

Оглавление

Вступительное слово	4
Предисловие научного рецензента	5
Введение	6
Раздел I. Роль болюсного контрастного усиления в современной компьютерной томографии	11
Список рекомендуемой литературы.	28
Раздел II. Эволюция систем доставки контрастного вещества.	29
II.1. Простой инжектор	30
II.2. Двухголовчатая инъекционная система (двухголовчатый инжектор)	31
II.3. Бесколбовый инжектор	36
Раздел III. Параметры для возможной оптимизации болюсной инъекции контрастного вещества	37
III.1. Доза контрастного вещества.	39
III.2. Концентрация контрастного вещества	46
III.3. Объем контрастного вещества	52
III.4. Скорость введения контрастного вещества	59
III.5. Задержки сканирования.	67
III.6. Масса тела пациента	87
III.7. Солевой преследователь болюса контрастного вещества	95
III.8. Преднаполненные шприцы	101
III.9. Направление сканирования.	102
III.10. Тип введения болюса контрастного вещества	121
III.11. Тип контрастного вещества.	137
Список рекомендуемой литературы.	141
Раздел IV. Примерные протоколы сканирования.	149
Раздел V. Клиническое применение динамической МСКТ и МСКТ-ангиографии	155
V.1. МСКТ-исследование головы и шеи	170
V.2. МСКТ-исследование легких, средостения и сосудов легких	192
V.3. МСКТ-исследование грудной аорты и ее ветвей	214
V.4. МСКТ-исследование сердца (камеры и коронарные артерии)	221
V.5. МСКТ-исследования печени, воротной вены, желчного пузыря и желчных путей	232
V.6. МСКТ-исследование поджелудочной железы и селезенки.	264
V.7. МСКТ-исследование желудка, тонкой и толстой кишки	286
V.8. МСКТ-исследование надпочечников, забрюшинного пространства и нижней полой вены	309
V.9. МСКТ-исследование брюшной аорты и почек.	332
V.10. МСКТ-исследование предстательной железы, матки и яичников	358
V.11. МСКТ-исследование нижних конечностей.	367
Заключение.	378
Список рекомендуемой литературы.	379

Раздел I

Роль болюсного
контрастного усиления
в современной компьютерной
томографии

Три десятилетия назад, когда эра компьютерной томографии (КТ) только началась, появление возможности влиять на повышение контрастности изображения стало революционным явлением.

Тем не менее в ту пору КТ-исследования с контрастным усилением применялись не часто. Объяснялось это тем, что доступны были лишь *ионные контрастные вещества*. Для диагностики на медленных сканерах, *когда контрастные вещества вводили медленно* и когда нужно было доказать лишь факт контрастирования, это было приемлемо и вполне достаточно.

Фармацевтическая промышленность основные объемы контрастных веществ производила для классических ангиографических исследований.

Совершенствование технологии КТ-сканирования и *появление на фармацевтическом рынке первых неионных контрастных веществ* *положительно повлияло на увеличение объемов и разнообразие КТ-исследований с применением этих препаратов.*

В настоящее время не осталось анатомических областей и заболеваний, в них возникающих, которые не могли бы быть диагностированы и изучены с использованием КТ с контрастным усилением.

КТ-исследования проводятся во всех возрастных группах пациентов. Что касается представления, сколько таких исследований будет выполнено в течение жизни каждого пациента, сказать сложно. Но очень важно, чтобы каждое такое исследование стало, насколько это возможно, эффективным, оправданным, внесло свою лепту в понимание состояния пациента и его оценку.

Другими словами, *мультиспиральная КТ (МСКТ) с минимально возможной лучевой нагрузкой на пациента и минимально возможной использованной дозой контрастного вещества, обеспечивающими максимальную информативность исследования, является одной из наиболее существенных проблем современной лучевой диагностики.*

Современная компьютерная томография (МСКТ) характеризуется огромной скоростью сбора информации, большими возможностями ее переработки и хранения. Массивные файлы данных могут быть обработаны и использованы не только для построения классических аксиальных изображений, но и для любых дополнительных изображений в стандартных геометрических плоскостях (сагиттальной или коронарной), а также в любой произвольно выбранной плоскости, в том числе криволинейной.

Необходимо подчеркнуть, что, начиная с 32-МСКТ, воксель изображения стал изотропным. Это означает, что не только нет потери качества КТ-изображения и его диагностической информативности по оси Z, но и, наоборот, появились новые возможности для отображения диагностической информации при постпроцессорной обработке данных.

Примеры клинически эффективного использования диагностических КТ-изображений с контрастным усилением представлены на рис. 1.1–1.7.

Изображения, полученные при постпроцессорной обработке (SSD-, MIP-реконструкции, коронарные, сагиттальные изображения) более понятны врачам-специалистам из других областей медицины, например хирургам, терапевтам и т.д., когда они независимо от лучевых диагностов оценивают результаты МСКТ-исследования.

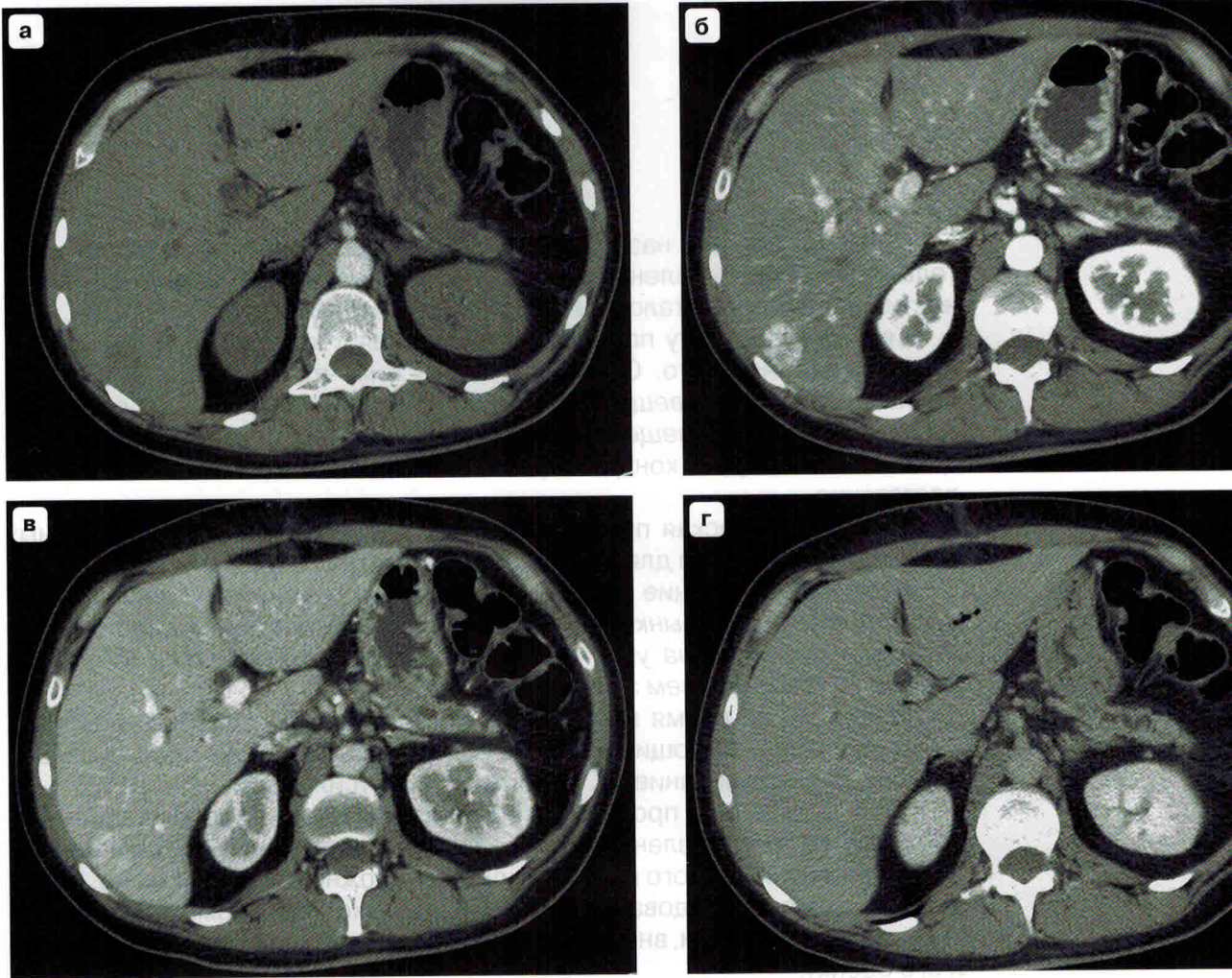


Рис. 1.1. Динамическое контрастное усиление (многофазное исследование) печени: фокальная нодулярная гиперплазия.

Гиподенсное очаговое образование печени (а). Обратите внимание, что в очень раннюю артериальную фазу, когда контрастное вещество уже умеренно контрастирует брюшную аорту и чревной ствол, изменений плотности очагового образования печени (ООП) нет. Другими словами, эмпирически подобранная временная задержка может быть неэффективной.

ООП становится гиперденсным в позднюю артериальную фазу (б). То, что это поздняя артериальная фаза, можно понять по интенсивному контрастированию кортикального слоя почек. ООП остается умеренно гиперденсным и в портальную (портально-венозную) фазу (в). Оно изоденсно паренхиме печени в позднюю фазу контрастного усиления (г).

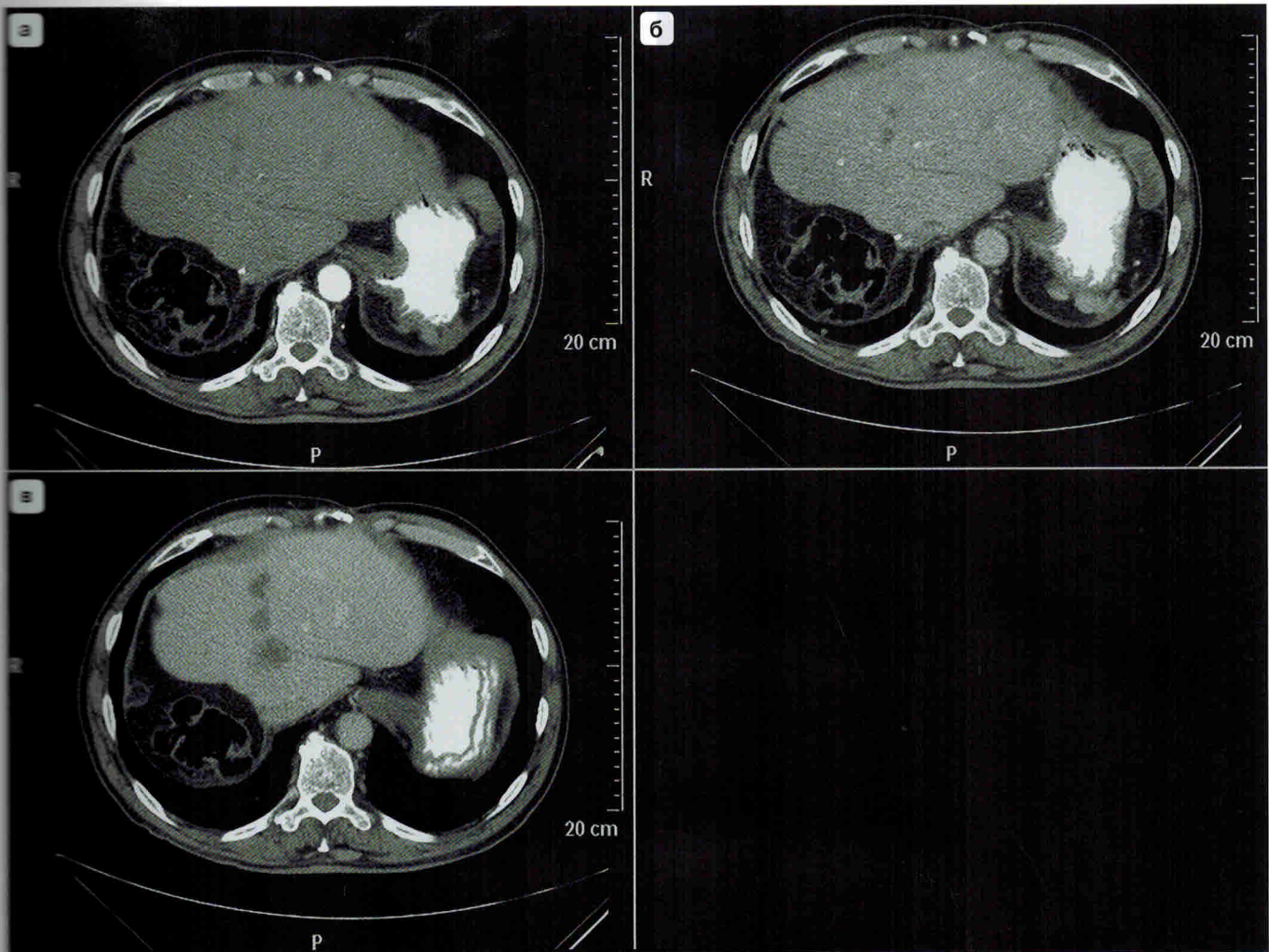


Рис. 1.2. МСКТ-исследование печени с болюсным контрастным усилением: метастазы ректального рака.

В резецированной печени в артериальную фазу (**а**) видно несколько гиподенсных очаговых образований. Одно из них – это ветвь печеночной вены, так как она становится гиперденсной структурой в отсроченную фазу. В венозную фазу (**б**) также диагностической информации недостаточно. Размеры, форма и очертания метастазов лучше видны в отсроченную фазу контрастного усиления (**в**).

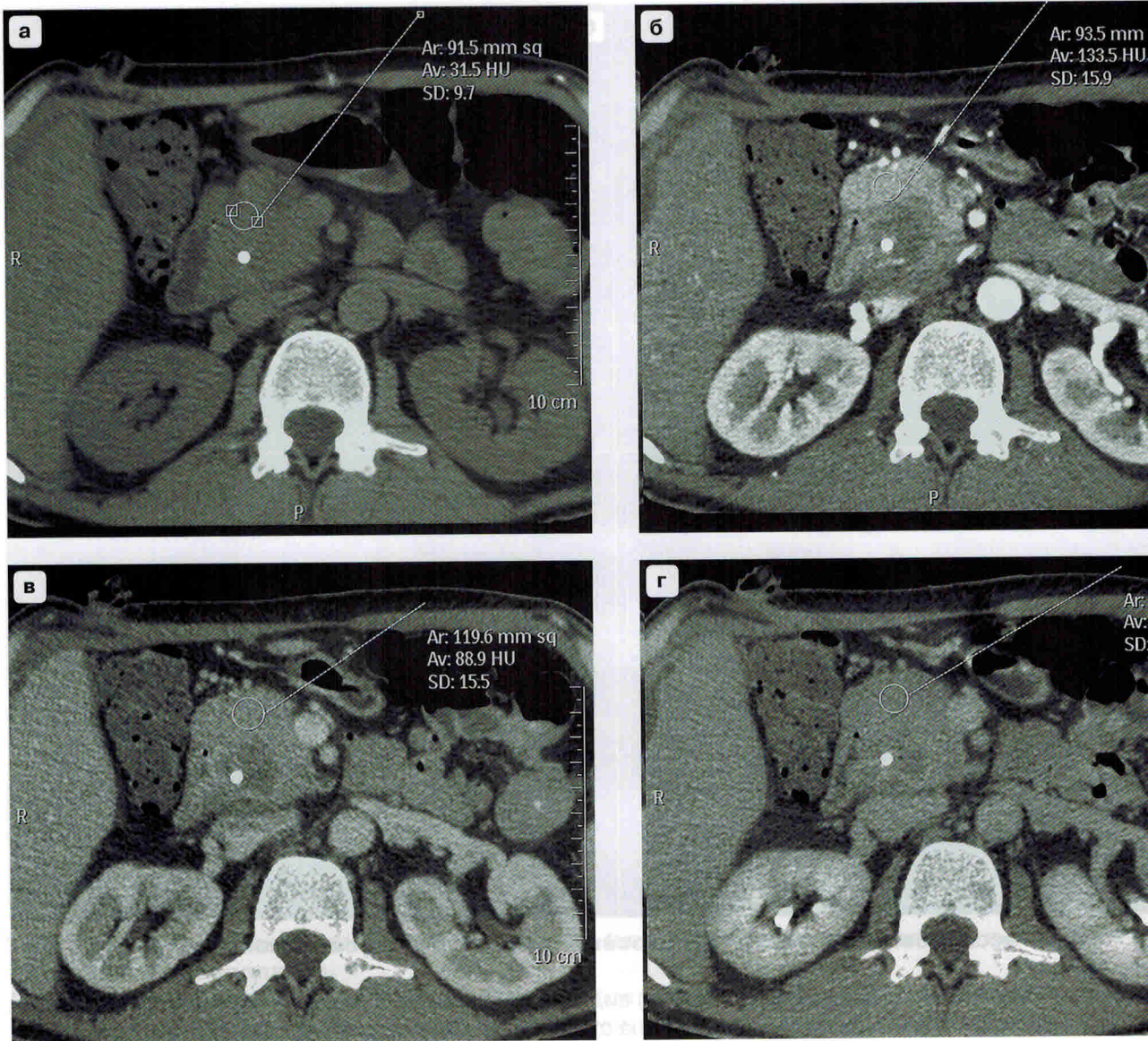


Рис. 1.3. МСКТ. Динамическое исследование поджелудочной железы: аденокарцинома головки поджелудочной железы.

Опухоль головки поджелудочной железы (а) имеет ту же плотность, что и паренхима поджелудочной железы. Видна дренажная трубка в проекции общего желчного протока. Отмечается повышение плотности паренхимы железы в артериальную фазу (б), а опухоль на таком фоне видна как гиподенсное образование. В венозную фазу (в) плотность паренхимы железы снижается, плотность опухоли умеренно повысилась, но опухоль по-прежнему остается гиподенсным образованием. В отсроченную фазу (г) граница между краем опухоли и паренхимой железы видна плохо, поскольку опухоль накапливает контрастное вещество. Накопление контрастного вещества опухолью именно в отсроченную фазу имеет морфологическое объяснение – депонирование контрастного вещества в синусоидах соединительной ткани при десмопластической реакции в опухоли.

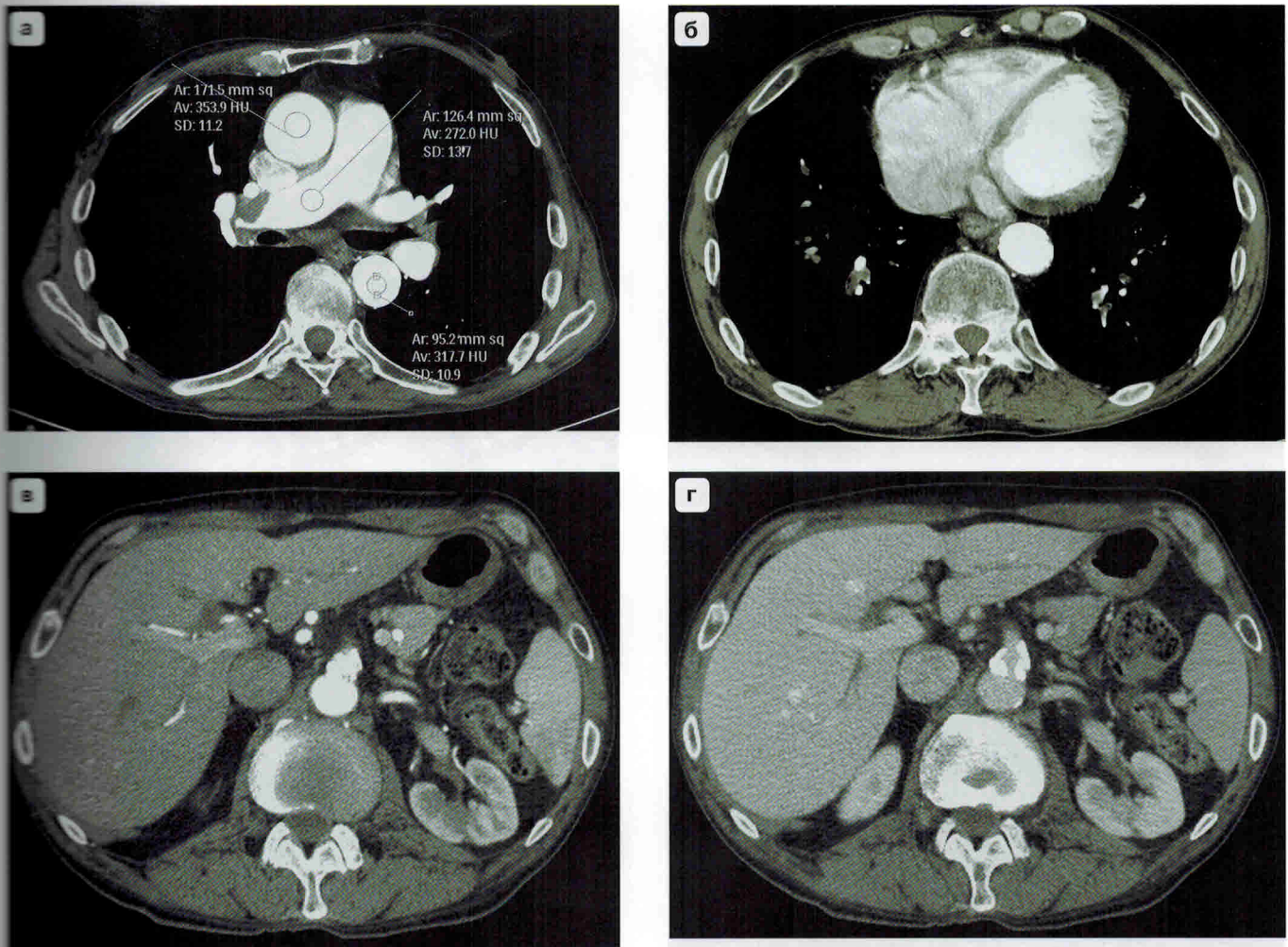


Рис. 1.4. Эмболия легочной артерии.

Пациенту 69 лет было выполнено МСКТ-исследование с внутривенным болюсным введением 90 мл неионного контрастного вещества в концентрации 350 мг/мл со скоростью 4 мл/с. Вслед за контрастным веществом введено 50 мл солевого раствора («солевого преследователя болюса») с той же скоростью 4 мл/с. Локатор был помещен на 2 см каудальнее бифуркации трахеи. Сканирование проведено в краниокаудальном направлении от уровня шеи до уровня гребней подвздошных костей. Пороговая плотность (110 ед.Н) была достигнута на 24-й секунде от старта болюсной инъекции. На 37-й секунде на фоне высокой плотности контрастного вещества в просвете ствола легочной артерии и ее сегментарных ветвей были выявлены признаки тромбоза легочной артерии (ТЭЛА) – темные эмболы неправильной формы в центральных и периферических ветвях (а, б). На 41-й секунде значения плотности аорты и воротной вены были 333 и 86 ед.Н соответственно (в). На 62-й секунде плотность этих сосудов была 144 и 142 ед.Н соответственно. В абдоминальном окне на изображении фазы воротной вены хорошо виден массивный кальциноз и стеноз чревного ствола. Это сопутствующая патология по отношению к ТЭЛА (г). Естественно, она была бы визуализирована в любую фазу исследования, если изменить центр и ширину оптического окна, то есть изучить изображение чревного ствола в «костном окне».



Раздел V

Клиническое применение динамической МСКТ и МСКТ-ангиографии

- *МСКТ-исследование головы и шеи*
- *МСКТ-исследование легких, средостения и сосудов легких*
- *МСКТ-исследование грудной аорты и ее ветвей*
- *МСКТ-исследование сердца (камеры и коронарные артерии)*
- *МСКТ-исследования печени, воротной вены, желчного пузыря и желчных путей*
- *МСКТ-исследование поджелудочной железы и селезенки*
- *МСКТ-исследование желудка, тонкой и толстой кишки*
- *МСКТ-исследование надпочечников, забрюшинного пространства и нижней полой вены*
- *МСКТ-исследование брюшной аорты и почек*
- *МСКТ-исследование предстательной железы, матки и яичников*
- *МСКТ-исследование нижних конечностей*
- *Заключение*

Многие специалисты в области лучевой диагностики каждый год пишут книги по семиотике различных заболеваний. В одном разделе одной книги невозможно дать ответы на вопросы, каждый из которых является темой отдельной книги.

Здесь мы рассмотрим общие правила диагностики и принципы МСКТ-исследования различных анатомических областей или органов.

С каждым новым поколением КТ-сканеров характеристики срезов, их толщина, количество реконструкций менялись. Теперь рутинной стали технологии для дальнейшей обработки «сырых» данных МСКТ – рендеринг объема, реконструкции MIP и MIN, реконструкция по кривой и др.

Однако все усилия по выполнению постобработки данных могут быть лишены диагностического смысла, если не расширить спектр диагностических возможностей МСКТ-исследования при сборе диагностической информации. Многофазное сканирование – это уникальный инструмент, позволяющий получать ответы на разные диагностические вопросы (рис. V.0.1).

Поскольку существуют контактные и бесконтактные методы классического рентгенологического исследования, в томографии в целом существуют также контактные и бесконтактные методы диагностики.

Например, ультразвуковое исследование существенно отличается от других методов томографии (КТ и МРТ), потому что в ультразвуковой диагностике используют контактный принцип сбора диагностической информации.

Для проведения ультразвукового исследования мы прикладываем датчик-интродьюсер к коже пациента в проекции исследуемого органа (или на орган непосредственно во время интраоперационного исследования или лапароскопического ультразвукового исследования). В результате такого обследования мы получаем и оцениваем данные по каждому органу в отдельности.

Когда мы получаем данные МСКТ, то оцениваем результаты исследования анатомического сегмента, части тела. Этот принцип – обследование сегмента тела – делает МСКТ-исследование универсальным, бесконтактным методом лучевой диагностики.

Это означает, что если при ультразвуковом исследовании важно нарабатывать навыки индивидуальных принципов сбора диагностической информации, и одновременно два врача могут получать разные изображения исследуемого ими органа, то КТ является уникальным методом, который позволяет сбалансировать шансы опытного специалиста и молодого врача.

Во время КТ-исследования получают серию аксиальных срезов, которые являются универсальными изображениями и зависят только от ориентации оси тела пациента относительно оси, поперек которой было сделано КТ-сканирование. Поэтому для рентгенолога, который проводит МСКТ-исследование, нужны только теоретическая подготовка, настойчивость, концентрация внимания и усердие.

Рентгенологи вообще являются исключительными врачами, так как в своей повседневной работе такое изобилие высокотехнологичных процессов используют только немногие специальности (но, надо признать, хирурги, использующие для операций помощников роботов, уже прибли-

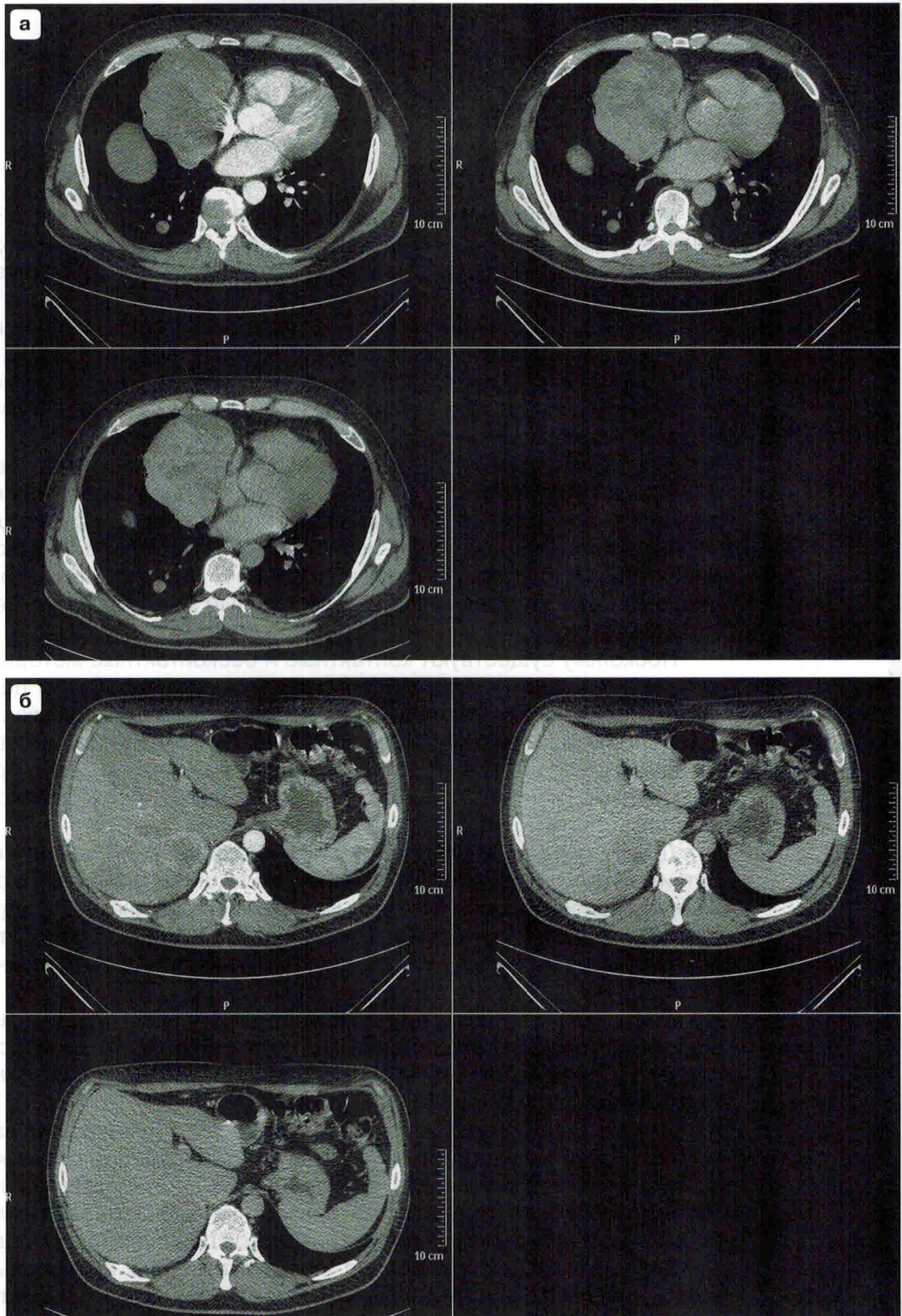


Рис. V.0.1. Первичная МСКТ-диагностика.

В артериальную фазу опухоль средостения слегка неоднородна. Ее структура более четко видна в венозную и особенно в отсроченную фазу (а). На этом же уровне видны метастазы в правом легком. Метастазы практически не меняют собственной плотности. Метастаз в правой доле печени (VI сегмент). Метастаз имеет гиперденсный ободок в артериальную фазу, он слабо дифференцирован в венозную фазу и практически не виден в отсроченную фазу (б). В малом тазу имеется опухоль с внутриопухолевыми артериями, видимыми в артериальную фазу (в). Гиподенсные зоны в опухолевой ткани видны в венозную фазу.

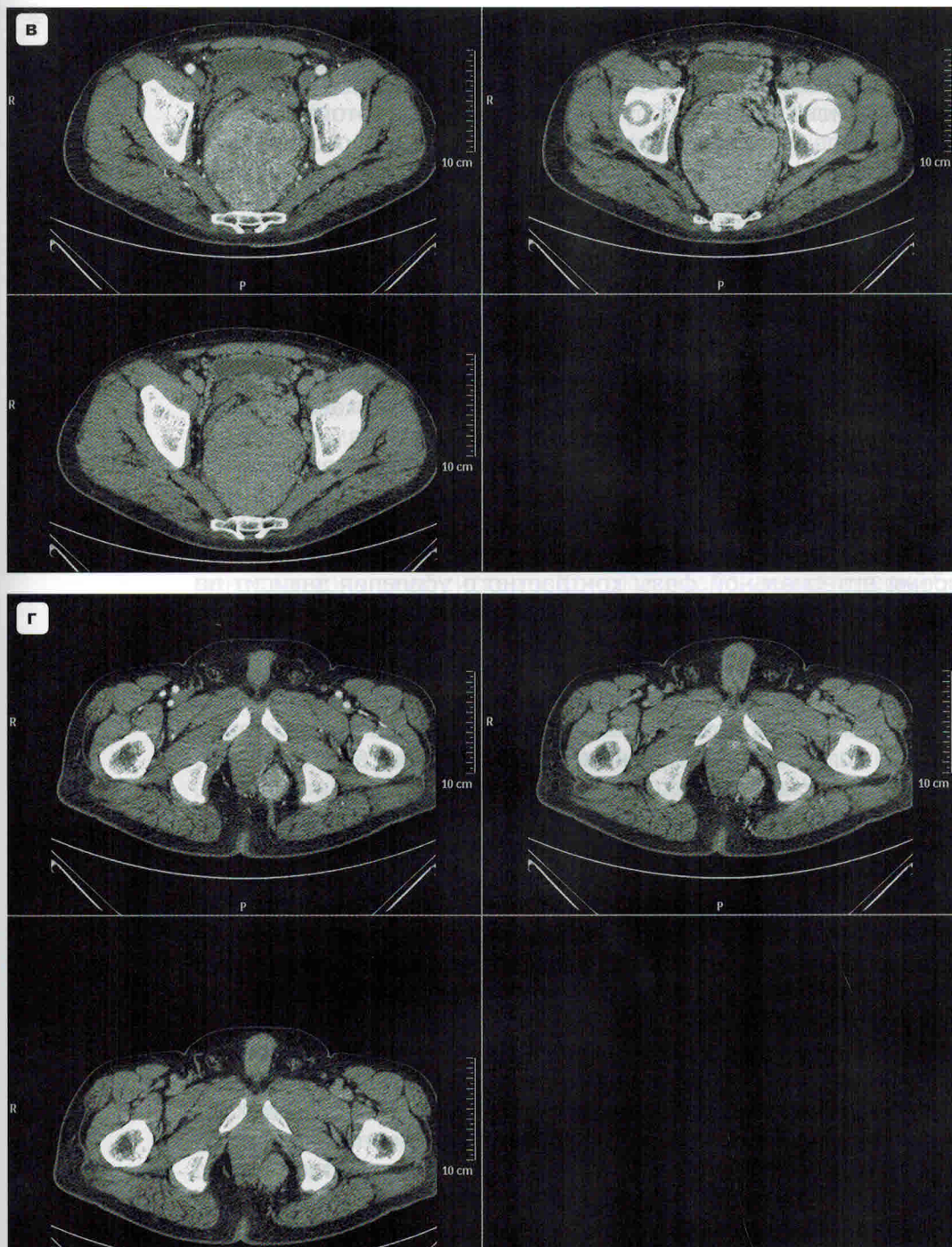


Рис. V.0.1 (окончание). Первичная МСКТ-диагностика.

Плотность этих областей становится идентичной плотности окружающей ткани в отсроченную фазу. Правый край опухоли прилегает к прямой кишке. Нижний полюс опухоли расположен в левой седалищной ямке. Гиперденсность опухоли (г) наиболее выражена в артериальную и венозную фазы.

Кроме того, в левой доле предстательной железы в венозную фазу контрастного усиления видна гиперденсная зона. Соответственно на всех этапах контрастного усиления была получена дополнительная информация, которая расширила представление о болезни пациента.

жаются по информационной насыщенности рабочего времени к возможностям рентгенологов).

Зная основные принципы получения КТ-изображения того или иного анатомического региона, можно получать информацию, которую можно интерпретировать, рекомендовать, транслировать на расстояния или хранить в архивах цифровых изображений в качестве элементов унифицированных файлов данных, отражающих специфику различных заболеваний.

В первых разделах этой книги мы стремились доказать важность индивидуального подбора параметров болюса контрастного вещества при динамическом контрастном усилении для максимально эффективного его диагностического использования. В то же время роль самих изображений в решении диагностических алгоритмов не рассматривалась.

В этом разделе книги мы рассмотрим роль каждого из этапов повышения контрастности изображения (фаз динамического сканирования) с позиций упрощения понимания диагностического процесса.

В целом это означает, что, не касаясь проблем дифференциальной диагностики большого числа заболеваний каждого органа, мы рассмотрим принципы контрастного усиления разных органов.

По сути обследование любых органов и диагностика очаговых поражений во время артериальной фазы контрастного усиления зависит не только от количества и диаметра артерий, но, прежде всего, от характеристик артериального кровоснабжения этой анатомической области (включая кровоснабжение опухолей, появление патологических артерий).

В то же время временные интервалы для выполнения венозной фазы и отсроченной фазы контрастного усиления (при исследовании некоторых органов они даже могут иметь конкретные названия) имеют более индивидуализированные характеристики.

Такие особенности отражают специфику венозного оттока из исследуемых органов. Протоколы МСКТ исследования разных органов одной и той же анатомической области могут различаться.

Следовательно, наиболее важным для видения возможного протокола обследования и параметров артериальной фазы контрастного усиления является понимание характеристик артериального кровоснабжения исследуемой анатомической области и ее удаленности от основного артериального сосуда тела – аорты.

Например, если мы изучаем протоколы МСКТ-исследований головы и шеи, или печени, желчных протоков и желчного пузыря, или почек и надпочечников, или малого таза, или нижних конечностей, мы всегда мысленно привязываемся к определенному анатомическому сегменту аорты.

Для оптимизации контрастного усиления аорты и ее ветвей важно подобрать индивидуальную задержку сканирования для каждого пациента. Скорость введения, объем, концентрация контрастного вещества заранее определяются индивидуальной задержкой.

На комбинацию всех этих параметров влияет выбор порогового значения плотности и уровня размещения локатора, а также выбор временного интервала (постпороговые задержки) сканирования.

Технология отслеживания болюса позволяет не бояться получать «пустые» или плохо контрастированные сканы. Сканирование всегда начинается после достижения заданного порога плотности. Но всегда следует помнить, что такая технология не панацея, так как пороговое значение плотности может быть достигнуто при прохождении через плоскость сканирования различных частей болюса – его головки, тела или хвоста.

Следовательно, в начале сканирования плотность артерий исследуемого анатомического сегмента может существенно отличаться от их плотности в конце сканирования.

Если область сканирования короче, менее протяженная, достижение оптимального контрастного усиления в артериальную фазу более вероятно. Когда исследуемые области протяженные, следует использовать более длинный болюс (соответственно необходимо вводить большие объемы контрастного вещества). Однако длина болюса не является абсолютным условием для достижения оптимальных параметров выполненного обследования. Быстрое сканирование компенсирует возможные дефекты в выборе параметров протокола инъекции контрастного вещества. Для получения высокой внутрисосудистой плотности требуется сочетание высокого порога плотности, высокой скорости введения контрастного вещества и высокой скорости движения стола. Медленное сканирование (низкая скорость перемещения стола) при использовании той же дозы контрастного вещества означает использование болюса большей длины, что соответствует более медленной инъекции.

В артериальную фазу контрастного усиления большая часть вводимой дозы контрастного вещества содержится в контрастированной аорте и артериях.

Изучая КТ-изображения в артериальную фазу, мы анализируем влияние на такие изображения количества йода, которое находится в этом сегменте артериальной системы. Контрастное усиление артерий более интенсивно, если исследуемый сегмент тела пациента находится ближе к сердцу, восходящей или нисходящей аорте.

Введенная доза контрастного вещества никогда полностью не участвует в построении диагностического изображения какого-либо сегмента тела. Это всего лишь часть диагностической дозы. Но очень важно правильно использовать даже эту часть дозы. Для диагностики важна каждая секунда, так как с каждой секундой болюс контрастного вещества теряет собственную «силу». Потеря времени (а значит, потеря плотности болюса) пропорциональна потере диагностической информации.

С венозным и, более того, поздним контрастным усилением все немного по-другому. После инъекции вся доза контрастного вещества стремится покинуть артериальную систему через стенки артерий в течение времени движения болюса по сосудам и очень быстро распределяется во внеклеточном пространстве по всему телу.

Затем доза контрастного вещества, введенная и распределенная по телу пациента, вновь возвращается в малый круг кровообращения, сконцентрировавшись в венозных сосудах.

Однако этот процесс перераспределения контрастного вещества в тканях и венозных сосудах осуществляется не мгновенно. Фактически он все время сочетается в различных соотношениях составляющих – «артериального» и «венозного» контрастного усиления, и зависит от патологических изменений в органах.

Поэтому исследование венозного оттока из органов и соответственно интенсивности контрастного усиления венозной системы на любом анатомическом сегменте зависит от времени возврата контрастной крови в венозные сосуды даже больше, чем контрастное усиление артерий.

Ярким примером может служить исследование нижней полой вены. Ее контрастирование выше уровня слияния почечных вен будет разительно меняться после «подмешивания» неконтрастированной крови из нижних конечностей.

Та часть дозы контрастного вещества, которая использовалась для формирования изображений в артериальную фазу контрастного усиления, будет использоваться для характеристик изображения в венозную фазу. Однако это характерно только для органов с «простым» типом притока и оттока крови. В органах со смешанным типом притока крови, например

в печени, контрастное усиление печеночных вен будет вызываться не только дозой контрастного вещества, которая в течение определенного времени находилась в артериальных сосудах печени, но и дозой контрастного вещества, поступившего в печень через специфическую венозную систему – портальную вену, которая по своей физиологической сущности является второй артериальной системой для печени. Поэтому соотношение артериального и венозного контрастного усиления печени (при сравнении артерий и печеночных вен) всегда будет отличаться от аналогичного соотношения при оценке контрастного усиления венозной системы других органов.

Мозг является уникальным органом, в котором циркуляция контрастных веществ в артериях (артериальная фаза) длится дольше, чем в других анатомических областях тела пациента (рис. V.0.2).

И такая особенность кровоснабжения мозга может быть использована при планировании сложных МСКТ-протоколов, когда требуется обследование нескольких анатомических областей. При правильном распределении фаз сканирования некоторых анатомических областей с учетом направлений движений стола пациента можно более эффективно использовать однократный инъекционный болюс контрастного вещества.

Болюсное контрастное усиление – это не только необходимый технологический процесс, который зависит от рентгенолога и рентгенолаборанта, но и физиологический процесс, на который влияют многие параметры функционирования сердечно-сосудистой системы пациента.

Поэтому качество контрастного усиления прямо влияет на качество диагностических изображений и эффективность МСКТ-исследования.

Без болюсного контрастного усиления современная КТ проводится только для диагностики очень ограниченного количества патологических состояний, не требующих визуализации сосудов или морфологической характеристики очаговых поражений.

Повышение контрастности болюса является условием качественной диагностики (без этого эффективная диагностика невозможна).

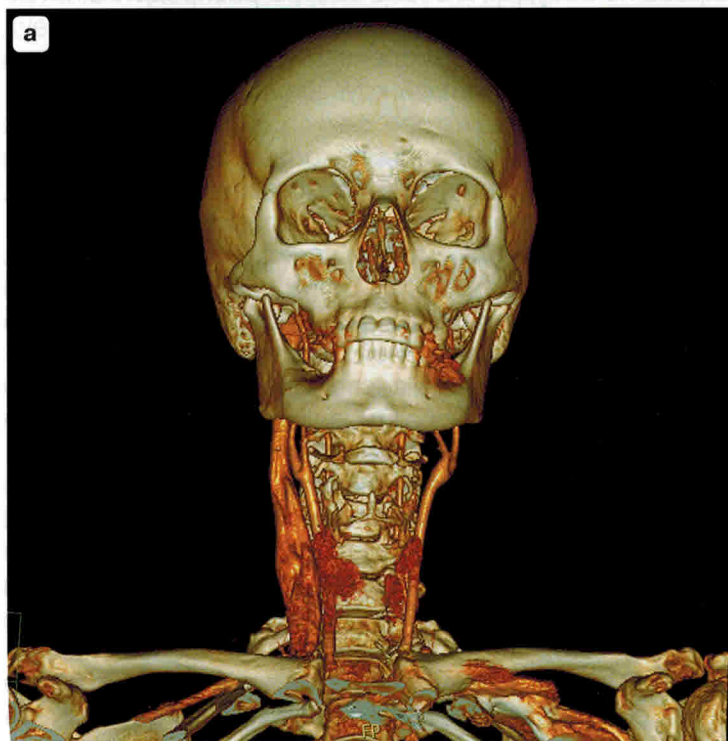


Рис. V.0.2. МСКТ-ангиография головного мозга.

Для диагностики патологического образования на шее слева использовалась трехфазная реконструкция. В артериальную фазу была видна дилатация правой яремной вены. Обычно обследование артерий виллизиевского круга возможно не только в артериальной фазе, но также в венозную и отсроченную фазы контрастного усиления (б). Исследования проводимые тонкими срезами, позволяют изучить патологию внутреннего уха (пирамиды височной кости), орбит и полости турецкого седла (заболевания гипофиза). При контрастном усилении информативность такого обследования существенно повышается.