

Компьютерная томография стала неотъемлемой и незаменимой частью клинической диагностики. С помощью КТ можно с высокой точностью получить ответы на специальные клинические вопросы в короткие сроки. Последние технические разработки обеспечивают пространственное разрешение в субмиллиметровом диапазоне при КТ-ангиографии, а с помощью КТ с двумя источниками излучения можно также делать выводы о химическом составе тканей или, например, камней в почках. Кроме того, развитие ПЭТ/КТ сделало возможным огромный прогресс в онкологии, обеспечив диагностическую точность в вопросах метастазирования или рецидивирования опухоли. Современные методы визуализации часто недостаточно освещаются на лекциях и клинических занятиях при обучении студентов медицинских специальностей. При выпуске из медицинских вузов пробелы в знаниях этой области часто могут быть значительными.



Перед началом чтения вам необходимо ознакомиться с разделом **Некоторые практические советы** на переднем развороте обложки. Они помогут вам правильно пользоваться книгой; например, облегчат поиск конкретных структур и позволят оптимизировать ваше обучение. Руководство содержит систему пронумерованных наименований, к которым необходимо

Все эти аспекты и последние разработки уже учтены в данном базовом руководстве по КТ диагностике. Оно дает необходимые основы начинающим, кто только знакомится с предметом, но также подходит для опытных специалистов, имеющих отношение к рентгенологии. В частности, уверен, что рубрика **Проверьте себя!** возбудит у многих читателей детективные амбиции самостоятельно проверить свои навыки диагностики. История успеха 28 изданий на 9 языках говорит сама за себя и доказывает широкое признание этой книги немецкоязычными и зарубежными коллегами. Желаю вам успехов в учебе и много удовольствия от использования этого учебного руководства!

Берн, 2021
Professor Johannes Heverhagen, MD
Dept. Head of University Institute for Diagnostic,
Interventional and Pediatric Radiology (DIPR)
Inselspital Bern, Bern University, Switzerland

обращаться, повторяя главу или просто совершенствуя свои знания. Каждая глава завершается несколькими заданиями **Проверьте себя!** Их решения находятся в конце книги. Большинство КТ-изображений сопровождается серошкальными рисунками, которые показывают тип тканей или органов соответственно со следующими примерами:

Список сокращений

АОБ	Автоматическое отслеживание болюса	ОСА	Общая сонная артерия
в/в	Внутривенно	ОСКТ	Односпиральная КТ
ВВУ	Внутривенная урография	ОУГ	Очаговая узловая гиперплазия
в/м	Внутримышечно	п/к	Подкожно
ВРКТ	КТ высокого разрешения	ПМИ	Проекция максимальной интенсивности (MIP)
ВСА	Внутренняя сонная артерия	РЗП	Реконструкция оттененных поверхностей (SSD)
ГЭБ	Гематоэнцефалический барьер	САК	Субарахноидальное кровоизлияние
ДСА	Дигитальная субтракционная ангиография	САП	Субарахноидальное пространство
ЖКТ	Желудочно-кишечный тракт	СВРКТ	КТ сверхвысокого разрешения
ИВЛ	Искусственная вентиляция легких	СМЖ	Спинномозговая (цереброспинальная) жидкость
КВ	Контрастное вещество	СО	Среднее отклонение
КИ-ОПП	Контраст-индуцированное острое повреждение почек	ССМ	Срединные структуры мозга
КТ	Компьютерная томография	ТИА	Транзиторная ишемическая атака
КТА	КТ-ангиография	ТЭЛА	Тромбоэмболия легочной артерии
ЛУ	Лимфоузел(ы)	УЗИ	Ультразвуковое исследование
МОВ	Метод объемной визуализации (VRT)	ХПН	Хроническая почечная недостаточность
МПР	Мультипланарная реконструкция (MPR)	ЧМТ	Черепно-мозговая травма
МРТ	Магнитно-резонансная томография	ЧСС	Частота сердечных сокращений
МСКТ	Мультиспиральная КТ	HU	Hounsfield unit(s)*
НСА	Наружная сонная артерия	SUV_{max}	Максимальное стандартизированное значение поглощения
ОИ	Область интереса		

* Прим. перев.: единица Хаунсфилда — мера относительной плотности ткани при КТ.

Передний разворот обложки

Названия анатомических структур (голова / шея)
(стр. 26–73 и 152–153)

**Правила пользования руководством,
«Практические советы»**

Схематичное изображение органов и тканей на КТ

**Предисловие автора к пятому изданию
на английском языке**

Задний разворот обложки

Литература [19]–[37]

Названия анатомических структур

(грудная клетка / брюшная полость / таз) (стр. 71, 74–149)

Названия анатомических структур

(позвоночник / нижняя конечность) (стр. 152–167)

Предисловие

Список сокращений

3

Физические и технические основы

Общие принципы КТ	6
Сравнение традиционной и спиральной КТ	7
Пространственное разрешение, Шаг спирали	8
Коллимирование среза: разрешение вдоль оси Z	9
Схемы расстановки детекторов	10
Алгоритм восстановления изображения	11
Влияние напряжения (кВ), тока (мАс) и времени сканирования	12
Трёхмерная реконструкция:	13
Проекция максимальной интенсивности (ПМИ)	13
Мультипланарная реконструкция (МПР)	13
Реконструкция затенённых поверхностей (РЗП)	13

Основные правила чтения компьютерных томограмм

Анатомическая ориентация	14
Эффекты частичного объема	14
Различие между узловыми и трубчатыми структурами	15
Денситометрия (измерение плотности тканей)	15
Уровни плотности различных типов тканей	16
Типы окон	17

Подготовка пациента

Ingrid Boehm

Анамнез	18
Нефротоксичность	18
Лекарства как фактор риска	18
Побочные реакции при использовании КВ и их профилактика	18
Пероральный прием КВ	19
Информирование пациента	19
Контроль дыхания	19
Удаление всех металлических предметов	19

Применение контрастных веществ

Ingrid Boehm

Контрастное усиление при КТ и контрастные вещества	20
Применение КВ внутрь, процедура, дополнительные лекарства для оптимальной визуализации	20
Применение КВ внутривенно	21
Подготовка внутривенного введения	21
Феномен притока (inflow)	21
Гипертиреоз (реакция типа А)	23
Реакции повышенной чувствительности (реакции типа В)	24
Премедикация	24
Лечение побочных реакций на КВ	25

КТ головы

Методика томографии	26
Системный подход к анализу КТ изображений	26
Рекомендации для чтения КТ головы	26

КТ головы: норма

Нормальная анатомия головы	27
Проверьте себя!	32
Нормальная анатомия глазниц (аксиальные срезы)	33
Нормальная анатомия лицевых костей (корональные срезы)	41
Проверьте себя!	45
Нормальная анатомия височных костей (аксиальные и корональные срезы)	46
Варианты нормальной анатомии	50
Эффекты частичного объема	52

КТ головы, патология

Внутричерепные кровоизлияния	54
Инсульт	58
Опухоли и метастазы	59
Воспалительные процессы	60
Глазницы	61
Кости лицевого черепа и околоносовые пазухи	62

КТ шеи

Методика томографии	64
Рекомендации для чтения КТ шеи	64
Нормальная анатомия шеи	65

КТ шеи, патология

Опухоли и воспалительные процессы	70
Щитовидная железа	71
Проверьте себя!	72

КТ грудной клетки

Методика томографии	74
Последовательность анализа КТ изображений	74
Рекомендации для чтения КТ грудной клетки	75
Нормальная анатомия грудной клетки	75
Проверьте себя!	83

КТ грудной клетки, патология

Сегментарное строение легких	84
ВРКТ легких: принципы, методика и показания	86
Варианты нормальной анатомии	88
Грудная стенка	89
Изменения ЛУ	89
Молочные железы, костный скелет грудной клетки	90

Средостение

Опухоли	91
Увеличение ЛУ	92
Патологические изменения сосудов	93
Сердце	94

Легкие

Очаговые образования легких	95
Рак легкого, лимфогенный канцероматоз	96
Саркоидоз, туберкулез, аспергиллез	97
Изменения плевры, асбестоз	98
Силикоз, эмфизема	99
Интерстициальный фиброз легких	100
Проверьте себя!	100

КТ брюшной полости

Методика томографии	102
Системный подход к анализу КТ изображений	102
Рекомендации для чтения КТ брюшной полости	102
Нормальная анатомия брюшной полости	103
Нормальная анатомия мужского таза	113
Нормальная анатомия женского таза	115

КТ брюшной полости, патология

Варианты нормальной анатомии	117
Проявления эффекта частичного объема	117
Брюшная стенка	
Увеличение ЛУ, абсцессы	118
Последствия подкожного введения гепарина	119
Метастазы в брюшную стенку	119
Паховая грыжа	119
Печень	
Сегментарное строение печени	120
Исследование печени	121
Выбор окна	121
Пассажи болюса КВ	121
КТ-портोगрафия	121
Кисты печени	122
Эхинококковые кисты	122
Метастатическое поражение печени	123
Солидные образования печени:	
Гемангиома, аденома, очаговая узловая гиперплазия, гепатоцеллюлярный рак	124
Диффузные поражения печени: Жировой гепатоз, гемохроматоз, цирроз	125
Желчные пути	
Пневмобилия, холестаза	125
Желчный пузырь	
Желчнокаменная болезнь	126
Воспалительные процессы	126
Селезенка	
Усиление, спленомегалия	127
Очаговые образования селезенки	128
Поджелудочная железа	
Острый и хронический панкреатит	129
Новообразования поджелудочной железы	129
Надпочечники	
Гиперплазия, аденома, метастазы	130
Новообразования	130
Почки	
Врожденные аномалии	132
Кисты, гидронефроз	133
Солидные опухолевые образования	134
Патология почек, связанная с кровеносными сосудами	135
Мочевой пузырь	
Катетеры, дивертикул, солидные опухолевые образования	136
Половые органы	
Матка	137
Яичники, простата, сосуды	138
Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)	
Желудок	139
Воспалительное поражение кишечника	139
Толстая кишка	140
Кишечная непроходимость	141
Проверьте себя!	141
Забрюшинное пространство	
Аневризмы	142
Флеботромбозы	143
Увеличение ЛУ	144
Патология костей	
Таз: нормальная анатомия, метастазы	145
Переломы	147
Асептический некроз головки бедренной кости и дисплазия тазобедренного сустава	148
Проверьте себя!	149

Позвоночник

Шейный отдел позвоночника	152
Протрузии дисков и переломы шейных позвонков	153
Грудной отдел позвоночника: нормальная анатомия и переломы	154
Поясничный отдел позвоночника: нормальная анатомия и пролапс дисков	154
Переломы	155
Опухоли и метастазы	157
Инфекционно-воспалительные изменения	158
Обеспечение устойчивости позвоночника	158

Нижние конечности

Нормальная анатомия бедра	159
Нормальная анатомия коленного сустава	160
Нормальная анатомия голени	161
Нормальная анатомия стопы	162
Диагностика переломов	164
Таз и бедро: инфекционно-воспалительные процессы	166
Коленный сустав, переломы, рекомендации по чтению КТ костей для диагностики переломов	167

Интервенционная КТ

168

Основы оценки КТ-изображений

170

Снижение лучевой нагрузки

Доза облучения / риск злокачественных новообразований	174
Автоматическое отслеживание болюса КВ	176
Автоматическая модуляция тока трубки	177

КТ-ангиография

Внутричерепные артерии	178
Венозные синусы	179
Протокол «исключения трех состояний»	179
Сонные артерии	180
Аорта	182
Сердце: коронарные артерии, поиск обызвествлений коронарных артерий	184
Тромбоз легочной артерии	186
Сосуды брюшной полости	187
Подвздошные и бедренные сосуды	188
Визуализация сосудов после протезирования	189
Перспективы КТ-ангиографии	189
Проверьте себя!	190

Инъекторы контрастных веществ

191

Двухтрубчатая КТ

198

Введение в ПЭТ/КТ 202

Опухоли желудочно-кишечного тракта	204
Опухоли легких	205
Опухоли простаты	207
Нейроэндокринные опухоли	208

Анатомия на коронарных МПР

210

Анатомия на сагиттальных МПР

214

Разъяснения к проверочным заданиям

208

Предметный указатель

228

Литература [1]-[18с]

232

Общие принципы КТ

Компьютерная томография — это особый вид рентгенологического исследования, которое проводится посредством непрямого измерения ослабления, или затухания, рентгеновских лучей в многочисленных точках, расположенных вокруг обследуемого пациента. В сущности, все, что мы знаем, это:

- что покидает рентгеновскую трубку,
 - что достигает детектора и
 - место рентгеновской трубки и детектора в каждом положении.
- Все остальное выводится из этой информации. Большинство КТ сечений ориентированы вертикально по отношению к оси тела. Они обычно называются аксиальными или поперечными срезами. При каждом срезе рентгеновская трубка поворачивается вокруг пациента для получения заранее заданной толщины среза (Рис. 6.1). Большинство КТ-сканеров работает по принципу постоянного вращения с веерообразным расхождением лучей. При этом рентгеновская трубка и детектор жестко спарены, а их ротационные движения вокруг сканируемой области происходят одновременно с испусканием и улавливанием рентгеновского излучения. Таким образом, рентгеновские лучи, проходя через пациента, доходят до детекторов, расположенных на противоположной стороне. Веерообразное расхождение происходит в диапазоне от 40° до 60° ,

в зависимости от устройства аппарата, и определяется углом, начинающимся от фокусного пятна рентгеновской трубки и расширяющимся в виде сектора до наружных границ ряда детекторов. Обычно изображение формируется при каждом обороте в 360° , полученных данных оказывается для этого достаточно. В процессе сканирования во многих точках измеряют коэффициенты ослабления, формируя профайл затухания. На самом деле профайлы затухания представляют собой не что иное, как набор полученных сигналов от всех каналов детекторов с данного угла системы трубка-детектор. Современные КТ-сканеры (Рис. 6.4) способны излучать и собирать данные приблизительно с 1400 положений системы детектор-трубка на окружности 360° , или около 4 положений в градусе. Каждый профайл ослабления включает в себя измерения от 1500 каналов детекторов, т. е. приблизительно 30 каналов в градусе, при условии угла расхождения луча 50° . В начале исследования, при продвижении стола пациента с постоянной скоростью внутрь гентри, получают цифровую рентгенограмму («сканограмму» или «топограмму», Рис. 6.2), на которой в дальнейшем могут быть распланированы требуемые срезы. При КТ исследовании позвоночника или головы гентри поворачивают под нужным углом, тем самым добиваясь оптимальной ориентации сечений (Рис. 6.3).

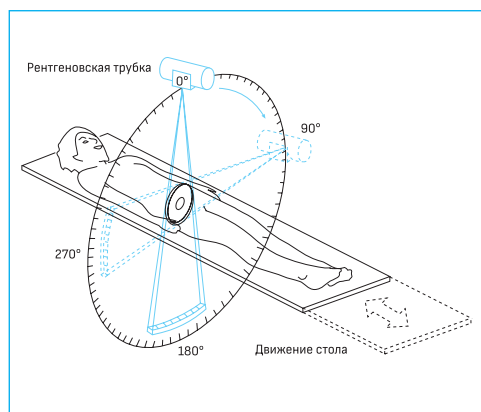


Рис. 6.1

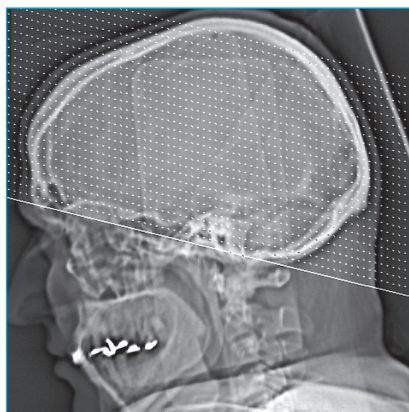


Рис. 6.2

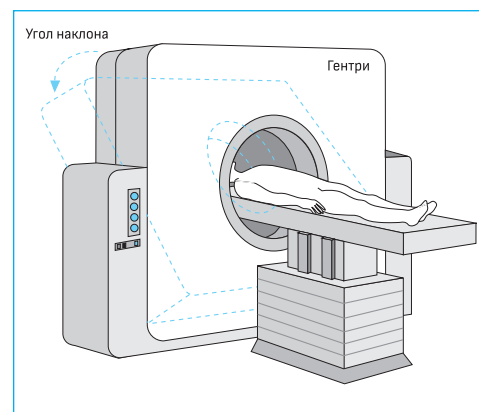


Рис. 6.3



Рис. 6.4

Спиральная КТ с многорядным расположением детекторов (мультиспиральная КТ)

Компьютерные томографы с многорядным расположением детекторов относятся к самому последнему поколению сканеров. Напротив рентгеновской трубки располагается не один, а несколько рядов детекторов. Это дает возможность значительно укоротить время исследования и улучшить контрастное разрешение, что позволяет, например, четче визуализировать контрастированные кровеносные сосуды.

Ряды детекторов Z-оси напротив рентгеновской трубки различны по ширине: наружный ряд шире, чем внутренний. Это обеспечивает лучшие условия для реконструкции изображения после сбора данных (см. стр. 9–11 и 206).

КТ с двумя источниками излучения

Эта новейшая технология включает два блока детекторов и две рентгеновские трубки в одном аппарате; более подробно она описана на стр. 198–201.

Сравнение традиционной и спиральной КТ

При традиционной КТ получают серии последовательных одинаково пространственно расположенных изображений через определенную часть тела, например, брюшную полость или голову (Рис. 7.1). Обязательна короткая пауза после каждого среза для продвижения стола с пациентом в следующее заранее заданное положение. Толщина и наложение/межсрезовый промежуток выбираются заранее. Сырые данные для каждого уровня сохраняются отдельно. Короткая пауза между срезами дает возможность пациенту, находящемуся в сознании, перевести дыхание и тем самым избежать грубых дыхательных артефактов на изображении.

Тем не менее, исследование может занимать несколько минут, в зависимости от области сканирования и размеров пациента. Необходимо правильно подобрать время получения изображения после в/в введения КВ, что особенно важно для оценки перфузионных эффектов. КТ является методом выбора для получения полноценного двухмерного аксиального изображения тела без помех, создаваемых наложением костной ткани и/или воздуха, как это бывает на обычной рентгенограмме.

При спиральной КТ с однорядным и многорядным расположением детекторов (МСКТ) сбор данных исследования пациента происходит постоянно во время продвижения стола внутрь гентри. Рентгеновская трубка при этом описывает винтовую траекторию вокруг пациента (Рис. 7.2). Продвижение стола скоординировано со временем, необходимым для оборота

трубки на 360° (шаг спирали) — сбор данных продолжается непрерывно в полном объеме. Подобная современная методика значительно улучшает томографию, потому что дыхательные артефакты и возникающие помехи не затрагивают единый набор данных так значительно, как при традиционной КТ. Единая база сырых данных используется для восстановления срезов различной толщины и различных интервалов. Частичное наложение сечений улучшает возможности реконструкции.

В современных МСКТ сканерах с количеством рядов детекторов от 16 до 64 сбор данных, например, для грудной клетки больше не превышает время, на которое большинство пациентов могут задерживать дыхание: даже с узкой коллимацией можно отсканировать всю грудную клетку за 7–10 секунд [47]. Даже выполняя КТ-ангиографию сонных артерий и Виллизиева круга протяженностью 350 мм с шагом 1,5 и временем вращения 0,37 секунды/ротацию для сканирования необходимо всего 5 секунд (64 × 0,6 мм коллимация). Из-за увеличенной скорости сканирования большинство современных аппаратов КТ пропускают почечную экскрецию КВ, поэтому для фиксации почечной экскреционной функции пациента требуется более длительное время задержки или короткая пауза перед сканированием. Таким образом, «горлышком бутылки» в рабочем процессе иногда является не столько время получения данных, сколько размер пересылаемых файлов для получения сложных ПМИ-/МПР-реконструкций на локальной рабочей станции

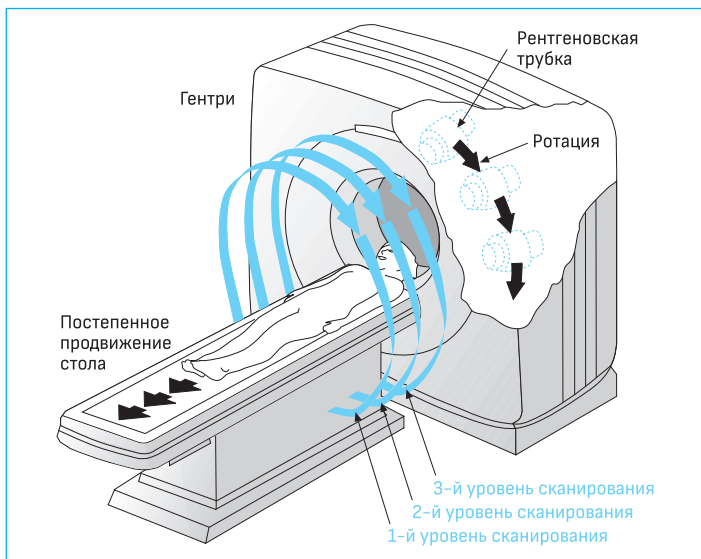


Рис. 7.1

Еще одно важное преимущество спирального метода — возможность выявить патологические образования меньшего размера, чем толщина среза. Маленькие метастазы в печени (7) могут быть пропущены, если в результате неодинаковой

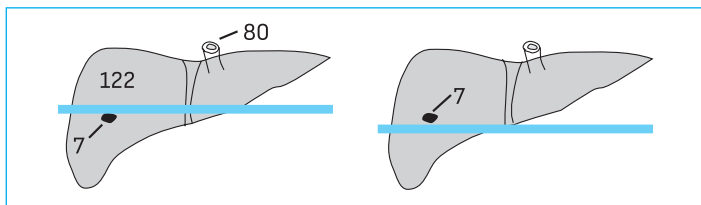


Рис. 7.3а Традиционная КТ

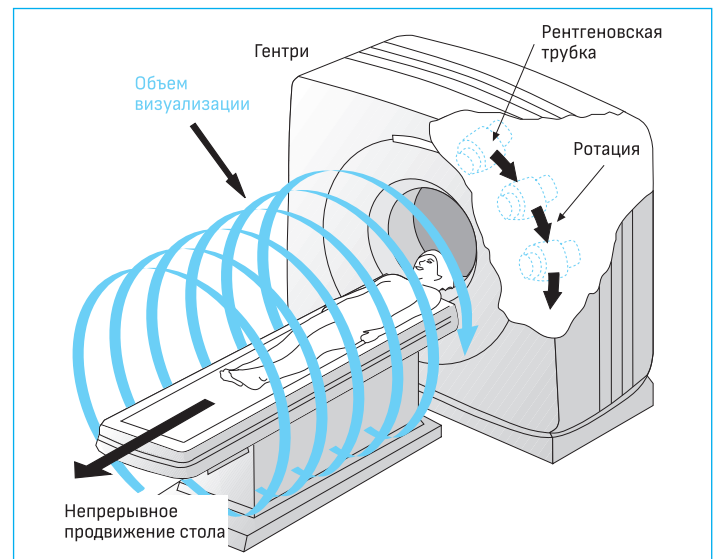


Рис. 7.2

глубины дыхания пациента во время сканирования не попадают в срез (Рис. 7.3а). Метастазы хорошо выявляются из сырых данных спирального метода при восстановлении срезов, полученных с наложением сечений (Рис. 7.3б).

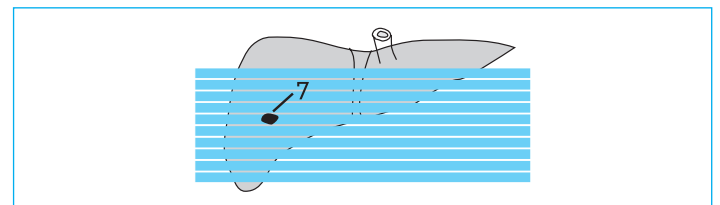


Рис. 7.3б Спиральная КТ

В области бифуркации общей сонной артерии (85) часто формируются атеросклеротические бляшки (Рис. 68.1а), которые могут осложняться тромбообразованием (*). Обратите внимание на положение перстневидного (167) и черпаловидного (168) хрящей по отношению к голосовой щели (178). В представленном примере после введения КВ оказываются усиленными не только внутренняя (86а), наружная (86b) и передняя (86с)

яремные вены, но и позвоночные артерии (88) в поперечных отверстиях шейных позвонков. Всегда проверяйте края тел шейных позвонков (50) на наличие дегенеративных изменений или грыж дисков, которые могут суживать позвоночный канал, содержащий спинной мозг (54). Справа и слева к трахее (81) прилежат две доли щитовидной железы (83), имеющие ровный контур и однородную (гомогенную) паренхиму (Рис. 68.3а).

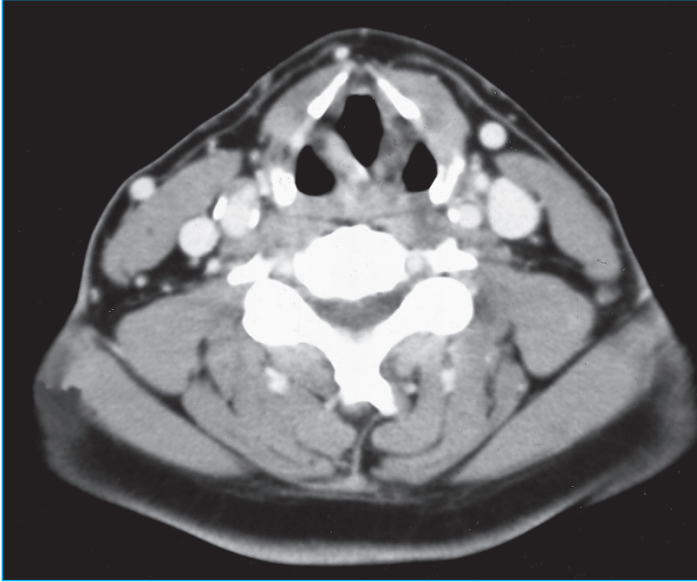


Рис. 68.1а

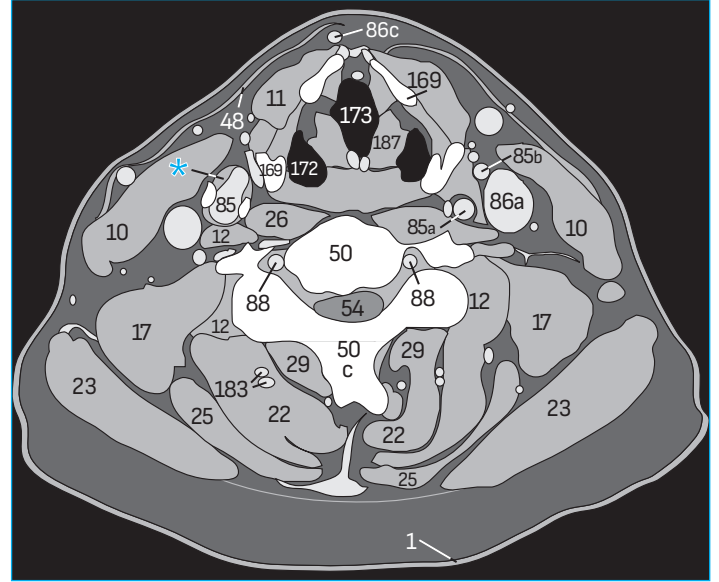


Рис. 68.1b



Рис. 68.2а

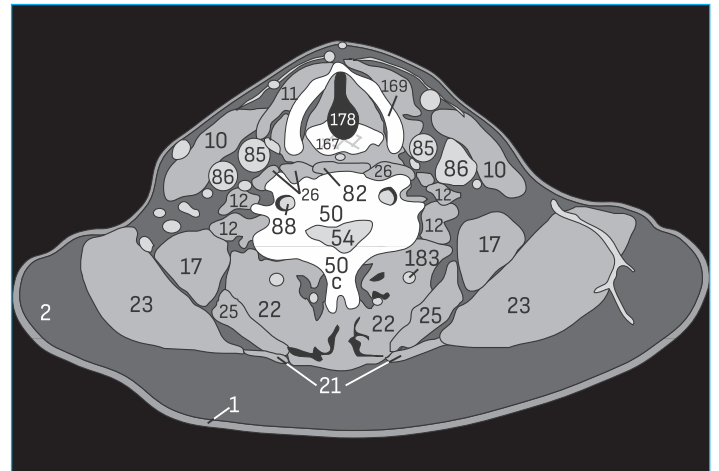


Рис. 68.2b



Рис. 68.3а

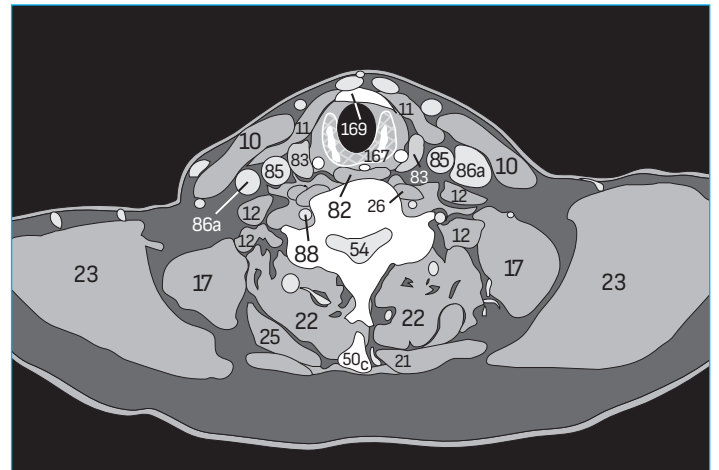


Рис. 68.3b

В связи с содержанием йода щитовидная железа (83) кажется гиперплотной по сравнению с окружающими мышцами как до, так и после введения КВ (Рис. 69.1–69.3). Начинающие врачи иногда путают пищевод (82), расположенный кзади (дорсально) от трахеи (81), с увеличенными лимфатическими узлами или опухолью. В сомнительных случаях поможет сопоставление с другими сечениями. На каком-либо из срезов в просвете пищевода обычно появляется небольшой участок воздуха низкой плотности. Как правило, у пациентов с травмой шеи и груди исследование проводят с поднятыми над головой руками, что уменьшает количество артефактов, образующихся вследствие наложения костей. Поэтому мышцы грудного пояса и плечевые суставы видны в непривычном положении.

Следующая глава познакомит вас с патологией шеи и включает короткий раздел «Проверьте себя». Изображения и рисунки нормальной анатомии, распространяющиеся далее каудально, продолжают со стр. 74.

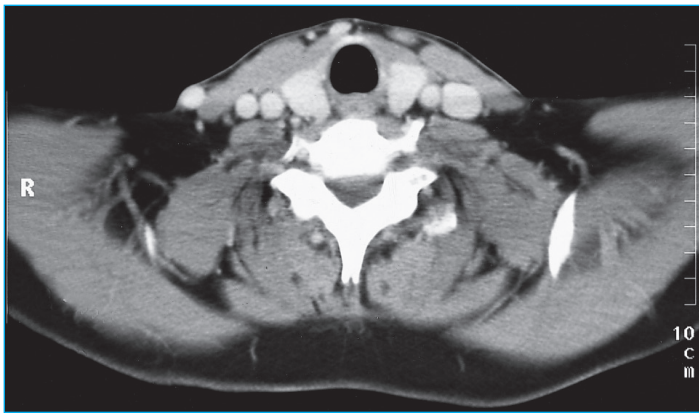
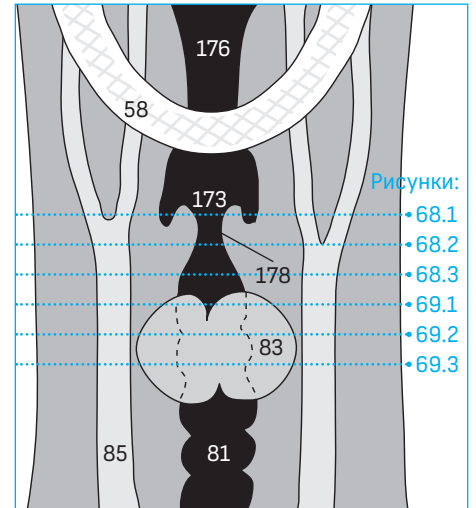


Рис. 69.1a

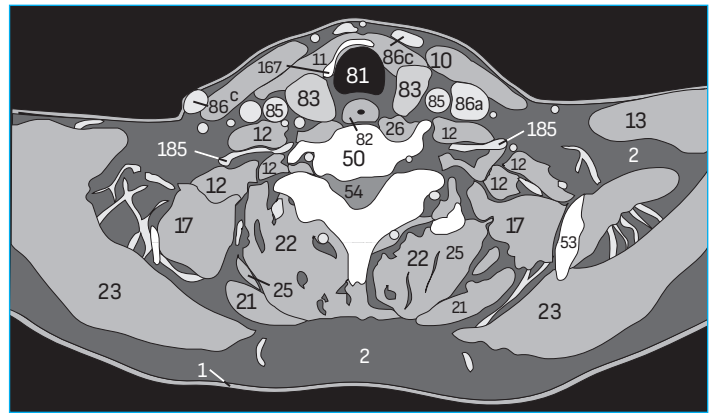


Рис. 69.1b

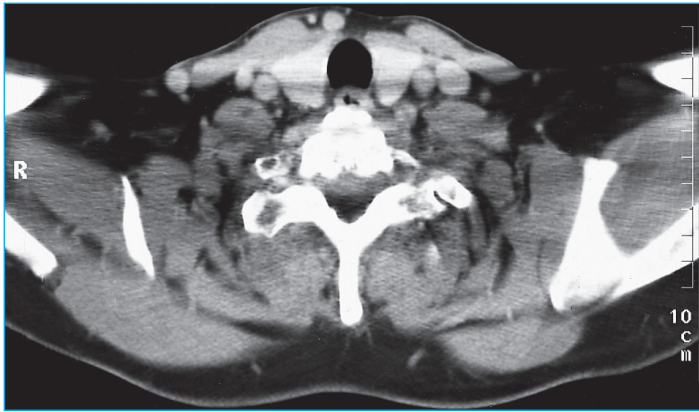


Рис. 69.2a

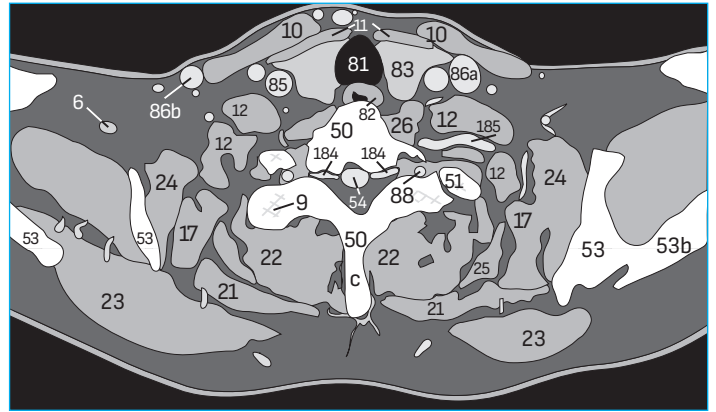


Рис. 69.2b



Рис. 69.3a

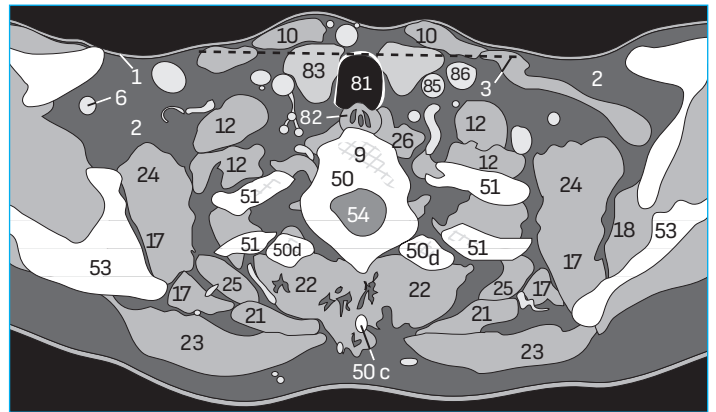


Рис. 69.3b

Упражнение 15

КТ головного мозга (Рис. 73.1) выполнена 43-летнему пациенту. Запишите свой предварительный диагноз и вашу дальнейшую тактику.

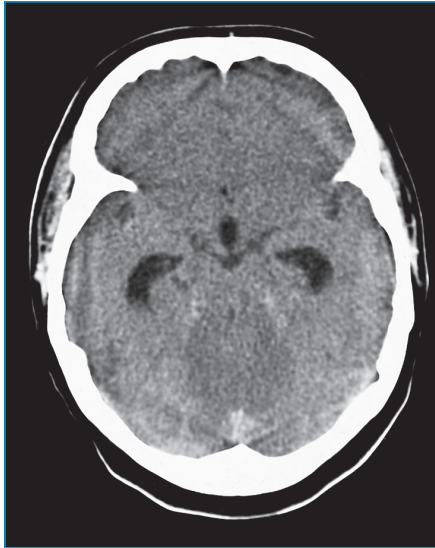


Рис. 73.1

Blank area for writing the answer to Exercise 15.

Упражнение 16

Имеется ли что-нибудь необычное на Рис. 73.2? Это патологические изменения, просто артефакт или даже вариант нормы?



Рис. 73.2

Blank area for writing the answer to Exercise 16.

Упражнение 17

Имеются ли на представленном срезе глазницы (Рис. 73.3) какие-нибудь признаки, которые нельзя считать нормой? Запишите ваши наблюдения ниже. Не сдавайтесь слишком быстро!



Рис. 73.3

Blank area for writing the answer to Exercise 17.

Упражнение 18

Для КТ головного мозга из дома престарелых доставлен пациент со спутанным сознанием и подозрением на внутричерепное кровоизлияние. Сколько свежих участков кровоизлияний (Рис. 73.4) вы видите? С чем вы проведете дифференциальный диагноз? Какой из этих диагнозов наиболее вероятен? Какая дополнительная информация также может быть полезна?

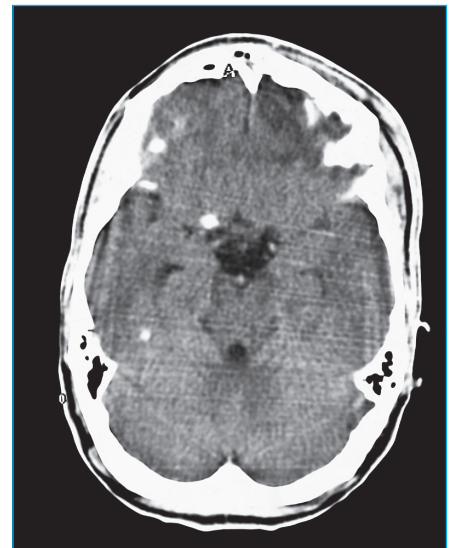


Рис. 73.4

Blank area for writing the answer to Exercise 18.

