 до -100 единиц. Раки вилочковой железы характеризуются инфильтрирующим ростом. Плотность опухоли составляет от $+35$ до $+55$ единиц. При злокачественных тимомах встречаются очаги расплавления в центральных отделах с плотностью от $+5$ до $+20$ единиц, наблюдаются также мелкие обызвествления.

Тератоидные кисты обычно располагаются на месте отхождения крупных сосудов из сердца. Они могут быть многокамерными с плотными обызвествленными стенками (до $0,2-0,8$ см) и однокамерными. Граница с окружающими тканями — четкая.



153. Липосаркома средостения. Справа в заднем средостении на уровне бифуркации трахей (а) определяется опухоль с плотностью жировой ткани (до -80 единиц). Контуры ровные, четкие. Продолжение данной опухоли в субдиафрагмальной области (б).

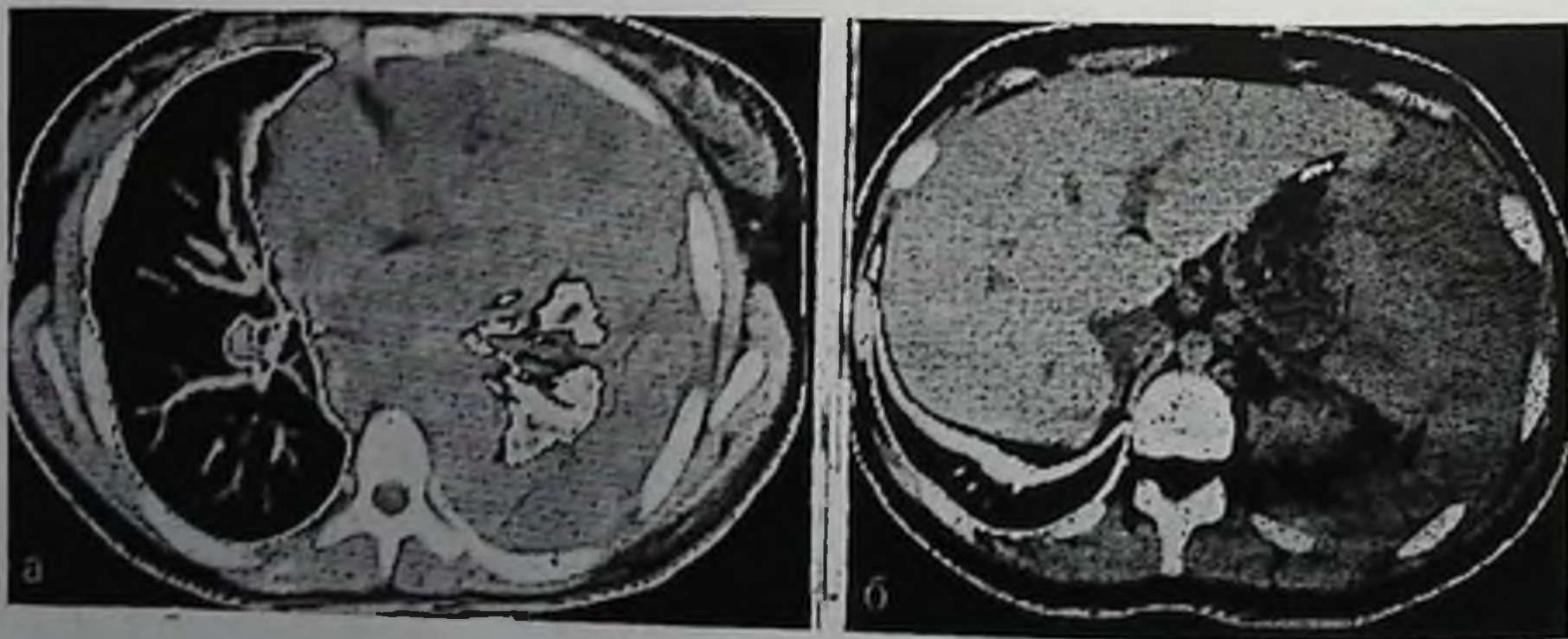
Показатели плотности зависят от строения опухоли и содержащего кист: КА (кожи и кожных покровов) солидных участков составляет от +40 до +60 единиц, жира — до —100 единиц.

Липомы средостения часто обнаруживаются случайно. На томограммах они четко отграничены от сердца и диафрагмы. Структура опухоли гомогенная. Благодаря наличию капсулы опухоль четко выделяется от окружающей клетчатки средостения. Доброкачественные опухоли локализуются главным образом в переднем средостении или паракардиально. Иногда липомы в виде отдельных узлов простираются вдоль всего средостения до брюшной полости (рис. 153).

В диагностике увеличенных лимфатических узлов КТ имеет преимущества перед рентгенологическим исследованием, так как позволяет дифференцировать мелкие узлы. Если не удастся разграничить отдельные узлы, следует предположить прорастание опухоли за пределы капсулы узла. Пораженные лимфатические узлы хорошо дифференцируются от окружающих тканей и сосудов после внутривенного контрастирования.

Плевральные изменения, выявляемые на томограммах, как правило, сопровождаются утолщением плевры, которая видна на срезах в виде тонкой мягкотканевой полоски, проходящей вдоль внутренней стенки грудной полости. КТ позволяет выявлять даже небольшие скопления свободной или осумкованной жидкости в плевральной полости. С помощью денситометрии легко устанавливается жидкостная природа выявленных изменений.

Эмпиема плевры сопровождается большим кистозноподобным образованием (КА равен от +15 до +25 единиц) с толстой капсулой, имеющей печеткие, размытые контуры. О нагноительном процессе могут свидетельствовать мелкие пузырьки газа. Отложение фибрина или кальция в плевре приводит к резкому повышению ее плотности (от +60 до +300 единиц).



154. Мезотелиома плевры.

Справа — в левом реберно-диафрагмальном синусе определяется гомогенное мягкотканевое образование, смещающее селезенку и диафрагму вправо; слева — левая половина грудной полости занята гомогенным образованием, сливающимся с изображением средостения; в центральных отделах сохранена легочная ткань.

Мезотеллома сопровождается неравномерным утолщением плевры, наличием множественных выбуханий и толстых тяжей, отходящих от плевры к легочной ткани. Структура их гомогенная (рис. 154). Если плевральная полость не облитерирована, в ней скапливается экссудат, легко выявляемый при КТ.

При прорастании грудной стенки опухолью легкого или плевры при КТ выявляется утолщение и снижение плотности межреберных мышц, раздвигание и смещение кнаружи мышц груди, изменение структуры ребер. КТ позволяет выявить поражения грудной стенки в участках, недоступных клиническому обследованию, и точно оценить протяженность поражения.

4. КТ при заболеваниях брюшной полости и забрюшинного пространства

Компьютерная томография абдоминальной области применяется для распознавания аномалий развития, травматических повреждений и заболеваний, особенно опухолей паренхиматозных органов, в частности печени, поджелудочной железы, почек, надпочечников, а также лимфатических узлов и аорты.

По КТ необходимо производить обзорные рентгенограммы брюшной области в прямой и боковой проекциях.

Методика исследования. Компьютерную томографию можно проводить как в клинике, так и в амбулаторных условиях пациентам любого возраста. Так как исследование является безболезненным и выполняется в короткий период времени, то можно обследовать и тяжелобольных. Беспокойным детям и детям моложе 5 лет рекомендуется предварительная премедикация (седуксен, дроперидол внутримышечно). Детям до 3 лет, особенно беспокойным, целесообразно применять кетамин из расчета 6—8 мг/кг внутримышечно.

Специальная подготовка требуется перед исследованием поджелудочной железы: прием 250 мл 0,5% раствора урографина за 30 мин до томографии и 50 мл перед ней. При наличии забрюшинного образования больной перорально принимает 250 мл 0,5% раствора урографина за 30 мин до томографии для обозначения петель тонкой кишки и их лучшего отграничения. Исследование брюшной полости проводится на задержанном дыхании, при выраженном метеоризме — на выдохе. Это уменьшает количество артефактов, возникающих от резкого перепада плотностей между органами, жировой клетчаткой и содержащей газ кишкой.

Количество срезов, необходимых для исследования органа, зависит от его размеров, конституции пациента и наличия патологических изменений. При отсутствии клинических данных о поражении органа делать каждый срез не всегда целесообразно. При исследовании печени, почек достаточно сделать 6—10 срезов каждого органа. Обязательная послойная томография требуется при исследовании поджелудочной железы вследствие ее наклонного

расположения. Каждый срез необходимо делать также при исследовании надпочечников из-за их небольших размеров.

Обследование больного проводят, как правило, в горизонтальном положении на спине; в ряде случаев для лучшей визуализации поджелудочной железы томографию повторяют в положении больного на боку.

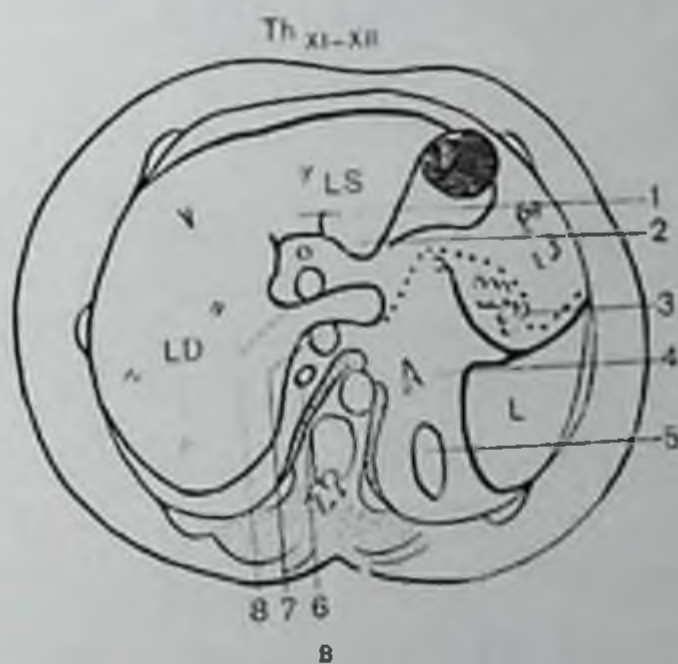
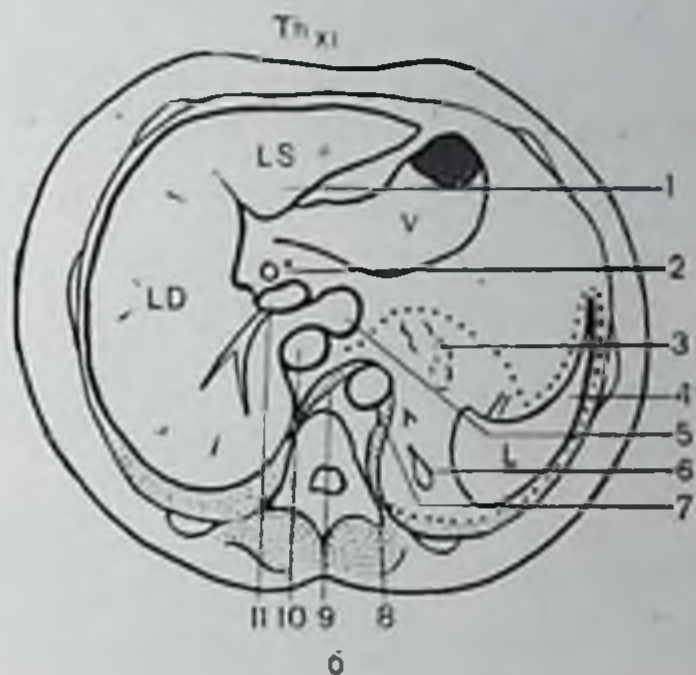
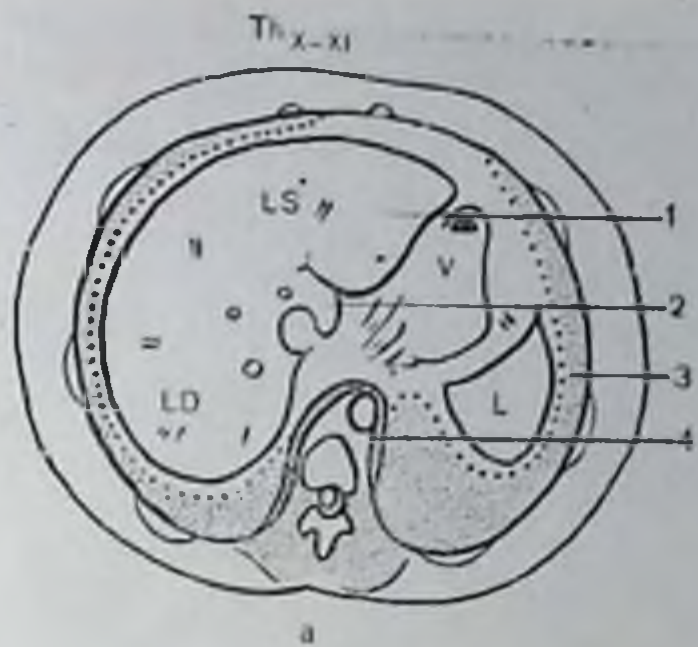
При исследовании надпочечников рекомендуется также использование программы «сектор-скан» — томография части тела (сектора) в режиме исследования головного мозга. При этом получается более детальное и увеличенное изображение, что позволяет более четко судить о структуре органа. Дополнительное центральное увеличение среза в 2—3 раза позволяет более детально визуализировать надпочечники и большие сосуды брюшной полости.

Данная программа может быть рекомендована для исследования также позвоночного столба, аорты и нижней полой вены. Толщина среза при КТ этой области 4 мм. При исследовании позвоночного столба и спинного мозга делают срезы в 4 мм при шаге томографирования 2 мм, что позволяет получать четкие реконструкции изображения в сагиттальной и коронарной плоскости. По боковой топограмме выбирают угол наклона «Гентри» так, чтобы плоскость среза была параллельна поверхностям исследуемых позвонков.

При патологическом образовании в органах или при неорганической опухоли рекомендуется делать срезы выше верхнего и нижнего полюса образования, что позволяет более точно определить вертикальный размер опухоли, соотношение исследуемого органа с соседними тканями, а иногда выявить наряду с основными заболеваниями и сопутствующие изменения. Относительную плотность определяют на срезе с максимальными поперечными размерами патологического участка, так как попадание в срез слоя неизменной ткани может привести к дифференциальным трудностям интерпретации КА.

Печень. Показанием для КТ являются первичные и вторичные опухоли, кисты, жировая дистрофия, циррозы печени, холелитиаз, опухоли желчных протоков и пузыря, воспалительные изменения.

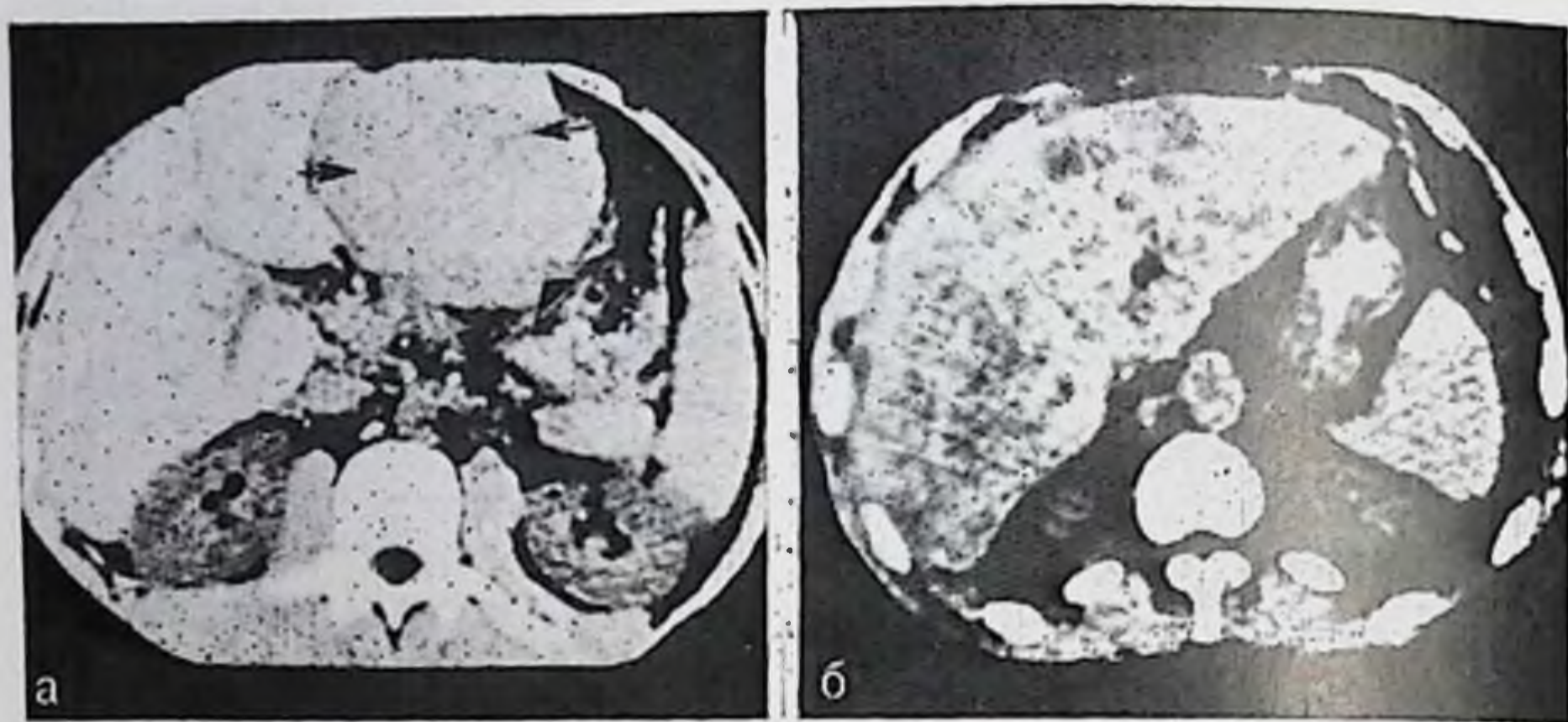
В норме (рис. 155, а б, в) печень имеет на томограмме ровные четкие контуры. Хорошо различаются ее доли, разделенные между собой вырезками. Структура паренхимы гомогенная. Плотность ткани составляет от +55 до +70 единиц. Видимость внутрипеченочных сосудов зависит от соотношения их плотности (от +35 до +45 единиц) с КА печени: при нормальных значениях КА печени они отчетливо прослеживаются в виде овальных и вытянутых образований; при меньшей плотности печени изображение сосудов сливается с окружающей паренхимой. На уровне X—XI грудных позвонков в непосредственной близости от полой вены, ближе к заднемедиальному краю печени, определяются печеночные вены. На уровне XI—XII позвонков у заднего края во-



155. Томограммы брюшной полости в норме на уровне X—XII грудных позвонков.

LD — правая доля печени; LS — левая доля печени; L — селезенка; V — желудок. а: 1 — левая доля; 2 — хвостовая доля печени; 3 — реберно-диафрагмальный синус; 4 — аорта; б: 1 — квадратная доля печени; 2 — общий желчный проток; 3 — хвост поджелудочной железы; 4 — селезенка; 5 — хвостовая доля; 6 — левая почка; 7 — аорта; 8 — левая ножка диафрагмы; 9 — правая ножка диафрагмы; 10 — нижняя полая вена; 11 — воротная вена; в: 1 — квадратная доля печени; 2 — салниковый бугор; 3 — хвост поджелудочной железы; 4 — левый надпочечник; 5 — левая почка; 6 — правый надпочечник; 7 — нижняя полая вена; 8 — воротная вена.

Ворот печени определяется воротная вена, которая в верхнем отделе ворот делится на правую и левую ветви. Кпереди и правее воротной вены лежит общий желчный проток, левее — собственно печеночная артерия. От ворот печени начинается правая продольная борозда, образованная ямкой желчного пузыря. Между ней и левой продольной бороздой лежит квадрат печени. На уровне



156. Рак печени.

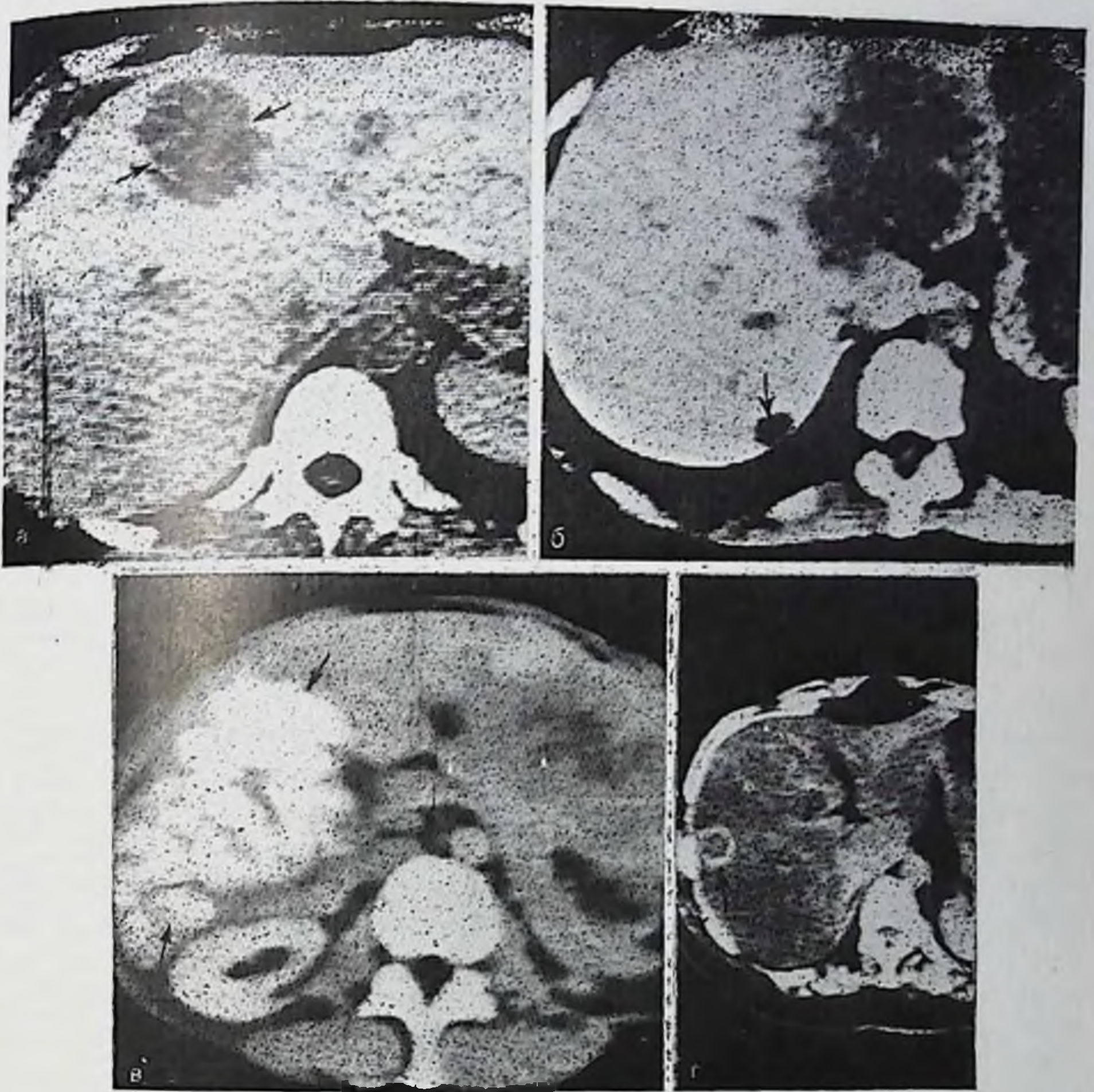
а — узловая форма рака печени (указано стрелками), в левой доле узел округлой формы диаметром до 8 см, структура узла однородная; б — диффузная форма рака печени; структура паренхимы печени неоднородна за счет множественных участков сниженной плотности.

I поясничного позвонка четко определяется ямка желчного пузыря и желчный пузырь. Направление ямки — косое: от медиального края печени к латеральному и сверху вниз. В связи с этим на томограммах она смещается с каждым нижележащим срезом вправо.

Желчный пузырь в большинстве случаев хорошо виден на томограммах как округлый или эллипсоидный участок ($КА = +10 \pm \pm 10$ единиц) с ровными и четкими контурами, расположенный внутри изображения правой доли печени или рядом с ним. Ширина желчного пузыря колеблется от 3 до 5 см. Стенка дифференцируется только по переднемедиальной поверхности, где пузырь лежит вне ямки. Стенка, тонкая в норме, утолщается при воспалительном процессе. Желчные протоки в норме на томограммах не видны; расширенные протоки вследствие низкой плотности отчетливо дифференцируются на срезах без использования контрастирования.

КТ позволяет судить не только о размерах и форме печени, но, и о расположении соседних органов, что в ряде случаев необходимо для правильной интерпретации данных, полученных с помощью других методов исследования.

Рак печени. Гепатоцеллюлярный рак диагностируется на основании понижения плотности печеночной паренхимы, изменения формы, размеров и структуры органа. Опухолевые узлы могут быть солитарными или множественными. Если раковая опухоль растет диффузно, пропизывая всю печень, то последняя имеет на томограммах измененную структуру в результате появления множественных участков неправильной формы с неоднородной плотностью и разных размеров (рис. 156). Как правило, независимо от формы роста наблюдается расширение внутрипеченочных протоков. Одним из симптомов опухоли является быстрое

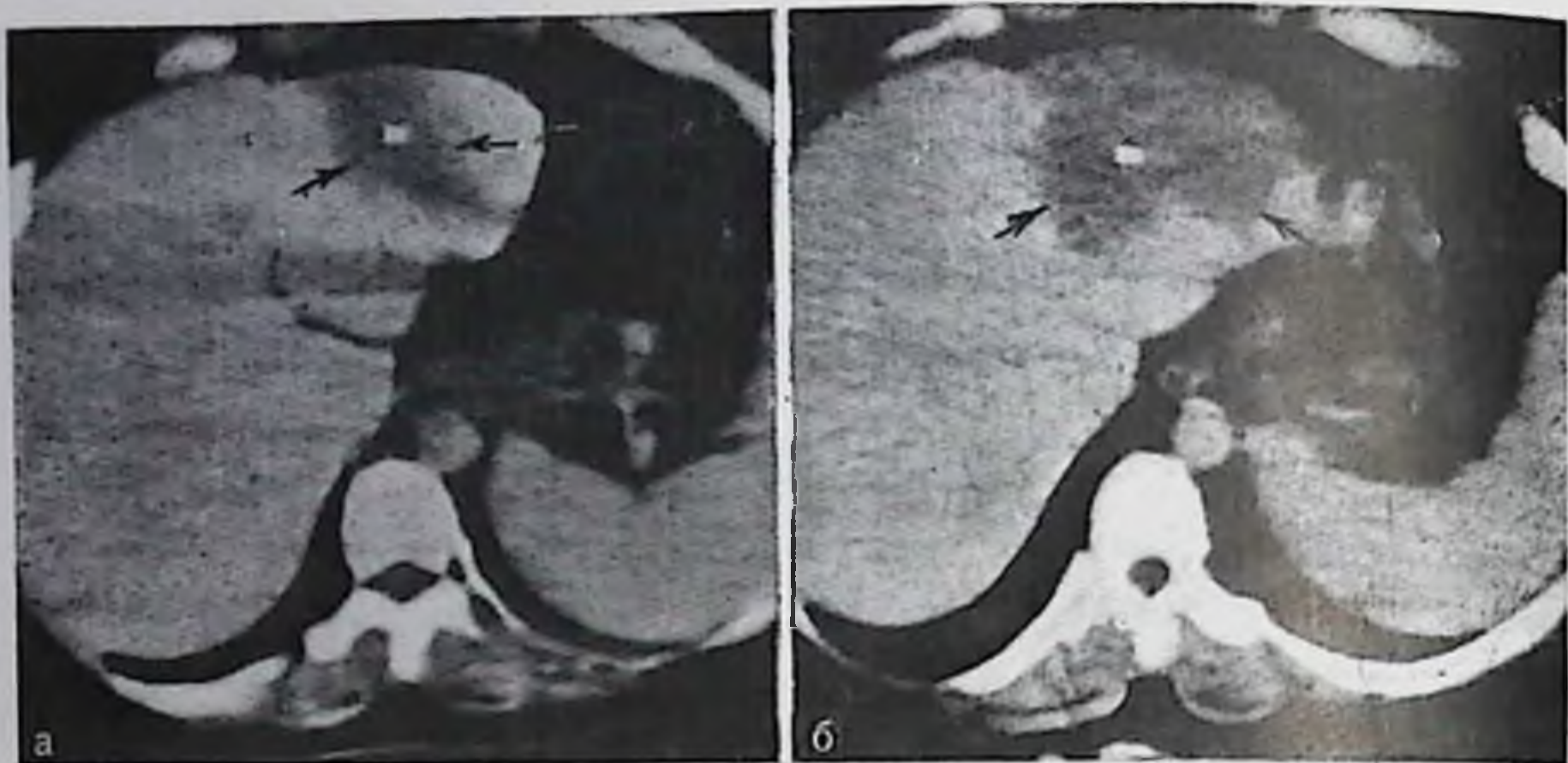


157. Метастазы в печень (обозначения стрелками).

а — единственный метастаз рака молочной железы в виде участка округлой формы с КА+35 единиц; б — метастазы рака ободочной кишки с низкой (+12 единиц) плотностью, имитирующие кистозные образования; в — метастаз рака толстой кишки с выраженной кальцинацией; г — метастазы рака молочной железы на фоне жировой дистрофии печени имеют более высокую плотность и видны в виде округлых участков или колец.

вовлечение в процесс воротной вены, сопровождающийся тромбозом и расширением калибра вены. После внутривенного контрастирования КА воротной вены по сравнению с КА аорты и полой вены низкий, структура ее пятнистая.

Метастатическое поражение печени характеризуется появлением на фоне паренхимы округлой или неправильной формы участков с низкой плотностью. Очертания их могут быть четкими или размытыми. КА метастазов различен в зависимости от природы опухоли. В 3% случаев метастазы имеют плотность, близкую к КА печеночной паренхимы, и могут быть выявлены только после использования внутривенного «усиления» изображения с помощью контрастных веществ. Низкая плотность метастазов мо-



158. Гемангиома левой доли печени (указано стрелкой).

Справа — доля занята низкоплотным образованием с однородной структурой; слева — после внутривенного «усиления» отмечается повышение плотности опухоли начиная с периферических ее отделов.

жет быть обусловлена некрозом. Кистовидные метастазы, симулирующие кисты и некротизировавшиеся опухоли, встречаются при лейомиосаркомах, раке ободочной кишки, карциноме и меланоме. Низкоплотные метастазы с единичными бесформенными включениями кальция встречаются при слизеобразующем раке толстой кишки, псевдомуцинозной цистаденоме яичника, аденокарциноме желудка, злокачественной инсуломе, редко — при опухолях почек и молочной железы, меланоме.

На фоне жировой или токсической дистрофии печеночной ткани метастазы выглядят более плотными (рис. 157). При раке яичников и псевдомиксомах брюшины могут встречаться кистозные имплантаты под капсулу и в капсулу печени, что придает поверхности органа неровные фесточчатые очертания.

Доброкачественные опухоли печени. Кавернозная гемангиома имеет при КТ «классический» вид, позволяющий точно дифференцировать ее от других новообразований. Опухоль имеет овальную форму, хорошо дифференцируется на фоне печеночной ткани вследствие более низкой плотности (КА равен от +25 до +40 единиц). В толще ее могут определяться участки плотностью от +10 до +15 единиц. После внутривенного контрастирования уже через 3—10 мин наблюдается постепенное нарастание плотности опухоли, начиная с периферических отделов печени, которое держится в течение нескольких минут (рис. 158, а, б). Гемангиома часто локализуется в задних отделах правой доли печени.

Аденома — низкоплотная опухоль, хорошо видимая на срезах, окружена тонким ободком, КА несколько ниже значений воды, что обусловлено скоплением гепатоцитов, содержащих жировые вакуоли.



159. Эхинококковые кисты в печени (обозначены стрелками). В правой доле печени — многокамерное кистозное образование с кальцинированной стенкой.

Узловая гиперплазия имеет вид большой гомогенной опухоли, которая после внутривенного контрастирования кратковременно и диффузно повышает КА, за исключением центральных отделов, имеющих неправильную звездообразную форму.

Сравнительно легко выявляются кистозные образования. Диагностика кист основана на денситометрии. КА их в большинстве случаев близок таковому воды (от 0 до +10 единиц), однако он зависит как от размеров, так и от содержимого кисты и может колебаться от -30 до +20 единиц. КА не изменяется после «усиления». Форма кист правильная, округлая; контуры — четкие, ровные.

Эхинококковые кисты приближаются по плотности к воде. Если кисты выступают за пределы печени, то выявляется капсула, толщина которой варьирует от 1—2 до 5 мм. Кисты чаще многокамерные, они четко отграничены от печеночной ткани. В 60% случаев в капсуле содержатся кальцинаты от мелких единичных до массивных, захватывающих всю капсулу (рис. 159).

Альвеококковые кисты имеют нечеткие очертания с плохо дифференцируемой стенкой, плотность их выше, чем у эхинококковых. В толще в 80% случаев выявляются кальцинаты в виде узелков.

Поликистоз печени встречается обычно в сочетании с поликистозом почек. На томограммах в печени выявляются множественные округлые участки с КА, близким к КА воды, диаметром 1—5 см. Контуры их ровные, четкие.

Абсцессы имеют более высокую плотность (от +20 до +40 единиц). Наличие газа в толще образования является патогномо-

ничным симптомом. «Усиление» редко приводит к повышению КА, иногда более четко контурируется ободок вокруг абсцесса.

Диффузные поражения печени труднее диагностируются с помощью КТ, чем локальные. Картина КТ зависит от этиологии и выраженности морфологических изменений, КА и контуров печени.

Цирроз печени распознается на основании ее диффузного увеличения или резкого уменьшения (в поздних стадиях), бугристости контуров, снижения КА. В поздних стадиях паренхима печени имеет неоднородную структуру в результате появления мелких участков с низкой и обычной плотностью печеночной ткани, что обусловлено наличием атрофических и репаративных процессов. Если в норме соотношение перепада КА между различными участками печени составляет $0,37 \pm 0,16$ единицы, то при циррозе этот перепад значительно выше — до $0,83 \pm 0,20$ единицы [Lee et al., 1983]. С помощью КТ могут быть выявлены сопутствующие циррозу асцит, спленомегалия и расширенные вены пищевода, которые муфтообразно охватывают последний в виде мягкотканевого образования. После «усиления» их КА растет, так же как у аорты и полых вен (рис. 160, а, б).

Жировая дистрофия печени диагностируется на основании данных денситометрии. Ткань печени имеет пониженную плотность (от +20 до +40 единиц) и на томограмме представляется темно-серой со светлыми полосками сосудов. В далеко зашедших случаях КА может иметь отрицательные значения. Значительное понижение плотности печени может наблюдаться после химиотерапии как результат токсического воздействия препаратов. Наага и Reich (1978) указывают, что снижение КА может наблюдаться при длительном приеме антибиотиков, стероидов, гепатотоксических препаратов. Распознавание ранних стадий жировой дистрофии печени при небольшом снижении значений плотности позволяет сопоставлять КА ткани печени и селезенки. В норме плотность печени выше на 6—12 единиц. Уменьшение этой разницы свидетельствует о возникновении дистрофического процесса. Возможны долевые и сегментарные очаги дистрофических изменений, которые быстро появляются и исчезают в зависимости от условий питания больного.

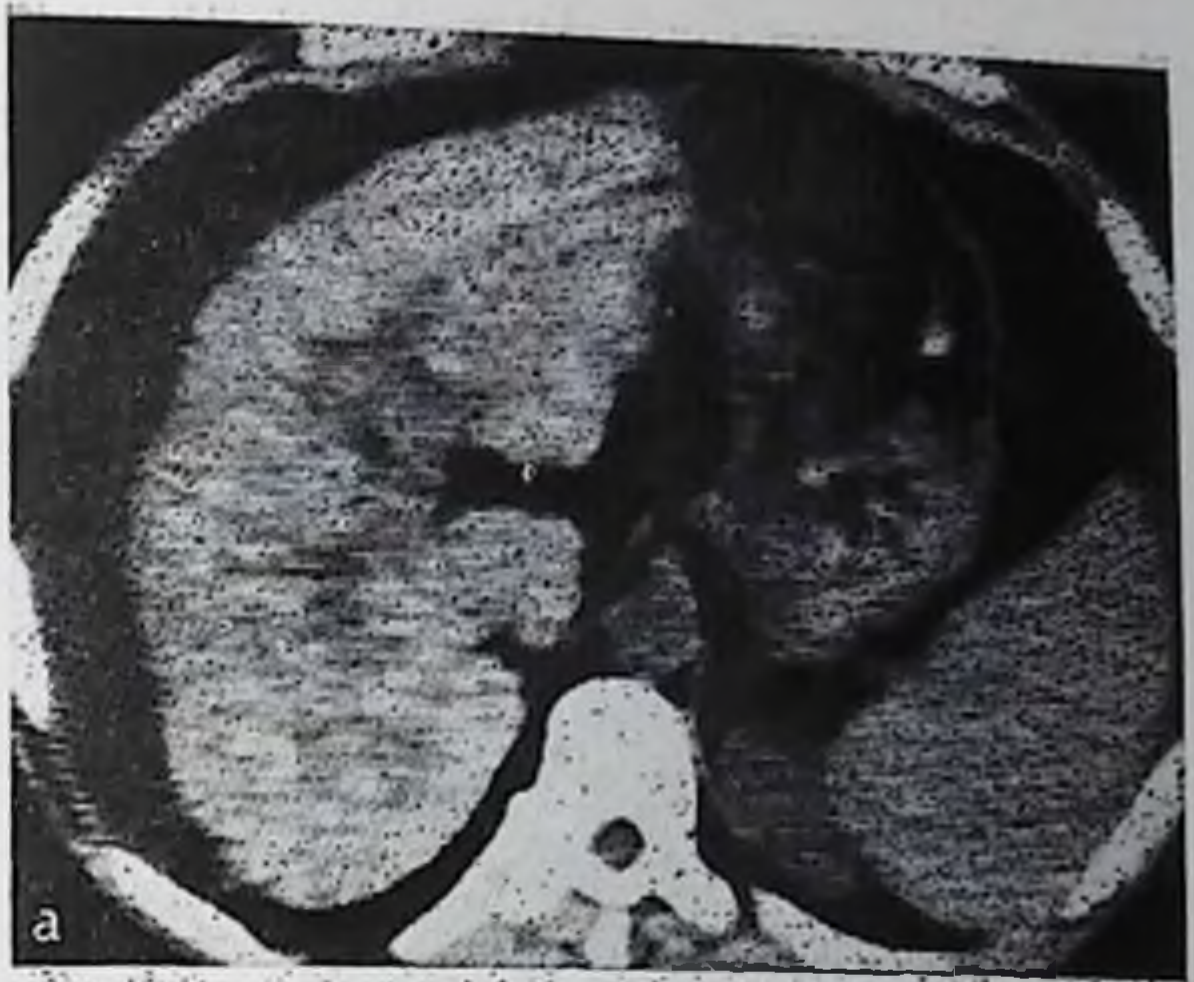
Диффузное увеличение плотности печени наблюдается при гематохроматозе у больных с талассемией, гемосидерозом и др.

Опухоли желчного пузыря проявляются на томограммах дополнительным мягкотканевым образованием в стенке или резким неравномерным утолщением стенки пузыря. Размеры пузыря увеличены, контуры его нечеткие.

Поджелудочная железа. Показаниями для КТ являются опухоли, кисты, панкреатит, вторичное поражение железы. КТ производится после ее ультразвукового исследования или сцинтиграфии. Четкое изображение тела и хвоста поджелудочной железы в норме (рис. 161, а, б, в) на томограммах выявляется на уровне

Цирроз печени.

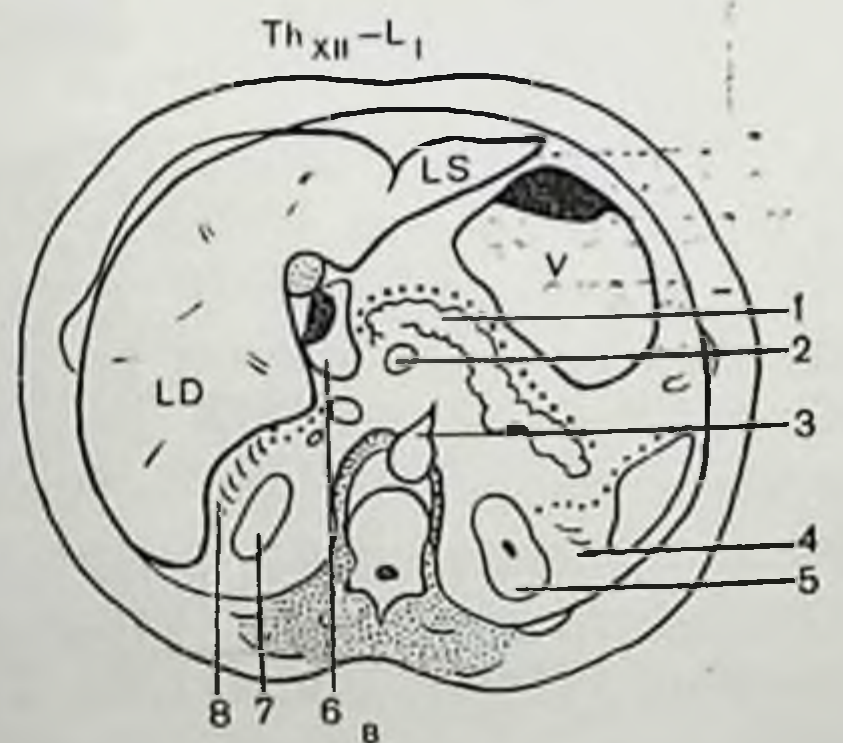
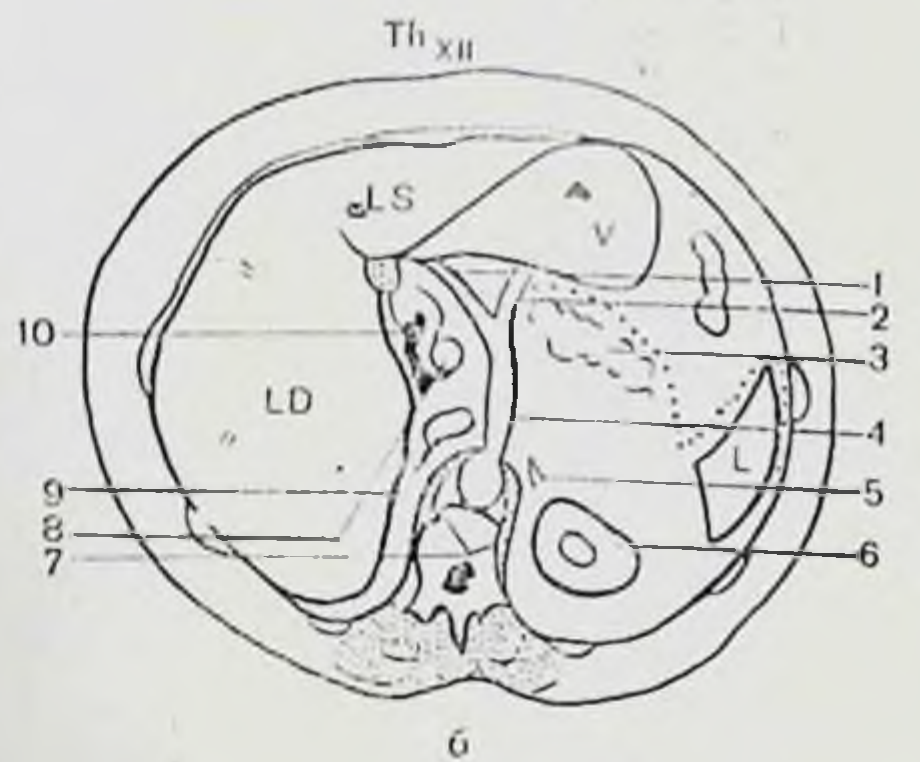
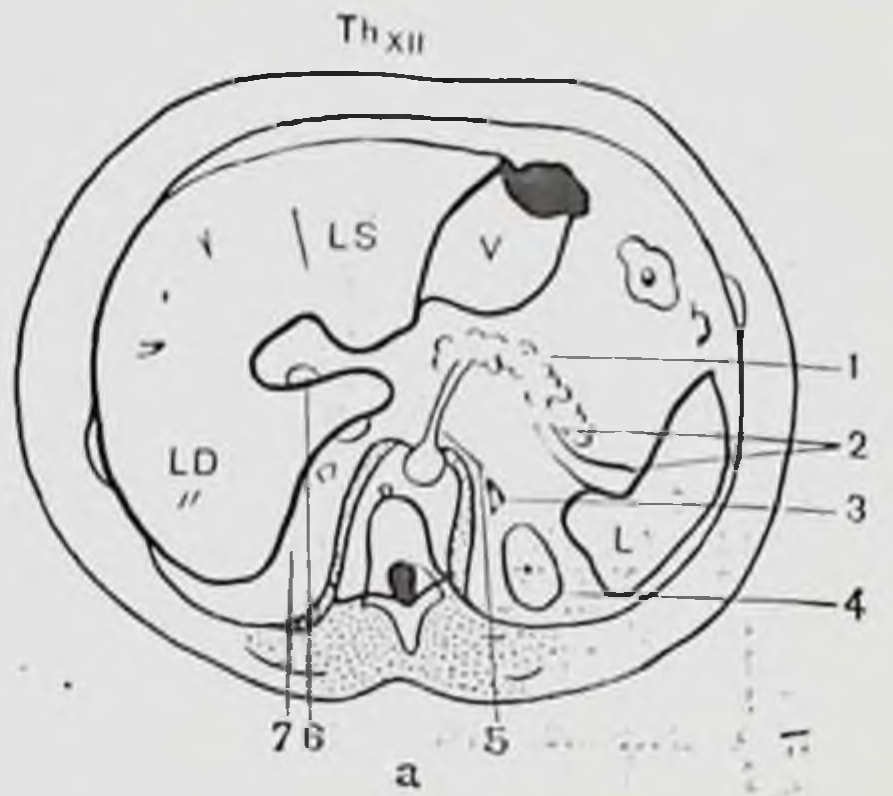
Внизу — начальная стадия цирроза — печень увеличена, имеет неоднородную структуру, сниженную плотность, контуры ее бугристые; вверху — конечная стадия цирроза — печень уменьшена, имеет неоднородную структуру за счет множественных мелких участков пониженной и повышенной плотности, расширены ветви воротной вены, спленомегалия, асцит.



XII грудного позвонка. Длинная ось железы часто расположена почти поперечно. Одна треть ее лежит перед телом позвонка, $\frac{2}{3}$ — влево от него. В проекции на переднюю брюшную стенку поджелудочная железа располагается на 5—10 см выше пупка. Форма поджелудочной железы напоминает лежащую букву «S», правая часть которой — головка располагается ниже (I—II поясничные позвонки), а тело и хвост идут косо и влево от XI—XII грудного позвонков. Толщина железы, по данным Р. Д. Синельникова (1966), составляет 2—3 см, длина — 16—22 см с головкой.

На основании 50 вскрытий Anacker (1975) установил, что высота поджелудочной железы равна 3,3 см (с вариантом 1,5—4,5 см), длина — 20,5 см (16,6—27 см). Особенно вариабельна длина хвоста, который может в редких случаях отсутствовать.

Naaga и Reich (1978) предлагают сравнивать поперечные размеры железы с прилежащим позвонком. Нормальная железа обычно соответствует $\frac{1}{3}$ поперечника позвонка. Однако необходимо учитывать соотношение всех отделов железы для суждения о ее увеличении или атрофии.



161. Томограммы брюшной полости на уровне XII грудного и I поясничного позвонков.

LD — правая доля печени; LS — левая доля печени; L — селезенка; V — желудок. а: 1 — поджелудочная железа; 2 — селезеночная артерия; 3 — левый надпочечник; 4 — левая почка; 5 — чревная артерия; 6 — воротная вена; 7 — правая артерия; 8 — тело поджелудочной железы; 2 — левая желудочная надпочечник; 6 — левая почка; 7 — попка диафрагмы; 8 — воротная вена; 9 — правый надпочечник; 10 — двенадцатиперстная кишка; в: 1 — тело поджелудочной железы; 2 — воротная вена; 3 — верхняя брыжеечная артерия; 4 — селезеночно-почечная связка; 5 — левая почка; 6 — двенадцатиперстная кишка; 7 — правая почка; 8 — печеночно-почечная связка.

Передняя поверхность железы покрыта брюшиной, задняя лежит забрюшинно и прикрепляется тонкими пучками соединительной ткани к задней стенке брюшной полости.

Ретрогастральное пространство у здоровых людей, по данным Анаскер (1975), равно $\frac{1}{2}$ —2 поперечным размерам позвонка. Наши исследования показали несколько большие размеры — 2—2,5. Причем на долю поджелудочной железы приходится $\frac{1}{2}$ тела позвонка, что составляет $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ ретрогастрального пространства. Таким образом, его величина не является прямым признаком увеличения поджелудочной железы, используемым при рентгеноскопии желудка. Более достоверным симптомом увеличения поджелудочной железы является вдавление задней стенки желудка, которая тесно прилежит к телу и хвосту железы.

Форма и положение поджелудочной железы весьма вариабельны и зависят как от конституции, так и от возраста больного. У детей железа имеет относительно большие размеры по сравнению с другими органами.

Особенно вариабельно положение хвоста железы, который может быть отклонен вперед или назад. При отсутствии левой почки он может занимать ее место.

Плотность неизмененной поджелудочной железы составляет от +30 до +45 единиц, после внутривенного контрастирования она повышается до 60—85 единиц. Тело и хвост окружены довольно обильной жировой клетчаткой, позволяющей хорошо дифференцировать контуры железы. Контуры железы обычно четкие и ровные, может встречаться лобулярная форма железы, которая характеризуется волнистым краем и выраженной дольчатостью.

По задней поверхности железы, в специальной борозде, под артерией лежит селезеночная вена. Диаметр селезеночной вены превосходит артерию примерно в 2 раза, в связи с чем она лучше определяется на срезах. Глубина сосудистых борозд может быть различной, вследствие чего почка селезенки может быть отделена от задней поверхности железы прослойкой жировой ткани или тесно прилежать к ней.

Головка поджелудочной железы определяется на уровне I—II поясничных позвонков, впереди и левее позвоночного столба. Слева она граничит с нисходящим отделом двенадцатиперстной кишки, сзади лежит нижняя полая вена и левее — воротная. Высота головки 3—9 см, поперечные размеры нормальной головки, по данным Наага и Reich (1978), равны $\frac{1}{2}$ —1 поперечному срезу позвонка.

Слева от головки и шейки лежит flexura двенадцатиперстной кишки. Между ними выходят верхнебрыжеечные сосуды, которые ложатся на переднюю поверхность нижней горизонтальной (восходящей) части двенадцатиперстной кишки. Артерия расположена левее, выходит она несколько выше, поэтому на одном срезе верхний отдел сосудистого пучка может быть не получен.

Верхняя брыжеечная вена позади головки поджелудочной железы сливается с селезеночной веной и образует воротную вену.

В этом месте от нижнего угла головки отходит крючкообразный отросток, который является наиболее низко расположенным отделом железы. Он отграничивает сзади сосудистый пучок верхней брыжеечной артерии.

Рак головки поджелудочной железы. Опухоли этой локализации вызывают наибольшие трудности в диагностике в связи с недостаточным отграничением головки поджелудочной железы от окружающих ее структур. Кроме того, в большинстве случаев плотность опухолевой ткани близка к КА паренхимы этой железы. Небольшие опухоли могут не вызывать изменений контуров и размеров поджелудочной железы. Опухоли поджелудочной железы при КТ чаще всего характеризуются следующими признаками (рис. 162, а, б): увеличением головки, бугристостью ее очертаний, признаками обтурации желчевыводящей системы, отеком дистальных отделов железы, наличием мелких псевдокист в теле и хвосте железы. Негомогенность структуры головки отмечается в 35% случаев. Менее постоянными признаками рака являются облитерация перипанкреатических жировых прослоек, псевдокисты в опухоли, плохая визуализация аорты и нижней вены, атрофия дистальных отделов железы, увеличенные лимфатические узлы.

При отсутствии деформации и увеличения головки железы диагностика опухоли осуществляется в основном по косвенным признакам, среди которых одним из главных является обтурация желчевыводящей системы, приводящая к появлению признаков механической желтухи у больного. Наиболее важным симптомом обтурации является расширение общего желчного протока, который первым реагирует на нарушение оттока желчи. Вслед за ним начинает расширяться сначала желчный пузырь, а затем внутрипеченочные желчные протоки. Однако наличие спаек или блока в области пузырного протока может препятствовать образованию симптома Курвуазье; при фиброзе и циррозе печени отсутствуют расширенные внутрипеченочные протоки. По уровню обтурации можно определить локализацию процесса.

В отличие от опухолей большого дуоденального соска при раке головки поджелудочной железы обычно не удается проследить ход протока до стенки двенадцатиперстной кишки.

Расширение протока поджелудочной железы наблюдается редко, что обусловлено его малой эластичностью. При отеке дистальных отделов железы видимость протока улучшается. Возможность выявления симптома облитерации перипанкреатической жировой клетчатки, сопровождающейся повышением ее плотности, зависит от распространенности опухолевого процесса, размеров опухоли и конституции больного, а также от возможностей тугого контрастирования двенадцатиперстной кишки.

В тех случаях, когда опухоль выходит за пределы головки поджелудочной железы, ее диагностика упрощается, поскольку отчетливо видно опухолевое образование, деформирующее поджелудочную железу.

Рак головки поджелудочной железы (обозначено стрелками).

а — головка железы увеличена, деформирована, жировая дистрофия печени; б — обтурация желчевыводящей системы: расширен общий желчный проток (1) и проток поджелудочной железы (2), увеличен желчный пузырь (3). Железа маленьких размеров вследствие хронического воспалительного процесса.



Рак тела и хвоста поджелудочной железы. Опухоли этой локализации, как правило, достигают больших размеров в связи с бессимптомным течением. Они вовлекают в процесс селезеночную артерию путем ее сдавления, тромбоза или прямой инфильтрации, что приводит к спленомегалии. При опухолях этой локализации чаще наблюдаются отдаленные метастазы (в печень, лимфатические узлы, почки и др.). Опухоли тела железы редко вызывают обструкцию желчевыводящих путей, поэтому

диагноз устанавливается на основании прямых признаков объемного поражения — увеличения размеров поджелудочной железы и ее деформации. Пораженный участок имеет неоднородную структуру, более низкую плотность. У большинства больных отмечается неоднородность структуры паренхимы всей железы, выявляются также мелкие псевдокисты. Маленькие опухоли тела (до 2 см) при отсутствии изменений КА железы с помощью КТ практически не выявляются. Однако в связи с относительно большими размерами опухолей этой локализации, более выраженными процессами некротизации их обнаружение не вызывает больших сложностей.

Опухоли хвоста поджелудочной железы не трудны в выявлении, поскольку этот отдел обычно хорошо виден на томограммах. Однако при поражении хвоста чаще наблюдаются спленомегалия и инвазия перипанкреатической клетчатки. Форма опухолей хвоста преимущественно вытянутая или грушевидная, структура неомогенная, плотность невысокая (от +20 до +35 единиц) (рис. 163). Вследствие длительного роста опухолей хвоста в них



163. Рак тела и хвоста поджелудочной железы (указано стрелкой). Железа увеличена, деформирована. Снижена плотность паренхимы.

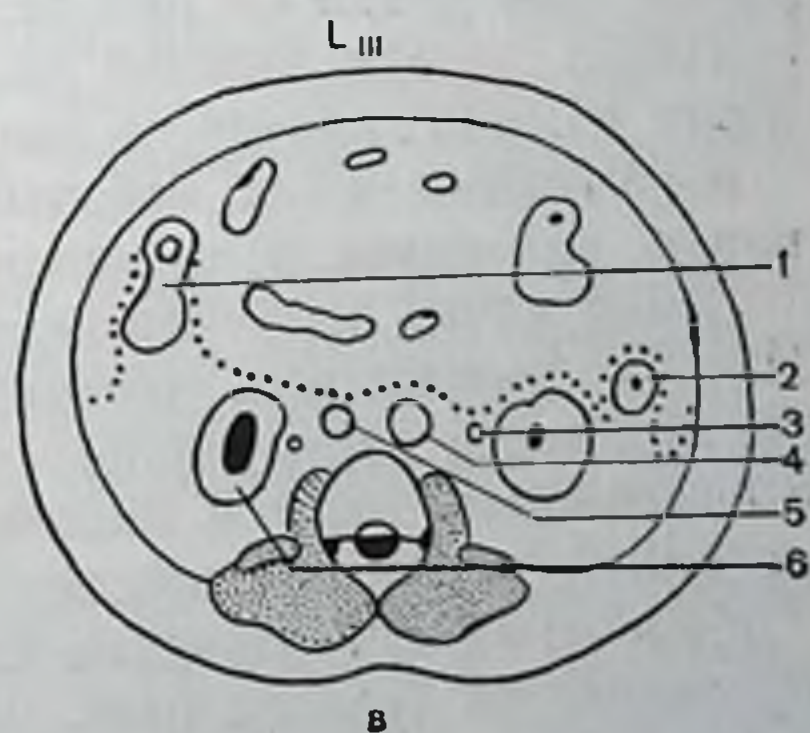
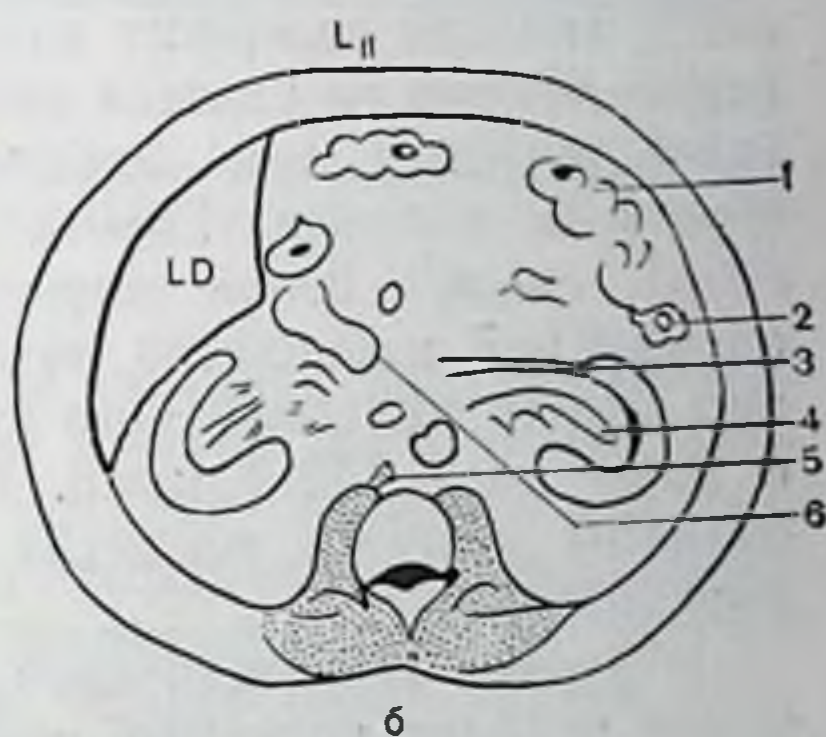
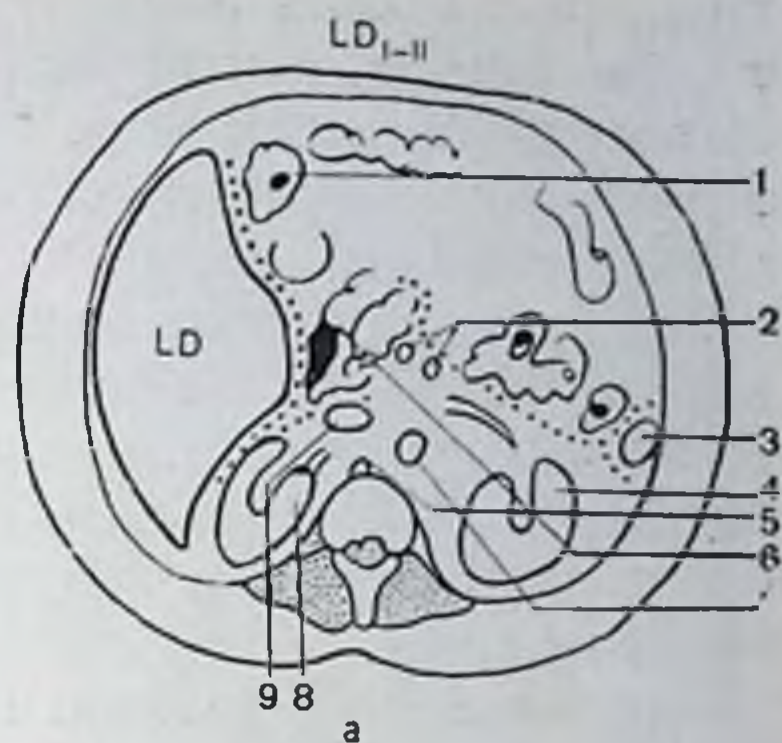
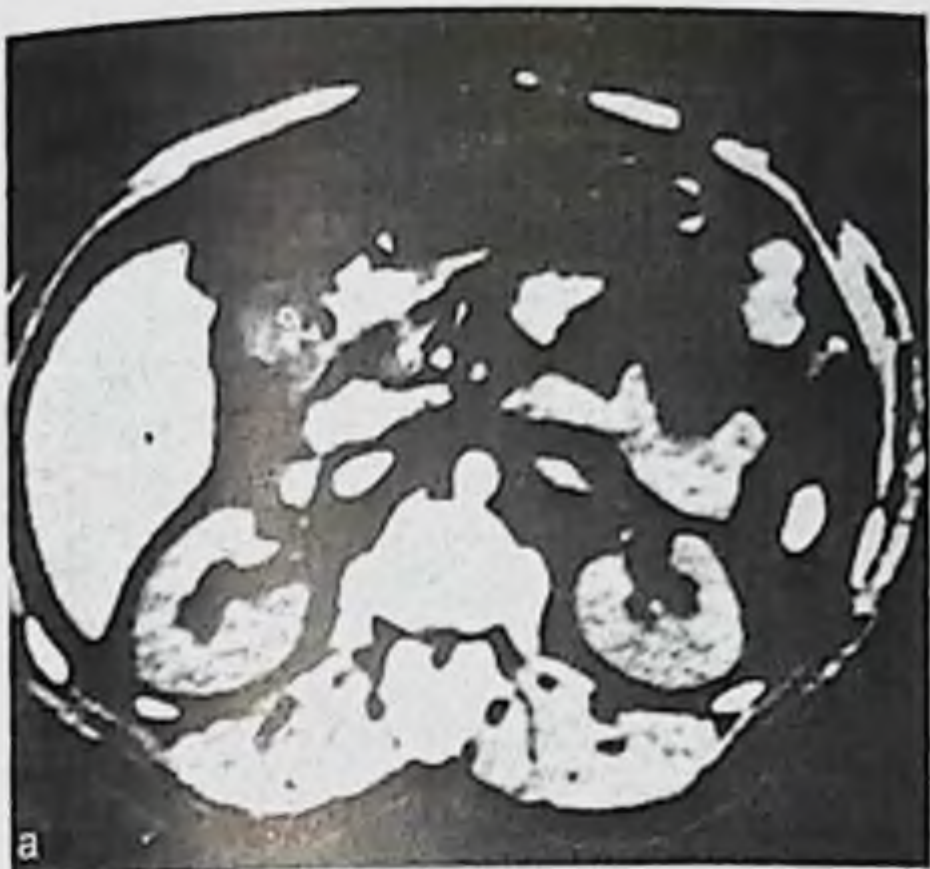
более выражены процессы некротизации и аутолиза, приводящие к появлению в центральных отделах участков пониженной плотности с уплотнением по периферии. Такие опухоли могут напоминать «псевдокисты», развившиеся вследствие панкреатита. Основными дифференциально-диагностическими признаками опухолей являются неравномерные по толщине стенки «псевдокисты» и отсутствие мелких кальцинатов, характерных для воспалительного процесса.

Большие опухоли тела и хвоста поджелудочной железы могут вызывать дифференциальные трудности с опухолями надпочечника, селезенки, неорганными опухолями. Диагностике способствует полипозиционное исследование и внутривенное контрастирование селезеночных сосудов, позволяющее более точно определить топографию железы и опухолевого процесса. Имитировать новообразование поджелудочной железы могут петли тощей кишки, разветвления селезеночных сосудов. Методически правильно проведенные исследование и контрастирование позволяют дифференцировать нормальные анатомические структуры, наложившиеся на срезы поджелудочной железы.

Почки. Показанием для КТ являются опухоли, кисты, вторичные опухоли, воспалительные изменения, нефролитиаз, гидронефроз, аномалии развития, травмы. КТ проводится после экскреторной урографии или ультразвукового исследования.

Сканирование почки начинается от уровня XI грудного и продолжается до III—IV поясничных позвонков. Толщина срезов 8 мм.

В норме (рис. 164, а, б, в) на уровне XII грудного позвонка выявляется верхний полюс правой почки, располагаясь по заднемедиальному краю правой доли печени в углублении, придаю-

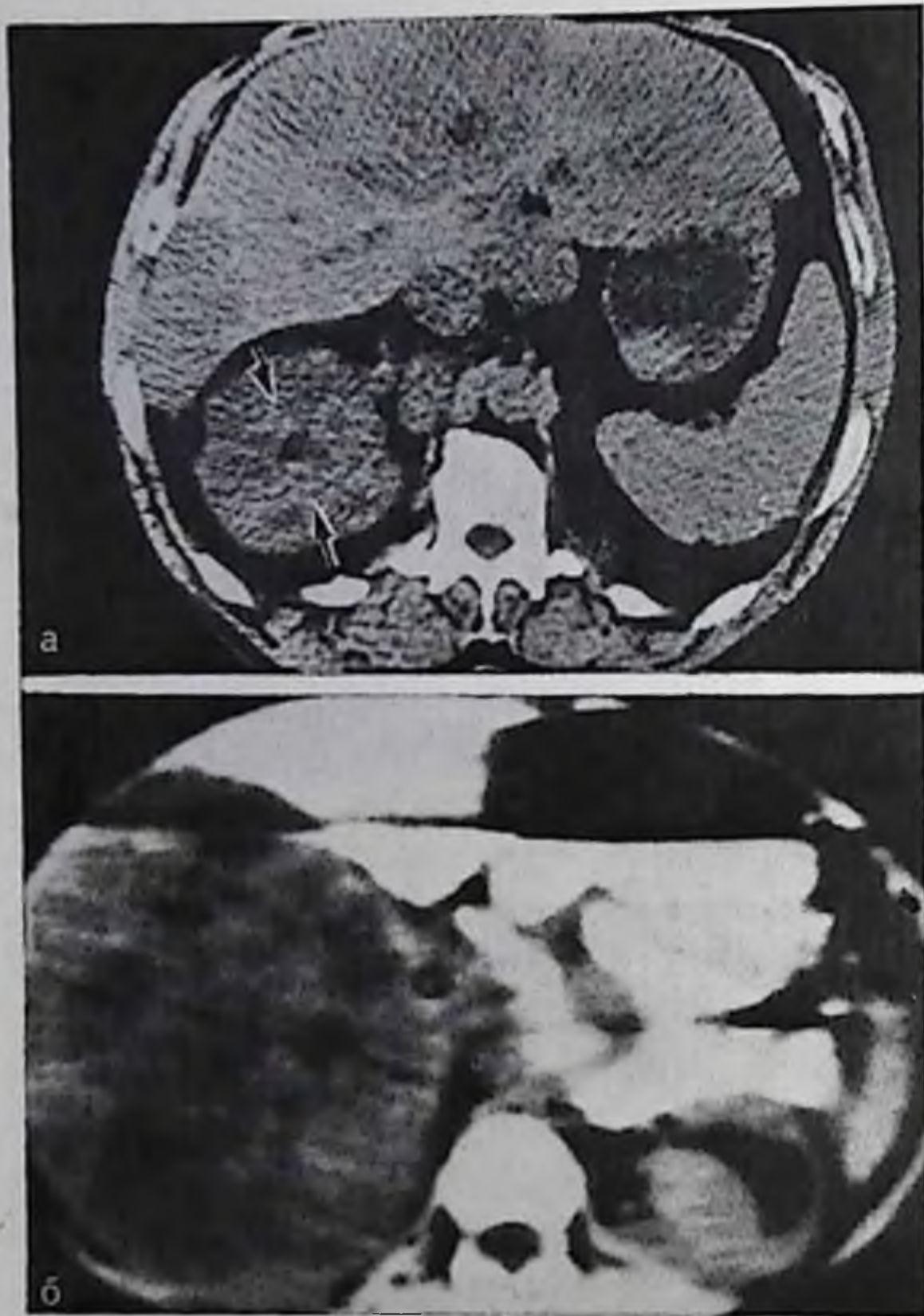


164. Томограммы брюшной полости на уровне I—III поясничных позвонков в норме.

LD — первая доля печени; а: 1 — поперечная ободочная кишка; 2 — артерия и вена верхнебрыжеечные; 3 — селезенка; 4 — левая почка; 5 — правая ножка диафрагмы; 6 — нисходящая часть двенадцатиперстной кишки; 7 — аорта; 8 — правая почка; 9 — нижняя полая вена; б: 1 — поперечная ободочная кишка; 2 — нисходящая толстая кишка; 3 — почечная вена; 4 — почечная артерия; 5 — ножки диафрагмы; 6 — двенадцатиперстная кишка; в: 1 — восходящая кишка; 2 — нисходящая толстая кишка; 3 — левый мочеточник; 4 — аорта; 5 — нижняя полая вена; 6 — правая почка.

Рак правой почки (указано стрелками).

а — почка имеет крупнофестончатые контуры, размеры синуса уменьшены. Метастазы в печень и паракавальные лимфатические узлы; б — нефробластома правой почки, опухоль имеет округлую форму, неоднородную структуру, по медиальному краю видна капсула.



кая, перегородки неравномерной толщины, отдельные участки имеют разную плотность. Часто наблюдается сопутствующее изменение сосудов почки и околопочечной жировой клетчатки.

Возможность КТ определять размеры сосудистой ножки почки позволяет выявлять распространенность по ней опухолевой инфильтрации. Увеличение калибра, зазубренность контуров сосудов, изменение их КА, отсутствие жировой прослойки между артерией и венной могут указывать на наличие опухолевого тромбоза.

Опухоли чашечек, лоханок и мочеточников встречаются редко. При небольших размерах опухоли чашечек диагностика затруднена, так как новообразования не сопровождаются увеличением и деформацией почки. Опухоль может проявляться лишь небольшим выбуханием по контуру. Опухоли лоханок диагностируются при наличии изменений почечной пазухи. Они располагаются в просвете синуса или вблизи ворот почки, часто напоминая внепочечно расположенную лоханку. Однако плотность их близка к КА почечной паренхимы (от +25 до +35 единиц), в толще могут выявляться единичные мелкие кальцинаты. Структура опухоли гомогенная, контуры ровные и четкие. Ткань почки располагается вокруг больших опухолей лоханки в виде серповидной полоски. Опухоль мочеточника имеет вид

мягкотканевого образования, располагающегося по ходу мочеточника, сопровождается гидронефрозом. Обычно уплотнена жировая клетчатка вокруг мочеточника, изменена структура поясничной мышцы на стороне поражения. Склонность опухоли к распространению по мочевым путям приводят к появлению в просвете мочевого пузыря или лоханки дополнительного мягкотканевого компонента.

Как и при раке почки, КТ позволяет определять нефробластома I—II и III—IV стадии, выявлять двусторонние опухоли. Дифференцирование между I и II стадией нефробластом бывает затруднено из-за артефактов, которые, как правило, отмечаются при обследовании детей. Они обусловлены невозможностью задержки дыхания ребенком. Артефакты, а также смещение органов не позволяют так же точно определить его границы и распространенность опухолевого процесса.

Опухоли I—II стадии имеют при КТ относительно гомогенную структуру и правильную округлую форму. У части больных дифференцируется толстая капсула, преимущественно в медиальных и задних отделах, в которых определяется жировая клетчатка.

Опухоли III—IV стадии имеют негетогенную структуру, в толще выявляются кистозные участки, кальцинаты. Выраженные процессы некротизации придают структуре опухоли пестрый вид. Форма опухоли преимущественно округлая. Контуры бугристые, в большинстве случаев опухоль сливается с изображением соседних органов, в связи с чем трудно определить истинные размеры опухоли. Видимость капсулы опухоли отмечена у 18,9%.

Кистозная форма нефробластом обычно не вызывает дифференциально-диагностических трудностей, поскольку кисты определялись в толще опухоли с мягкотканевым компонентом. Эта возможность КТ имеет важное значение в связи с тем, что наличие бессосудистых участков в опухоли является причиной частых диагностических ошибок при ангиографии.

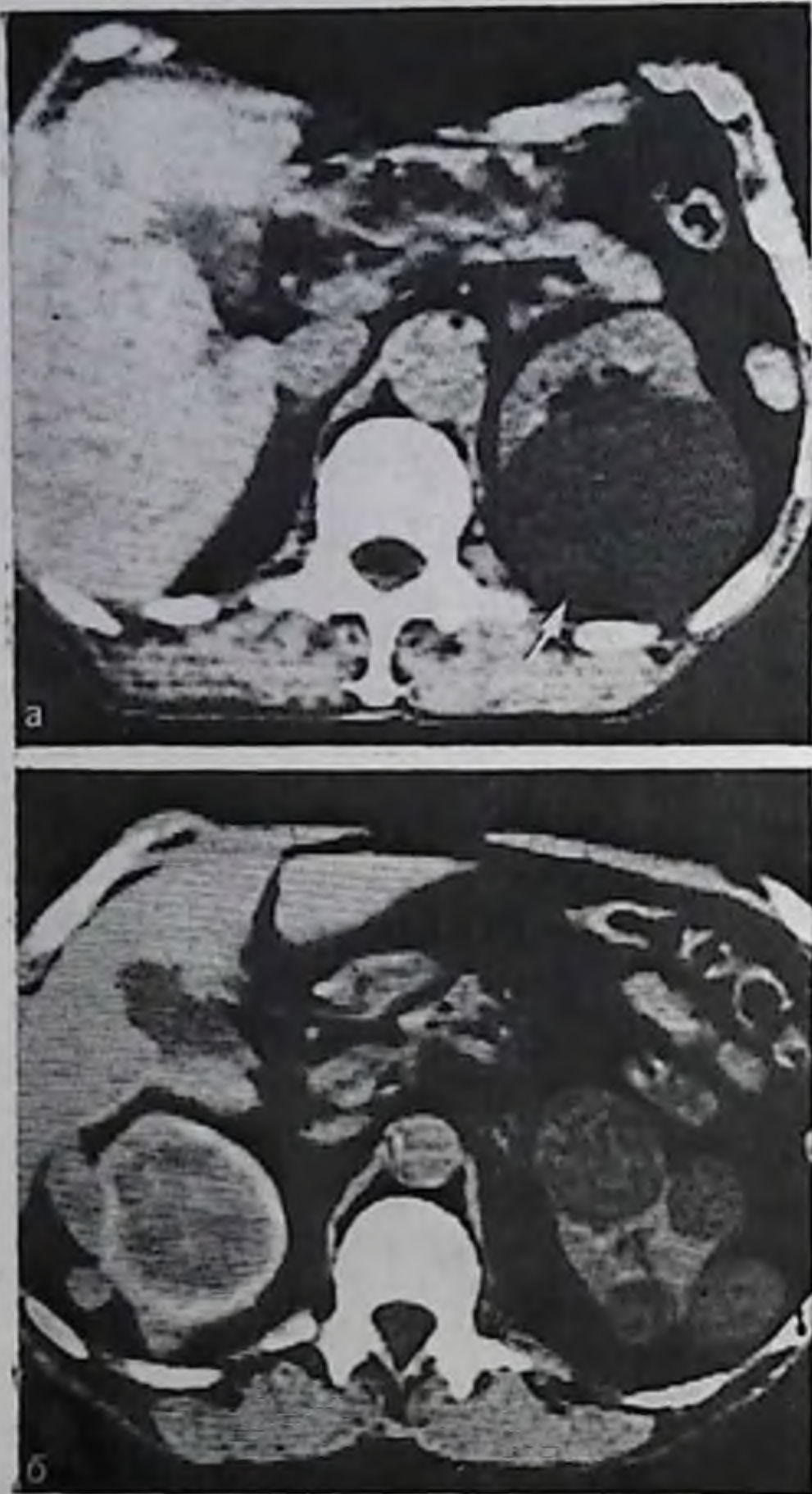
Наличие крупных кальцинатов может затруднить дифференциальную диагностику с нейрогенными опухолями брюшного пространства, имеющих сходное изображение. В тех случаях, когда опухоль имеет чисто кистозную структуру, дифференцировать ее только с помощью КТ от мультикистозной почки сложно. Об опухолевом процессе свидетельствуют нечеткие контуры почки, мелкие кальцинаты, наличие на томограммах увеличенных лимфатических узлов.

Липомы, липосаркомы, ангиолипомы — редко встречающиеся опухоли почки. На томограммах они четко отграничены, растут в паранефрий. Структура опухоли негетогенная, преобладают участки с КА жировой клетчатки.

Таким образом, в диагностике рака почек КТ имеет высокую разрешающую способность, позволяющую определять опухоль до 2 см и в большинстве случаев способную заменить ангиографию, которая показана в трудных случаях топической диагностики и при необходимости оценки сосудистой архитектоники.

Кисты почек.

а — киста левой почки, контуры ее ровные, четкие, края паренхимы имеют вид острых углов; б — поликистоз почек, в обеих почках — множественные кисты разного диаметра, справа — кальцинированная киста диаметром 6 см.



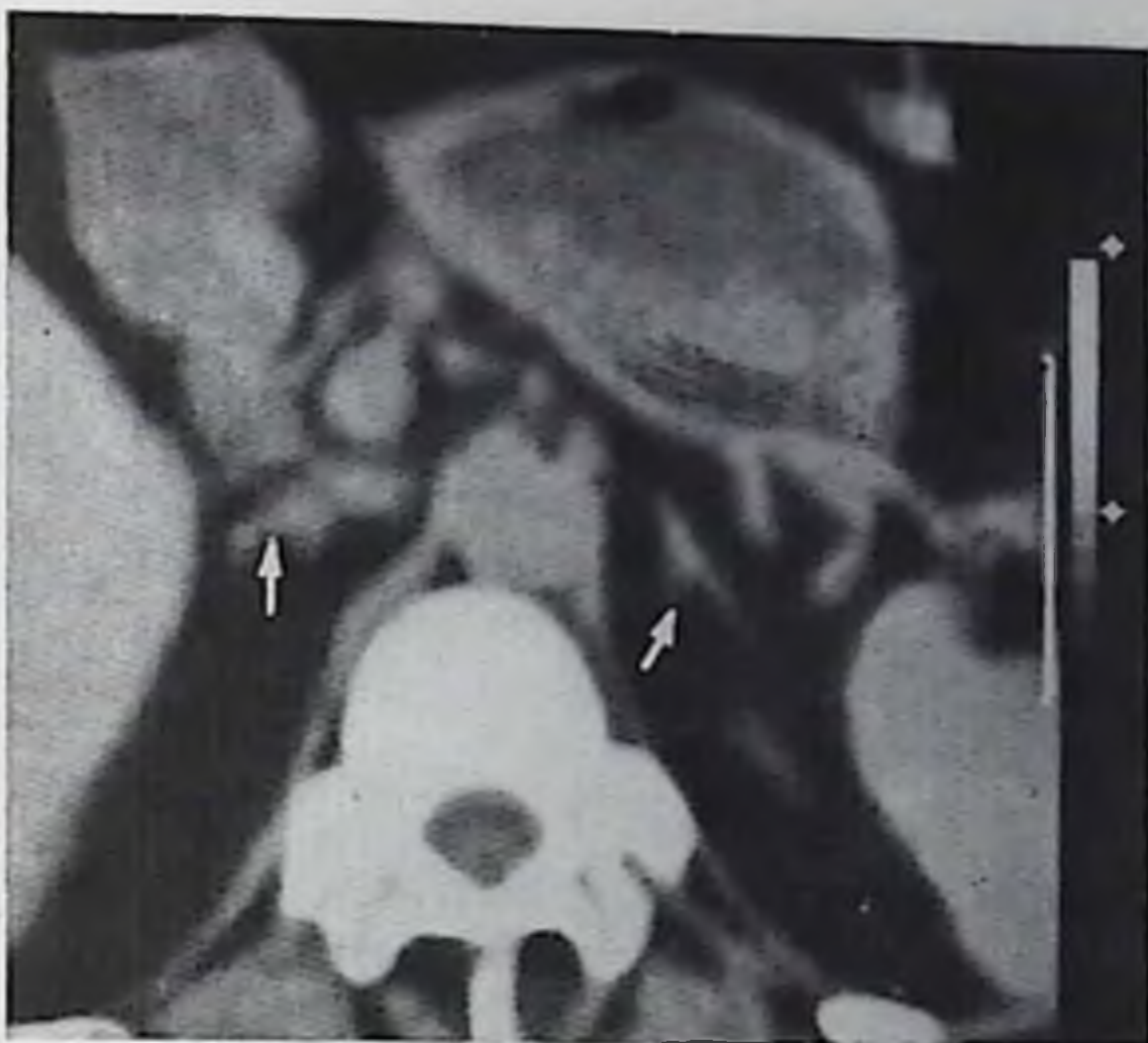
Кисты почек выявляются с помощью КТ размером от 0,3 см. Основными их признаками являются (рис. 167, а, б) низкая плотность ($+9,2 \pm 4$ единицы), отсутствие реакции на «усиление», округлая форма, четкие и ровные контуры. Структура гомогенная. Капсула выявляется преимущественно на границе с жировой капсулой. Кисты больших размеров вызывают сужение паренхимы по толщине среза по направлению от синуса к периферии в виде острого угла или «шпоры» с четкими ровными краями. Мультилокулярные кисты имеют более высокие показатели и широкий диапазон КА (от $+4$ до $+30$ еди-

ниц), что обусловлено наличием множественных перегородок, содержащем кальцинатов. Это придает им вид идентичный раковым опухолям с полостями распада. Инфицированные кисты также имеют высокую плотность, нечеткие контуры их КА равняются от $+10$ до $+30$ единиц. Для уточнения диагноза в таких случаях показана ангиография.

Кистозные образования, выявляемые в почках при туберкулезе, в отличие от обычных кист имеют неправильную форму — треугольную, многоугольную, вытянутую. КА колеблется от $+10$ до $+20$ единиц. Как правило, эти кисты располагаются в толще паренхимы, не выходят за край. В толще паренхимы могут отмечаться мелкие кальцинаты.

Диагностика гидронефроза при КТ несложна, так как гидронефротический мешок имеет характерное вытянутое к воротам почки изображение с волнистым краем и расширенными чашечками, КА равен таковому жидкости ($+9,4 \pm 5,5$ единицы). При гидронефрозе, как правило, на томограмме прослеживается прослойка жировой ткани между расширенной лоханкой и паренхимой почки.

Томограмма надпочечников в норме. Надпочечники (указано стрелками) имеют четкие ровные контуры, однородную структуру. Размеры правого надпочечника: ширина 2,4 см, толщина 0,6 см, высота 1,4 см; размеры левого надпочечника: ширина 2,1 см, толщина 0,7 см, высота 2,2 см.

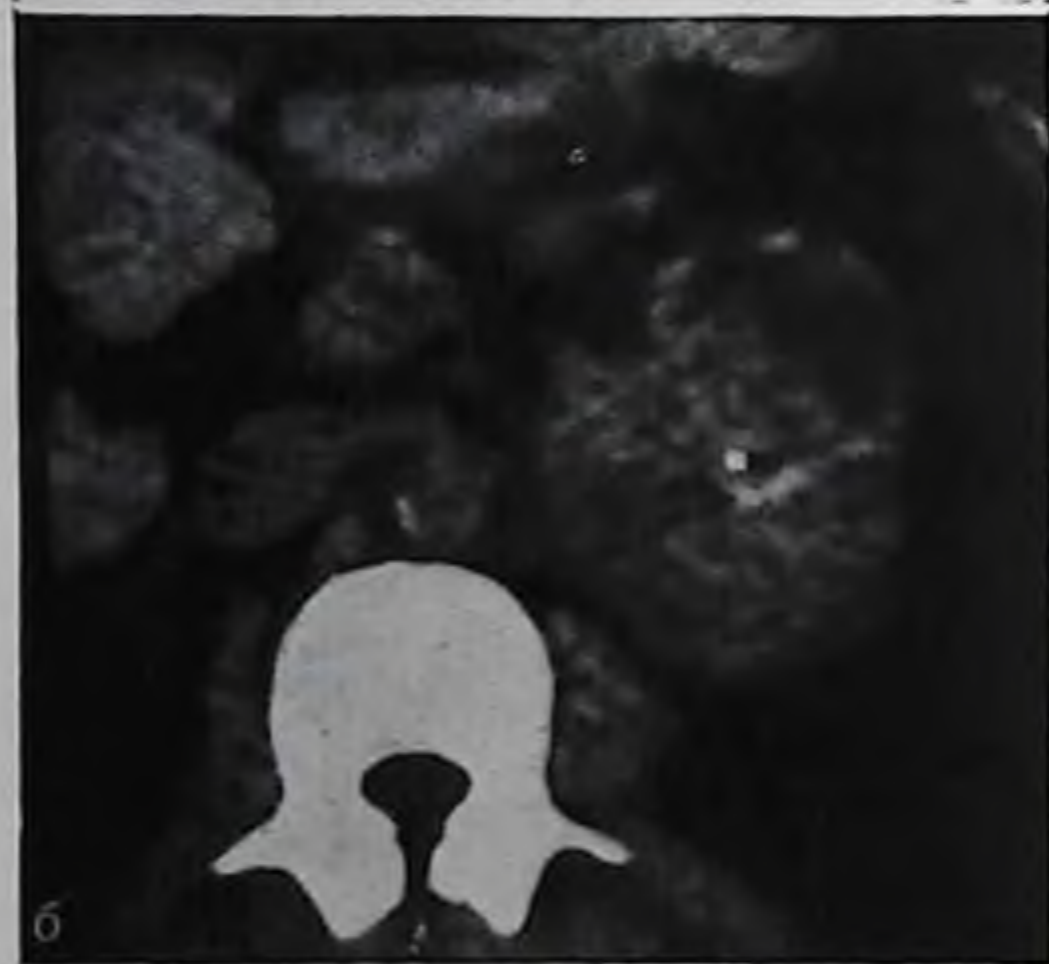


Дифференциальная диагностика с кистами осуществляется внутривенным контрастированием, повышением КА от -70 и до $+170$ единиц, что является показателем гидронефротического мешка. В тех случаях, когда причиной расширения мочевыводящей системы является сморщивание почки при пиелонефрите, первым симптомом служат расширенные чашечки.

Вторичное поражение почек. Изменение почек при лимфомах характеризуется диффузно-инфильтративным ростом опухоли, приводящим к равномерному «вздутию» почки. Сечение почки имеет округлую форму, толщина паренхимы увеличивается в 3—4 раза. Изображение синуса смещается кпереди и уменьшается. Структура паренхимы негетогенная: центральные отделы отличаются по плотности от периферических, которые имеют вид полулуний с волнистыми краями. Возможны кистозные образования в толще паренхимы почки. Процесс, как правило, двусторонний.

Метастатическое поражение почек наблюдается преимущественно у больных раком легкого и при первичной опухоли контралатеральной почки. Размеры метастазов могут быть от 0,5 см до полного поражения почки. Иногда метастазы могут имитировать первичную опухоль. В ряде случаев они имеют вид мелких узелков или выступов по контуру почки. У 25% больных отмечается вздутие участков паренхимы с изменением структуры и снижением их КА. В отличие от пиелонефрита, сопровождающегося образованием низкоплотных участков, при метастазах «псевдокисты» единичны, мелкие, с более высоким КА, сопровождаются облитерацией или деформацией синуса и «дефектами» в толще паренхимы. В жировой капсуле могут дифференцироваться мелкие (0,3—1 см) хорошо очерченные образования.

КТ имеет высокую чувствительность по выявлению изменений в почках, достигающую 93—99%. Специфичность признаков в



169

Феохромоцитома левого надпочечника.

а — опухоль (указана стрелками) смещает тело и хвост поджелудочной железы вперед, граница с железой не дифференцируется (инвазия); б — фрагмент томограммы с увеличением — структура опухоли неоднородная, выявляются участки высокой и низкой (жировой) плотности, задний край тесно прилежит к левой почке.

диагностике рака равна 93%, нефробластом — 89%, кист — 97%, гидронефроза — 96%, метастазов — 73%.

Надпочечники. Показаниями для КТ являются опухоли, кисты, гиперплазия, метастазы.

В норме (рис. 168) форма правого надпочечника несколько отличается от левого. Правый надпочечник на томограмме представлен в виде небольшой плотной полоски на фоне жировой клетчатки позади нижней полой вены на уровне XII грудного позвонка. Слева от него лежит правая ножка диафрагмы и внутридиафрагмальная часть нисходящей аорты, справа — правая доля печени.

Левый надпочечник виден в виде Y-образования или треугольного образования размером $1 \times 2,5$ см, расположенного несколько впереди от верхнего полюса левой почки. Плотность надпочечников измерить трудно, так как они не занимают полностью площадь денситометра. В среднем она составляет приблизительно от +10 до +20 единиц.

Впереди от левого надпочечника и позади хвоста поджелудочной железы лежит селезеночная артерия.

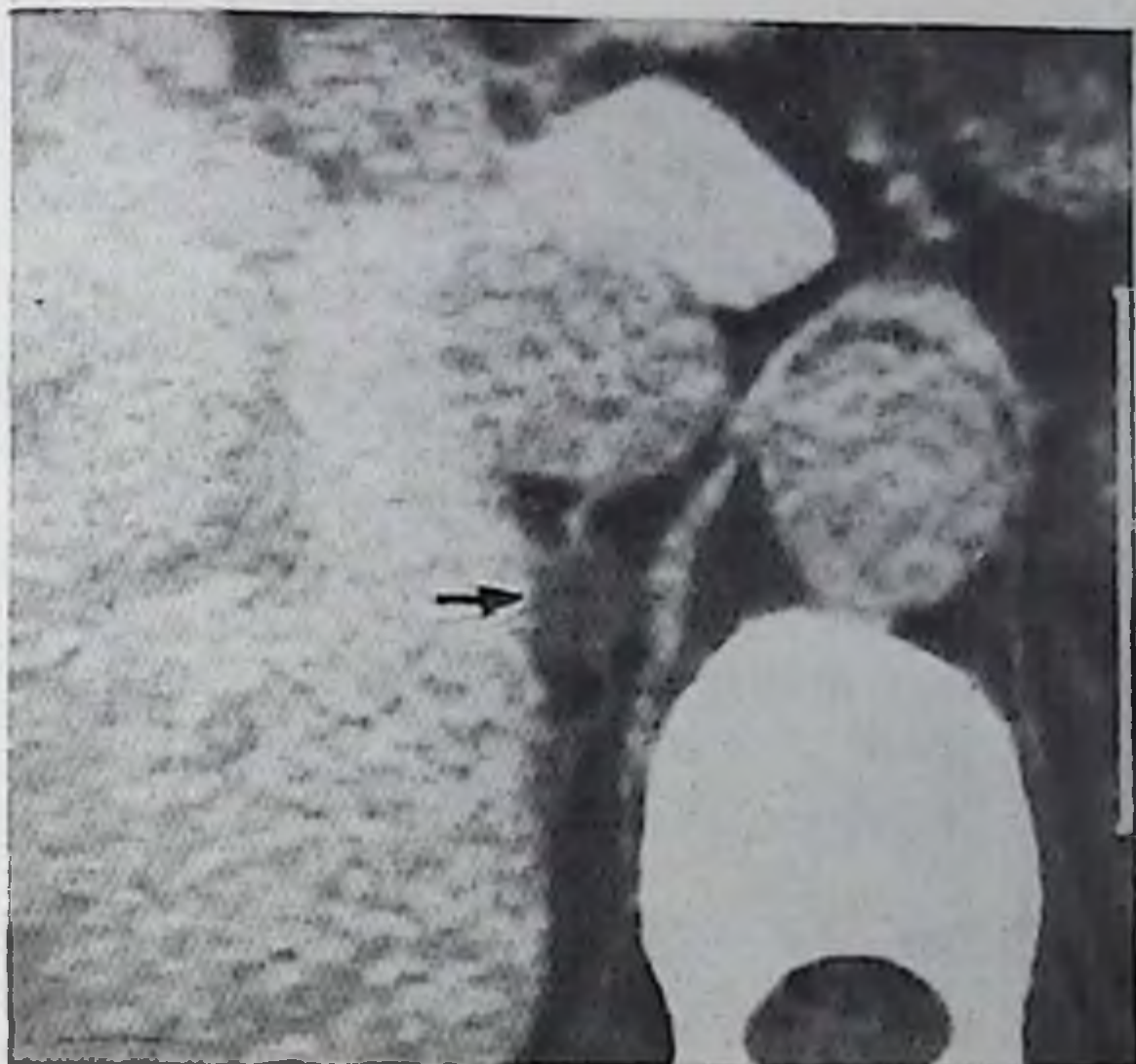
Гормонально-активные опухоли надпочечника сопровождаются клиническими признаками полного или частичного гиперкортицизма. Основным КТ признаком опухоли является увеличение размеров надпочечников.

Феохромоцитома (рис. 169) проявляется в виде новообразования в проекции надпочечника, при этом в 85% изображение самой железы отсутствует. В 70% структура опухоли него-

го-

170

Альдостерома правого надпочечника. В толще железы — округлая опухоль размером до 0,5 см (указано стрелкой), вызывающая деформацию контуров. Плотность опухоли близка к КА жировой ткани (-25 единиц).



могенная, часто в ней выявляются кальцинаты и жировые участки. Размеры кальцинатов различные — от мелких до крупных единичных. КА опухоли $+32 \pm 12$ единиц, размер $4 \times 3,7 (\pm 2)$ см.

Альдостеромы (рис. 170) чаще имеют округлую форму, но встречаются опухоли с вытянутой и неправильной формами. Структура их гомогенная. КА ниже, чем у феохромоцитом, и колеблется от $-7,6$ до $+29$ единиц. Варианты с отрицательными значениями плотности обусловлены высоким содержанием липидов. Из-за невысокой плотности альдостеромы могут нечетко определяться на фоне жировой клетчатки. В 33% случаев опухоль проявляется только деформацией и увеличением железы. Размер альдостером $1,0 \times 1,8 (\pm 0,8)$ см.

Кортикостеромы значительны по размерам — $8,5 \times 6,6 (\pm 2)$ см и имеет высокую плотность ($+39,4 \pm 11$ единиц).

Узелковая гиперплазия надпочечников характеризуется наличием гомогенных мелких единичных или множественных узелков с четкими очертаниями, выступающих за край железы или располагающихся в ее толще, придавая волнистость ее очертаниям. При глубоком расположении узелков возникает деформация железы. Размер узелков $0,2-0,4$ см.

Диффузная гиперплазия характеризуется увеличением надпочечников при сохранении треугольной формы и четкости их контуров. Очертания железы ровные или крупноволнистые. Процесс, как правило, двусторонний. У больных с артериальной гипертензией возможны увеличение одной железы и неоднородность ее структуры.

Липоматозные струмы выявляются случайно, не сопровождаются гормональными нарушениями. На томограммах они имеют гомогенную структуру, КА, близкий таковому жировой ткани (-95 ± 13 единиц). В связи с этим они выявляются только при



171. Метастазы меланомы в надпочечники (указано стрелками). Оба надпочечника увеличены (правый — $3 \times 2 \times 3$ см, левый $6 \times 8 \times 9$ см), имеют неоднородную структуру, неровные очертания. Поджелудочная железа смещена вперед.

наличии тонкой соединительнотканной капсулы. Надпочечник может не дифференцироваться или иметь искаженное изображение в виде выбухания и закругления заднего края.

Гормонально-неактивные опухоли надпочечника обычно достигают больших размеров, имеют неоднородную структуру за счет участков с плотностью жидкости, реже жировой ткани, кальцинатов. Форма опухолей преимущественно овальная, при правосторонней локализации — каплевидная. Четкость контуров обусловлена наличием толстой капсулы. Выявление этих опухолей с помощью КТ не вызывает больших трудностей, однако определение принадлежности по органам в большинстве случаев возможно только на основе данных полипозиционного исследования.

Кисты надпочечников являются следствием кровоизлияний в нормальную ткань железы или его аденомы. Они уверенно диагностируются на основании денситометрии и правильной округлой формы. На «усиление» кисты не реагируют. При длительном существовании в капсуле появляются мелкие кальцинаты. Основные трудности в дифференциальной диагностике с аденомами вызывают геморрагические кисты, имеющие неправильную форму и более высокий КА.

Метастазы в надпочечники (рис. 171) встречаются преимущественно у больных раком легкого, почки, меланомой, реже раком молочной железы и поджелудочной. В большинстве случаев они не проявляются клинически. Двусторонняя инфильтрация надпочечников может встречаться при лейкозах и лимфомах.

Надпочечники на томограмме приобретают каплевидную или неправильную трех-, четырехугольную форму с выпуклыми краями. Маленькие метастазы имеют гомогенную структуру. По мере роста опухоли надпочечник приобретает округлую форму и негемогенную структуру, бугристые очертания. Иногда в толще опухоли появляются мелкие кальцинаты. Большие опухоли имеют сходное изображение с первичными раковыми опухолями железы. КА равен +16 или +15 единицам, средний размер составляет $3,3 \times 2,6 (\pm 1,5)$ см.

КТ обладает высокой разрешающей способностью в диагностике новообразований надпочечников и дает возможность диагностировать опухоли размером от 0,5—1 см. Чувствительность КТ в выявлении опухолей составляет 94%, гиперплазии — 82%, специфичность выявленных изменений при опухолях — 86%, при гиперплазии — 70%. В целях повышения точности диагностики новообразований надпочечников целесообразно сочетать КТ при гормонально-активных опухолях со сцинтиграфией, а при нефункционирующих опухолях — с ангиографическим исследованием.

Забрюшинное пространство. Показаниями для КТ являются опухоли, кисты, метастатическое поражение лимфатических узлов, аномалии развития, аневризма аорты, абсцессы, травмы. КТ является первой в ряду диагностических методов исследований больных с неорганическими опухолями, так как позволяет получить прямое изображение опухоли забрюшинного пространства. Ее чувствительность составляет 98%, специфичность — 73%. При опухолях симпатических ганглиев, мезенхимом, липофиброматозе, миксомах отмечается узловатая форма развития опухоли, при которой выявляется конгломерат узлов с различной структурой либо узлы располагаются в различных отделах брюшной полости. Наличие кальцинатов характерно для нейробластом, тератом, мезенхимом, гемангиом. В большинстве случаев на томограммах не дифференцируется изображение аорты и полой вены, что обусловлено инфильтративным ростом опухоли вокруг сосуда.

Наиболее специфичную картину при КТ имеют опухоли из симпатической нервной системы. Они имеют бугристые очертания и неправильную форму, негемогенную структуру с множественными крупными кальцинатами, КА колеблется от +25 до +40 единиц.

Опухоли жировой ткани (рис. 172, а, б) имеют различное изображение на томограммах в зависимости от выраженности фибробластического компонента. Зрелые липомы, повторяющие строение жировой ткани, и высокодифференцированные липосаркомы имеют гомогенную структуру и сходны с изображением подкожной жировой клетчатки (КА равен —70, —150 единицам). Ведущим симптомом опухоли служит смещение внутренних органов брюшной полости с образованием «немой» зоны. При локализации непосредственно в забрюшинном пространстве опухоль смещает петли кишечника в противоположную сторону. Опухоли корня



172

Высокодифференцированная липосаркома (указано стрелкой) (а) забрюшинного пространства. Слева располагается «немая» зона с плотностью жировой ткани (-95 единиц), вызывающая смещение петель кишки вправо. Забрюшинная фибролипома (б). Опухоль имеет неоднородную структуру, преобладают участки с жировой плотностью.

брыжейки образуют «немую» зону, окруженную на большом протяжении кишкой. В тех случаях, когда на томограммах видны соединительные прослойки между жировыми дольками, опухоль имеет ячеистый вид. Эти прослойки могут быть неодинаковой толщины, поэтому четкость их различна на отдельных участках, в связи с чем на одних срезах опухоль имеет ячеистый вид, на других — гомогенный. Фибролипомы характеризуются неоднородной структурой, с плотностью жировой ткани -50 , -90 единиц. Наибольшим разнообразием отличаются липосаркомы, что обусловлено различной степенью дифференцировки их клеток и выраженности фибробластического компонента, а также процессами некротизации. Липобластические и миксоидные липосаркомы представляют наибольшие трудности в выявлении и дифференциации их с доброкачественными новообразованиями, поскольку имеют сходную структуру и низкий КА (-50 , -120 единиц). Их выявлению способствует наличие более плотного ободка и неравномерного уплотнения по периферии опухоли. Малодиффе-

реницированные формы липосарком имеют плотность, близкую мягким тканям (от +15 до +38 единиц). В связи с этим установить их жировую природу невозможно. Контуры их нечеткие, что обусловлено множественными отростками, отходящими от основного массива опухоли. Структура гомогенная, при наличии очагов распада появляются участки пониженной плотности.

Изображение опухолей жировой ткани является наиболее специфичным из всех опухолей мезенхимального генеза, что объясняется их низким КА. Другие опухоли этого происхождения (фибромы, мезенхимомы, гистiocитомы, рабдомиобластомы и др.) состоят из производных нескольких тканей и могут быть однокомпонентными и гомогенными, а также многокомпонентными с неоднородной структурой узла или разных по структуре и КА узлов.

Отличием опухолей, происходящих из гладкой мышечной ткани (лейомиосарком), является их слияние с изображением сосудов. Опухоль имеет вид узла или конгломерата слившихся узлов, часто инфильтрирует соседние органы (почки, позвоночник, поджелудочную железу). По мере роста опухоли увеличивается количество низкоплотных участков, обусловленных некрозом и кровоизлияниями. Излюбленная локализация лейомиосарком — отдел между печеночными и почечными венами.

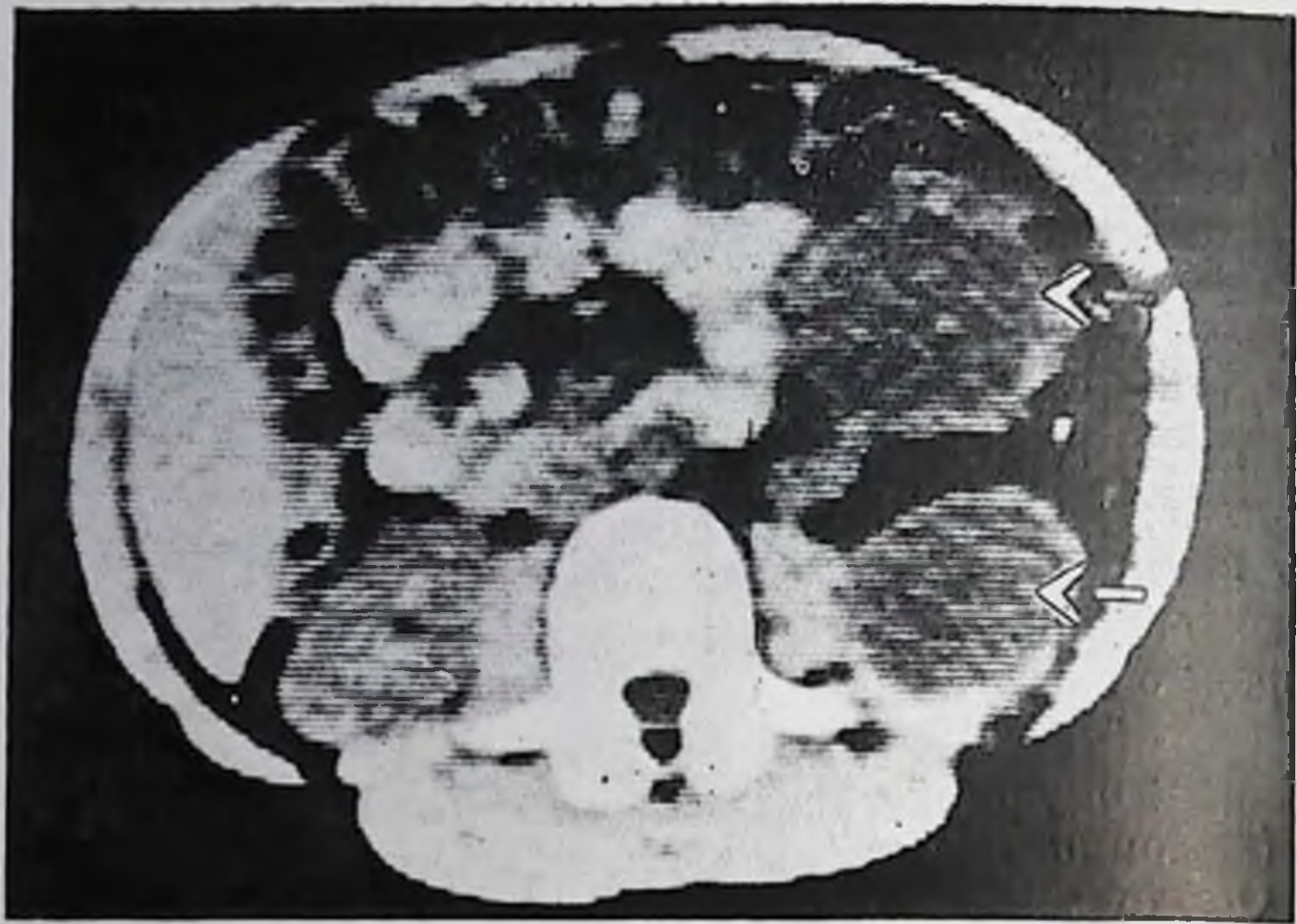
Рабдомиобластомы локализуются в зоне расположения мышц, преимущественно поясничных, которые приобретают округлую форму со сниженным КА.

Для опухолей мезенхимального происхождения характерна слизистая дегенерация, приводящая к образованию в толще опухолевого узла зоны пониженной плотности округлой формы с четкими контурами, напоминающей большую кисту с волнистыми очертаниями (псевдомиксома).

Неорганические кисты дифференцируются на основании денситометрии (КА колеблется от 0 до +10 единиц). Они имеют правильную форму, тонкую капсулу, гомогенную структуру; контуры их четкие и ровные. При локализации в корне брыжейки выявляется «немая» зона, окруженная петлями кишки с 2—3 сторон.

Паразитарные кисты — часто множественные, многокамерные, нередко сочетаются с кистозным поражением внутренних органов, чаще всего печени. При кистозной дегенерации туберкулезных узлов, локализующихся преимущественно в толще мышц, они бывают множественные, с размытыми очертаниями за счет постепенного снижения КА от периферии к центру. Поражения могут определяться не только в забрюшинном пространстве, но и в мышцах грудной клетки, спины. Структура (КА равна от +15 до —25 единиц) после внутривенного контрастирования становится неоднородной.

Инфицированные и кровяные кисты имеют сходное изображение, показатель плотности выше на 10—15 единиц значений обычных кист. Контуры их нечеткие, размытые, могут быть прерывистыми.



173. Забрюшинные лимфангиомы (обозначено стрелками). Слева — два округлых образования диаметром 5 и 4 см, окруженные неравномерной по толщине капсулой. КА = +12—+20 единиц.

Опухоли лимфатических сосудов — лимфангиомы (рис. 173) имеют вид узла, состоящего из множества полостей, разделенных перегородками. На томограммах они выглядят как одно- или многополостные кисты с толстой капсулой. Злокачественные лимфангиоэндотелиомы имеют неправильную овальную форму, волнистые очертания и негетогенную структуру. Их КА более высокий (от +25 до +40 единиц), что объясняется наличием соединительнотканной стромы.

Миксомы локализуются в межмышечной клетчатке в области фасций и апоневрозов. Они имеют вид одиночных или нескольких лежащих рядом, иногда сливающихся узлов. КА их колеблется от +10 до +20 единиц. Граница между опухолью и прилежащей к ней мышце неровная, местами нечеткая.

Кавернозная гемангиома имеет губчатое строение, которое на томограммах выражается наличием крупноячеистой структуры и чередованием мягкотканевых участков различных форм и низкоплотных участков с КА от +10 до —30 единиц. Опухоль локализуется преимущественно в поясничных мышцах, которые при ее поверхностном расположении атрофируются, а при глубоком — «вздуваются».

Выявление опухоли при КТ в большинстве случаев не вызывает особых трудностей. В пользу забрюшинной локализации неорганической опухоли свидетельствует смещение почек в вертикальном положении и впереди, крупных сосудов, слияние последних с опухолью, инфильтрация поясничных мышц, смещение петель кишки преимущественно в одну сторону, относительная неподвижность при полипозиционном исследовании. Для правильной

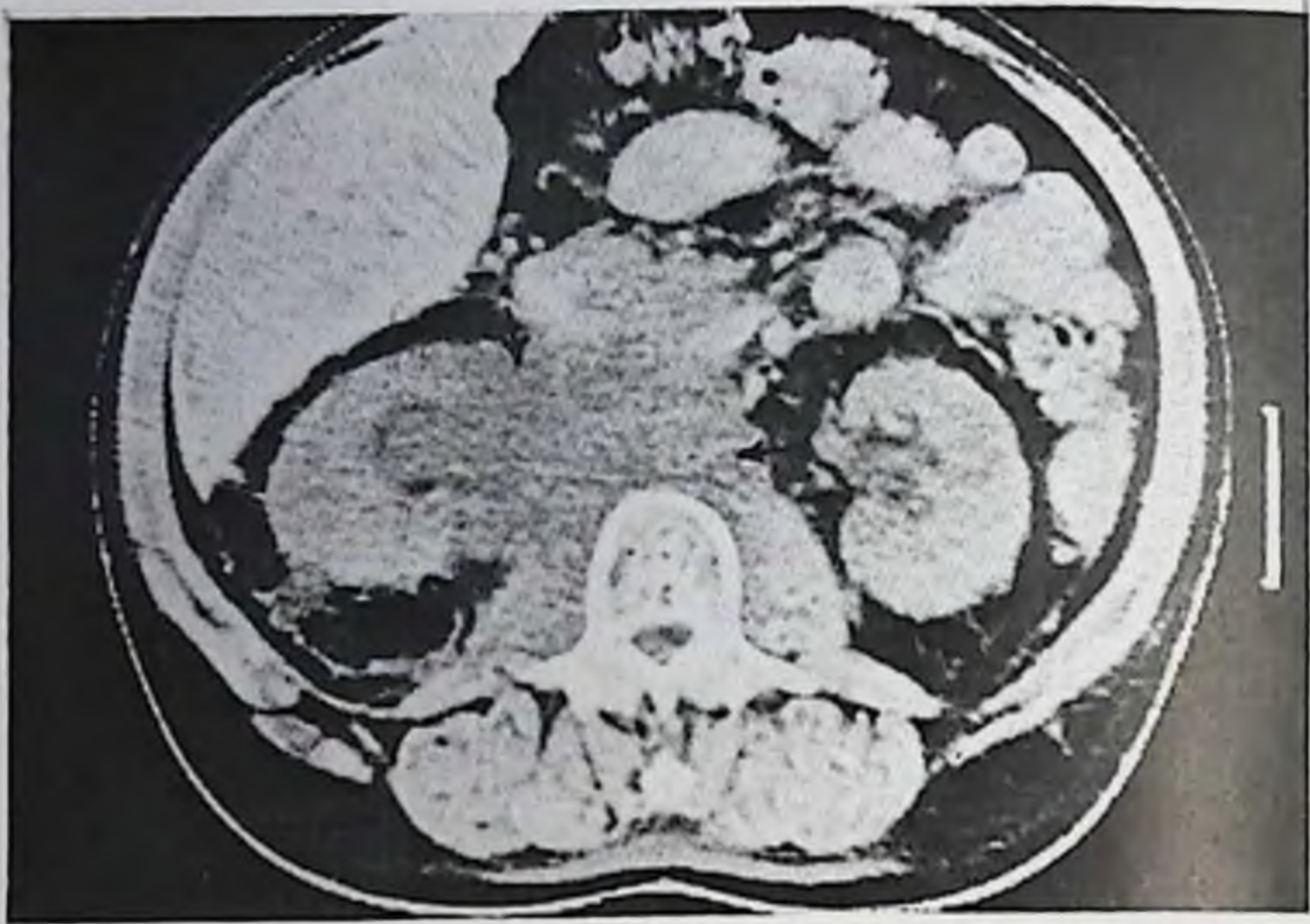


174. Забрюшинный абсцесс. Справа паравертебрально — неоднородное по структуре образование с псевдокистами. Поясничная мышца не дифференцируется.

диагностики локализации опухоли имеет значение тщательный анализ взаиморасположения опухоли и внутренних органов на томограммах, выявление утолщения париетальной брюшины.

Аневризма брюшной аорты, часто имитирующая забрюшинную опухоль, имеет при КТ строго специфическое изображение в виде округлого образования с ровными контурами и атеросклеротическими бляшками в стенке, что делает излишней аортографию для подтверждения диагноза. Пристеночные тромбы могут изменять правильность сечения аорты. Они имеют более высокий КА и вид плоского или полулунного образования, располагающегося вдоль внутренней поверхности стенки и особенно четко видимого после «усиления».

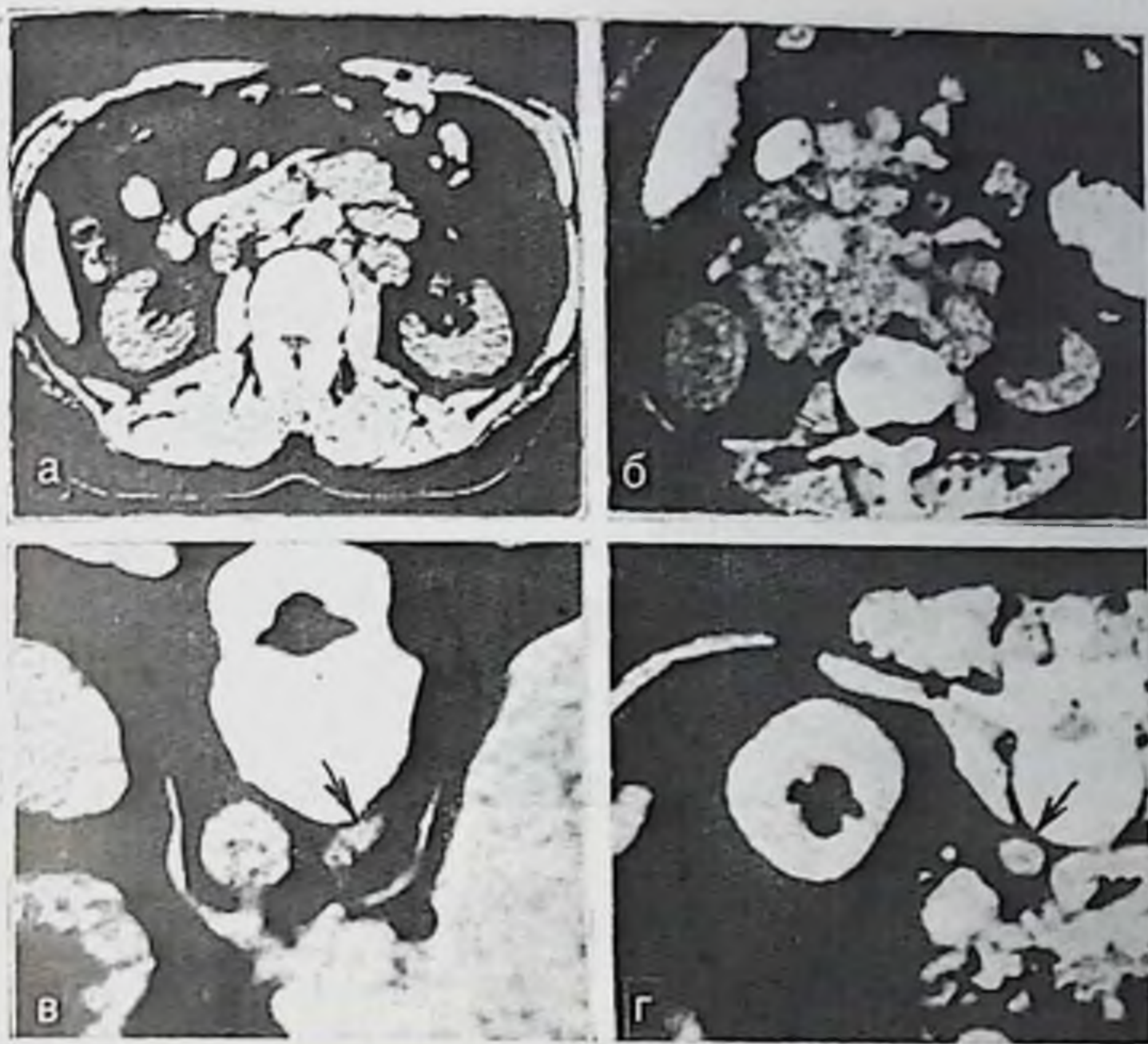
Воспалительные инфильтраты и абсцессы (рис. 174) характеризуются наличием мягкотканного, преимущественно неомогенного образования, связанного с окружающими его мышцами. В толще инфильтрата могут определяться пузырьки газа, которые являются патогномичным признаком воспалительного процесса. Форма их неправильная, локализуются они чаще в верхних отделах инфильтрата. Процесс нередко сопровождается уплотнением жировой клетчатки, утолщением почечной фасции париетальной брюшины. Характерной особенностью воспалительного процесса является распространенность поражения, когда изменены мышцы, клетчатка, почки, печень при локализации инфильтрата в пограничной области между брюшной и грудной полостями, часто отмечается плеврит или пневмония. В сомнительных случаях при наличии клинических данных показана пункционная биопсия под контролем КТ.



175. Забрюшинная лимфосаркома (указано стрелками). Конгломерат лимфатических узлов с однородной структурой охватывает крупные сосуды брюшной полости, последние не дифференцируются, сливается с изображением поясничных мышц, вдается в просвет лоханки правой почки, распространяется по ходу верхних брыжечных сосудов. Утолщена почечная фасция.

Лимфатические узлы. Лимфомы. Использование КТ дает возможность разграничения локальных (I, II стадия) и генерализованных (III, IV стадия) форм лимфом. Исследование брюшной полости у больных с лимфомами с помощью КТ приобретает особое значение в планировании и оценке эффективности лечения. Изображения на томограммах лимфатических узлов при лимфогранулематозе и лимфомах сходны. Для них характерно заметное увеличение в объеме и слияние узлов в однородный конгломерат, часто муфтообразно охватывающий аорту и полую вену (симптом «подковы», описанный Whitley, 1980). Аорта смещается кпереди или сливается с изображением конгломерата (рис. 175). При лимфогранулематозе и лимфосаркоме конгломерат узлов имеет лучистые контуры, не связанные друг с другом, с однородной структурой. В 73% случаев у больных с лимфосаркомой при КТ могут отмечаться спленоmegалия и увеличение поджелудочной железы за счет отека.

Метастатическое поражение лимфатических узлов проявляется наличием одиночных или множественных мягкотканевых однородных узелков, располагающихся вокруг крупных сосудов брюшной полости, или крупных конгломератов, имитирующих неорганичную первичную опухоль (рис. 176, а, б, в, г). Лимфатические узлы, располагающиеся от IX грудного до IV поясничного позвонка, можно считать измененными при их увеличении более чем на 0,5 см, лимфатические узлы поясничного спле-



176. Метастатическое поражение лимфатических узлов.

а — множественные метастазы рака яичника в паракавальные и параортальные увеличенные лимфатические узлы, структура узлов однородная, аорта видна из-за сохранности жировой прослойки; б — множественные метастазы рака надпочечника в забрюшинные лимфатические узлы, аорта и нижняя полая вена видны, как округлые образования с более высокой плотностью; в — единственный параортальный узел (стрелка) с метастазами рака предстательной железы; г — единственный лимфатический узел (стрелка) с метастазом рака легкого, сливающийся с изображением непарной вены.

тения (на уровне IV—V поясничных позвонков) — при наличии множественных узлов при увеличении более чем на 0,5 см или при наличии единичных — более чем на 0,8 см. Так как лимфатические узлы окружены жировой клетчаткой, их контуры хорошо прослеживаются и можно точно измерить их размеры. Конгломераты лимфатических узлов располагаются чаще асимметрично по отношению к позвоночному столбу. Наиболее характерно изображение в виде конгломерата, сливающегося с изображением крупных сосудов при метастазах опухолей яичка. Характерной особенностью является кистоподобное строение узлов и наличие узлов с разным КА (рис. 177). Мелкие кальципаты наблюдаются относительно редко (20%), однако являются патогномоничным признаком, поскольку при метастазах других опухолей и при лимфомах не встречаются.

При небольшом увеличении лимфатических узлов КТ используется в сочетании с лимфографией, при помощи которой можно более точно судить об архитектонике узлов и маркировать их для повторного исследования. При больших конгломератах лимфогра-



177. Метастазы рака яичка в забрюшинные лимфатические узлы. Конгломерат узлов сливается с левой поясничной мышцей, придавая ей характерную яйцевидную форму.

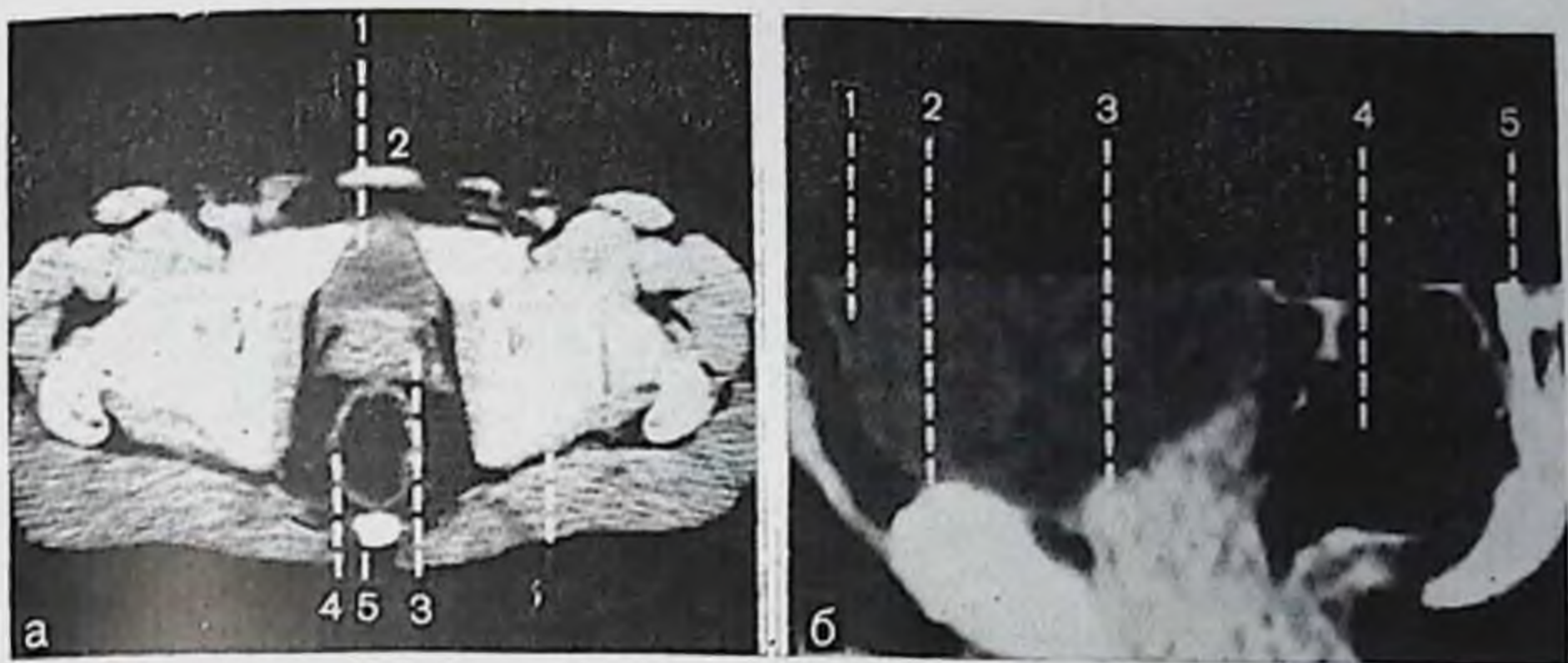
фия менее эффективна, так как выявляет лишь часть узлов. КТ рекомендуется проводить после ультразвукового исследования или лимфосцинтиграфии.

5. КТ при заболеваниях органов малого таза

Показаниями для КТ являются дифференциальная диагностика кист и солидных опухолей, а также опухоли матки, яичника, предстательной железы, мочевого пузыря, неорганические опухоли, опухоли костей и мягких тканей таза и увеличенные лимфатические узлы. КТ проводится после рентгенологического и ультразвукового исследования.

Методика исследования таза. Перед исследованием малого таза больному необходимо сделать очистительную клизму. При наличии большого образования в тазовой области, выходящего в брюшную полость, рекомендуется за 3—4 ч до исследования прием 200 мл 0,5% раствора урографина для обозначения терминальных отделов тонкой кишки. За 20—30 мин до КТ больному дают выпить два стакана воды для наполнения мочевого пузыря. При большой опухоли с неоднородной структурой и для более точного отграничения ее от мочевого пузыря, а также для маркировки мочеточников при опухолях яичников за 30 мин до исследования женщинам для обозначения шейки матки вводят во влагалище смоченный урографинем тампон. Непосредственно перед томографией в прямую кишку вводят 100 мл 0,5% раствора контрастного йодсодержащего препарата и 100 мл воздуха.

Для диагностики поражения мочевого пузыря в его просвет после удаления мочи с помощью катетера вводят 100—200 мл кислорода до позыва на мочеиспускание. Чтобы оценить состоя-



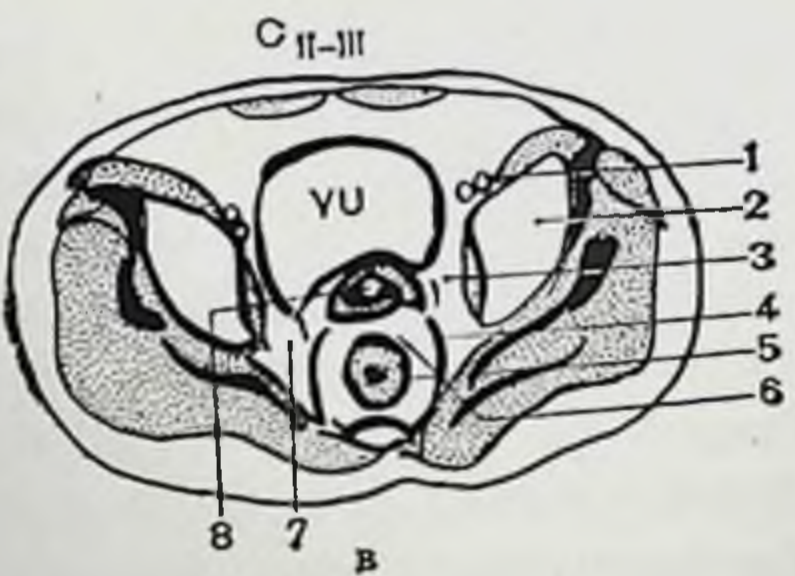
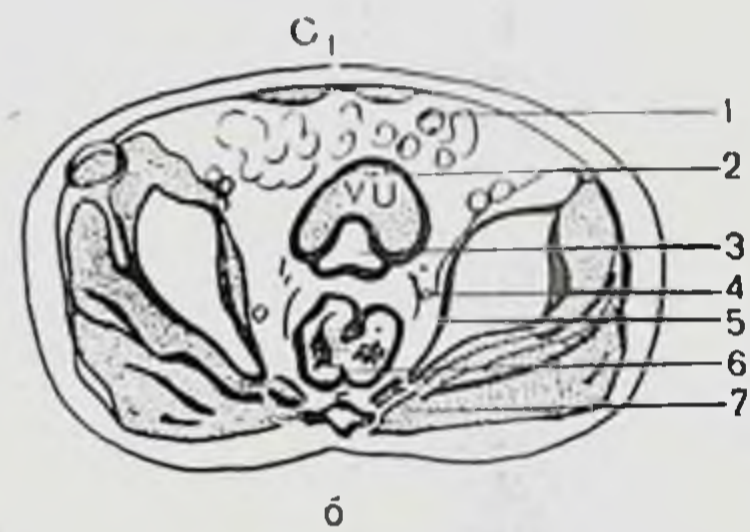
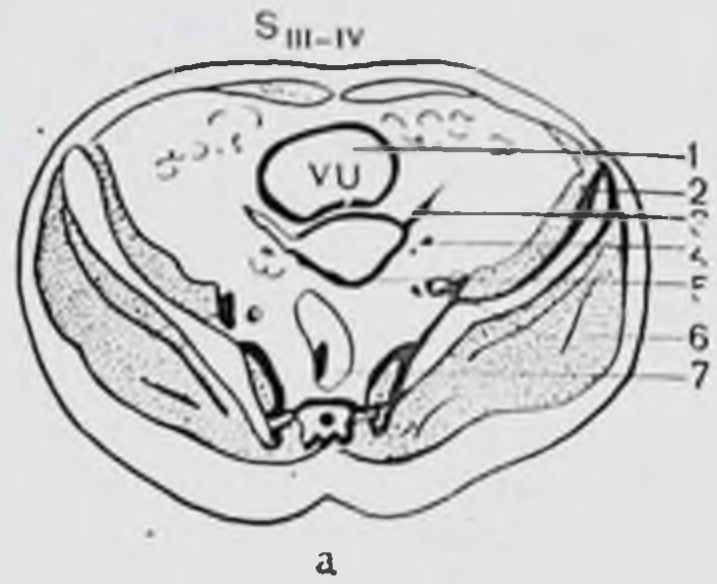
178. Томограммы таза (мужского) в норме.

а — поперечный срез; б — сагиттальная реконструкция органов малого таза. 1 — мочевой пузырь; 2 — симфиз; 3 — предстательная железа; 4 — прямая кишка; 5 — кончик.

ние прилегающих стенок, пациенту придают такое положение, при котором газ скапливается у пораженной стенки; при остаточной моче это исследование провести нельзя. КТ проводят сначала в положении больного на спине, затем — в положении на животе.

В норме на срезах, сделанных на уровне I—II крестцовых позвонков, видны стенки таза (рис. 179, а, б), образованные крыльями подвздошных костей. На передней поверхности их располагаются м. *iliaca*. У медиального края этих мышц видны сечения поясничных мышц. Подвздошные сосуды лежат на их внутренней поверхности, вены расположены медиальнее и дорсальнее артерий. В передних отделах среза расположены петли подвздошной кишки, в центре — сигмовидная кишка, идущая слева направо и спереди назад. В правых отделах среза, впереди и латеральнее поясничной мышцы, лежит слепая кишка, задняя стенка которой прилегает к париетальной части брюшины. Положение слепой кишки вариабельно, иногда она залегает медиальнее и ниже, непосредственно над входом в малый таз, или же, наоборот, располагается выше, иногда в области правого подреберья. В левой подвздошной ямке, на уровне III—V крестцовых позвонков, располагается сигмовидная кишка, берущая начало сверху и латерально, на уровне заднего края гребня подвздошной кости. Образовав две петли, она направляется вправо и вниз. Одна петля сигмовидной кишки (проксимальная) расположена на подвздошной мышце, дистальная петля прилежит к большой поясничной мышце. На уровне III крестцового позвонка сигмовидная кишка переходит в прямую.

Мочевой пузырь лежит в передних отделах среза. Величина и форма пузыря изменяются в зависимости от наполнения. Наполненный пузырь имеет грушевидную форму, широкой частью направленную вверх. Относительная плотность мочи в слабо наполненном пузыре довольно высока (от +20 до +28 единиц). При



179. Томограммы таза (женского) в норме.

а — томограммы выполнены после внутривенного введения 20 мл урографина (76%): 1 — мочевого пузыря; 2 — крыло подвздошной кости; 3 — маточная труба; 4 — левый яичник; 5 — матка; 6 — наружные подвздошные сосуды; 7 — прямая кишка; б: 1 — тонкая кишка; 2 — мочевого пузыря; 3 — тело матки; 4 — левый мочеточник; 5 — внутренняя запирающая мышца; 6 — прямая кишка; 7 — ягодичные мышцы; в — томограммы выполнены после внутривенного введения 20 мл урографина (76%): 1 — наружные подвздошные сосуды; 2 — тазовая кость; 3 — левый мочеточник; 4 — мышца — леватор ануса; 5 — ампула прямой кишки; 6 — ректовагинальная перегородка; 7 — правый мочеточник; 8 — тампон.

предварительном приеме 500 мл воды плотность ее резко снижается (от 0 до +10 единиц) и стенки хорошо различаются.

При исследовании строения женского таза (рис. 179) в центре четко определяется матка с овальной формой среза. Поперечные



180. Миома матки. Матка увеличена за счет узла (1) с однородной структурой, исходящего из тела матки; прямая кишка (2) смещена вправо.

размеры матки составляют 3×4 см, продольный — 7—10 см. Структура матки гомогенная, плотность колеблется от +40 до +65 единиц. Матка в полости малого таза может быть расположена не вертикально, а над мочевым пузырем; в зависимости от степени ее наклона поперечные размеры и форма среза бывают различны. Иногда матка может деформировать заднюю стенку мочевого пузыря, симулируя дополнительное образование, исходящее из ее передней стенки. Положение матки меняется в зависимости от наполнения прямой кишки и мочевого пузыря. Широкие связки матки в связи с расположением в сагиттальной плоскости не получают четкого изображения на срезах. Круглые связки удается определить в виде тонких тяжей, идущих от боковой поверхности дна матки вперед к стенкам таза. Видимость этих связок обусловлена их расположением: чем больше они лежат в аксиальной плоскости, тем четче видны.

Опухоли матки. Как правило опухоли матки имеют гомогенную структуру и плотность мягких тканей (+40, +60 единиц). У 80% больных отмечается общее увеличение размеров матки без наличия выраженного узла. На основании данных КТ нельзя судить о доброкачественности или злокачественности новообразования матки. Миомы на томограммах имеют более четкие контуры, нередко в их толще откладываются кальцинаты в виде единичных вкраплений либо массивных участков неправильной формы (рис. 180). При развитии некрозов опухоль становится негетогенной за счет псевдокистозной полости, располагающейся, как правило, в центральных отделах. Злокачественные опухоли чаще имеют негетогенную структуру за счет участков

неправильной формы с пониженной плотностью, особенно хорошо выявляемых после внутривенного контрастирования. Введение контраста в полость матки позволяет более точно оценить расположение и протяженность поражения, определить толщину стенки матки. Указанием на злокачественную природу опухоли могут служить метастазы в кости, сальник и увеличение лимфатических узлов.

Повышение плотности жировой клетчатки (до -20 единиц) свидетельствует об ее инфильтрации. При раке шейки матки КТ используют у больных во IIб — IV стадиях для оценки распространенности процесса и планирования лечения.

Яичники располагаются позади круглых связок. Из-за плотности, близкой к жировой клетчатке в норме, они дифференцируются нечетко. На уровне I—III копчиковых позвонков в центре среза располагается прямая кишка, идущая по задней стенке таза в выемке, образованной крестцом, копчиком и задним отделом мышц тазового дна. Она начинается от сигмовидной кишки на уровне III крестцового позвонка и заканчивается в области промежности. Длина ее составляет 14—18 см, диаметр ее в самой широкой части (ампула) — 7,5 см. Помимо крестцового, прямая кишка делает несколько изгибов, непостоянных во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Спереди внебрюшинного отдела кишки у мужчин определяется задняя стенка мочевого пузыря, ниже — задняя поверхность предстательной железы, латерально — правый и левый семенные пузырьки. У женщин к этому отделу прямой кишки прилегает задняя стенка влагалища, отделенная соединительнотканной перегородкой. С латеральных сторон кишка окаймлена выраженной жировой клетчаткой.

Кисты яичников имеют невысокую плотность (от $+5$ до $+12$ единиц), округлую форму и четкие контуры (рис. 181). Как правило, выявляется тонкая, равномерная по толщине капсула. На «усиление» кисты не реагируют. Мелкие кисты (до 1,5 см) могут иметь более высокие показатели КА (до $+20$ единиц) и их выявление на фоне петель тонкой кишки часто затруднительно. В таких случаях необходимо проводить контрастирование мочеточников. С помощью КТ нельзя дифференцировать фолликулярные кисты от лютеиновых, так как их содержимое имеет близкое КА значение. Дифференциально-диагностические трудности вызывают кисты желтого тела, поскольку их высокая плотность (от $+15$ до $+25$ единиц) не позволяет установить их жидкостную природу при КТ. После внутривенного контрастирования возможно появление более плотной капсулы. Двустороннее увеличение яичников за счет множественных кист наблюдается при синдроме Стейна — Левенталя.

Так называемые шоколадные кисты имеют плотность, близкую к мягким тканям, и часто, сливаясь с изображением матки, симулируют ее новообразование. Кисты, нередко выявляемые при эндометриозе, могут располагаться не только в проекции яич-

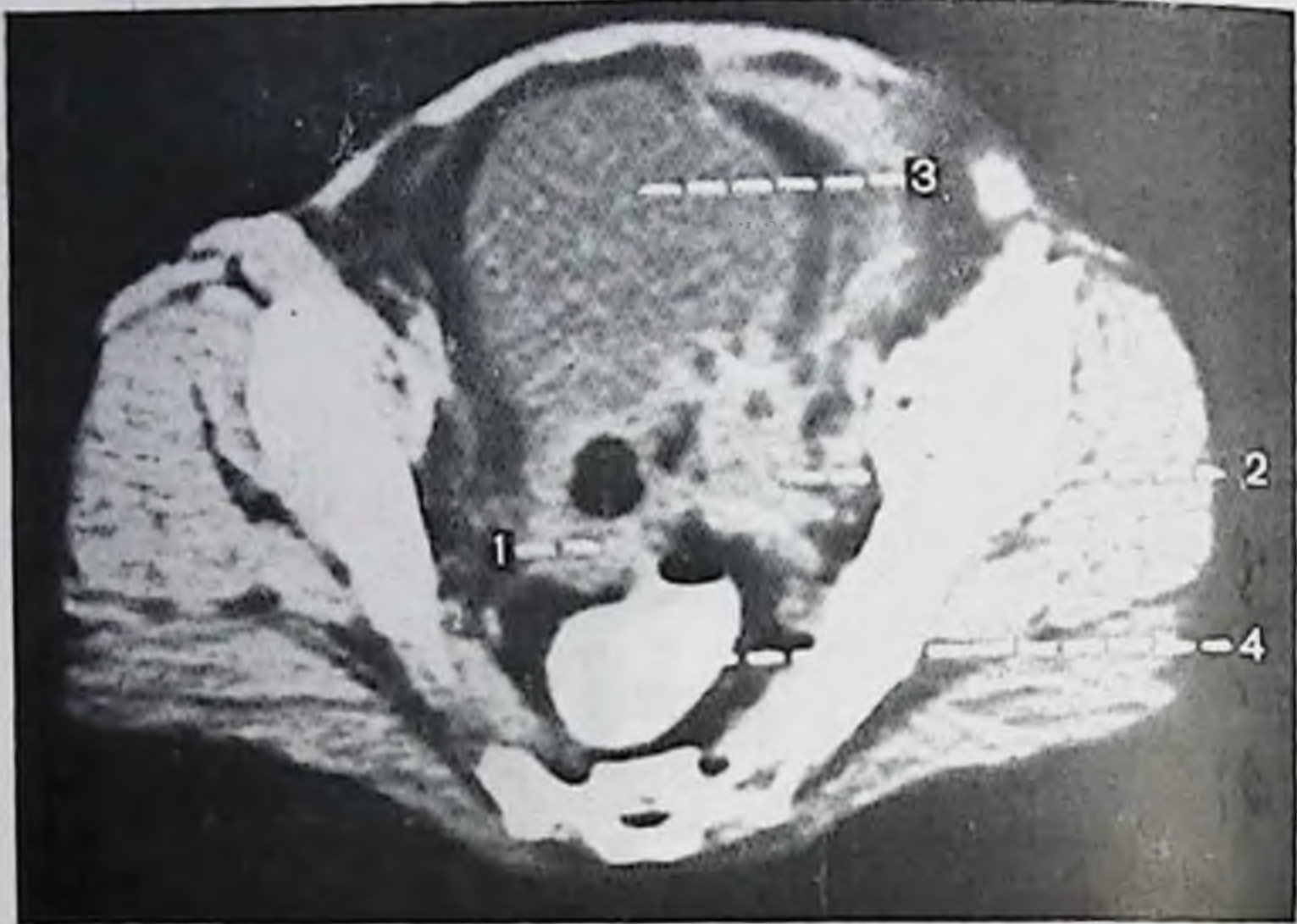


181. Кисты яичников. В обоих яичниках определяются кистозные образования (1) диаметром 2,5 и 3,5 см с четкими контурами; 2 — прямая кишка.

ников, но и в связочном аппарате матки, кпереди или позади нее.

Кистаденомы яичника характеризуются наличием множественных полостей с показателями КА, колеблющимися от +5 до +25 единиц, с неравномерными по толщине стенками и множественными перегородками. Серозные кистаденомы имеют более низкие значения плотности — (от 0 до —15 единиц), муцинозные — до 10—25 единиц. В толще или капсуле последних часто выявляются мелкие кальципаты. Возможны сочетания узлов с КА жидкости и мягких тканей, что придает опухоли «пестрый» вид. Некоторые кистаденомы могут содержать участки жировой клетчатки с КА, равным —50 и —100 единиц. Дермоидные кисты часто двусторонние. Структура их неоднородная за счет участков с низкой плотностью (—50, —120 единиц), обусловленных салынными массами, участками с КА мягких тканей, кальцинатов и костных фрагментов. При тератомах с плотностью жировой ткани их выявлению на фоне клетчатки таза способствует обнаружение более плотной капсулы.

Злокачественные кистаденомы сопровождаются увеличением размеров яичников (рис. 182). Структура опухоли негетомогенная. Кисты сочетаются с мягкотканевыми участками неправильной полосовидной формы. Разные по плотности участки могут плавно переходить друг в друга. Капсула неравномерная по толщине, местами прерывистая, часто не дифференцируется. Изображение матки на фоне опухоли не определяется у 70% больных. При контрастировании выявляется негетомогенность опухоли. При III—IV стадиях опухоли выявляются увеличенные лимфатические узлы, асцит, метастазы в сальнике, печени.



182. Кистаденома яичника.

1 — шейка матки; 2 — левый придаток; 3 — кистозное образование левого придатка, плотность +17 единиц; 4 — контрастированная прямая кишка.

Метастатические опухоли яичников по своим проявлениям на томограммах не отличаются от первичных опухолей, могут быть солидными, кистозными, смешанными.

Воспалительные изменения яичников сопровождаются увеличением их размеров. Структура их негетерогенная, могут выявляться многокамерные псевдокисты с толстой капсулой, асцит. С развитием абсцесса яичник имеет вид мягкотканевой опухоли с множественными кистозными мелкими и крупными полостями; при наличии в них газа диагноз не сложен.

Различные рецидивные опухоли (матки, яичников) сопровождаются мягкотканевыми образованиями с очагами некроза. При опухолях до 2 см трудна дифференциация с послеоперационным фиброзом. Следует учитывать изменение топографии органов таза после операции: мочевого пузыря смещается кзади, на проекцию прямой кишки; матка, тонкая кишка часто располагаются пресакрально.

По обеим сторонам дна мочевого пузыря у мужчин кпереди от ампулы кишки располагаются семенные пузырьки, образующие со стенкой пузыря острый угол, открытый латерально. Длина их может достигать до 5 см, толщина — до 2 см, высота — до 1 см.

Предстательная железа лежит под мочевым пузырем между передней стенкой прямой кишки и передним отделом мочеполовой диафрагмы. Железа охватывает начальную часть мочеиспускательного канала, однако просвет его на томограммах не определяется. Более узкая верхушка предстательной железы расположена внизу. Основание железы, более широкое с вогнутой поверхностью, направлено к мочевому пузырю. От лонного сочленения к передней



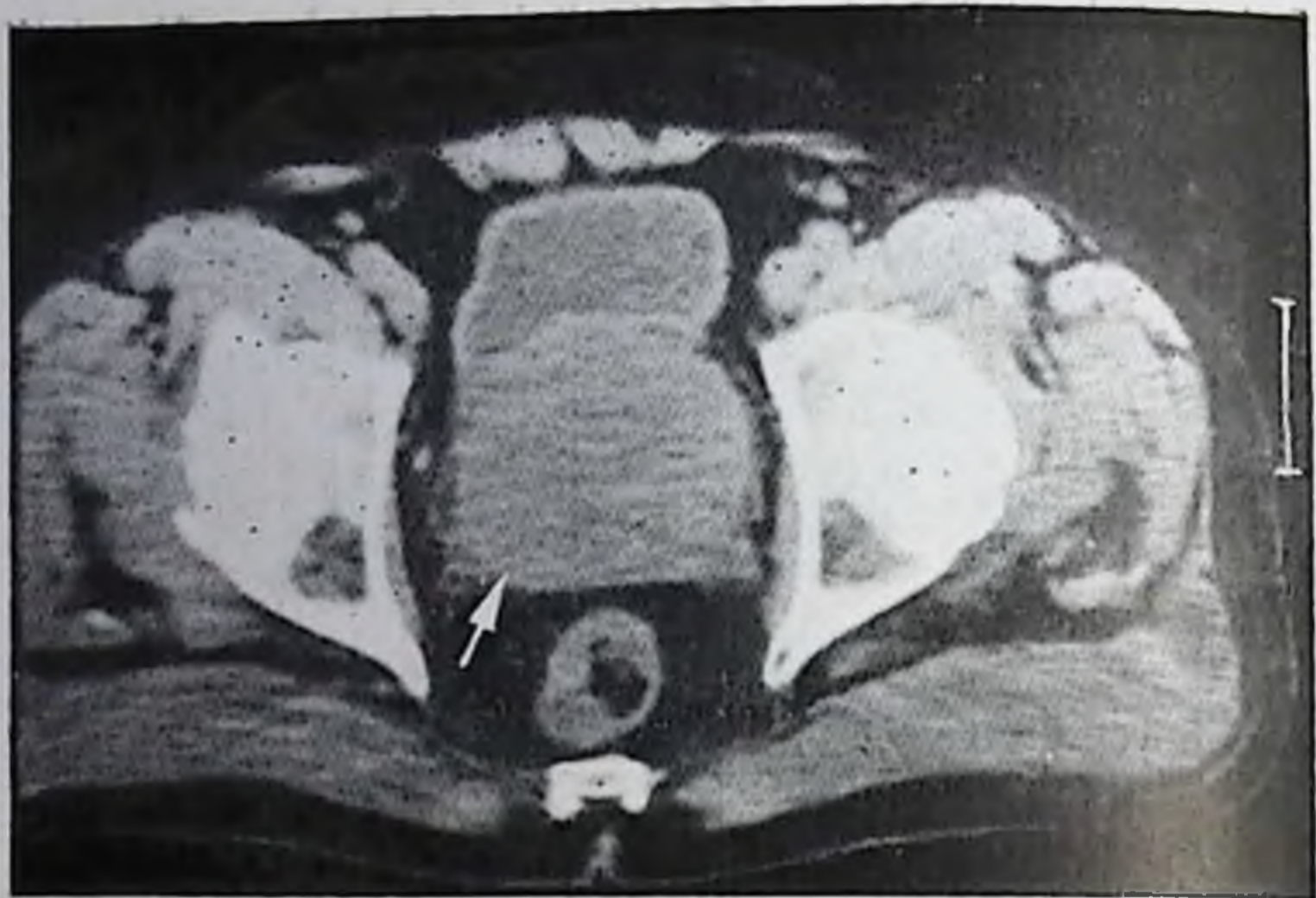
183. Рак предстательной железы.

а (томограмма в аксиальной проекции): 1 — мочевого пузыря; 2 — правый семенной пузырек; 3 — инфилтрированная опухоль левого семенного пузырька и жировая прослойка между ним и мочевым пузырем; 4 — прямая кишка; 5 — копчик; 6 — тазобедренный сустав; б (сагиттальная реконструкция): 1 — мочевого пузыря; 2 — предстательная железа; 3 — опухоль железы; 4 — прямая кишка; 5 — копчик; 6 — симфиз; в (фронтальная реконструкция): 1 — мочевого пузыря; 2 — деформация опухолью стенки мочевого пузыря; 3 — предстательная железа; 4 — сустав; 5 — симфиз.

и боковой поверхности железы идут лоуно-простатические связки. Перешеек железы дифференцируется редко, в основном у лиц пожилого возраста. Размеры предстательной железы: поперечные 2—3 см, высота 2,5 см. Относительная плотность колеблется от $+40$ до -60 ± 5 единиц.

Рак предстательной железы (рис. 183) составляет 95% всех опухолей. КТ дает сведения о распространности опухоли, что позволяет дифференцировать I—II с III—IV стадиями. Рак вызывает диффузное или очаговое увеличение железы, пестроту ее контуров. В толще железы могут выявляться ограниченные участки повышенной плотности. Распространение опухоли за капсулу приводит к исчезновению жировой прослойки между мочевым пузырем и семенными пузырьками, изменению формы угла между ними. В процесс могут вовлекаться стенка мочевого пузыря, устья мочеточников. Увеличиваются лимфатические узлы таза.

Аденома предстательной железы сопровождается увеличением железы — равномерным или преимущественно задней части ее. Контурь железы четкие, незначительная неровность контуров может отмечаться вокруг средней доли (рис. 184).



184. Аденома предстательной железы. Железа увеличена, структура однородная, контуры четкие.

Воспалительные изменения предстательной железы сопровождаются мелкими кальцинатами в толще железы. Воспалительная инфильтрация может вызывать деформацию семенных пузырьков и облитерацию жировых прослоек между ними и мочевым пузырем, однако процесс менее выражен, чем при раке. При абсцедировании в толще железы выявляются овальные участки пониженной плотности с нечеткими очертаниями (псевдокисты). Контуры железы нечеткие, уплотнена парапростатическая жировая клетчатка.

Основная роль КТ в диагностике опухолей мочевого пузыря заключается в оценке распространенности опухоли в паравезикальную клетчатку, поскольку с помощью цистоскопии и биопсии можно получить основную информацию о локализации и форме роста опухоли. В связи с этим у больных с I—II стадиями с помощью КТ можно получить данные о толщине стенки. При обструкции устья мочеточника последний определяется на томограммах в виде округлого образования. При прорастании опухолью всех слоев стенки пузыря (III стадия) на томограммах определяются нечеткость ее контуров и гомогенное или пятнистое повышение плотности прилежащих к ней отделов паравезикальной клетчатки. В связи с тем что с помощью КТ подчас трудно дифференцировать прилегание и инвазию, требуется полипозиционное исследование, позволяющее разграничить органы таза от петель кишки. Начальные признаки инвазии семенных пузырьков, характеризующие распространенность процесса IV стадии, можно выявить в положении больного на животе, когда деформация угла между ними и пузырем проявляется более отчетливо. Точность КТ в оценке распространенности опухоли мо-

чевого пузыря составляет 81%, чувствительность в выявлении инвазии семенных пузырьков — 65—85%, лимфатических узлов таза — 70—90%.

Неорганические опухоли таза не отличаются по своим проявлениям от забрюшинных опухолей. Опухоли жировой ткани, в частности тазовый липоматоз, могут проявляться только деформацией органов в связи с трудностями их выявления на фоне клетчатки.

Увеличенные лимфатические узлы, располагающиеся по ходу подвздошных сосудов, могут быть единичными или множественными, сливаться в гомогенные конгломераты.

Таким образом, КТ обладает большими потенциальными возможностями в распознавании опухоли и других заболеваний. Однако применять ее следует строго по показаниям, с учетом клинических данных и результатов предшествующих методов инструментального исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постоянный все ускоряющийся научно-технический прогресс обуславливает внедрение в медицинскую практику новых методов инструментального и лабораторного исследования, позволяющих совершенствовать диагностику различных заболеваний. Рождение каждого нового метода диагностики сопровождалось формированием группы врачей-энтузиастов, которые, как правило, были мало знакомы с существом уже известных методов диагностики, используемых с аналогичной целью, и поэтому в пропаганде достижений нового способа не соблюдали преемственности перехода от старого к новому. Только через некоторое время, после накопления известного опыта клинического использования нового способа, появляется возможность подведения итогов применения новых уже сложившихся способов диагностики при различных заболеваниях с дифференцированной оценкой роли и значения каждого из них при конкретных ситуациях.

В последнее время особенно развиваются новые способы интроскопии с получением матричных изображений внутренних органов на экранах ЭВМ, которые названы образцами. В попытке обобщения всех методов интроскопии появилось новое диагностическое направление — иконография — диагностическая дисциплина, основанная на изучении образов, или матричных изображений внутренних органов. Продолжаются поиски для решения организационных вопросов становления различных методик диагностической интроскопии. Компьютерную томографию отнести к рентгенодиагностике (потому что в аппаратах используется рентгеновская трубка) можно было с таким же успехом, как и к радионуклидной диагностике, на том основании, что именно специалисты этой дисциплины первыми освоили использование компьютера и основы анализа матричного изображения. После появления компьютерной томографии были пересмотрены некоторые установки к применению радионуклидной диагностики опухолевых заболеваний головного мозга, печени, почек. Несомненно высокая разрешающая способность компьютерной томографии намного перекрывает возможности сцинтиграфии даже в варианте современной эмиссионной радионуклидной томографии. При этом следует учесть, что компьютерная томография может использоваться как в обычном варианте, так и с использованием рентгеноконтрастных препаратов, позволяющих визуализировать сосуды внутренних

органов. Однако в диагностике неопухолевых заболеваний печени и почек, а также нарушения мозгового кровообращения возможности компьютерной томографии оказались ниже возможностей соответствующих методик сцинтиграфии. В такой высокооснащенной компьютерными томографиями стране, как Япония, в 1984 г. было выполнено 350 000 сцинтиграфических исследований печени, что свидетельствует о большой клинической значимости этого метода.

Примерно аналогичная ситуация сложилась и в развитии второго нового способа диагностической эндоскопии — ультразвукового сканирования, или сонографии. Начиная с 60-х годов нашего столетия, в литературе стали появляться публикации, посвященные диагностическим возможностям сонографии. Однако из-за несовершенства технического представления информации сонографов тех лет особого внимания врачей этот метод не привлекал. Только после создания в конце 70-х годов технически совершенного сонографа с многочисленными кристаллическими трансдюсерами, работающего в реальном масштабе времени, популярность ультразвукового сканирования резко возрастает и этот метод начинает широко внедряться в работу поликлиник и больниц. Простота освоения современных сонографов позволила специалистам различных профессий, не оставляя своей основной деятельности, заниматься и сонографией. Сонография выгодно отличается от компьютерной томографии низкой стоимостью аппаратов и отсутствием радиационной опасности для пациента и врача, не уступая компьютерной томографии по разрешающей способности.

Таким образом, в настоящее время независимо друг от друга в современных лечебных учреждениях функционируют кабинеты визуализации внутренних органов, в которых для одних и тех же целей используются принципиально различная аппаратура и методы исследования. Поскольку существующая система организации здравоохранения в настоящее время практически исключает возможность выполнения интеграции этих трех методов, рентгенологии, радионуклидной диагностики и сонографии, оценка эффективности и определение программ их использования представляется актуальной задачей современной науки. С точки зрения самого пациента главным требованием, предъявляемым к диагностическому процессу, являются точность, простота, достаточный объем для решения лечебной тактики и установление диагноза в кратчайшие сроки. Решение этой главной задачи, естественно, более эффективно в условиях интегрального диагностического отделения, где предусматривается возможность не только последовательного или одновременного, различных способов диагностики, но и выполнения их одним специалистом, который точно знает, какой необходимый дополнительный объем информации может дать каждый метод исследования. Попытки формирования таких «интегральных» специалистов, владеющих различными способами диагностической эндоскопии, делаются во многих научных учреждениях.

В 1981 г. в Московском научно-исследовательском рентгено-радиологическом институте было организовано сопорадионуклидное отделение, работающее в тесном контакте и по единым программам с рентгеновским отделением. Имея в виду большой опыт работы специалистов этих отделений по диагностике заболеваний желудочно-кишечного тракта, особое внимание на первом этапе работы было уделено созданию эффективной программы комплексного обследования лиц с заболеваниями печени и желчных путей. В течение 1982—1985 гг. были обследованы с использованием двух или трех способов 6850 пациентов с заболеваниями гепатодуоденальной зоны. Опыт этой работы позволил достаточно серьезно определить место и значение сонографии, радионуклидной и рентгеновской диагностики заболеваний печени, желчных путей и поджелудочной железы.

Положение с диагностикой заболеваний печени и желчных путей в настоящее время остается достаточно сложным, и актуальность этой проблемы постоянно возрастает, что обусловлено рядом причин. Во-первых, число заболеваний печени и желчных путей непрерывно увеличивается по причинам самого разнообразного характера, среди которых большое значение имеет нарастание числа пожилых людей среди населения. Во-вторых, поражения печени и желчных путей имеют место при заболеваниях других органов и систем (онкологических, сердечно-сосудистых, кишечника), что обязывает проводить исследования гепатобилиарной системы в плановом порядке у определенных групп больных. В-третьих, при первичном клиническом обследовании подозрение на заболевание печени и желчных путей возникает более часто в связи с общностью клинической симптоматики с заболеваниями органов гепатодуоденальной зоны.

Сложность проблемы диагностики заболеваний печени и желчных путей обусловлена также большой ответственностью, определяющей в ряде случаев судьбу больного (например, обнаружение метастатического поражения печени). Не менее важным представляется формирование показаний к оперативному лечению. Как известно, в 1983 г. число плановых операций на желчных путях было почти одинаковым с количеством оперативных вмешательств по скорой помощи, исходы которых значительно хуже чем при плановых операциях. Весьма актуальным представляется также необходимость выявления патофизиологического механизма развития клинических симптомов, что позволяют оптимизировать план соответствующих терапевтических мероприятий. Особенно ценным также представляется детальное изучение постхолецистэктомического синдрома, что даст возможность повысить качество реабилитации. Наконец, весьма перспективным представляется поиск таких изменений гепатобилиарной системы, которые еще не укладываются в нозологическую форму, однако могут являться исходной причиной развития определенного заболевания. Возможность проводить более глубокое изучение состояния гепатобилиарной системы с помощью современной техники позволяет надеяться на

выявление предболезни и обоснование профилактических способов предупреждения дальнейшего развития процесса.

Потребность в сравнительной оценке диагностической эффективности различных способов интроскопии не ограничивается только заболеваниями гепатодуоденальной зоны, она не менее актуальна в уронефрологии, пульмонологии, остеологии, кардиологии, неврологии и других областях клинической медицины. Не затрагивая деталей этой сравнительной оценки, представляется возможным сформулировать основные концепции, сложившиеся в настоящее время в радионуклидной диагностике.

Радионуклидная диагностика представляется исключительно эффективной в исследовании состояния функции внутренних органов, причем с возможностью определения количественных параметров степени нарушения функционального состояния. Именно эта особенность радионуклидной диагностики представляет ей важные преимущества при динамическом наблюдении за больными как в процессе лечения, так и после оперативного вмешательства. При многих заболеваниях нарушения функции выявляются значительно раньше, чем анатомо-топографические изменения, поэтому при радионуклидной диагностике патологический процесс можно выявить в более ранние сроки, чем при рентгеносонографических исследованиях. Это расширяет возможности ее применения в качестве скринингового метода. Однако радионуклидные методы, несмотря на их высокую чувствительность, уступают сонорентгенологическим методам по специфичности, поскольку визуализация внутренних органов при сонографии или компьютерной томографии позволяет достаточно уверенно установить не только факт поражения, но и характер патологического процесса. Если радионуклидная диагностика *in vivo* недостаточно специфична, то метод радиоиммуноанализа, наоборот, характеризуется как высокой чувствительностью, так и высокой специфичностью, сопоставимой с данными гистологического заключения. Так, с помощью производимого во Франции набора реагентов для определения в сыворотке крови больного углеводного антигена «СА-119» можно в 85% случаях выявить рак поджелудочной железы, а с помощью другого набора реагентов «СА-125» — с еще большей достоверностью определить рак яичников. Исследования в области разработки новых наборов реагентов для определения опухолевых маркеров в последние годы ведутся достаточно интенсивно, и представляется вероятным широкое внедрение в практику метода радиоиммуноанализа для скрининговых исследований опухолевых различных локализаций.

Определенные надежды возлагают на развитие исследований различных радиофармпрепаратов на основе метки ультракороткоживущими радионуклидами (^{125}I , ^{13}N и ^{11}C). В настоящее время в практике используется только один радиофармпрепарат на основе метки ^{123}I — амфетанин, — с помощью которого обнаруживается определенная тропность к тканям головного мозга. Распределение амфетанина в норме достаточно характерно и представля-

ется возможным получать типичные сцинтиграммы, в том числе и эмиссионные томограммы головного мозга. При нарушении кровоснабжения мозговой ткани или развитии в ней метаболических нарушений включение амфетамина снижается, что легко устанавливается на сцинтиграммах.

Таким образом, несмотря на развитие компьютерной томографии и сонографии, радионуклидная диагностика остается весьма необходимой для практики здравоохранения и перспективы ее развития достаточно велики. По нашему опыту весьма целесообразно совместить в лаборатории сонографические кабинеты. Обоснованность именно такого комплекса диктуется взаимно дополняющей друг друга информацией: сонографии — анатомо-топографической и радионуклидной — анатомо-функционально-метаболической. Это позволит значительно ускорить установление окончательного диагноза и повысить его надежность и объем.

Авторы настоящего тома не могут претендовать на полноту изложения всего материала по радионуклидной диагностике на момент издания книги, поскольку только за время работы над рукописью, т. е. в течение 1984 г., появились новые эффективные методики радионуклидной диагностики. К таким важным достижениям относятся прежде всего новые типы туморальных маркеров для диагностики *in vitro* рака поджелудочной железы (карбогидратный антиген) и опухолей яичников (иммуноглобулин типа «СО-125»). Уже первый опыт применения этих реагентов в нашей практике показал их высокую эффективность в диагностике указанных злокачественных опухолей. Необходимо отметить и наши собственные разработки нового способа радионуклидной диагностики сосудистых поражений почек, основанных на внутривенном введении кофеина, избирательно расширяющего в норме сосуды почек, а при патологическом их изменении — не оказывающим соответствующего влияния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аметов А. С., Касаткин Ю. Н., Микерова Т. П., Тураев Р. П. Радионуклидные методы исследования в диагностике заболеваний системы гипоталамус—гипофиз—кора надпочечников. Метод рекомендации. — М.: ЦИУВ, 1982.—20 с.
- Балабаненко Г. М., Романенко Е. В. Состояние мышечного кровотока при лечении односторонних переломов бедра и голени. — В кн.: Радионуклидные методы исследований в клинике. М., 1981, с. 153—157.
- Баумгарта А. В., Голиков А. П., Ишмухаметов А. И., Борисенко А. П. Возможности радионуклидного изучения травматических повреждений сердца. — В кн.: Функциональные методы исследования при хирургических заболеваниях и травмах органов грудной и брюшной полости: Труды Моск. НИИ скорой помощи. М., 1980, т. 38, с. 52—57.
- Габуния Р. И., Виноградов В. А. Гамма-сцинтиграфия и компьютерная томография. — Мед. радиол., 1980, № 6, с. 10—16.
- Габуния Р. И., Колесникова Е. К. Возможности компьютерной томографии в исследовании органов брюшной полости и ретроперитонеального пространства. — Вопр. онкол., 1981, № 10, с. 3—9.
- Габуния Р. И., Земцова М. В., Дюбин Е. А. Диагностика метастатического поражения скелета с помощью пирофосфата ^{99m}Tc . — Мед. радиол., 1978, № 1, с. 39—42.
- Габуния Р. И., Кузьмин В. П., Фатеева М. Н. и др. Применение радиоактивных нуклидов в клинических исследованиях. — М.: Атомиздат, 1979.—262 с.
- Беспалов Г. С. К диагностике остеогенных сарком костей. — Вестн. хир., 1974, № 3, с. 64—68.
- Буюклян А. Н., Габуния Р. И., Ромагин В. К. Комплексное аэрозольно-перфузионное скапирование при хронических и опухолевых заболеваниях легких. — Мед. радиол., 1977, № 1, с. 15—20.
- Двоскина И. С., Степанова И. П., Руда М. Я. Радионуклидная диагностика острого инфаркта миокарда. — Мед. радиол., 1980, № 7, с. 21—27.
- Денисов Е. Н. Особенности распределения селен-75 метионина при заболевании поджелудочной железы. — В кн.: Актуальные вопросы гастроэнтерологии. Сб. трудов. М.: ЦНИИГ, 1975, вып. 8, с. 105—109.
- Зедгенидзе Г. А., Испенков Е. А. Комплексное рентгено-радиологическое исследование костно-суставной системы — В кн.: Материалы Плен. правления Всесоюзн. науч. об-ва рентгенологов и радиологов. М., 1972, с. 3—16.
- Зубовский Г. А. Гаммасцинтиграфия. — М.: Медицина, 1978. — 250 с.
- Зубовский Г. А. Радионуклидная диагностика в педиатрии. — Л.: Медицина, 1983.—167 с.
- Зубовский Г. А., Васильченко С. А. Панкреатосцинтиграфия после сахарной нагрузки. — Мед. радиол., 1982, № 7, с. 39—42.
- Ишмухаметов А. И. Радионуклидная диагностика заболеваний органов пищеварения. — М.: Медицина, 1979, 280 с.
- Ишмухаметов А. И. Основы радионуклидного исследования при неотложных состояниях. Мед. радиол., 1981, № 10, с. 54—61.
- Королев С. В., Эвентов А. З., Хаджина П. К. и др. Полуколичественная оценка сцинтиграмм миокарда с ^{201}Tl . — Мед. радиол., 1983, № 4, с. 24—28.

- Ларичева Н. П.* Радионуклидная диагностика в перинатологии. — В кн.: Зубовский Г. А. Радионуклидная диагностика в педиатрии. Л.: Медицина, 1983, с. 136—155.
- Лопаткин Н. А., Мазо Е. Б.* Диагностика вазоренальной гипертензии и выбор метода ее лечения. М.: Медицина, 1975. — 248 с.
- Лопаткин Н. А., Глайзер Ю. Я., Мазо Е. Б.* Радионуклидная диагностика в уронефрологии. — М.: Медицина, 1977, 320 с.
- Лясс Ф. М.* Преимущества применения ксенона-133 для гаммамеллографии. — Радиология — диагностика, 1971, т. 12, № 1, с. 131—135.
- Палинкаши Д. Г.* Исследование обмена ^{75}Se метионина при поражениях гепатобиллиарной системы. — Мед. радиол., 1984, № 5, с. 44—49.
- Поздышева И. С.* Центральная гемодинамика при ударах головного мозга. — Вопр. нейрохир., 1981, № 2, с. 27—29.
- Романенко Е. В.* Радионуклидный метод исследования и изучения тканевой микроциркуляции при острой травме. — В кн.: Инструментальные методы исследования в экстренной хирургии. Материалы конф. М., 1979, с. 36—38.
- Сивошинский Д. С.* Основы радионуклидной диагностики в клинической онкологии. — В кн.: Клиническая онкология. Под ред. Н. П. Блохина, Б. Е. Петерсона. М.: Медицина, 1971, с. 70—80.
- Таджиев Н. Я.* Функциональное состояние печени и почек у больных острым калькулезным холециститом до и после операции. — Здравоохр. Таджикистана, 1977, № 6, с. 46—51.
- Ткачева Г. А., Балаболкин М. И., Ларичева Н. П.* Радионуклеохимические методы исследования. Справочник. М.: Медицина, 1983. — 192 с.
- Чазов Е. И., Крамер А. А., Эвентов А. З.* и др. Прямая визуальная диагностика острого инфаркта миокарда с пирофосфатом $^{99\text{m}}\text{Tc}$. — Тер. арх., 1977, № 6, с. 10—14.
- Alavi A., Desai A., Esterhai J. et al.* Bone scanning in the evaluation of non-united fractures. — J. Nucl. Med., 1979, vol. 20, N 6, p. 647.
- Ambrose J.* Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application. — Brit. J. Radiol., 1973, vol. 46, N 552, p. 1023—1047.
- Anacker H., Heller H. J., Rupp N. et al.* Die Computer-Tomographie des Pankreas. — Dtsch. med. Wschr., 1977, Bd 102, N 1, S. 3—5.
- Baeat A. Z., Wackenkeim A., Jeanmart I.* Abdominal Computerized-Tomography. — Berlin—Heidelberg—New York: Springer Verlag, 1980.
- Bessler W.* Röntgenologische und szintigraphische Diagnose von skelettenkrankungen in vergliche zur alkoholischen Phosphataseaktivität in serum. — Schweiz. Med. Wschr., 1974, Bd 10, S. 333—341.
- Beierwaltes W., Giulio W.* Parathyroid Scanning. — In: Scintillation Scanning in clinical medicine. Ed. J. I. Quinn. London: Sanders, 1964, p. 55—68.
- Blumgart H. L., Weiss S.* Studies on the velocity of blood flow. — J. Clin. Invest., 1937, vol. 4, N 1, p. 15.
- Breit A., Rohde U.* Computer tomographie gynäkologischer Tumoren. — Stuttgart—New York: Thieme Verlag, 1983.
- Buja L. M., Parkey R. W., Dees J. H. et al.* Morphologic correlates $^{99\text{m}}\text{Tc}$ stannous pyrophosphate imaging of acute myocardial infarcts in dogs. — Circulation, 1975, vol. 52, p. 596—607.
- Campbell E. W.* Bone scan as diagnostic aid in Hodgkin's diseases. — J. Nucl. Med., 1977, vol. 18, N 11, p. 1143—1144.
- Cavleri R. R., Scott K. V., Sairegi E.* — Selenite 75-Se as a tumour localisizing agent in man. — J. Nucl. Med., 1966, vol. 7, N 1, p. 197.
- Cherkes D. N., Valentine G., Gravitz B.* Interpretation of the normal $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Polyphosphate Rectilinear Bone scan. — Radiology, 1973, vol. 107, N 3, p. 563—570.
- Conn J. W., Cohen E.* Primary aldosteronism photoscanning of tumors after administration of ^{131}I -19-iodocholesterol. — Arch. Intern. Med., 1972, vol. 129, N 3—4, p. 417—425.
- Deckart H.* Nuklearmedizin Einführung Theorie und Praxis. Jena: R. Fischer, 1973, 336 S.

- Edwards C., Hayes R.* Tumour scanning with Ga-67-citrate. — *J. Nucl. Med.*, 1969, vol. 10, N 1, p. 103.
- Eaton S., Petsaid M., Lo H. H., Beaulieu E.* Radioisotopic "Subtraction" scanning for pancreatic lesions. — *Radiology*, 1967, vol. 89, N 6, p. 1033—1039.
- Ernst H., Vessal K., Krüger J.* Lung scanning as a screening method for cancer of lung. — *Cancer*, 1969, vol. 23, N 2, p. 508—512.
- Ergelman I., Carr D. H.* Comparison for bone scanning and radiology in metabolic bone. — *J. Nucl. Med.*, 1979, vol. 20, N 5, p. 602.
- Fukuchi S., Ise R., Beizwalter W. H.* Diagnosis of adrenal disease by visualisation of human adrenal glands with ¹³¹I-19-iodocholesterol. — *Jpn. Nucl. Med.*, 1973, vol. 10, p. 199—206.
- Hauga J., Reich N. E.* Computed tomography scanning of the Pancreas. — *Radiol. Clin. Amer.*, 1977, vol. 15, N 3, p. 367—376.
- Hauga J., Reich N. E.* Kidneys and adrenal gland. — In: *Computed tomography of abdominal abnormalities*. St. Louis: Mosby, 1978, p. 177—220.
- Hamilton J. G., Soley M. H.* Studies in iodine metabolism by the use of a new radioactive isotope of iodine. — *Amer. J. Physiol.*, 1939, vol. 127, p. 557.
- Haltborn K. A., Larson L. G., Ranghuly G.* The lymph drainage from breast to the axillary and parasternal lymph nodes studied with aid of colloidal Au-198. — *Acta Radiol.*, 1975, vol. 43, N 1, p. 52—64.
- Hammersey P. A., Taylor D. M.* The role of lysosomal enzyme activity in the localization of ⁶⁷Ga citrate. — *Eur. J. Nucl. Med.*, 1979, vol. 4, p. 261—270.
- Haubold U., Aulbekt R.* Gallium-67 as a tumour scanning agent. — In: *Med. Radiois. Scint.* Vienna: IAEA, 1973, p. 553—564.
- Hayes R. L., Edwards C. L.* New applications of tumour localizing radiopharmaceuticals. — In: *Med. Radioisotope scintigraphy* Vienna: IAEA, 1973, vol. 2, p. 531—552.
- Henderson J. W.* Orbital tumors. Philadelphia—London—Toronto. W. B. Saunders Co, 1973, p. 705.
- Henry J., Frühling J., Turpin J., Versist A.* Scintigraphie pancreatique par double soustraction isotopique et traitement des informations par ordinateur. — In: *Med. Radiois. Scintigraphy*. Vienna: IAEA, 1973, vol. 2, p. 181—189.
- Higashi T., Kashima T., Shimura K. et al.* Gallium 67 scanning in the evaluation of therapy of malignant tumors of the head and neck. — *J. Nucl. Med.*, 1977, vol. 1, N 3, p. 243—249.
- Jacobs L., Weisberg L., Kinkel W. R.* Computerized Tomography of the Orbit and Sella Turcica. — New York: Raven Press, 1980, p. 354.
- Jones A. C., Francis M. D., Davis M. A.* Bone scanning: radionuclidic reaction mechanisms. — *Sem. Nucl. Med.*, 1976, vol. 6, N 1, p. 3—18.
- Kaneko M., Sasaki T. D., Kido C.* Positive scintigraphy of tumour by means of intra-adrenal injection of radioiodinated macroaggregated Albumin. — *Amer. J. Roentgenol.*, 1968, vol. 102, N 1, p. 18.
- Kaplan E., Ben-Porath M., Fink S.* Elimination of liver interference from the salenomethionine pancreas scand. — *J. Nucl. Med.*, 1966, vol. 7, p. 807—816.
- Kay D., Mc Cready V.* Clinical isotope scanning using citrate in the management of Hodgkins disease. — *Brit. J. Radiol.*, 1972, vol. 45, N 534, p. 437—443.
- Keeling D. H.* ⁶⁷Ga studies for tumour localisation. — *Brit. J. Radiol.*, 1973, vol. 46, p. 157.
- Komaki S., Bla H., Matsuura K.* Oblique Computed Tomography for Orbital Mass Lesions. — *Radiology*, 1978, vol. 129, N 1, p. 79—80.
- Knipping H., Venrath H.* Regional pulmonary function studies with ¹³³Xe. *Sem. Hop. Paris. Path. Biol.*, 1958, vol. 6, p. 449.
- Krishnamurthy G. T., Huebotter R., Walsh C. F. et al.* Kinetics of ^{99m}Tc labeled pyrophosphate and polyphosphate in man. — *J. Nucl. Med.*, 1975, vol. 16, N 1, p. 109—113.
- Kubota T.* Diagnosis of malignant on the field of otorinolaryngology by radioisotopes. Localization of the lesion in maxillary cancer using the scintigram. *Otolaryngology (Tokyo)*, 1971, vol. 43, p. 497—504.

- Lee T.* Computed Body Tomography. — New York: Raven Press, 1983.
- Lilen D. L., Jones S. E.* A clinical evaluation of indium 111-bleomycin as a tumor imagin agent. — *Cancer*, 1975, vol. 33, p. 1036—1047.
- Loken M. K.* Camera Studies of lung ventilation and perfusion. — *Sem. Nucl. Med.*, 1971, vol. 1, N 2, p. 229—245.
- Lopez-Majano N., Wagner H. N.* Indication for lung scintigraphyzy. — *Respiration*, 1975, vol. 32, N 1, p. 46—61.
- Meckstruth G. R., Staub R. T.* Techniques in pancreas imaging. — In: *Med. Radioisotope Scintigraphy IAEA, Vienna, 1973*, vol. 2, p. 167—180.
- Oldendorf W. H., Kitano M., Shimizu S.* Evaluation of a simple technique for abrupt intravenous infection of radioisotope. — *J. Nucl. Med.*, 1965, vol. 6, N 3, p. 205—209.
- Poulos K., Reba R., Eckelman W.* — Extra-osseous localisation of ^{99m}Tc pyrophosphate. — *Brit. J. Radiol.*, 1975, vol. 48, p. 724—727.
- Rösler H., Stalder A., Kinser J.* Type-specific tumour patterns in cerebral sequential scintigraphy. — In: *Med. Radioisotope Scintigraphy IAEA, Vienna, 1973*, vol. 1, p. 467—476.
- Sage H. H., Gozin B. V.* Infatic scintigrams a method for studying the functional pattern of lymphatics and lymphonodes.—*Cancer*, 1958, vol. 11, N 1, p. 200—203.
- Spiessens H. H., Uythenbroeck F., Wonderheyden J.* Liver and bone scintigraphy in breast cancer-diagnostic and prognostic tool at time of onset and during follow-up. — *Clin. Oncol.*, 1974, vol. 13, N 2, p. 171—176.
- Subramanian G., Mc Afee J. A.* A new complex of ^{99m}Tc polyphosphate for skeletal imagin. — *J. Radiol.*, 1971, vol. 99, p. 192—196.
- Takeda S., Uchida T., Matsuzawa T.* A comparative study on lysosomal accumulation of ^{67}Ga and Indium-111 in Morris Hepatoma 7316 A. — *J. Nucl. Med.*, 1977, vol. 18, N 8, p. 835—838.
- Watanabe K., Kawachira K., Matsuura K.* Scintigraphy as a screening test for carcinim of the pancreas. — *Acta radiol.*, 1974, vol. 15, N 1, p. 57—64.
- Wegener O. H.* Ganzkorper-Computer-Tomographie. — Berlin Schering, 1981.
- Whitley N. O.* Computed tomography in the evaluation of the extent of neoplastic disease of the abdomen. — *Proc. Ist. Euro. Symp. 4th General. CT. Amsterdam, 1980*, p. 66—92.
- Winchel H. S.* Mechanisms for localization of radiopharmaceticells in neoplasms. — *Sem. Nucl. Med.*, 1976, vol. 6, N 4, p. 371—378.

Clinical Roentgenoradiology (a Manual). Vol. 4: Radionuclide diagnosis. Computer tomography/Ed. by G. A. ZEDGENIDZE/USSR AMS. — M.: Meditsina, 1985, 368 p., ill.

Authors: prof. R. I. Gabounia, prof. G. A. Zoubovski

The book presents the basics of nuclide diagnosis, characteristics of radio-pharmaceutical preparations and nuclear-medical technology as well as the essentials of radioimmunoanalysis.

The volume provides information on the results of clinical use of different methods of nuclear diagnosis in the fields of cardiology, pulmonology, hematology, uronephrology, osteology, endocrinology and lymphology.

Particular attention is given to the description of the methods of investigation with the technetium and gamma camera.

The book is illustrated with the 184 pictures, including colour pictures, and contains 16 tables.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Основы радионуклидной диагностики. — <i>Г. А. Зубовский, Р. И. Габуня</i>	6
1. История развития	6
2. Радиофармацевтические препараты (РФП)	8
а) Критерии выбора радиоактивного нуклида для метки РФП	9
б) Характеристика радиоактивных нуклидов и РФП	12
3. Регистрация и измерение излучений радиоактивных нуклидов	20
4. Радиометрическая аппаратура	23
5. Радионуклидная диагностика <i>in vivo</i>	36
6. Радионуклидная диагностика <i>in vitro</i>	46
Глава II. Радионуклидная диагностика сердечно-сосудистых заболеваний. — <i>Г. А. Зубовский</i>	59
1. Радиокардиоциркулография	61
2. Миокардиосцинтиграфия	70
Глава III. Радионуклидные исследования при заболеваниях легких. — <i>Р. И. Габуня</i>	79
1. Радиопневмография с ^{133}Xe	80
2. Перфузионная и ингаляционная пульмоноцинтиграфия	85
3. Позитивная пульмоноцинтиграфия с опухоротропными РФП	93
4. Ангиопульмоносцинтиграфия	97
Глава IV. Радионуклидная диагностика заболеваний печени и желчных путей. — <i>Г. А. Зубовский</i>	103
1. Гепатосцинтиграфия и сканография с коллоидами	103
2. Функциональные исследования гепатобиллиарной системы	112
3. Гепатобилисцинтиграфия	114
Глава V. Радионуклидная диагностика заболеваний поджелудочной железы. — <i>Р. И. Габуня</i>	125
1. Панкреатосцинтиграфия	125
2. Радиоиммунологический анализ гормонов и ферментов поджелудочной железы	135
Глава VI. Радионуклидная диагностика заболеваний почек. — <i>Г. А. Зубовский, Р. И. Габуня</i>	137
1. Ренография	138
2. Реносцинтиграфия	149
3. Ангиореносцинтиграфия	163
Глава VII. Радионуклидная диагностика заболеваний надпочечников. — <i>Г. А. Зубовский</i>	171
1. Супрореносцинтиграфия	171
2. Радиоиммунологический анализ гормонов надпочечников	177
Глава VIII. Радионуклидная диагностика заболеваний щитовидной железы. — <i>Г. А. Зубовский</i>	179

1. Поглонительные тесты с тиреотропными РФП	180
2. Радиоиммунологический анализ в диагностике заболеваний щитовидной железы	183
3. Тиреосцинтиграфия	192
Глава IX. Радионуклидная диагностика заболеваний костей. <i>Р. И. Габуния</i>	203
1. Принципы исследования	203
2. Исследование при опухолевых и воспалительных заболеваниях костей	208
Глава X. Радионуклидная диагностика заболеваний центральной нервной системы. — <i>Г. А. Зубовский</i>	217
1. Энцефалорадиография и энцефалоангиосцинтиграфия	218
2. Миелосцинтиграфия	239
Глава XI. Радионуклидная диагностика лимфатической системы.— <i>Р. И. Габуния</i>	241
1. Непрямая лимфография	242
2. Исследование парастернальных лимфатических узлов	245
3. Исследование лимфатических узлов области таза и брюшинного пространства	246
Глава XII. Радионуклидная диагностика поражения селезенки. <i>Р. И. Габуния</i>	255
Глава XIII. Радионуклидная диагностика заболеваний гортани, носоглотки и околоносовых пазух. — <i>Р. И. Габуния</i>	260
Глава XIV. Радионуклидная диагностика неотложных состояний. <i>А. И. Шимухаметов</i>	266
Глава XV. Основы компьютерной томографии (КТ). — <i>Р. И. Габуния, Л. К. Колесникова</i>	281
1. Принцип работы и устройство компьютерного томографа	282
2. КТ при некоторых заболеваниях головы и шеи	286
3. КТ при заболеваниях легких и средостения	302
4. КТ при заболеваниях брюшной полости и брюшинного пространства	311
5. КТ при заболеваниях органов малого таза	342
Заключение	353
Список литературы	357

CONTENTS

Introduction	3
Chapter I. Radionuclide diagnosis bases	6
1. History of development	6
2. Radiopharmaceutic preparations (RPP)	8
3. Registration and measurement of radioactive nuclides radiations	20
4. Radiometric instruments	23
5. Radionuclide diagnosis in vivo	36
6. Radionuclide diagnosis in vitro	46
Chapter II. Radionuclide diagnosis of cardio-vascular diseases	59
1. Radiocardiocirculography	61
2. Myocardioscintigraphy	70
Chapter III. Radionuclide researches in lung diseases	79
1. Radiopneumography with ^{133}Xe	80
2. Perfusion and inhalation pulmonoscintigraphy	85
3. Positive pulmonoscintigraphy with tumorotropic RPP	93
4. Angiopulmonoscintigraphy	97
Chapter IV. Radionuclide diagnosis of hepatic and biliary duct diseases	103
1. Hepatoscintigraphy and scanography with colloids	103
2. Functional studies of hepato-biliary system	112
3. Hepatobiliscintigraphy	114
Chapter V. Radionuclide diagnosis of pancreatic diseases	125
1. Pancreatoscintigraphy	125
2. Radioimmunological analysis of pancreatic hormones and enzymes	135
Chapter VI. Radionuclide diagnosis of kidney diseases	137
1. Renography	138
2. Renoscintigraphy	149
3. Angionephroscintigraphy	163
Chapter VII. Radionuclide diagnosis of adrenal gland diseases	171
1. Suprenoscintigraphy	171
2. Radioimmunological analysis of adrenal glands hormones	171
Chapter VIII. Radionuclide diagnosis of thyroid gland diseases	179
1. Absorption tests with thyrotrophic RPP	180
2. Radioimmunological analysis in the diagnosis of the thyroid gland diseases	183
3. Thyroscintigraphy	192
Chapter IX. Radionuclide diagnosis of bone diseases	203
1. Investigation principles	203
2. Investigation in tumor and inflammatory diseases of bones	208

Chapter X. Radionuclide diagnosis of the CNS system diseases	217
1. Encephaloradiography and encephaloangioscintigraphy	218
2. Myeloscintigraphy	239
Chapter XI. Radionuclide diagnosis of the lymphatic system	241
1. Indirect lymphography	242
2. Study of the parasternal lymph nodes	245
3. Study of the lymph nodes in the region of pelvis and retroperitoneal space	246
Chapter XII. Radionuclide diagnosis of the spleen injury .	255
Chapter XIII. Radionuclide diagnosis of diseases of the larynx, nasopharynx and accessory nasal sinusi	260
Chapter XIV. Radionuclide diagnosis of emergency states .	266
Chapter XV. Basics of computer tomography (CT)	281
1. Operation principles and arrangement of computer tomograph	282
2. CT in some diseases of the head and neck	286
3. CT in diseases of the lungs and mediastinum	302
4. CT in diseases of the abdominal cavity and retroperitoneal space	311
5. CT in diseases of small pelvis	342
Conclusion	353
References	357

Клиническая рентгенорадиология

Руководство, том 4

Зав. редакцией *И. А. Сидоров*

Редактор *Д. Г. Паликаши*

Редактор издательства *М. А. Годунова*

Художественный редактор *И. А. Гурова*

Оформление художника *И. М. Ивановой*

Технический редактор *З. А. Романова*

Корректор *Л. Г. Воронина*

ИБ № 2131

Сдано в набор 22.01.85. Подписано к печати 12.07.85. Т-02594. Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бумага мелованная. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Усл. печ. л. 23,0. Усл. кр.-отт. 53,0. Уч.-изд. л. 24,38. Тираж 20230 экз. Заказ 819. Цена 2 р. 60 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Медицина», Москва, Петроверигский пер., 6/8.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская, 1.

К сведению читателей!

**Из плана выпуска литературы
издательства «Медицина»
на 1986 год:**

Компьютерная томография мозга/ВЕРЕЩАГИН Н. В., БРАГИНА Л. К., ВАВИЛОВ С. Б., ЛЕВИНА Г. Я./АМН СССР. — М.: Медицина, 1986 (IV кв.)—20 л., ил. — В пер.: 3 р. 30 к. 5000 экз.
Авторы — сотрудники НИИ неврологии АМН СССР: Н. В. Верещагин — проф., зам. директора; Л. К. Брагина — д-р мед. наук; С. Б. Вавилов и Г. Я. Левина — кандидаты мед. наук.

Основу книги составляет опыт 4-летнего проведения компьютерно-томографических исследований в НИИ неврологии АМН СССР. Обобщены и систематизированы критерии рентгенологической диагностики, получаемые с помощью этого принципиально нового рентгенологического метода в клинике нервных болезней. Указанный метод широко внедряется в неврологическую практику.

Для невропатологов, нейрохирургов, рентгенологов.

К сведению читателей!

Из плана выпуска литературы издательства «Медицина» на 1986 год:

БЕРДОВ Б. А., ЦЫБ А. Ф., ЮРЧЕНКО Н. И. Диагностика и комбинированное лечение рака прямой кишки/АМН СССР. — М.: Медицина, 1986 (I кв.). — 15 л., ил. — В пер.: 2 р. 10 к. 9000 экз.

Авторы сотрудники НИИ медицинской радиологии АМН СССР: Б. А. Бердов — проф., зам. директора института; А. Ф. Цыб — проф., дир. института; Н. И. Юрченко — канд. мед. наук, науч. сотр.

В книге представлены материалы по радиобиологическому обоснованию оптимизации и планированию предоперационного облучения опухоли. Освещены новые направления в комбинированном лечении рака прямой кишки. Приведены данные о новых методах предоперационного воздействия с использованием отечественных приборов. Обсуждена зависимость результатов лечения от вида понизирующего излучения, методики лечения, разовой и суммарной дозы облучения. Для онкологов, радиологов.

Книги издательства «Медицина» поступают для продажи в специализированные книжные магазины и магазины, имеющие отделы медицинской литературы.

Издательство «Медицина» распространением литературы не занимается.

