



Учебник

Лучевая диагностика

Под редакцией профессора Г.Е. Труфанова

3-е издание, переработанное и дополненное



ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»

Рецензенты:

Виктор Иванович Амосов — д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой рентгенологии и радиационной медицины ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России;

Виктор Григорьевич Мазур — д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой современных методов диагностики и радиолучевой терапии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России.

Л87 Лучевая диагностика : учебник / [Г. Е. Труфанов и др.] ; под ред. Г. Е. Труфанова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 484 с. : ил.

ISBN 978-5-9704-4419-1

В учебнике изложены основы лучевой диагностики повреждений и заболеваний органов и систем человека, характеристики всех методов лучевой диагностики с описанием физических принципов получения изображений. С современных позиций отображены лучевая анатомия органов и систем человека, а также особенности проведения исследований. Рассмотрены возможности лучевых методов исследования в диагностике заболеваний и повреждений различных органов и систем. Детально описана лучевая семиотика повреждений и наиболее часто встречающихся заболеваний скелета, органов груди, живота, таза, а также головного и спинного мозга. В конце каждого раздела подробно изложены показания к применению того или иного метода при обследовании различных органов и систем.

Учебник составлен с учетом современных требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования и предназначен студентам медицинских вузов для изучения дисциплин «Лучевая диагностика», «Лучевая диагностика и лучевая терапия», «Лучевая диагностика (радиология)»; может быть полезным в реализации основной образовательной программы послевузовского профессионального образования при подготовке кадров высшей квалификации по специальности 31.08.09 «Рентгенология».

УДК 616-073.75(075.8)
ББК 53.64я73-1

Права на данное издание принадлежат ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». Воспроизведение и распространение в каком бы то ни было виде части или целого издания не могут быть осуществлены без письменного разрешения ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа».

© Коллектив авторов, 2018
© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2018
© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа»,
оформление, 2018

ISBN 978-5-9704-4419-1

ОГЛАВЛЕНИЕ

Авторский коллектив	12
Предисловие	14
Список сокращений и условных обозначений	16
Глава 1. Общие принципы и содержание лучевой диагностики.	
Организация лучевых исследований	18
1.1. Общие принципы лучевой диагностики	20
1.2. Принципиальный порядок изучения лучевого изображения	22
1.3. Организация лучевых исследований	27
Контрольные вопросы	28
Глава 2. Основы и клиническое применение рентгенологического	
метода диагностики	29
2.1. Методики рентгенологического исследования	33
2.1.1. Общие методики рентгенологического исследования	33
2.1.2. Специальные методики рентгенологического исследования	39
2.1.3. Методики с применением искусственного контрастирования	40
2.2. Показания к применению рентгенологического метода	46
Контрольные вопросы	49
Глава 3. Основы и клиническое применение ультразвукового	
метода диагностики	50
3.1. История ультразвукового метода диагностики	51
3.2. Принципы ультразвукового исследования	52
3.3. Режимы ультразвукового изображения	54
3.4. Принципы интерпретации изображения при ультразвуковом исследовании	57
3.5. Показания к проведению ультразвукового исследования	59
Контрольные вопросы	63
Глава 4. Основы и клиническое применение рентгеновской	
компьютерной томографии	64
4.1. Подготовка больного	70
4.2. Общая методика компьютерно-томографического исследования	71
4.3. Методики контрастного усиления изображения	72
4.4. Специальные методики компьютерной томографии	73
4.5. Показания к проведению компьютерной томографии	76
Контрольные вопросы	80
Глава 5. Основы и клиническое применение магнитно-резонансной томографии ...	81
5.1. Физические основы магнитно-резонансной томографии	82
5.2. Контрастные вещества	87

5.3. Методики магнитно-резонансного томографического исследования	88
5.3.1. Стандартные методики	88
5.3.2. Специальные методики	89
5.4. Противопоказания к проведению магнитно-резонансной томографии	90
5.5. Преимущества магнитно-резонансной томографии	91
5.6. Недостатки магнитно-резонансной томографии	91
5.7. Показания к проведению магнитно-резонансной томографии	91
Контрольные вопросы	95
Глава 6. Основы и клиническое применение радионуклидного метода диагностики	96
6.1. Физические основы радионуклидной диагностики	96
6.2. Радионуклидные исследования на основе γ -излучающих нуклидов	97
6.2.1. Основные типы аппаратов и принципы регистрации γ -квантов	99
6.2.2. Регистрация γ -квантов	99
6.2.3. Виды радионуклидных исследований	100
6.2.4. Области применения однофотонной эмиссионной компьютерной томографии	101
6.2.5. Показания к проведению радионуклидных исследований	106
6.3. Радионуклидные исследования на основе позитрон-излучающих нуклидов	108
6.3.1. Физические основы, принципы регистрации излучения и построение изображения при позитронно-эмиссионной томографии	108
6.3.2. Методики проведения исследований в позитронно-эмиссионной томографии	110
6.3.3. Радиофармацевтические препараты для позитронно-эмиссионной томографии	110
6.3.4. Основы клинического применения позитронно-эмиссионной томографии	112
6.3.5. Показания к проведению позитронно-эмиссионной томографии	114
Контрольные вопросы	114
Глава 7. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений органов опоры и движения	115
7.1. Методы лучевого исследования	115
7.1.1. Рентгенологический метод	115
7.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	116
7.1.3. Ультразвуковой метод	116
7.1.4. Магнитно-резонансная томография	116
7.1.5. Радионуклидный метод	117
7.2. Нормальная лучевая анатомия органов опоры и движения	117

7.3. Возрастные изменения органов опоры и движения	122
7.4. Общая лучевая семиотика патологических изменений органов опоры и движения	123
7.4.1. Общая рентгеносемиотика	123
7.4.2. Общая ультразвуковая семиотика	127
7.4.3. Общая магнитно-резонансная семиотика	129
7.4.4. Общая семиотика патологических изменений при радионуклидном исследовании	131
7.5. Лучевая семиотика заболеваний опорно-двигательной системы	131
7.5.1. Острый гематогенный остеомиелит	131
7.5.2. Панариций	134
7.5.3. Туберкулез костей и суставов	136
7.5.4. Острые инфекционные гнойные артриты	137
7.5.5. Ревматоидный артрит	138
7.5.6. Опухолевые заболевания	139
7.5.7. Врожденные дисплазии	145
7.5.8. Дегенеративно-дистрофические заболевания	146
7.5.9. Эндокринные и метаболические заболевания	149
7.5.10. Экзогенные интоксикации	149
7.6. Лучевая семиотика заболеваний мягких тканей	149
7.6.1. Абсцессы и флегмоны	149
7.6.2. Бурситы, тендовагиниты, тендиниты, тендинозы	150
7.6.3. Опухоли мягких тканей	152
7.7. Лучевая семиотика повреждений опорно-двигательной системы	153
7.7.1. Переломы костей	153
7.7.2. Вывихи	159
7.7.3. Повреждения мягких тканей	161
Контрольные вопросы	166
Глава 8. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений легких и средостения	167
8.1. Методы лучевого исследования	167
8.1.1. Рентгенологический метод	167
8.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	180
8.1.3. Магнитно-резонансная томография	182
8.1.4. Ультразвуковой метод	183
8.1.5. Радионуклидный метод	184
8.2. Лучевая семиотика заболеваний легких, плевры и средостения	185
8.2.1. Острая пневмония	185
8.2.2. Острый абсцесс легких	186
8.2.3. Бронхоэктатическая болезнь	186
8.2.4. Эмфизема легких	187
8.2.5. Пневмосклероз ограниченный	188
8.2.6. Диффузные интерстициальные диссеминированные заболевания легких	188
8.2.7. Пневмокониозы	189
8.2.8. Тромбоэмболия легочной артерии	189
8.2.9. Отек легких	191

8.2.10. Рак легкого центральный	191
8.2.11. Рак легкого периферический	192
8.2.12. Гематогенные метастазы злокачественных опухолей в легких	193
8.2.13. Туберкулез легких	193
8.2.14. Экссудативный плеврит	197
8.2.15. Спонтанный пневмоторакс	198
8.2.16. Новообразования средостения	199
8.3. Лучевая семиотика повреждений легких и плевры	201
8.3.1. Пневмоторакс	201
8.3.2. Гемоторакс	201
8.3.3. Гемопневмоторакс	201
8.3.4. Ушиб легкого	201
8.3.5. Разрыв легкого	202
Контрольные вопросы	202
Глава 9. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений сердца и грудной аорты	203
9.1. Методы лучевого исследования	203
9.1.1. Рентгенологический метод	203
9.1.2. Ультразвуковой метод	215
9.1.3. Рентгеновская компьютерная томография	218
9.1.4. Магнитно-резонансная томография	220
9.1.5. Радионуклидный метод	222
9.2. Лучевая семиотика заболеваний сердца и грудной аорты	225
9.2.1. Ишемическая болезнь сердца	225
9.2.2. Острый инфаркт миокарда	225
9.2.3. Митральный стеноз	225
9.2.4. Недостаточность митрального клапана	227
9.2.5. Стеноз устья аорты	227
9.2.6. Недостаточность аортального клапана	227
9.2.7. Экссудативный перикардит	228
9.2.8. Адгезивный констриктивный перикардит	229
9.2.9. Аневризмы грудной аорты	229
9.3. Лучевая семиотика повреждений сердца и грудной аорты	230
9.3.1. Ушиб сердца	230
9.3.2. Разрыв наружных стенок сердца	230
9.3.3. Разрыв грудной аорты	230
Контрольные вопросы	231
Глава 10. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений глотки, пищевода, желудка и кишечника	232
10.1. Методы лучевого исследования	232
10.1.1. Рентгенологический метод	232
10.1.2. Компьютерная томография	241
10.1.3. Магнитно-резонансная томография	242
10.1.4. Ультразвуковой метод	242
10.1.5. Радионуклидный метод	243

10.2. Лучевая семиотика заболеваний пищевода, желудка и кишечника	243
10.2.1. Заболевания пищевода	243
10.2.2. Заболевания желудка	251
10.2.3. Заболевания кишечника	258
10.3. Лучевая семиотика повреждений глотки, пищевода, желудка и кишечника	266
10.3.1. Перфорация полого органа	267
10.3.2. Острая кишечная непроходимость	268
Контрольные вопросы	270
Глава 11. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений паренхиматозных органов пищеварительной системы	271
11.1. Печень	271
11.1.1. Нормальная рентгеноанатомия	271
11.1.2. Методы лучевого исследования	273
11.1.3. Лучевая семиотика заболеваний печени и желчных путей	280
11.1.4. Лучевая семиотика повреждений печени и желчных путей	286
11.2. Поджелудочная железа и селезенка	288
11.2.1. Методы лучевого исследования	288
11.2.2. Лучевая семиотика заболеваний поджелудочной железы	293
11.2.3. Лучевая семиотика заболеваний селезенки	297
11.2.4. Лучевая семиотика повреждений поджелудочной железы	298
11.2.5. Лучевая семиотика повреждений селезенки	298
Контрольные вопросы	299
Глава 12. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений мочевых органов	300
12.1. Методы лучевой диагностики в урологии	300
12.1.1. Рентгенологический метод	300
12.1.2. Ультразвуковой метод	307
12.1.3. Рентгеновская компьютерная томография	309
12.1.4. Магнитно-резонансная томография	311
12.1.5. Радионуклидный метод	312
12.2. Лучевая семиотика заболеваний мочевых органов	317
12.2.1. Удвоение почки	317
12.2.2. Дистопия почки	317
12.2.3. Нефроптоз	319
12.2.4. Абсцесс почки	319
12.2.5. Пиелонефрит хронический	319
12.2.6. Туберкулез почки	320
12.2.7. Мочекаменная болезнь	320
12.2.8. Гидронефроз	322
12.2.9. Опухоль почки	323
12.2.10. Киста почки	323
12.2.11. Поликистозная болезнь взрослых (поликистоз почек)	323
12.2.12. Опухоль мочевого пузыря	326
12.3. Лучевая семиотика повреждений мочевых органов	327
12.3.1. Повреждения почек	327

12.3.2. Подкапсульная гематома	327
12.3.3. Разрыв паренхимы	328
12.3.4. Разрыв почки с повреждением чашечно-лоханочного комплекса	328
12.3.5. Размножение почки, отрыв почечной ножки, тромбоз почечной артерии	328
12.3.6. Повреждения мочеточников	329
12.3.7. Повреждения мочевого пузыря	329
12.3.8. Повреждения мочеиспускательного канала	330
Контрольные вопросы	331

Глава 13. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений

половых органов	332
13.1. Лучевая диагностика в андрологии	332
13.1.1. Рентгенологический метод	332
13.1.2. Ультразвуковой метод	333
13.1.3. Рентгеновская компьютерная томография	333
13.1.4. Магнитно-резонансная томография	333
13.1.5. Радионуклидный метод	334
13.2. Лучевая семиотика заболеваний мужских половых органов	334
13.2.1. Крипторхизм	334
13.2.2. Стриктура уретры	335
13.2.3. Рецидивирующее варикоцеле	335
13.2.4. Перекрут семенного канатика и яичка	335
13.2.5. Острый простатит	336
13.2.6. Хронический простатит	336
13.2.7. Доброкачественная гиперплазия предстательной железы	337
13.2.8. Рак предстательной железы	337
13.2.9. Опухоль яичка	338
13.2.10. Эректильная дисфункция	338
13.3. Лучевая семиотика повреждений мужских половых органов	339
13.4. Лучевая диагностика в гинекологии	339
13.4.1. Рентгенологический метод	339
13.4.2. Ультразвуковой метод	340
13.4.3. Рентгеновская компьютерная томография	341
13.4.4. Магнитно-резонансная томография	341
13.4.5. Радионуклидный метод	341
13.5. Лучевая семиотика заболеваний женских половых органов	341
13.5.1. Удвоение матки	341
13.5.2. Сальпингоофорит	342
13.5.3. Миома матки	343
13.5.4. Рак эндометрия	343
13.5.5. Рак яичников	343
13.5.6. Эндометриоз	344
13.5.7. Воспалительные заболевания молочной железы: мастит, абсцесс	345
13.5.8. Рак молочных желез	345
13.6. Лучевая семиотика повреждений женских половых органов	346

13.7. Лучевая диагностика в акушерстве	346
13.7.1. Ультразвуковой метод	347
13.7.2. Магнитно-резонансная томография	347
13.8. Лучевая семиотика патологии беременности	347
13.8.1. Внематочная беременность	347
13.8.2. Неразвивающаяся (замершая) беременность	347
13.8.3. Пузырный занос	347
13.8.4. Отслойка плаценты	347
Контрольные вопросы	348
Глава 14. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений черепа и головного мозга	349
14.1. Методы лучевой диагностики	349
14.1.1. Рентгенологический метод	349
14.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	354
14.1.3. Специальные методики компьютерной томографии	355
14.1.4. Магнитно-резонансная томография	356
14.1.5. Радионуклидный метод	359
14.1.6. Ультразвуковой метод	361
14.2. Лучевая семиотика заболеваний головного мозга	361
14.2.1. Опухоли головного мозга	361
14.2.2. Демиелинизирующие заболевания	365
14.2.3. Заболевания сосудов головного мозга	367
14.2.4. Инфекционные заболевания	370
14.2.5. Паразитарные заболевания (цистицеркоз, токсоплазмоз)	372
14.3. Лучевая семиотика повреждений черепа и головного мозга	372
14.3.1. Переломы костей свода и основания черепа	372
14.3.2. Повреждения головного мозга	377
Контрольные вопросы	381
Глава 15. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений позвоночника и спинного мозга	382
15.1. Методы лучевой диагностики	382
15.1.1. Рентгенологический метод	382
15.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	385
15.1.3. Магнитно-резонансная томография	386
15.1.4. Радионуклидный метод	389
15.2. Лучевая семиотика заболеваний спинного мозга	389
15.2.1. Опухоли спинного мозга	389
15.2.2. Демиелинизирующие заболевания	391
15.2.3. Воспалительные заболевания	391
15.2.4. Сосудистые заболевания	395
15.2.5. Интрамедуллярные кисты	397
15.2.6. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника	397
15.3. Лучевая семиотика повреждений позвоночника и спинного мозга ...	401
15.3.1. Повреждения шейного отдела позвоночника	401

15.3.2. Повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника	403
15.3.3. Повреждения спинного мозга	404
Контрольные вопросы	405
Глава 16. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений органа зрения	406
16.1. Методы лучевого исследования	406
16.1.1. Рентгенологический метод	406
16.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	407
16.1.3. Магнитно-резонансная томография	409
16.1.4. Ультразвуковой метод	410
16.1.5. Радионуклидный метод	410
16.2. Лучевая семиотика повреждений глаза и глазницы	410
16.2.1. Переломы стенок глазницы	410
16.2.2. Инородные тела	411
16.2.3. Внутриглазные кровоизлияния	411
16.2.4. Травматическая отслойка сетчатки	413
16.3. Лучевая семиотика заболеваний глаза и глазницы	414
16.3.1. Опухоль сосудистой оболочки глаза (меланобластома)	414
16.3.2. Опухоли глазницы	415
16.3.3. Дакриоцистит	415
16.3.4. Эндокринная офтальмопатия	415
Контрольные вопросы	416
Глава 17. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений ЛОР-органов	417
17.1. Методы лучевого исследования	417
17.1.1. Рентгенологический метод	417
17.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	418
17.1.3. Магнитно-резонансная томография	419
17.2. Лучевая семиотика заболеваний ЛОР-органов	420
17.2.1. Лучевая семиотика заболеваний уха	420
17.2.2. Лучевая семиотика заболеваний носа и околоносовых пазух ...	422
17.2.3. Лучевая семиотика заболеваний глотки и гортани	425
17.3. Лучевая семиотика повреждений ЛОР-органов	426
17.3.1. Повреждения и инородные тела височных костей	426
17.3.2. Повреждения и инородные тела околоносовых пазух	426
17.3.3. Повреждение гортани	427
Контрольные вопросы	428
Глава 18. Лучевая диагностика заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области	429
18.1. Методы лучевого исследования	429
18.1.1. Рентгенологические методы	429
18.1.2. Рентгеновская компьютерная томография	431
18.1.3. Магнитно-резонансная томография	432
18.1.4. Ультразвуковой метод	432
18.2. Лучевая семиотика заболеваний челюстно-лицевой области	433
18.2.1. Кариес	433

18.2.2. Флюороз, гипоплазия эмали и дентина, эрозия коронок, клиновидные дефекты шеек зубов	433
18.2.3. Пульпит, периодонтит	433
18.2.4. Гранулирующий остит, гранулематозный остит, фиброзный остит, периостит челюсти	433
18.2.5. Остеомиелит челюстей	434
18.2.6. Воспалительно-дистрофические и идиопатические изменения в пародонте — гингивит	434
18.2.7. Пародонтит и пародонтоз, пародонтолиз	434
18.2.8. Кисты и мягкотканые опухоли челюстей	435
18.2.9. Метастазы и рак челюсти	435
18.2.10. Ретенированные зубы, фрагменты корней зубов	435
18.2.11. Кальцинаты, слюнные камни на зубах	436
18.2.12. Плотные одонтогенные опухоли, плотные остеогенные опухоли	436
18.2.13. Деформирующий артроз, артрит височно-нижнечелюстного сустава	436
18.2.14. Анкилоз, контрактура височно-нижнечелюстного сустава	437
18.2.15. Пороки развития слюнных желез, сиалоаденит, слюннокаменная болезнь, свищи протоков слюнных желез	437
18.2.16. Кисты и опухоли слюнных желез	437
18.3. Лучевая семиотика повреждений костей лицевого скелета и зубов ...	438
18.3.1. Переломы костей верхней зоны лицевого скелета	438
18.3.2. Переломы костей средней зоны лицевого скелета	439
18.3.3. Переломы нижней челюсти	441
18.3.4. Переломы и вывихи зубов	442
18.3.5. Вывих нижней челюсти	442
Контрольные вопросы	443
Глава 19. Радиационная безопасность при проведении рентгенологических и радионуклидных диагностических исследований	444
19.1. Исходные предпосылки	444
19.1.1. Физические понятия и дозиметрические величины	444
19.1.2. Медицинские эффекты облучения человека	448
19.1.3. Дозы, учитывающие биологический эффект	451
19.1.4. Операционные дозиметрические величины	453
19.2. Принципы и нормы радиационной безопасности	454
19.2.1. Общие принципы радиационной безопасности	454
19.2.2. Нормы радиационной безопасности	456
19.2.3. Допустимые и контрольные уровни и уровни вмешательства	458
19.3. Обеспечение радиационной безопасности в рентгенорадиологических подразделениях	460
19.4. Оценка доз облучения пациентов и персонала	462
Контрольные вопросы	464
Список литературы	466
Предметный указатель	469

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Акиев Рустам Магомедович — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Алексеев Кирилл Николаевич — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Атаев Александр Григорьевич — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Багненко Сергей Сергеевич — доктор медицинских наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Бойков Игорь Валерьевич — доктор медицинских наук, заместитель начальника кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Бурлаченко Евгений Петрович — преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Декан Вячеслав Станиславович — кандидат медицинских наук, доцент, заведующий рентгеновским отделением ФГБУЗ «Клиническая больница № 122 им. Л.Г. Соколова» ФМБА России

Демшина Татьяна Евгеньевна — кандидат медицинских наук, заведующая кабинетом КТ отделения лучевой диагностики ФГБУ «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней» Минздрава России

Ефимцев Александр Юрьевич — кандидат медицинских наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией лучевой визуализации, доцент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России

Железняк Игорь Сергеевич — доктор медицинских наук, начальник кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Иванова Людмила Игоревна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Лыткина Светлана Ивановна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Малаховский Владимир Николаевич — доктор медицинских наук, профессор, ассистент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Мищенко Андрей Владимирович — доктор медицинских наук, заведующий отделением лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России

Рамешвили Тамара Евгеньевна — доктор медицинских наук, профессор, доцент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Романов Геннадий Геннадиевич — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Рудь Сергей Дмитриевич — кандидат медицинских наук, доцент, ассистент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Рязанов Владимир Викторович — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры современных методов диагностики и радиолучевой терапии ФГБВОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России

Сигина Ольга Алексеевна — доктор медицинских наук, доцент, ассистент кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России

Труфанов Геннадий Евгеньевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий научно-исследовательским отделом лучевой диагностики, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России

Фокин Владимир Александрович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом лучевой диагностики, профессор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России

ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение рентгенологии как учебной дисциплины началось в медицинских вузах России буквально с первых лет клинического использования открытых В.К. Рентгеном в 1895 г. лучей. Уже в январе 1896 г. на кафедре физики Императорской Военно-медицинской академии были получены первые рентгенограммы верхней конечности человека, и с этого момента началось активное изучение свойств рентгеновских лучей. Важной вехой в истории развития рентгенологии является 1915 г., когда Конференция Императорской Военно-медицинской академии учредила доцентский курс преподавания рентгенологии в составе кафедры физики. Таким образом, Военно-медицинская академия стала одним из пионеров среди медицинских вузов, где началось активное преподавание основ рентгенодиагностики будущим врачам. Все последующие годы совершенствовалась рентгеновская аппаратура, расширялись технические и методологические возможности рентгенологического метода. Огромный опыт, накопленный врачами-рентгенологами в период Великой Отечественной войны и других вооруженных конфликтов, активно использовался в учебном процессе. Постепенно с появлением новых методов визуализации, таких как ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгеновская компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, рентгенология, являясь основой, естественным образом преобразовалась в универсальную научную и учебную дисциплину — лучевая диагностика. Современное состояние и перспективы развития методов лучевой диагностики требуют единого подхода к их изучению и использованию в клинической практике. Практическое знание принципов лучевой диагностики является мощным диагностическим оружием, позволяющим врачу преобразовать визуальную информацию в специфический дифференциальный диагноз, который затем можно использовать для лечения больных. Лучевая диагностика уникальна в том, что не существует ни одной медицинской специальности, где не требовалось бы ее применение. В данном учебнике коллектив авторов на основе комплексного подхода к обследованию пациентов изложил лучевые признаки заболеваний и повреждений различных органов и систем, что позволяет более целостно представлять возможности лучевых методов исследования и перспективы их развития.

В соответствии с требованиями федерального образовательного стандарта высшего профессионального образования 3-го поколения по специальности «Лечебное дело» учебник «Лучевая диагностика» содержит основы лучевой диагностики повреждений и заболеваний органов и систем человека, характеристики всех методов лучевой диагностики с описанием физических принципов получения изображений и нормальной лучевой анатомии органов и систем человека. Он предназначен для изучения основ лучевой диагностики в рамках дисциплин «Пропедевтика внутренних болезней, лучевая диагностика» и «Общая хирургия, лучевая диагностика». В конце каждого раздела подробно изложены показания к применению того или иного метода при обследовании различных органов и систем.

Отдельная глава посвящена радиационной безопасности при проведении рентгенологических и радионуклидных диагностических исследований.

Учебник по содержанию выходит за рамки требований образовательных стандартов базового обучения в медицинских вузах и может быть полезен не только студентам, но и в системе послевузовского профессионального образования врачей различных специальностей.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

◆	— торговое название лекарственного средства
Ⓜ	— лекарственное средство, не зарегистрированное в РФ
АВМ	— артериовенозная мальформация
АЦП	— аналого-цифровой преобразователь
ГБСГ	— гепатобилисцинтиграфия
ДКТ	— дентальная компьютерная томография
ДНК	— дезоксирибонуклеиновая кислота
ДЭхоКГ	— доплер-эхокардиография
ИБС	— ишемическая болезнь сердца
ИКД	— измеряемый коэффициент диффузии
КТ	— компьютерная томография
ЛБГ	— линейная беспороговая гипотеза
МКРЗ	— Международная комиссия по радиационной защите
МСКТ	— многосрезовой спиральный компьютерный томограф
МР	— магнитно-резонансный
МРТ	— магнитно-резонансная томография
МРХПГ	— магнитно-резонансная холангиопанкреатография
НРБ	— нормы радиационной безопасности
ОФЭКТ	— однофотонная эмиссионная компьютерная томография
ПМРС	— протонная магнитно-резонансная спектроскопия
ПЭТ	— позитронно-эмиссионная томография
ПЭТ-КТ	— позитронно-эмиссионная компьютерная томография
РКС	— рентгеноконтрастное средство
РРВГ	— радионуклидная равновесная вентрикулография
РФП	— радиофармацевтический препарат
РЭС	— ретикулоэндотелиальная система
СКТА	— спиральная компьютерно-томографическая ангиография
T1-ВИ	— T1-взвешенные изображения
T2-ВИ	— T2-взвешенные изображения
ТрУЗИ	— трансректальное ультразвуковое исследование
ТЭЛА	— тромбоэмболия легочной артерии
УЗДГ	— ультразвуковая доплерография
УЗИ	— ультразвуковое исследование
ФЭУ	— фотоэлектронный умножитель
¹⁸ F-ФДГ	— фтордезоксиглюкоза
ЦАП	— цифроаналоговый преобразователь
ЦДК	— цветовое доплеровское картирование
ЭВМ	— электронно-вычислительная машина
ЭКГ	— электрокардиограмма, электрокардиограммный
ЭЛТ	— электронно-лучевой томограф
ЭОП	— электронно-оптический преобразователь
ЭРХПГ	— эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография
ЭхоКГ	— эхокардиография
HU	— единица Хаунсфилда (Hounsfield Unit)
MPR	— мультипланарная реконструкция (Multiplanar Reconstruction)

- MIP — проекция максимальных интенсивностей (Maximum Intensity Projections)
- SSD — 3D-реконструкция, программа объемного преобразования затененных поверхностей или алгоритм проекций с затененной поверхностью (Shaded Surface Display)
- VRT — 3D-реконструкция, режим объемного рендеринга (Volume Rendering Technique)

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И СОДЕРЖАНИЕ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛУЧЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лучевая диагностика — наука о теории и практике применения излучений для изучения строения и функции нормальных и патологически измененных органов и систем человека и животных с целью профилактики и выявления болезней.

Предмет лучевой диагностики как науки — варианты взаимодействия излучений с их приемниками и организмом человека.

Объект лучевой диагностики — организм человека, источники и приемники излучений.

К методам лучевой диагностики относятся:

1. *Рентгенологический метод* (рентгенодиагностика).
2. *Рентгеновская компьютерная томография* (КТ).
3. *Магнитно-резонансная томография* (МРТ).
4. *Ультразвуковой метод* (ультразвуковая диагностика).
5. *Радионуклидный метод* [сцинтиграфия, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), позитронная эмиссионная компьютерная томография (ПЭТ-КТ)].

Основными **критериями**, отличающими один метод лучевой диагностики от другого, являются:

- методология получения диагностических изображений;
- закономерности формирования изображения (скиалогия);
- лучевые симптомы патологических изменений (лучевая семиотика);
- принципы и особенности интерпретации данных;
- принципы дифференциальной диагностики.

Общим критерием отнесения перечисленных выше диагностических методов к лучевой диагностике является **применение различных излучений для неразрушающего и дистанционного изучения строения и функции органов и систем.**

Существует ряд не вошедших в широкую клиническую практику диагностических методов, также основанных на использовании некоторых излучений, но не отнесенных к лучевой диагностике: тепловидение, оптическая томография, оптическая когерентная томография, синхрофазотронная томография.

Все излучения, используемые в лучевой диагностике, разделяются на ионизирующие и неионизирующие.

Ионизирующие излучения — потоки квантов или частиц, вызывающие ионизацию атомов и молекул вещества, разрывы химических связей и образование активных свободных радикалов. Это ведет к прямому (непосредственно

излучением) и опосредованному (химическим воздействием свободных радикалов) повреждению биомолекул.

Ионизирующие излучения можно условно разделить на **фотонные** и **корпускулярные**. К фотонному излучению относят *электромагнитные колебания*, к корпускулярному — *поток частиц*. Понятия «электромагнитного», «фотонного» и «квантового» излучения можно считать эквивалентными.

К фотонным излучениям относятся **рентгеновское** (тормозное и характеристическое) и **γ -излучение**.

Тормозное рентгеновское излучение — это коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее при изменении скорости (торможении) заряженных частиц (электроны в рентгеновской трубке) при взаимодействии с атомами тормозящего вещества (анода). Длина волны тормозного рентгеновского излучения не зависит от атомного номера тормозящего вещества, а определяется только энергией ускоренных электронов.

Характеристическое рентгеновское излучение возникает при изменении энергетического состояния атомов. При выбивании электрона из внутренней оболочки атома электроном или фотоном атом переходит в возбужденное состояние, а освободившееся место занимает электрон из внешней оболочки. При этом атом возвращается в нормальное состояние и испускает квант характеристического рентгеновского излучения с энергией, равной разности энергий на соответствующих уровнях.

Гамма-излучение (γ -излучение) — это коротковолновое электромагнитное излучение, испускаемое возбужденными ядрами атомов при радиоактивном распаде или ядерных реакциях, а также при аннигиляции античастиц (например, электрона и позитрона). Источниками γ -излучения являются атомы радиоактивных элементов (радионуклиды). Каждый радионуклид испускает γ -кванты своей определенной энергии.

К корпускулярным излучениям относятся потоки заряженных (α -излучение, β -излучение, позитроны, протоны) и нейтральных (нейтроны) частиц. В лучевой диагностике корпускулярные излучения не используются, а применяются только в лучевой и радионуклидной терапии.

К неионизирующим излучениям, применяемым в диагностических целях, относятся ультразвук, электромагнитные неквантовые колебания (радиочастотные резонансные импульсы), инфракрасное излучение, лазерное излучение.

Ультразвук — это упругие (звуковые) волны высокой частоты, продольно распространяющиеся в среде и создающие в ней механические колебания. Человеческий слух воспринимает звук частотой до 20 кГц. В медицине для диагностических целей используются ультразвуковые колебания частотами от 1 до 30 МГц. Источниками ультразвука в медицине являются монокристаллы некоторых веществ (кварц, бария титанат), из которых состоит *пьезоэлемент*. При деформации таких кристаллов под воздействием ультразвуковых волн на поверхности кристаллов возникают противоположные по знаку электрические заряды — *прямой пьезоэлектрический эффект*. При подаче на них переменного электрического заряда в кристаллах возникают механические колебания с излучением ультразвуковых волн. Таким образом, один и тот же пьезоэлемент может быть попеременно то приемником, то источником ультразвуковых волн.

Электромагнитные резонансные колебания — электромагнитные импульсы, возникающие как ответная реакция на возбуждение атомов водорода, находящихся в постоянном магнитном поле, определенной комбинацией внешних электромагнитных импульсов (явление *ядерного магнитного резонанса*). Источниками резонансных импульсов являются атомы водорода в молекулах веществ, составляющих органы и ткани человека, помещенного в постоянное магнитное поле *магнитно-резонансного томографа*. Эти импульсы возникают в ответ на внешнее радиочастотное (резонансное) воздействие.

Инфракрасное («тепловое») излучение — электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света и микроволновым излучением. Используется в *тепловидении* (при проведении термографии — графической оценки пространственного распределения температурных характеристик различных органов и систем человека). Инфракрасное излучение также применяется в методе *когерентной оптической томографии*, который в настоящее время еще не получил широкого распространения и не считается методом лучевой диагностики.

Лазерное излучение (от англ. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — усиление света посредством вынужденного излучения) — когерентное монохроматическое поляризованное узконаправленное излучение видимого диапазона. Источником излучения является оптический квантовый генератор, физической основой работы которого служит квантово-механическое явление вынужденного (индуцированного) излучения. Лазерное излучение используется в *оптической томографии*.

1.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

1. **Обоснованность** назначения и использования методов лучевой диагностики у каждого конкретного больного с учетом клинической ситуации, показаний и противопоказаний к исследованию.

2. Использование наиболее информативных и минимально инвазивных методов и методик исследования для получения максимально возможной по **полноте и качеству** диагностической информации.

3. **Своевременность** проведения лучевых исследований.

4. **Экономическая целесообразность** проведения лучевых исследований с целью исключения не оправданных клиническими задачами затрат времени и средств.

5. Максимально возможное **снижение доз облучения** пациентов и персонала при проведении диагностических процедур с использованием ионизирующих излучений.

Реализация указанных принципов должна обеспечиваться сочетанием организационно-методических и технических условий. К организационно-методическим условиям реализации основных принципов лучевой диагностики относятся:

- знание и применение принципов стандартизации лучевых исследований;
- активное участие лечащего врача и специалиста лучевой диагностики в определении показаний к проведению исследований с использованием источников ионизирующего излучения;

- при выборе диагностического алгоритма в каждой конкретной ситуации — обязательный учет и дифференцированное включение в него тех методов, которые обеспечивают максимальную диагностическую отдачу, не снижая качества диагностики, при меньшей лучевой нагрузке или ее полном исключении;
- максимальное использование в процессе исследования защитных средств для анатомически рядом расположенных органов и систем пациента;
- постоянное повышение уровня знаний врача и лаборанта в вопросах радиационной безопасности;
- максимальное уменьшение дублирования однотипных исследований;
- рациональное построение технологии проведения исследований в целях снижения брака: работа с автоматическими проявочными машинами, правильное применение защитных средств, автоматических экспонометров, высокочувствительных приемников и преобразователей изображения;
- регистрация и учет полученной эффективной дозы.

Техническими условиями реализации принципов лучевой диагностики являются:

- обеспечение работоспособности аппаратов лучевой диагностики (своевременное сервисное обслуживание и ремонт, метрологическое обеспечение, радиационный контроль);
- использование современных технологических решений, обеспечивающих получение информативных медицинских изображений при минимальной лучевой нагрузке (цифровые твердотельные матричные детекторы для рентгенодиагностики, мультиспиральные технологии компьютерно-томографического сканирования и постпроцессорной обработки и т.п.).

Под **радиологическим изображением** понимают доступное зрительному восприятию распределение излучения любого вида, преобразованное в оптический диапазон, отображающий структуру и функцию биологического объекта. Изображения создаются специальными системами. Их назначение — сделать доступной для зрительного восприятия не визуальную информацию. Все изображающие радиологические системы: рентгеновские, радионуклидные, ультразвуковые, термографические, магнитно-резонансные — можно представить в виде принципиальной схемы (рис. 1.1).

Первый блок в этой схеме — **источник излучения**. Он может находиться вне пациента, как, например, при рентгенологическом и ультразвуковом исследовании. Его можно ввести внутрь организма, как при радионуклидных исследованиях. Излучение может генерироваться в теле человека спонтанно (при термографии) или вследствие внешнего возбуждения (при МРТ).

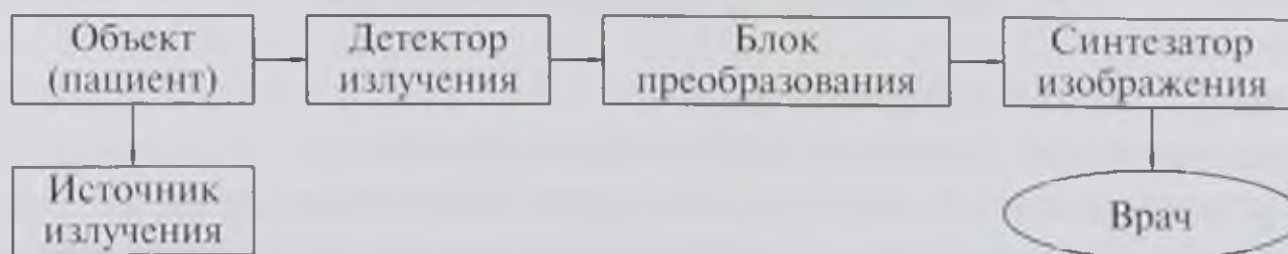


Рис. 1.1. Принципиальная схема получения радиологического изображения

Следующий блок в лучевой изображающей системе — **детектор излучения**. Он опосредованно взаимодействует с наблюдаемым объектом. Его назначение — уловить электромагнитное излучение или упругие колебания и преобразовать их в диагностическую информацию. В зависимости от вида излучения детектором могут быть флюоресцентный экран, фотопленка или рентгеновская пленка, газоразрядная камера или сцинтилляционный датчик, специальные материалы и сплавы и др.

В некоторых системах информационные сигналы из детектора поступают в **блок преобразования** и передачи видеосигнала. Назначение этого блока — повысить информационную емкость сигнала, убрать помехи («шум»), преобразовать его в удобный для дальнейшей передачи вид. Преобразования видеосигналов могут сводиться к изменению их физической природы (например, преобразование упругих колебаний или светового излучения в электрические сигналы) или заключаются в математической обработке с целью изменения их структуры.

Затем преобразованные сигналы передаются в **синтезатор изображения**. Он создает изображение исследуемого объекта — органа, части тела, всего человека. Разумеется, при разных лучевых методах изображение будет совершенно различным. Рентгенограммы раскрывают перед нами преимущественно макроморфологию органов и систем, а также позволяют судить об их функции на органном уровне. Радионуклидные сцинтиграммы обогащают нас сведениями о функции тканей и клеток, то есть отражают в первую очередь функциональную анатомию человека. Ультразвуковое исследование (УЗИ) позволяет судить о строении и функции органов путем анализа их акустической структуры. Термография — метод оценки теплового поля человека.

Лучевые исследования планирует и выполняет лучевой диагност. Это врач, получивший специальную подготовку по лучевой диагностике. Его деятельность складывается из приема визуальной информации, ее обработки, интерпретации результатов и принятия диагностического решения.

Врачу любого профиля приходится иметь дело с материалами лучевых диагностических исследований: рентгенограммами, сцинтиграммами, сонограммами, термограммами, компьютерными томограммами и т.д. Следовательно, каждый врач должен обладать элементарными сведениями, которые позволят ему при консультации специалиста по диагностической радиологии или с помощью его заключения правильно воспринять результаты лучевых исследований и оценить их значение для распознавания болезни и лечения больного.

Общие правила изучения любого медицинского диагностического изображения можно суммировать в следующем виде.

1.2. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЙ ПОРЯДОК ИЗУЧЕНИЯ ЛУЧЕВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

1. Общий осмотр изображения:
 - а) определение примененной лучевой методики;
 - б) установление объекта исследования (части тела, органа);
 - в) общая оценка формы, величины, строения и функции исследуемой части тела (органа).

2. Детальное изучение изображения:

- а) разграничение «нормы» и «патологического состояния»;
- б) выявление и оценка лучевых признаков заболевания;
- в) отнесение суммы обнаруженных признаков к определенному клиническому синдрому или общепатологическому процессу.

3. Разграничение заболеваний, обуславливающих установленный синдром и (или) патологический процесс.

4. Сопоставление изображений органа, полученных при разных лучевых исследованиях.

5. Сопоставление результатов лучевых исследований с данными других клинических, инструментальных и лабораторных исследований (клинико-лучевой анализ и синтез).

6. Формулировка заключения по данным лучевых исследований.

Анализ лучевого изображения следует начинать с образа всей картины в целом, поначалу не фиксируя внимания на какой-либо детали, даже яркой и кажущейся очень важной. Определив методику исследования (рентгенография, сонография, сцинтиграфия и др.) и установив, какая часть тела исследовалась, надо правильно расположить перед собой изображение.

Определяя размеры и форму изучаемого органа (части тела), устанавливают также проекцию исследования — прямую, боковую, косую, аксиальную. При общем осмотре изображения получают первое ориентировочное представление о состоянии исследуемого объекта.

При дальнейшем изучении деталей лучевой картины врач всегда сопоставляет видимые изображения с эталоном «нормы». Все, что отклоняется от привычной «средней» картины, должно быть подвергнуто анализу и расценено либо как вариант нормы, либо как проявление патологических изменений. Найденные патологические изменения затем оценивают в рамках всей картины, то есть совершается обратный переход — от частного к общему. Это позволяет отнести выявленные симптомы к определенному синдрому или общепатологическому процессу (воспаление, повреждение, опухоль и др.). Далее врач, руководствуясь знанием основ патологии и суммой полученных лучевых и клинических данных, проводит разграничение заболеваний, которые могут обусловить данный патологический процесс.

Все многообразие медицинских лучевых изображений, независимо от способов их получения, можно привести к аналоговым и цифровым изображениям.

К аналоговым изображениям относятся те, которые несут информацию непрерывного характера. Это изображения на обычных рентгенограммах, сцинтиграммах, термограммах.

К цифровым изображениям относятся те, которые получаются с помощью компьютера. Они имеют ячеистую структуру (матрицу), представленную в памяти электронно-вычислительной машины (ЭВМ). Цифровыми изображениями являются образы, получаемые при КТ, дигитальных способах рентгенографии, рентгеноскопии и ангиографии, МРТ, ЭВМ-сцинтиграфии с компьютерной обработкой информации, дигитальной термографии, ультразвуковом сканировании. Таким образом, цифровые изображения, в отличие от аналоговых, обладают свойством дискретности. Поскольку в основе цифровых изображений лежит компьютерная технология, они становятся доступными для обработки на ЭВМ.

Аналоговые изображения могут быть преобразованы в цифровые, и наоборот, цифровые — в аналоговые. Для этих целей применяют специальные устройства: аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи.

Цифровое изображение формируется на растровом дисплее аналогично тому, как это происходит в телевизионных приемниках, то есть путем сканирования электронным лучом по строкам 30 раз в 1 с. Так создается режим восприятия изображения в реальном времени. Для создания цифрового изображения применяется специальный дисплейный процессор, который через систему связи (интерфейс) подключен к основной ЭВМ.

Память дисплейного процессора организована в виде матрицы, каждому из элементов которой соответствует свой определенный участок экрана дисплея. Подобная элементарная единица цифрового изображения, которой соответствует адресуемый участок памяти, получила название «пиксел». Таким образом, вся площадь растрового экрана дисплея представляет собой матрицу — совокупность пикселов. В лучевой диагностике экранная площадь дисплея может формироваться в виде матриц 32×32 , 64×64 , 256×256 , 512×512 , 1024×1024 пиксела. Чем на большее число пикселов разбивается экранная площадь дисплея, тем выше разрешающая способность системы отображения.

Каждый пиксел изображения формируется в памяти дисплейного процессора различным числом битов (единиц информации) — от 2 до 16. Чем большим числом битов информации представлен каждый пиксел изображения, тем богаче изображение по зрительским свойствам и тем больше информации об исследуемом объекте оно содержит. Так, 16-битный пиксел, чаще всего используемый в ультразвуковой диагностике, содержит 2^6 , то есть 64 оттенка серого цвета (от черного до белого).

В радионуклидной диагностике используется преимущественно 8-битный пиксел (байтная система формирования пиксела), в нем 2^8 , то есть 256 вариантов оценок-уровней серой шкалы. Нетрудно подсчитать, что матричное изображение 64×64 пиксела в радионуклидной диагностике требует 4069 байт памяти, а изображение 128×128 пикселов — 16 384 байт.

Более совершенные системы радионуклидной диагностики имеют изображение 256×256 и даже 512×512 пикселов. Для формирования таких образов нужно при 8-битном пикселе соответственно около 64 и 256 килобайт памяти компьютера. Увеличение объема адресуемой памяти неизбежно приводит к снижению скорости обмена информацией, что сопровождается увеличением времени, необходимого для построения каждого кадра изображения. В связи с этим мелкие растры (256×256 и 512×512) применяют преимущественно для получения статических изображений с высоким пространственным разрешением, то есть в диагностике очаговых изменений в органах, тогда как крупные растры (64×64 и 128×128) применяют главным образом для динамических исследований.

В КТ используют 2-байтные пикселы (16-битные). При размере матрицы 512×512 на получение одной компьютерной томограммы затрачивается около 412 килобайт памяти компьютера. Приблизительно такой же объем памяти необходим для получения одной МР-томограммы.

В дигитальных способах рентгеноскопии и рентгенографии применяется дисплей с очень мелкой матрицей (1024×1024). Такое изображение практически неотлично от обычного полутонного аналогового. Однако для получения этого

дигитального рентгеновского изображения нужно более 1 мегабайта компьютерной памяти. Еще больший объем памяти (более 2 мегабайт) необходим для построения одного кадра в *дигитальной субтракционной ангиографии* — компьютеризированном контрастном рентгенологическом исследовании сосудов.

Для цветных дисплеев, наиболее широко применяемых в радионуклидной диагностике и термографии, требуется в 3 раза большая память компьютера, чем для черно-белых, по числу основных цветов — красный, зеленый, синий. Понятно, что для реализации такой задачи нужны мощные компьютеры с хорошо организованным программным обеспечением. Все медицинские изображения в лучевой диагностике могут существовать в двух вариантах: в виде твердых копий — рентгенограмм, отпечатков на бумаге, фотобумаге, на магнитных носителях — лентах, дисках; в нефиксированном виде — на экране дисплея или рентгенодиагностического аппарата.

Существенным преимуществом цифровых изображений является возможность их компьютерной обработки. Первый, предварительный этап компьютерной обработки изображений осуществляется во время сбора информации, то есть в момент получения самого изображения. С этой целью выполняется коррекция изображения, «выправляющая» технические дефекты детекторов излучения, например неоднородность в чувствительности по полю сцинтилляционного датчика гамма-камеры. На этом же этапе осуществляется коррекция физиологических факторов, ухудшающих изображение. Например, при радионуклидном исследовании почек исключают влияние радиоактивности, имеющейся в кровеносных сосудах и окружающих мягких тканях, при исследовании печени необходимо учесть и исключить динамическую нерезкость органа, вызванную его смещениями при дыхании.

Следующий этап компьютерной обработки изображений — аналитический. Его проводят во время анализа изображений. Так, с целью улучшения изображения можно провести сглаживание, то есть выравнивание неоднородностей, контрастирование органов путем отсечки мешающего восприятию фона, дополнительное раскрашивание отдельных участков изображения.

Для того чтобы улучшить выявление патологических очагов в органе, создают *исчисленные кривые*, то есть линии, соединяющие точки изображения с одинаковым накоплением радиоактивного вещества или имеющие одинаковую оптическую плотность, а также строят *профилограммы*, показывающие распределение радиоактивного вещества в органе вдоль произвольно выбранной линии. С этой же целью получают псевдообъемное, или аксонометрическое, изображение органов. Естественно, что все эти преобразования изображений выполняют с помощью компьютера.

Своеобразной формой обработки изображений является алгебра кадров: сложение или вычитание нескольких изображений с помощью компьютера. Таким путем, например, осуществляют визуализацию паращитовидных желез, вычитая из одного изображения, полученного с помощью радионуклида таллия-199 (^{199}Tl , Таллия хлорид $^{199}\text{Tl}^{\clubsuit}$), другое, полученное с помощью радионуклида технеция-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$).

Аналогичным приемом пользуются для повышения контрастности и «привязки» к анатомическим ориентирам изображения опухолей. В этих случаях

складывают два изображения: одно из них отражает накопление туморотропного вещества в опухоли, другое — форму и структуру исследуемого органа. Итоговая суммарная картина дает хорошее представление о расположении опухоли в органе.

С помощью компьютера можно обрабатывать кривые, полученные при анализе медицинских изображений. Можно, например, сгладить эти кривые, то есть сделать их более наглядными. Специальные программы компьютерной обработки позволяют произвести математическое моделирование изучаемых функций, что помогает выявить патологические изменения и определить их выраженность.

Выделение зон интереса (участков рентгенологического, радионуклидного, ультразвукового изображения) — один из главных этапов обработки изображений на ЭВМ. Зоной интереса может быть весь орган или его часть. На одном изображении может быть несколько зон интереса, например участок исследуемого органа, окружающих тканей, магистральных сосудов.

Форму, размеры и число зон интереса выбирает врач в зависимости от вида исследования и конкретных задач диагностики. Делает он это с помощью курсора на экране дисплея либо автоматически, по специальной программе обработки изображений. Выбранную зону интереса можно изучать отдельно или во взаимосвязи с другими участками. В заданной зоне можно с помощью ЭВМ проследить во времени прохождение рентгеноконтрастного вещества или радионуклида. В результате такого анализа получают кривые, называемые *гистограммами*. Они отражают функцию органа в целом либо отдельных его участков.

Интересным и перспективным направлением использования компьютера является автоматизированное разделение медицинских изображений на норму и патологию. Особенно эффективна такая обработка при массовых обследованиях, например при флюорографии. В перспективе с помощью компьютеров появится возможность автоматизированной оценки патологических изменений.

Одним из важнейших направлений в визуализации органов является получение функциональных изображений. Можно выделить три типа функциональных изображений: характеризующие двигательную активность органа (сократительную, эвакуаторную и др.) — 1-й тип изображения, характеризующие экскреторную функцию органа — 2-й тип, отражающие метаболическую активность в органе — 3-й тип.

Получить функциональные изображения 1-го типа, то есть исследовать двигательную активность органов, можно на экране рентгенодиагностического аппарата или дисплее аппарата для ультразвуковой диагностики. Для регистрации функциональных изображений 1-го типа производят запись последовательностей кадров на электронные носители. Серию функциональных изображений можно записывать и хранить также на жестком диске компьютера.

Для исследования эвакуаторной функции органов в них предварительно вводят специальные вещества — рентгеноконтрастные при рентгенологическом методе исследования или радиофармацевтические препараты (РФП) — при радионуклидном. Наблюдая с помощью аппаратов для лучевой диагностики за опорожнением органа от введенного вещества, судят о его (органа) эвакуаторной функции. Применение для этих целей компьютерной технологии позволяет оценить эвакуаторную функцию органа в точных количественных показателях.

Функциональные изображения 2-го типа относятся к изучению экскреторной функции органов. С этой целью применяют вещества, избирательно и быстро выделяющиеся из крови исследуемыми органами. Таким путем изучают, например, выделительную функцию почек или печени.

Функциональные изображения 3-го типа — метаболические. Их используют преимущественно в радионуклидной диагностике. С этой целью в организм вводят РФП, включающийся в обмен веществ в исследуемом органе.

1.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛУЧЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В лечебных учреждениях проведение лучевых исследований организуется в специализированных кабинетах, которые объединены в отделы (центры) и отделения лучевой диагностики. Как правило, в состав таких отделений (центров) входят:

- рентгенодиагностические отделения (кабинеты);
- отделения (кабинеты) рентгеновской компьютерной томографии;
- отделения (кабинеты) магнитно-резонансной томографии;
- отделения (кабинеты) ультразвуковой диагностики;
- отделения (лаборатории, кабинеты) радионуклидных исследований [ОФЭКТ, позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), радиоиммунных исследований];
- группа радиационного контроля.

В состав рентгенодиагностических отделений могут входить кабинеты различного назначения (рентгенодиагностические кабинеты общего профиля, флюорографические, маммографические, рентгеностоматологические, ангиографические и т.п.), в зависимости от специализации лечебного учреждения. В некоторых лечебных учреждениях в состав рентгеновских центров входят кабинеты рентгенохирургических методов диагностики и лечения (интервенционной радиологии).

В соответствии с номенклатурой врачебных специальностей к лучевой диагностике относятся четыре из них:

- **рентгенология** — объединяет врачей-рентгенологов, имеющих первичную специализацию и сертификат по специальности «рентгенология» и работающих в сферах рентгенодиагностики, рентгеновской КТ и МРТ;
- **радиология** — объединяет врачей-радиологов, имеющих первичную специализацию и сертификат по специальности «радиология», работающих в сфере радионуклидной диагностики и лучевой терапии;
- **ультразвуковая диагностика** — объединяет врачей, имеющих первичную специализацию и сертификат по специальности «ультразвуковая диагностика» и работающих в сфере ультразвуковой диагностики;
- **рентгеноэндоваскулярные диагностика и лечение** — объединяет врачей, имеющих первичную специализацию и сертификат по специальности «рентгеноэндоваскулярные диагностика и лечение» и работающих в сфере внутрисосудистых интервенционных лечебных и диагностических вмешательств под рентгеновским контролем.

На все виды лучевых исследований пациента направляет лечащий врач с учетом возможностей каждого метода в конкретной клинической ситуации, показаний и противопоказаний к его применению. Конкретный объем лучевого исследования (выбор методики, использование контрастных препаратов, выбор радиофармацевтического препарата и т.д.) определяет врач лучевой диагностики, поскольку за качество и информативность проведенного исследования отвечает именно он.

При назначении лучевого исследования пациенту лечащий врач в истории болезни или амбулаторной карте четко формулирует предварительный клинический диагноз, указывает результаты предшествующих исследований (лабораторных и инструментальных), цель исследования и область тела, подлежащую исследованию. Показания к лучевому исследованию определяются в тесном взаимодействии с лучевым диагностом, особенно при необходимости выполнения сложных, высокотехнологичных процедур.

Работа по планированию и выполнению лучевых исследований состоит из нескольких этапов:

- прием и изучение медицинских документов, направления на исследование;
- выбор оптимальной методики и объема исследования;
- подготовка пациента к проведению исследования;
- подготовка аппаратуры и расходных материалов;
- непосредственное выполнение диагностической процедуры;
- оформление протокола лучевого исследования и заключения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы лучевой диагностики и назовите их отличительные критерии.
2. Что является предметом и объектом лучевой диагностики как науки?
3. Назовите основные виды ионизирующего излучения и их характеристики.
4. Перечислите основные виды неионизирующего излучения и их характеристики.
5. Каковы основные принципы лучевой диагностики?
6. Какие врачебные специальности относятся к лучевой диагностике?

ОСНОВЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

Уже более 100 лет известны «лучи особого рода», занимающие большую часть спектра электромагнитных волн. 8 ноября 1895 г. профессор физики Вюрцбургского университета Вильгельм Конрад Рентгэн (рис. 2.1) обратил внимание на удивительное явление. Изучая в своей лаборатории работу электровакуумной (катодной) трубки, он заметил, что при подаче тока высокого напряжения на ее электроды находящийся рядом платино-синеродистый барий стал испускать зеленоватое свечение. Такое свечение люминесцирующих веществ под воздействием катодных лучей, исходящих из электровакуумной трубки, было к тому времени уже известно. Однако на столе Рентгена трубка во время опыта была плотно завернута в черную бумагу, и, хотя платино-синеродистый барий находился на значительном расстоянии от трубки, его свечение возобновлялось при каждой подаче электрического тока.

Рентген пришел к выводу, что в трубке возникают какие-то неизвестные науке лучи, способные проникать через твердые тела и распространяться в воздухе на расстояния, измеряемые метрами. Первой рентгенограммой в истории человечества было изображение кисти жены Рентгена (рис. 2.2).

Первое предварительное сообщение Рентгена «О новом виде лучей» было опубликовано в январе 1896 г. В трех последующих публичных докладах в 1896–1897 гг. он сформулировал все выявленные им свойства неизвестных лучей и указал на технику их появления.

В первые дни после опубликования открытия Рентгена его материалы были переведены на многие иностранные языки, в том числе и на русский. В Петербургском университете и Военно-медицинской академии уже в январе 1896 г. с помощью X-лучей были выполнены снимки конечностей человека,



Рис. 2.1. Вильгельм Конрад Рентген (1845–1923)



Рис. 2.2. Рентгенограмма кисти Берты — жены В.К. Рентгена

а позже и других органов. Вскоре изобретатель радио А.С. Попов изготовил первый отечественный рентгеновский аппарат, который функционировал в Кронштадтском госпитале.

Рентген первым среди физиков в 1901 г. за свое открытие был удостоен Нобелевской премии, которая была ему вручена в 1909 г. Решением I Международного съезда по рентгенологии в 1906 г. X-лучи названы *рентгеновскими*.

В течение нескольких лет во многих странах появились специалисты, посвятившие себя рентгенологии. В больницах устраивались рентгеновские отделения и кабинеты, в крупных городах возникли научные общества рентгенологов, на медицинских факультетах университетов были организованы соответствующие кафедры.

Рентгеновские лучи являются одним из видов электромагнитных волн, которые в общеволновом спектре занимают место между ультрафиолетовыми лучами и γ -лучами. Они отличаются от радиоволн, инфракрасного излучения, видимого света и ультрафиолетового излучения меньшей длиной волны (рис. 2.3).

Скорость распространения рентгеновских лучей равна скорости света — 300 000 км/с.

В настоящее время известны следующие *свойства рентгеновских лучей*.

Рентгеновские лучи обладают **проникающей способностью**. Рентген сообщал, что способность лучей к проникновению через различные среды обратно пропорциональна удельному весу этих сред. Вследствие малой длины волны рентгеновские лучи могут проникать сквозь объекты, непроницаемые для видимого света.

Рентгеновские лучи способны **поглощаться и рассеиваться**. При поглощении часть рентгеновских лучей с наибольшей длиной волны исчезает, полностью передавая свою энергию веществу. При рассеивании часть лучей отклоняется от первоначального направления. Рассеянное рентгеновское излучение не несет полезной информации. Часть лучей полностью проходит через объект

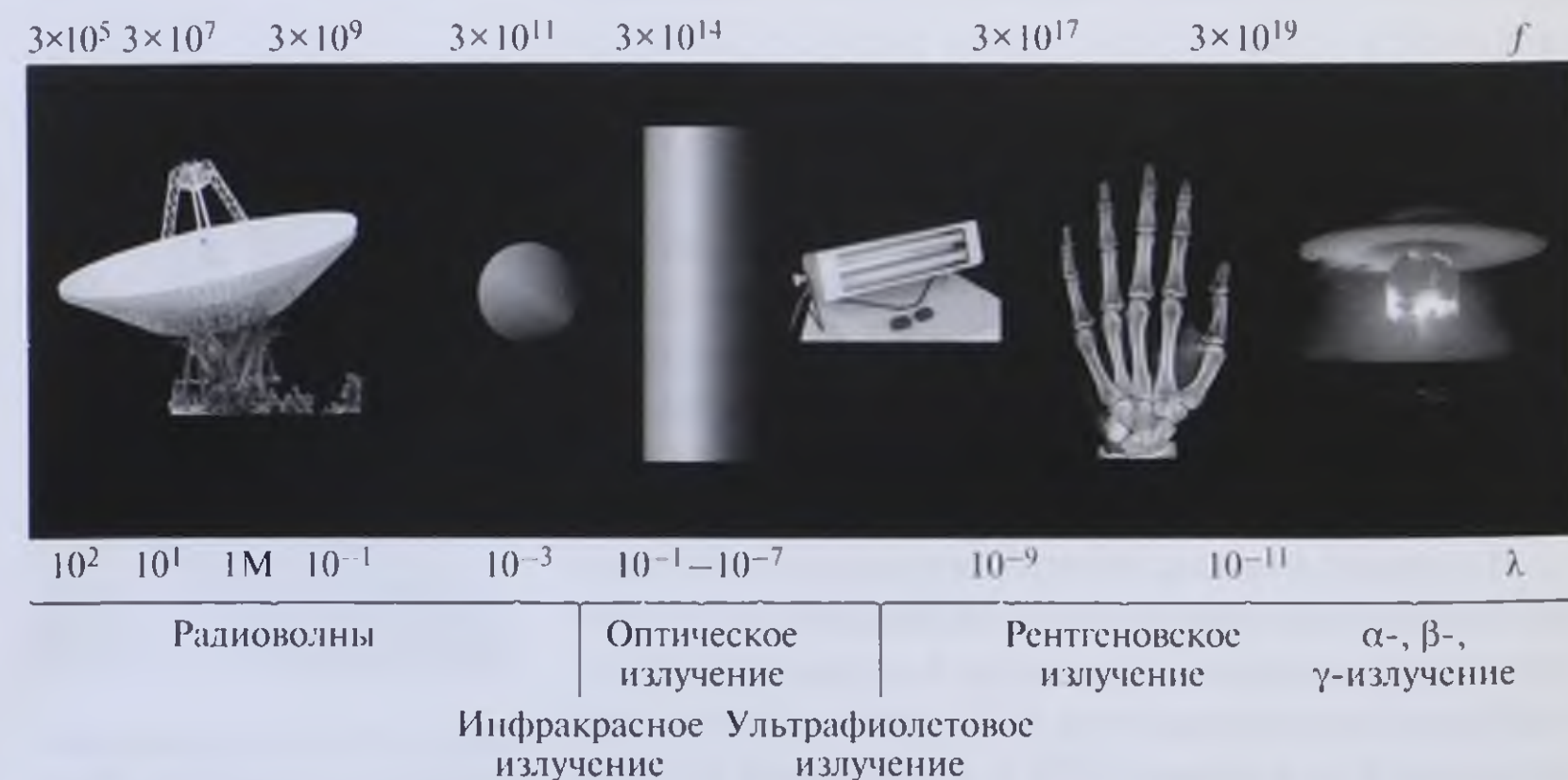


Рис. 2.3. Спектр электромагнитных излучений

с изменением своих характеристик. Таким образом формируется невидимое изображение.

Рентгеновские лучи, проходя через некоторые вещества, вызывают их **флюоресценцию (свечение)**. Вещества, обладающие этим свойством, называются *люминофорами* и широко применяются в рентгенологии (рентгеноскопия, флюорография).

Рентгеновские лучи оказывают **фотохимическое действие**. Как и видимый свет, попадая на фотографическую эмульсию, они воздействуют на галогениды серебра, вызывая химическую реакцию восстановления серебра. На этом основана регистрация изображения на фоточувствительных материалах.

Рентгеновские лучи вызывают **ионизацию вещества**.

Рентгеновские лучи оказывают **биологическое действие**, связанное с их ионизирующей способностью.

Рентгеновские лучи распространяются **прямолинейно**, поэтому рентгеновское изображение всегда повторяет форму исследуемого объекта.

Рентгеновским лучам свойственна **поляризация** — распространение в определенной плоскости.

Дифракция и интерференция присущи рентгеновским лучам, как и остальным электромагнитным волнам. На этих свойствах основаны рентгеноспектроскопия и рентгеновский структурный анализ.

Рентгеновские лучи **невидимы**.

В состав любой рентгенодиагностической системы входят три основных компонента: рентгеновская трубка, объект исследования (пациент) и приемник рентгеновского изображения.

Рентгеновская трубка состоит из двух электродов (анода и катода) и стеклянной колбы (рис. 2.4).

При подаче тока накала на катод его спиральная нить сильно разогревается (накаляется). Вокруг нее возникает облачко свободных электронов

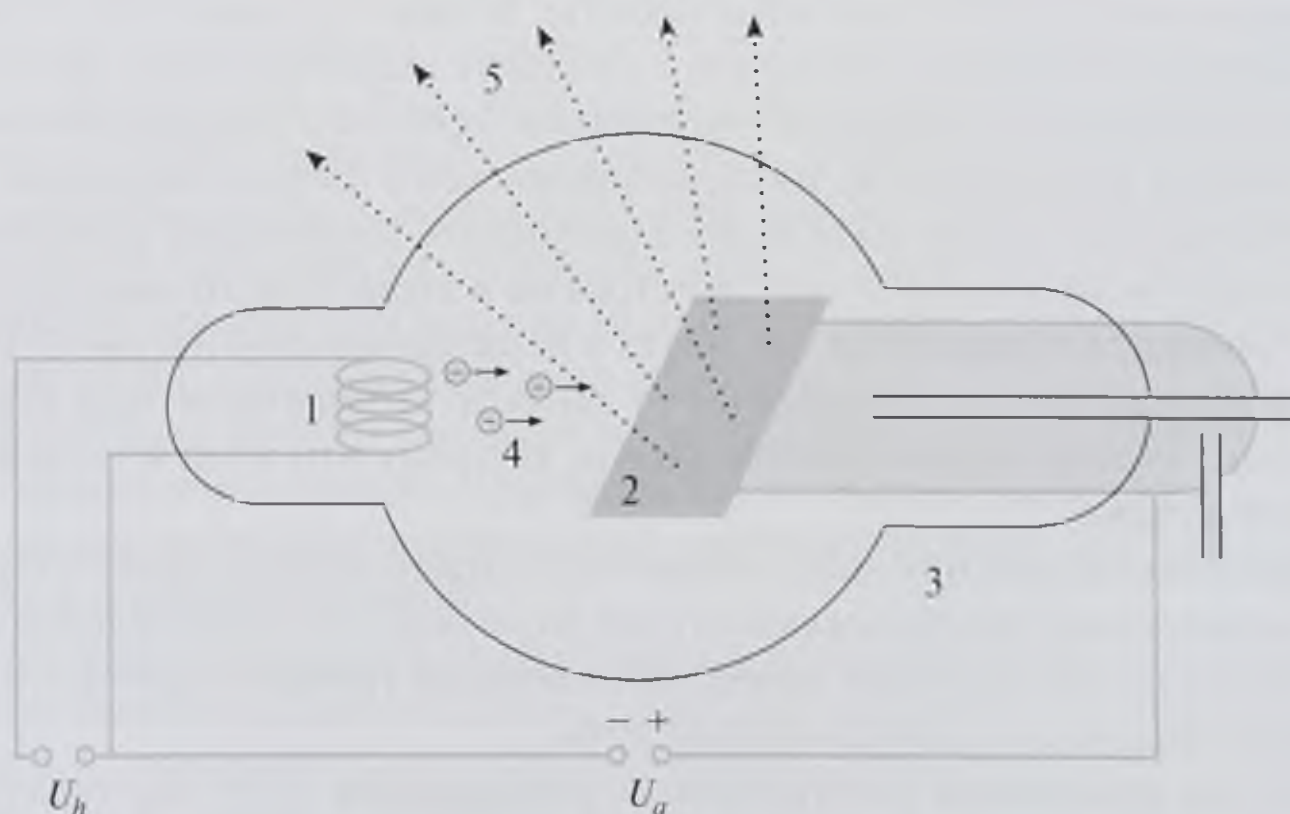


Рис. 2.4. Принципиальная схема рентгеновской трубки: 1 — катод; 2 — анод; 3 — стеклянная колба; 4 — поток электронов; 5 — пучок рентгеновских лучей

(явление термоэлектронной эмиссии). Как только между катодом и анодом возникает разность потенциалов, свободные электроны устремляются к аноду. Скорость движения электронов прямо пропорциональна величине напряжения. При торможении электронов в веществе анода часть их кинетической энергии идет на образование рентгеновских лучей. Эти лучи свободно выходят за пределы рентгеновской трубки и распространяются в разных направлениях.

Рентгеновские лучи в зависимости от способа возникновения делятся на первичные (лучи торможения) и вторичные (характеристические).

Первичные лучи. Электроны в зависимости от напряжения на главном трансформаторе могут перемещаться в рентгеновских трубках с различной скоростью, приближающейся при наибольшем напряжении к скорости света. При ударе об анод, или, как говорят, при торможении, кинетическая энергия электронов преобразуется большей частью в тепловую энергию, которая нагревает анод. Меньшая часть кинетической энергии преобразуется в рентгеновские лучи торможения. Длина волны лучей торможения зависит от скорости полета электронов: чем она больше, тем длина волны меньше. Проникающая способность лучей зависит от длины волны (чем волна короче, тем больше проникающая способность).

Меняя напряжение трансформатора, можно регулировать скорость электронов и получать либо сильно проникающие (так называемые жесткие), либо слабо проникающие (так называемые мягкие) рентгеновские лучи.

Вторичные (характеристические) лучи. Они возникают в процессе торможения электронов, но длина их волн зависит исключительно от структуры атомов вещества анода.

Дело в том, что энергия полета электронов в трубке может достигнуть таких величин, что при ударах электронов об анод будет выделяться энергия, достаточная, чтобы заставить электроны внутренних орбит атомов вещества анода «перескакивать» на внешние орбиты. В таких случаях атом возвращается к своему состоянию, потому что с внешних его орбит будет происходить переход электронов на свободные внутренние орбиты с выделением энергии. Возбужденный атом вещества анода возвращается к состоянию покоя. Характеристическое излучение возникает в результате изменений во внутренних электронных слоях атомов. Слои электронов в атоме строго определены для каждого элемента и зависят от его места в периодической системе Д.И. Менделеева. Следовательно, получаемые от данного атома вторичные лучи будут иметь волны строго определенной длины, поэтому эти лучи и называют **характеристическими**.

Формирование электронного облака на спирали катода, полет электронов к аноду и получение рентгеновских лучей возможны только в условиях вакуума. Для его создания и служит **колба рентгеновской трубки** из прочного стекла, способного пропускать рентгеновские лучи.

В качестве **приемников рентгеновского изображения** могут выступать: рентгенографическая пленка, селеновая пластина, флюоресцентный экран, а также специальные детекторы (при цифровых способах получения изображения).

2.1. МЕТОДИКИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Многочисленные методики рентгенологического исследования разделяют на общие и специальные.

К **общим** относятся методики, предназначенные для изучения любых анатомических областей и выполняемые на рентгеновских аппаратах общего назначения (рентгеноскопия и рентгенография).

К общим следует отнести и ряд методик, при которых также возможно изучение любых анатомических областей, но требуется либо особая аппаратура (флюорография, рентгенография с прямым увеличением изображения), либо дополнительные приспособления к обычным рентгеновским аппаратам (томография, электрорентгенография). Иногда эти методики называют также *частными*.

К **специальным** методикам относятся те, которые позволяют получить изображение на специальных установках, предназначенных для исследования определенных органов и областей (маммография, ортопантомография). К специальным методикам относится также большая группа рентгеноконтрастных исследований, при которых изображения получаются с применением искусственного контрастирования (бронхография, ангиография, экскреторная урография и др.).

2.1.1. Общие методики рентгенологического исследования

Рентгеноскопия — методика исследования, при которой изображение объекта получают на светящемся (флюоресцентном) экране в реальном масштабе времени. Некоторые вещества интенсивно флюоресцируют под влиянием рентгеновских лучей. Эту способность веществ используют в рентгенодиагностике, применяя картонные экраны, покрытые флюоресцирующим веществом.

Пациента устанавливают (укладывают) на специальном штативе. Рентгеновские лучи, пройдя сквозь тело пациента (интересующую исследователя область), попадают на экран и вызывают его свечение — флюоресценцию. Яркость свечения тех или иных участков экрана напрямую зависит от количества попадающих на эти участки рентгеновских лучей. На экран попадает тем меньше лучей, чем более плотные препятствия будут на их пути (например, костная ткань), а также чем толще ткани, через которые лучи проходят.

Свечение флюоресцентного экрана очень слабое, поэтому раньше рентгеноскопию проводили в темноте. Изображение на экране было плохо различимо, мелкие детали не дифференцировались, а лучевая нагрузка при таком исследовании была довольно высокой.

В качестве усовершенствованного метода рентгеноскопии применяют рентгенотелевизионное просвечивание с помощью усилителя рентгеновского изображения — электронно-оптического преобразователя (ЭОП) и замкнутой телевизионной системы. В ЭОП видимое изображение на флюоресцирующем экране усиливается, преобразуется в электрический сигнал и отображается на экране дисплея.



Рис. 2.5. Обзорная рентгенограмма поясничного отдела позвоночника в боковой проекции. Компрессионно-оскольчатый перелом тела первого поясничного позвонка



Рис. 2.6. Прицельная рентгенограмма первого поясничного позвонка в боковой проекции

Рентгеновское изображение на дисплее, как и обычное телевизионное изображение, можно изучать в освещенном помещении. Лучевая нагрузка на пациента и персонал при использовании ЭОП значительно меньше. Телесистема позволяет записать все этапы исследования, в том числе движение органов. Кроме того, по телеканалу изображение можно передать на мониторы, находящиеся в других помещениях.

При рентгеноскопическом исследовании формируется позитивное плоскостное черно-белое суммационное изображение в реальном масштабе времени. При перемещении пациента относительно рентгеновского излучателя говорят о *полипозиционном*, а при перемещении рентгеновского излучателя относительно пациента — о *полипроекционном исследовании*; и то и другое позволяет получить более полную информацию о патологическом процессе.

Однако рентгеноскопии, как с ЭОП, так и без него, свойствен ряд недостатков, сужающих сферу применения метода. Во-первых, лучевая нагрузка при рентгеноскопии остается относительно высокой (намного выше, чем при рентгенографии). Во-вторых, у методики низкое пространственное разрешение (возможность рассмотреть и оценить мелкие детали ниже, чем при рентгенографии). В связи с этим рентгеноскопию целесообразно дополнять производством снимков. Это необходимо также для объективизации результатов исследования и возможности их сравнения при динамическом наблюдении за больным.

Рентгенография — это методика рентгенологического исследования, при которой получается статическое изображение объекта, зафиксированное на каком-либо носителе информации. Такими носителями могут быть рентгеновская пленка, фотопленка, цифровой детектор и др. На рентгенограммах можно получить изображение любой анатомической области. Снимки всей анатомической области (голова, грудь, живот) называют *обзорными* (рис. 2.5). Снимки с изображением небольшой части анатомической области, той, которая

наиболее интересует врача, называют *прицельными* (рис. 2.6).

Некоторые органы хорошо различимы на снимках благодаря естественной контрастности (легкие, кости) (рис. 2.7); другие (желудок, кишечник) отчетливо отображаются на рентгенограммах только после искусственного контрастирования (рис. 2.8).

Проходя через объект исследования, рентгеновское излучение в большей или меньшей степени задерживается. Там, где излучение задерживается больше, формируются участки *затенения*; где меньше — *просветления*.

Рентгеновское изображение бывает черно-белое, плоскостное и суммационное.

Рентгеновское изображение может быть **негативным** или **позитивным**. Так, например, в негативном изображении кости выглядят светлыми, воздух — темным, а в позитивном изображении — наоборот.

Преимущества рентгенографии перед рентгеноскопией:

- большая разрешающая способность;
- возможность оценки многими исследователями и ретроспективного изучения изображения;
- возможность длительного хранения и сравнения изображения с повторными снимками в процессе динамического наблюдения за больным;
- уменьшение лучевой нагрузки на пациента.

К недостаткам рентгенографии следует отнести увеличение материальных затрат при ее применении (рентгенографическая пленка, фотореактивы и др.) и получение желаемого изображения не сразу, а через определенное время.

Методика рентгенографии доступна для всех лечебных учреждений и применяется повсеместно. Рентгеновские аппараты различных типов позволяют выполнять рентгенографию не только в условиях рентгеновского кабинета, но и за его пределами (в палате, в операционной и т.д.), а также в нестационарных условиях.

Развитие компьютерной техники позволило разработать цифровой способ получения рентгеновского изображения (или дигитальный, от англ. digit — цифра).



Рис. 2.7. Рентгенограмма кисти в прямой проекции. Кости скелета хорошо различимы на фоне мягких тканей благодаря высокой естественной контрастности

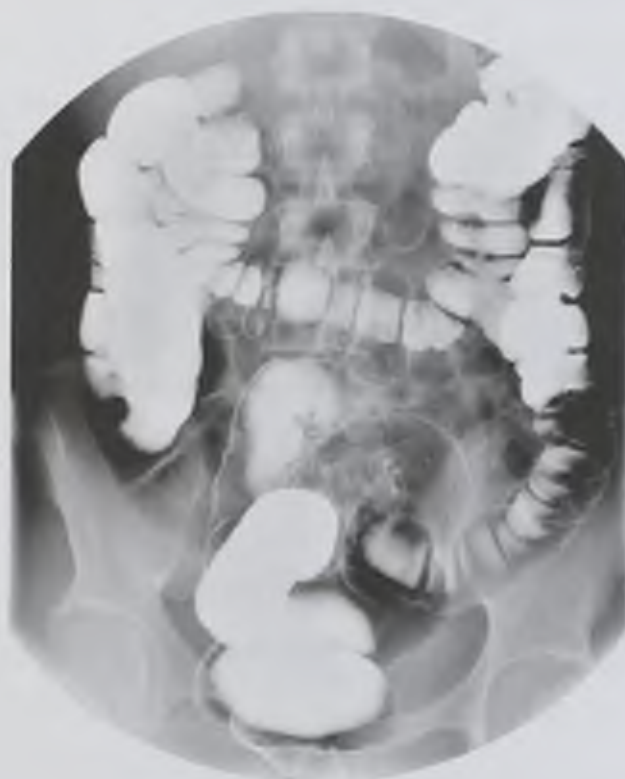


Рис. 2.8. Рентгенограмма толстой кишки. Толстая кишка становится доступной для визуализации лишь после контрастирования ее взвесью бария сульфата

В цифровых аппаратах рентгеновское изображение с ЭОП поступает в специальное устройство — аналого-цифровой преобразователь (АЦП), в котором электрический сигнал, несущий информацию о рентгеновском изображении, кодируется в цифровую форму. Поступая затем в компьютер, цифровая информация обрабатывается в нем по заранее составленным программам, выбор которых зависит от задач исследования. Превращение цифрового образа в аналоговый, видимый, происходит в цифроаналоговом преобразователе (ЦАП), функция которого противоположна АЦП.

Основные преимущества цифровой рентгенографии перед традиционной: быстрота получения изображения, широкие возможности его постпроцессорной обработки (коррекция яркости и контрастности, подавление шума, электронное увеличение изображения зоны интереса, преимущественное выделение костных либо мягкотканых структур и т.д.), отсутствие фотолабораторного процесса и электронное архивирование изображений.

Кроме того, компьютеризация рентгеновского оборудования позволяет быстро передавать изображения на значительные расстояния без потери качества, в том числе в другие лечебные учреждения.

Флюорография — фотографирование рентгеновского изображения с флюоресцентного экрана на фотографическую пленку различного формата. Такое изображение всегда уменьшено в размерах.

По информативности флюорография уступает рентгенографии, но при использовании крупнокадровых флюорограмм различие между этими методиками становится менее существенным. В связи с этим в лечебных учреждениях у ряда пациентов с заболеваниями органов дыхания флюорография может заменять рентгенографию, особенно при повторных исследованиях. Такую флюорографию называют *диагностической*.

Основным назначением флюорографии, связанным с быстротой ее выполнения (на выполнение флюорограммы тратится примерно в 3 раза меньше времени, чем на выполнение рентгенограммы), являются массовые обследования для выявления скрыто протекающих заболеваний легких (*профилактическая, или проверочная, флюорография*).

Флюорографические аппараты компактны, их можно монтировать в кузове автомобиля. Это делает возможным проведение массовых обследований в тех местностях, где рентгенодиагностическая аппаратура отсутствует.

В настоящее время пленочная флюорография все больше вытесняется цифровой. Термин «цифровые флюорографы» является в известной мере условным, поскольку в этих аппаратах не происходит фотографирования рентгеновского изображения на фотопленку, то есть не выполняются флюорограммы в привычном смысле этого слова. По сути дела эти флюорографы представляют собой цифровые рентгенографические аппараты, предназначенные преимущественно (но не исключительно) для исследования органов грудной полости. Цифровая флюорография обладает всеми достоинствами, присущими цифровой рентгенографии в целом.

Рентгенография с прямым увеличением изображения может использоваться только при наличии специальных рентгеновских трубок, в которых фокусное пятно (площадь, с которой рентгеновские лучи исходят от излучателя) имеет

очень малые размеры (0,1–0,3 мм²). Увеличенное изображение получают, приближая исследуемый объект к рентгеновской трубке без изменения фокусного расстояния. В результате на рентгенограммах видны более мелкие детали, неразличимые на обычных снимках. Методика находит применение при исследовании периферических костных структур (кисти, стопы и др.).

Электрорентгенография — методика, при которой диагностическое изображение получают не на рентгеновской пленке, а на поверхности селеновой пластины с переносом на бумагу. Равномерно заряженная статическим электричеством пластина используется вместо кассеты с пленкой и в зависимости от разного количества ионизирующего излучения, попавшего в различные точки ее поверхности, по-разному разряжается. На поверхность пластины распыляют тонкодисперсный угольный порошок, который по законам электростатического притяжения распределяется по поверхности пластины неравномерно. На пластину накладывают лист писчей бумаги, и изображение переводится на бумагу в результате прилипания угольного порошка. Селеновую пластину, в отличие от пленки, можно использовать неоднократно. Методика отличается быстротой, экономичностью, для нее не требуется затемненного помещения. Кроме того, селеновые пластины в незаряженном состоянии индифферентны к воздействию ионизирующих излучений и могут быть использованы при работе в условиях повышенного радиационного фона (рентгеновская пленка в этих условиях придет в негодность).

В целом электрорентгенография по своей информативности лишь ненамного уступает пленочной рентгенографии, превосходя ее при исследовании костей (рис. 2.9).

Линейная томография — методика послойного рентгенологического исследования.

Как уже упоминалось, на рентгенограмме видно суммационное изображение всей толщи исследуемой части тела. Томография служит для получения изолированного изображения структур, расположенных в одной плоскости, как бы расчлняя суммационное изображение на отдельные слои.

Эффект томографии достигается благодаря непрерывному движению во время съемки двух или трех компонентов рентгеновской системы: рентгеновская трубка (излучатель) — пациент — приемник изображения. Чаще всего перемещаются излучатель и приемник изображения, а пациент неподвижен. Излучатель и приемник изображения движутся по дуге, прямой линии или более сложной траектории, но обязательно в противоположных направлениях. При таком перемещении изображение большинства деталей на томограмме оказывается



Рис. 2.9. Электрорентгенограмма голеностопного сустава в прямой проекции. Перелом малоберцовой кости

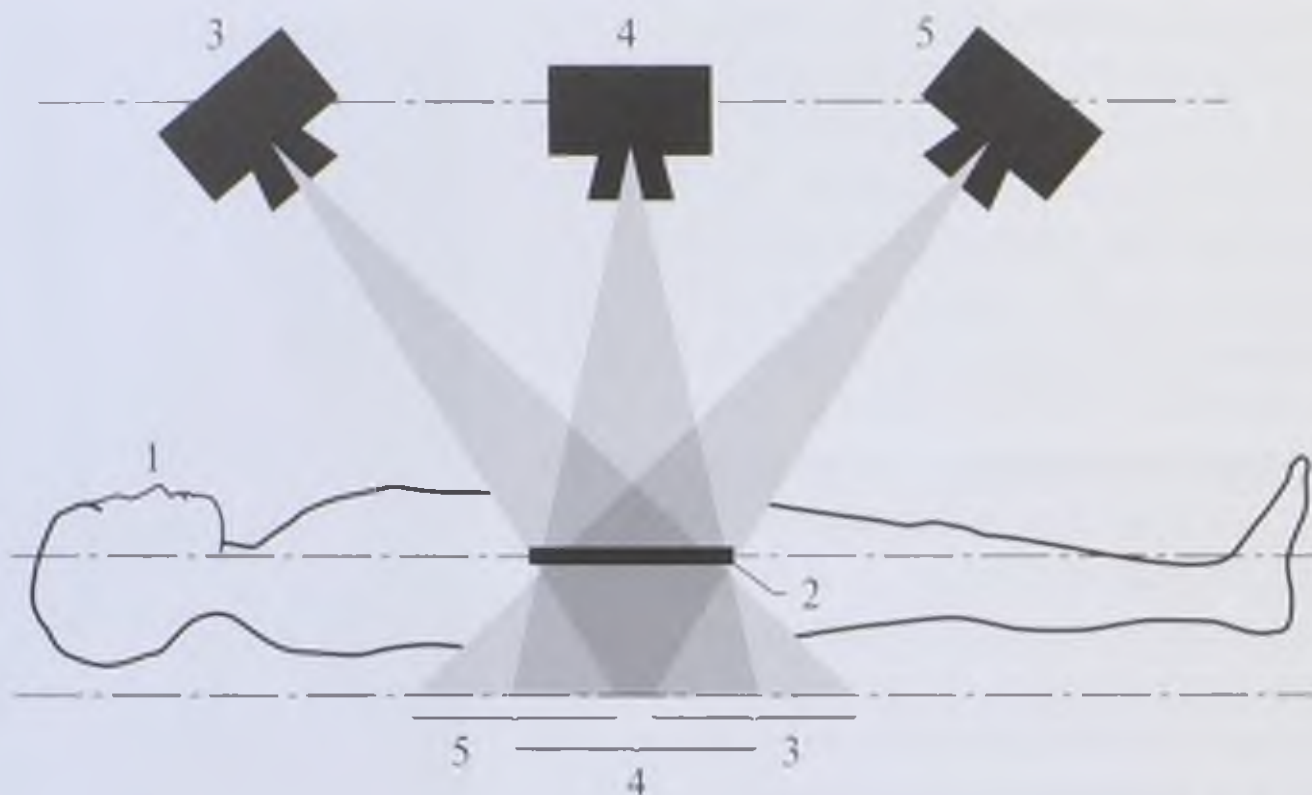


Рис. 2.10. Схема получения томографического изображения: 1 — исследуемый объект; 2 — томографический слой; 3–5 — последовательные положения рентгеновской трубки и приемника излучения в процессе исследования

размазанным, расплывчатым, нечетким, а образования, находящиеся на уровне центра вращения системы излучатель–приемник, отображаются наиболее четко (рис. 2.10).

Особое преимущество по сравнению с рентгенографией линейная томография приобретает тогда, когда исследуются органы со сформированными в них плотными патологическими зонами, полностью затеняющими те или иные участки изображения. В ряде случаев она помогает определить характер патологического

процесса, уточнить его локализацию и распространенность, выявить мелкие патологические очаги и полости (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Линейная томограмма правого легкого. В верхушке легкого определяется крупная воздушная полость с толстыми стенками

Конструктивно томографы выполняют в виде дополнительного штатива, который может автоматически передвигать рентгеновскую трубку по дуге. При изменении уровня центра вращения системы излучатель–приемник изменится глубина получаемого среза. Толщина изучаемого слоя тем меньше, чем больше амплитуда движения упомянутой выше системы. Если же выбирают очень малый угол перемещения (3–5°), то получают изображение толстого слоя. Эта разновидность линейной томографии — **зонография**.

Линейная томография применяется достаточно широко, особенно в лечебных учреждениях, не имеющих компьютерных томографов. Наиболее часто показанием к выполнению томографии служат заболевания легких и средостения.

2.1.2. Специальные методики рентгенологического исследования

Ортопантомография — это вариант зонографии, позволяющий получить развернутое плоскостное изображение челюстей (рис. 2.12). Отдельное изображение каждого зуба при этом достигается путем их последовательной съемки узким пучком рентгеновских лучей на отдельные участки пленки. Условия для этого создаются синхронным круговым движением вокруг головы пациента рентгеновской трубки и приемника изображения, установленных на противоположных концах поворотного штатива аппарата. Методика позволяет исследовать и другие отделы лицевого скелета (околоносовые пазухи, глазницы).

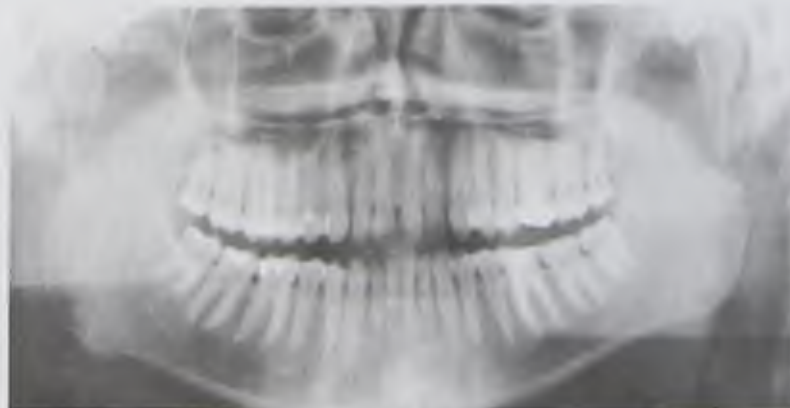


Рис. 2.12. Ортопантомограмма

Маммография — рентгенологическое исследование молочной железы. Оно выполняется для изучения структуры молочной железы и обнаружения в ней изменений, а также с профилактической целью. Молочная железа является мягкотканым органом, поэтому для изучения ее структуры необходимо использовать очень небольшие величины анодного напряжения. Существуют специальные рентгеновские аппараты — маммографы, где устанавливаются рентгеновские трубки с фокусным пятном размером в доли миллиметра. Они оборудованы специальными штативами для укладки молочной железы с устройством для ее компрессии. Это позволяет уменьшить толщину тканей железы во время исследования, повышая тем самым качество маммограмм (рис. 2.13).

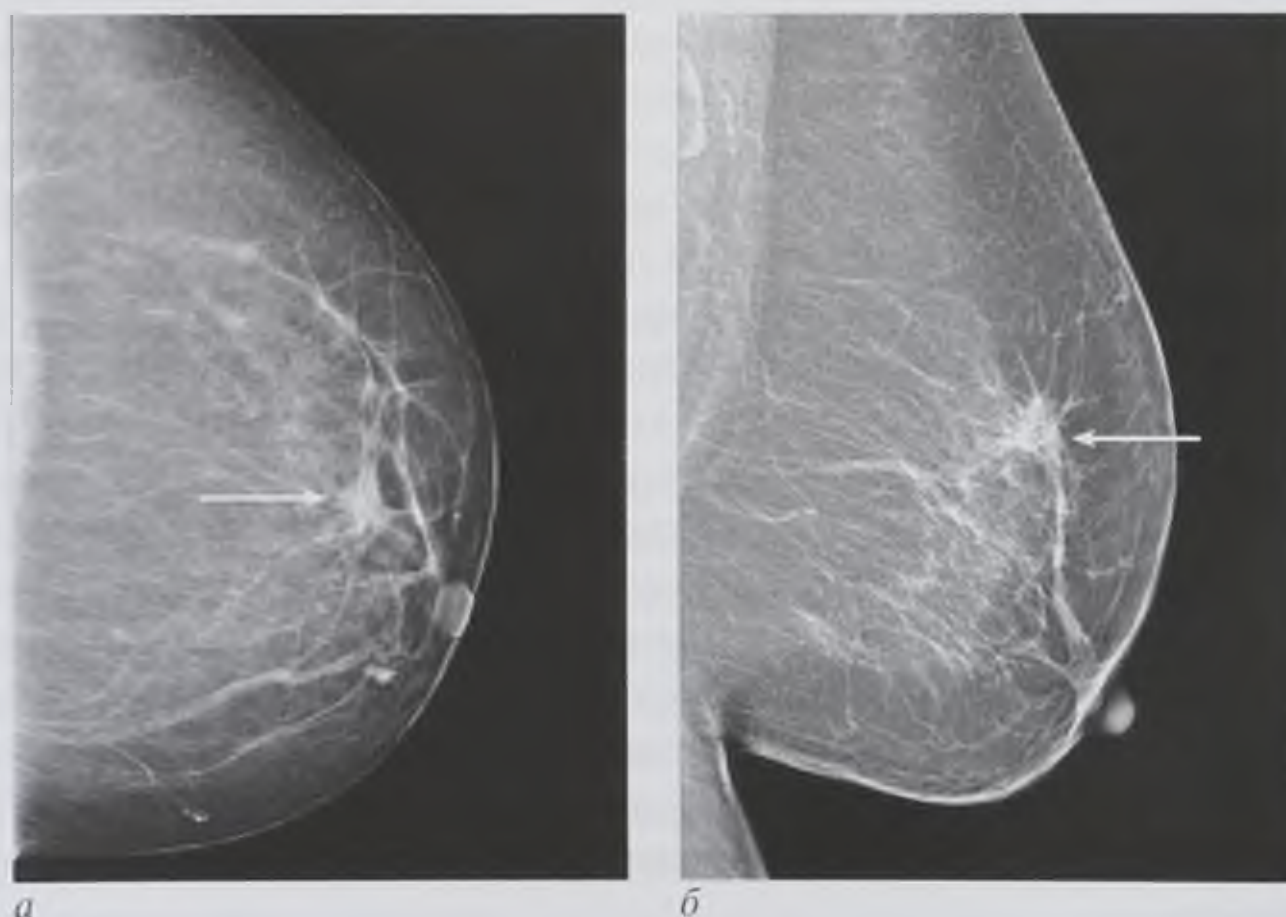


Рис. 2.13. Рентгенограммы молочной железы в краниокаудальной (а) и косой (б) проекциях. Рак молочной железы (стрелки)

2.1.3. Методики с применением искусственного контрастирования

Для того чтобы невидимые на обычных снимках органы были отображены на рентгенограммах, прибегают к методике искусственного контрастирования. Методика заключается во введении в организм веществ, которые поглощают (или, наоборот, пропускают) излучение гораздо сильнее (или слабее), чем исследуемый орган.

В качестве контрастных веществ используют вещества либо с низкой относительной плотностью (воздух, кислород, углекислый газ, закись азота), либо с большой атомной массой (взвеси или растворы солей тяжелых металлов и галогениды). Первые поглощают рентгеновское излучение в меньшей степени, чем анатомические структуры (*негативные*), вторые — в большей (*позитивные*). Если, например, ввести воздух в брюшную полость (искусственный пневмоперитонеум), то на его фоне отчетливо выделяются очертания печени, селезенки, желчного пузыря, желудка.

Для исследования полых органов обычно применяют высокоатомные контрастные вещества, наиболее часто — водную взвесь бария сульфата и соединения йода. Эти вещества, в значительной мере задерживая рентгеновское излучение, дают на снимках интенсивную тень, по которой можно судить о положении органа, форме и величине его полости, очертаниях его внутренней поверхности.

Различают два способа искусственного контрастирования с помощью высокоатомных веществ. Первый заключается в непосредственном введении контрастного вещества в полость органа — пищевода, желудка, кишечника, бронхов, кровеносных или лимфатических сосудов, мочевыводящих путей, полостных систем почек, матки, слюнных протоков, свищевых ходов, ликворных пространств головного и спинного мозга и т.д.

Второй способ основан на специфической способности отдельных органов концентрировать те или иные контрастные вещества. Например, печень, желчный пузырь и почки концентрируют и выделяют некоторые введенные в организм соединения йода. После введения пациенту таких веществ на снимках через определенное время различаются желчные протоки, желчный пузырь, полостные системы почек, мочеточники, мочевого пузыря.

Методика искусственного контрастирования в настоящее время является ведущей при рентгенологическом исследовании большинства внутренних органов.

В рентгенологической практике используют три вида рентгеноконтрастных средств (РКС): йодсодержащие растворимые, газообразные, водную взвесь сульфата. Основным средством для исследования желудочно-кишечного тракта является водная взвесь сульфата. Для исследования кровеносных сосудов, полостей сердца, мочевыводящих путей применяют водорастворимые йодсодержащие вещества, которые вводят либо внутрисосудисто, либо в полость органов. Газы в качестве контрастных веществ в настоящее время почти не применяются.

При выборе контрастных веществ для проведения исследований РКС необходимо оценивать с позиций выраженности контрастирующего эффекта и безвредности.

Безвредность РКС, помимо обязательной биологической и химической инертности, зависит от их физических характеристик, из которых наиболее существенными

являются осмолярность и электрическая активность. Осмолярность определяется числом ионов или молекул РКС в растворе. Относительно плазмы крови, осмолярность которой равна 280 мОсм/кг H_2O , контрастные вещества могут быть высокоосмолярными (более 1200 мОсм/кг H_2O), низкоосмолярными (менее 1200 мОсм/кг H_2O) или изоосмолярными (по осмолярности равными крови).

Высокая осмолярность отрицательно воздействует на эндотелий, эритроциты, клеточные мембраны, протеины, поэтому оптимальны РКС, изоосмолярные с кровью. Следует помнить, что осмолярность РКС, отличающаяся от осмолярности крови, делает эти средства неблагоприятно воздействующими на клетки крови.

По показателям электрической активности рентгеноконтрастные препараты подразделяются на *ионные*, распадающиеся в воде на электрически заряженные частицы, и *неионные*, электрически нейтральные. Осмолярность ионных растворов в силу большего содержания в них частиц вдвое выше, чем неионных.

Неионные контрастные вещества по сравнению с ионными обладают рядом преимуществ: имеют значительно меньшую (в 3–5 раз) общую токсичность, дают значительно менее выраженный вазодилатационный эффект, обуславливают меньшую деформацию эритроцитов и гораздо меньше высвобождают гистамин, активизируют систему комплемента, ингибируют активность холинэстеразы, что снижает риск негативных побочных действий.

Таким образом, неионные РКС характеризуются наибольшей безопасностью и качеством контрастирования.

Широкое внедрение контрастирования различных органов указанными препаратами обусловило появление многочисленных методик рентгенологического исследования, значительно повышающих диагностические возможности рентгенологического метода.

Диагностический пневмоторакс — рентгенологическое исследование органов дыхания после введения газа в плевральную полость. Выполняется с целью уточнения локализации патологических образований, расположенных на границе легкого с соседними органами. С появлением метода КТ применяется редко.

Пневмомедиастинография — рентгенологическое исследование средостения после введения газа в его клетчатку. Выполняется с целью уточнения локализации выявленных на снимках патологических образований (опухолей, кист) и их распространения на соседние органы. С появлением метода КТ практически не применяется.

Диагностический пневмоперитонеум — рентгенологическое исследование диафрагмы и органов полости живота после введения газа в полость брюшины. Выполняется чаще всего с целью уточнения локализации патологических образований, выявленных на снимках на фоне диафрагмы.

Пневморетроперитонеум — методика рентгенологического исследования органов, расположенных в забрюшинной клетчатке, путем введения в забрюшинную клетчатку газа с целью лучшей визуализации их контуров. С внедрением в клиническую практику УЗИ, КТ и МРТ практически не применяется.

Пневморенография — рентгенологическое исследование почки и рядом расположенного надпочечника после введения газа в околопочечную клетчатку. В настоящее время выполняется крайне редко.

Пневмопиелография — исследование полостной системы почки после заполнения ее газом через мочеточниковый катетер. Используется преимущественно в специализированных стационарах для выявления внутрилоханочных опухолей.

Пневмомиеелография — рентгенологическое исследование поднадутинного пространства спинного мозга после его контрастирования газом. Используется для диагностики патологических процессов в области позвоночного канала, вызывающих сужение его просвета (грыжи межпозвоночных дисков, опухоли). Применяется редко.

Пневмоэнцефалография — рентгенологическое исследование ликворных пространств головного мозга после их контрастирования газом. После внедрения в клиническую практику КТ и МРТ выполняется редко.

Пневмоартрография — рентгенологическое исследование крупных суставов после введения в их полость газа. Позволяет изучить суставную полость, выявить в ней внутрисуставные тела, обнаружить признаки повреждения менисков коленного сустава. Иногда ее дополняют введением в полость сустава водорастворимого РКС. Достаточно широко используется в лечебных учреждениях при невозможности выполнения МРТ.

Бронхография — методика рентгенологического исследования бронхов после их искусственного контрастирования РКС. Позволяет выявить различные патологические изменения бронхов. Широко используется в лечебных учреждениях при недоступности КТ.

Плеврография — рентгенологическое исследование плевральной полости после ее частичного заполнения контрастным препаратом с целью уточнения формы и размеров плевральных осумкований.

Гайморография — рентгенологическое исследование верхнечелюстных пазух после их заполнения РКС. Применяется тогда, когда возникают затруднения в интерпретации причины затенения пазух на рентгенограммах.

Дакриоцистография — рентгенологическое исследование слезных путей после их заполнения РКС. Применяется с целью изучения морфологического состояния слезного мешка и проходимости носослезного канала.

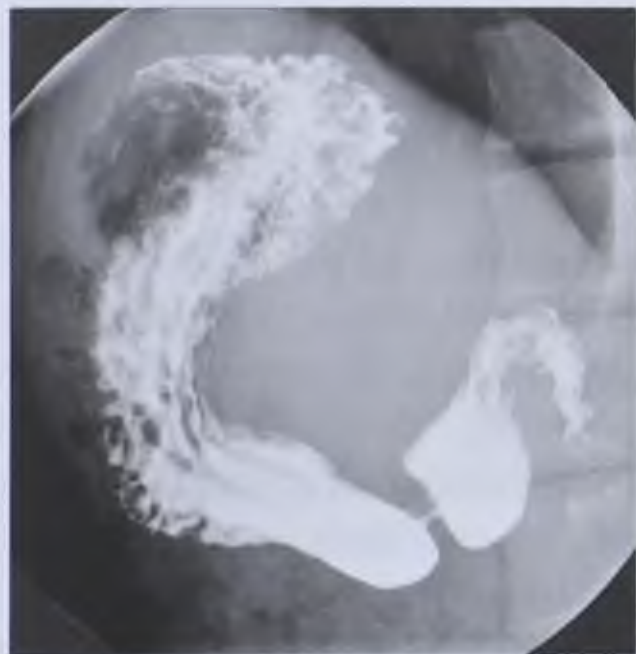


Рис. 2.14. Рентгенограмма желудка, контрастированного взвесью бария сульфата. Норма

Сиалография — рентгенологическое исследование протоков слюнных желез после их заполнения РКС. Применяется для оценки состояния протоков слюнных желез.

Рентгеноскопия пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки — проводится после их постепенного заполнения взвесью бария сульфата, а при необходимости — и воздухом. Обязательно включает полипозиционную рентгеноскопию и выполнение обзорных и прицельных рентгенограмм. Широко применяется для выявления различных заболеваний пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки (воспалительно-деструктивные изменения, опухоли и др.) (рис. 2.14).

Энтерография — рентгенологическое исследование тонкой кишки после заполнения ее петель взвесью бария сульфата. Позволяет получить информацию о морфологическом и функциональном состоянии тонкой кишки (рис. 2.15).

Ирригоскопия — рентгенологическое исследование толстой кишки после ретроградного контрастирования ее просвета взвесью бария сульфата и воздухом. Широко применяется для диагностики многих заболеваний толстой кишки (опухоли, хронический колит и т.д.) (рис. 2.16).

Холецистография — рентгенологическое исследование желчного пузыря после накопления в нем контрастного вещества, принятого внутрь и выделенного с желчью. С появлением УЗИ данная методика практически не применяется.

Выделительная холеграфия — рентгенологическое исследование желчных путей, контрастированных с помощью йодсодержащих препаратов, вводимых внутривенно и выделяемых с желчью. С появлением УЗИ данная методика практически не применяется.

Холангиография — рентгенологическое исследование желчных протоков после введения РКС в их просвет. Широко используется для уточнения морфологического состояния желчных протоков и выявления в них конкрементов. Может выполняться во время оперативного вмешательства (интраоперационная



Рис. 2.15. Рентгенограмма тонкой кишки, контрастированной взвесью бария сульфата (энтерограмма). Норма



а



б

Рис. 2.16. Ирригограмма: а — рак сигмовидной кишки, просвет сигмовидной кишки резко сужен, контуры пораженного участка неровные (стрелки); б — рак слепой кишки, симптом «ампутации»

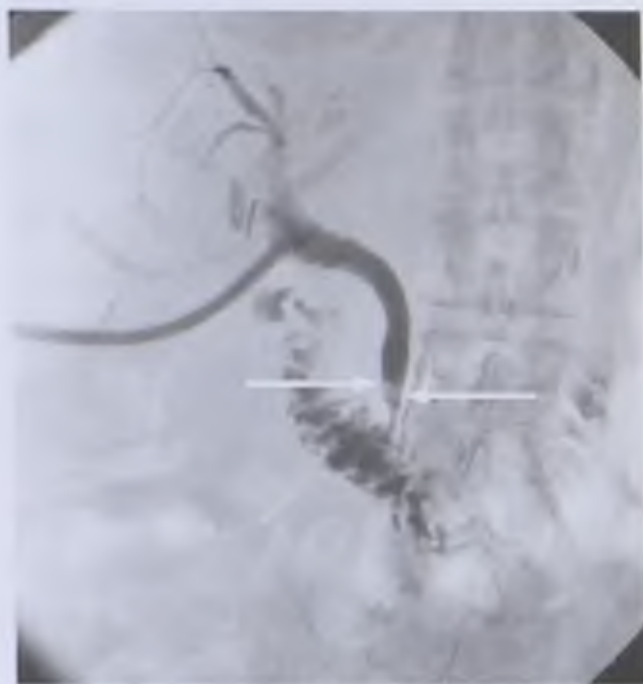


Рис. 2.17. Антеградная холангиограмма. В просвете общего желчного протока определяется округлый дефект заполнения, обусловленный конкрементом (стрелки)

их РКС через мочеточниковый катетер. По сравнению с выделительной урографией позволяет получить более полную информацию о состоянии мочевых путей в результате их лучшего заполнения контрастным препаратом, вводимым под небольшим давлением. Широко применяется в специализированных урологических отделениях.

Цистография — рентгенологическое исследование мочевого пузыря, заполненного РКС (рис. 2.20).



Рис. 2.18. Ретроградная холангиопанкреатикограмма. Норма

холангиография) и в послеоперационном периоде (через дренажную трубку) (рис. 2.17).

Ретроградная холангиопанкреатография — рентгенологическое исследование желчных протоков и протока поджелудочной железы после введения в их просвет контрастного препарата под рентгеноэндоскопическим контролем (рис. 2.18).

Экскреторная урография — рентгенологическое исследование мочевых органов после внутривенного введения РКС и выделения его почками. Широко распространенная методика исследования, позволяющая изучать морфологическое и функциональное состояние почек, мочеточников и мочевого пузыря (рис. 2.19).

Ретроградная уретероцистелография — рентгенологическое исследование мочеточников и полостных систем почек после заполнения

Уретрография — рентгенологическое исследование мочеиспускательного канала после его заполнения РКС. Позволяет получить информацию о проходимости и морфологическом состоянии уретры, выявить ее повреждения, стриктуры и т.д. Применяется в специализированных урологических отделениях.

Гистеросальпингография — рентгенологическое исследование матки и маточных труб после заполнения их просвета РКС. Широко используется в первую очередь для оценки проходимости маточных труб.

Позитивная миелография — рентгенологическое исследование подпаутинных пространств спинного мозга после введения водорастворимых РКС. С появлением МРТ применяется редко.

Аортография — рентгенологическое исследование аорты после введения в ее просвет РКС.

Артериография — рентгенологическое исследование артерий с помощью введенных в их просвет РКС, распространяющихся по току крови. Некоторые частные методики артериографии (коронарография, каротидная ангиография), будучи высокоинформативными, в то же время технически сложны и небезопасны для пациента, в связи с чем применяются только в специализированных отделениях (рис. 2.21).

Кардиография — рентгенологическое исследование полостей сердца после введения в них РКС. В настоящее время находит ограниченное применение в специализированных кардиохирургических стационарах.

Ангиопульмонография — рентгенологическое исследование легочной артерии и ее ветвей после введения в них РКС. Несмотря на высокую информативность, небезопасна для пациента, в связи с чем в последние годы предпочтение отдается компьютерно-томографической ангиографии.

Флебография — рентгенологическое исследование вен после введения в их просвет РКС.

Лимфография — рентгенологическое исследование лимфатических путей после введения в лимфатическое русло РКС.

Фистулография — рентгенологическое исследование свищевых ходов после их заполнения РКС.

Вульнерография — рентгенологическое исследование раневого канала после заполнения его РКС. Чаще применяется при слепых ранениях живота, когда другие методы исследования не позволяют установить, является ранение проникающим или непроникающим.

Кистография — контрастное рентгенологическое исследование кист различных органов с целью уточнения формы и размеров кисты, ее топографического расположения и состояния внутренней поверхности.

Дуктография — контрастное рентгенологическое исследование млечных протоков. Позволяет оценить морфологическое состояние протоков и выявить небольшие опухоли молочной железы с внутрипротоковым ростом, неразличимые на маммограммах.



Рис. 2.19. Экскреторная урограмма. Норма



Рис. 2.20. Нисходящая цистограмма. Норма

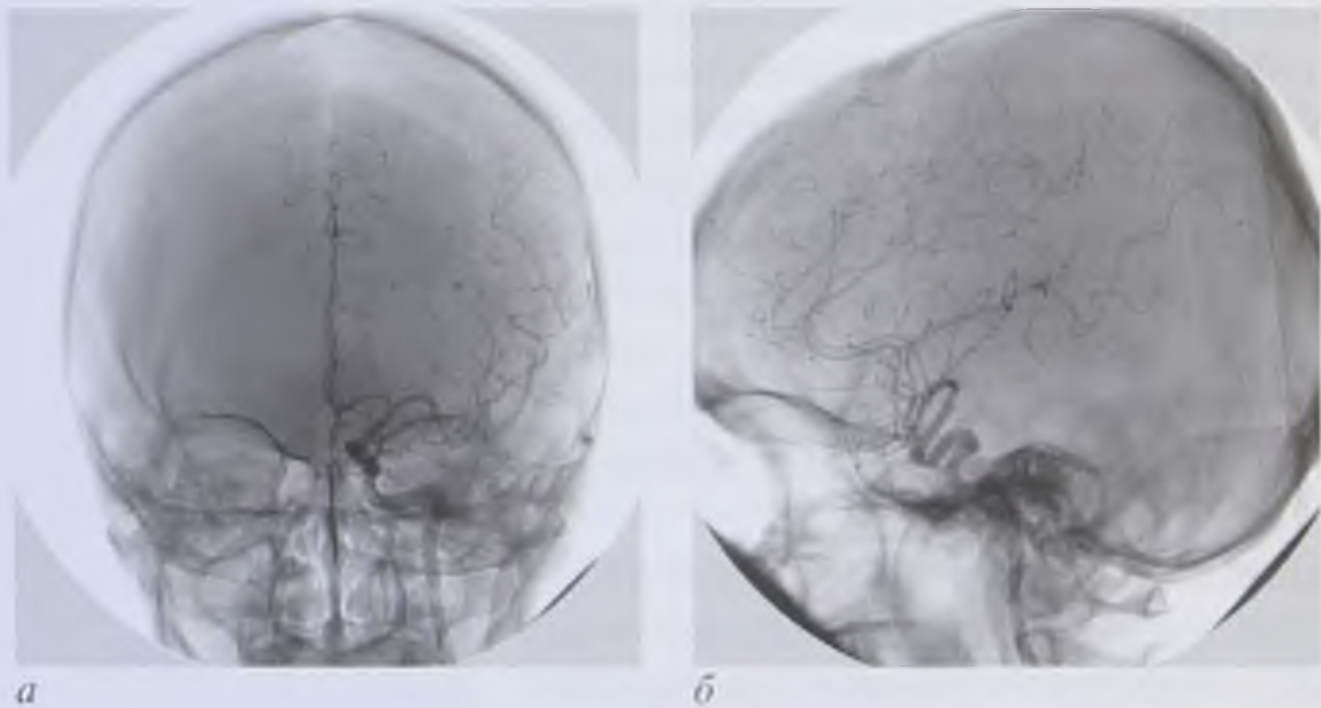


Рис. 2.21. Каротидные ангиограммы в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Норма

2.2. ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА

Голова

1. Аномалии и пороки развития костей черепа.
2. Травма головы:
 - диагностика переломов костей мозгового и лицевого отделов черепа;
 - выявление инородных тел головы.
3. Опухоли головного мозга:
 - диагностика патологических обызвествлений, характерных для опухолей;
 - выявление сосудистой сети опухоли;
 - диагностика вторичных гипертензионно-гидроцефальных изменений.
4. Заболевания сосудов головного мозга:
 - диагностика аневризм и сосудистых мальформаций (артериальные аневризмы, артериовенозные мальформации, артериосинусные соустья и др.);
 - диагностика стенозирующих и окклюзирующих заболеваний сосудов головного мозга и шеи (стенозы, тромбозы и др.).
5. Заболевания ЛОР-органов и органа зрения:
 - диагностика опухолевых и неопухолевых заболеваний.
6. Заболевания височной кости:
 - диагностика острых и хронических мастоидитов.

Грудь

1. Травма груди:
 - диагностика повреждений грудной клетки;
 - выявление жидкости, воздуха или крови в плевральной полости (пневмо-, гемоторакс);
 - выявление ушибов легких;
 - выявление инородных тел.

2. Опухоли легких и средостения:
 - диагностика и дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей;
 - оценка состояния регионарных лимфатических узлов.
3. Туберкулез:
 - диагностика различных форм туберкулеза;
 - дифференциальная диагностика с другими заболеваниями;
 - оценка эффективности лечения.
4. Заболевания плевры, легких и средостения:
 - диагностика всех форм пневмоний;
 - диагностика плевритов, медиастинитов;
 - диагностика тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА);
 - диагностика отека легких;
 - контроль эффективности проводимого лечения.
5. Исследование сердца и аорты:
 - диагностика приобретенных и врожденных пороков сердца и аорты;
 - диагностика повреждений сердца при травме груди и аорты;
 - диагностика различных форм перикардитов;
 - оценка состояния коронарного кровотока (коронарография);
 - диагностика аневризм аорты.

Живот

1. Травма живота:
 - выявление свободного газа и жидкости в полости живота;
 - выявление инородных тел;
 - установление проникающего характера ранения живота.
2. Исследование пищевода:
 - аномалии развития;
 - диагностика воспалительных заболеваний;
 - диагностика опухолей;
 - выявление инородных тел.
3. Исследование желудка:
 - аномалии развития;
 - диагностика воспалительных заболеваний;
 - диагностика язвенной болезни;
 - диагностика опухолей;
 - выявление инородных тел.
4. Исследование кишечника:
 - аномалии развития;
 - диагностика кишечной непроходимости;
 - диагностика опухолей;
 - диагностика воспалительных заболеваний.
5. Исследование мочевых органов:
 - определение аномалий и вариантов развития;
 - выявление камней почек, мочеточников и мочевого пузыря;
 - выявление стенотических и окклюзионных заболеваний почечных артерий (ангиография);

- диагностика стенотических заболеваний мочеточников, уретры;
- диагностика опухолей;
- выявление инородных тел;
- оценка экскреторной функции почек;
- контроль эффективности проводимого лечения.

Таз

1. Травма:

- диагностика переломов костей таза;
- диагностика разрывов мочевого пузыря, задней уретры и прямой кишки.

2. Врожденные и приобретенные деформации костей таза.

3. Первичные и вторичные опухоли костей таза и тазовых органов.

4. Сакроилеит.

5. Заболевания женских половых органов:

- оценка проходимости маточных труб.

Позвоночник

1. Аномалии и пороки развития позвоночника.

2. Травма позвоночника:

- диагностика переломов и вывихов позвонков.

3. Врожденные и приобретенные деформации позвоночника.

4. Опухоли позвоночника и спинного мозга:

- диагностика первичных и метастатических опухолей костных структур позвоночника;
- диагностика экстрамедуллярных опухолей спинного мозга.

5. Дегенеративно-дистрофические изменения:

- диагностика спондилеза, спондилоартроза и остеохондроза и их осложнений;
- диагностика грыж межпозвоночных дисков;
- диагностика функциональной нестабильности и функционального блока позвонков.

6. Воспалительные заболевания позвоночника (специфические и неспецифические спондилиты).

7. Остеохондропатии, фиброзные остеодистрофии.

8. Денситометрия при системном остеопорозе.

Конечности

1. Травмы:

- диагностика переломов и вывихов конечностей;
- контроль эффективности проводимого лечения.

2. Врожденные и приобретенные деформации конечностей.

3. Остеохондропатии, фиброзные остеодистрофии; врожденные системные заболевания скелета.

4. Диагностика опухолей костей и мягких тканей конечностей.

5. Воспалительные заболевания костей и суставов.

6. Дегенеративно-дистрофические заболевания суставов.

7. Хронические заболевания суставов.

8. Стенозирующие и окклюзирующие заболевания сосудов конечностей.

Контрольные вопросы

1. Кто, где, когда и при каких обстоятельствах открыл X-лучи?
2. Что такое рентгеновское излучение?
3. Перечислите свойства рентгеновского излучения.
4. Каково устройство рентгеновской трубки?
5. Каким образом генерируется рентгеновское излучение?
6. Какие основные методики рентгенологического исследования вы знаете?
Опишите физические основы получения изображения при каждой из них.
7. Каковы показания к проведению рентгенологического исследования?

ОСНОВЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

Ультразвуковой метод диагностики основан на исследовании организма человека с помощью ультразвуковых волн (рис. 3.1). Этот метод диагностики получил самое широкое распространение по многим причинам, одна из которых заключается в том, что УЗИ практически не имеет противопоказаний, и определяется это прежде всего отсутствием ионизирующего излучения.

Ультразвук диагностических мощностей практически безвреден. Именно поэтому он заменил рентгеновские методы исследования для решения ряда клинических задач. УЗИ можно применять неограниченное количество раз в течение всего периода динамического наблюдения за пациентом, в том числе повторять несколько раз, если этого требует клиническая ситуация. При УЗИ не используются различные контрастные средства, которые могут оказать влияние на организм человека.

Вторым несомненным преимуществом ультразвукового метода является то, что исследование производится в режиме реального времени. С его помощью можно получать не только статическое изображение, но и динамическую картину исследуемого органа (движение стенок сердца, перистальтику кишечника, пульсацию



Рис. 3.1. Ультразвуковое исследование щитовидной железы

сосудов, движение плода). Метод позволяет значительно расширить возможности лучевой диагностики, особенно при решении клинических задач в области кардиологии, ангиологии и акушерства. Это также дает возможность обследовать больных в тяжелом состоянии, детей, которые, например, не могут задержать дыхание, или пациентов, негативно относящихся к другим методам лучевой диагностики.

Третьим из основных моментов, выгодно выделяющих УЗИ на фоне большинства методов лучевой диагностики, является его доступность, что особенно актуально для нетранспортабельных больных и проведения неотложной диагностики. Для данного метода диагностики также характерна сравнительная экономичность, позволяющая в рамках одного обращения к врачу провести УЗИ многих органов и систем организма при неясной клинической картине.

Вместе с тем у УЗИ есть ряд ограничений. Качество исследования зависит от оборудования, на котором оно проводится, и квалификации врача. Статические изображения, прилагаемые обычно к результатам исследования, оказываются недостаточно информативными для лечащих врачей. Решение этих проблем связано, в первую очередь, со стандартизацией подходов как к оборудованию, необходимому для тех или иных исследований, так и собственно методик исследования с определением плоскостей сканирования, используемых режимов, протоколов исследования и архивирования изображений. Снижать качество УЗИ может также наличие у пациента послеоперационных рубцов, повязок, ожирения, выраженного метеоризма.

В настоящее время УЗИ выполняются с помощью аппаратов, обеспечивающих высокую точность передачи изображения с использованием передовых технологий адаптивной обработки изображений. Размеры и вес современных портативных аппаратов для ультразвуковой диагностики сопоставимы с обычными гаджетами.

3.1. ИСТОРИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

Впервые ультразвук в природе описал итальянский ученый Ладзарро Спалланцани (Lazzaro Spallanzani) в 1794 г. Он заметил, что если летучей мыши заткнуть уши, то она теряет ориентировку, и предположил, что ориентация в пространстве этих животных осуществляется посредством излучаемых и воспринимаемых невидимых лучей. В дальнейшем эти лучи получили название ультразвуковых волн. Таким образом, **ультразвуком** называются звуковые колебания, лежащие выше порога восприятия органом слуха человека.

Физической основой собственно УЗИ является открытый в 1881 г. братьями Кюри (Curie) пьезоэлектрический эффект. Появлению ультразвуковых аппаратов предшествовали исследования в области звуковой навигации. Во время Первой мировой войны К.В. Шиловский и П. Ланжевен разработали на основе ультразвука прибор, который использовали для навигации судов, определения расстояния до цели, поиска подводных лодок. В 1929 г. отечественный физик С.Я. Соколов применил ультразвук для неразрушающего контроля в металлургии (дефектоскопия).

Попытки использовать ультразвук в медицинских целях относятся к 30-м годам XX века. Его свойства начали применять в физиотерапии артритов, экземы и ряда других заболеваний. В 40-е годы XX в. начали использовать ультразвук

для диагностики новообразований. В 1947 г. доктору К. Дюссику из Вены удалось выявить опухоль мозга с помощью метода, который он назвал гиперсонографией. Этому человека считают одним из родоначальников современной ультразвуковой диагностики.

Особый вклад в развитие ультразвуковой диагностики внес Кристиан Андерс Допплер (Christian Doppler). В своем трактате «О коллометрической характеристике изучения двойных звезд и некоторых других звезд неба» он предположил, что частота принимаемых волн зависит от того, с какой скоростью движется излучающий объект относительно наблюдателя. Этот физический эффект стал основой **доплерографии** — методики измерения скорости кровотока с помощью УЗИ.

В 1949 г. ученый из США Д. Хаури сконструировал первый аппарат для медицинского сканирования. Первые подобные приборы были мало похожи на современные. Они представляли собой резервуар с жидкостью, в которую помещали пациента, а вокруг него передвигался сканер (сомаскоп). Еще один американский доктор, хирург Дж. Уайлд создал уже передвижной прибор со съемным сканером, с помощью которого стало возможным получить визуальное изображение новообразований. Свой метод он назвал **эхографией**. Датчики появились на ультразвуковых сканерах в 60-х годах прошлого века. Эти приборы уже в большей степени были похожи на современные аппараты. Широкое использование ультразвукового метода диагностики в клинической практике началось с 80-х годов XX века.

3.2. ПРИНЦИПЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Ультразвуковая диагностика — методика, использующая звуковые волны высокой частоты. Частоты колеблются от 2 до 10 МГц, тогда как наивысшая частота, доступная для человеческого восприятия, — это 20 кГц.

Основной частью любого аппарата для проведения сонографии (УЗИ) является ультразвуковой датчик, который содержит один или более кристаллов с пьезоэлектрическими свойствами. Сущность пьезоэлектрического эффекта заключается в том, что при механической деформации монокристаллов некоторых химических соединений (кварца, бария титаната, кадмия сульфида и др.), в частности под воздействием ультразвуковых волн на поверхностях этих кристаллов возникают противоположные по знаку электрические заряды. Это так называемый *прямой пьезоэлектрический эффект* (*пьеzo* по-гречески означает «давить»). Если кристалл поместить в электрическое поле, он деформируется и производит звуковые волны соответствующей частоты. Это явление называется *обратным пьезоэлектрическим эффектом*. Таким образом, один и тот же пьезоэлемент может быть попеременно источником и приемником ультразвуковых волн. При контакте датчика с поверхностью тела звуковые волны проходят через ткани. Для полноценного контакта используют специальный гель.

Звуковые волны являются механическими по своей природе, так как в их основе лежит смещение частиц упругой среды от точки равновесия. Ультразвук распространяется в различных средах в виде чередующихся зон сжатия и разрежения частиц, которые совершают колебательные движения. Звуковые волны, в том числе и ультразвуковые, характеризуются: периодом колебания — временем, за которое

частица совершает одно полное колебание; частотой — числом колебаний в единицу времени; длиной волны — расстоянием между точками одной фазы, и скоростью распространения. Длина волны зависит главным образом от упругости и плотности среды и обратно пропорциональна ее частоте. Чем меньше длина волны, тем выше разрешающая способность ультразвукового аппарата. В системах медицинской ультразвуковой диагностики используются частоты от 1 до 31,5 МГц. Разрешающая способность современных ультразвуковых аппаратов составляет менее 1 мм.

Ткани имеют разную сопротивляемость звуку, то есть обладают акустическим сопротивлением, «импедансом», величина которого зависит от их плотности, упругих свойств и температуры среды. Скорость звука при прохождении его через разные среды биологического организма может быть различной. В табл. 3.1 представлены средние скорости распространения ультразвука в различных средах.

Таблица 3.1. Скорости распространения ультразвука в различных средах

Материалы	Скорость звука, м/с
Мягкие ткани (в среднем)	1540
Головной мозг	1541
Жир	1450
Печень	1549
Почка	1561
Мышцы	1585
Кости черепа	4080

Там, где звуковые волны встречают препятствия между двумя обладающими разным акустическим сопротивлением тканями, часть звуковой волны отражается. Коэффициент отражения зависит от разности величин акустического сопротивления граничащих друг с другом тканей: чем это различие больше, тем больше отражение и, естественно, больше амплитуда зарегистрированного сигнала, а значит, тем светлее и ярче он будет выглядеть на экране аппарата. Кроме того, сила эха зависит от угла, под которым ткань находится по отношению к лучу. Если препятствие перпендикулярно первоначальному звуковому лучу, эхо отражения вернется назад к источнику.

Ткани, расположенные под углом к звуковому лучу, вызывают рассеянное отражение. По мере прохождения звукового луча через ткани он постепенно ослабевает за счет отражения, рассеяния и поглощения. Отраженный звук выявляется тем же кристаллом. Возвращающиеся звуковые волны вызывают механическую деформацию кристалла, и электрические сигналы посылаются благодаря пьезоэлектрическому эффекту.

В ультразвуковых аппаратах существует возможность регулирования излучаемого и принимаемого сигналов, также используется усиление изображения эхосигналов. Эти сигналы анализируются в соответствии с силой и глубиной отражения, а затем выводятся на экран.

3.3. РЕЖИМЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А-режим изображения (A-mode, от amplitude). Используется единственный луч ультразвука, а отраженные волны формируют пики на горизонтальной линии. Высота каждого пика показывает силу эха, в то время как горизонтальная ось отображает глубину отражающей структуры. Этот тип изображения в настоящее время имеет в основном историческое значение, так как дает лишь минимальную информацию о границах органов.

М-режим изображения (от motion). При этом режиме используется также единственный ультразвуковой луч, а отраженные сигналы представлены серией точек вдоль вертикальной линии. Положение точки на этой линии определяется

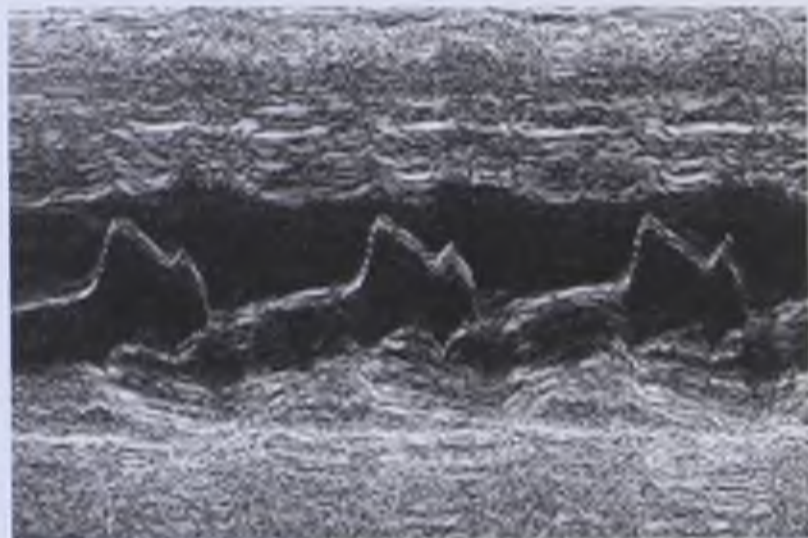


Рис. 3.2. М-модальная кривая движения передней створки митрального клапана

глубиной отражающих структур, а насыщенность точки цветом выявляет силу отраженного сигнала. Получаемое изображение представляет собой движение структур вдоль линии. По вертикальной оси откладывается расстояние от датчика до лоцируемой структуры, а по горизонтальной — время. Этот режим используется в основном для исследования сердца. Он дает информацию в виде кривых, отражающих амплитуду и скорость движения кардиальных структур (рис. 3.2).

В-режим изображения (от brightness).

Используются множественные ультразвуковые лучи с одновременным анализом отражения от каждого луча в режиме реального времени. Отраженные волны визуализируются на экране в виде точек, а изображение представляет собой положение самой отражающей структуры внутри тела. Таким образом формируется двухмерное изображение. Интенсивность отраженного сигнала определяет яркость точек на экране. В современной ультразвуковой аппаратуре улавливаются самые незначительные различия уровней эхосигналов, которые отображаются оттенками серого цвета. Это дает возможность разграничивать анатомические структуры, даже незначительно отличающиеся друг от друга по акустическому сопротивлению. Чем меньше интенсивность эха, тем темнее изображение, и, наоборот, чем больше энергия отраженного сигнала, тем изображение светлее.

Этот режим в настоящее время является основным, с его использования начинается любое УЗИ.

Д-режим (доплер-режим). Этот режим визуализации основан на использовании физического эффекта Доплера (по имени австрийского физика). Сущность эффекта состоит в том, что от движущихся объектов ультразвуковые волны отражаются с измененной частотой. В ультразвуковой диагностике используется изменение частоты отраженного сигнала от эритроцитов. Частота отраженной волны ультразвука увеличивается или уменьшается в соответствии с направлением потока крови по отношению к датчику. При движении в сторону датчика частота отраженного сигнала увеличивается, и, наоборот, частота волн, отраженных от удаляющегося

объекта, уменьшается. С этим эффектом мы встречаемся постоянно, наблюдая, например, изменение частоты звука от проносящихся мимо машин.

В настоящее время в клинической практике используются потоковая спектральная доплерография, цветное доплеровское картирование (ЦДК), энергетический доплер, а также их сочетание. *Потоковая спектральная доплерография* предназначена для оценки кровотока в камерах сердца и крупных сосудах (рис. 3.3).

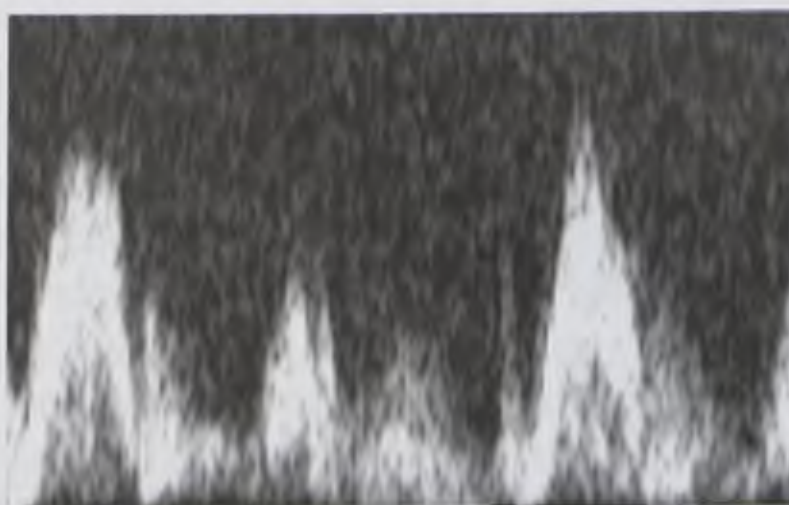


Рис. 3.3. Доплеровская спектрограмма трансмитрального потока крови

Существует два варианта потоковой доплерографии: непрерывная (постоянноволновая) и импульсная. *Непрерывная доплерография* (continuous wave doppler, CWD) основана на постоянном излучении и постоянном приеме отраженных ультразвуковых волн. При этом величина сдвига частоты отраженного сигнала определяется движением всех структур на всем пути ультразвукового луча в пределах глубины его проникновения. Получаемая информация оказывается, таким образом, суммарной. Невозможность изолированного анализа потоков в строго определенном месте является недостатком непрерывной доплерографии. В то же время она обладает и важным достоинством: допускает измерение больших скоростей потоков крови.

Импульсная доплерография (pulsed wave doppler, PW) основана на периодическом излучении серий импульсов ультразвуковых волн, которые, отразившись от эритроцитов, последовательно воспринимаются тем же датчиком. В этом режиме фиксируются сигналы, отраженные только с определенного расстояния от датчика, которое устанавливается по усмотрению врача. Место исследования кровотока называют *контрольным объемом*. Возможность оценки кровотока в любой заданной точке является главным достоинством импульсной доплерографии.

Тканевый доплер (tissue doppler, тканевая доплерография) похож на импульсно-волновой доплер, за исключением того, что используется для измерения скорости движения тканей (которая намного ниже, чем скорость потока крови). Применяется, в частности, для определения сократительной способности миокарда.

Цветное доплеровское картирование (colour flow doppler imaging, CFI) основано на кодировании в цвете значения доплеровского сдвига излучаемой частоты. Методика обеспечивает прямую визуализацию потоков крови в сердце и в крупных сосудах (рис. 3.4, см. цв. вклейку). Красный цвет соответствует потоку, идущему в сторону датчика, синий — от датчика. Темные оттенки этих цветов соответствуют низким скоростям, светлые оттенки — высоким.

Следует отметить, что большинство аппаратов позволяет настраивать цвета того или иного потока по усмотрению исследователя. Эта методика позволяет оценивать как морфологическое состояние сосудов, так и состояние кровотока. Ограничение методики — невозможность получения изображения мелких кровеносных сосудов с малой скоростью кровотока.

Энергетическая доплерография (power doppler) основана на анализе не частотных доплеровских сдвигов, отражающих скорость движения эритроцитов, как при обычном доплеровском картировании, а амплитуд всех эхосигналов доплеровского спектра, отражающих плотность эритроцитов в заданном объеме. Результирующее изображение аналогично обычному ЦДК, но отличается тем, что на нем отображаются все сосуды независимо от их хода относительно ультразвукового луча, в том числе кровеносные сосуды небольшого диаметра и с незначительной скоростью потока крови. Однако по энергетическим доплерограммам невозможно судить ни о направлении, ни о характере, ни о скорости кровотока. Информация ограничивается только самим фактом кровотока и числом сосудов. Оттенки цвета (как правило, с переходом от темно-оранжевого к светло-оранжевому и желтому) несут сведения об интенсивности эхосигналов, отраженных движущимися элементами крови (рис. 3.5, см. цв. вклейку). Диагностическое значение энергетической доплерографии заключается в возможности оценки васкуляризации органов и патологических участков.

Возможности ЦДК и энергетического доплера объединены в методике *конвергентной цветовой доплерографии*.

Сочетание В-режима с потоковым или энергетическим цветовым картированием обозначается как *дуплексное исследование*, дающее наибольший объем информации.

Помимо вышеперечисленных режимов, появились дополнительные методики, позволяющие существенно улучшить качество и разрешение изображения. К таким алгоритмам относят Tissue Harmonic Imaging (THI), 3D- и 4D-режимы.

3D-режим — формирование объемных трехмерных изображений на основе полученных 2D-изображений в разных плоскостях.

4D-режим представляет собой результат еще более сложной обработки все той же 2D-информации, когда процессор формирует изображение из уже готовых 3D-изображений.

Tissue Harmonic Imaging (THI) — технология, позволяющая существенно улучшить качество получаемого изображения (актуально у пациентов с повышенным весом).

Трехмерное доплеровское картирование и трехмерная энергетическая доплерография — это методики, дающие возможность наблюдать объемную картину пространственного расположения кровеносных сосудов в режиме реального времени в любом ракурсе, что позволяет с высокой точностью оценивать их соотношение с различными анатомическими структурами и патологическими процессами, в том числе со злокачественными опухолями.

Эхоконтрастирование. Эта методика основана на внутривенном введении особых контрастирующих веществ, содержащих микропузырьки, которые свободно проходят через капилляры малого круга кровообращения. Газовые пузырьки должны быть менее 5 мкм, а их стабильность при циркуляции в общей сосудистой системе должна составлять не менее 5 мин.

В клинической практике методика эхоконтрастирования используется в виде динамической эхоконтрастной ангиографии и тканевого эхоконтрастирования. При динамической эхоконтрастной ангиографии существенно улучшается визуализация кровотока, особенно в мелких глубоко расположенных сосудах

с низкой скоростью потока крови; обеспечивается возможность наблюдения всех фаз контрастирования сосудов в режиме реального времени; возрастает точность оценки стенотических поражений кровеносных сосудов. При тканевом эхоконтрастировании обеспечивается оценка перфузии органов, улучшается контрастное разрешение между нормальной и пораженной тканью, что способствует повышению точности диагностики различных заболеваний, особенно злокачественных опухолей.

3.4. ПРИНЦИПЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Для описания изображений, полученных ультразвуковым методом, приняты некоторые термины. Биологические структуры могут быть анэхогенными, гипоэхогенными, средней эхогенности, гиперэхогенными (рис. 3.6). Анэхогенное изображение (черного цвета) свойственно образованиям, заполненным жидкостью, которая практически не отражает ультразвуковые волны; гипоэхогенное (темно-серого цвета) — тканям со значительной гидрофильностью. Среднюю эхогенность (изоэхогенность) изображения дает большинство тканевых структур. Повышенной эхогенностью (светло-серого цвета) обладают плотные биологические ткани (рис. 3.7).

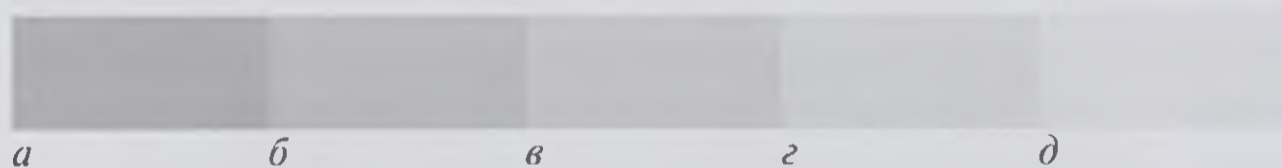


Рис. 3.6. Шкала уровней эхогенности биологических структур: *а* — анэхогенный; *б* — гипоэхогенный; *в* — средней эхогенности (эхопозитивный); *г* — повышенной эхогенности; *д* — гиперэхогенный

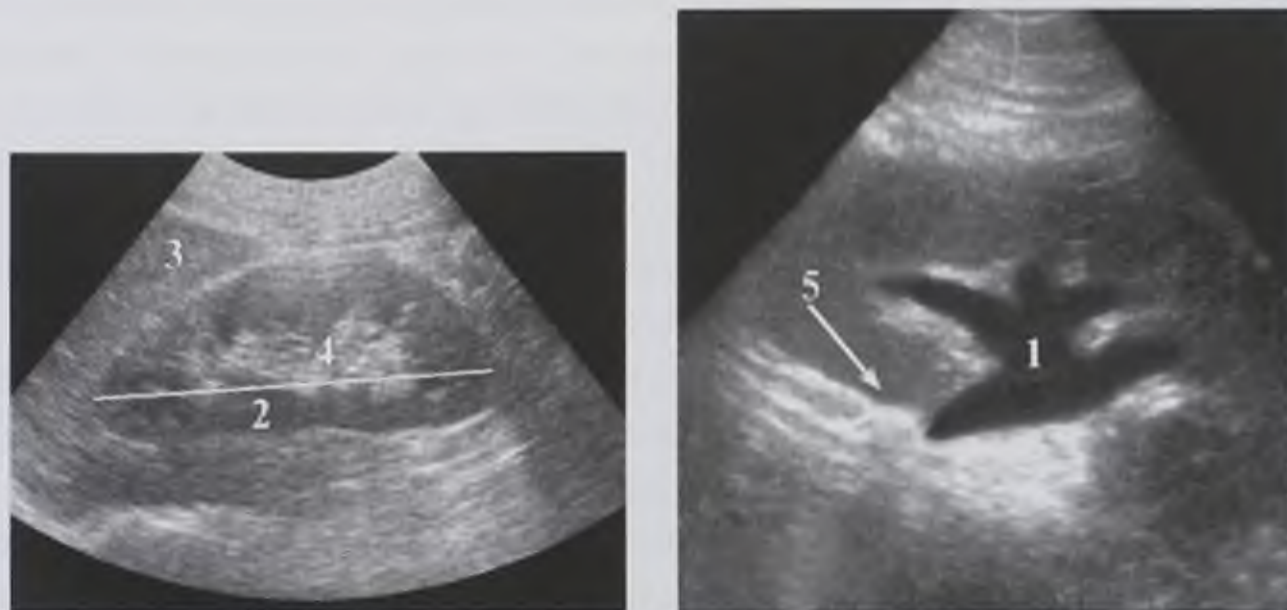


Рис. 3.7. Эхограммы почек в продольном сечении с обозначением структур различной эхогенности: 1 — анэхогенный дилатированный чашечно-лоханочный комплекс; 2 — гипоэхогенная паренхима почки; 3 — паренхима почки средней эхогенности (эхопозитивная); 4 — почечный синус повышенной эхогенности; 5 — гиперэхогенный конкремент в лоханочно-мочеточниковом сегменте

Выявление и устранение различных артефактов имеет большое значение при УЗИ. Под артефактами понимают несуществующие в реальности структуры изображений, появляющиеся на экране, что связано с особенностями распространения ультразвукового луча в тканях организма. Если ультразвуковые волны полностью отражаются, то объекты выглядят гиперэхогенными (ярко-белыми), а за ними есть так называемая акустическая тень, имеющая вид темной дорожки. Выявление этого эффекта помогает идентифицировать мелкие камни в почках, мочевом пузыре или желчном пузыре. Акустическая тень может выявляться и от округлых, заполненных жидкостью структур (желчный пузырь) в результате рефракции звукового луча. Звуковые волны беспрепятственно проходят через жидкость, так что часто под жидкостными структурами определяется яркая область. Это феномен акустического усиления. Выявление этого эффекта может быть важным для подтверждения жидкостной природы исследуемой структуры.

При исследовании объектов с высокой отражающей способностью специалист может столкнуться с артефактами, основанными на феномене реверберации (многократного отражения). Знание возможных артефактов позволяет правильно трактовать получаемое изображение.

Общие закономерности формирования эхографического серозкального изображения проявляются конкретными изображениями, свойственными тому или иному органу, анатомической структуре или патологическому процессу. При этом оценивают: положение, форму, размеры, контуры (ровные/неровные, четкие/нечеткие), внутреннюю эхоструктуру и смещаемость. Для полых органов (желчный и мочевой пузыри): дополнительно состояние стенки (толщина, эхоплотность, эластичность); наличие в полости патологических включений, прежде всего камней; степень физиологического сокращения.



Рис. 3.8. Эхографическое изображение солитарной кисты почки

Кисты, заполненные серозной жидкостью, отображаются в виде округлых однородно анэхогенных (черных) зон, окруженных эхогенным (серого цвета) ободком капсулы с ровными четкими контурами. Специфическим эхографическим признаком кист служит эффект дорсального усиления: задняя стенка кисты и находящиеся за ней ткани выглядят более светлыми, чем на остальном протяжении (рис. 3.8).

Полостные образования с белковым, геморрагическим, некротическим содержимым (осложненные кисты, абсцессы, туберкулезные каверны, гематомы) отличаются от простых (серозных) кист неровностью контуров и, самое главное, неоднородной гипоэхогенностью.

Воспалительным инфильтратам свойственны неправильная округлая форма, нечеткие контуры, равномерно и умеренно сниженная эхогенность зоны патологического процесса.

Эхографическая картина гематомы паренхиматозных органов зависит от времени, прошедшего с момента травмы. В первые сутки она гомогенно эхонегативная. Затем в ней появляются эхопозитивные включения, являющиеся отображением кровяных сгустков, число которых постоянно нарастает. Через 7–8 сут начинается процесс лизиса сгустков крови. Содержимое гематомы вновь становится неоднородно гипо- и анэхогенным.

Эхоструктура злокачественных опухолей гетерогенная, с зонами всего спектра эхогенности: анэхогенные (кровоизлияния), гипоэхогенные (некроз), изоэхогенные (опухолевая ткань), гиперэхогенные (обызвествления).

Эхографическая картина камней (конкрементов) весьма демонстративна: гиперэхогенная (ярко-белая) структура их поверхности с акустической анэхогенной темной тенью за ней (рис. 3.9).

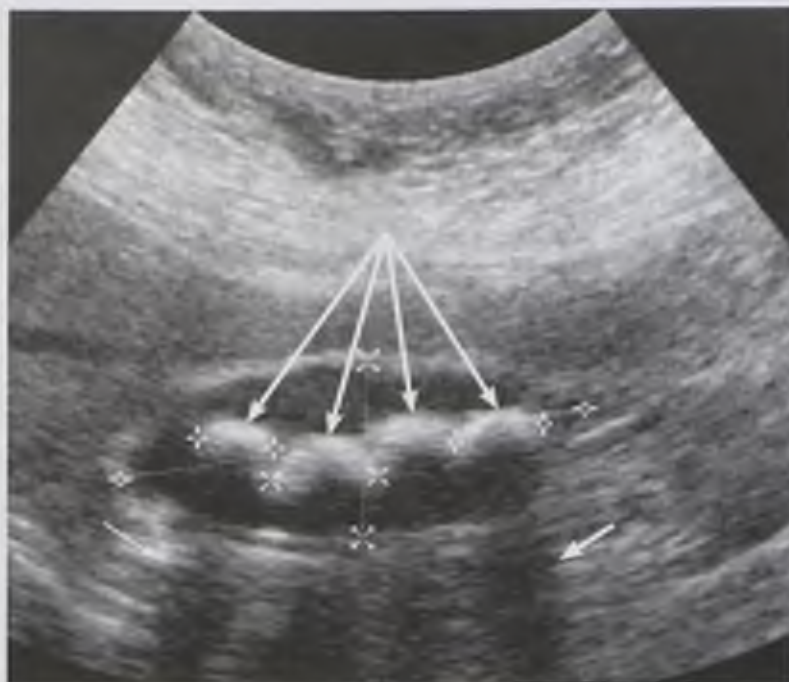


Рис. 3.9. Эхографическое изображение камней желчного пузыря (поверхность камней — длинные стрелки, акустические тени — короткие стрелки)

3.5. ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Голова

1. Исследование головного мозга у детей раннего возраста, главным образом при подозрении на врожденное нарушение его развития.
2. Исследование сосудов головного мозга с целью оценки магистрального кровотока.
3. Исследование глаз для диагностики различных заболеваний и повреждений (опухоли, отслойка сетчатки, внутриглазные кровоизлияния, инородные тела).
4. Исследование слюнных желез для оценки их морфологического состояния.
5. Интраоперационный контроль тотальности удаления опухолей головного мозга.

Шея

1. Исследование сонных и позвоночных артерий:
 - длительные, часто повторяющиеся сильные головные боли;
 - часто повторяющиеся обмороки;
 - клинические признаки нарушений мозгового кровообращения;
 - клинический синдром подключичного обкрадывания (стеноз или окклюзия плечеголового ствола и подключичной артерии);
 - механическая травма (повреждения сосудов, гематомы).
2. Исследование щитовидной железы:
 - любые подозрения на ее заболевания.

3. Исследование лимфатических узлов:

- подозрение на их метастатическое поражение при выявленной злокачественной опухоли любого органа;
- лимфомы любой локализации.

4. Неорганные новообразования шеи (опухоли, кисты).

Грудь

1. Исследование сердца:

- диагностика врожденных пороков сердца;
- диагностика приобретенных пороков сердца;
- количественная оценка функционального состояния сердца (глобальной и региональной систолической сократимости, диастолического наполнения), преимущественно при ишемической болезни сердца (ИБС);
- оценка морфологического состояния и функции интракардиальных структур;
- выявление и установление степени нарушений внутрисердечной гемодинамики (патологического шунтирования крови, регургитирующих потоков при недостаточности сердечных клапанов);
- диагностика гипертрофической кардиомиопатии;
- диагностика внутрисердечных тромбов и опухолей;
- определение жидкости в полости перикарда;
- количественная оценка легочной артериальной гипертензии;
- диагностика повреждений сердца при механической травме груди (ушибы, разрывы стенок, перегородок, хорд, створок).

2. Исследование органов дыхания и средостения:

- определение жидкости в плевральных полостях;
- уточнение характера поражений грудной стенки и плевры;
- дифференциация тканевых и кистозных новообразований средостения;
- оценка состояния медиастинальных лимфатических узлов;
- диагностика тромбоэмболии ствола и главных ветвей легочной артерии.

3. Исследование молочных желез:

- дифференциация кист и тканевых образований, выявленных при пальпации или рентгеновской маммографии;
- дифференциальная диагностика опухолевых и неопухолевых заболеваний молочной железы;
- диагностика воспалительных изменений молочной железы;
- оценка состояния молочных желез при увеличении подмышечных, под- и надключичных лимфатических узлов;
- оценка состояния силиконовых протезов молочных желез;
- пункционная биопсия образований под контролем УЗИ.

Живот

1. Исследование паренхиматозных органов пищеварительной системы (печень, поджелудочная железа) и селезенки:

- диагностика диффузных и очаговых заболеваний (опухоли, кисты, воспалительные процессы);
 - диагностика повреждений при механической травме живота;
 - выявление метастатического поражения печени при злокачественных опухолях любой локализации;
 - диагностика портальной гипертензии.
2. Исследование желчных путей и желчного пузыря:
- диагностика желчнокаменной болезни с оценкой состояния желчных путей и определением в них конкрементов;
 - уточнение характера и выраженности морфологических изменений при остром и хроническом холецистите;
 - установление природы постхолецистэктомического синдрома.
3. Исследование желудка:
- дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных поражений;
 - оценка местной распространенности рака желудка.
4. Исследование кишечника:
- диагностика кишечной непроходимости;
 - оценка местной распространенности рака прямой кишки;
 - диагностика острого аппендицита.
5. Исследование брюшной полости:
- выявление свободной жидкости в полости брюшины различной этиологии;
 - диагностика внутрибрюшинных неорганных абсцессов;
 - дифференциация внутрибрюшинных абсцессов с воспалительными инфильтратами.
6. Исследование почек и верхних мочевых путей:
- диагностика различных заболеваний и оценка характера и выраженности имеющихся морфологических изменений;
 - оценка местной распространенности злокачественных опухолей почек;
 - изменения в анализах мочи, сохраняющиеся более 2 мес;
 - установление причин гематурии, анурии;
 - дифференциальная диагностика почечной колики и других острых заболеваний живота (острый холецистит, острый аппендицит, кишечная непроходимость);
 - клинические признаки симптоматической артериальной гипертензии;
 - диагностика повреждений при механической травме живота и поясничной области.
7. Исследование лимфатических узлов:
- выявление их метастатического поражения при злокачественных опухолях органов живота и таза;
 - лимфомы любой локализации.
8. Исследование брюшной аорты и нижней полой вены:
- диагностика аневризм брюшной аорты;

- выявление стенозов и окклюзий;
- выявление флеботромбоза нижней полой вены.

Таз

1. Исследование нижних мочевых путей (дистальная часть мочеточников, мочевого пузыря):

- диагностика воспалительных заболеваний;
- оценка местной распространенности злокачественных опухолей;
- определение остаточной мочи в мочевом пузыре при инфравезикальной обструкции.

2. Исследование внутренних половых органов у мужчин (простата, семенные пузырьки):

- диагностика воспалительных заболеваний и аномалий;
- оценка местной распространенности злокачественных опухолей;
- определение стадии доброкачественной гиперплазии предстательной железы.

3. Исследование внутренних половых органов у женщин:

- диагностика воспалительных заболеваний и аномалий;
- оценка местной распространенности злокачественных опухолей;
- установление причин бесплодия;
- определение срока беременности;
- контроль течения беременности;
- определение пола плода;
- определение предполагаемой массы тела и длины плода;
- определение функционального состояния («биофизического профиля») плода;
- диагностика внематочной беременности;
- диагностика внутриутробной гибели плода;
- диагностика врожденных пороков развития и заболеваний плода.

Позвоночник

1. Диагностика дегенеративно-дистрофических поражений.

2. Диагностика повреждений мягкотканых структур позвоночника при механической травме.

3. Диагностика родовых повреждений и их последствий у новорожденных и детей первого года жизни.

Конечности

1. Диагностика повреждений мышц, сухожилий, связок.

2. Диагностика заболеваний и повреждений вне- и внутрисуставных структур.

3. Диагностика воспалительных и опухолевых заболеваний костей и мягких тканей.

4. Диагностика врожденных нарушений развития конечностей (врожденный вывих бедра, деформации стопы, некомплектность мышц).

Периферические кровеносные сосуды

1. Диагностика артериальных аневризм.

2. Диагностика артериовенозных соустьев.

3. Диагностика тромбозов и эмболии.

4. Диагностика стенозов и окклюзий.

5. Диагностика хронической венозной недостаточности.
6. Диагностика повреждений сосудов при механической травме.

Контрольные вопросы

1. Каковы физические основы ультразвука?
2. Какие методики УЗИ вы знаете?
3. Какие режимы визуализации биологических структур при УЗИ вы знаете?
4. Каковы диагностические возможности эхоконтрастирования?
5. Перечислите методики доплерографии, используемые в клинической практике в настоящее время.
6. Какие органы целесообразно подвергать скрининговым ультразвуковым исследованиям?

ОСНОВЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Математические основы компьютерной томографии (КТ) были разработаны еще в начале XX в. Отсутствие мощных вычислительных систем на тот момент не предполагало использования этих алгоритмов в медицинской практике. Впервые реконструкция трехмерной структуры объекта из множества его проекций в медицине была предложена математиком из ЮАР Аланом МакКормаком. Работая в отделении лучевой терапии больницы Кейптауна Хорте Схюр, он впервые описал принцип получения послойных изображений. В 1963 г. он опубликовал статью с математическими расчетами, позволяющими реконструировать изображение головного мозга после его сканирования узким пучком рентгеновских лучей. Изучив эти материалы, группа инженеров английской фирмы электромзыкальных инструментов EMI во главе с Годфри Хаунсфилдом занялась созданием первого прототипа компьютерного томографа для исследования головного мозга. Аппарат они назвали по имени фирмы. На этой установке сканирование головного мозга занимало 9 ч, а каждое изображение состояло всего лишь из 4096 точек. Однако даже такой несовершенный и громоздкий аппарат, больше похожий на орудие для пытки, позволял значительно улучшить диагностику патологий головного мозга.

Первая компьютерная томограмма была выполнена женщине с опухолевым поражением головного мозга. В 1972 г. на конгрессе Британского радиологического института Г. Хаунсфилд и врач Дж. Амброус выступили с сенсационным сообщением «Рентгенология проникает в мозг». С этого момента начинается бурное развитие рентгеновской КТ. Следуя за огромным спросом, ведущие фирмы по производству медицинской техники начали выпускать первые компьютерные томографы уже в 1973 году. Развитие технологии шло так быстро, что к концу 1979 г. существовало уже четыре поколения компьютерных томографов. Исследование головного мозга на этих аппаратах к тому времени занимало не 9 ч, а несколько минут. В 1979 г. математику Алану МакКормаку и инженеру Годфри Хаунсфилду за разработку метода рентгеновской компьютерной томографии была присуждена Нобелевская премия в области медицины (рис. 4.1).

Современные аппараты позволяют сканировать одну область тела в течение нескольких секунд. Разрешающая способность современных компьютерных томографов увеличилась в несколько раз, значительно снизилась лучевая нагрузка на пациента, появилась возможность выполнять исследования любой области тела. С появлением многосрезовой и электронно-лучевой томографии



Рис. 4.1. Изобретатели метода рентгеновской компьютерной томографии: *а* — Алан Мак-Кормак; *б* — Годфри Хаунсфилд

(варианты рентгеновской КТ) стало возможным исследование сердца и коронарных артерий (рис. 4.2, см. цв. вклейку).

Принцип КТ заключается в создании с помощью вычислительной машины послойных изображений исследуемого объекта на основе измерения коэффициентов линейного ослабления излучения, прошедшего через этот объект.

При рентгеновской КТ происходит послойное поперечное сканирование объекта коллимированным (суженным) пучком рентгеновского излучения. Излучение регистрируется системой специальных детекторов с последующим формированием с помощью компьютера изображения в режиме «серой шкалы» на экране монитора.

В ходе измерения интенсивности излучения, прошедшего сквозь исследуемый объект при движении вокруг него рентгеновского излучателя, в память компьютера поступает массив данных, по которым вычисляются коэффициенты ослабления излучения или значения плотности тканей во всех элементарных ячейках томографического слоя.

По этим показателям на основании вычислений с помощью специальных программ компьютер формирует изображение на экране исследуемого сечения объекта.

Таким образом, в системах КТ получение томографического изображения основано на:

- формировании коллимированного пучка рентгеновского излучения;
- сканировании (исследовании узкого слоя — «среза») объекта этим пучком;
- измерении излучения за объектом детекторами с последующим преобразованием результатов в цифровую форму;
- вычислительном синтезе изображения по совокупности измеренных данных;
- анализе и обработке изображения для повышения диагностической ценности и наглядности проведенного исследования.

В состав компьютерно-томографической установки входят четыре группы устройств:

- 1) для генерации, пространственного формирования и приема рентгеновских лучей (рентгеновское питающее устройство, сканирующее устройство с излучателем, коллиматоры и детекторы, агрегат охлаждения излучателя);
- 2) для укладки и перемещения пациента (стол-транспортер, световые визиры, панель управления);
- 3) для обработки результатов, измерения и синтеза изображения (аналогово-цифровые преобразователи, компьютер, устройства для хранения информации, контрольно-диагностический пульт);
- 4) для визуального контроля и документирования рентгеновских изображений и их анализа (фотокамеры, принтеры, устройства записи информации на сменные носители).

Следующим шагом в развитии стало появление многослойной КТ. Воспринимающее устройство в таких аппаратах представляет собой не одну, а целый ряд параллельных линеек детекторов, действующих синхронно. Таких линеек детекторов в современных томографах может быть до 340 рядов. Это позволяет в процессе одного оборота рентгеновской трубки покрыть область сканирования протяженностью до 20 см. Использование таких аппаратов позволило значительно увеличить скорость сканирования, повысить разрешающую способность установок, снизить лучевую нагрузку на пациента. Появились новые методики сканирования, такие как оценка перфузии в целом органе или динамическая (4D) ангиография.

Технологии сканирования определяются характером перемещения источника излучения и объекта исследования в процессе выполнения КТ. Существуют две принципиально различные технологии сканирования: последовательная (пошаговая) и спиральная.

Последовательная технология сканирования предполагает обязательную остановку рентгеновской трубки после каждого цикла вращения (рис. 4.3). Это необходимо для того, чтобы установить ее в исходное положение перед следующим циклом вращения и передвинуть пациента на столе-транспортере для сканирования нового участка исследуемой области тела. Достоинством последовательной технологии сканирования является получение изображений высокого качества с низким уровнем электронного шума. Однако такое сканирование требует значительной затраты времени и малоприменимо для исследования области груди или живота.

Спиральная технология сканирования заключается в одновременном выполнении двух действий: непрерывного вращения источника рентгеновского излучения вокруг объекта и непрерывного поступательного движения стола с пациентом через окно гентри (рис. 4.4). В этом случае траектория пучка рентгеновских лучей, просцируемых на тело пациента, принимает форму спирали. В отличие от последовательной КТ, скорость поступательного движения стола с пациентом может меняться в зависимости от задач конкретного исследования. Принципиально важно, что скорость смещения стола может быть в 1,5–2 раза, а в установках для многослойной КТ — в 3–5 раз больше толщины среза без существенного ухудшения пространственного разрешения аппарата. Основное

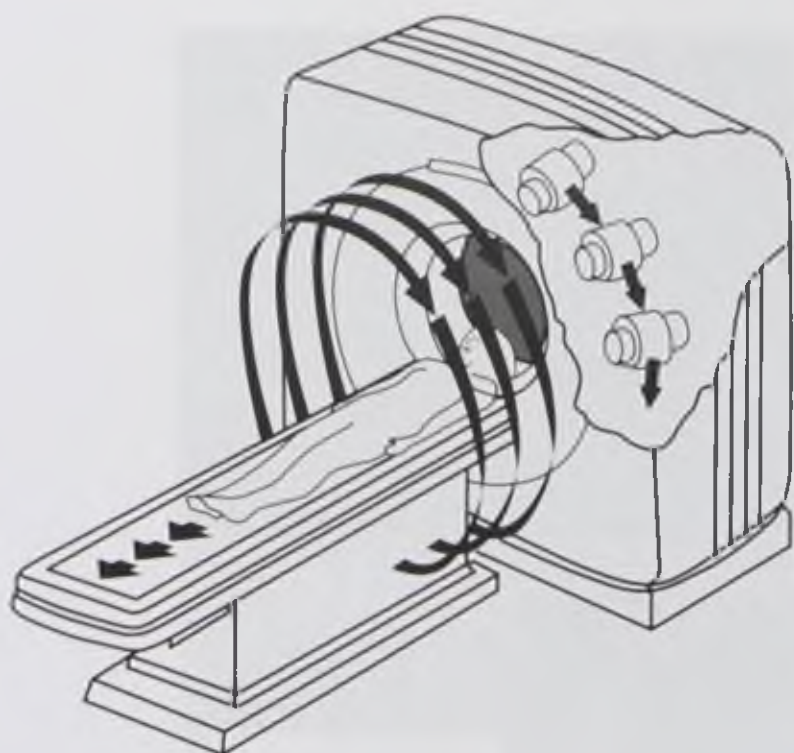


Рис. 4.3. Соотношение движений рентгеновской трубки и стола с пациентом при последовательной технологии сканирования

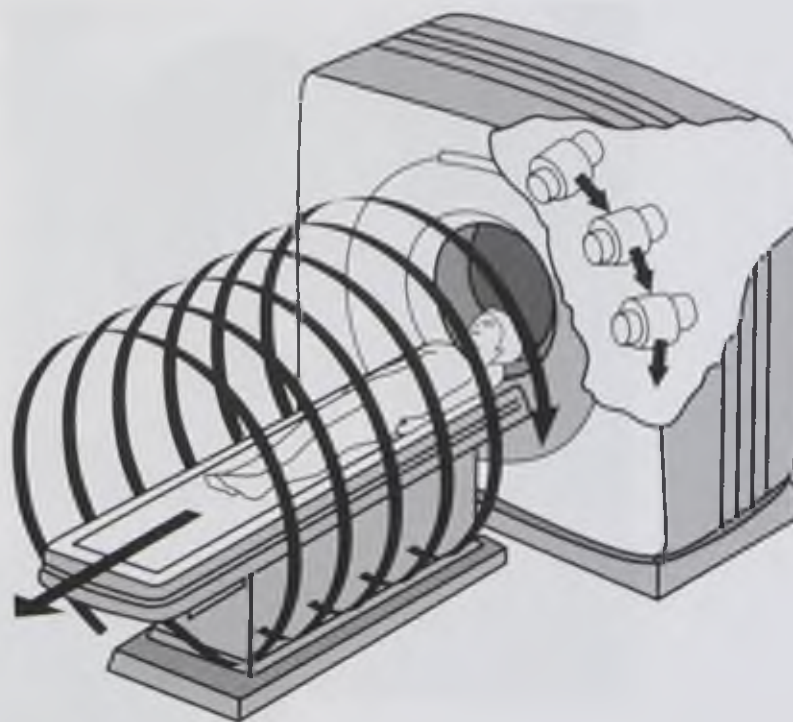


Рис. 4.4. Соотношение движений рентгеновской трубки и стола с пациентом при спиральной технологии сканирования

преимущество спиральной КТ заключается в значительном ускорении процесса сканирования, поскольку временные интервалы между отдельными циклами вращения рентгеновской трубки отсутствуют.

Вычисленные коэффициенты ослабления рентгеновского излучения выражаются в относительных единицах, так называемых *единицах Хаунсфилда*. Нижняя граница этой шкалы составляет -1000 условных единиц (НУ), что соответствует ослаблению рентгеновского излучения в воздухе. Коэффициент абсорбции воды принимают за ноль. Плотность (коэффициент абсорбции) жира по такой шкале составляет -100 НУ, паренхиматозных органов $+20...+60$ НУ, крови $+30...+60$ НУ, серого вещества мозга $+30$ НУ (рис. 4.5).

Яркость свечения определенной точки монитора зависит от значения числа Хаунсфилда в соответствующем участке исследуемого объекта. Обычно в КТ на кодировку интенсивности сигнала отдается 12 или 16 бит информации, что позволяет показать на экране от 4096 до 32000 значений относительного коэффициента абсорбции в режиме «серой шкалы». Человек же может различить лишь 16–32 градации серого цвета. Для адаптации возможностей человеческого глаза к визуализации всей показанной на экране информации используют специальный метод отображения, называемый «электронным окном». Для визуального анализа изображения на различных участках

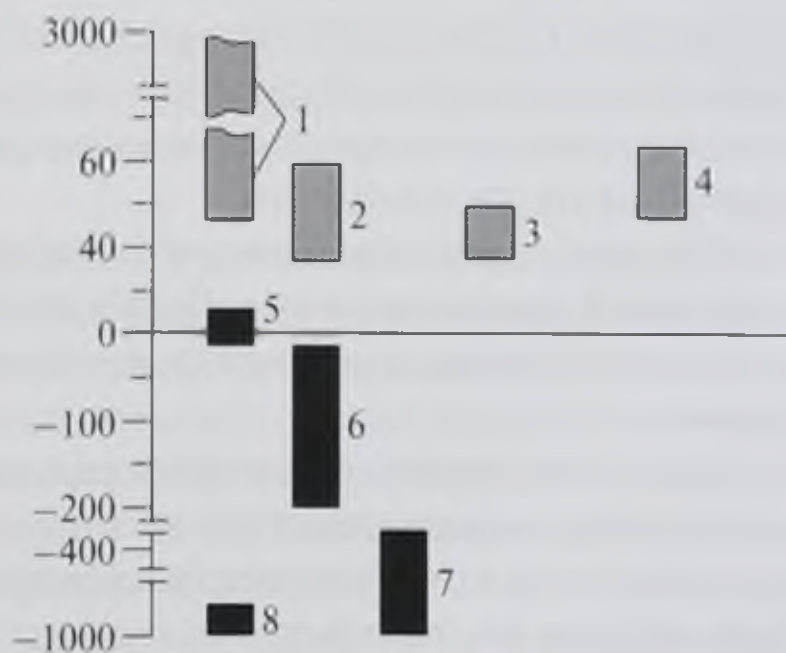


Рис. 4.5. Плотности некоторых веществ и тканей человека по шкале Хаунсфилда: 1 — кость; 2 — кровь; 3 — селезенка; 4 — печень; 5 — жидкость; 6 — жировая ткань; 7 — легочная ткань; 8 — воздух

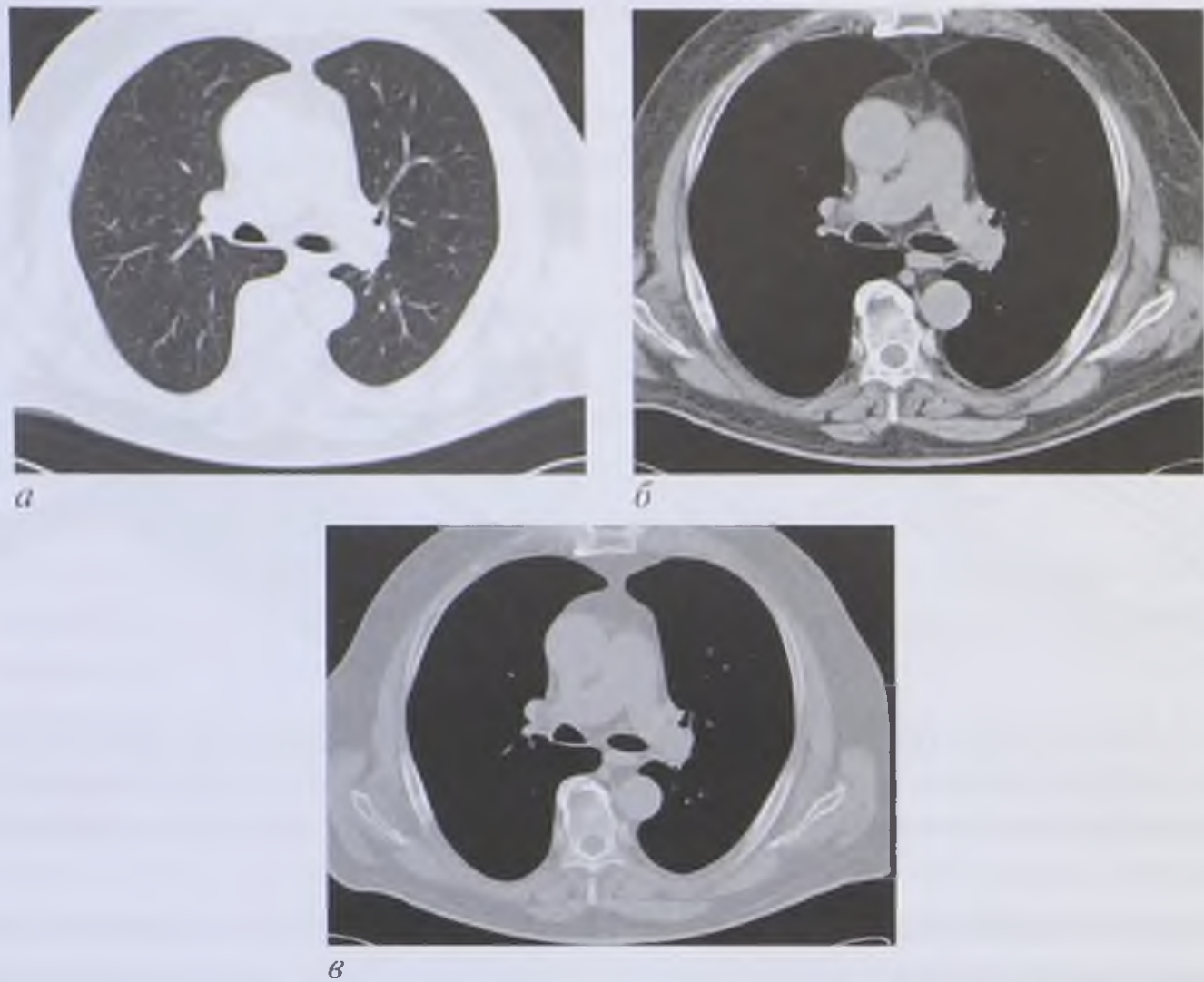


Рис. 4.6. Компьютерная томограмма груди на одном и том же уровне в разных электронных окнах: *а* — легочном (центр — 600 HU, ширина — 1200 HU); *б* — мягкотканном (центр — 50 HU, ширина — 350 HU); *в* — костном (центр — 350 HU, ширина — 1200 HU)

шкалы Хаунсфилда («окно») предусмотрены средства выбора и управления шириной этого окна и местом его расположения на шкале Хаунсфилда.

При изучении структуры плотных объектов (кость) ширина окна должна быть максимальной, а его центр сдвинут в сторону высоких плотностей (рис. 4.6). При изучении мягких тканей ширину окна уменьшают. Кроме того, субъективная зрительная оценка изображения может быть дополнена прямой денситометрией (измерением рентгеновской плотности) в любой точке или участке среза. Высокая точность измерений позволяет различать ткани, на 0,5% отличающиеся друг от друга по плотности.

В связи с этим полагают, что информации в КТ значительно больше, чем в обычной рентгенограмме. Цифровая форма получаемой при КТ информации позволяет использовать ее для углубленного математического анализа изображения.

На КТ получают обычно поперечные («пироговские») срезы объекта. Однако из набора измеренных данных при достаточном числе срезов органа можно произвести реконструкцию изображения не только в аксиальной плоскости (рис. 4.7, см. цв. вклейку).

С помощью прицельной реконструкции можно из необработанных данных построить отдельную область в увеличенном виде для более детального изучения. Фактор увеличения обычно составляет от 1 до 10. Такое увеличение ведет к улучшению четкости изображения, особенно на границах органов и тканей, где есть перепад плотности (рис. 4.8).

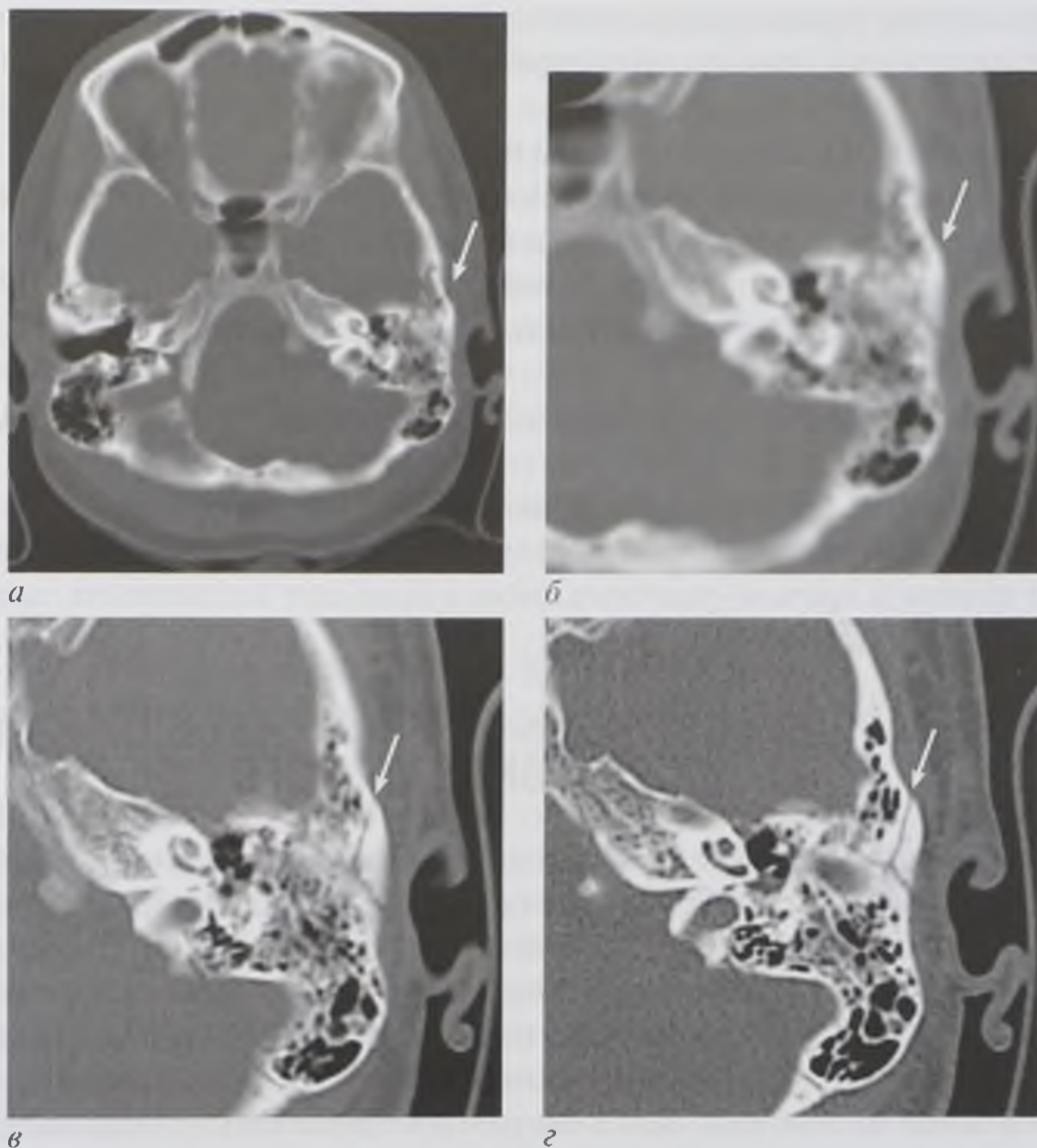


Рис. 4.8. Компьютерные томограммы основания черепа на уровне пирамид височных костей, выполненные при различных параметрах реконструкции изображения: *а* — большая зона интереса; стандартный фильтр реконструкции; *б* — увеличение части предыдущего изображения; *в* — прицельная реконструкция со стандартным фильтром реконструкции; *г* — прицельная реконструкция с фильтром реконструкции высокого разрешения (стрелками указаны линии перелома пирамиды височной кости)

Лучевая нагрузка на пациента при КТ очень локальная, так как пучок рентгеновских лучей проходит через узкий слой. В связи с этим органы, непосредственно не попадающие в зону томографирования, практически не облучаются. Несмотря на высокие экспоненциальные дозы и большое число включений рентгеновской трубки при производстве срезов, поглощенная доза оказывается невысокой. Так, например, лучевая нагрузка при КТ почек равна дозе, получаемой пациентом при проведении экскреторной урографии.

Методика стандартной КТ включает несколько последовательных этапов.

1. Изучение данных клинического обследования больного.
2. Анализ результатов предшествующих лучевого, инструментального и лабораторного исследований.
3. Определение цели и задач КТ.
4. Подготовка больного к проведению исследования.

5. Определение параметров сканирования с учетом характера предполагаемой патологии, психосоматического состояния пациента и технических возможностей компьютерного томографа.
6. Регистрация, укладка больного и выполнение сканирования.
7. Предварительный анализ результатов КТ на рабочей консоли с целью определения показаний для использования дополнительных методик.
8. Постпроцессорная обработка изображений.
9. Архивирование полученных данных, оформление технической документации.
10. Анализ полученных результатов и сопоставление с данными других исследований.
11. Оформление протокола исследования.

Необходимость проведения КТ больному обычно определяется совместно лечащим врачом и врачом-рентгенологом в процессе составления заявки для направления больного на КТ.

4.1. ПОДГОТОВКА БОЛЬНОГО

При выполнении КТ большинства анатомических областей (голова, шея, позвоночник, грудь, конечности) специальной подготовки пациента не требуется. Исключение составляет исследование живота и таза. В данном случае желательно пероральное контрастирование водой или слабым раствором контрастного вещества просвета желудка и тонкой кишки. Особенно важно проведение перорального контрастирования при исследовании поджелудочной железы, органов малого таза. Для контрастирования всех отделов кишечника за 10–12 ч, за 2 ч и за 30 мин до исследования пациент выпивает маленькими глотками по стакану воды или слабого раствора (4–5%) контрастного вещества.

Значительное количество воздуха в просвете кишечника может ухудшать визуализацию других органов. В связи с этим лицам со склонностью к запорам и метеоризму за 12–14 ч до исследования назначают очистительную клизму.

Прием воды внутрь рекомендован всем пациентам, которым планируется внутривенное введение контрастного вещества. Такая гидратация пациента позволяет значительно снизить риск возможных неблагоприятных влияний контрастного вещества на организм.

Не следует назначать КТ живота и таза пациентам, которым накануне выполнялось рентгенологическое исследование желудочно-кишечного тракта с использованием бария сульфата. Бариевая взвесь дает выраженные артефакты, значительно затрудняющие интерпретацию полученных изображений. В связи с этим от проведения КТ следует воздержаться вплоть до полного выведения бария сульфата из кишечника. Контроль этого процесса может осуществляться с помощью обзорной рентгеноскопии или рентгенографии живота.

В последние годы все шире используются компьютерные томографы, позволяющие получать изображения с использованием рентгеновского излучения с разной энергией фотонов. К таким методикам относятся двуэнергетическая КТ (DualEnergy CT), КТ с двумя источниками излучения (DualSource CT)

и спектральная КТ (Spectral CT). Замечено, что некоторые атомы задерживают рентгеновское излучение определенной энергии лучше, чем фотоны с другой энергией. Таким образом, анализируя спектр поглощенных фотонов, можно судить о концентрации тех или иных атомов в исследуемом объекте. Так, например, атомы йода, содержащиеся в контрастном веществе, значительно лучше задерживают рентгеновские фотоны низкой энергии по сравнению с высокоэнергетическими. Анализируя изображения, синхронно полученные при напряжении генерирования рентгеновского излучения при 80 и 140 кВ, можно выявить участки накопления контрастного вещества намного точнее по сравнению с моноэнергетическим режимом. Использование такого способа сканирования также позволяет предположить химический состав конкрементов в мочевых путях, выявить депозиты уратов в мягких тканях при подагре или значительно уменьшить артефакты от металлических имплантатов при сканировании.

4.2. ОБЩАЯ МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Перед началом процедуры пациенту разъясняют цели и характер предстоящего исследования. Затем его укладывают на стол-транспортер аппарата. В большинстве случаев КТ проводится в положении пациента лежа на спине. При исследовании головного мозга и шейного отдела позвоночника голову укладывают на специальный подголовник и фиксируют к нему. С целью уменьшения поясничного лордоза при исследовании пояснично-крестцового отдела позвоночника пациенту под согнутые колени подкладывают специальный валик.

Руки, попадая в зону сканирования, дают выраженные артефакты и таким образом ухудшают визуализацию исследуемой анатомической области, поэтому их нужно вывести за пределы сканирования. Это в первую очередь касается КТ области груди и живота.

Рентгенолаборант устанавливает световой луч на уровень начала исследуемой анатомической области.

Во всех случаях сканирование начинается с выполнения томограммы (обзорной цифровой рентгенограммы в прямой или боковой проекции). Она предназначена для определения уровня первого среза или всей зоны сканирования, а также выбора угла наклона гентри. После этого производится непосредственно сканирование.

Органы грудной клетки и живота с целью уменьшения артефактов от дыхания исследуют при задержке дыхания. При сканировании других анатомических областей задержка дыхания обычно не требуется.

Для оценки различных анатомических структур выбирают срезы разной толщины. Так, для исследования органов живота обычно используют поперечные срезы толщиной 3–5 мм, а для исследования позвоночника 0,5–1 мм. Обычно происходит реконструкция изображений двумя сериями. Серия с более толстыми аксиальными изображениями предназначена для первичной оценки, а серия с более тонкими аксиальными срезами — для качественных трехмерных реконструкций. В подавляющем большинстве случаев сканирование происходит

с толщиной среза 0,5–1,5 мм. Для визуализации более тонких структур, например пирамиды височной кости, могут использоваться срезы толщиной до 0,2–0,3 мм.

Спиральное сканирование позволяет значительно увеличить скорость исследования, что имеет большое значение при исследовании грудной клетки или области живота, но качество изображений при этом несколько снижается из-за двигательных артефактов (в результате непрерывного перемещения стола в ходе сканирования).

4.3. МЕТОДИКИ КОНТРАСТНОГО УСИЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В случае затруднений в интерпретации выявленных патологических изменений прибегают к контрастному усилению. Оно направлено на решение нескольких задач.

1. Улучшение визуализации патологического образования. Многие мягкотканые структуры при нативном сканировании имеют близкие плотностные показатели. Их контрастность может оказаться недостаточной для разграничения отдельных мягких тканей друг от друга, например опухоли от собственных тканей паренхиматозного органа или сосудов от мягкотканых структур. Это, в свою очередь, может не позволить с уверенностью высказаться о наличии или отсутствии патологического образования. Внутривенное введение РКС приводит к контрастированию как нормальных, так и патологических тканей. Однако в зависимости от объема и скорости кровотока в различных тканях время прохождения и накопления препарата в них будет различным. Это приводит к разграничению их плотностных показателей.

2. Попытка проведения дифференциальной диагностики различных патологических процессов на основе времени возникновения, степени и типа контрастного усиления.

3. Оценка взаимоотношения патологического очага и прилежащих сосудов.

4. Уточнение распространенности патологического процесса на основании увеличения разницы в плотностных показателях пораженных и нормальных тканей.

Сущность методики контрастного усиления изображения заключается во внутривенном введении с помощью обычного или механического шприца водорастворимого РКС с последующим сканированием зоны интереса (рис. 4.9). По всем основным параметрам предпочтение отдается неионным контрастными веществам. При использовании неионных контрастных веществ не нужна предварительная проба на их переносимость.

Пациентам с высоким риском аллергических реакций может назначаться антигистаминная премедикация по любой схеме, которая применяется в данном медицинском учреждении (например, прием внутрь 30 мг преднизолона за 12 и 2 ч до исследования).

Следует помнить, что при проведении внутривенного контрастирования у пациента может наблюдаться индивидуальная непереносимость контрастного вещества, предсказать наличие которой у конкретного человека заранее невозможно. Именно поэтому в кабинетах КТ должны быть созданы все условия для

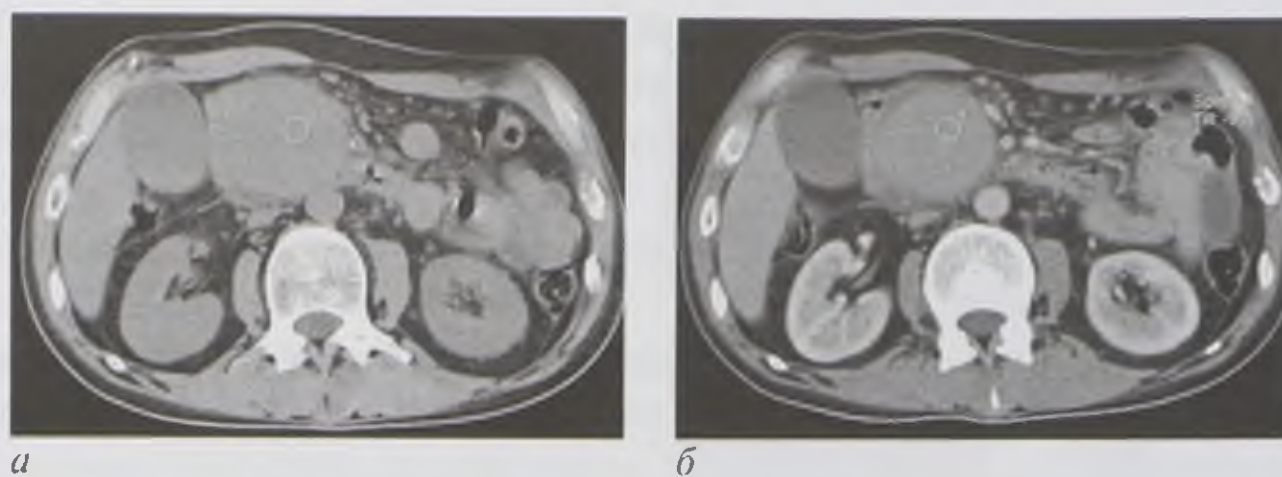


Рис. 4.9. Компьютерные томограммы живота до (а) и после (б) внутривенного введения контрастного вещества. Патологическое образование (псевдоаневризма ветви верхней брыжеечной артерии) накапливает контрастное вещество, в результате чего плотность его повышается почти в два раза

оказания неотложной помощи пациентам в случае развития острой аллергической реакции.

При проведении контрастного усиления принципиальным является выделение сосудистой и паренхиматозной фаз распространения РКС. Первая связана с прохождением РКС через сосудистое русло и длится секунды. Увеличить продолжительность этой фазы можно при болюсном введении достаточно большого количества РКС (100 мл и более), то есть при выполнении так называемой **компьютерно-томографической ангиографии**. Паренхиматозная фаза отражает накопление в тканях и выведение контрастных препаратов. Ее продолжительность составляет в среднем от 10 до 20 мин.

4.4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Специальные методики обычно применяются после выполнения стандартного исследования с целью уточнения и детализации выявленных патологических изменений. Они увеличивают время исследования, лучевую нагрузку на пациента и амортизацию аппаратуры, поэтому должны выполняться строго по клиническим показаниям. Вопрос об их применении решает врач-рентгенолог на основании поставленных лечащим врачом задач (иногда после совместной консультации).

1. Внутривенное введение 40–60 мл РКС с помощью обычного шприца. Сканирование проводится после завершения инъекции. Медицинский персонал должен выйти из процедурной. В любом случае, внутривенное введение РКС должно происходить только через периферический внутривенный катетер. В настоящее время эта методика контрастирования используется редко, при невозможности провести болюсное введение РКС.

Преимущества этой методики:

- состояние пациента во время процедуры и введение препарата контролируются медсестрой;
- процедура относительно простая, не занимает много времени, не требует больших материальных затрат.

Недостатки внутривенного введения:

- невозможность оценки быстротекущих процессов;
- потеря информации о первых минутах накопления РКС в области патологического процесса;
- невозможность достичь в каждом случае достаточного контрастирования сосудистых структур.

Этот способ введения РКС рекомендуется использовать при необходимости оценки паренхиматозной фазы усиления или отсроченных фаз, например при КТ-урографии.

2. Болюсное введение РКС. С внедрением в клиническую практику технологии спиральной КТ данный метод находит все большее распространение. С помощью автоматического иньектора быстро вводят (скорость в среднем — 4–5 мл/с) относительно большой объем РКС (75–150 мл).

Фаза максимального контрастирования артерий называется артериальной, вен — венозной, паренхимы органов — паренхиматозной. Обычно контрастное усиление мягких тканей специфично в первые 2 мин и достигает равновесия в среднем через 5 мин. В некоторых случаях может быть полезным выполнение отсроченной фазы сканирования. В каждом конкретном случае необходимость выполнения конкретной фазы определяет рентгенолог с учетом поставленных перед ним задач. Спиральная КТ артериальной системы с болюсным введением РКС носит название **спиральной компьютерно-томографической ангиографии (СКТА)** (рис. 4.10, см. цв. вклейку).

Преимущества болюсного введения РКС:

- возможность оценки быстротекущих процессов;
- проведение исследования в сосудистую (артериальную и венозную) и паренхиматозную фазы.

Недостатки болюсного контрастирования:

- невозможность выполнения при очень тонких, плохо доступных и резко измененных (склерозированных) венах;
- вероятность более выраженной реакции на введение РКС в связи с большим его количеством и высокой скоростью сканирования;
- относительная сложность методики.

3. Динамическая КТ является разновидностью контрастных методик и заключается в получении серии томограмм на том или ином анатомическом уровне. Томограммы выполняют через определенные интервалы времени после введения РКС. Методика позволяет объективно оценить скорость и степень накопления РКС в патологическом участке и неизмененных тканях. Разновидностью динамической КТ является перфузионная КТ (**КТ-перфузия**). При этом серия томограмм исследуемой области получается на фоне внутривенного введения с высокой скоростью «короткого болюса» РКС. В последующем выполняются математическая обработка этой серии изображений и построение изображений, картированных по перфузии ткани органа (рис. 4.11, см. цв. вклейку).

4. КТ-фистулография выполняется так же, как и обычная рентгеновская фистулография, но для КТ используют контрастное вещество меньшей концентрации. Методика позволяет подробно изучить свищевой ход, определить затеки и точно локализовать их в пространстве.

5. КТ-холангиография проводится с использованием пероральных и внутривенных РКС, выделение которых происходит с желчью (биливист, билигност). Чаще применяется способ прямого контрастирования желчных протоков через катетер, установленный при чрескожном чреспеченочном дренировании желчных путей или во время оперативного вмешательства на желчных путях. Методика позволяет подробно оценить внутренние и наружные желчные протоки, определить конкременты в желчном пузыре и протоках (рис. 4.12).

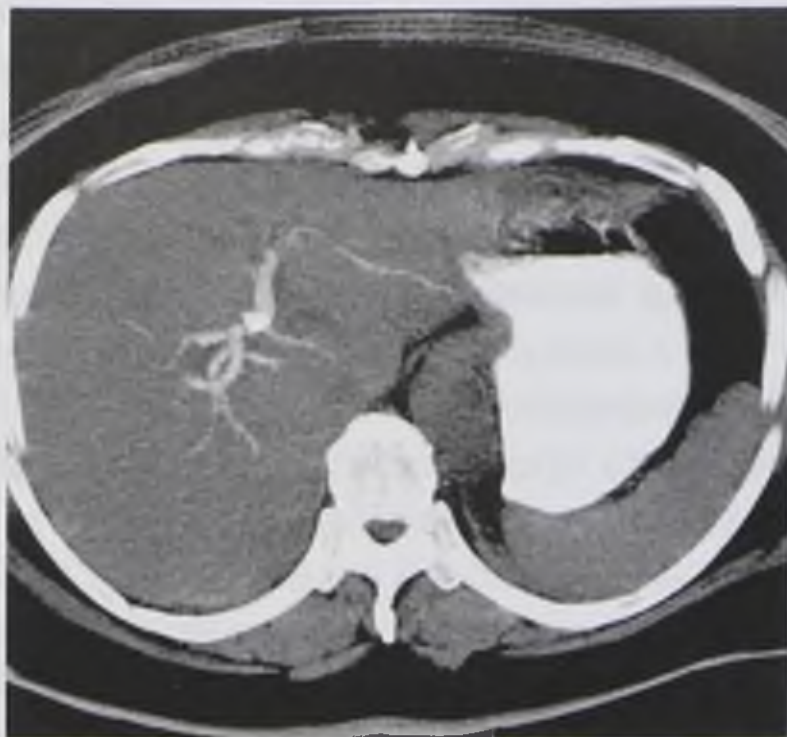


Рис. 4.12. Компьютерно-томографическая холангиография. Изображение в проекции максимальных интенсивностей в аксиальной плоскости на уровне ворот печени

6. КТ-миелография и КТ-цистернография — методики, позволяющие контрастировать цистерны и субарахноидальные пространства головного и спинного мозга путем введения РКС в субарахноидальное пространство после спинномозговой пункции. Они дают возможность оценить состояние и проходимость ликворных путей (рис. 4.13).



Рис. 4.13. Компьютерно-томографическая цистернография — многоплоскостная реконструкция во фронтальной плоскости в проекции клиновидной пазухи. При реконструкции изображений применен фильтр высокого разрешения. В субарахноидальном пространстве визуализируется повышение плотности спинномозговой жидкости за счет наличия в нем контрастного вещества, а также истечение ее в просвет клиновидной пазухи (стрелка)

7. КТ-колонография используется для диагностики дивертикулов, доброкачественных и злокачественных опухолей толстой кишки. Методика заключается в сканировании области живота и таза тонкими срезами после подготовки толстой кишки и раздувания ее газом. Эту методику больные обычно переносят легче, чем ирригоскопию и колоноскопию. Ее часто используют как скрининговый метод при отборе пациентов на проведение эндоскопии (рис. 4.14, см. цв. вклейку).

8. КТ-коронарография дает возможность получить изображение коронарных артерий путем синхронизации сканирования с электрокардиографией. Эта методика отличается малой инвазивностью, позволяет оценить как коронарные артерии, так и структуры сердца (рис. 4.15, см. цв. вклейку).

9. КТ-артрография используется для оценки внутрисуставных мягкотканых структур (суставной хрящ, внутрисуставные связки, мениски, суставные губы), которые при нативной КТ визуализируются нечетко.

10. Высокоразрешающая КТ имеет большое значение в диагностике многих заболеваний легких. Заключается в прицельном сканировании измененного участка легочной ткани тонким пучком излучения «тонкими срезами» (0,5–1 мм) с максимальным увеличением зоны интереса. Полученные томограммы восстанавливаются с использованием алгоритма высокого разрешения. Эта методика предназначена для искусственного повышения контрастности изображения и увеличения пространственной разрешающей способности аппарата. Такой способ сканирования также нашел широкое применение при исследовании структур пирамиды височной кости.

11. Количественная КТ легких. В дополнение к стандартному исследованию груди на вдохе производится исследование легких на выдохе. Далее происходит денситометрический анализ легочной паренхимы, для выявления участков патологического вздутия или уплотнения в легких. Методика служит для оценки состояния легочной ткани при ряде патологических процессов (например, при эмфиземе, обструктивных заболеваниях легких) (рис. 4.16, см. цв. вклейку).

12. Количественная КТ кальцинированных бляшек — скрининговая методика, позволяющая оценить риск развития коронарного события у пациента путем подсчета количества и плотности кальциатов в коронарных артериях при их атеросклеротическом поражении. Данная методика используется для оценки распространенности атеросклеротического процесса в организме.

13. Количественная КТ костной ткани позволяет измерить минеральную костную плотность губчатой и компактной костной ткани. Ее используют для количественной оценки выраженности остеопороза (рис. 4.17, см. цв. вклейку).

4.5. ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Голова

1. Аномалии и пороки развития головного мозга.
2. Травма головы:
 - диагностика переломов костей мозгового и лицевого отделов черепа;
 - диагностика внутрочерепных кровоизлияний;
 - диагностика внутриглазных кровоизлияний;
 - диагностика инородных тел головы.
3. Опухоли головного мозга:
 - диагностика и дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей;
 - оценка радикальности удаления опухолей;
 - контроль эффективности химиотерапии и лучевой терапии опухолей.

4. Заболевания сосудов головного мозга:
 - диагностика острых и хронических нарушений мозгового кровообращения и их последствий;
 - диагностика сосудистых мальформаций (артериальные аневризмы, артериовенозные мальформации, артериосинусные соустья и др.);
 - диагностика стенозирующих и окклюзирующих заболеваний сосудов головного мозга и шеи (стенозы, тромбозы и др.).
5. Заболевания ЛОР-органов и глазниц:
 - диагностика воспалительных заболеваний;
 - диагностика опухолей.
6. Заболевания височной кости:
 - диагностика острых и хронических отитов;
 - диагностика и дифференциальная диагностика опухолей и неопухольных заболеваний.
7. Заболевания слюнных желез:
 - диагностика слюннокаменной болезни;
 - диагностика опухолевых заболеваний;
 - диагностика воспалительных заболеваний.
8. В послеоперационном периоде:
 - оценка состояния головного мозга после удаления опухолей, внутричерепных гематом, сосудистых мальформаций;
 - диагностика продолженного роста опухолей.

Шея

1. Исследование сонных и позвоночных артерий, яремных вен:
 - диагностика вариантов строения и аномалий развития;
 - выявление стенозов или окклюзий сосудов;
 - механическая травма (повреждения сосудов, гематомы).
2. Исследование щитовидной железы:
 - диагностика опухолей и кист.
3. Исследование лимфатических узлов:
 - подозрение на их метастатическое поражение при выявленной злокачественной опухоли любого органа;
 - дифференциальная диагностика доброкачественной и злокачественной лимфаденопатии.
4. Исследование гортани и глотки:
 - диагностика опухолей;
 - диагностика воспалительных заболеваний;
 - выявление инородных тел.
5. Неорганные новообразования шеи (опухоли, кисты).

Грудь

1. Травма груди:
 - диагностика повреждений костного каркаса груди;
 - диагностика повреждений легких и органов средостения;
 - выявление жидкости, воздуха или крови в плевральной полости (пневмо- и гемоторакс).

2. Опухоли легких и средостения:

- диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей;
- определение стадии злокачественных опухолей;
- оценка состояния регионарных лимфатических узлов;
- дифференциальная диагностика метастатического поражения лимфатических узлов и воспалительных процессов.

3. Туберкулез:

- диагностика различных форм туберкулеза;
- оценка состояния внутригрудных лимфатических узлов;
- дифференциальная диагностика с другими заболеваниями;
- оценка эффективности лечения.

4. Пневмонии:

- диагностика осложненных и атипичных форм пневмоний;
- контроль эффективности проводимого лечения.

5. Заболевания грудины и ребер:

- диагностика опухолей;
- диагностика воспалительных процессов (остеомиелит, перихондрит).

6. Заболевания плевры:

- диагностика опухолей;
- диагностика плевритов и эмпиемы плевры.

7. Исследование сердца и сосудов груди:

- оценка состояния шунтов и стентов венечных артерий после оперативных вмешательств;
- диагностика приобретенных и врожденных пороков сердца;
- диагностика повреждений сердца при травме груди;
- диагностика различных форм перикардитов;
- количественное определение кальция в атеросклеротических бляшках коронарных артерий для прогнозирования риска развития осложненной ишемической болезни сердца (ИБС);
- ориентировочная оценка состояния венечных артерий;
- диагностика опухолей сердца;
- диагностика сосудистых мальформаций (артериальные аневризмы и артериовенозные мальформации);
- диагностика аневризм, патологических сужений или расслоения стенки аорты, легочной артерии, брахиоцефальных артерий;
- диагностика ТЭЛА и оценка малого круга кровообращения при легочной гипертензии различного генеза;
- диагностика стенозирующих и окклюзирующих заболеваний сосудов груди (стенозы, тромбозы и др.).

8. Диагностика патологических изменений в легких и средостении при несоответствии изменений на рентгенограммах и клинических признаков заболевания (кровохарканье, быстро прогрессирующая одышка, хронический кашель с большим количеством гнойной мокроты, атипичные клетки или микобактерии туберкулеза в мокроте).

9. Оценка эффективности консервативного, оперативного и комбинированного лечения опухолевых и неопухолевых заболеваний.

Живот и таз

1. Травма живота и таза:
 - выявление инородных тел;
 - диагностика повреждений паренхиматозных и полых органов;
 - диагностика костных повреждений таза и внутритазовых гематом.
2. Исследование паренхиматозных органов пищеварительной системы (печень, поджелудочная железа):
 - диагностика опухолевых заболеваний;
 - оценка стадирования злокачественных опухолей;
 - диагностика метастазов при злокачественных опухолях любой локализации;
 - диагностика неопухолевых заболеваний (кисты, паразитарные заболевания).
3. Исследование желчного пузыря и желчных протоков:
 - диагностика опухолей желчного пузыря и желчных протоков;
 - диагностика желчнокаменной болезни с оценкой состояния протоков и определением в них конкрементов;
 - уточнение характера и выраженности морфологических изменений при остром и хроническом холецистите.
4. Исследование желудка:
 - дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных опухолей;
 - оценка местной распространенности злокачественных опухолей.
5. Исследование кишечника:
 - дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных опухолей;
 - оценка распространенности злокачественных опухолей;
 - диагностика неопухолевых заболеваний (болезнь Крона и др.).
6. Исследование почек, мочеточников и мочевого пузыря:
 - диагностика травматических повреждений мочевых органов;
 - диагностика опухолевых и неопухолевых заболеваний с оценкой морфологических изменений;
 - оценка распространенности злокачественных опухолей;
 - диагностика мочекаменной болезни с оценкой экскреторной функции почек;
 - денситометрический анализ конкрементов;
 - дифференциальная диагностика почечной колики с другими острыми заболеваниями органов живота;
 - установление причин гематурии, анурии.
7. Исследование лимфатических узлов:
 - выявление их метастатического поражения при злокачественных опухолях;
 - выявление поражения при неопухолевых заболеваниях;
 - диагностика лимфом.
8. Исследование брюшной аорты и ее ветвей:
 - диагностика аневризм;
 - выявление стенозов и окклюзии.

Позвоночник

1. Аномалии и пороки развития позвоночника и спинного мозга.
2. Травма позвоночника и спинного мозга:
 - диагностика различных видов переломов и переломовывихов позвоночника;
 - оценка компрессии дурального мешка.
3. Опухоли позвоночника и спинного мозга:
 - диагностика первичных и метастатических опухолей костных структур позвоночника;
 - диагностика экстрамедуллярных опухолей спинного мозга.
4. Дегенеративно-дистрофические изменения:
 - диагностика спондилеза, спондилоартроза и остеохондроза и их осложнений (грыжи дисков, стеноз позвоночного канала).
5. Воспалительные заболевания позвоночника (специфические и неспецифические спондилиты).
6. Измерение минеральной костной плотности при системном остеопорозе.
7. Планирование и оценка результатов оперативного и консервативного лечения заболеваний и травм позвоночника и спинного мозга.

Конечности

1. Переломы костей.
2. Диагностика воспалительных заболеваний костей и суставов.
3. Диагностика опухолей костей и мягких тканей конечностей.
4. Выявление патологических изменений в суставах и окружающих тканях при наличии клинических признаков заболевания (артралгии, ограничение подвижности сустава, нарушение опорной функции нижней конечности).

Контрольные вопросы

1. В чем различие между спиральной и последовательной технологиями сканирования?
2. Что такое «электронное окно» и какие «электронные окна» принято различать?
3. Для решения каких задач используют контрастное усиление при КТ?
4. Перечислите специальные методики, используемые при КТ.
5. Укажите основные показания к проведению КТ головного мозга.

ОСНОВЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — один из самых молодых методов лучевой диагностики. Метод основан на феномене ядерного магнитного резонанса, который известен с 1946 г., когда Ф. Блох (F. Bloch) и Э. Пёрселл (E. Purcell) показали возможность существования этого явления. Под **ядерным магнитным резонансом** понимают резонансное поглощение электромагнитной энергии веществом, содержащим ядра с ненулевым спином во внешнем магнитном поле, обусловленное переориентацией магнитных моментов ядер. В 1952 г. за открытие магнитного резонанса Ф. Блох и Э. Пёрселл получили Нобелевскую премию.

В 2003 г. Нобелевская премия по медицине была присуждена британскому ученому Питеру Мэнсфилду (Sir Peter Mansfield) и его американскому коллеге Полу Лотербуру (Paul Lauterbur) за исследования в области МРТ. В начале 1970-х годов Пол Лотербур открыл возможность получать двухмерное изображение благодаря созданию градиента магнитной индукции в магнитном поле. Анализируя характеристики испускаемых радиоволн, он определил их происхождение. Это позволило создавать двухмерные изображения, которые нельзя получить другими методами.

Доктор Мэнсфилд развил исследования Лотербура, установив, каким образом можно анализировать сигналы, которые подает исследуемый образец в магнитном поле. Он создал математический аппарат, позволяющий преобразовывать эти сигналы в двухмерное изображение.

Споры по поводу приоритета открытия МРТ было много. Американский физик Рэймонд Дамадьян (Raymond Damadian) объявил себя настоящим изобретателем МРТ и создателем первого томографа.

Вместе с тем принципы построения магнитно-резонансных изображений человеческого тела задолго до Рэймонда Дамадьяна разработал Владислав Иванов. Исследования, которые в то время казались сугубо теоретическими, через десятки лет нашли широкое практическое применение в клинической практике (с 80-х годов XX в.).

Основные компоненты любого МР-томографа:

- магнит, который создает внешнее постоянное магнитное поле с вектором магнитной индукции B_0 ; в системе СИ единицей измерения магнитной индукции является 1 Тл (тесла) (для сравнения — магнитное поле Земли составляет примерно 5×10^{-5} Тл); важно, чтобы магнитное поле было однородным в центре тоннеля;

- градиентные катушки, которые создают градиент магнитной индукции в центре магнита и позволяют пространственно разрешить сигналы от различных участков исследуемого объекта;
- радиочастотные катушки, которые используются для создания радиочастотного возбуждения протонов в теле пациента (передающие катушки) и для регистрации ответа сгенерированного возбуждения (приемные катушки); иногда приемные и передающая катушки совмещены в одну при исследовании некоторых частей тела, например головы.

При выполнении МРТ последовательность действий следующая:

- 1) исследуемый объект помещают в сильное магнитное поле;
- 2) подают радиочастотный импульс, после которого происходит изменение внутренней намагниченности с постепенным ее возвращением к исходному уровню;
- 3) эти изменения намагниченности многократно считывают для каждой точки исследуемого объекта.

5.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Организм человека примерно на 4/5 состоит из воды, около 90% вещества составляет водород — ^1H . Атом водорода является простейшей структурой. В центре есть положительно заряженная частица — протон, а на периферии — значительно меньшая по массе — электрон.

Постоянно вращается вокруг ядра (протона) только электрон, но одновременно с этим происходит вращение протона. Он вращается примерно как волчок вокруг собственной оси, и одновременно его ось вращения описывает окружность, так что получается конус (рис. 5.1, *а*, *б*).

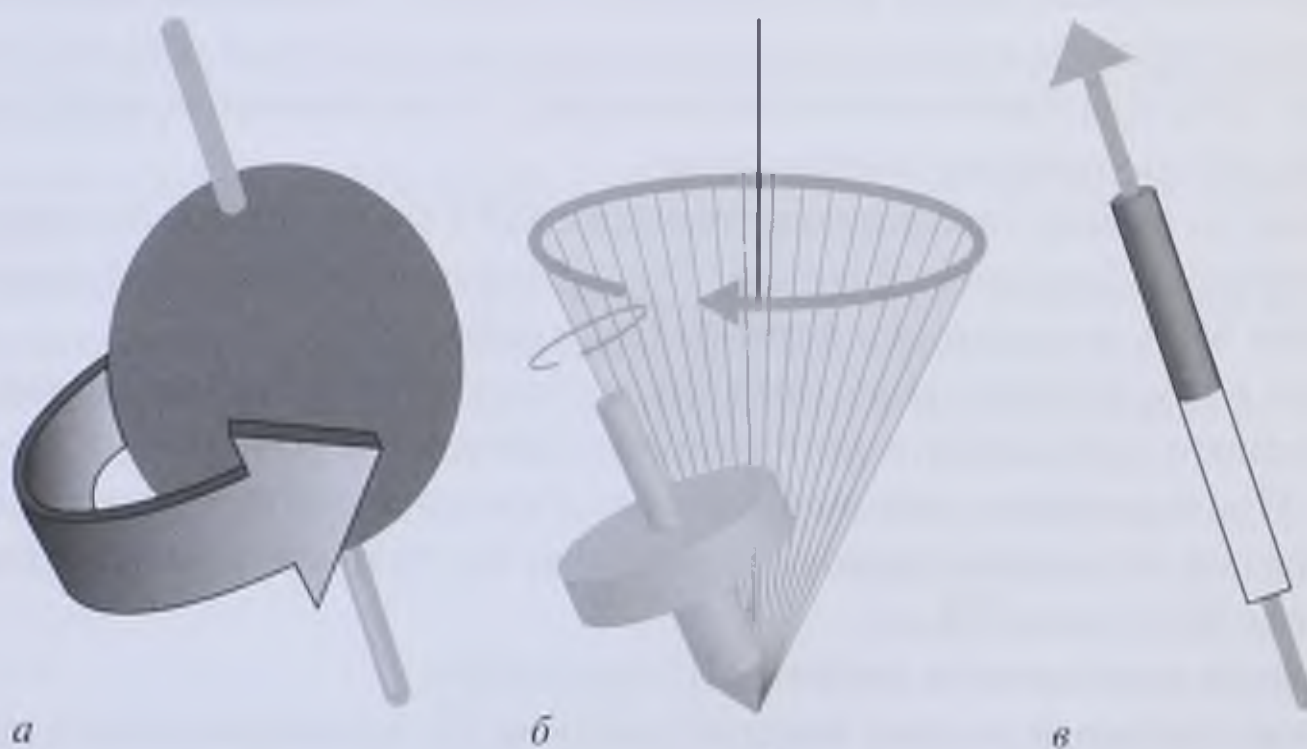


Рис. 5.1. Принцип ядерного магнитного резонанса: *а* — протоны вращаются (прецессируют) вокруг собственной оси с частотой примерно 40 млн оборотов в секунду при индуктивности поля 1 Тл; *б* — вращение происходит вокруг оси по типу «волчка»; *в* — движение заряженной частицы вызывает формирование магнитного поля, которое можно представить в виде вектора

Частота вращения протона (прецессия) очень высока — примерно 40 МГц, то есть за 1 с он делает около 40 млн оборотов при индуктивности поля 1 Тл. Частота вращения прямо пропорциональна напряженности магнитного поля и называется **частотой Лармора**. Движение заряженной частицы формирует магнитное поле, вектор которого совпадает с направлением конуса вращения. Таким образом, каждый протон можно представить в виде маленького магнита (спина), который имеет собственное магнитное поле и полюсы — северный и южный.

Протоны, за счет большого количества атомов в организме, имеют самый сильный магнитный момент и самую большую концентрацию в организме. Вне сильного магнитного поля эти маленькие магниты (спины) ориентированы хаотично. Попадая под действие сильного магнитного поля, которое составляет основу магнитно-резонансной томографической установки, они выстраиваются вдоль основного магнитного вектора B_0 . Возникающая при этом продольная намагниченность спинов будет максимальной (рис. 5.2).

После этого подается мощный радиочастотный импульс определенной (резонансной) частоты, близкой к частоте Лармора. Он заставляет все протоны перестраиваться перпендикулярно (90°) основному магнитному вектору B_0 и совершать синхронное вращение, вызывая собственно ядерный резонанс.

Продольная намагниченность становится равной нулю, но возникает поперечная намагниченность, так как все спины направлены перпендикулярно основному магнитному вектору B_0 (см. рис. 5.2).

Под влиянием основного магнитного вектора B_0 спины постепенно возвращаются к исходному состоянию. Этот процесс называется **релаксацией**. Поперечная намагниченность уменьшается, а продольная увеличивается (см. рис. 5.2).

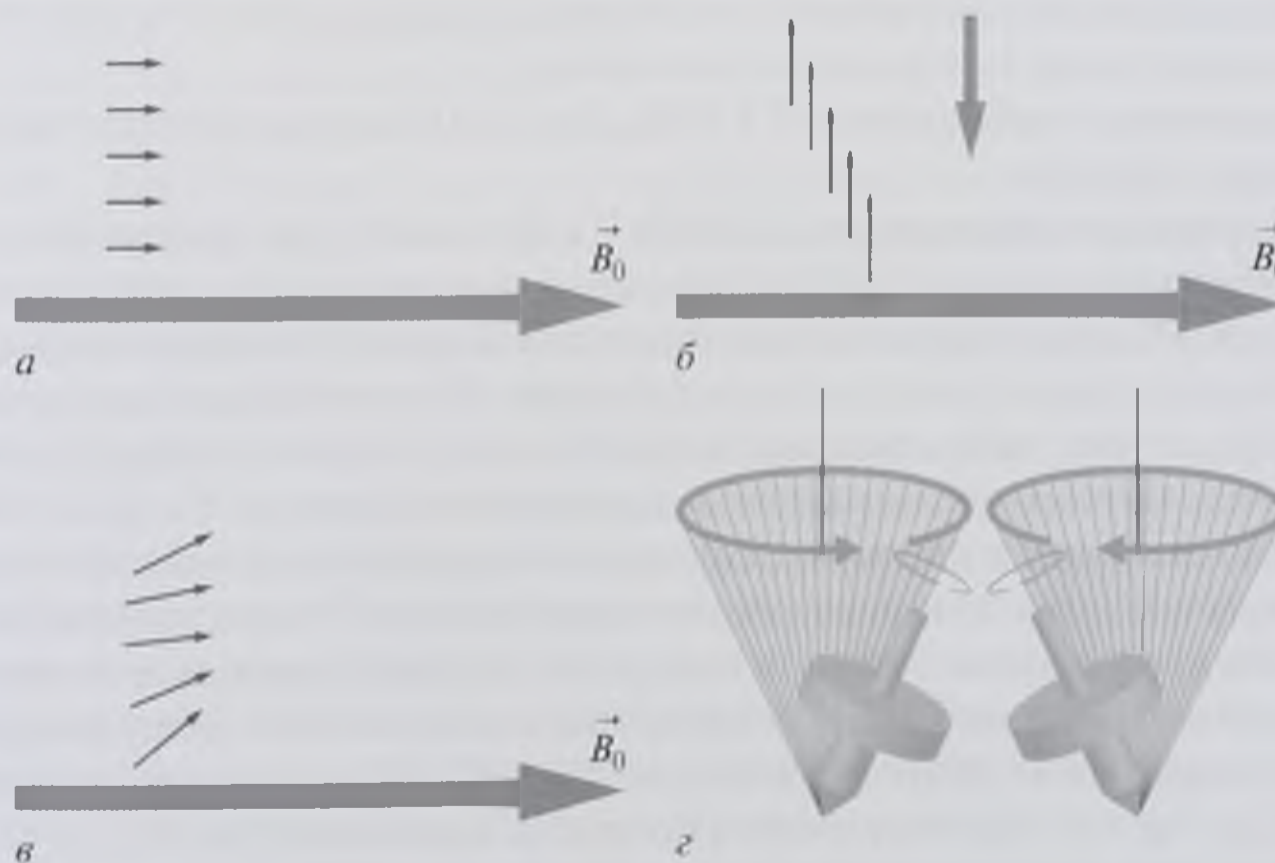


Рис. 5.2. Этапы магнитно-резонансного исследования: *a* — объект помещается в сильное магнитное поле; все векторы направлены вдоль вектора B_0 ; *б* — подается радиочастотный резонансный 90° сигнал; спины направлены перпендикулярно вектору B_0 ; *в* — после этого происходит возврат к первоначальному состоянию (возрастает продольная намагниченность) — T1-релаксация; *з* — из-за негетомогенности магнитного поля в зависимости от удаленности от центра магнита спины начинают вращаться с разной частотой — происходит расфазировка

Скорость этих процессов зависит от: наличия химических связей; наличия или отсутствия кристаллической решетки; возможности свободной отдачи энергии с переходом электрона с более высокого на более низкий энергетический уровень (для воды это макромолекулы в окружении); неоднородности магнитного поля.

Время, за которое величина основного вектора намагниченности вернется к 63% первоначального значения, называют **временем T1-релаксации**, или **спин-решетчатой релаксацией**.

После подачи радиочастотного импульса все протоны вращаются синхронно (в одной фазе). Затем из-за небольшой неоднородности магнитного поля спины, вращаясь с разной частотой (частотой Лармора), начинают вращаться в разных фазах. Другая частота резонанса позволяет «привязать» тот или иной протон к конкретному месту в исследуемом объекте.

Время релаксации T2 наступает приблизительно в момент начала расфазировки протонов, которая происходит из-за неомогенности внешнего магнитного поля и наличия локальных магнитных полей внутри исследуемых тканей, то есть когда спины начинают вращаться в разных фазах. Время, за которое вектор намагниченности уменьшится до 37% первичного значения, называют **временем T2-релаксации**, или **спин-спиновой релаксацией**.

Эти изменения намагниченности считываются многократно для каждой точки исследуемого объекта, и в зависимости от начала измерения МР-сигнала, характерного для разных импульсных последовательностей, мы получаем T2-взвешенные, T1-взвешенные или протон-взвешенные изображения.

В МРТ радиочастотные импульсы могут подаваться в различных комбинациях. Эти комбинации называются *импульсными последовательностями*. Они позволяют добиваться различной контрастности мягкотканых структур и применять специальные методики исследования.

T1-взвешенные изображения (T1-ВИ). На T1-ВИ хорошо определяются анатомические структуры.

T2-взвешенные изображения (T2-ВИ). T2-ВИ имеют ряд преимуществ перед T1-ВИ. Чувствительность T2-ВИ к большому количеству патологических изменений выше. Иногда становятся видимыми патологические изменения, которые не могут быть установлены при использовании T1-взвешенных последовательностей. Кроме того, визуализация патологических изменений более надежная, если имеется возможность сравнения контрастирования на T1- и T2-ВИ.

В биологических жидкостях, содержащих разные по размеру молекулы, внутренние магнитные поля значительно различаются. Эти различия приводят к тому, что расфазировка спинов наступает быстрее, в результате чего время T2 укорачивается, и на T2-ВИ спинномозговая жидкость, например, всегда выглядит ярко-белой. Жировая ткань на T1- и T2-ВИ дает гиперинтенсивный МР-сигнал, так как характеризуется коротким временем T1 и T2.

Более подробно основные физические принципы МРТ описаны в переведенном на русский язык учебнике Европейского общества магнитного резонанса в медицине под редакцией профессора Ринка (Rinck).

Характер получаемого сигнала зависит от множества параметров: числа протонов на единицу плотности (протонная плотность); времени T1 (спин-решетчатой релаксации); времени T2 (спин-спиновой релаксации); диффузии

в исследуемых тканях; наличия тока жидкости (например, кровотока); химического состава; применяемой импульсной последовательности; температуры объекта; силы химической связи.

Получаемый сигнал отражается в относительных единицах серой шкалы. В отличие от рентгеновской плотности (единицы Хаунсфилда — HU), которая отражает степень поглощения рентгеновского излучения тканями организма и мало изменяется в зависимости от внешних условий, интенсивность МР-сигнала — величина непостоянная, так как зависит от перечисленных выше факторов. В связи с этим абсолютные величины интенсивности МР-сигнала не сравнивают. Интенсивность МР-сигнала служит лишь относительной оценкой для получения контраста между тканями организма.

Важным показателем в МРТ является соотношение сигнал/шум. Оно показывает, насколько интенсивность МР-сигнала превышает уровень шума, неизбежного при любых измерениях. Чем это соотношение выше, тем лучше изображение.

Одним из главных преимуществ МРТ является возможность создания максимального контраста между зоной интереса, например опухолью, и окружающими здоровыми тканями. Применяя разные импульсные последовательности, можно добиться большей или меньшей контрастности изображения.

Таким образом, для разных патологических состояний можно подобрать такую импульсную последовательность, где контраст будет максимальным.

В зависимости от напряженности магнитного поля различают несколько типов томографов:

- до 0,1 Тл — сверхнизкопольный томограф;
- от 0,1 до 0,5 Тл — низкопольный;
- от 0,5 до 1 Тл — среднепольный;
- от 1 до 2 Тл — высокопольный;
- более 2 Тл — сверхвысокопольный.

В 2004 г. FDA (Federal Food and Drug Administration — Федеральное управление по пищевым продуктам и лекарственным средствам, США) разрешены к использованию в клинической практике МР-томографы с напряженностью магнитного поля до 3 Тл включительно. Проводятся единичные работы на добровольцах на 7 Тл МР-томографах.

Для создания постоянного магнитного поля используют следующие магниты.

- Постоянные магниты, которые построены из ферромагнитных материалов. Их основным недостатком является большой вес — несколько десятков тонн при небольшой силе индукции — до 0,3 Тл. Отсутствие громоздкой системы охлаждения и низкое потребление электричества для формирования магнитного поля являются достоинствами таких магнитов.
- Электромагниты, или резистивные магниты, представляющие собой соленоид, по которому пропускают сильный электрический ток. Они требуют мощной системы охлаждения, потребляют много электроэнергии, но при этом можно добиться большой однородности поля; диапазон магнитного поля таких магнитов составляет от 0,3 до 0,7 Тл.

Сочетания резистивного и постоянного магнита дают так называемые гибридные магниты, в которых получаются более сильные, чем в постоянных магнитах, поля. Они дешевле сверхпроводящих, но уступают им по величине поля.

Наиболее распространены сверхпроводящие магниты, которые являются резистивными, но используют явление сверхпроводимости. При температурах, близких к абсолютному нулю ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, или $0\text{ }^{\circ}\text{K}$), происходит резкое падение сопротивления, и, следовательно, можно использовать огромные значения силы тока для генерации магнитного поля. Основным недостатком таких магнитов являются громоздкие, дорогостоящие многоступенчатые системы охлаждения с применением сжиженных инертных газов (He, N).

МР-система со сверхпроводящим магнитом включает следующие компоненты:

- сверхпроводящий электромагнит с многоконтурной системой охлаждения, снаружи окруженной активным сверхпроводящим экраном для минимизации воздействия магнитного поля рассеяния; хладагентом является жидкий гелий;
- стол для пациента, перемещаемый в отверстие магнита;
- МР-катушки для визуализации различных органов и систем, которые могут быть передающими, приемными и приемно-передающими;
- шкафы с электронной аппаратурой, систему охлаждения, градиенты;
- компьютерную систему для управления, получения и хранения изображений, которая обеспечивает также интерфейс между ЭВМ и пользователем;
- консоли управления;
- блок аварийной сигнализации;
- переговорное устройство;
- систему видеонаблюдения за пациентом (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Внешний вид высокопольного магнитно-резонансного томографа: 1 — тоннель магнита; 2 — стол пациента, который перемещается в тоннель (центр) магнита; 3 — пульт управления столом, с системой центровки и позиционирования области исследования; 4 — встроенные в стол радиочастотные катушки для исследования позвоночника; 5 — основные радиочастотные катушки для исследования головного мозга; 6 — наушники для связи с пациентом

5.2. КОНТРАСТНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Для лучшего выявления патологических изменений (прежде всего опухолей) сигнал от тканей и органов можно усилить путем внутривенного введения парамагнитного контрастного вещества, что будет проявляться усилением МР-сигнала, например при опухоли мозга, в зоне нарушения гематоэнцефалического барьера.

Контрастные вещества, используемые в МРТ, изменяют продолжительность T1- и T2-релаксации.

Наиболее часто в клинической практике применяют хелатные соединения редкоземельного металла гадолиния — гадобутрол (Гадовист[®]), гадопентетовую кислоту (Магневист[®]), гадолиамид (Омнискан[®]). Несколько неспаренных электронов и возможность свободной отдачи энергии с переходом электрона с более высокого на более низкий энергетический уровень позволяют значительно снижать время T1- и T2-релаксации.

В некоторых нормальных структурах физиологическое распределение соединений гадолиния обычно ведет к усилению сигнала в T1-ВИ. В полости черепа выделяются только те структуры, которые не имеют гематоэнцефалического барьера, например гипофиз, шишковидное тело, сосудистое сплетение желудочков мозга и определенные участки черепных нервов. Усиления не происходит в остальных частях центральной нервной системы, в спинномозговой жидкости, в стволе мозга, во внутреннем ухе и в глазницах, за исключением сосудистой оболочки глаз.

Особенно интенсивно контрастируются соединениями гадолиния патологические очаги с повышенной проницаемостью гематоэнцефалического барьера: опухоли, участки воспаления и повреждения белого вещества (рис. 5.4).

Контрастные вещества на основе гадолиния, оказывая влияние на T1-релаксацию, при выполнении магнитно-резонансной ангиографии улучшают визуализацию мелких артерий и вен, а также участков сосудистого русла с турбулентным током крови.

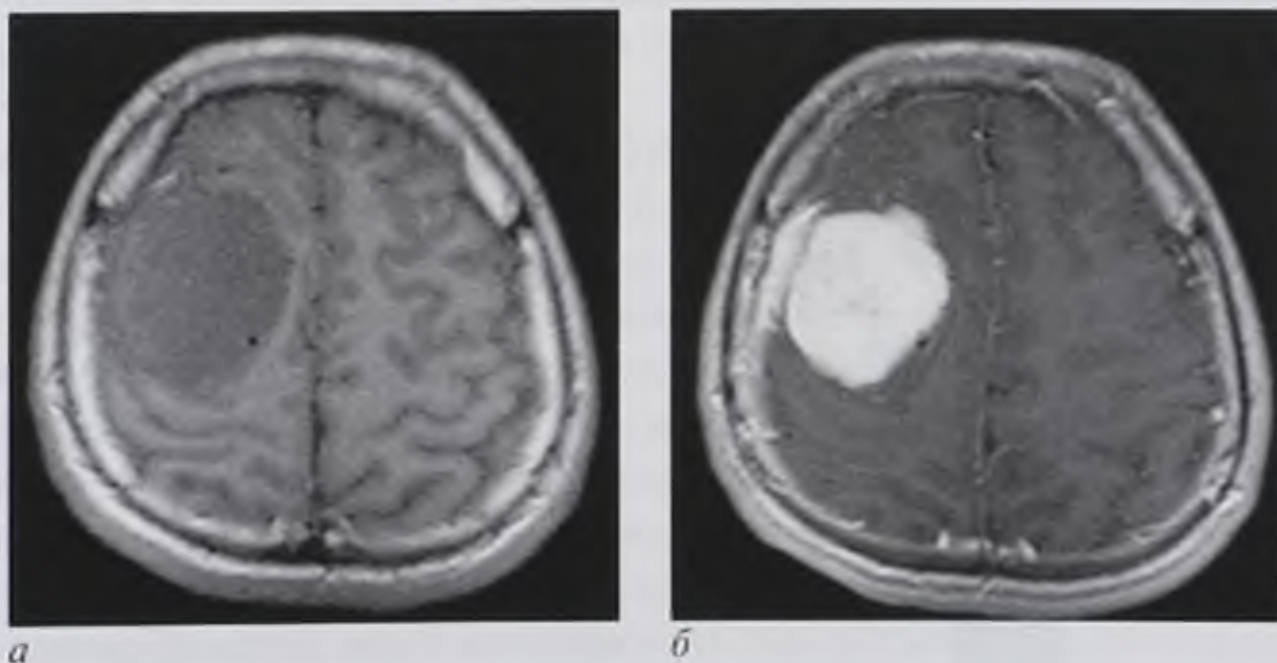


Рис. 5.4. Опухоль головного мозга. Контрастное вещество накапливается в опухолевой ткани вследствие нарушения гематоэнцефалического барьера. На постконтрастных T1-взвешенных изображениях опухоль характеризуется выраженным гиперинтенсивным магнитно-резонансным сигналом (б) по сравнению с преконтрастным изображением (а)

5.3. МЕТОДИКИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОГО ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

5.3.1. Стандартные методики

Стандартными методиками МРТ являются получение T1-, T2- и протон-взвешенных изображений (срезов) в различных плоскостях, дающих диагностическую информацию о характере, локализации и распространенности патологического процесса.

Помимо этого, используют специальные методики: контрастное усиление (в том числе динамическое контрастное усиление), МР-ангиографию, МР-миелографию, МР-холангиопанкреатографию, МР-урографию, жироподавление, спектроскопию, функциональную МРТ, МР-диффузию, МР-перфузию, кинематическое исследование суставов.

Программное обеспечение МР-томографа позволяет выполнять ангиографию как с введением контрастного вещества, так и без него. В бесконтрастной ангиографии выделяют две основные методики: времяпролетную (time-of-flight, ToF) и фазоконтрастную (phase contrast, PC) ангиографию. Методики основаны на одном физическом принципе, но способ реконструкции изображения и возможности визуализации различаются. Обе методики позволяют получить как двухмерное (срез за срезом), так и трехмерное (изображение целого трехмерного массива) изображение.

Получение ангиографического изображения основано на селективном возбуждении (насыщении) радиочастотным импульсом тонкого среза исследуемой области. Затем происходит считывание суммарного магнитного спина, который увеличивается в сосуде из-за того, что происходит вытеснение током крови «насыщенных» спинов «ненасыщенными», которые имеют равновесную намагниченность и дают более интенсивный сигнал по сравнению с окружающими тканями (рис. 5.5).

Если радиочастотный импульс будет перпендикулярен исследуемому сосуду, интенсивность сигнала будет повышаться с увеличением индукции маг-

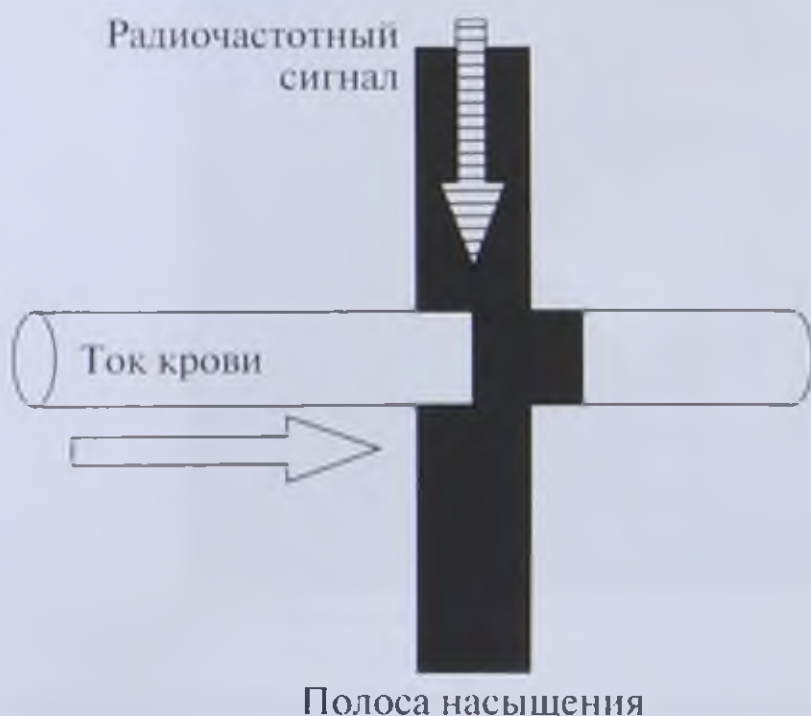


Рис. 5.5. Общая схема бесконтрастной магнитно-резонансной ангиографии

нитного поля и скорости тока крови. Интенсивность сигнала снижается в местах турбулентного движения крови (мешотчатые аневризмы, область после стеноза) и в сосудах с небольшой скоростью кровотока. Эти недостатки устраняются в фазоконтрастной и трехмерной времяпролетной ангиографии (3D ToF), где пространственная ориентация кодируется не величиной, а фазой спинов. Для визуализации мелких артерий и вен целесообразнее применять фазоконтрастную либо трехмерную времяпролетную ангиографию (3D ToF). Использование фазоконтрастной методики позволяет визуализировать

кровоток в пределах заданных скоростей и видеть медленный кровоток, например в венозной системе.

Для контрастной МР-ангиографии внутривенно вводят парамагнитные контрастные вещества, улучшающие визуализацию мелких артерий и вен, а также участков с турбулентным током, желательно с использованием автоматического инжектора для МР-томографов.

5.3.2. Специальные методики

МР-холангиография, миелография, урография — группа методик, объединенных общим принципом визуализации только жидкости (гидрография). МР-сигнал от воды выглядит гиперинтенсивным на фоне низкого сигнала от окружающих тканей. Применение МР-миелографии с электрокардиограммной синхронизацией (ЭКГ-синхронизацией) помогает оценить ток спинномозговой жидкости в субарахноидальном пространстве.

Динамическая МРТ используется для выявления прохождения контрастного вещества через область интереса после внутривенного введения препарата. В злокачественных опухолях происходят более быстрый захват и быстрое вымывание по сравнению с окружающими тканями.

Методика жироподавления применяется для дифференциальной диагностики жиросодержащих тканей, опухолей. При использовании T2-ВИ жидкость и жир выглядят яркими. В результате генерации селективного импульса, свойственного жировой ткани, происходит подавление МР-сигнала от нее. При сравнении с изображениями до жироподавления можно уверенно высказаться о локализации, например, липом.

МР-спектроскопия водородная (^1H) и фосфорная (^{31}P) позволяет в результате разделения МР-сигналов от различных метаболитов (холин, креатинин, N-ацетиласпартат, изониозид, глутамат, лактат, таурин, γ -аминобутират, аланин, цитрат, аденозинтрифосфатаза, креатинфосфат, фосфомоноэфир, фосфодиэфир, неорганический фосфат-Рi, 2,3-фосфоглицерат) выявлять изменения на биохимическом уровне, до того как возникли изменения, видимые на традиционных T1- и T2-ВИ.

При МРТ возможно выполнение **функциональной томографии** головного мозга на основе методики BOLD (Blood Oxygen Level Dependent — зависящей от уровня кислорода в крови). Методика базируется на том, что интенсивность сигнала от крови в сосудах зависит от степени ее оксигенации. В функционально активных участках головного мозга оксигенация гемоглобина крови значительно ниже, чем в функционально неактивных, из-за активного потребления кислорода. Благодаря этой методике можно картировать функционально активные участки коры головного мозга при выполнении какого-либо вида деятельности (например, движения большим пальцем, восприятие изображений, сочинение стихов и др.).

Для выявления изменений головного мозга в острейшем периоде ишемического инсульта выполняется **диффузионная и перфузионная МРТ**.

Под диффузией понимают взаимное проникновение соприкасающихся веществ вследствие теплового движения частиц вещества. Диффузия происходит в направлении падения концентрации вещества и ведет к равномерному

распределению вещества по всему занимаемому объекту. Диффузию можно наблюдать в газах, жидкостях и твердых телах, причем диффундировать могут как находящиеся в них частицы посторонних веществ, так и собственные частицы (самодиффузия). Диффузия и самодиффузия играют важную роль в биологических процессах живых организмов. Свободное перемещение молекул и ионов в живых организмах ограничено наличием множества биологических мембран. При диффузионной МРТ сканер фиксирует свободное движение молекул воды в различных участках исследуемого объекта в виде измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), который, например, снижается в ишемизированной ткани головного мозга (в первые часы, когда изменения при обычной, то есть при T1-, T2- и протон-взвешенной, томографии еще не определяются) и отражает зону необратимых изменений в веществе головного мозга. ИКД определяют путем использования специальной серии импульсных последовательностей. Время сканирования составляет чуть больше минуты, введения контрастного вещества не требуется.

Под термином «тканевая перфузия» понимают пропускание крови или какого-либо раствора через сосуды ткани. При перфузионной МРТ вводят 20 мл контрастного вещества внутривенно болюсно с помощью автоматического инъектора с высокой скоростью (5 мл/с). Изучая кривые изменения интенсивности сигнала от ткани при первом прохождении парамагнитного контрастного вещества через изучаемую ткань, можно определить некоторые параметры тканевой перфузии (кровообращения). Выделяют временные параметры перфузии (ММТ — среднее время транспорта, ТТР — время до наступления пика контрастирования), описывающие время циркуляции крови через ткань, и объемные (СВФ — мозговой кровоток, СВУ — объем мозгового кровотока), описывающие объем крови, протекающей через ткань.

На МР-томографах с открытым контуром возможно **кинематическое** (в движении) исследование суставов, когда сканирование делают последовательно со сгибанием или разгибанием сустава на определенный угол. На полученных изображениях оценивают подвижность сустава и участие в нем тех или иных структур (связки, мышцы, сухожилия).

5.4. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Абсолютным противопоказанием к выполнению МРТ является наличие металлических инородных тел, осколков, ферромагнитных имплантатов, так как под влиянием сильного магнитного поля они могут нагреваться, смещаться и травмировать окружающие ткани.

Под ферромагнитными имплантатами понимают кардиостимуляторы, автоматические дозаторы лекарственных средств, имплантированные инсулиновые помпы, искусственный задний проход с магнитным затвором, искусственные клапаны сердца с металлическими элементами, стальные имплантаты (зажимы/клипсы на сосудах, искусственные тазобедренные суставы, аппараты металло-остеосинтеза), слуховые аппараты.

Изменяющиеся во времени вихревые токи, генерируемые высокими магнитными полями, могут вызвать ожоги у пациентов с электропроводящими имплантированными устройствами или протезами.

Относительные противопоказания к проведению исследования: I триместр беременности; клаустрофобия (боязнь замкнутого пространства); некупированный судорожный синдром; двигательная активность пациента. В последнем случае у больных в тяжелом состоянии или у детей прибегают к медикаментозному сну.

5.5. ПРЕИМУЩЕСТВА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

- Различные импульсные последовательности обеспечивают получение высококонтрастного изображения мягких тканей, сосудов, паренхиматозных органов в любой плоскости с заданной толщиной среза до 1 мм.
- Отсутствие лучевой нагрузки, безопасность для больного, возможность многократного повторного выполнения исследования.
- Возможность выполнения бесконтрастной ангиографии, а также холангиопанкреатикографии, миелографии, урографии.
- Неинвазивное определение содержания различных метаболитов *in vivo* с помощью водородной и фосфорной МР-спектроскопии.
- Возможность функциональных исследований головного мозга для визуализации чувствительных и двигательных центров после их стимуляции.

5.6. НЕДОСТАТКИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

- Высокая чувствительность к двигательным артефактам.
- Ограничение исследований у пациентов, находящихся на аппаратном поддержании жизненно важных функций (кардиостимуляторы, дозаторы лекарственных веществ, аппараты искусственной вентиляции легких и др.).
- Плохая визуализация костных структур и легких из-за низкого содержания воды.

5.7. ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Голова

1. Аномалии и пороки развития головного мозга.
2. Опухоли головного мозга:
 - диагностика доброкачественных опухолей;
 - диагностика внутримозговых опухолей с оценкой их злокачественности;
 - дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных опухолей;

- оценка радикальности удаления опухолей и оценка эффективности комбинированного лечения;
 - планирование стереотаксического вмешательства и/или биопсии при опухолях головного мозга.
3. Заболевания сосудов головного мозга:
 - диагностика артериальных аневризм и сосудистых мальформаций;
 - диагностика острого и хронического нарушения мозгового кровообращения;
 - диагностика стенозирующих и окклюзирующих заболеваний.
 4. Демиелинизирующие заболевания головного мозга:
 - определение активности патологического процесса.
 5. Инфекционные поражения головного мозга (энцефалит, абсцесс).
 6. Паразитарные заболевания.
 7. Гипертензионно-гидроцефальный синдром:
 - установление причины повышения внутричерепного давления;
 - диагностика уровня и степени обструкции при окклюзионной гидроцефалии;
 - оценка состояния желудочковой системы при неокклюзионной гидроцефалии;
 - оценка ликворотока.
 8. Черепно-мозговая травма:
 - диагностика внутричерепных кровоизлияний и ушибов головного мозга.
 9. Заболевания и повреждения органа зрения и ЛОР-органов:
 - диагностика внутриглазных кровоизлияний;
 - выявление инородных (неметаллических) тел в глазнице и околоносовых пазухах;
 - выявление гемосинуса при травмах;
 - диагностика опухолевых и неопухолевых заболеваний;
 - оценка распространенности злокачественных опухолей.
 10. Контроль эффективности лечения различных заболеваний и травм головного мозга.

Грудь

1. Исследование органов дыхания и средостения:
 - диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей средостения;
 - определение жидкости в полости перикарда, плевральной полости;
 - выявление мягкотканых образований в легких.
2. Исследование сердца:
 - оценка функционального состояния миокарда, сердечной гемодинамики;
 - выявление прямых признаков инфаркта миокарда;
 - оценка морфологического состояния и функции структур сердца;
 - диагностика внутрисердечных тромбов и опухолей.
3. Исследование молочных желез:
 - дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей;

- оценка состояния регионарных лимфатических узлов;
- оценка состояния имплантатов после протезирования молочных желез;
- диагностика воспалительных заболеваний;
- пункционная биопсия образований под контролем МРТ.

Позвоночник и спинной мозг

1. Аномалии и пороки развития позвоночника и спинного мозга.
2. Травма позвоночника и спинного мозга:
 - диагностика позвоночно-спинномозговой травмы;
 - диагностика кровоизлияний и ушибов спинного мозга;
 - диагностика посттравматических изменений позвоночника и спинного мозга.
3. Опухоли позвоночника и спинного мозга:
 - диагностика опухолей костных структур позвоночника;
 - диагностика опухолей спинного мозга и его оболочек;
 - диагностика метастатических поражений.
4. Интрамедуллярные неопухолевые заболевания (сирингомиелия, бляшки рассеянного склероза).
5. Сосудистые заболевания спинного мозга:
 - диагностика артериовенозных мальформаций;
 - диагностика спинального инсульта.
6. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника:
 - диагностика протрузий и грыж межпозвоночных дисков;
 - оценка компрессии спинного мозга, нервных корешков и дурального мешка;
 - оценка стеноза позвоночного канала.
7. Воспалительные заболевания позвоночника и спинного мозга:
 - диагностика спондилитов различной этиологии;
 - диагностика эпидуритов.
8. Оценка результатов консервативного и оперативного лечения заболеваний и повреждений позвоночника и спинного мозга.

Живот

1. Исследование паренхиматозных органов (печень, поджелудочная железа, селезенка):
 - диагностика очаговых и диффузных заболеваний (первичные доброкачественные и злокачественные опухоли, метастазы, кисты, воспалительные процессы);
 - диагностика повреждений при травме живота;
 - диагностика портальной и билиарной гипертензии;
 - изучение метаболизма печени на биохимическом уровне (фосфорная МР-спектроскопия).
2. Исследование желчных путей и желчного пузыря:
 - диагностика желчнокаменной болезни с оценкой состояния внутри- и внепеченочных протоков;
 - диагностика опухолей;
 - уточнение характера и выраженности морфологических изменений при остром и хроническом холецистите, холангите;
 - постхолецистэктомический синдром.

3. Исследование желудка:
 - дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей;
 - оценка местной распространенности рака желудка;
 - оценка состояния регионарных лимфатических узлов при злокачественных опухолях желудка.
4. Исследование почек и мочевыводящих путей:
 - диагностика опухолевых и неопухолевых заболеваний;
 - оценка распространенности злокачественных опухолей почек;
 - диагностика мочекаменной болезни с оценкой функции мочевого пузыря;
 - установление причин гематурии, анурии;
 - дифференциальная диагностика почечной колики и других острых заболеваний органов брюшной полости;
 - диагностика повреждений при травме живота и поясничной области;
 - диагностика специфического и неспецифического воспаления (туберкулез, гломерулонефрит, пиелонефрит).
5. Исследование лимфатических узлов:
 - выявление их метастатического поражения при злокачественных опухолях;
 - дифференциальная диагностика метастатических и воспалительно измененных лимфатических узлов;
 - лимфомы любой локализации.
6. Исследование сосудов полости живота:
 - диагностика аномалий и вариантов строения;
 - диагностика аневризм;
 - выявление стенозов и окклюзии;
 - оценка состояния межсосудистых анастомозов.

Таз

1. Аномалии и врожденные нарушения развития.
2. Травмы органов таза:
 - диагностика внутритазовых кровоизлияний;
 - диагностика повреждений мочевого пузыря.
3. Исследование внутренних половых органов у мужчин (предстательная железа, семенные пузырьки):
 - диагностика воспалительных заболеваний;
 - диагностика доброкачественной гиперплазии предстательной железы;
 - дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных опухолей;
 - оценка распространенности злокачественного опухолевого процесса;
 - изучение метаболизма предстательной железы на биохимическом уровне (водородная МР-спектроскопия).
4. Исследование внутренних половых органов у женщин (матка, яичники):
 - диагностика воспалительных и невоспалительных заболеваний;
 - дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных опухолей;

- оценка распространенности злокачественного опухолевого процесса;
- диагностика врожденных пороков развития и заболеваний плода.

Конечности

1. Аномалии и врожденные нарушения развития конечностей.
2. Травмы и их последствия:
 - диагностика повреждений мышц, сухожилий, связок, менисков;
 - диагностика внутрисуставных повреждений (жидкость, кровь и т.д.);
 - оценка целостности капсулы крупных суставов.
3. Воспалительные заболевания (артрит, бурсит, синовит).
4. Дегенеративно-дистрофические заболевания.
5. Нейродистрофические поражения.
6. Системные заболевания соединительной ткани (ретикулоэндотелиозы и псевдоопухолевые гранулемы, фиброзная дистрофия и т.д.).
7. Опухоли костей и мягких тканей:
 - дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных заболеваний;
 - оценка распространенности опухолей.

Таким образом, МРТ является высокоинформативным, безопасным и неинвазивным (или малоинвазивным) методом лучевой диагностики.

Контрольные вопросы

1. Какой физический принцип лежит в основе ядерного магнитного резонанса?
2. Что такое T1- и T2-взвешенные изображения?
3. Каковы основные методики МРТ?
4. Назовите преимущества и недостатки МРТ.
5. Каковы основные показания к проведению МРТ при патологии органов брюшной полости и забрюшинного пространства?
6. Перечислите относительные и абсолютные противопоказания к проведению МРТ.

ОСНОВЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

6.1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ

В основе радионуклидного метода диагностики лежит явление естественной радиоактивности, открытое в конце XIX в. французским физиком Антуаном Анри Беккерелем (Antoine Henri Becquerel). Этот ученый впервые показал, что некоторые химические элементы способны испускать «невидимые лучи», которые засвечивают рентгеновскую пластину так же, как и рентгеновы лучи. В 1903 г. Анри Беккерель, а также Пьер Кюри (Pierre Curie) и Мария Склодовская-Кюри (Marie Sklodowska-Curie) были удостоены Нобелевской премии по физике «в знак признания исключительных услуг, которые они оказали науке совместными исследованиями явлений радиации, открытой профессором Анри Беккерелем».

Открытие рентгеновского излучения и естественной радиоактивности стало фундаментом, на котором построены современная ядерная физика и медицинская радиология.

Излучение, обнаруженное Беккерелем, стали называть сначала беккерелевыми лучами — по аналогии с рентгеновыми. Однако оказалось, что новое излучение не однородное, а складывается из трех составляющих, которые стали именовать по первым буквам греческого алфавита — α -, β - и γ -излучение.

α -Излучение (α , α^{2+}) представляет собой поток атомов гелия, лишенных электронов. α -Частица имеет двойной положительный заряд (два протона и два нейтрона) и массу, равную 4 атомным единицам. Пробег α -частиц в теле человека составляет несколько десятков микрон.

β -Излучение — это поток β -частиц — электронов (e^-) или позитронов (e^+). Каждая частица обладает одним элементарным положительным или отрицательным электрическим зарядом. Масса электрона составляет всего около $1/1840$ массы атома водорода. Электроны, образовавшиеся при распаде радионуклидов, проникают на несколько миллиметров в ткани человека.

γ -Излучение (или гамма-излучение) — электромагнитное излучение, испускаемое при радиоактивном распаде. В отличие от тормозного рентгеновского излучения, спектр γ -излучения дискретный, так как переход ядра атома из одного энергетического состояния в другое осуществляется скачкообразно. Свойства γ -излучения определяются длиной волны (λ) и энергией кванта (E).

Высокая энергия γ -квантов (от десятков килоэлектрон-вольт до мегаэлектрон-вольт) и малая длина волны обуславливают большую проникающую способность γ -излучения. Гамма-излучение, в отличие от α - и β -излучений, не содержит заряженных частиц и поэтому не отклоняется электрическими и магнитными

полями, а также характеризуется большей проникающей способностью при равных условиях. Однако это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем α - и β -излучения.

Современная радионуклидная диагностика основана на регистрации γ -квантов, либо испускаемых непосредственно радиоактивными нуклидами при их распаде (сцинтиграфия, ОФЭКТ), либо образующихся при взаимодействии позитронов, испускаемых нуклидом, с электронами окружающих атомов.

Регистрация γ -квантов производится несколькими способами — подсчетом ионизаций в ионизационных камерах, газоразрядных счетчиках и фиксацией пробега γ -квантов в некоторых веществах при попадании в них ионизирующих излучений (так называемых сцинтилляторах). Число ионизаций, или сцинтилляций, соответствует числу радиоактивных распадов и, соответственно, количеству радиоактивного нуклида.

Единицей измерения активности радиоактивного источника в системе СИ является беккерель (Бк). 1 Бк равен 1 ядерному превращению за 1 с. На практике еще используют внесистемную единицу кюри (Ки): 1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ ядерных превращений за 1 с; 1 Бк равен 0,027 нКи.

В общем виде схема превращений атомов с испусканием γ -квантов или позитронов выглядит:

- для γ -излучающих нуклидов:

атом радиоактивного нуклида \rightarrow стабильный атом + γ -квант;

- для позитрон-излучающих нуклидов:

протон \rightarrow позитрон (+) + нейтрино (0) + нейтрон (0);

- при дальнейшем взаимодействии позитрона с электроном электронной оболочки атомов в организме:

позитрон (+) + электрон (-) \rightarrow γ -квант + γ -квант.

В связи с различиями в физических свойствах γ -квантов, образующихся при распаде γ -излучающих и позитрон-излучающих нуклидов, в современной ядерной медицине методики с использованием тех и других выделились в самостоятельные методы, которые будут рассмотрены отдельно.

6.2. РАДИОНУКЛИДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ γ -ИЗЛУЧАЮЩИХ НУКЛИДОВ

Радиофармацевтическим препаратом (РФП) называется разрешенное для введения человеку с диагностической или лечебной целью химическое соединение, содержащее в своей молекуле определенный радиоактивный нуклид.

Большинство РФП, меченных γ -излучающими нуклидами, искусственно синтезированы. Эти химические соединения тем или иным образом отображают функцию органов и тканей или имитируют естественные метаболиты организма. В последние годы разработаны РФП на основе естественных химических соединений или их аналогов, которые более точно отражают течение биологических процессов при различных заболеваниях.

Основные требования, предъявляемые к РФП:

- низкая радиотоксичность, что приводит к снижению лучевой нагрузки на пациента и персонал;
- относительно короткий период полураспада;
- удобный для регистрации γ -излучения энергетический спектр;
- соответствующие биологические свойства, определяющие участие в метаболизме и позволяющие решать конкретные диагностические задачи;
- соответствующая фармакодинамика, при которой РФП быстро выводится из организма.

Для характеристики скорости распада радионуклидов используют особую величину — период полураспада. Для каждого радиоактивного изотопа существует определенный интервал времени, в течение которого активность снижается в 2 раза. Этот интервал времени и носит название период полураспада. **Период полураспада** ($T_{1/2}$) — это время, в течение которого распадается половина исходного количества радиоактивных ядер. Период полураспада — величина строго индивидуальная для каждого радиоизотопа. У одного и того же элемента могут быть изотопы с разными периодами полураспада.

Радионуклиды с физическим периодом полураспада в несколько недель принято считать *долгоживущими*, в несколько дней — *среднеживущими*, в несколько часов — *короткоживущими*, в несколько минут — *ультракороткоживущими*.

Время пребывания радионуклида в организме характеризуется не только периодом физического полураспада нуклида ($T_{1/2}$), но и временем биологического полувыведения РФП из организма (T_6). Эти величины комбинируются в интегральную величину скорости убывания активности (T_3):

$$T_{эфф} = T_{1/2} \times T_6 / (T_{1/2} + T_6).$$

Для ядерной медицины в плане радиационной безопасности оптимальны короткоживущие излучающие нуклиды (^{99m}Tc , ^{111}In , ^{113}In , ^{199}Tl , ^{201}Tl , ^{123}I) и ультракороткоживущие нуклиды (^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{68}Ga , ^{82}Rb).

Следует отметить, что РФП с быстрым выведением из организма не всегда нужны для радионуклидных исследований, поскольку в исследуемом органе должно оставаться достаточное количество радиоактивного индикатора для получения качественного изображения.

РФП можно подразделить на органотропные, туморотропные, или специфические, и соединения без выраженной селективности.

По способности проникать или не проникать через гематотканевые и мембранные барьеры РФП подразделяются на *диффундирующие* и *недиффундирующие*.

Органотропность РФП бывает направленной, если препарат создан специально для исследования определенного органа, в котором происходит его избирательное накопление, и косвенной, под которой понимают временную концентрацию РФП по пути его выведения из организма. Кроме того, существует понятие вторичной селективности, когда препарат претерпевает химические превращения и возникают новые соединения, способные накапливаться в органах и тканях. РФП, как правило, вводят внутривенно, а в некоторых случаях, например при исследовании легких, — ингаляционно.

6.2.1. Основные типы аппаратов и принципы регистрации γ -квантов

В зависимости от способа и типа регистрации излучений все радиометрические приборы подразделяются на следующие типы:

- лабораторные радиометры для измерения радиоактивности отдельных образцов или проб различных биологических сред;
- дозкалибраторы для измерения величины абсолютной радиоактивности образцов или растворов радионуклидов;
- медицинские радиометры для измерения радиоактивности всего тела или отдельного органа;
- радиографы для регистрации динамики перемещения РФП в органах с представлением информации в виде кривых;
- профильные сканеры для регистрации распределения РФП в теле больного либо в исследуемом органе с представлением данных в виде изображений (сканеры) или в виде кривых распределения;
- сцинтилляционная гамма-камера — для регистрации динамики перемещения РФП, а также для изучения его распределения в теле больного и исследуемом органе.

В настоящее время все функции радиографов и сканеров совмещают в себе современные сцинтилляционные гамма-камеры.

6.2.2. Регистрация γ -квантов

γ -Кванты, испускаемые радионуклидами, в теле пациента распространяются прямолинейно во всех направлениях. Они регистрируются специальными детекторами, расположенными вблизи тела пациента. Поскольку детектор имеет плоскую поверхность и находится во время исследования в одной плоскости по отношению к телу, регистрируются только γ -кванты, распространяющиеся в этой плоскости.

В общем виде устройство любого радиодиагностического прибора включает следующие части:

- сцинтилляционно-детектирующее устройство, осуществляющее преобразование γ - или β -излучения в энергию квантов света, а затем — в электрические сигналы;
- усилитель электрических импульсов, поступающих со сцинтилляционно-детектирующего устройства;
- амплитудный анализатор импульсов — устройство, дифференцирующее поступающие с усилителя сигналы;
- устройство регистрации и представления информации — преобразователь сигналов дифференциального дискриминатора в цифровую, графическую или визуальную информацию;
- специализированный или универсальный компьютер для управления процессом сбора и обработки данных.

Сцинтилляционно-детектирующее устройство состоит, как правило, из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ). Чаще всего в современных гамма-камерах используются твердые сцинтилляторы на основе оптически прозрачных монокристаллов натрия йодида или калия йодида, активированных

таллием или теллуром. γ -Кванты, попадая в кристалл, передают ему свою энергию, в результате чего возникает свечение (флюоресценция), называемое *сцинтилляцией*. Это очень слабое свечение регистрируется с помощью высокочувствительного устройства — *фотоэлектронного умножителя*, преобразующего световые импульсы в электрические сигналы. Эти сигналы усиливаются встроенным усилителем и поступают на вход амплитудного анализатора (дифференциального дискриминатора). Число импульсов в единицу времени, или частота их следования, зависит от интенсивности излучения и, таким образом, от количества нуклида, находящегося в поле зрения детектора.

Совершенствование гамма-камер и разработка нового программного обеспечения привели к созданию *гамма-камер с функцией томографии*. Методика исследования получила название **однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ)**. Основными преимуществами этих комплексов являются возможность получения срезов изучаемых органов и активное использование компьютера для управления процессом сканирования.

ОФЭКТ позволяет получить объемное представление о распределении РФП внутри исследуемого органа или области исследования. ОФЭКТ-изображения получают путем записи серии плоскостных сцинтиграмм при вращении детекторов гамма-камеры вокруг тела пациента. Затем с помощью программного обеспечения производится построение срезов в различных плоскостях. Многие современные аппараты совмещают полученные томографические срезы с компьютерно-томографическими или магнитно-резонансными изображениями и таким образом соединяют анатомическую информацию с функциональной.

6.2.3. Виды радионуклидных исследований

Все радионуклидные исследования разделяют на *динамические* и *статические*. Динамические исследования проводятся с целью изучения динамики распределения РФП в том или ином органе. Они состоят из записи серии кадров (плоскостных сцинтиграмм) в течение определенного времени после внутривенной инъекции РФП. Затем с помощью компьютерных программ производят обработку данных и построение кривых распределения РФП. Наиболее часто динамические исследования используются при изучении функции почек, печени и желчных путей, щитовидной железы.

Статические исследования применяют для оценки пространственного распределения РФП в теле больного или в каком-либо органе. Рассчитывают накопление РФП в тканях, сравнивают накопление в различных участках органов, оценивают равномерность накопления внутри органа. Статические исследования проводятся путем записи одной плоскостной сцинтиграммы над определенной областью тела в течение времени, необходимого для накопления достаточного объема информации.

ОФЭКТ можно отнести к разновидности статических исследований, но в последнее время разработаны программы динамической ОФЭКТ.

Все радионуклидные методы также разделяют на методы радиографической визуализации и невизуализационные методы. При радиографической визуализации распределение РФП оценивается непосредственно по сцинтиграммам или томограммам. Невизуализационные методы включают методы измерения количества радионуклида в биологических средах организма и образцах тканей.

6.2.4. Области применения однофотонной эмиссионной компьютерной томографии

Онкология

РФП, избирательно накапливающиеся в опухолях, называют *туморотропными* и разделяют на следующие группы:

- РФП, способные накапливаться в тканях, окружающих опухоль;
- РФП, тропные к мембранам опухолевых клеток;
- РФП, проникающие в опухолевые клетки.

Задачами радионуклидного исследования в онкологии являются:

- выявление злокачественных новообразований различных органов и тканей;
- дифференциальная диагностика злокачественных и доброкачественных процессов;
- определение эффективности проводимого оперативного или консервативного лечения;
- выявление продолженного роста опухолей.

В диагностике опухолей используют статическую сцинтиграфию и ОФЭКТ (рис. 6.1).

Кардиология

Основные задачи радионуклидной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний:

- выявление ишемии миокарда;
- определение повреждений (некроза) сердечной мышцы;
- определение метаболизма и жизнеспособности миокарда;
- выявление воспалительных заболеваний сердечно-сосудистой системы;
- оценка центральной гемодинамики и сократительной способности сердца.

Одной из основных методик радионуклидного исследования в кардиологии является ОФЭКТ (см. рис. 9.42, см. цв. вклейку).

Выявление ишемии миокарда проводится с помощью перфузионной сцинтиграфии. Она позволяет:

- определить различные типы дефектов перфузии миокарда (стабильные дефекты,

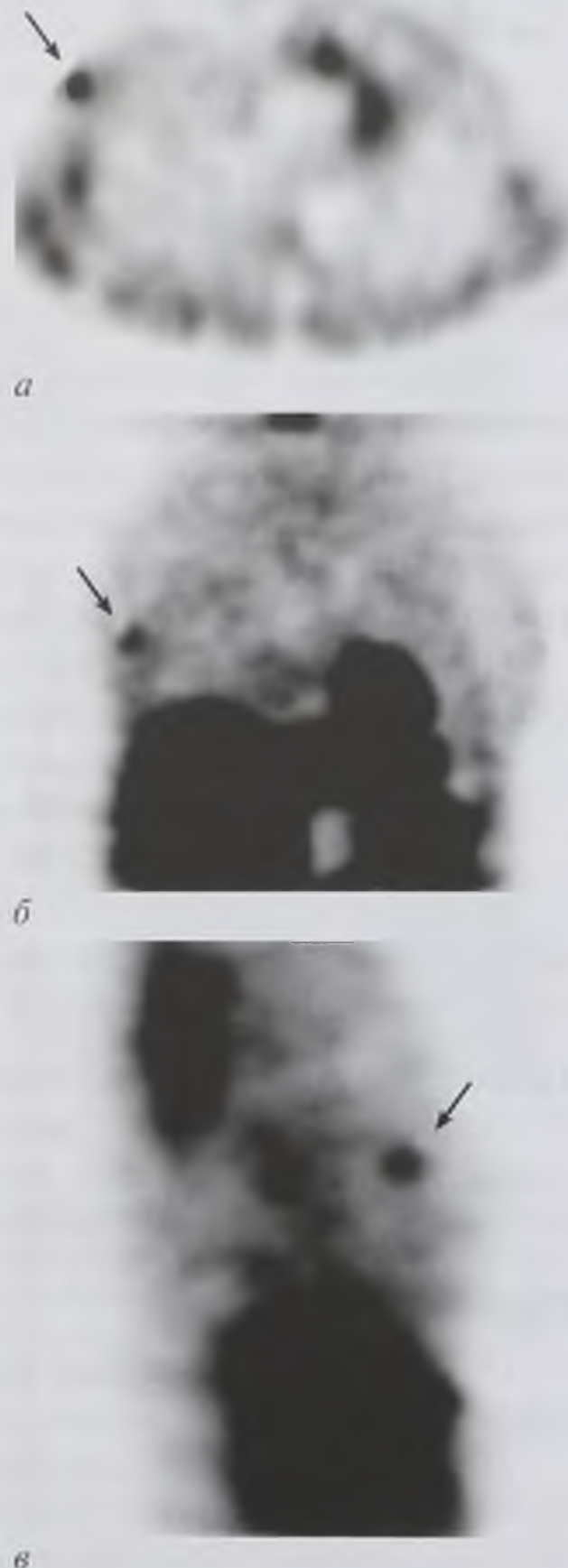


Рис. 6.1. Однофотонные эмиссионные компьютерные томограммы молочных желез. Рак левой молочной железы. На томосцинтиграммах в аксиальной (а), фронтальной (б) и сагиттальной (в) плоскостях определяется очаг патологического накопления туморотропного радиофармпрепарата в левой молочной железе (стрелка)

преходящие дефекты, полустабильные дефекты, феномен парадоксального перераспределения);

- выявить участки гибернированного миокарда — области хронически ишемизированной сердечной мышцы с обратимо нарушенной инотропной функцией, которая восстанавливается после успешной реваскуляризации;
- определить бассейн кровоснабжения коронарных артерий;
- провести дифференциальную диагностику ишемии и острого инфаркта миокарда;
- прогнозировать острые кардиальные осложнения у пациентов с коронарной недостаточностью.

Метаболизм и жизнеспособность миокарда

Основными энергетическими субстратами миокарда являются жирные кислоты и глюкоза. В норме их метаболизм сбалансирован. В условиях недостатка кислорода происходит переключение энергообразования с пути β -окисления жирных кислот на путь анаэробного гликолиза, при котором истощаются запасы АТФ, увеличивается выработка лактата, развивается внутриклеточный ацидоз. Все это приводит к снижению сократимости миокарда.

Наиболее доступным методом оценки биоэнергетики миокарда является ОФЭКТ с ^{123}I -жирными кислотами. Методика позволяет:

- оценить жизнеспособность миокарда;
- оценить кинетику метаболизма жирных кислот в кардиомиоцитах с помощью повторной ОФЭКТ.

В настоящее время синтезировано множество радиоактивных маркёров эндогенного метаболизма миокарда. Для оценки этих процессов одинаково часто используют ОФЭКТ и ПЭТ.

Центральная гемодинамика и сократительная функция сердца

Основной методикой является *радионуклидная равновесная вентрикулография*, которая позволяет определить локальную сократимость желудочков и скорость изменений объема крови в полостях сердца.

Пульмонология

Основными методиками радионуклидных исследований легких являются *перфузионная и вентиляционная сцинтиграфия* и ОФЭКТ легких.

Перфузионная сцинтиграфия легких и ОФЭКТ основаны на временной эмболизации капиллярного русла после внутривенного введения макроагрегатов или микросфер альбумина человеческой сыворотки, меченных радионуклидом (рис. 6.2, а). Отсутствие накопления РФП в какой-либо области легких свидетельствует о нарушении в ней кровотока (рис. 6.2, б).

Достоинством сцинтиграфии и ОФЭКТ является возможность выявления нарушений кровотока до развития клинических проявлений и рентгенологических признаков инфильтративных изменений легочной ткани и инфаркт-пневмоний.

Вентиляционная сцинтиграфия легких проводится с целью определения локализации, характера и распространенности обструкционных поражений бронхиального дерева.

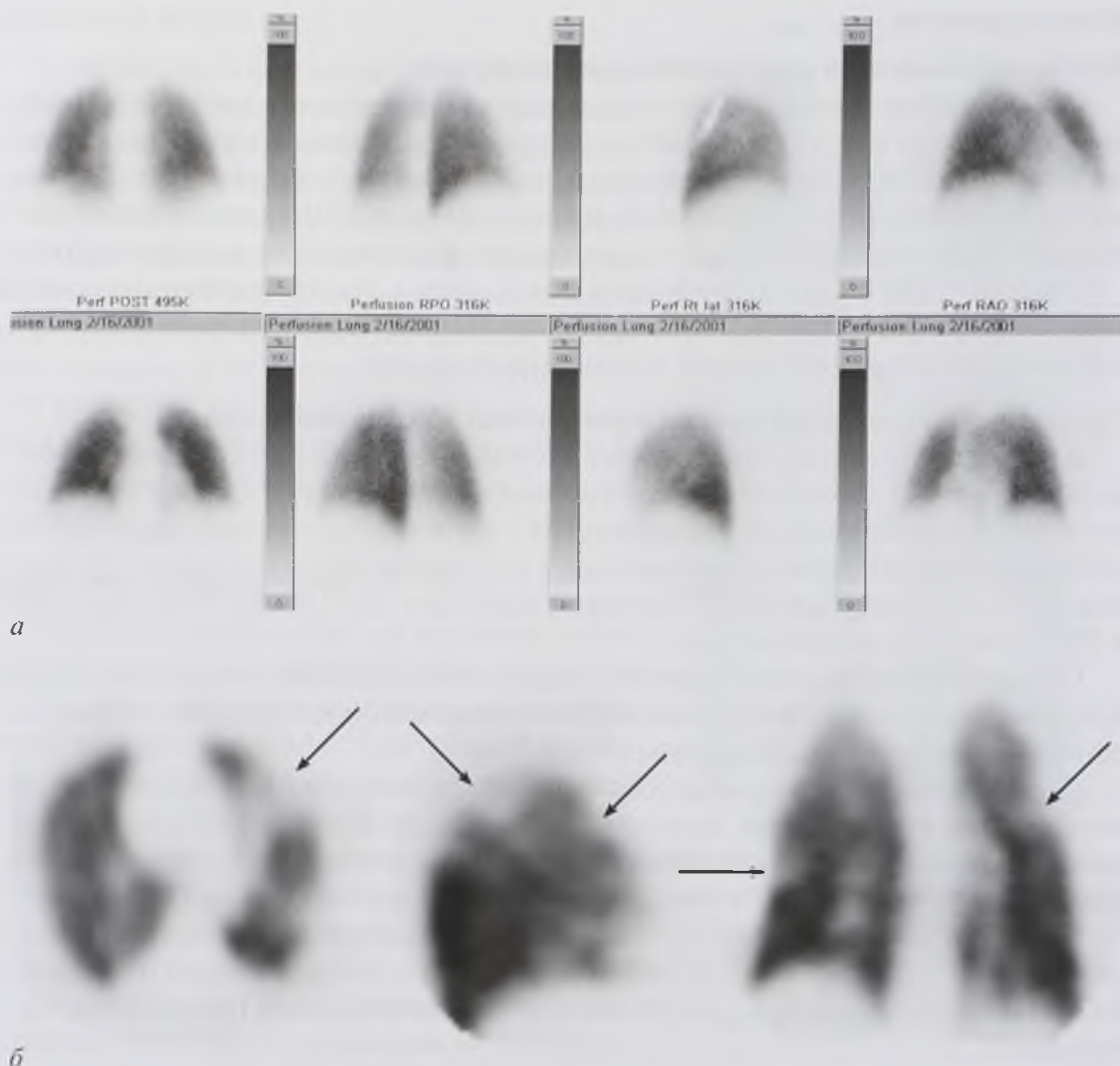


Рис. 6.2. Перфузионные скинтиграммы легких в прямых и боковых проекциях в норме (а) и однофотонные эмиссионные компьютерные томограммы легких в аксиальной, сагитальной и фронтальной плоскостях (б). Тромбоэмболия легочной артерии. Определяются множественные дефекты перфузии легочной ткани (стрелки)

Урология и нефрология

Радионуклидное исследование почек позволяет оценить клубочковую фильтрацию, канальцевую секрецию, уродинамику, а также состояние паренхимы, кровоснабжение и топографию органа в одном исследовании. При этом функциональные изменения выявляются на ранних стадиях патологического процесса. Введение небольших доз РФП позволяет выполнять неоднократные исследования.

Радионуклидные методы исследования почек включают:

- ренографию;
- динамическую скинтиграфию почек (см. рис. 12.28, см. цв. вклейку);
- статическую скинтиграфию почек (см. рис. 12.30, см. цв. вклейку);
- ангиореносквинтиграфию.

Гастроэнтерология

Печень, желчные пути и желудочно-кишечный тракт

Сцинтиграфия слюнных желез проводится для диагностики воспалительных, дистрофических и опухолевых заболеваний слюнных желез; оценки их функционального состояния при различных заболеваниях: сиалоаденитов (в частности, паротита), слюнно-каменной болезни, синдрома Шегрена (хроническое воспаление экзокринных желез с признаками секреторной недостаточности).

Сцинтиграфическая диагностика используется для выявления моторно-эвакуаторных расстройств желудка, тонкой кишки, определения тактики хирургического лечения и оценки результатов операции.

Сцинтиграфические исследования в диагностике заболеваний печени

В печени существуют три тканевые системы, визуализация которых требует различных РФП. *Гепатобилиарная* система включает гепатоциты и желчные пути. *Ретикулоэндотелиальная* система (РЭС) состоит из печеночных макрофагов (клеток Купфера). *Кровеносная* система в состоянии покоя содержит 1/5 объема циркулирующей крови, 25% которой поступает через печеночную артерию и 75% — через портальную вену.

Основными методиками радионуклидных исследований печени и желчных путей являются динамическая сцинтиграфия печени и статическая сцинтиграфия ретикулоэндотелиальной системы (РЭС).

Динамическая сцинтиграфия гепатобилиарной системы представляет собой комплексное исследование, включающее оценку функционального состояния печени, концентрационной и двигательной функции желчного пузыря, проходимости желчных путей и определение дисфункции сфинктера Одди.

Статическая сцинтиграфия РЭС проводится с целью определения формы, размеров и нарушений анатомо-морфологической структуры печени и селезенки при опухолях, гепатитах, циррозах и других заболеваниях (рис. 6.3, см. цв. вклейку).

Как при острых, так и при хронических диффузных поражениях печени (вирусные, алкогольные гепатиты, интоксикация при химиотерапии, отравления тяжелыми металлами, цирроз) ее размеры могут быть нормальными, увеличенными или уменьшенными в зависимости от тяжести процесса. Распределение РФП неравномерное. Накопление РФП в селезенке и костном мозге усиленное.

Травматология и ортопедия

Основной методикой радионуклидного исследования скелета является статическая сцинтиграфия. Иногда она дополняется ОФЭКТ.

В норме на сцинтиграммах визуализируются кости с симметричной аккумуляцией индикатора. Несколько большее накопление отмечается в области суставов. В мягких тканях накопление РФП минимальное (рис. 6.4).

Накопление РФП зависит от:

- метаболической активности кости; усиление аккумуляции индикатора наблюдается в областях повышенной остеобластической активности (травмы, опухоли, воспаления);
- кровотока в костной ткани;
- симпатической иннервации.

Щитовидная железа

Сцинтиграфию щитовидной железы выполняют с целью определения функционального состояния ее ткани. Исследование проводят с помощью радиоактивного йода (^{123}I), чтобы оценить йодпоглотительную функцию железы, а также с помощью натрия пертехнетата [$^{99\text{m}}\text{Tc}$], который не включается в метаболизм щитовидной железы, но накапливается в ее ткани аналогично йоду. Эта методика позволяет оценить наличие, локализацию ткани щитовидной железы и ее структурные особенности (рис. 6.5–6.7, см. цв. вклейку).

Неврология и нейрохирургия

ОФЭКТ головного мозга является одной из информативных методик в неврологии.

Перфузионная томосцинтиграфия головного мозга используется для определения регионарного мозгового кровотока у пациентов с цереброваскулярной патологией (инсульты, транзиторные ишемические атаки, субарахноидальные кровоизлияния и другие нарушения мозговой гемодинамики) (рис. 6.8, см. цв. вклейку).

Перфузионная ОФЭКТ играет важную роль в диагностике ранних стадий инсульта (в первые часы), когда структурные изменения еще не наступили, а нарушения регионарного кровотока уже имеются (рис. 6.9, см. цв. вклейку).

Перфузионная ОФЭКТ может служить адекватным способом оценки перфузии после выполнения реконструктивных операций на сонных артериях, а также для выявления хирургических осложнений.

Перфузионная ОФЭКТ помогает выявить лиц с высоким риском развития инсульта в первую неделю после транзиторных ишемических атак.

Новообразования головного мозга

Сцинтиграфия позволяет:

- уточнить характер патологического очага;
- получить информацию об активности опухоли;
- визуализировать области патологического накопления относительно тех или иных анатомических образований головного мозга;
- выявить продолженный рост опухоли;
- контролировать эффективность проводимой химиотерапии или лучевой терапии;
- оценить радикальность выполненного оперативного вмешательства.

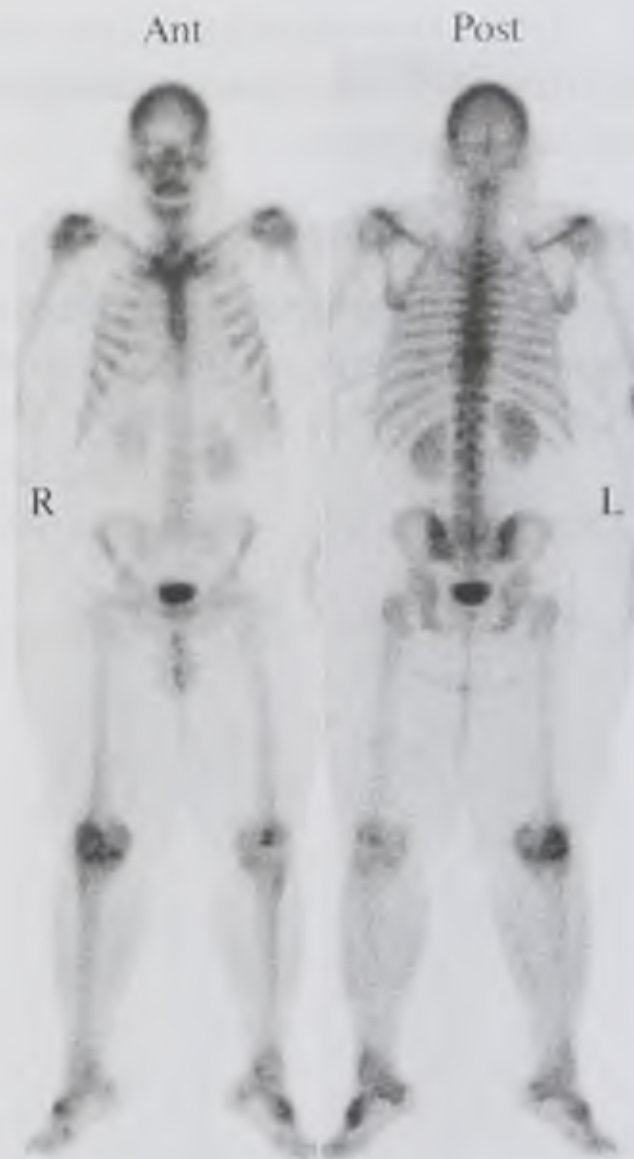


Рис. 6.4. Статические сцинтиграммы костей скелета в прямых передней и задней проекциях: Ant — передняя проекция; Post — задняя проекция; R — правая сторона; L — левая сторона

Для радионуклидной диагностики новообразований головного мозга используются РФП, не проникающие через гематоэнцефалический барьер (рис. 6.10, см. цв. вклейку).

Воспалительные процессы

Основным преимуществом сцинтиграфической диагностики воспаления является возможность исследования всего тела. При этом используют лейкоциты больного, меченные радионуклидом (рис. 6.11).



Рис. 6.11. Статические сцинтиграммы тела с мечеными лейкоцитами в норме

Направления радионуклидной диагностики при воспалительных процессах

- Воспалительные заболевания костей и суставов.
- Воспалительные заболевания органов полости живота. Радионуклидная диагностика воспалительных заболеваний кишечника оказывается методом выбора, если возникающие в качестве осложнения воспалительного процесса стриктуры затрудняют продвижение бария или эндоскопа.
- Воспалительные заболевания в кардиологии (септический эндокардит, осложнения оперативных вмешательств и миокардит).
- Легочная инфекция. Сцинтиграфия наиболее эффективна в фазу формирования легочного абсцесса. Кроме этого, данный метод исследования можно применять в сложных клинических ситуациях для дифференциальной диагностики абсцесса и кисты.
- Воспалительные процессы в урологии и нефрологии. Необходимость в сцинтиграфической индикации очага воспаления возникает у пациентов с подозрением на инфицирование солитарных кист почек, когда денситометрическая оценка плотности тканей при КТ не дает информации о содержимом кист. Использование сцинтиграфии эффективно также в выявлении очага воспаления после оперативных вмешательств на органах брюшинного пространства и при подозрениях на отторжение почечного трансплантата.
- Лихорадка неясного генеза.

6.2.5. Показания к проведению радионуклидных исследований

Голова

1. Опухоли головного мозга.
2. Острые и хронические нарушения мозгового кровообращения.
3. Сосудистая и другие виды деменций; болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, эпилепсия и др.

4. Заболевания слюнных желез:

- воспалительные заболевания (острый и хронический сиаденит, паротит);
- слюннокаменная болезнь;
- опухоли слюнных желез.

Шея

1. Заболевания щитовидной железы:

- дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных узловых образований щитовидной железы;
- определение йодпоглотительной функции при гипо- и гипертиреозе.

2. Исследование лимфатических узлов шеи:

- дифференциальная диагностика лимфаденопатий.

Грудь*Исследование сердца*

1. Диагностика ИБС.

2. Определение степени тяжести ИБС:

- выявление скрытой ишемии;
- оценка площади поражения миокарда;
- оценка жизнеспособности миокарда;
- оценка эффективности лечения.

3. Миокардиты, инфекционный эндокардит.

4. Кардиомиопатии.

5. Оценка сократительной функции миокарда при различных заболеваниях.

Исследование легких

1. Тромбоэмболия ветвей легочной артерии.

2. Диагностика и дифференциальная диагностика опухолей легких.

3. Определение уровня и характера обструкционных поражений бронхиального дерева.

4. Гнойно-деструктивные заболевания легких.

Исследование органов средостения:

- опухолевые и опухолеподобные заболевания.

Исследование молочной железы:

- диагностика и стадирование рака молочной железы.

Живот

1. Органы желудочно-кишечного тракта:

- выявление нарушения моторно-эвакуаторной функции пищевода и желудка;
- определение кишечной непроходимости.

2. Паренхиматозные органы пищеварительной системы:

- воспалительные заболевания печени и желчного пузыря (острый и хронический гепатит и холецистит);
- цирроз печени;
- гемангиомы печени, нарушение перфузии печени и селезенки;
- нарушения моторной функции желчных путей;
- желчнокаменная болезнь;
- оценка функции пересаженной печени.

3. Мочевые органы:

- оценка функции и состояния полостной системы почек (травмы, воспалительные заболевания, опухоли, планирование оперативных вмешательств);
- выявление врожденных аномалий;
- оценка кровоснабжения почек;
- выявление пузырно-мочеточникового рефлюкса.

4. Надпочечники:

- дифференциальная диагностика опухолевых и неопухолевых заболеваний.

Таз

1. Мочевой пузырь:

- оценка функции мочевого пузыря.

2. Яички:

- диагностика крипторхизма.

Конечности и позвоночник

1. Инфекционные заболевания костей и суставов.

2. Опухоли и метастатическое поражение костей.

3. Определение степени минерализации костей.

4. Определение активности зон роста костей у детей.

Все тело

1. Выявление злокачественных новообразований различных органов и тканей.

2. Поиск метастазов первичной опухоли.

3. Поиск очагов инфекции при лихорадках неясного генеза.

4. Определение уровня нарушения оттока лимфы при различных заболеваниях и травмах.

6.3. РАДИОНУКЛИДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЗИТРОН-ИЗЛУЧАЮЩИХ НУКЛИДОВ

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — метод радионуклидной диагностики, основанный на применении РФП, меченных нуклидами — позитронными излучателями.

6.3.1. Физические основы, принципы регистрации излучения и построение изображения при позитронно-эмиссионной томографии

Эмиссия позитрона из ядра атома. Ядро любого нуклида, способного к позитронному распаду, нестабильно из-за большего числа протонов, чем нейтронов. Для перехода к стабильному состоянию ему необходимо избавиться от одного протона. Это происходит в виде реакции:



В результате получается стабильный атом, в котором число протонов равно числу электронов. Позитрон является продуктом этой реакции.

Позитрон представляет собой положительно заряженную частицу с массой, равной массе электрона. После эмиссии из ядра атома позитрон проходит в окружающих тканях расстояние 1–3 мм и вступает во взаимодействие с электроном. В момент остановки в электронной оболочке атома позитрон соединяется с электроном, и масса обеих частиц превращается в два высокоэнергетических γ -кванта, разлетающихся в строго противоположные стороны (*аннигиляция*). Энергия каждого из этих квантов равна 511 кэВ (рис. 6.12).

Регистрация γ -квантов и формирование изображения. В позитронно-эмиссионном томографе происходит регистрация γ -квантов с помощью нескольких колец детекторов. Если два γ -кванта регистрируются одновременно двумя противоположно расположенными детекторами (в течение короткого времени), то предполагается, что они возникли от аннигиляции вдоль линии, соединяющей эти детекторы. Этот принцип назван *детекцией совпадения*. В дальнейшем обработка полученной информации не отличается от таковой при других методах радионуклидной визуализации: γ -квант, попадая на кристалл детектора, вызывает вспышку (сцинтилляцию), фотоэлектронные умножители (ФЭУ) переводят суммарную величину таких вспышек в цифровой вид, который уже и выводится на экран дисплея.

Детекторы расположены в виде кольца вокруг исследуемого объекта, что позволяет зарегистрировать все аннигиляции с использованием схемы совпадений.

Реконструкция изображения. ПЭТ-система суммирует все линии ответа от пар детекторов, зарегистрированные за время записи, и реконструирует изображение по алгоритму аналогично КТ, МРТ и ОФЭКТ. Таким образом, получают послойные изображения накопления РФП в исследуемой области или во всем теле сразу, и главной задачей становится определить точную локализацию этих изменений с учетом данных, ранее полученных другими методами исследований.

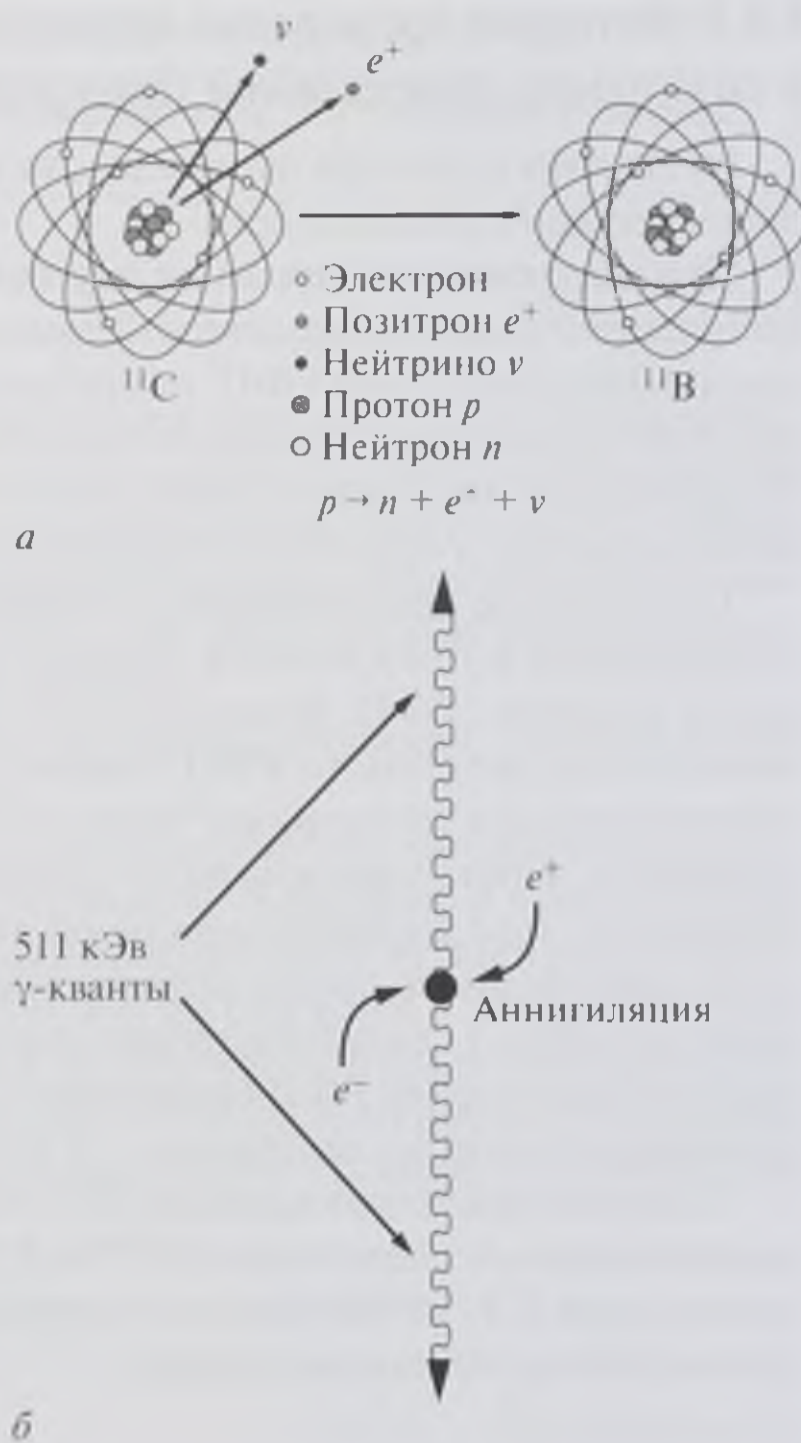


Рис. 6.12. Схема эмиссии позитрона из ядра атома и взаимодействия его с электроном: а — процесс стабилизации ядра атома с превращением протона в нейтрон и испусканием позитрона; б — взаимодействие положительно заряженного позитрона и отрицательно заряженного электрона (аннигиляция) с образованием двух γ -квантов

6.3.2. Методики проведения исследований в позитронно-эмиссионной томографии

Существуют две основные методики проведения сканирования при ПЭТ — *динамическая* и *статическая*.

Динамическое сканирование основано на сборе информации с одной и той же области тела через определенные промежутки времени с целью мониторинга динамики накопления РФП, например для определения скорости накопления, времени нахождения и скорости выведения РФП в патологическом образовании. В дальнейшем при полноценной статистической обработке эти параметры могут четко характеризовать патологию, позволяя сформулировать правильный диагноз.

Статическое сканирование — методика, основанная на однократном сборе информации с той или иной области или со всего тела через некоторое время после введения РФП. Используя этот тип сканирования, нужно знать уровни накопления введенного РФП в норме и уметь отличить их от накопления при патологических состояниях. Часто методика дополняется *отсроченным* сканированием, чтобы определиться с динамикой выведения РФП из образования. Например, при дифференциальной диагностике воспалительных изменений и злокачественного процесса более быстрое выведение глюкозы из патологической зоны будет свидетельствовать о воспалительных изменениях. Полученную картину накопления РФП сравнивают с результатами других (морфологических) лучевых методов исследования — КТ или МРТ.

Современные совмещенные ПЭТ-КТ-сканеры позволяют проводить одновременно два исследования (ПЭТ и КТ) и точно совмещать данные ПЭТ с результатами КТ, чтобы оценить морфологические изменения с точки зрения изменения метаболизма клеток.

6.3.3. Радиофармацевтические препараты для позитронно-эмиссионной томографии

При ПЭТ используются РФП — естественные метаболиты, меченные радиоактивным кислородом, углеродом, азотом, фтором. Эти препараты включаются в обмен веществ. В результате можно оценить процессы, протекающие на клеточном уровне.

Для ПЭТ используются только ультракороткоживущие нуклиды. Данные об используемых нуклидах представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Нуклиды, используемые для проведения позитронно-эмиссионной томографии

Радионуклид	Период полураспада, мин	Стабильный атом	Энергия позитрона, мэВ
^{11}C	20,4	^{11}B	0,96
^{13}N	9,9	^{13}C	1,19
^{15}O	2,1	^{15}N	1,72
^{18}F	110	^{18}O	0,64

Окончание табл. 6.1

Радионуклид	Период полураспада, мин	Стабильный атом	Энергия позитрона, мэВ
^{68}Ga	68	^{68}Zn	1,89
^{82}Rb	1,3	^{82}Kr	3,35

Период полураспада исчисляется несколькими минутами и даже секундами. Ультракороткоживущие радионуклиды для производства РФП синтезируются в циклотронах. Следующим этапом является присоединение полученного нуклида к естественному метаболиту (углевод, аминокислота или жирная кислота), например: $^{18}\text{F} + \text{глюкоза} = ^{18}\text{F}\text{-дезоксиглюкоза}$ ($^{18}\text{F}\text{-ФДГ}$, фтордезоксиглюкоза). Это происходит в радиохимической лаборатории.

ПЭТ с $^{18}\text{F}\text{-ФДГ}$ является высокоинформативной методикой, ее используют в диагностике злокачественных опухолей.

Глюкоза, попадая в кровяное русло при посредничестве переносчиков (гексокиназы), поступает внутрь клетки в виде глюкозо-6-фосфата и в дальнейшем претерпевает изменения по двум основным биохимическим путям в виде глюко-неогенеза и гликолиза. В таком случае РФП был бы разрушен и потерял бы свое предназначение. $^{18}\text{F}\text{-ФДГ}$ доходит только до промежуточной метаболической формы — $^{18}\text{F}\text{-ФДГ-6-фосфата}$ — и далее изменений не претерпевает, оставаясь внутри клетки. Это и позволяет наблюдать накопление глюкозы в тканях при ПЭТ (рис. 6.13).

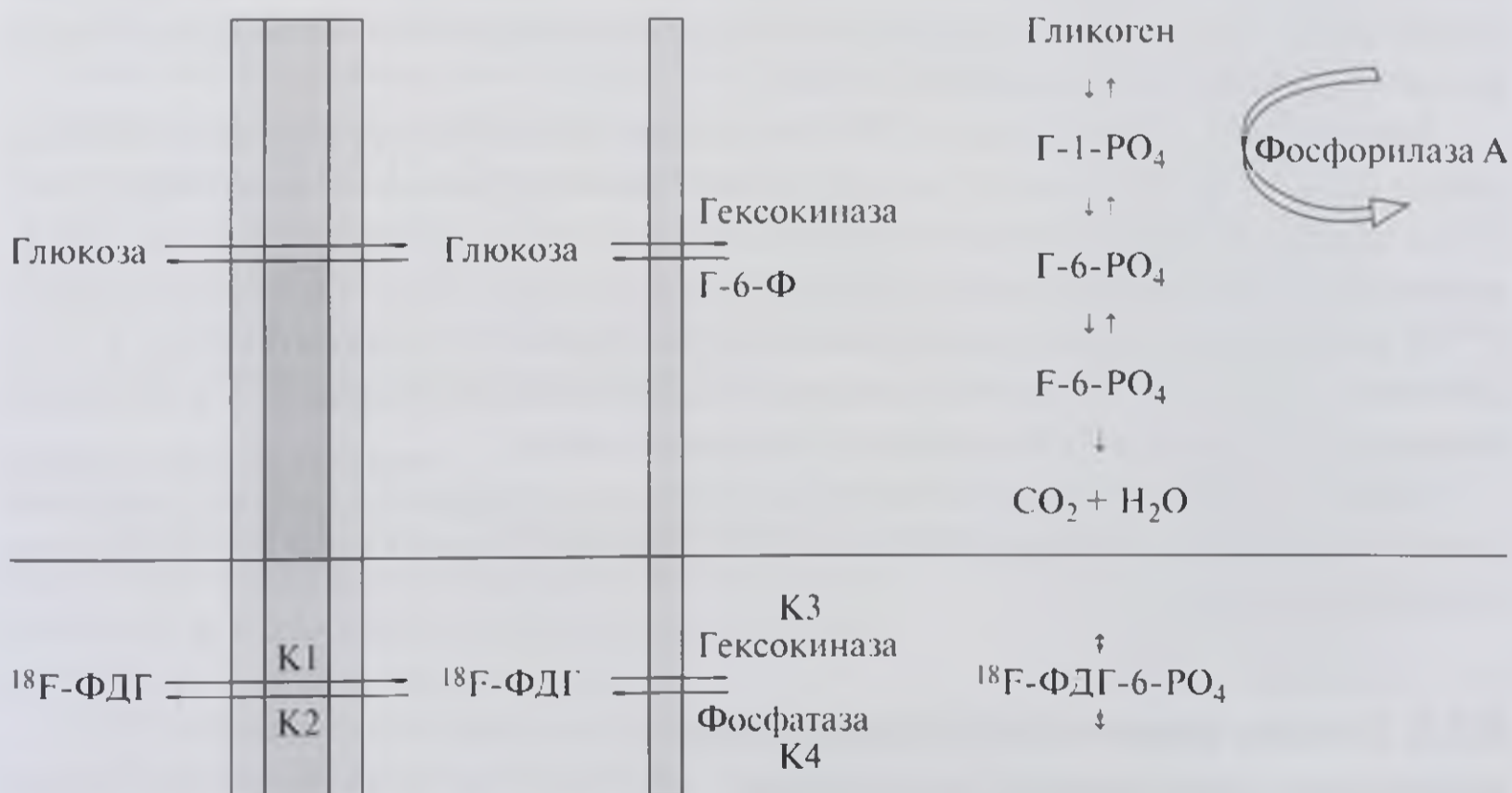


Рис. 6.13. Схема метаболизма глюкозы и 18-фтордезоксиглюкозы ($^{18}\text{F}\text{-ФДГ}$). 18-Фтордезоксиглюкоза, в отличие от обычной глюкозы, не подвергается метаболизму далее стадии глюкозо-6-фосфата и остается внутриклеточно. Таким образом, появляется возможность регистрировать концентрацию накопления радиофармцевтического препарата: Г-1-РО₄ — глюкоза-1-фосфат; Г-6-РО₄ и Г-6-Ф — глюкоза-6-фосфат; F-1-РО₄ — глюкоза-1-фосфат с заменой одного атома атомом фтора; K1, K2, K3, K4 — переносчики белков K1, K2, K3, K4, соответственно; $^{18}\text{F}\text{-ФДГ-6-РО}_4$ — глюкоза-1-фосфат с заменой 1 атома атомом фтора

Через 1 ч после введения высокий захват ^{18}F -ФДГ отмечается в головном мозге, миокарде и в почках. Увеличенный захват ^{18}F -ФДГ также возможен в участках репарации ткани (например, после биопсии) и при инфекционных процессах. В норме захват ^{18}F -ФДГ высокий в желудочно-кишечном тракте, щитовидной железе, слюнных железах, скелетной мускулатуре, костном мозге и в мочевых органах.

Аминокислоты. В последнее время все большее значение приобретают исследования с использованием аминокислот или их аналогов, меченных позитронизлучающими нуклидами.

Транспорт аминокислот усиливается при опухолевой трансформации клетки. Рост опухоли требует повышенного поступления питательных веществ, необходимых для энергетического обмена, синтеза белка, поэтому увеличение транспорта аминокислот может быть связано со специфическими изменениями на поверхности опухолевой клетки. Эти данные послужили основой для использования меченых аминокислот в качестве РФП для визуализации опухоли, так как замена атома углерода на нуклид углерода ^{11}C химически не изменяет молекулу.

Заметное преимущество применения РФП на основе аминокислот, в сравнении с введением ^{18}F -ФДГ, заключается в большой разнице уровней их накопления в опухолевой ткани по сравнению с нормальной тканью. Из аминокислот наиболее часто применяют ^{11}C -метионин, главным образом из-за простого и эффективного радиохимического синтеза. С помощью ^{18}F -ФДГ оценивается энергетический метаболизм, а ^{11}C -метионина — транспорт и метаболизм аминокислоты. Разные физиологические механизмы накопления обуславливают различную роль этих двух РФП в ПЭТ.

Другие РФП. Существуют РФП на основе таких биологически активных веществ, как холин, ацетат, искусственно синтезированные аминокислоты: [^{11}C]-холин для диагностики и стадирования рака предстательной железы, [^{11}C]-ацетат для диагностики рака предстательной железы и первичного рака печени, [^{15}O]-вода в диагностике перфузионных расстройств головного мозга, [^{13}N]-аммоний в диагностике метаболических нарушений миокарда, [^{11}C]-бутират натрия в диагностике образований головного мозга.

Однако до настоящего времени нет единого суждения в выборе наиболее диагностически значимого РФП для ПЭТ. Все РФП имеют свои преимущества и недостатки.

6.3.4. Основы клинического применения позитронно-эмиссионной томографии

В настоящее время ПЭТ применяется для диагностики главным образом в онкологии, кардиологии и неврологии.

Онкология

ПЭТ необходима для дифференциальной диагностики опухолевых и неопухолевых изменений, выявленных при МРТ или КТ, либо для уточнения

морфологической структуры опухоли, диагностированной методами лучевой диагностики (рис. 6.14, см. цв. вклейку).

ПЭТ позволяет диагностировать и проводить стадирование злокачественных опухолей, определять степень их злокачественности (рис. 6.15, см. цв. вклейку).

ПЭТ также является ценной методикой при диагностике региональных и отдаленных метастазов. Становится возможным более точно установить стадию онкологического процесса для выбора оптимальной тактики лечения (рис. 6.16–6.19, см. цв. вклейку).

ПЭТ отражает метаболизм клеток, это позволяет оценить реакцию опухоли на химиолучевое лечение. Полученные результаты используются для коррекции терапии, что улучшает прогноз и исход заболевания (рис. 6.20; рис. 6.21–6.23, см. цв. вклейку).

Кардиология

На сегодняшний день методом выбора для выявления жизнеспособного миокарда считается ПЭТ, которая позволяет оценивать состояние регионарного метаболизма и перфузии. Количественное измерение метаболизма производится с помощью ^{18}F -ФДГ. Для оценки перфузии чаще всего используют ^{13}N -аммония, ^{15}O -воды или рубидий-82 (^{82}Rb). С возникновением ПЭТ появилась возможность прогнозировать результаты реваскуляризации миокарда.

Неврология и психиатрия

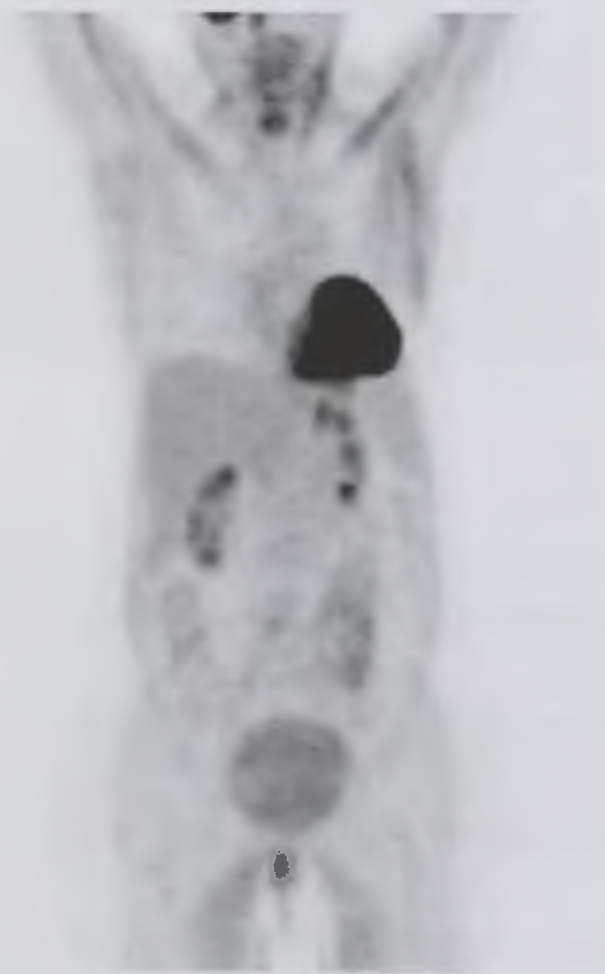
Применение ПЭТ с ^{18}F -ФДГ позволяет оценить увеличение или уменьшение потребления глюкозы и локализовать эпилептогенные фокусы (рис. 6.24, см. цв. вклейку).

ПЭТ используется в диагностике различных видов деменций, включая и болезнь Альцгеймера (рис. 6.25, см. цв. вклейку).

Болезнь Паркинсона, болезнь Гентингтона, синдром Туретта не всегда можно точно диагностировать при КТ и МРТ. При ПЭТ определяется изменение накопления препарата в допаминовых рецепторах в проекции хвостатого ядра и скорлупы (рис. 6.26, см. цв. вклейку).



а



б

Рис. 6.20. Лимфома Ходжкина: *а* — на позитронно-эмиссионной томограмме до лечения отмечается множественное поражение печени и лимфатических узлов (стрелки); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме через 6 мес после химиотерапии отмечается полная ремиссия

6.3.5. Показания к проведению позитронно-эмиссионной томографии

Голова

1. Диагностика и дифференциальная диагностика злокачественных новообразований.
2. Оценка эффективности проводимого лечения.
3. Выбор наиболее активного участка опухоли для проведения биопсии.
4. Ранняя диагностика метаболических нарушений головного мозга при болезни Паркинсона, болезни Гентингтона, синдроме Туретта, деменции и болезни Альцгеймера.

Грудь, живот, малый таз, опорно-двигательная система

1. Диагностика и стадирование злокачественных новообразований.
2. Оценка эффективности лечения злокачественных опухолей.
3. Выбор наиболее активного участка опухоли для проведения биопсии.
4. Оценка жизнеспособности миокарда при ИБС.
5. Выявление ишемии миокарда при ИБС.

Контрольные вопросы

1. Когда и кем впервые было открыто явление естественной радиоактивности?
2. Что такое РФП, и каковы основные требования, предъявляемые к РФП?
3. Перечислите типы РФП.
4. Назовите виды радионуклидных исследований.
5. Каковы основные показания к проведению ОФЭКТ сердца?
6. Какие РФП наиболее широко используются при ПЭТ?
7. Что такое гибридные технологии в радионуклидной диагностике?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ОРГАНОВ ОПОРЫ И ДВИЖЕНИЯ

7.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным и первичным методом исследования опорно-двигательной системы в большинстве случаев является рентгенологический метод. Как правило, любое исследование начинается с рентгенографии для выявления патологических изменений костей. Исключением является применение КТ в неотложной диагностике повреждений головы (черепа), позвоночника и таза, а также применение УЗИ и МРТ при целенаправленном исследовании сосудов, мышц, сухожилий, связок.

Дальнейшая тактика обследования пациента строится по принципу оптимальной достаточности, то есть используют наиболее эффективные для характеристики конкретных изменений методы и методики лучевой диагностики.

В перспективе развитие компьютерных технологий позволит одновременно получать комплекс планарных и объемных изображений органов опоры и движения, что приведет к уменьшению числа дополнительных лучевых исследований.

7.1.1. Рентгенологический метод

При лучевом исследовании костей и суставов этот метод является основным. Как правило, при первичном обследовании применяют **рентгенографию**. Основные требования к рентгенографии:

- выполнение рентгенограмм в стандартных укладках как минимум в двух взаимно перпендикулярных проекциях;
- отображение на снимке двух или хотя бы одного сустава, ближайшего к исследуемой области;
- использование дополнительных укладок при исследовании сложных анатомических структур.

Рентгеноскопия (рентгенотелевизионное просвечивание) применяется для изучения кинематики суставов, выполнения функциональных проб, получения прицельных рентгенограмм интересующих участков, контроля манипуляций при проведении хирургических вмешательств.

Линейная томография используется для более детальной оценки изменений костной структуры, в том числе деструкции и новообразований костей, формирования костной мозоли при переломах и др. (при невозможности использования КТ или МРТ).

Методики рентгенологического исследования с контрастированием (**ангиография, лимфография, фистулография, артрография, бурсография, тенография**) применяют для получения дополнительной информации о состоянии сосудов, характеристики сосудистой сети новообразований, локализации абсцессов и гнойных затеков, визуализации внутрисуставных структур, синовиальных сумок и синовиальных влагалищ сухожилий.

7.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

КТ обладает более высокой разрешающей способностью и широким диапазоном при измерении рентгеновской плотности по сравнению с рентгенографией и томографией. Это создает возможность детального изучения состояния костных и многих мягкотканых анатомических структур. КТ позволяет получить комплексное трехмерное (объемное) изображение органов опоры и движения.

В процессе КТ можно применять методики с контрастированием. **КТ-артрографию** используют для выявления внутрисуставных повреждений. **КТ-фистулографию** применяют для детальной характеристики гнойных полостей и затеков. КТ с внутривенным болюсным контрастным усилением (**КТ-ангиография**) выполняется при обследовании пострадавших с тяжелой сочетанной травмой, а также больных опухолевыми, сосудистыми, воспалительными заболеваниями опорно-двигательной системы.

При травмах и заболеваниях сложных анатомических областей и структур (голова, шея, позвоночник, таз, крупные суставы) КТ становится методом выбора при неотложном лучевом исследовании.

7.1.3. Ультразвуковой метод

Ультразвуковой метод применяется для исследования мягкотканых структур опорно-двигательной системы. Исследование может быть проведено как в неотложном порядке для выявления патологических изменений сухожилий, мышц, связок, капсулы суставов, хрящевых образований, сосудов, так и при плановом обследовании и динамическом контроле репаративных процессов. Высокая разрешающая способность современных ультразвуковых аппаратов позволяет выявлять изменения отдельных пучков волокон мышц и сухожилий.

7.1.4. Магнитно-резонансная томография

МРТ является методом выбора в диагностике повреждений и заболеваний мягкотканых структур. Этот метод позволяет получать изображения с высоким пространственным и контрастным разрешением, идентифицировать гораздо больше анатомических структур, чем при КТ. При исследовании суставов, особенно внутрисуставных структур, МРТ наиболее информативна.

МРТ также служит эффективным методом диагностики многих заболеваний и повреждений костей. В силу физических закономерностей формирования изображений в разных режимах при МРТ создаются возможности визуализации

патологических изменений костного мозга, губчатого и коркового вещества кости, надкостницы, суставного хряща.

7.1.5. Радионуклидный метод

Радионуклидную визуализацию скелета выполняют путем внутривенного введения остеотропных РФП.

Методики радионуклидного метода:

- планарная сцинтиграфия;
- ОФЭКТ;
- ПЭТ.

У здорового человека остеотропный РФП сравнительно равномерно и симметрично накапливается в скелете. Его концентрация несколько выше в зонах роста костей и в области суставных поверхностей. Снижение или повышение накопления РФП в костях указывает на патологические процессы. Можно выявлять аномалии развития скелета, нарушения обмена веществ, переломы костей, участки костных инфарктов и асептического некроза, воспалительные и опухолевые заболевания.

7.2. НОРМАЛЬНАЯ ЛУЧЕВАЯ АНАТОМИЯ ОРГАНОВ ОПОРЫ И ДВИЖЕНИЯ

Основу органов опоры и движения составляет скелет, вокруг которого группируются мягкие ткани. Скелет выполняет функции опоры (в том числе рессорную функцию), защиты, образуя полости для органов и тканей, и движения, образуя систему рычагов и обеспечивая перемещение тела человека в пространстве.

В природе нет двух идентичных скелетов. Границы нормальных вариантов строения скелета и каждой кости очень широки.

Имеется прямая зависимость между формой и размерами скелета и формой и размерами тела (конституцией).

Скелет — основное депо минеральных солей. Кости содержат 45% минеральных солей, 30% органических веществ, 25% воды.

Кости имеют разную форму и структуру. Выделяют длинные, короткие, плоские, смешанные (неправильные, нерегулярные), воздухоносные кости.

Там, где наряду с прочностью требуется гибкость, короткие кости складываются в столбы (позвоночник) или создают ряды (запястье, предплюсна).

По строению различают губчатое (трабекулярное) и плотное вещество кости. Каждая кость состоит из костной, хрящевой, соединительной ткани, имеет свою систему кровоснабжения и иннервации.

В длинных и коротких трубчатых костях различают диафиз, эпифизы и метафизы. Апофизы — это самостоятельные анатомические образования, имеющие собственные центры окостенения. Сливаясь с основным массивом как трубчатых, так и плоских костей, они создают бугры, бугристости, краевые валики, то есть формируют рельеф кости.

Кости очень хорошо отображаются на рентгенограммах. Поскольку рентгеновское излучение поглощается главным образом минеральными солями, на снимках видны преимущественно плотные части кости: костные балки, трабекулы, корковое вещество. Надкостница, эндост, костный мозг, сосуды и нервы, хрящ, синовиальная жидкость в физиологических условиях не дают структурного рентгеновского изображения.

Костные балки губчатого вещества состоят из костных пластинок, которые образуют густую сеть. В корковом веществе костные пластинки расположены очень плотно, поэтому они создают полосы бесструктурной плотной ткани. Метафизы и эпифизы состоят преимущественно из губчатого вещества. Соотношение костных балок и трабекул с костномозговыми пространствами определяет костную структуру. Она имеет типичное строение в суставных концах длинных трубчатых костей, что обусловлено функциональной нагрузкой. В коротких трубчатых и плоских костях костная структура более равномерная.

Диафиз — это тело длинной трубчатой кости. В нем на всем протяжении выделяется костномозговая полость. Кортикальный слой кости (корковое вещество) постепенно истончается по направлению к метафизам. Наружный контур кортикального слоя резкий и четкий, в местах прикрепления связок и сухожилий он неровный. Эпифиз — суставной конец кости. У детей он отделен от метафиза рентгенопрозрачной полоской росткового хряща. После синостозирования эпифиз ограничен остеосклеротической полоской. Участок между диафизом и эпифизом называется метафизом. Его граница с эпифизом определяется отчетливо, а границей с диафизом является зона, где теряется изображение костномозгового канала и истончается кортикальная пластинка.

Все кости (за исключением субхондральных пластинок суставных поверхностей) снаружи покрыты надкостницей (первично — надхрящницей). Надкостница состоит из внутреннего (камбиального) и наружного (фиброзного) слоев. Основным костеобразующим слоем является внутренний. Из его мезенхимальных элементов формируются остеокласты и остеобласты. По окончании остеогенеза камбиальный слой остается лишь на протяжении диафизов. Его остеогенная активность снижается. Она возникает вновь лишь в случае функционального запроса или какого-либо патологического раздражения (травма, инфекционное воспаление, первичные опухоли и метастазы).

Фиброзный слой является защитным. Он прочно связан с костью, особенно в местах прикрепления мышц и сухожилий. Его фиброзные волокна глубоко проникают в корковый слой. В надкостницу вплетаются волокна связок, в ней разветвляются многочисленные сосуды и нервы.

Костномозговая полость и все костные перекладины губчатого вещества также выстланы камбиальным слоем — эндостом, за счет мезенхимальных элементов которого происходит эндостальное костеобразование.

Активность эндоста к моменту окончания остеогенеза снижается и вновь увеличивается при функциональном запросе, обеспечивая у взрослого человека перестройку внутренней структуры кости.

Неподвижные или малоподвижные соединения костей (сиартрозы) и подвижные суставы (диартрозы) визуализируются различными методами лучевой диагностики.

Неподвижные соединения костей:

- синдесмозы (плотная волокнистая соединительная ткань);
- синхондрозы (хрящевая ткань);
- синостозы (костная ткань).

Синдесмозы могут быть тонкими прокладками (черепные швы) или широкими мембранами (межкостные мембраны в предплечье и голени).

Соединительнотканые и хрящевые соединения на рентгенограммах отображаются в виде рентгенопрозрачных полос, а синостозы — остеосклеротической полоской.

Суставы имеют различное строение, связанное с функциональными задачами.

Суставные поверхности покрыты гиалиновым хрящом с крупными хрящевыми клетками. Межуточное вещество состоит из пучков фибрилл. По периферии на границе кости и хряща сохраняется надхрящница, продолжающаяся в надкостницу, за счет которой питаются эти участки суставного хряща. В детском возрасте суставной хрящ питается главным образом за счет сосудистой сети кости. К старости кровоснабжение уменьшается, и питание осуществляется в основном за счет синовиальной жидкости.

Суставная полость герметически закрыта суставной капсулой. Она состоит из внутренней синовиальной оболочки и наружной фиброзной. Внутренний слой покрыт эндотелием, который вырабатывает синовиальную жидкость — особый секрет, богатый муцином, играющий роль смазки при движениях в суставе.

Синовиальная оболочка образует выступы и складки. В некоторых суставах есть добавочные завороты (вывороты) синовиальной оболочки. Там обычно располагаются жировые скопления (коленный, локтевой суставы).

Второй слой суставной сумки — фиброзный. Это собственно капсула сустава, придающая ей прочность. Эта капсула прикрепляется на том или ином расстоянии от краев суставных поверхностей, вплетаясь в надкостницу и соединяясь с волокнами подкрепляющих ее связок. Вблизи впадины капсула обычно прикрепляется к ее краю, со стороны головки отступает от нее дальше. Толщина капсулы разных суставов различна. На отдельных участках она может истончаться, и здесь образуются различных размеров вывороты, заполненные синовиальной жидкостью.

В полости суставов, в которых кости по конфигурации суставных поверхностей не соответствуют друг другу (неконгруэнтны), образуется ряд вспомогательных (хрящевых и фиброзных) приспособлений. По краям вертлужной впадины тазовой кости и суставной впадины лопатки имеются краевые хрящевые «губы», увеличивающие площадь соприкосновения суставных поверхностей.

В некоторых суставах возникают внутрисуставные добавочные хрящи (мениски в коленном суставе, диски в височно-нижнечелюстном суставе, грудиноключичном, лучезапястном сочленениях).

При рентгенологическом исследовании суставной хрящ, связки, мениски, синовиальная капсула и другие мягкотканые структуры не определяются. Вследствие этого между суставными поверхностями костей на рентгенограммах видна рентгенопрозрачная полоса (или полоса просветления), называемая рентгеновской суставной щелью (рис. 7.1).



а



б

Рис. 7.1. Рентгенограммы голеностопного сустава в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Норма

Методом выбора в лучевом исследовании суставов является МРТ. При МРТ губчатое вещество кости, содержащее костный мозг, дает гиперинтенсивный сигнал, корковый слой кости (субхондральная пластинка) — гипоинтенсивный сигнал; сухожилия, связки, суставной хрящ, мениски, мышцы дают сигнал промежуточной интенсивности (рис. 7.2).

Вокруг суставов располагаются сумки (бурсы), развивающиеся самостоятельно и изолированно от полости сустава. Они образуются в местах прикрепления мышц, фасций, связок, апоневрозов и сухожилий, а также выступающих под кожу бугров, бугристостей и выпуклых частей скелета, то есть в тех местах, где возникает трение между мягкими тканями и костью.

Больше всего сумок в области плечевого, коленного и тазобедренного суставов. Некоторые сумки постоянные, другие развиваются в ответ на функциональный запрос.

На рентгенограммах синовиальные сумки не отображаются. Их лучевое исследование проводят при помощи МРТ или УЗИ. В норме в полости суставов и околоуставных сумок жидкость не определяется или визуализируется ее незначительное количество. При отсутствии жидкости в полости сумок и суставов их тонкие оболочки не получают отображения на эхограммах и МР-томограммах.

Особое место среди вспомогательных образований занимают постоянные сесамовидные кости (надколенник, гороховидная, сесамовидные пястные и плюсневые кости). Они находятся в толще сухожилия на уровне сустава. В полость сустава обращена лишь одна из поверхностей сесамовидной кости, которая покрыта суставным хрящом. По краям кость прочно сращена с капсулой сустава.

Сесамовидные кости увеличивают силу тяги мышц и объем движений в суставе. Непостоянные сесамовидные кости (фабелла и т.д.) могут быть не связаны с суставной полостью.

Суставы укреплены динамическими (мышцы и сухожилия) и статическими (связки) стабилизаторами.

При УЗИ нормальные сухожилия и связки в продольном сечении имеют волокнистую структуру средней эхогенности. В поперечном сечении ультразвуковой срез волокон сухожилий и связок создает мелкоточечную структуру

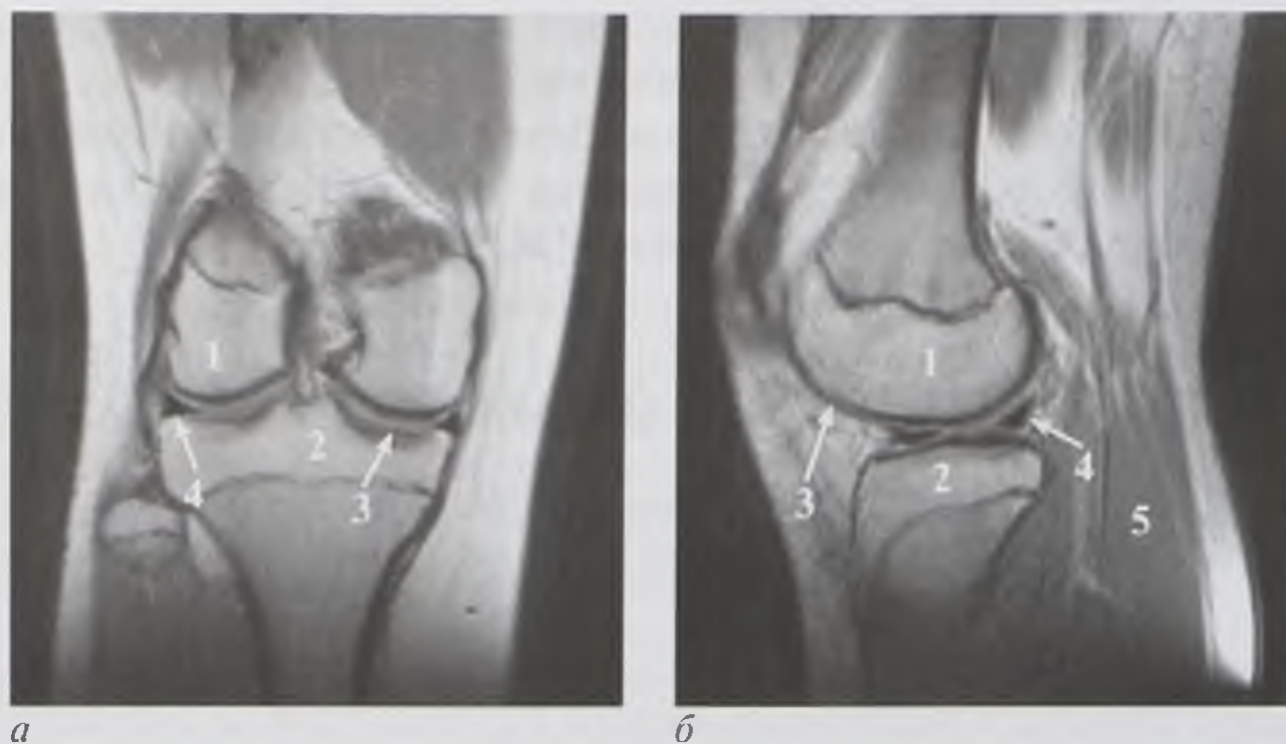


Рис. 7.2. Магнитно-резонансные томограммы коленного сустава. T2-взвешенное изображение во фронтальной (*а*) и сагиттальной (*б*) плоскостях: 1 — суставная поверхность мыщелков бедренной кости; 2 — суставная поверхность большеберцовой кости; 3 — суставной хрящ; 4 — задний рог мениска; 5 — подколенная мышца

(рис. 7.3). Сухожилия и связки хорошо видны, когда они окружены гипоэхогенными мышцами, хуже — когда гиперэхогенным жиром. Визуализация сухожилий и связок, прилегающих к кости, затруднена. При УЗИ невозможно детальное изучение внутрисуставных связок. Изгибы по ходу сухожилия и в местах их прикрепления к кости создают пониженную эхогенность. Синовиальные влагалища и перитенон в норме визуализируются не всегда из-за их малой толщины.

В норме мышцы на сонограммах в продольной плоскости визуализируются как гипоэхогенные структуры со своеобразным «перистым» рисунком. В поперечной плоскости мышцы имеют петлистую структуру. Хорошо определяются границы мышцы и межфасциальные жировые прослойки, подкожная жировая клетчатка (см. рис. 7.3).

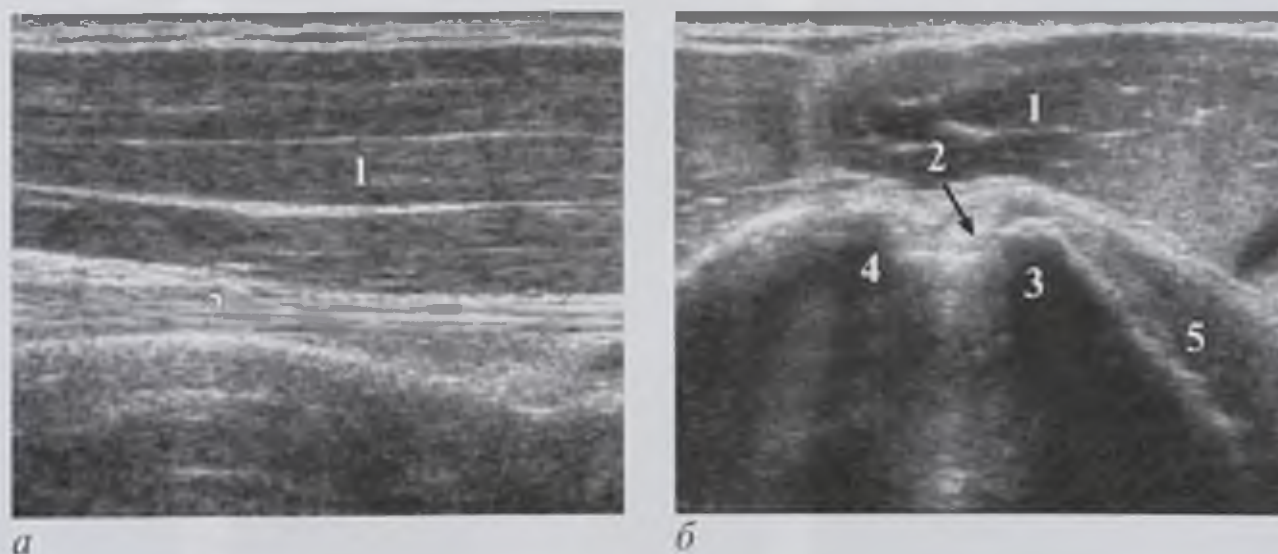


Рис. 7.3. Эхограммы проксимальной части плеча на уровне межбугорковой борозды плечевой кости в продольном (*а*) и поперечном (*б*) сечениях: 1 — дельтовидная мышца; 2 — сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча; 3 — малый бугорок; 4 — большой бугорок; 5 — сухожилие подлопаточной мышцы

На МР-томограммах сухожилия и связки вследствие низкого содержания воды в норме дают пониженный сигнал и на Т1-ВИ, и на Т2-ВИ, что создает выраженный контраст с прилегающим жиром. Мышцы дают сигнал промежуточной интенсивности. Четко определяются межфасциальные жировые прослойки. Структура мышц определяется неотчетливо.

7.3. ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОВ ОПОРЫ И ДВИЖЕНИЯ

Внутриутробное УЗИ плода показывает центры окостенения и формирования костей, это позволяет судить об общей морфологической дифференцировке организма.

После рождения о костном возрасте судят по времени появления точек окостенения костей запястья и окостенению кисти и лучезапястного сустава (рис. 7.4).

У взрослого человека основное значение в функциональной перестройке скелета имеют труд и спорт (физическая нагрузка).

Положения тела, обусловленные рабочей или спортивной позой и функциональной нагрузкой, могут приводить к деформациям скелета. Эти факторы влияют также на перестройку рельефа и внутренней структуры костей. Форма и структура костей зависят от возраста и функциональной нагрузки. Там, где повышен функциональный запрос, утолщается корковый слой, в губчатом веществе происходит усиление костных балок, расположенных по силовым линиям наибольшей нагрузки.

Обычно в 19–20 лет у женщин и в 20–25 лет у мужчин рост скелета прекращается. После закрытия хрящевых ростковых зон и образования синостозов рост костей в длину прекращается, но потенциальная энергия костеобразования сохраняется у человека на протяжении всей жизни.

Инволютивные (старческие) изменения в скелете представляют собой сложный и длительный физиологический процесс. По мере старения организма обменные

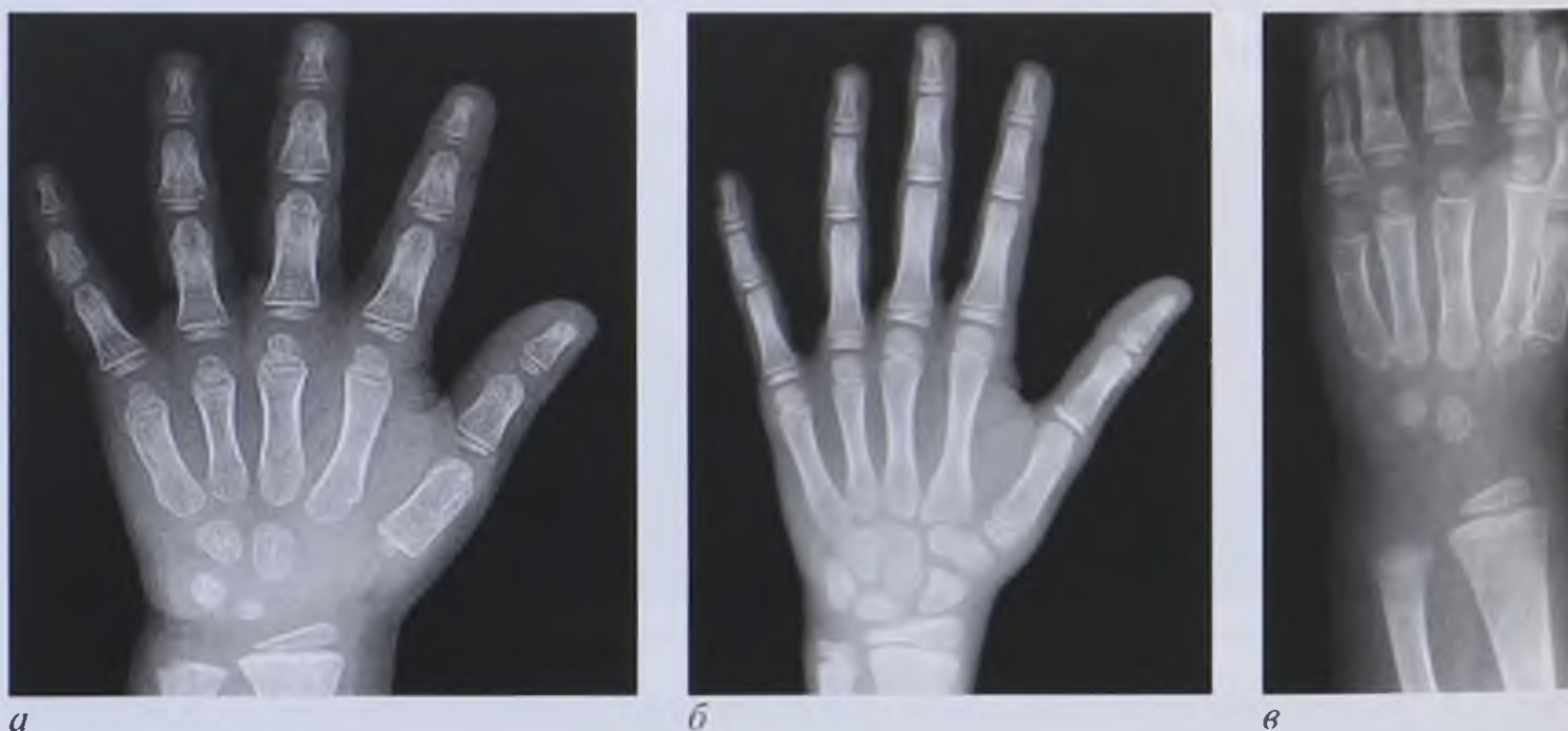


Рис. 7.4. Рентгенограммы кисти детей различного возраста: *а* — мальчик 4 лет; *б* — мальчик 12 лет; *в* — мальчик 4 лет, задержка появления точек окостенения

процессы нарушаются. Развивается местный и общий остеопороз с истончением коркового слоя и расширением костномозговой полости в диафизах, разрежением и уменьшением количества костных балок в эпифизах и губчатых костях. Наряду с атрофическими процессами возникают компенсаторные пролиферативные изменения со склерозом субхондральных пластинок, возникновением красных костных разрастаний, усилением внешнего рельефа костей. В суставных хрящах, а также в межпозвоночных дисках происходят обезвоживание, разволокнение, уплотнение и обызвествление мягкотканых и хрящевых структур, что ведет к потере их буферных свойств. В результате возникают сужение суставных щелей и межпозвоночных дисков, реконфигурация суставных поверхностей и тел позвонков, нарушается стабильность их взаимоотношений.

Значительно изменяются капсулы суставов и связки. В них происходят уплотнение, фиброз, обызвествление и окостенение, что вместе с обызвествлением сухожилий, фасций и апоневрозов, прикрепляющихся к костям, постепенно вызывает значительную деформацию костей и суставов.

В результате расслабления активных стабилизаторов скелета (мышц), и особенно пассивных стабилизаторов (связок), увеличивается кривизна позвоночника (в основном усиливается грудной кифоз) и ребер, уменьшается шейно-диафизарный угол бедренных костей, уплощается свод стопы.

Физиологическое старение скелета проявляется комплексом остеопоротически-атрофических и пролиферативно-гиперпластических изменений в костной (остеоз, остеопороз), хрящевой (хондроз) и фиброзной (фиброз) тканях. Уменьшается объем мышечной ткани, происходит жировая дегенерация мышц, что получает отображение на эхограммах и МР-томограммах. Как правило, происходит перераспределение, увеличение объема и изменение структуры подкожной жировой клетчатки и межфасциальных жировых прослоек.

Физиологическое старение, как и развитие скелета, в норме происходит одновременно в симметричных участках, но различные отделы скелета стареют в разные сроки. Скелет кисти является наиболее точным показателем возраста и в процессе инволюции. Старение раньше всего проявляется в деформации дистальных межфаланговых суставов кисти.

7.4. ОБЩАЯ ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ОРГАНОВ ОПОРЫ И ДВИЖЕНИЯ

7.4.1. Общая рентгеносемиотика

Выделяют следующие рентгенологические и КТ-признаки изменений при любых патологических процессах костей и суставов.

Кости

- Изменения формы и величины костей (рис. 7.5): уменьшение кости (гипоплазия и атрофия); увеличение кости (гиперплазия и гиперостоз); искривления и другие деформации.
- Изменение числа костей (рис. 7.6): отсутствие кости или ее части (врожденные, посттравматические, послеоперационные); сверхкомплектные кости.

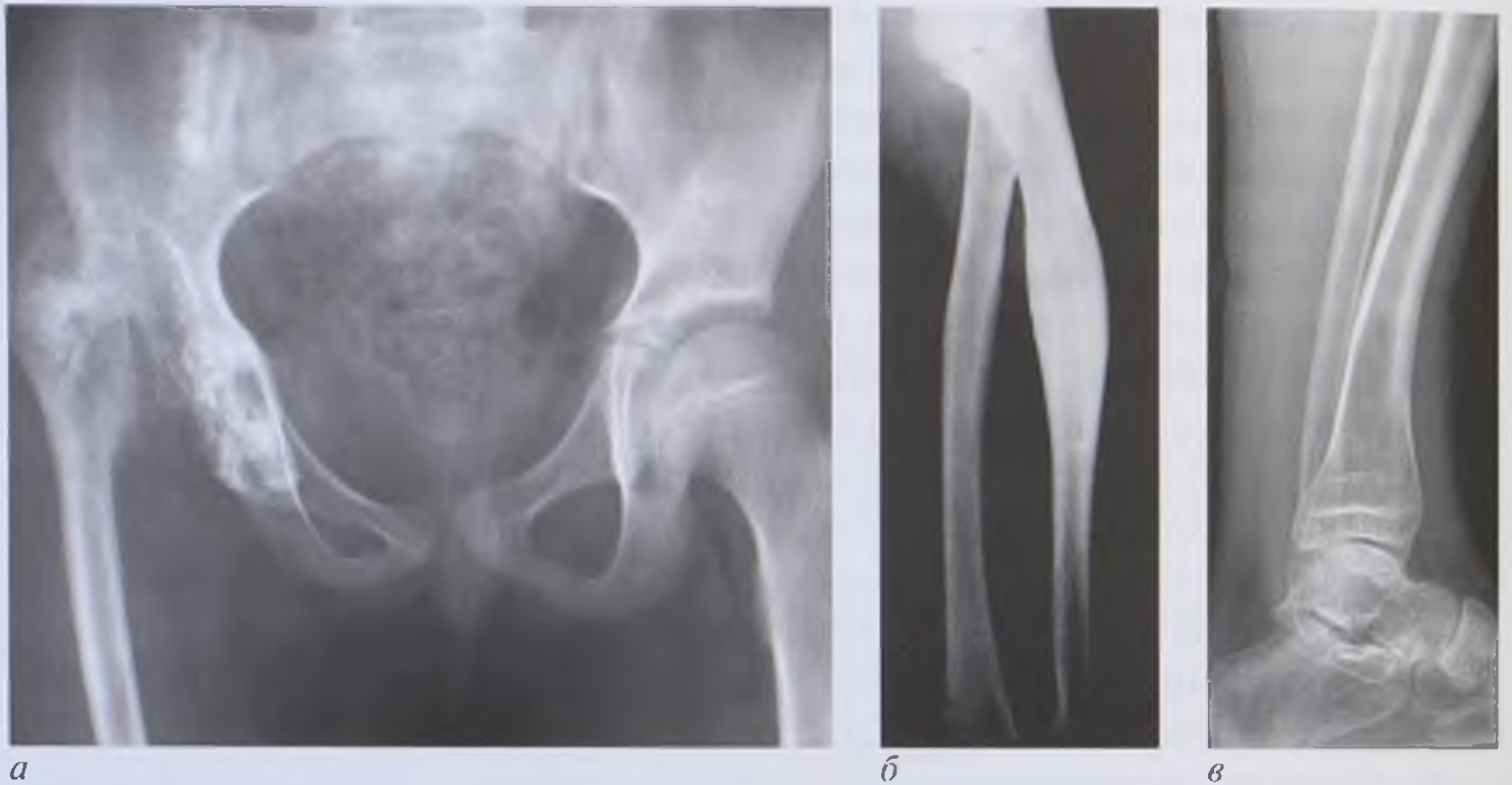


Рис. 7.5. Рентгенограммы: *а* — тазобедренных суставов, гипоплазия правой бедренной кости вследствие врожденной дисплазии правого тазобедренного сустава; *б* — предплечья, гиперостоз проксимальной части локтевой кости; *в* — голени, врожденное искривление большеберцовой кости



Рис. 7.6. Рентгенограмма кисти. Отсутствие (ампутация) дистальной и средней фаланг и дистальных 2/3 основной фаланги IV пальца кисти

Суставы

- Изменения суставной щели (неравномерность ширины, сужение, расширение, деформация) (см. рис. 7.44).
- Изменения суставной капсулы (увеличение объема, уплотнение).

- Количественные изменения костной структуры (рис. 7.7): разрежение костной структуры (остеопороз); уплотнение кости (остеосклероз, вколоченный перелом); нарушение целостности кости (перелом, фрагментация); рассасывание костной ткани (остеолиз).
- Качественные изменения костной структуры (рис. 7.8): разрушение костных трабекул с уплотнением костного вещества (см. рис. 7.57, *г*); деструкция кости (воспаление, опухоль); внутрикостная полость (киста, абсцесс, каверна); остеонекроз и секвестрация (см. рис. 7.23).
- Изменения поверхности (коркового вещества) кости (см. рис. 7.33, *а*):
 - эрозии;
 - дефекты.

Надкостница. Периостит (линейный, отслоенный, слоистый, бахромчатый, спикuloобразный, ассимилированные периостальные наслаения) (рис. 7.9).



Рис. 7.7. Рентгенограммы: *а* — голени, остеопороз дистальных отделов костей голени; *б* — левого тазобедренного сустава, застарелый вколоченный перелом головки бедренной кости, деформирующий посттравматический коксартроз (остеосклероз головки бедренной кости и вертлужной впадины); *в* — дистальной части голени и голеностопного сустава, застарелый перелом средней трети большеберцовой кости и несросшийся оскольчатый перелом пяточной кости; *г* — рентгенограмма правого плечевого сустава: посттравматический остеолит головки плечевой кости

- Изменения суставных концов и суставных поверхностей (деформация суставных концов костей, краевые костные разрастания, изменение суставного хряща, изменение субхондральной пластинки и губчатой ткани эпифиза) (см. рис. 7.44).
- Нарушение нормальных соотношений в суставе (вывих, подвывих) (рис. 7.10).
- Внутрисуставные дополнительные образования.



Рис. 7.8. Рентгенограммы: *a* — прицельная плюсневых костей, деструкция костной ткани головки второй пястной кости при гнойном артрите (стрелка); *б* — коленного сустава, внутрикостная полость после удаления доброкачественной опухоли бедренной кости (стрелка)



Рис. 7.9. Рентгенограмма плечевого сустава. Спикулообразный периостит



Рис. 7.10. Рентгенограмма левого плечевого сустава. Передненижний вывих плеча

Изменения мягких тканей (рис. 7.11):

- уплотнение (повышение интенсивности рентгеновской тени);
- понижение плотности (просветление);
- кальциноз;
- окостенение;
- увеличение (уменьшение) объема;
- нарушение структуры (изменение жировых прослоек).

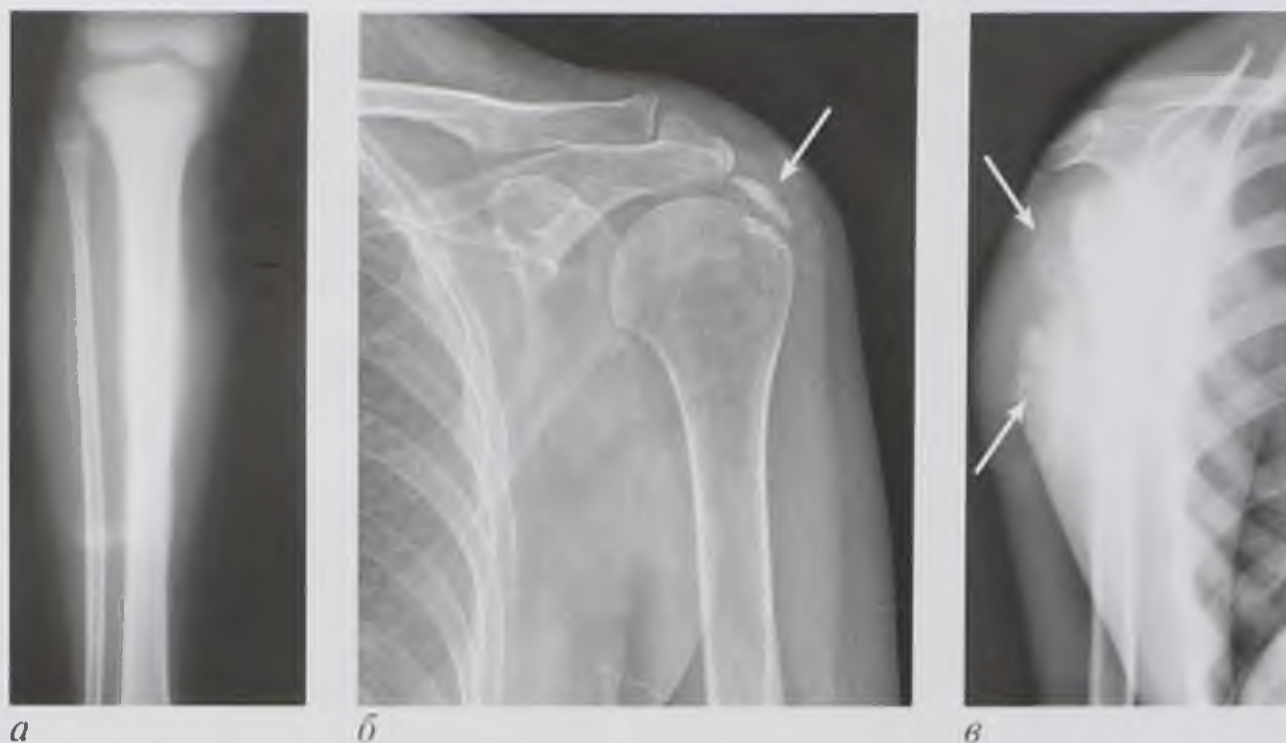


Рис. 7.11. Рентгенограммы: *а* — голени, повышение плотности тени мягких тканей при саркоме Юинга с реактивными изменениями надкостницы; *б* — левого плечевого сустава, обызвествление сухожилия надостной мышцы (стрелка); *в* — правого плечевого сустава, увеличение в объеме и прорастание костной тканью мягких тканей плеча при остеогенной саркоме (стрелки)

7.4.2. Общая ультразвуковая семиотика

Надкостница (рис. 7.12):

- утолщение;
- уплотнение;
- отслоение.

Сухожилия, связки (рис. 7.13, 7.14):

- снижение эхогенности;
- увеличение эхогенности;
- изменение формы и размеров;
- гипо- и анэхогенные дефекты.

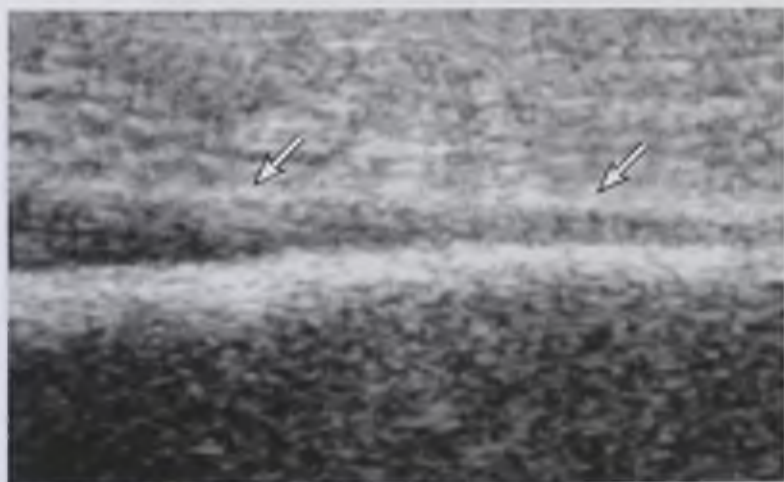


Рис. 7.12. Эхограмма большеберцовой кости. Острый гематогенный остеомиелит: отслоение, утолщение и уплотнение надкостницы (стрелки), скопление экссудата под ней

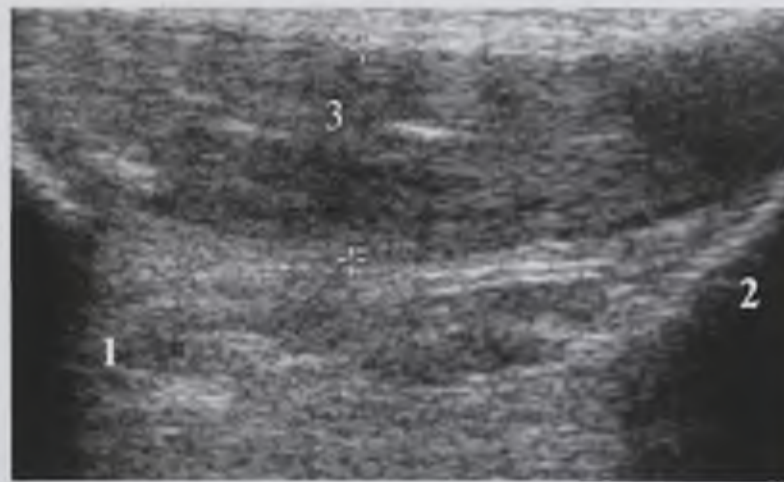


Рис. 7.13. Эхограмма собственной связки надколенника. Посттравматический тенди-нит — утолщение связки, снижение ее эхо-генности: 1 — надколенник; 2 — бугристость большеберцовой кости; 3 — собственная связка надколенника

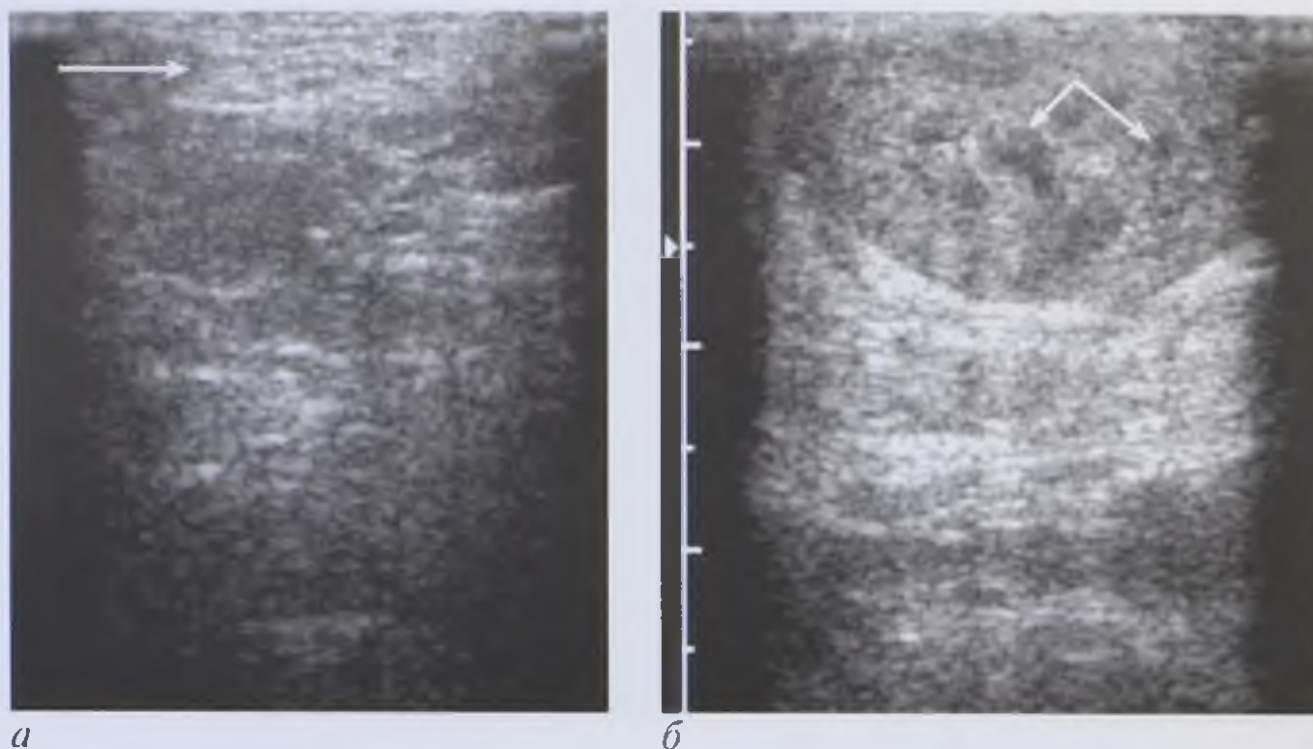


Рис. 7.14. Эхограммы пяточного (ахиллова) сухожилия в поперечном сечении: *а* — нормальное сухожилие (стрелка); *б* — утолщение сухожилия, частичные внутритканевые дефекты (стрелки)

Синовиальные полости (суставов, синовиальных влагалищ сухожилий, около-суставных сумок) (рис. 7.15):

- изменение формы;
- скопление жидкости;
- утолщение стенок.

Мышцы (рис. 7.16):

- увеличение объема (отек, гематома);
- снижение эхогенности;
- усиление эхогенности;
- нарушение структуры;
- изменение формы;
- дефект ткани (разрыв);
- уплотнения, кальцинаты, оссификаты;
- патологические образования (опухоли).

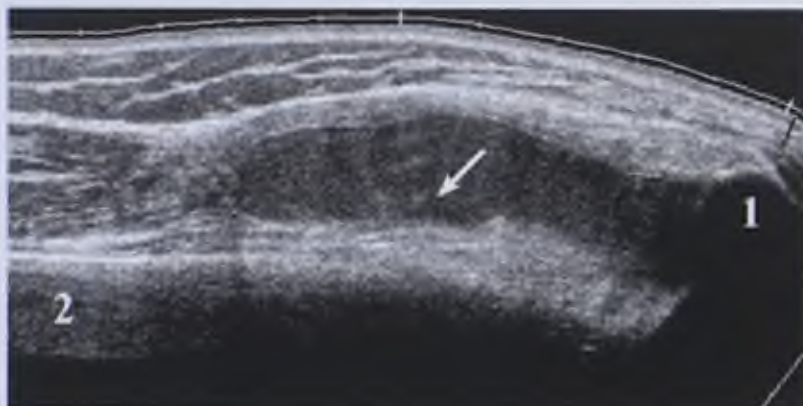


Рис. 7.15. Эхограмма верхнего заворота синовиальной оболочки коленного сустава в продольном сечении. Утолщение синовиальной оболочки и скопление гипоэхогенной жидкости (стрелка): 1 — надколенник; 2 — поверхность бедренной кости



Рис. 7.16. Эхограмма прямой мышцы бедра. Рабдомиосаркома. Изменение формы, неоднородность структуры с кистовидными дефектами, в толще мышцы отмечается наличие объемного образования (стрелки)

7.4.3. Общая магнитно-резонансная семиотика

Кости (рис. 7.17):

- нарушение размеров, формы, структуры;
- изменение интенсивности сигнала от костного мозга, губчатого и коркового вещества кости.

Сухожилия, связки, фиброзно-хрящевые структуры, мениски (рис. 7.18):

- изменение интенсивности МР-сигнала;
- дефект при разрывах;
- нарушение структуры.

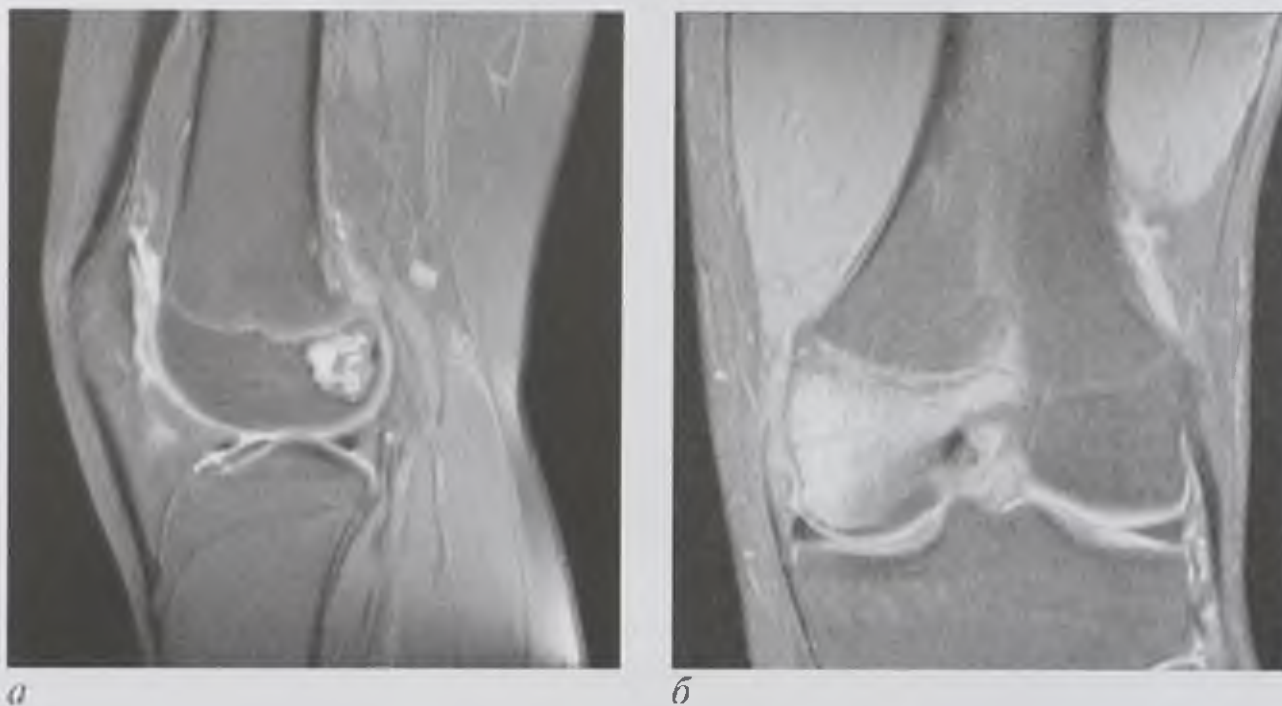


Рис. 7.17. Магнитно-резонансные томограммы коленного сустава, T2-взвешенные изображения с жироподавлением: *а* — в сагиттальной плоскости, определяется изменение интенсивности магнитно-резонансного сигнала от губчатого вещества мышелка бедренной кости, изменение структуры костной ткани; *б* — во фронтальной плоскости, визуализируется повышение интенсивности магнитно-резонансного сигнала от костного мозга при ушибе коленного сустава

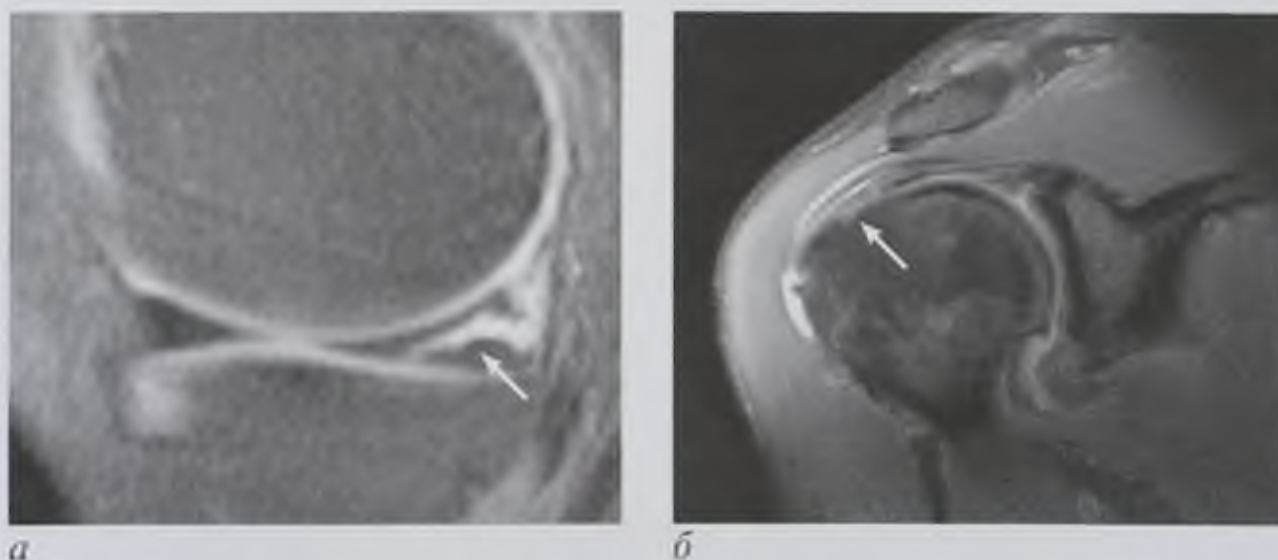


Рис. 7.18. Магнитно-резонансные томограммы: *а* — коленного сустава в сагиттальной плоскости, T2-взвешенное изображение с жироподавлением: разрыв заднего рога мениска (стрелка); *б* — плечевого сустава в косой проекции, T2-взвешенное изображение с жироподавлением: нарушение структуры, частичные дефекты сухожилия надостной мышцы (стрелка), скопление жидкости в подакромиальной сумке

Скопление жидкости в полости сустава, синовиальных влагалищах сухожилий, околоуставных сумках. Жидкость дает гиперинтенсивный МР-сигнал на T2-ВИ (рис. 7.19).

Мышцы (рис. 7.20):

- изменение интенсивности сигнала;
- дефект;
- скопление жидкости в межфасциальных пространствах;
- патологические образования.



Рис. 7.19. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава в сагиттальной плоскости. T2-взвешенное изображение с жироподавлением: скопление жидкости (стрелки) в полости коленного сустава, верхнем завороте, подколенной сумке

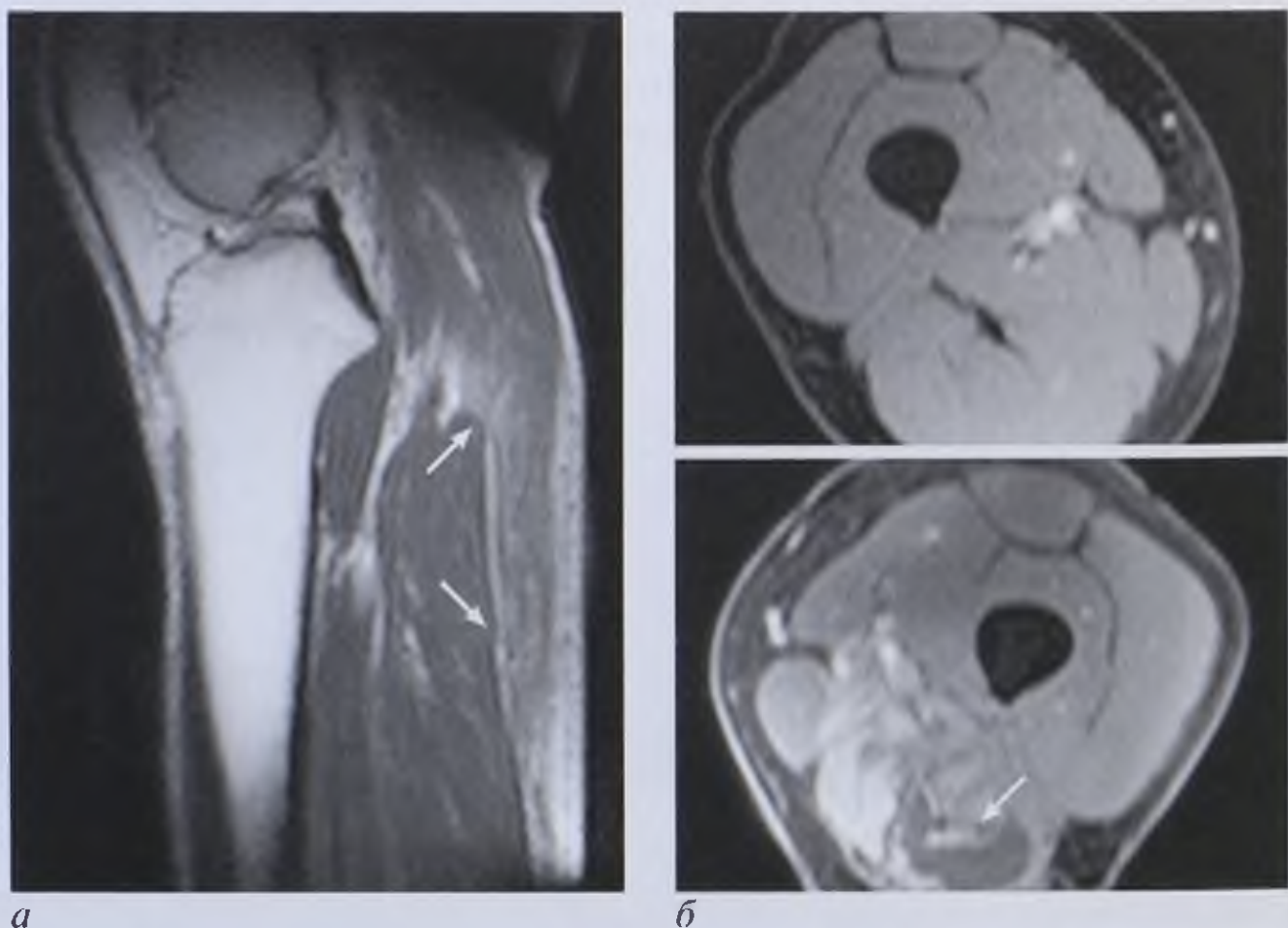


Рис. 7.20. Магнитно-резонансные томограммы. T2-взвешенные изображения: *а* — в сагиттальной плоскости; отек мышц голени, скопление жидкости в межмышечных пространствах (стрелки); *б* — с жироподавлением в аксиальной плоскости; объемное образование мышц задней группы бедра (стрелка), отек мышцы

7.4.4. Общая семиотика патологических изменений при радионуклидном исследовании

Кости:

- участок пониженного накопления РФП («холодный очаг») (рис. 7.21, а);
- участок повышенного накопления РФП («горячий очаг») (рис. 7.21, б).

С помощью полуколичественной оценки концентрации РФП можно судить о характере патологического процесса (дегенеративно-дистрофические, воспалительные и опухолевые заболевания).

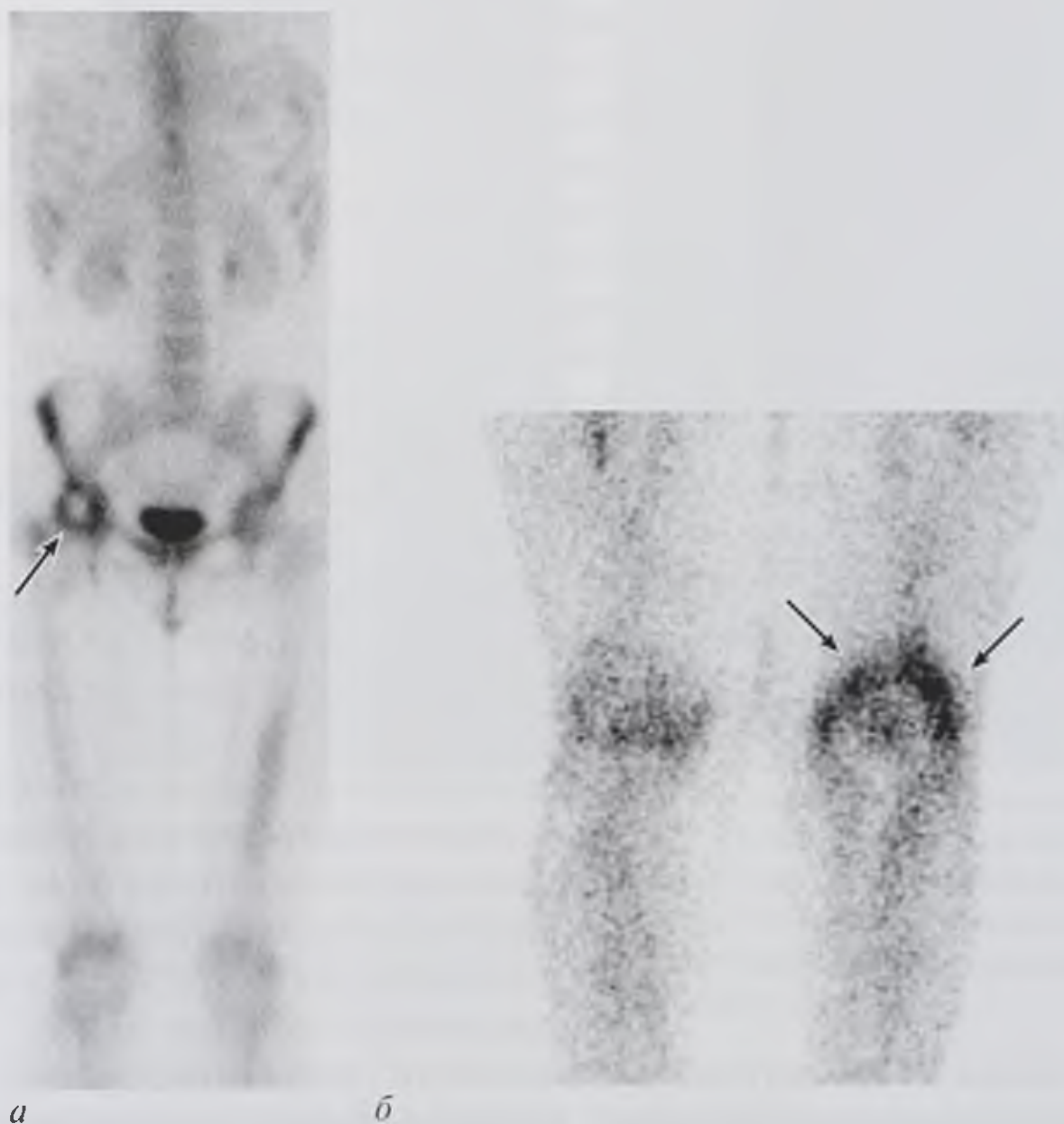


Рис. 7.21. Статические сцинтиграммы: *а* — скелета, очаг пониженного накопления радиофармацевтического препарата (РФП) в области головки правой бедренной кости (стрелка), окруженный кольцевидным повышенным накоплением РФП («холодный очаг») при асептическом некрозе головки бедренной кости; *б* — костей нижних конечностей, очаг повышенного накопления РФП в области дистального метаэпифиза бедренной кости («горячий очаг», стрелки) при остром гематогенном остеомиелите

7.5. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

7.5.1. Острый гематогенный остеомиелит

Остеомиелит — гнойный воспалительный процесс костного мозга с вовлечением всех структурных элементов кости. Чаще болеют дети и молодые люди в возрасте



Рис. 7.22. Рентгенограмма коленного сустава ребенка 12 лет. Острый гематогенный остеомиелит в начальной стадии. Множественные мелкие очаги деструкции костной ткани, отек мягких тканей, отслоение и утолщение надкостницы

от 12 до 20 лет. Типичная локализация в начальной стадии болезни — метафизы длинных трубчатых костей. При хроническом течении процесс распространяется в сторону диафиза.

Рентгенография: в начальной стадии заболевания определяются следующие патологические изменения (рис. 7.22):

- утолщение и уплотнение мягких тканей в области поражения кости вследствие их реактивного отека и инфильтрации;
- мелкие участки деструкции (ткань, «изъеденная молью»);
- линейный периостит на уровне поражения.

В стадии выраженных изменений выявляются (рис. 7.23):

- участки деструкции костной ткани с неровными, нечеткими границами;
- периостальные наслоения в виде линейного или слоистого периостита;
- склероз костной ткани вокруг полостей деструкции;
- остеопороз вокруг зоны склероза;
- секвестры из коркового вещества кости.

Типичные признаки хронического остеомиелита:

- деформация кости (неравномерное утолщение и уплотнение) вследствие гиперостоза;
- полости деструкции различного размера с выраженным остеосклерозом вокруг них;
- кортикальные секвестры в полостях;
- выраженный остеопороз кости.

Гнойные массы из полости деструкции кости распространяются в мягкие ткани и могут образовывать свищевой ход на поверхность тела. Для выявления свищевых ходов и определения локализации гнойной полости выполняют **фистулографию** (рис. 7.24).

Хронический остеомиелит может протекать с обострениями, при которых на фоне выраженных склеротических изменений могут появляться новые участки деструкции, секвестры и периостальная реакция.

Посттравматический, в том числе огнестрельный, и послеоперационный остеомиелит развивается вследствие инфицирования раны. Наблюдается замедленная или патологическая консолидация отломков. Развиваются деструктивные и склеротические процессы с выраженной периостальной реакцией. Очень часто переход в хроническую форму сопровождается формированием полостей, секвестров, гнойных затеков в мягкие ткани.

КТ позволяет выявить изменения костного мозга, разрушение костных балок, периостит и воспалительную инфильтрацию окружающих мягких тканей

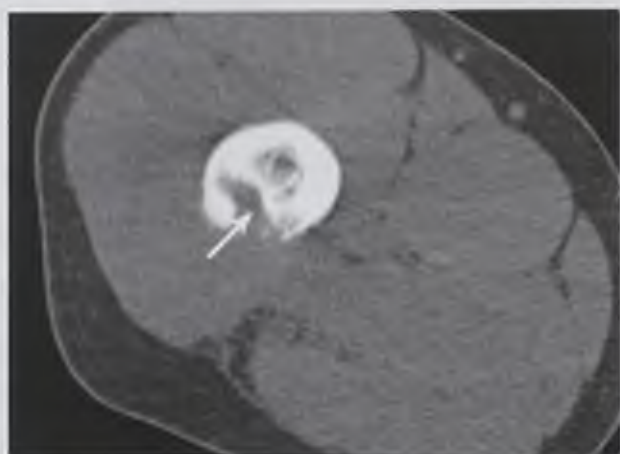
значительно раньше, чем рентгенография, как в остром периоде болезни, так и при обострениях хронического процесса (рис. 7.25).



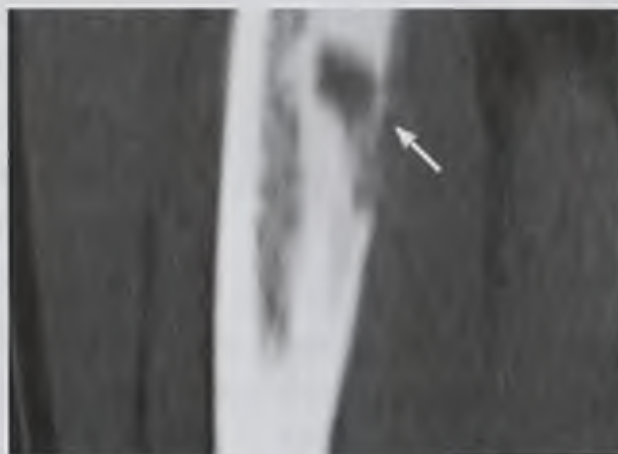
Рис. 7.23. Рентгенограмма предплечья. Деформация, деструкция лучевой кости с формированием секвестров



Рис. 7.24. Фистулограмма области левого бедра. Хронический остеомиелит. Визуализируется контрастированный свищевой ход



a



б

Рис. 7.25. Компьютерные томограммы в аксиальной плоскости бедра (*a*), мультисланарная реконструкция (MPR-реконструкция) (*б*). Хронический остеомиелит левого бедра в стадии обострения. В эпифизе бедренной кости определяется полость деструкции с мелкими секвестрами (стрелки), окруженная зоной остеосклероза



Рис. 7.26. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава и проксимальной трети голени во фронтальной плоскости, T2-взвешенное изображение с жироподавлением. Острый гематогенный остеомиелит. Визуализируются множественные очаги деструкции костной ткани, отек костного мозга, отслоение надкостницы и скопление жидкости под ней

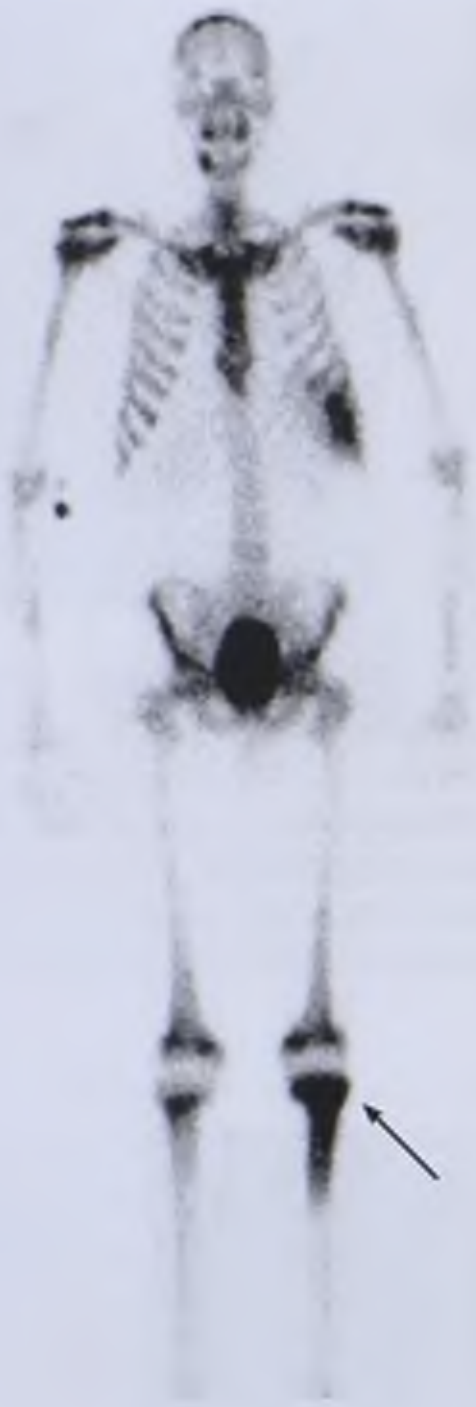


Рис. 7.27. Статическая сцинтиграмма костей скелета. Острый гематогенный остеомиелит в начальной стадии. Очаг повышенного накопления РФП в области проксимального метаэпифиза левой большеберцовой кости (стрелка)

МРТ дает возможность выявить воспаление костного мозга (усиление МР-сигнала) до появления рентгенологических и КТ-признаков этого процесса (рис. 7.26).

УЗИ позволяет выявить скопление жидкости (гноя) под надкостницей в начальном периоде заболевания и при обострении хронического процесса (см. рис. 7.12). УЗИ является методом выбора для выявления скоплений гноя в мягких тканях.

Радионуклидное исследование (сцинтиграфия костей скелета): участок повышенного накопления РФП (неспецифический признак) в зоне поражения (рис. 7.27).

7.5.2. Панариций

Острый гнойный воспалительный процесс в тканях пальцев. Возникает обычно вследствие инфицирования через поврежденную кожу. Задачей рентгенологического исследования является исключение либо подтверждение костного или костно-суставного поражения.

Рентгенография, КТ: при поражении кости (костный панариций) через несколько дней после начала заболевания определяются остеопороз костной фаланги, мелкие деструктивные очаги, отслоенный периостит, увеличение объема мягких тканей (рис. 7.28).

Костно-суставной панариций характеризуется сужением рентгеновской суставной щели, деструкцией суставных поверхностей, регионарным остеопорозом и выраженным увеличением объема мягких

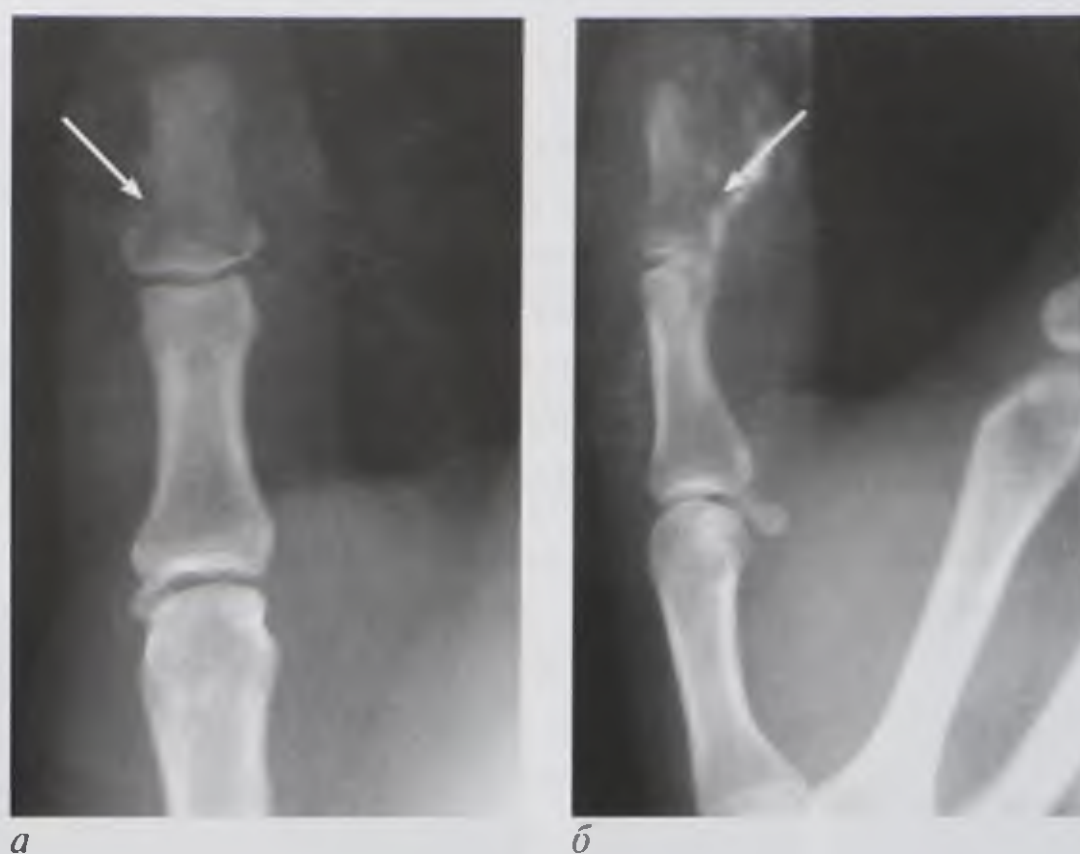


Рис. 7.28. Прицельные рентгенограммы II пальца кисти: *a* — прямая проекция; *б* — ко- сая проекция. Костный панариций концевой фаланги. Визуализируется уплотнение и увеличение в объеме мягких тканей, очаговый остеопороз и кортикальная деструкция концевой фаланги (стрелки)

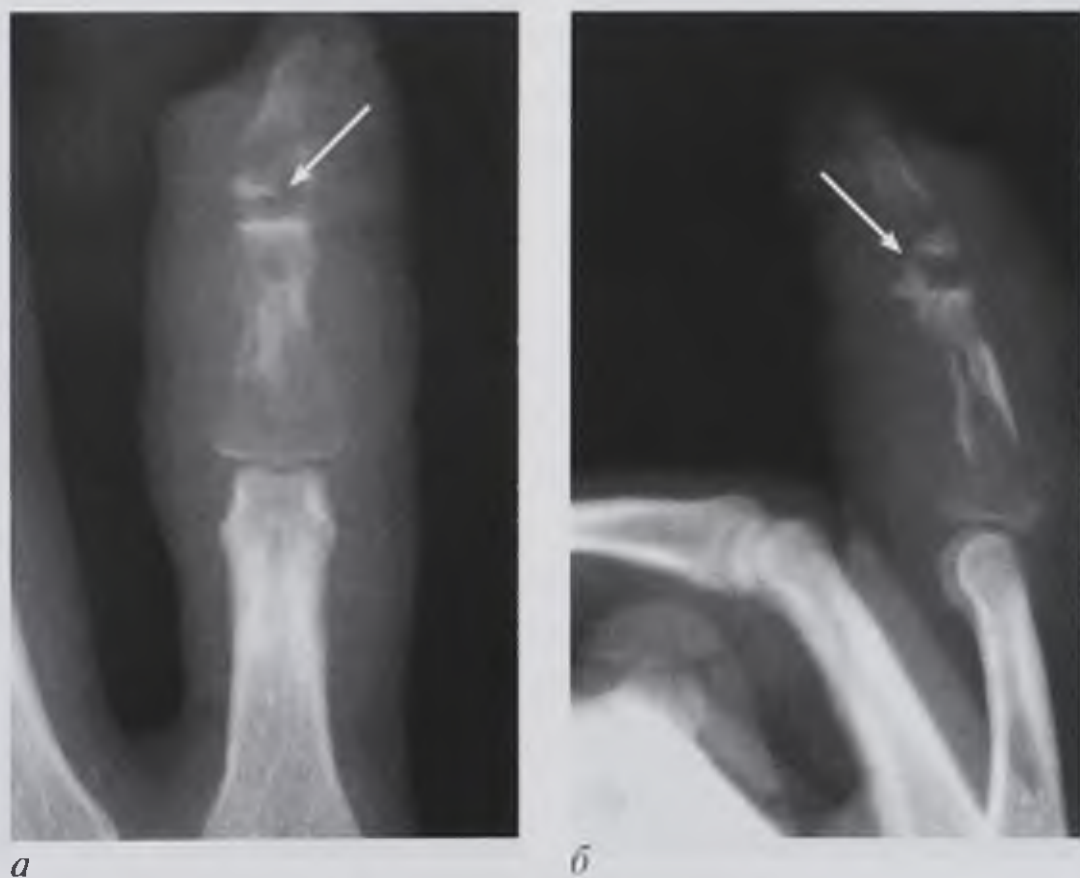


Рис. 7.29. Прицельные рентгенограммы II пальца кисти: *a* — прямая проекция; *б* — ко- сая проекция. Костно-суставной панариций средней и концевой фаланг. Определяется деструкция костной ткани диафиза средней и концевой фаланг, разрушение суставной поверхности концевой фаланги (стрелка)

тканей в области сустава (рис. 7.29). Распространение гнойного процесса по сухожильным влагалищам может приводить к развитию глубоких флегмон кисти и предплечья. Методами диагностики таких процессов являются МРТ и УЗИ.

7.5.3. Туберкулез костей и суставов

Обычно встречается у детей и подростков. В начале заболевания клинические признаки не выражены, процесс развивается медленно. Туберкулезное поражение кости объясняется гематогенным распространением возбудителя. В костном мозге формируется туберкулезная гранулема, которая приводит к рассасыванию и разрушению костных балок (остит). Первичный очаг, как правило, локализуется в области эпифизов (метаэпифизов) длинных трубчатых костей или в телах позвонков. В дальнейшем в процесс могут вовлекаться суставы или межпозвоночные диски.



Рис. 7.30. Линейная томограмма голени подростка 14 лет. Туберкулез большеберцовой кости в преартритической стадии. В области метафиза визуализируется полость деструкции с ободком склероза, распространяющаяся через ростковую зону на эпифиз (стрелки). Реакция надкостницы отсутствует



Рис. 7.31. Рентгенограмма левого коленного сустава ребенка 8 лет. Туберкулез левой бедренной кости в артритической стадии. Определяется нечеткость контура суставной поверхности бедренной кости, полость деструкции распространяется на суставную поверхность (стрелка), объем мягких тканей увеличен

Рентгенография в начальном периоде (предартритическая стадия) (рис. 7.30):

- одиночный участок деструкции с неровными нечеткими контурами;
- постепенно формируется полость (каверна) с ободком незначительного склероза вокруг нее;
- в увеличивающейся каверне возникают губчатые секвестры и обызвествления;
- периостальная реакция отсутствует.

Стадия артрита (рис. 7.31):

- разрушение суставных поверхностей;
- изменение (расширение, сужение, исчезновение) рентгеновской суставной щели;
- атрофия суставных концов костей, остеопороз;
- уплотнение окружающих мягких тканей;
- формирование гнойных натечников — «холодных абсцессов», распространяющихся по мягким тканям.

Постартритическая стадия:

- признаки вторичного артроза (неравномерное сужение рентгеновской суставной щели, краевые костные разрастания, уплотнение субхондральных отделов костей);
- вывихи (подвывихи);
- анкилоз при неблагоприятном течении.

КТ: все изменения при костно-суставном туберкулезе более четко и рано визуализируются при КТ — формирование каверны, участки деструкции суставных концов костей, скопление экссудата в полости сустава, изменение околосуставных мягких тканей.

УЗИ проводят для выявления выпота в суставе, оценки состояния периартикулярных тканей.

МРТ: первичный туберкулезный артрит на МР-томограммах проявляется деструктивной полостью округлой или клиновидной формы в эпифизе или метафизе кости с содержимым средней или низкой интенсивности МР-сигнала на T1-ВИ и высокой интенсивности МР-сигнала на T2-ВИ. Могут определяться секвестры. В артритическую фазу при переходе воспаления на полость сустава на МР-томограммах определяются эрозирование и деструкция субхондрального слоя суставных поверхностей, выпот неоднородной структуры, отек периартикулярных тканей, периартикулярные натечные абсцессы.

7.5.4. Острые инфекционные гнойные артриты

Рентгенография: в начале заболевания (рис. 7.32) отмечается расширение суставной щели вследствие скопления экссудата. Затем наступает разрушение суставных поверхностей. Развивается мелкоочаговая деструкция суставных концов костей, суставная щель суживается, околосуставные ткани уплотняются. Наряду с признаками деструкции определяются продуктивные изменения в виде реактивного остеосклероза и периостальных наслоений. При неблагоприятном течении процесс заканчивается анкилозом. Наиболее часто подобные формы поражения суставов наблюдаются в позвоночнике, крестцово-



Рис. 7.32. Рентгенограмма левого плечевого сустава. Острый гнойный артрит. Определяются расширение суставной щели за счет скопления экссудата, субкортикальные полости деструкции различных размеров с зоной склероза (стрелка)

подвздошных суставах и в крупных суставах конечностей.

КТ, МРТ позволяют выявить разрушение суставного хряща и субхондральной пластинки значительно раньше, чем рентгенография.

УЗИ: в начале заболевания определяется жидкость в полости сустава. Под контролем УЗИ проводят пункцию и дренирование сустава.

При многих инфекционных заболеваниях могут развиваться *токсико-аллергические полиартриты и артралгии*.

Рентгенография: изменения костно-суставных структур не определяются.

УЗИ, МРТ: определяются реактивные синовиты, бурситы, тендовагиниты, миозиты.

7.5.5. Ревматоидный артрит

Ревматоидный артрит — хроническое рецидивирующее системное заболевание.

Рентгенография, КТ: первоначально определяются увеличение объема мягких тканей, остеопороз и сужение рентгеновской суставной щели. Затем



Рис. 7.33. Рентгенограммы кисти. Ревматоидный артрит: *а* — в начальной стадии определяются краевые кортикальные дефекты головок пястных костей (стрелки); *б* — при прогрессировании заболевания отмечается выраженная деформация костей кистей, подвывихи в суставах

появляются мелкие дефекты краев суставных поверхностей, деформация суставной щели, кистовидные изменения в эпифизах (рис. 7.33, а). Прогрессирование деструкции приводит к подвывихам и деформациям суставных концов костей (рис. 7.33, б).

УЗИ, МРТ: в начальной стадии заболевания выявляются изменения в виде синовита, утолщения суставных капсул, околосуставных связок и сухожилий.

Сцинтиграфия: повышенное накопление РФП в области пораженных суставов.

7.5.6. Опухолевые заболевания

Опухолевые заболевания могут быть злокачественными и доброкачественными.

Дифференциально-диагностические признаки различных опухолей

- Локализация (для каждой опухоли типична определенная локализация).
- Границы опухоли. Злокачественные опухоли имеют неровные, бугристые контуры без четкой границы, распространенную переходную зону с нарушенной структурой кости. Доброкачественные опухоли, как правило, имеют четкие, ровные контуры.
- Структура злокачественных опухолей беспорядочная, неоднородная; структура доброкачественных опухолей более упорядоченная.
- Изменения окружающей костной ткани при злокачественных опухолях деструктивные; доброкачественные новообразования, как правило, оттесняют окружающую ткань без ее разрушения.
- При злокачественных опухолях резко выражена реакция периоста — возникают спикулы, из-за разрушения надкостницы появляются периостальные козырьки. Периостальная реакция при доброкачественных опухолях отсутствует.
- При злокачественных опухолях, как правило, происходят разрушение поверхности кости и распространение опухоли на мягкие ткани.

Злокачественные опухоли

Остеосаркома

Типичная локализация — метафизы длинных костей, наиболее часто поражаются суставные концы бедренной или большеберцовой кости в области коленного сустава, проксимальный отдел плечевой кости.

Рентгенография и КТ (рис. 7.34, а, б):

- одиночное образование с неровными и нечеткими очертаниями;
- бесструктурность участка деструкции костной ткани (остеолитический тип остеосаркомы);
- беспорядочная структура с патологическими костными уплотнениями и обызвествлениями (остеобластический тип остеосаркомы);
- реактивные изменения надкостницы в виде спикул, «бахромчатого» периостита; при разрушении поверхности кости — периостальный «козырек»;
- разрушение поверхности кости и распространение опухоли на мягкие ткани.

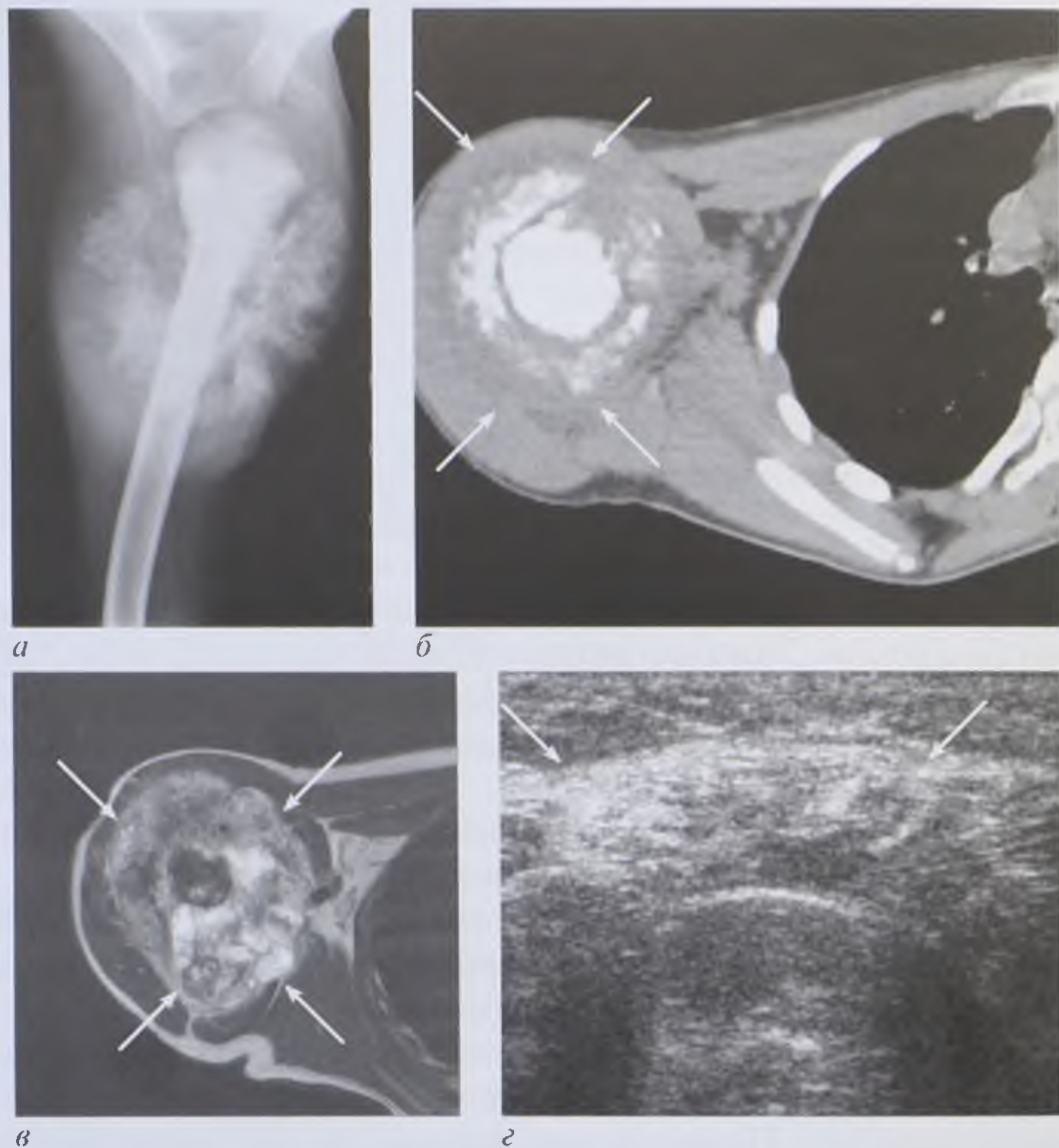


Рис. 7.34. Остеобластический тип остеогенной саркомы плечевой кости: *а* — рентгенограмма; *б* — компьютерная томограмма в аксиальной плоскости; *в* — магнитно-резонансная томограмма, Т2-ВИ в аксиальной плоскости; *г* — эхограмма мягких тканей плеча. Определяется опухоль неоднородной структуры и плотности с деструкцией плечевой кости, уплотнением и окостенением мягких тканей (стрелки)

При остеосаркоме сохраняется субхондральная пластинка суставной поверхности даже при выраженной деструкции суставного конца кости.

МРТ и УЗИ позволяют лучше визуализировать мягкотканый компонент опухоли и признаки ее инфильтративного роста (рис. 7.34, *в, г*).

Другие злокачественные опухоли (хондросаркомы, фибросаркомы, фиброзные гистиоцитомы, ретикулосаркомы)

Лучевая семиотика этих опухолей во многом сходна с таковой при остеосаркомах. Однако каждая из этих опухолей имеет свои характерные признаки.

Миеломная болезнь

При этом заболевании происходит пролиферация атипичных плазматических клеток костного мозга, что вызывает деструкцию костей. Клинические проявления болезни обусловлены поражением костей и развитием миеломной нефропатии.

Различают генерализованный миеломатоз с множественным поражением костей и солитарные миеломы (плазмоцитомы). Миеломы (множественные или солитарные) локализуются чаще всего в костях черепа, позвонках, ребрах, костях таза, лопатках. В длинных костях конечностей (в проксимальных частях бедренной и плечевой костей) миеломы развиваются редко.

Рентгенография, КТ: множественные четко очерченные очаги деструкции (рис. 7.35). Могут наблюдаться поражения по типу распространенного остеопороза. Одиночные плазмоцитомы имеют участки деструкции со своеобразной сетчатой структурой (картина «пчелиных сот»).

МРТ является эффективным методом диагностики различных форм миеломной болезни, особенно мелкоочаговой разновидности миеломатоза. Миеломы дают гипоинтенсивный сигнал на T1-ВИ и гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ.

Радионуклидное исследование: отсутствие накопления РФП в пораженных участках («холодные очаги»).

Изменения в костях при миеломной болезни следует дифференцировать с метастазами в кости. Диагностика основывается на результатах лабораторных и гистологических исследований.

Вторичные злокачественные опухоли

Вторичные злокачественные опухоли (метастазы в скелет злокачественных новообразований других органов) могут иметь различную лучевую картину. В зависимости от преобладающей реакции эндоста метастазы в костях подразделяют следующим образом:

- остеокластические, которые выглядят как дефекты костной ткани;
- остеобластические — участки остеоидной ткани в губчатом веществе;
- смешанные — неоднородной структуры.

Рентгенография, КТ: при метастазах злокачественных опухолей в скелет (рак предстательной железы, рак молочной железы, рак почки, рак легкого и др.) выявляются, как правило, множественные очаги деструкции. Возможны патологические переломы. Метастатические поражения чаще всего локализуются в позвонках, костях таза, проксимальных отделах длинных костей (рис. 7.36).

Радионуклидное исследование раньше других методов лучевой диагностики выявляет участки патологического повышенного накопления РФП («горячие очаги») и позволяет дифференцировать злокачественный и доброкачественный процессы (рис. 7.37).

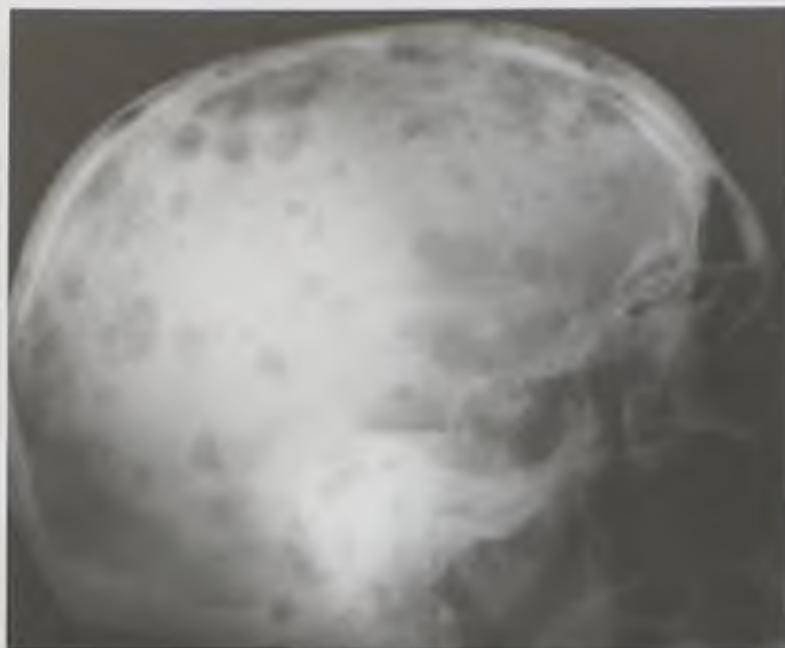


Рис. 7.35. Рентгенограмма черепа. Миеломная болезнь. Определяются множественные четко очерченные очаги деструкции

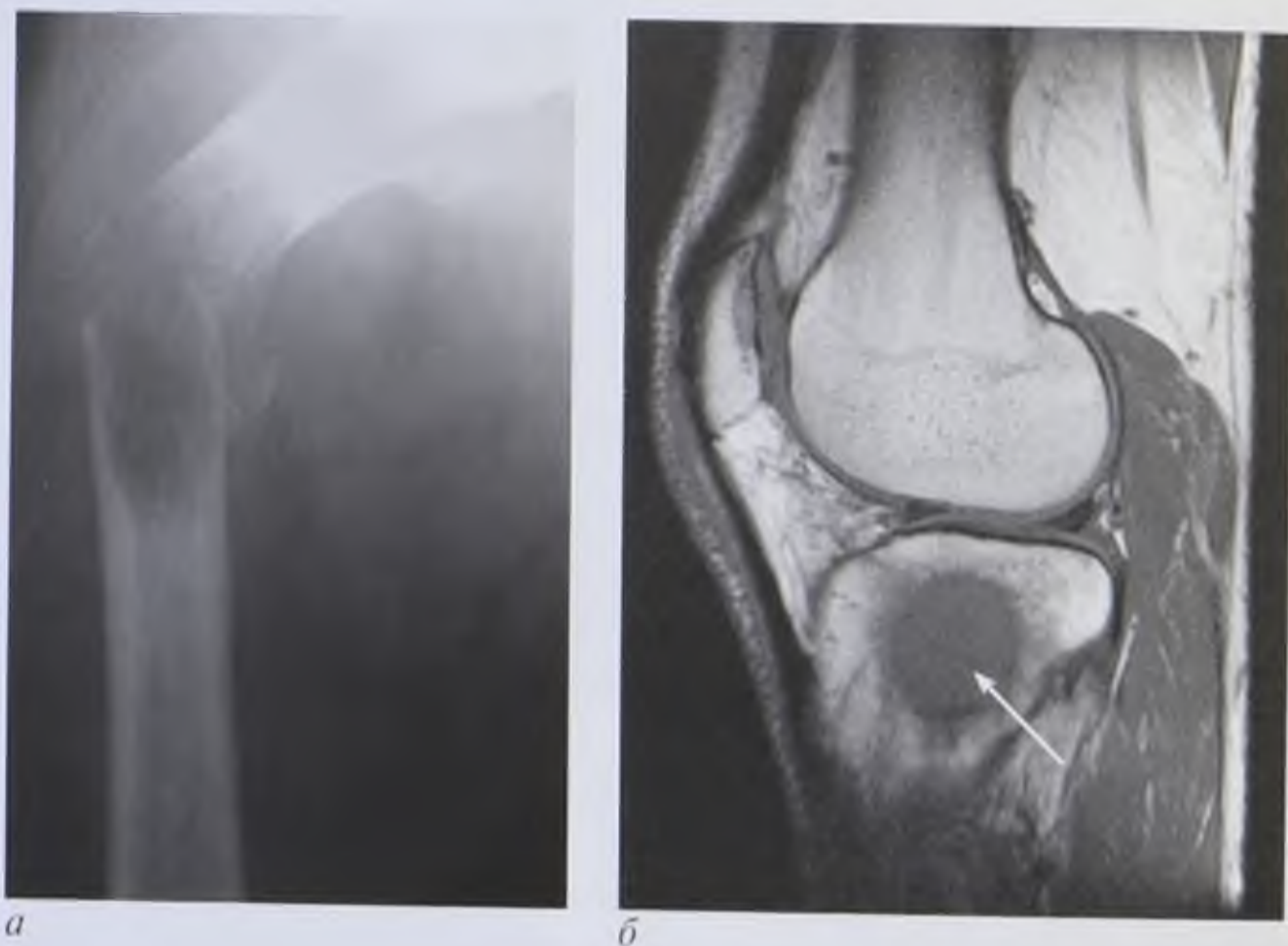


Рис. 7.36. Метастазы злокачественных опухолей в кости: *а* — рентгенограмма бедра: патологический перелом бедренной кости на фоне метастаза; *б* — магнитно-резонансная томограмма коленного сустава, T1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости: метастаз рака предстательной железы в большеберцовую кость (стрелка)

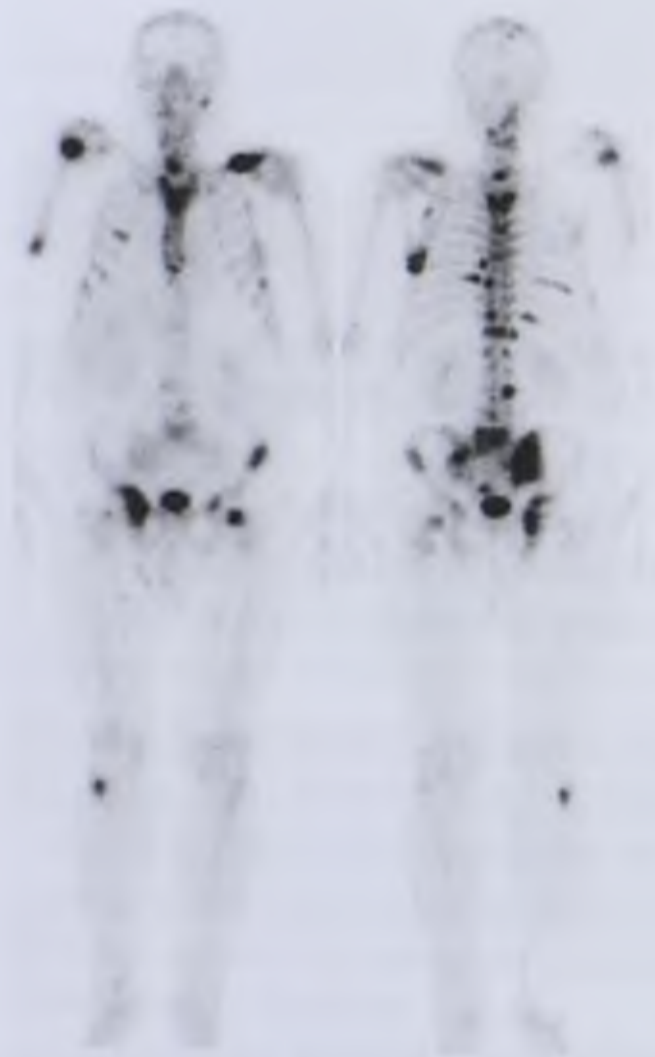


Рис. 7.37. Статическая сцинтиграмма скелета. Множественные метастазы рака предстательной железы в кости скелета

Доброкачественные опухоли (остеомы, хондромы, остеохондромы и др.)

Рентгенография, КТ: четкая отграниченность от прилегающих тканей; гладкость и резкость очертаний; характерная структура опухолевого образования; отсутствие реактивных изменений окружающей костной ткани и надкостницы (рис. 7.38).

МРТ позволяет подтвердить отсутствие патологических изменений кости, надкостницы и мягких тканей, прилежащих к опухоли. МР-сигнал доброкачественной опухоли зависит от ее строения. Остеоидная структура дает гипоинтенсивный сигнал и на T1-ВИ, и на T2-ВИ. Хрящевая основа опухоли дает сигнал средней интенсивности на T1-ВИ и гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ. Фиброзная ткань обуславливает гипоинтенсивный сигнал и на T1-ВИ, и на T2-ВИ. Обызвествления внутри опухоли создают неоднородность МР-сигнала (см. рис. 7.38).

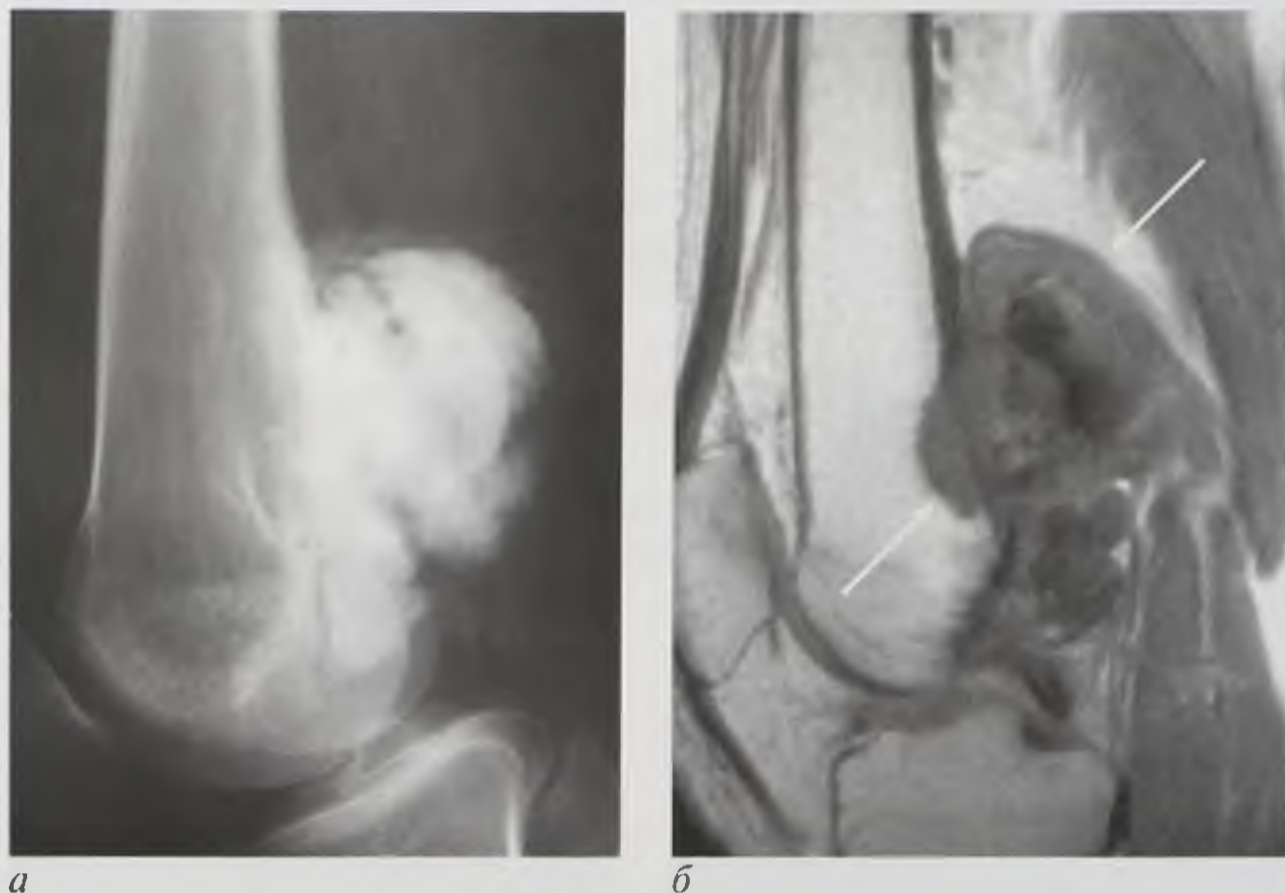


Рис. 7.38. Остеохондрома бедренной кости: *а* — рентгенограмма коленного сустава: опухоль с четкими контурами, связанная с костью; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости: гипоинтенсивное образование, прилежащее к кости с наличием внутри костного компонента с четкими ровными контурами (стрелки)

Опухолеподобные заболевания

Солидарная фиброзная киста (ювенильная, костная киста) обнаруживается, как правило, случайно у мальчиков и юношей (до 20 лет). Типичная локализация: метафизы плечевой, бедренной и большеберцовой костей с распространением в диафиз. Эти кисты клинически бессимптомны. Они могут вызывать патологические переломы, причем парадоксальным образом после сращения перелома киста излечивается.

Рентгенография, КТ: отграниченное образование (3–5 см) +45...+65 НУ с гладкими и четкими контурами. Внутри кисты часто прослеживаются неполные перегородки. Кортикальный слой кости истончен. Перистальная реакция возникает только при патологических переломах (рис. 7.39).

МРТ: округлое образование, гиперинтенсивное на T2-ВИ и гипоинтенсивное на T1-ВИ, содержит жидкость.

Фиброзный кортикальный дефект выявляется случайно, чаще у мальчиков. Может быть врожденным или возникать в детстве как реакция на физическую перегрузку. Типичная



Рис. 7.39. Рентгенограмма левого плечевого сустава. Солидарная фиброзная киста плечевой кости. Внутрикостное образование с четкими контурами, имеющее неполные перегородки. На фоне кисты имеется патологический перелом хирургической шейки плечевой кости

локализация — дистальный метафиз бедренной кости, метафизы большеберцовой кости.

Рентгенография, КТ: одиночное округлое (эллипсоидное) гомогенное просветление (образование) в кортикальной пластинке метафиза диаметром до 1 см. Контуры ровные, четкие; тонкий, невыраженный склеротический ободок. Окружающая костная ткань, надкостница и мягкие ткани не изменены (рис. 7.40).



Рис. 7.40. Фиброзный кортикальный дефект: *а, б* — рентгенограммы коленного сустава; *в, г* — линейные томограммы коленного сустава во фронтальной и сагиттальной плоскости. В кортикальном слое большеберцовой кости определяется овальное образование с четкими ровными контурами, окруженное склеротическим ободком (стрелки)

7.5.7. Врожденные дисплазии

Выделяют фиброзные, хрящевые и костные дисплазии. После рождения они могут прогрессировать, но в основном до тех пор, пока продолжаются рост и дифференцировка скелета. Некоторые из этих нарушений остеогенеза выявляются случайно при рентгенологическом исследовании. Дисплазии, как правило, не требуют хирургического лечения. Они получили специальное название «не трогай меня», так как инвазивное вмешательство может вызвать распространение и озлокачествление процесса.

Фиброзные дисплазии

Фиброзная монооссальная и полиоссальная распространенная остеодисплазия проявляется болями в пораженной кости. Может поражаться любая кость, чаще — длинные трубчатые кости нижних конечностей.

Рентгенография: хорошо очерченные овальные очаги просветления с четкой пограничной склеротической каймой или участки диффузной перестройки структуры кости (рис. 7.41). Размеры очагов — 1–2 см, иногда они сливаются в один большой участок. Очаги располагаются в основном в кортикальном слое. Структура очагов и диффузных изменений напоминает «матовое стекло», иногда она неоднородная из-за плотных включений.

Хрящевые дисплазии

Различают две формы хрящевых дисплазий: *внутрикостную* и *костно-хрящевые экзостозы*. Костно-хрящевые экзостозы значительных размеров могут сдавливать нервные и сосудистые структуры, а также при определенных локализациях создают косметические дефекты и физические неудобства.

Внутрикостные хрящевые дисплазии

Рентгенография, КТ: кость булавовидно вздута; определяются различной формы кистовидные образования, иногда неоднородной структуры с глыбчатыми или точечными обызвествлениями. Границы четкие. При поднадкостничном расположении может отмечаться истончение кортикального слоя (рис. 7.42).



Рис. 7.41. Рентгенограмма левого тазобедренного сустава. Фиброзная дисплазия бедренной и подвздошной кости. Округлые очаги просветления различного размера, окруженные ободком остеосклероза (стрелки)

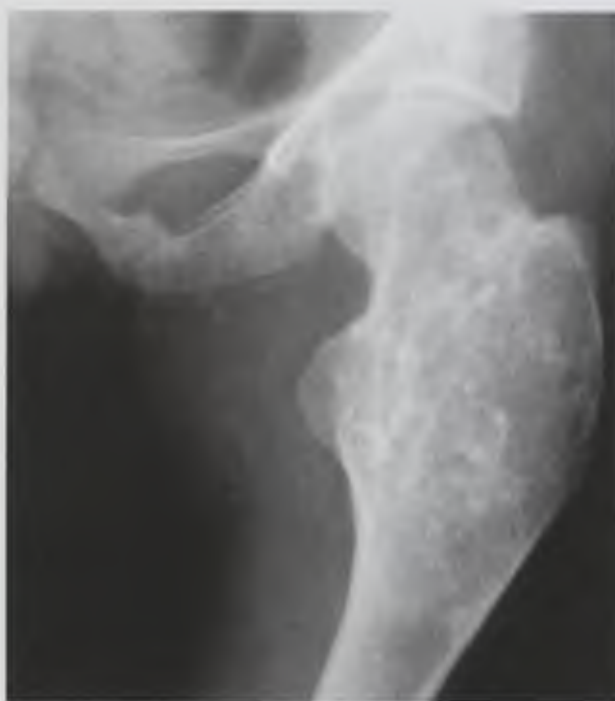


Рис. 7.42. Рентгенограмма левого тазобедренного сустава. Внутрикостная хрящевая дисплазия бедренной кости. Вздутие проксимальной части бедренной кости, внутрикостные кистовидные изменения с множественными плотными включениями с четкими контурами



Рис. 7.43. Рентгенограмма правого коленного сустава. Костно-хрящевый экзостоз

Костно-хрящевые экзостозы в начале развития располагаются вблизи зоны роста. У юношей они могут локализоваться в диафизе кости.

Рентгенография, КТ: экзостозы выглядят в виде нароста на кости на широком основании или на тонкой ножке. Контуры четкие. Корковый слой кости переходит в корковый слой экзостоза. Структура губчатая, иногда содержит известковые включения.

Костные дисплазии

Костные дисплазии проявляются уплотнением костной ткани.

Рентгенография, КТ: при диффузной форме (мраморная болезнь) почти все кости выглядят плотными и бесструктурными. При очаговой форме (остеопойкилия) могут быть множественные или одиночные островки компактного костного вещества в губчатой кости (рис. 7.43).

7.5.8. Дегенеративно-дистрофические заболевания

Дегенеративно-дистрофические процессы в суставах конечностей и в позвоночнике наблюдаются как при старении организма, так и у людей среднего возраста после перенесенных заболеваний.

Деформирующий остеоартроз

Деформирующий остеоартроз чаще всего поражает тазобедренный и коленный суставы.

Рентгенография, КТ: сужение и деформация рентгеновской суставной щели, краевые костные разрастания суставных поверхностей, склероз субхондральных пластинок, кистовидная перестройка эпифизов (рис. 7.44).

МРТ: дополнительно выявляется разрушение суставного хряща (хондромалиция), а в коленном суставе — дегенеративные изменения менисков (рис. 7.45).

Асептические остеонекрозы

Причиной асептических некрозов является нарушение кровоснабжения костной ткани. При этих поражениях в отличие от деформирующих артрозов не первично поражаются суставной хрящ и суставные поверхности, а возникают асептические некрозы губчатого вещества суставных концов костей. Типичная локализация — головка бедренной кости, реже поражается головка плечевой кости. Патологический процесс может приводить к разрушению головки, выраженному остеоартрозу и полному нарушению функции сустава.



Рис. 7.44. Рентгенограммы коленного сустава: *а* — прямая проекция; *б* — боковая проекция. Деформирующий артроз. Неравномерная ширина рентгеновской суставной щели, склероз субхондральных пластинок, деформация суставных поверхностей, краевые костные разрастания

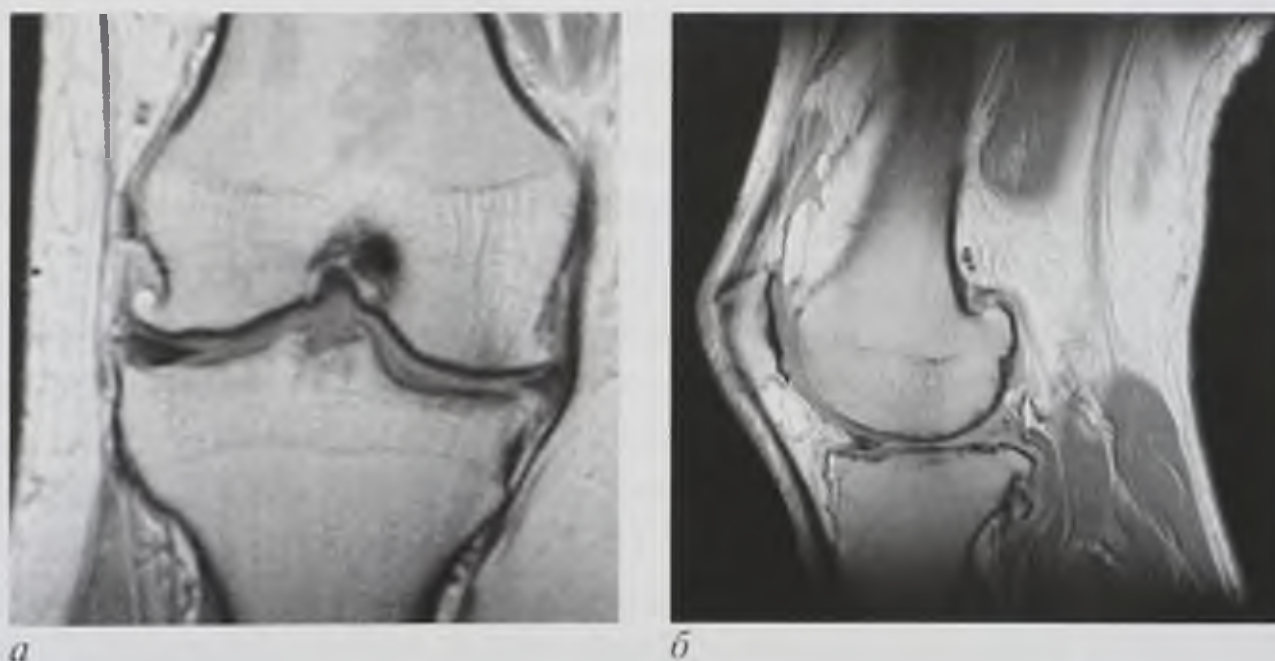


Рис. 7.45. Магнитно-резонансные томограммы коленного сустава, T2-взвешенные изображения во фронтальной (*а*) и сагиттальной (*б*) плоскостях. Деформирующий артроз. Деформация суставных поверхностей, изменение суставного хряща, дегенеративные изменения менисков, краевые костные разрастания

Рентгенография, КТ: рентгенологические признаки определяются только через 1 мес после начала выраженного болевого синдрома. При этом выявляется серповидное субхондральное просветление, затем — участок некроза (уплотнения). В последующем происходят уплощение и выраженная деформация головки бедренной кости. На фоне плотных участков некроза формируются кистовидные просветления. Рентгеновская суставная щель сохраняет нормальную ширину (рис. 7.46).

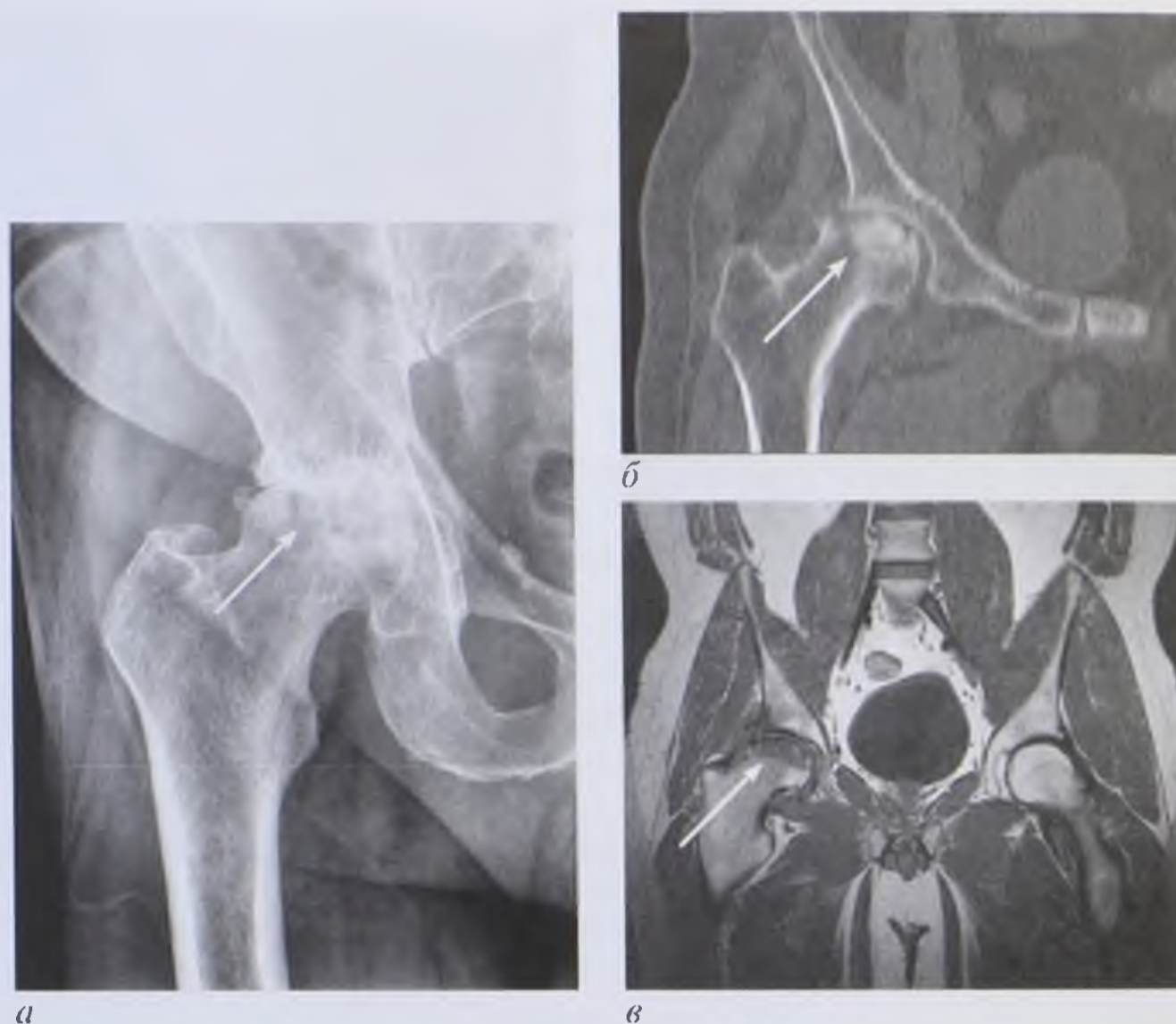


Рис. 7.46. Асептический некроз головки бедренной кости (стрелки): *а* — рентгенограмма тазобедренного сустава; *б* — компьютерная томограмма (мультипланарная реконструкция); *в* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости. На рентгенограмме визуализируется участок уплотнения головки бедренной кости с ее деформацией и наличием линейного просветления (резорбция костной ткани), суставная щель сужена, что свидетельствует о развитии деформирующего артроза. На компьютерной томограмме определяется деструкция верхней части головки бедренной кости полукруглой формы с сохранением суставной щели. При магнитно-резонансной томографии отмечается гипоинтенсивный участок полукруглой формы неоднородной структуры

МРТ: эффективный метод выявления начальных стадий процесса (1-я неделя развития ишемии и некроза). На T1-ВИ определяется гипоинтенсивный ободок, отделяющий пораженный участок от нормального губчатого вещества, на T2-ВИ — двойной ободок: гипоинтенсивная полоска окружена зоной гиперинтенсивного сигнала, отображающего реактивный отек. При разрушении и деформации головки бедренной кости возникает неравномерная картина гипоинтенсивных участков некроза (см. рис. 7.46).

Радионуклидный метод — наиболее чувствительный метод, позволяющий выявлять развитие некроза в первые дни процесса.

Патогномоничный признак остеонекроза — «холодный очаг в горячем» (см. рис. 7.21). Зона пониженного накопления РФП отображает участок ишемии и некроза, а зона повышенного накопления — зону реактивного отека и усиления кровоснабжения. После разрушения губчатого вещества и деформации головки бедренной кости «холодный очаг» уже не выявляется. Определяется неспецифический симптом усиленного накопления РФП, характерный для деформирующих артрозов любой этиологии.

7.5.9. Эндокринные и метаболические заболевания

Многие гормональные нарушения проявляются изменениями в костях.

Гиперкортицизм (повышенная продукция гормонов коры надпочечников) вызывает выраженный диффузный остеопороз — равномерное уменьшение количества костных балок в единице объема кости.

Рентгенография: повышение прозрачности кости, истончение кортикального слоя и расширение костномозговой полости. Уменьшение механической прочности кости может приводить к патологическим переломам.

Аденома гипофиза. Продукция гипофизом избыточного количества соматотропного гормона обуславливает ускоренный рост костей. У детей это приводит к гигантизму, у взрослых развивается акромегалия — увеличение дистальных отделов конечностей и нижней челюсти.

Гиперпаратиреозидизм (аденома паращитовидной железы)

Рентгенография, КТ: определяются системный остеопороз, расслоение и истончение кортикального слоя костей, одиночные или множественные кисты в разных отделах скелета.

Рахит — метаболическое заболевание, обусловленное дефицитом витамина D.

Рентгенография: системный остеопороз, искривление костей. Метафизарные отделы костей расширены, эпифизарная ростковая зона очень широкая, ее контуры неровные и нечеткие.

7.5.10. Экзогенные интоксикации

Экзогенные интоксикации, как правило, приводят к системному остеопорозу. При отравлении солями тяжелых металлов они накапливаются вблизи ростковых зон, что обуславливает образование интенсивной полосы затемнения в дистальной части метафизов.

При отравлении фтористыми соединениями возникает системный остеосклероз.

7.6. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ МЯГКИХ ТКАНЕЙ

7.6.1. Абсцессы и флегмоны

УЗИ: абсцесс визуализируется как анэхогенная или гипоэхогенная полость с неровными эхопозитивными стенками (рис. 7.47).

Флегмоны и гнойные затеки имеют вид распространенной, с неровными и невыраженными границами неправильной формы полости с неоднородным ан- или гипоэхогенным содержимым.

Под контролем УЗИ можно проводить пункцию с последующим дренированием гнойных полостей.

МРТ или КТ с усилением — эффективные методы в диагностике распространенности гнойных процессов.

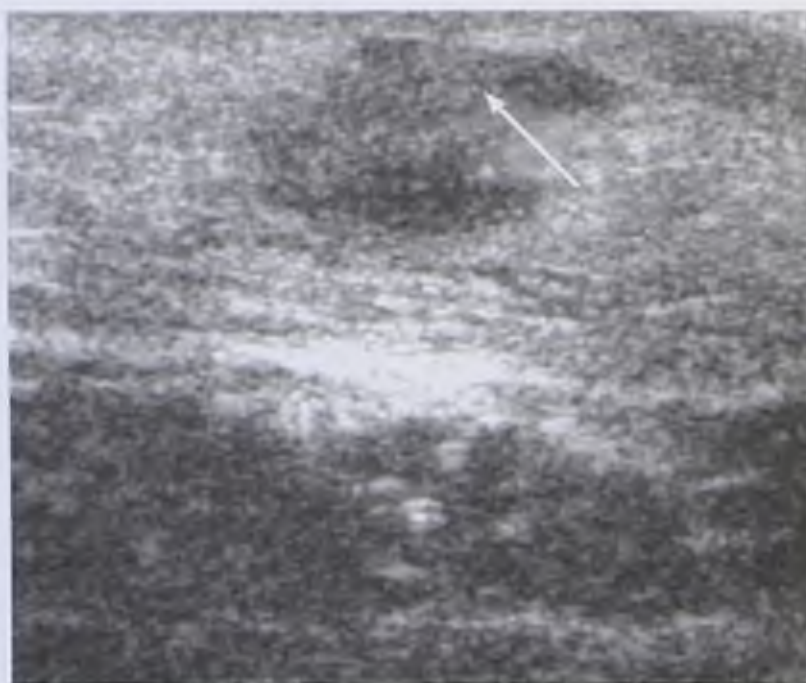


Рис. 7.47. Эхограмма мягких тканей внутренней поверхности бедра. Абсцедирующий фурункул (стрелка)

7.6.2. Бурситы, тендовагиниты, тендиниты, тендинозы

УЗИ: бурситы выявляются в виде анэхогенного образования правильной формы с четкими границами определенной локализации, соответствующей анатомическому положению сумки. При повреждении капсулы сустава надавливание датчиком на сумку приводит к перетеканию жидкости в полость сустава (рис. 7.48).

Тендовагиниты вызывают утолщение сухожилия, нарушение его эхоструктуры и появление анэхогенной жидкости в полости уплотненного сухожильного влагалища (рис. 7.49).

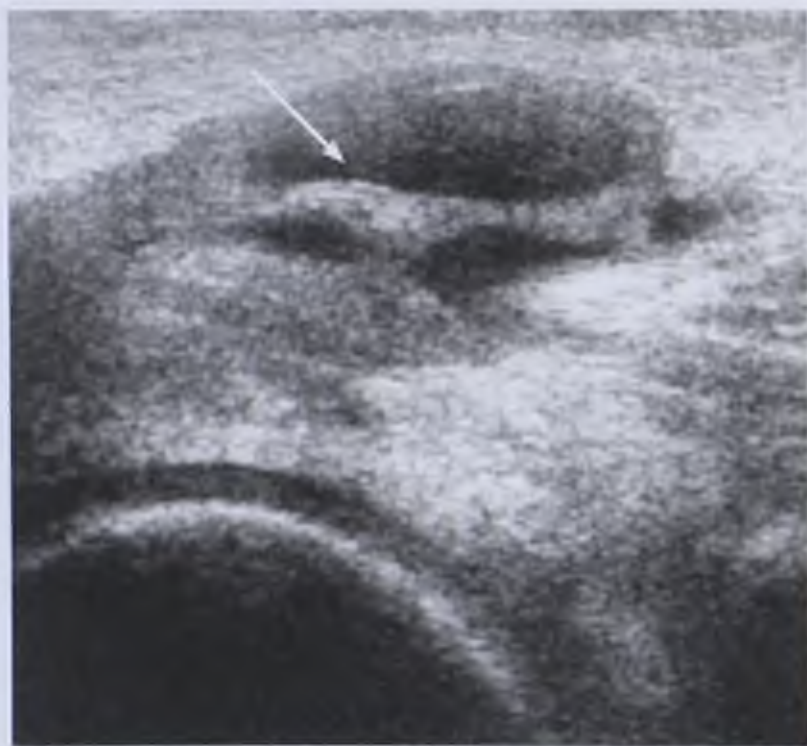


Рис. 7.48. Эхограмма подколенной области. Подколенный бурсит. Определяется скопление жидкости в подколенной сумке (стрелка)

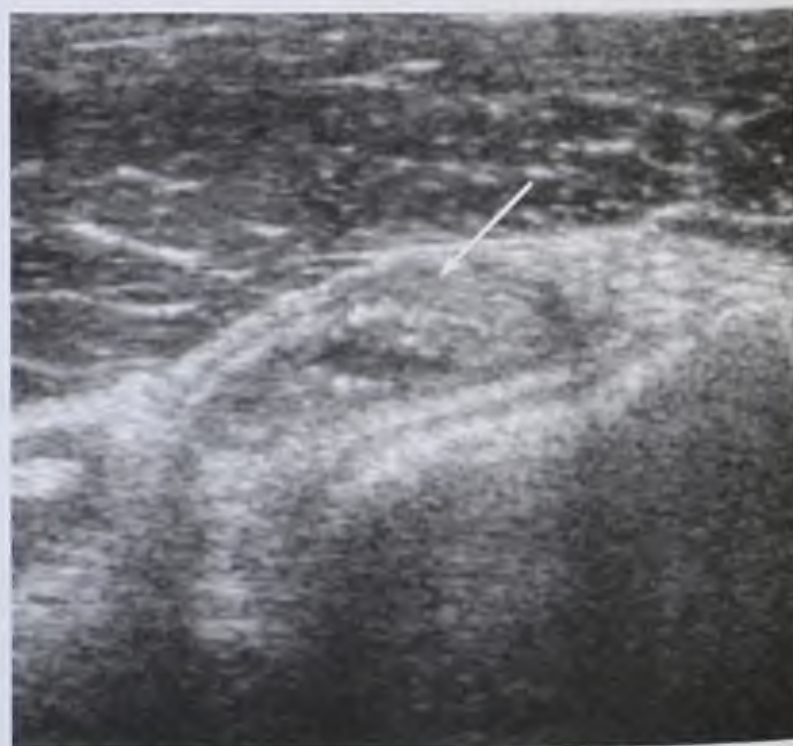


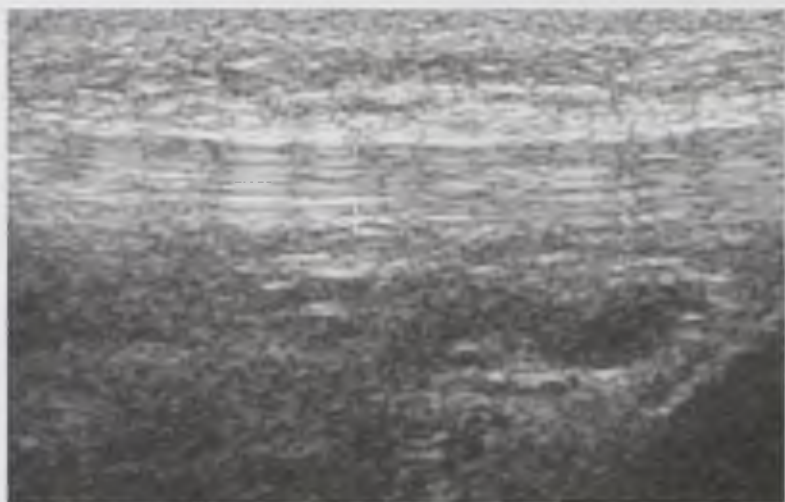
Рис. 7.49. Эхограмма сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча. Тендовагинит (скопление жидкости в синовиальном влагалище сухожилия, утолщение его листов, утолщение и разрыхление сухожилия) (стрелка)

Тендинит — воспаление волокон сухожилия. При тендините изменена эхоструктура, снижена эхогенность и утолщено сухожилие (рис. 7.50).

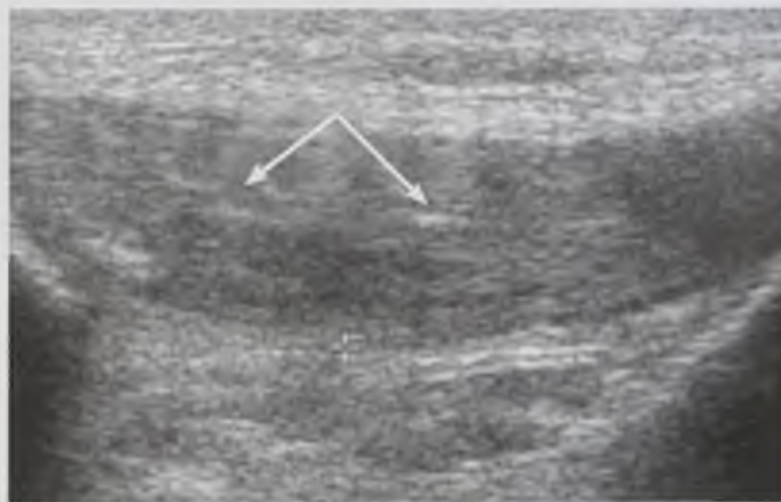
МРТ позволяет выявить признаки воспаления в виде усиления МР-сигнала от жидкости на Т2-ВИ (рис. 7.51).

Тендиоз — дегенеративно-дистрофические изменения сухожилия.

УЗИ: значительное неравномерное утолщение и изменение эхоструктуры сухожилия. На фоне повышения эхогенности и грубой деформации структуры сухожилия выявляются кистовидные участки пониженной эхогенности и гиперэхогенные сигналы от обызвествлений различного размера (рис. 7.52). Уплотнение и очаговое обызвествление деформированного сухожилия можно выявить при **КТ** и **рентгенографии** (см. рис. 7.11).



а



б

Рис. 7.50. Эхограммы связки надколенника: *а* — изображение нормальной связки; *б* — посттравматический тендинит. Определяются утолщение связки, снижение ее эхогенности с наличием гиперэхогенных включений (стрелки)

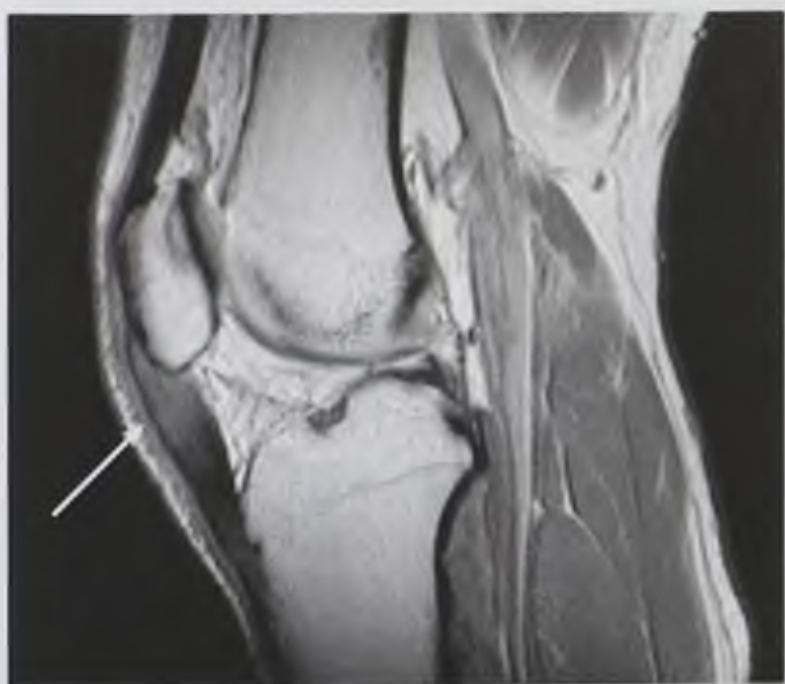


Рис. 7.51. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава, Т2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости. Тендинит связки надколенника. Определяются повышение интенсивности магнитно-резонансного сигнала от связки и ее утолщение (стрелка)

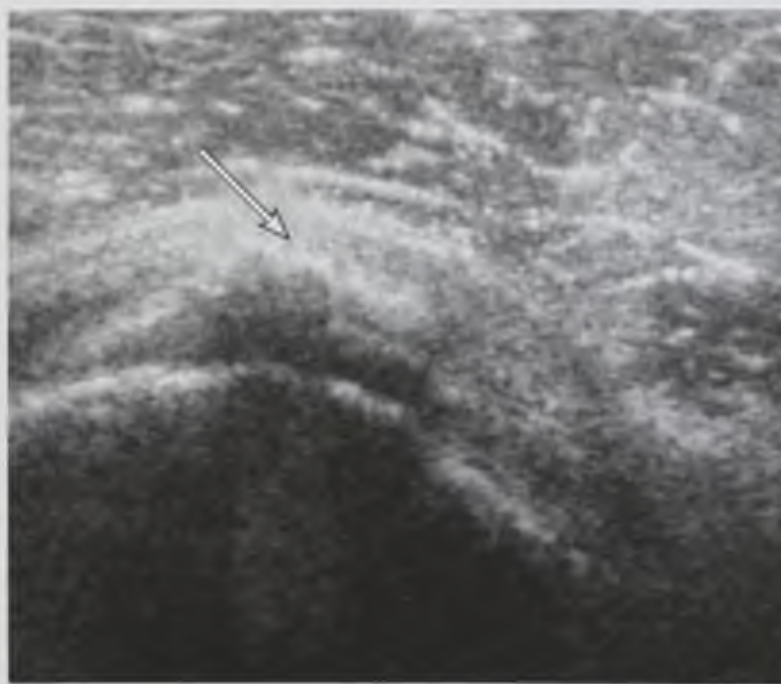


Рис. 7.52. Эхограмма. Тендиоз сухожилия надостной мышцы. Визуализируется гиперэхогенное уплотнение в толще сухожилия, дающее акустическую тень (стрелка)

7.6.3. Опухоли мягких тканей

Опухоли мягких тканей визуализируют методами УЗИ и МРТ. Доброкачественные и злокачественные новообразования могут иметь сходные признаки. Для установления природы этих опухолей можно проводить пункционную биопсию под контролем УЗИ.

Злокачественные опухоли (фибросаркома, гистиоцитома, нейрофибросаркома липосаркома)

Рентгенография выявляет косвенные признаки: увеличение объема, повышение и снижение плотности мягких тканей и патологические обызвествления.

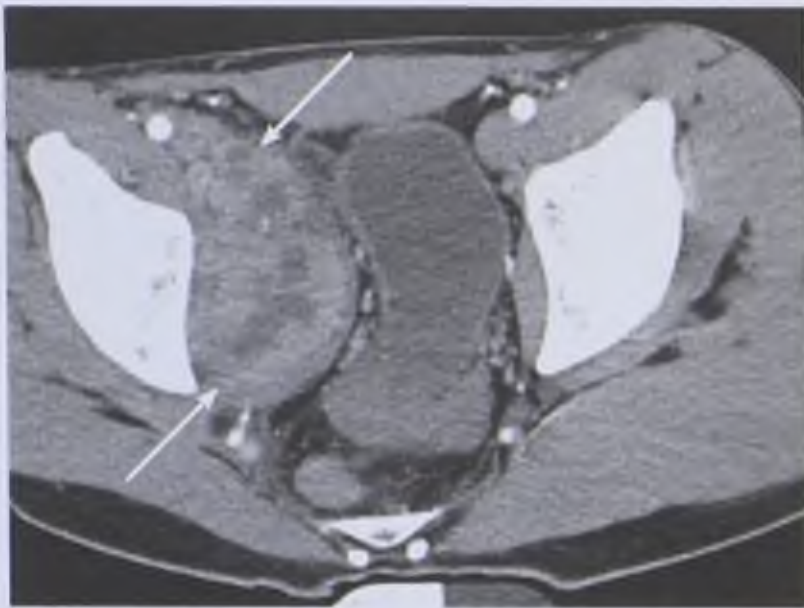


Рис. 7.53. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Саркома правой подвздошной мышцы (стрелки)

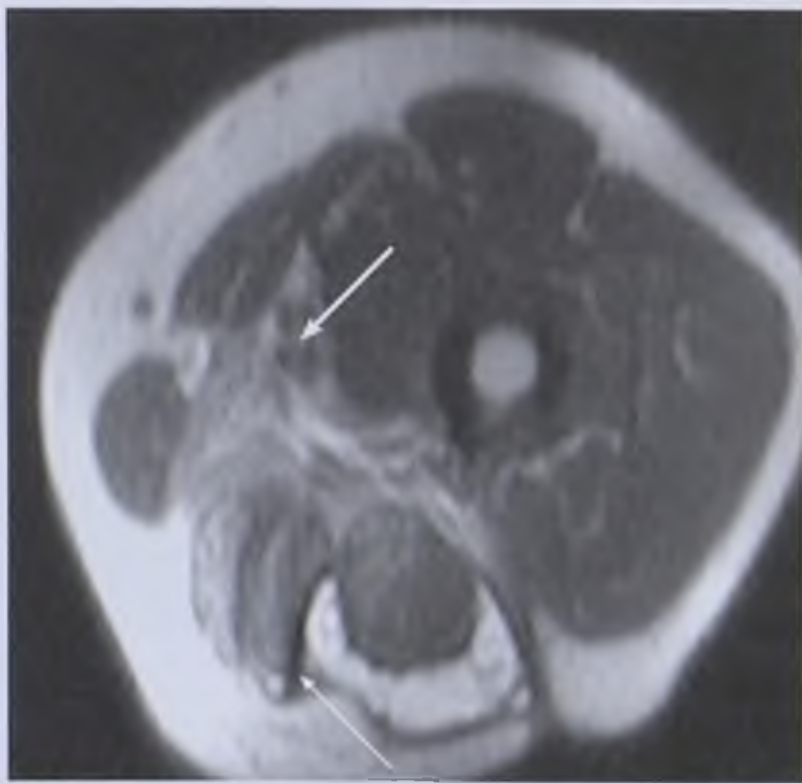


Рис. 7.54. Магнитно-резонансная томограмма бедра, T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости. Рабдомиосаркома двуглавой мышцы левого бедра (стрелки)

КТ: объемное образование неоднородной структуры и плотности, при внутривенном контрастировании неравномерно накапливающее контрастное вещество (рис. 7.53).

МРТ: саркомы мягких тканей в большинстве случаев имеют капсулу и изоинтенсивный сигнал на T2-ВИ; липосаркомы — гиперинтенсивный сигнал и на T1-ВИ, и на T2-ВИ.

Высококкачественные опухоли иногда имеют неоднородную структуру с гетерогенными сигналами на T2-ВИ и нечеткие контуры. Кровоизлияния и некрозы в опухоли могут обуславливать негетерогенность интенсивности МР-сигнала и на T1-ВИ, и на T2-ВИ (рис. 7.54).

Доброкачественные опухоли

Липома

УЗИ: гипоэхогенное образование правильной (округлой) формы с четкими границами, имеющее однородную структуру. Фибролипома имеет неоднородную структуру из-за соединительнотканых перегородок.

МРТ: образование с четкими, ровными границами, дающее гиперинтенсивный сигнал и на T1-ВИ, и на T2-ВИ.

Фиброма

УЗИ: образование правильной формы средней эхогенности с четкими границами.

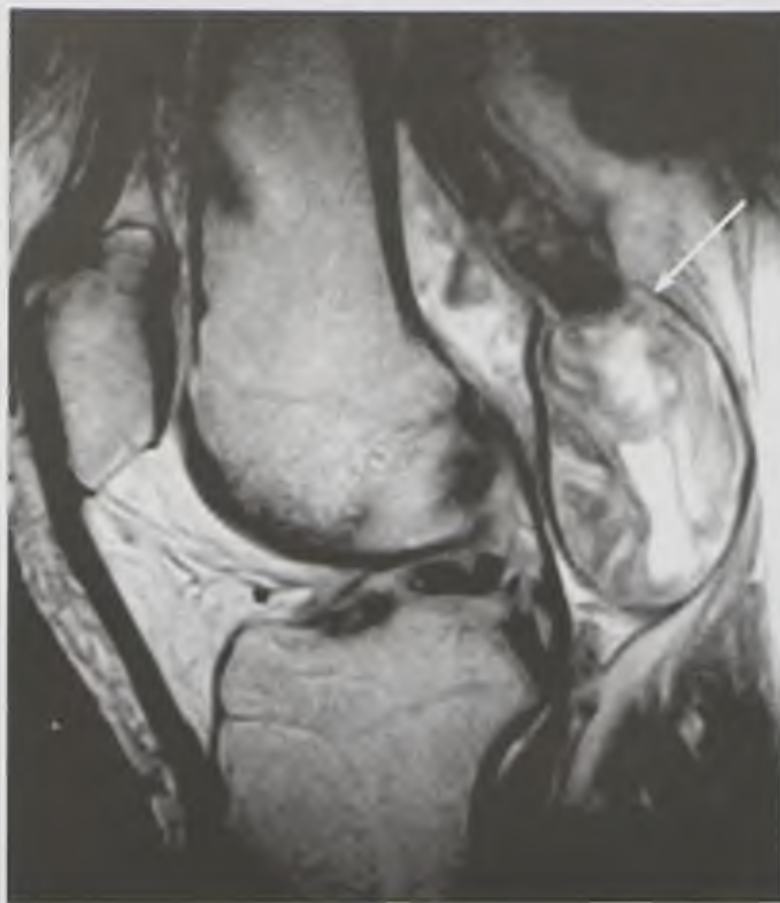


Рис. 7.55. Магнитно-резонансная томограмма коленного сустава, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Фибролипома подколенной области. Овальное образование с четкими контурами, неоднородной структуры и интенсивности магнитно-резонансного сигнала (стрелка)

МРТ: образование дает гипоинтенсивный сигнал на T1-ВИ и T2-ВИ (рис. 7.55).

Нейрофиброма

МРТ: четко очерченное образование с гипоинтенсивным сигналом на T1-ВИ и гиперинтенсивным сигналом на T2-ВИ.

7.7. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

7.7.1. Переломы костей

Переломы могут быть закрытыми, открытыми, огнестрельными; единичными и множественными; полными и неполными.

Полный перелом — это нарушение целостности кости с возникновением минимум двух отломков. Крайне выраженный перелом — травматический отрыв части конечности. Если повреждена лишь часть кости, то перелом неполный. Он может быть в виде трещины, надлома, дырчатого и краевого дефекта. Одной из разновидностей краевого перелома может быть отрывной (авульсионный) перелом в месте прикрепления сухожилия или связки, когда вследствие их чрезмерного натяжения отрывается костный фрагмент.

У детей могут быть поднадкостничные переломы, когда отломки удерживаются надкостничным футляром, а также эпифизеолиз — повреждение в области ростковой зоны.

Различают переломы травматические, вызванные внешним воздействием на нормальную кость, и патологические, возникшие в месте патологического процесса костной ткани (опухоль, киста, остеопороз).

По направлению и ходу плоскости (линии) перелома по отношению к длиннику кости различают переломы поперечные, косые, винтообразные, продольные, V-, T-образные, оскольчатые, раздробленные, с первичным дефектом кости. Переломы могут локализоваться в различных отделах кости, а также распространяться в сустав (внутрисуставные переломы). Суставные поверхности костей при этом могут не повреждаться, но возможно и их повреждение разной выраженности, вплоть до дефектов и разрушения (рис. 7.56).

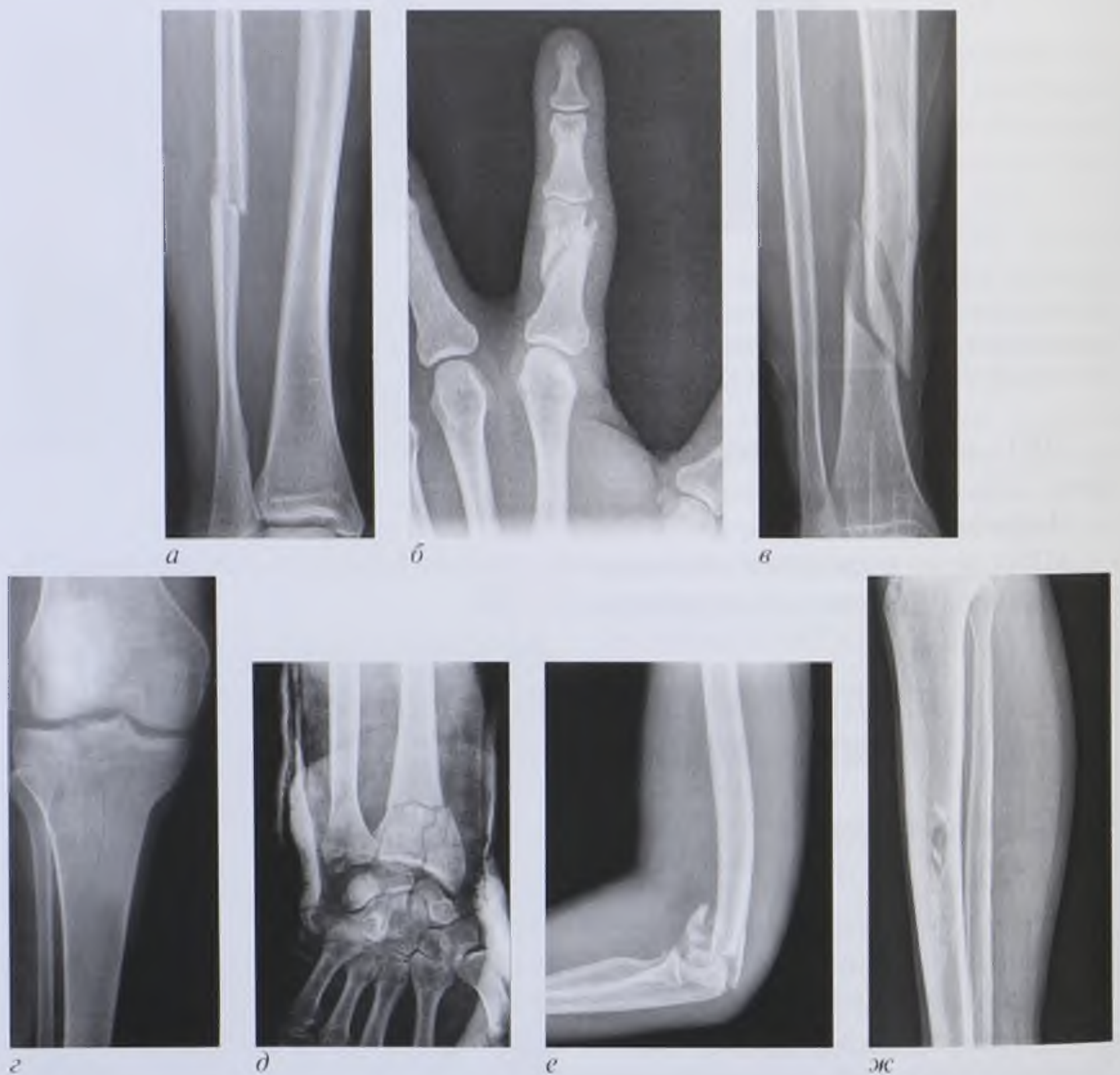


Рис. 7.56. Типы переломов по ходу линии перелома: *а* — поперечный перелом малоберцовой кости; *б* — косой перелом средней фаланги указательного пальца кисти; *в* — винтообразный перелом большеберцовой кости; *г* — продольный перелом большеберцовой кости; *д* — T-образный внутрисуставной перелом дистального метаэпифиза лучевой кости и перелом шиловидного отростка локтевой кости; *е* — оскольчатый внутрисуставной перелом дистального эпифиза плечевой кости; *ж* — огнестрельный дырчатый перелом диафиза большеберцовой кости

Нарушение целостности кости часто сопровождается смещением отломков. Различают четыре вида смещения (рис. 7.57).

1. По ширине (принято измерять по отношению к поперечнику кости, например на одну треть поперечника).

2. По длине (измеряют в сантиметрах):

- с расхождением отломков;
- с захождением отломков;
- с вклиниванием (вколоченные).

3. Под углом (измеряют в градусах с указанием, в какую сторону открыт угол).

4. По периферии (оценивают ротацию дистального отломка по анатомическим ориентирам, указывая направление поворота).

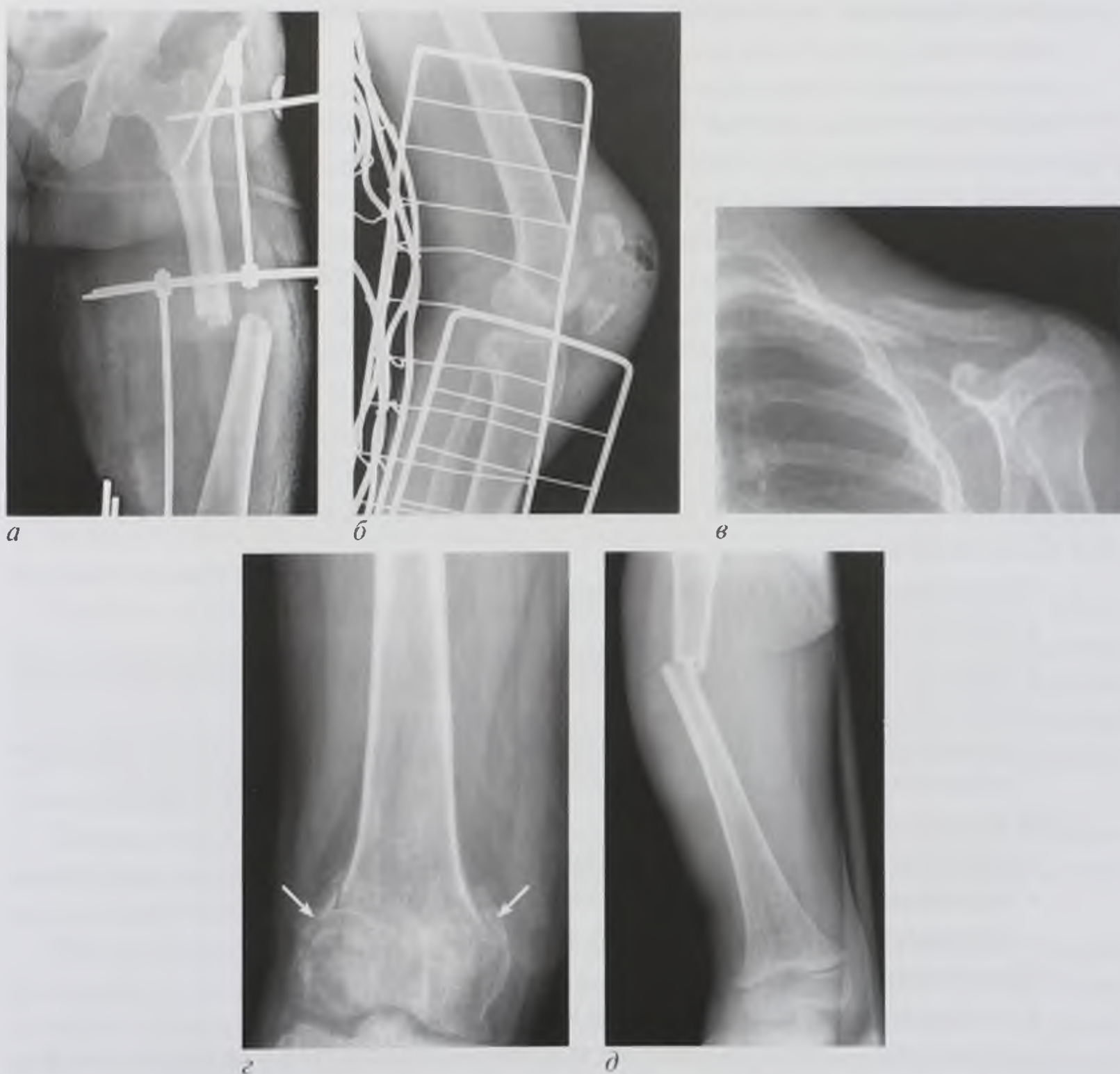


Рис. 7.57. Типы переломов по виду смещения отломков: *а* — поперечный перелом бедренной кости со смещением по ширине; *б* — поперечный перелом надколенника с расхождением отломков; *в* — поперечный перелом ключицы с захождением отломков; *г* — вколоченный перелом дистального метафиза бедренной кости (стрелки); *д* — поперечный перелом диафиза бедренной кости со смещением отломков под углом, открытым кнутри

Один изолированный вид смещения наблюдается редко, в большинстве случаев они встречаются в виде различных комбинаций.

Полная рентгенологическая характеристика перелома должна включать:

- анатомическую локализацию и протяженность перелома;
- тип перелома (полный или неполный, оскольчатый или неоскольчатый);
- направление плоскости перелома по отношению к оси кости (поперечный, продольный, Т-, V-образный, винтообразный и т.п.);
- вид смещения отломков;
- отношение плоскости перелома к суставной полости (внутрисуставной или внесуставной);
- специфические признаки, такие как депрессия (вколоченность), импрессия (вдавление), компрессия (сдавление);
- сопутствующие патологические изменения: вывих, разрыв связок или синдесмоз с диастазом костей;
- сопутствующие повреждения окружающих органов и тканей.

Существуют также особые варианты переломов, которые могут произойти в результате перегрузки (стрессовые переломы), или патологические переломы в месте патологических процессов в кости.

У детей рентгенологическая характеристика переломов, особенно концов длинных трубчатых костей, должна также включать соображения о вовлеченности зон росткового хряща, повреждения которых могут привести к нарушению роста кости, укорочению и деформации конечностей.

Рентгенография: рентгенологические признаки переломов костей подразделяются на *прямые* и *косвенные*. Прямыми рентгенологическими признаками перелома кости служат линии перелома и смещение отломков. Однако иногда эти симптомы неочевидны. В таких случаях диагностика переломов основывается на косвенных признаках.

1. Изменения кости и надкостницы:

- изменение формы кости;
- нарушение структуры костной ткани (вколоченные, компрессионные переломы);
- локальное изменение поверхности кости (вдавление, утолщение кортикального слоя, ступенька, козырек, отслоение надкостницы).

2. Изменения ростковой зоны:

- несоответствие (ступенька) краев эпифиза и метафиза;
- неровные поверхности (углы) метафиза или эпифиза;
- несимметричность ростковой зоны.

3. Изменения мягких тканей:

- локальное увеличение объема мягких тканей;
- изменение структуры мягких тканей (исчезновение или смещение жировых межмышечных и межфасциальных полосок).

4. Затенение полостей воздухоносных костей (гемосинус).

5. Изменения суставов (внутрисуставные переломы):

- увеличение объема суставов (расширение рентгеновской суставной щели, увеличение объема мягких тканей).

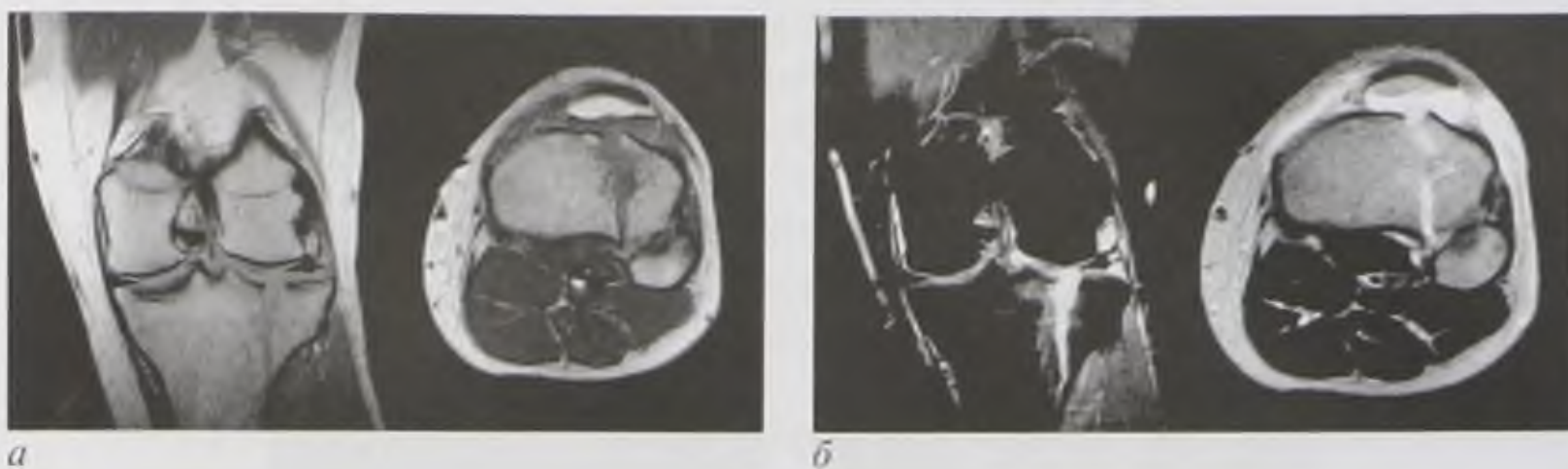


Рис. 7.58. Магнитно-резонансные томограммы коленного сустава во фронтальной и аксиальной плоскостях. Клиновидный перелом мышелка большеберцовой кости. Определяется линейное изменение интенсивности магнитно-резонансного сигнала в виде его понижения на T1- (*a*) и повышения на T2-взвешенном изображении (магнитно-резонансная артрография) (*б*)

КТ и МРТ позволяют выявить прямые и косвенные признаки переломов. Возможны более отчетливая визуализация соотношения отломков (осколков) костей, выявление повреждений мягких тканей, сосудов и нервов. Основным признаком перелома кости при МРТ является кровоизлияние в плоскости перелома, гипоинтенсивное на T1-ВИ и гиперинтенсивное на T2-ВИ (рис. 7.58).

При определении локализации перелома следует использовать анатомические термины. В длинных трубчатых костях используют термины «эпифиз» (дистальный или проксимальный), «метафиз», «диафиз». Диафиз разделяют на трети, например средняя или дистальная (проксимальная) треть диафиза.

При оценке смещения отломков определяют смещение дистального (периферического) отломка по отношению к проксимальному (центральному). В позвоночнике определяют смещение вышележащего позвонка относительно нижележащего.

Особую настороженность должны вызывать продольные переломы, которые следует проследить по всей протяженности. Нередко для этого приходится выполнять дополнительные исследования для визуализации противоположного конца кости. Чрезвычайно важно выявление внутрисуставного перелома. Для этого руководствуются анатомическими ориентирами уровня прикрепления суставной капсулы к костям.

Кость способна к регенерации. Это единственный орган, который при повреждении восполняет небольшие дефекты не соединительнотканым рубцом, а новой полноценной тканью.

Физиологическое заживление перелома происходит в несколько стадий. В первые 7–8 сут после перелома расширяется линия перелома (щель) в результате остеолиза поврежденных костных балок концов отломков. В дальнейшем появляется первичная мозоль в виде бесструктурных неплотных образований и «мостиков» (15–20 сут) (рис. 7.59, *a*). Сформированная костная мозоль (30–40 сут), как правило, избыточна, то есть выглядит как локальный невыраженный гиперостоз (рис. 7.59, *б*). В дальнейшем под влиянием функциональной нагрузки происходит перестройка кости, восстанавливаются ее форма и структура.



Рис. 7.59. Рентгенограммы различных стадий заживления переломов: *а* — срастающийся поперечный перелом V пястной кости с наличием неплотных обызвествлений и «мостиков»; *б* — сросшийся перелом бедренной кости с образованием костной мозоли

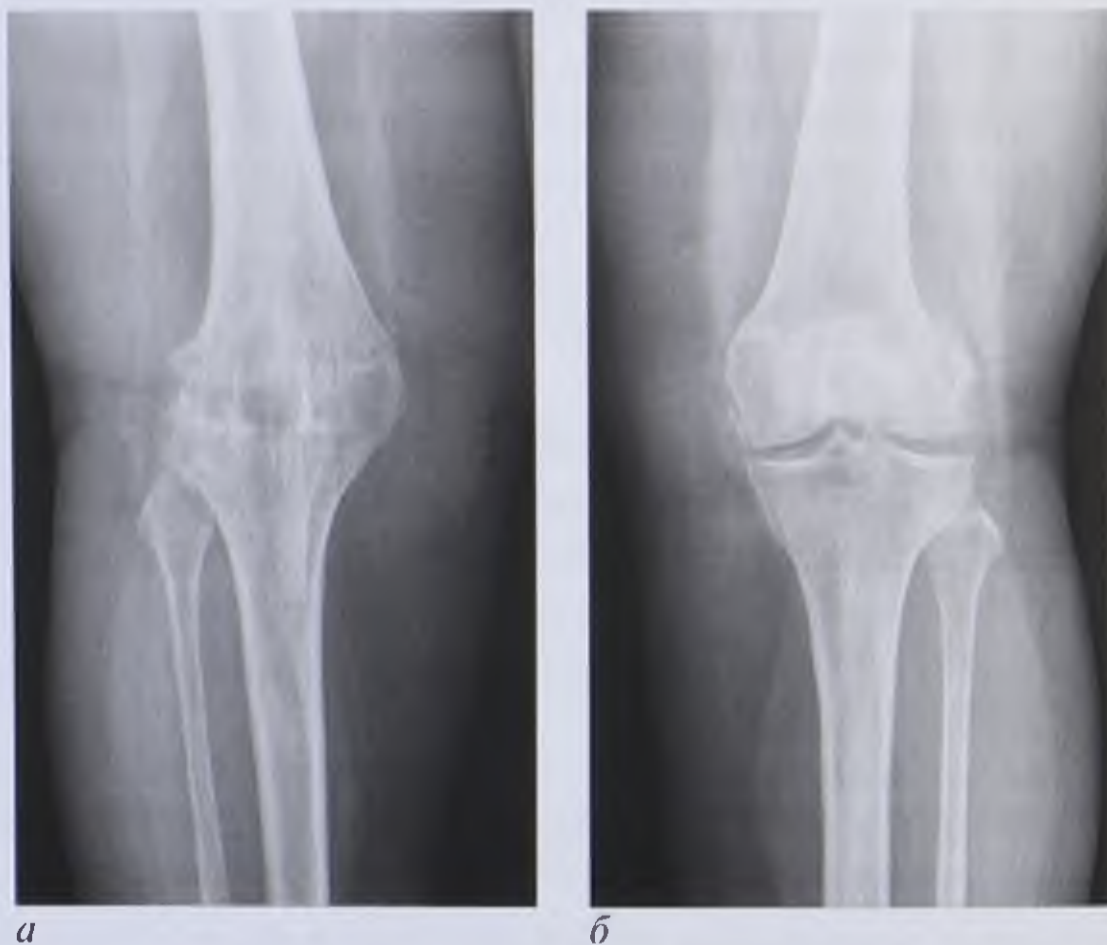


Рис. 7.60. Рентгенограмма коленных суставов в прямой проекции: *а* — тотальный костный анкилоз правого коленного сустава; *б* — деформирующий артроз левого коленного сустава

Обычно для контроля формирования костной мозоли достаточно обычных рентгенограмм, но в некоторых случаях их дополняют линейными или компьютерными томограммами. Томограммы могут прояснить некоторые детали и помочь определить стадию заживления даже под гипсовой повязкой. Следует

обращать внимание на появление признаков возможных осложнений. Рентгенологические признаки нарушения заживления костей:

- замедленное образование костной мозоли или образование избыточной костной мозоли (см. рис. 7.7, в, г);
- неправильное положение отломков;
- образование ложных суставов (сохранение линии перелома и формирование суставных поверхностей из-за развития кортикальных пластинок на концах отломков);
- развитие анкилоза (сращения суставных концов костей) при внутрисуставных переломах (рис. 7.60);
- посттравматический остеомиелит.

При выявлении рентгенологических признаков осложнений сращения отломков проводят КТ.

Перегрузочные переломы

Целость кости может нарушаться из-за чрезмерной физической нагрузки или постоянных микротравм. При перегрузке нижних конечностей часто развивается усталостный перелом (стресс-фрактура) II плюсневой кости (маршевый перелом), реже — большеберцовой и бедренной кости. При чрезмерной нагрузке верхних конечностей чаще поражается I ребро.

Рентгенография: в начальной стадии определяются поперечная линия просветления с нечеткими и неровными (размытыми) контурами и локальный периостит. В последующем отмечают склеротическое уплотнение костной ткани вблизи линии просветления (зоны перестройки) и локальные периостальные наслоения (признаки формирования костной мозоли).

Патологические переломы

Причиной патологических переломов чаще всего становятся первичные и вторичные (метастазы) злокачественные опухоли, доброкачественные опухоли и кисты костей, выраженный остеопороз при эндокринных заболеваниях. В задачи лучевого исследования входит не только диагностика перелома, но и определение характера патологического процесса, вызвавшего снижение прочности кости. Такие переломы возникают, как правило, при незначительной травме или неловком движении.

Рентгенография: линия перелома на фоне деструкции, дефекта кости или выраженного остеопороза (см. рис. 7.36).

КТ или МРТ проводят для уточнения характера первичного патологического процесса.

7.7.2. Вывихи

Вывихом называется полное несоответствие суставных поверхностей сочленяющихся костей с повреждением стабилизирующих мягкотканых структур.

Подвывих — это неполное соответствие суставных концов с сохранением частичного контакта между суставными поверхностями. Вывихи именуют по сместившейся периферической части конечности, указывая направление смещения, например передненижний вывих плеча.

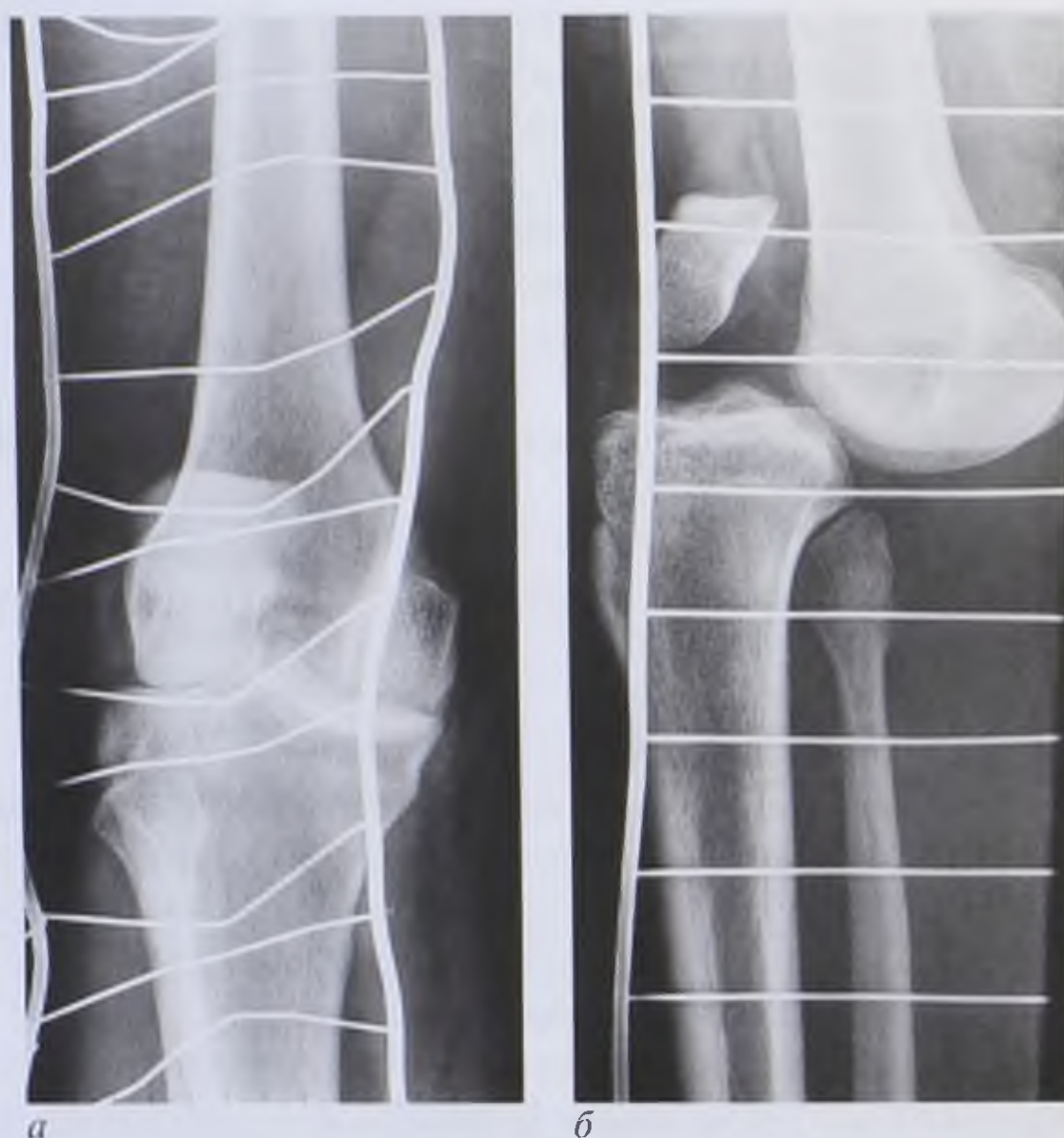


Рис. 7.61. Рентгенограммы коленного сустава: *а* — прямая проекция; *б* — боковая проекция. Передний вывих голени

Рентгенография: рентгенологическая диагностика вывихов (подвывихов) заключается в полной характеристике степени и направления смещения суставных концов костей. Это возможно только при исследовании области сустава в нескольких проекциях (как минимум в двух взаимно перпендикулярных) (рис. 7.61).

Среди всех травматических вывихов у взрослых преобладают вывихи плеча (60%), у детей — вывихи предплечья (65–70%).

Вывихи могут происходить без существенного повреждения костей или сопровождаться переломами, например переломы краев вертлужной впадины при вывихах бедра или переломы лодыжек при подвывихах стопы (рис. 7.62). После вправления вывиха необходимо проводить контрольную рентгенографию для оценки эффективности лечебных мероприятий.

В последние годы установлено, что большинство вывихов без видимых на рентгенограммах переломов сопровождается повреждениями фиброзно-хрящевых структур сустава. Внутрисуставные хрящевые фрагменты в дальнейшем могут существенно ограничивать функцию сустава. Кроме того, дефект хрящевой губы (например, суставной впадины лопатки) может быть причиной повторных и привычных вывихов. Для выявления таких изменений необходимо проводить **артрографию**, предпочтительнее **КТ-артрографию** с двойным контрастированием, **МРТ** или **МРТ-артрографию** с использованием парамагнитных контрастных препаратов (рис. 7.63).



Рис. 7.62. Рентгенограмма голеностопного сустава. Перелом обеих лодыжек, подвывих стопы кнаружи, разрыв дистального межберцового синдесмоза

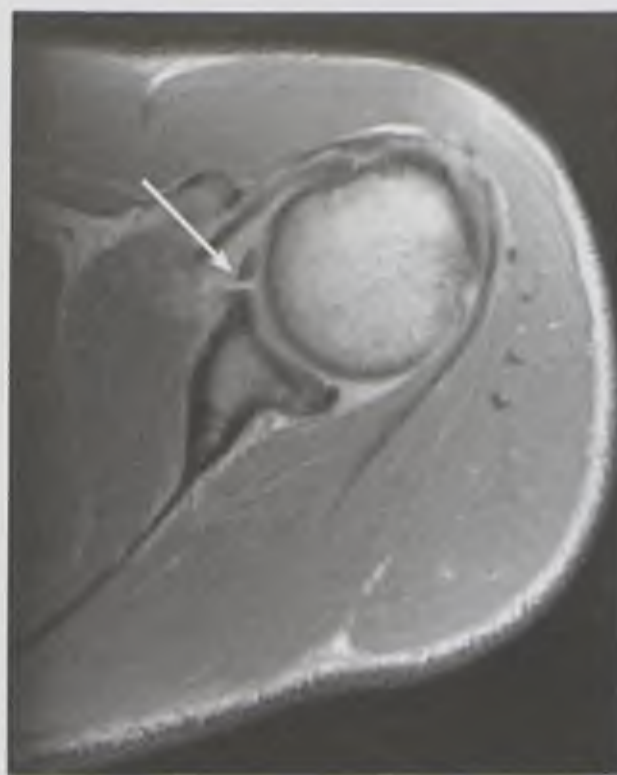


Рис. 7.63. Магнитно-резонансная томограмма плечевого сустава, Т2-взвешенное изображение. Разрыв передней суставной губы суставной впадины лопатки (стрелка)

7.7.3. Повреждения мягких тканей

Закрытые повреждения могут быть результатом как прямой (удары, падения и т.д.), так и не прямой травмы (опосредованное воздействие или форсированное чрезмерное напряжение мышц). В таких случаях часто устанавливают предварительный клинический диагноз «ушиб», за которым могут скрываться конкретные морфологические изменения. Выявление таких патологических изменений требует использования современных лучевых диагностических методов. При тяжелых ушибах, как правило, необходимо выполнять рентгенографию для исключения переломов костей.

Ушиб надкостницы

Ушиб надкостницы сопровождается поднадкостничным кровоизлиянием и, как следствие, ее отслоением.

Рентгенография: в первые дни после поднадкостничного кровоизлияния изменения могут не выявляться; через 2–3 сут при значительном скоплении крови определяется тонкая полоска отслоенной уплотненной надкостницы.

УЗИ: тонкая эхопозитивная полоска отслоенной уплотненной надкостницы и эхонегативная зона кровоизлияния под ней.

МРТ: на Т2-ВИ возникает гиперинтенсивный сигнал вдоль поверхности кости. Ушиб кости в метаэпифизарной области может сопровождаться кровоизлиянием в губчатом веществе. Единственный метод выявления таких кровоизлияний — МРТ. Определяется очаговое усиление МР-сигнала без четких контуров.

При ушибах всегда развивается реактивный отек мягких тканей, прилежащих к месту травмы. Возможно повреждение сосудов.

Внутримышечная гематома

Обширные внутритканевые кровоизлияния могут возникать как внутри мышц, так и вокруг сосудисто-нервного пучка или в межфасциальных пространствах. При прогрессирующем увеличении гематомы и ее пульсации необходима неотложная ангиография (рис. 7.64).

Рентгенография: внутримышечная гематома и сопутствующий отек проявляются увеличением объема мягких тканей, смещением жировых прослоек. По рентгенологической картине отличить отек мягких тканей от гематомы не удастся.

КТ: отек вызывает диффузное снижение рентгеновской плотности мышечной ткани до $+20...+25$ НУ, а свежая гематома имеет плотность $+40...+60$ НУ. На фоне отечных мышц свежая внутримышечная гематома в первые часы после травмы может достаточно хорошо выделяться, но, как правило, неотчетливо контурируется. Скопления крови в межфасциальных пространствах имеют четкие контуры и выявляются легче, так как смещают жировые прослойки. Уже через несколько часов, по мере формирования сгустков, плотность гематомы отдельных участков может достигать $+60...+70$ НУ, ее структура становится неоднородной. При благоприятных обстоятельствах гематома рассасывается через 3–4 нед. При организации гематомы КТ является наиболее

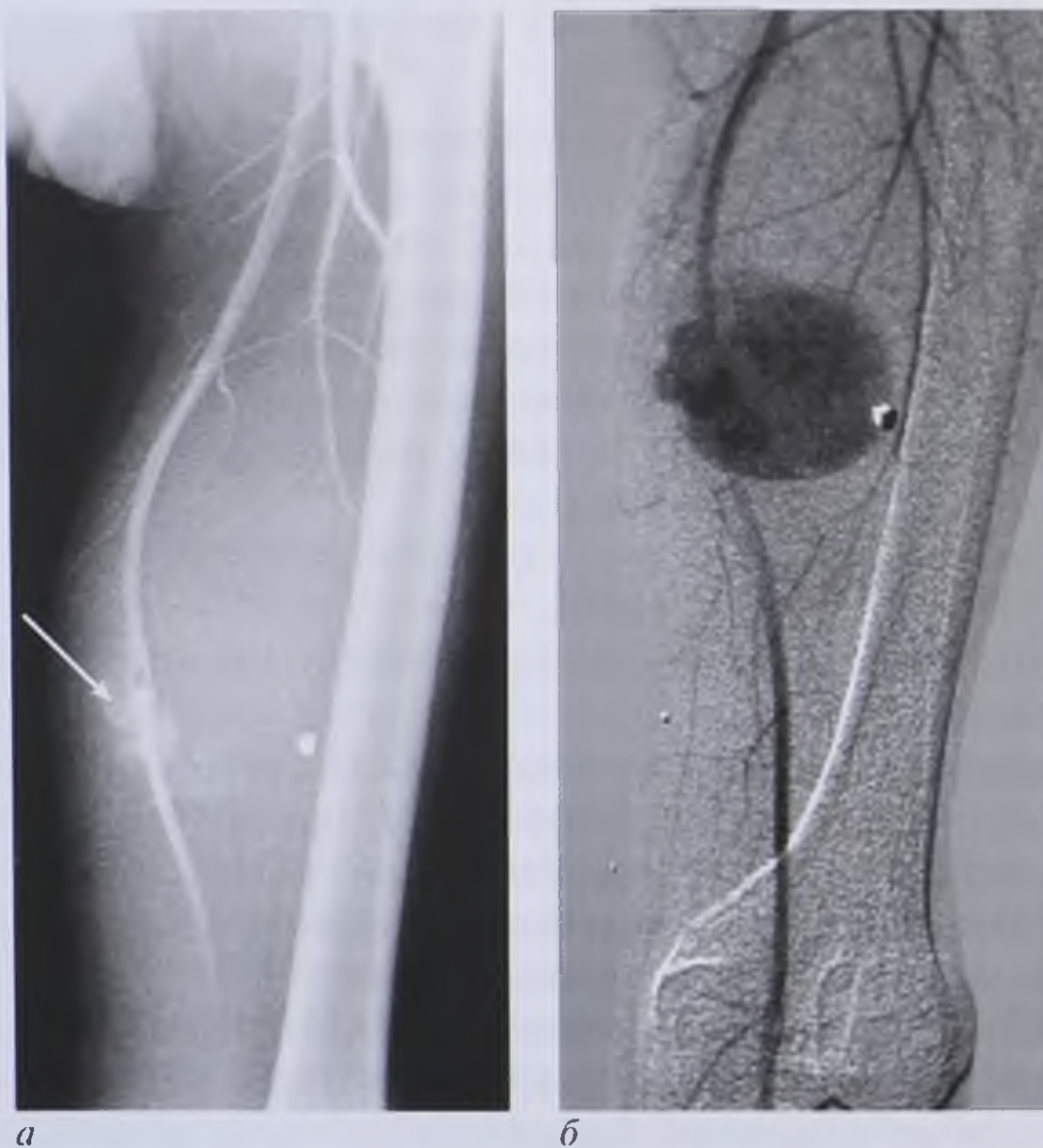


Рис. 7.64. Огнестрельное ранение бедра, повреждение бедренной артерии: *а* — артериограмма: определяется повреждение артерии и истечение контрастного вещества (стрелка), увеличение объема и уплотнение мягких тканей; *б* — дигитальная субтракционная ангиограмма через 7 дней: пульсирующая гематома (псевдоаневризма)

чувствительным методом выявления первых признаков кальцификации (оссификации).

МРТ: изображение гематомы зависит от сроков ее развития и от режима исследования. В первые часы после травмы межмышечная гематома на T1-ВИ дает более интенсивный сигнал, чем отек, а на T2-ВИ и жидкость, и гематома дают сигнал высокой интенсивности. Через 2–3 сут после травмы на T2-ВИ гиперинтенсивный сигнал меняется на гипоинтенсивный и возникает своеобразная картина: на фоне гиперинтенсивного сигнала отека определяется участок гипоинтенсивного сигнала гематомы. С 5–6-х суток гематома дает выраженный гиперинтенсивный сигнал как на T1-ВИ, так и на T2-ВИ (рис. 7.65).

УЗИ: наиболее приемлемый метод диагностики и контроля внутримышечных кровоизлияний. Мобильные диагностические аппараты позволяют проводить исследование в любом месте, многократно повторять его, осуществляя динамическое наблюдение, производить пункцию и дренирование гематомы под контролем. При повреждении мышц локальные скопления свободной жидкости, как правило, соответствуют кровоизлияниям.

При УЗИ отек проявляется снижением эхогенности мышц, разрежением мышечной эхоструктуры, увеличением объема мышц, изменением формы фасций, которые могут стать выпуклыми. Свежая гематома выглядит как эхонегативное образование с четким контуром, если расположена межфасциально. Внутри поврежденной мышцы контуры гематомы могут быть неровными (рис. 7.66, а). Через несколько суток гематома становится

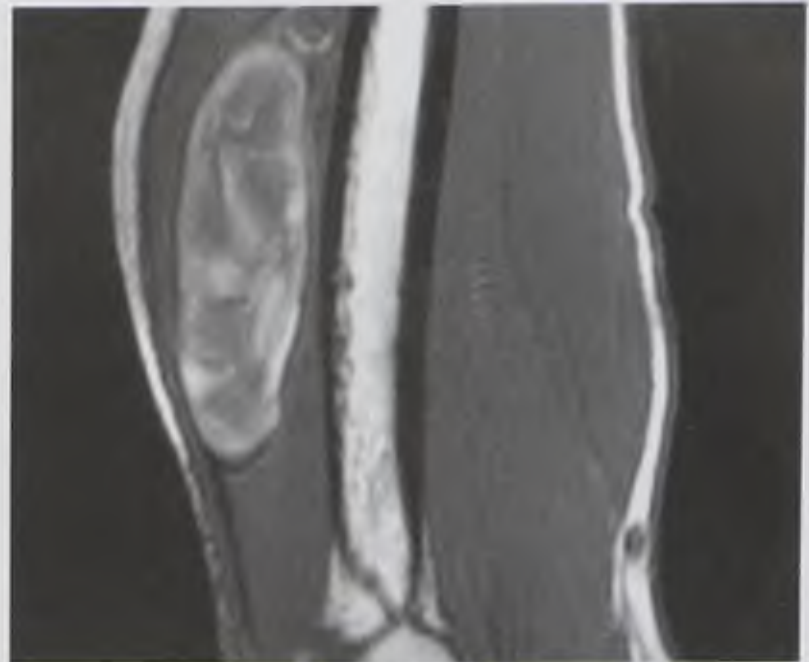
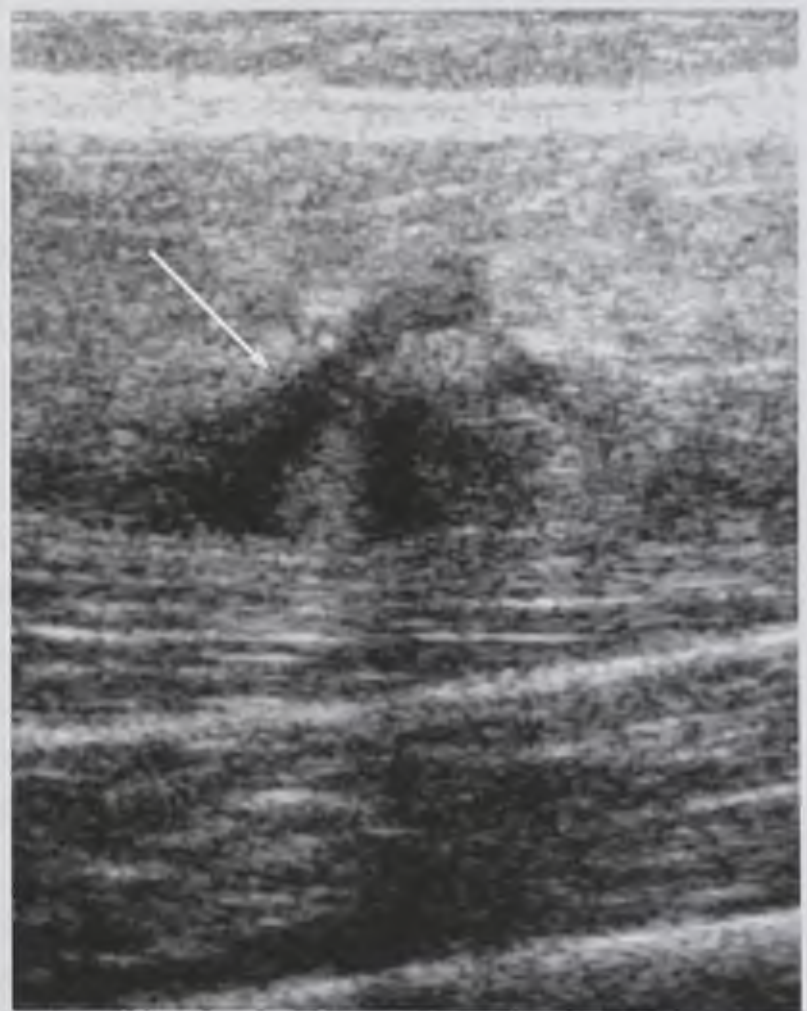


Рис. 7.65. Магнитно-резонансная томограмма плеча, T1-взвешенное изображение. Организующая гематома трехглавой мышцы. Определяется четко ограниченная псевдокапсулой полость неоднородной структуры (за счет выпадения фибрина и отложения гемосидерина), имеющая гиперинтенсивный магнитно-резонансный сигнал



а

Рис. 7.66. Эхограмма различных стадий развития гематомы: а — свежая гематома, вызванная разрывом мышцы: определяется гипозоногенная полость, заполненная жидкостью, с неровными краями (стрелка)

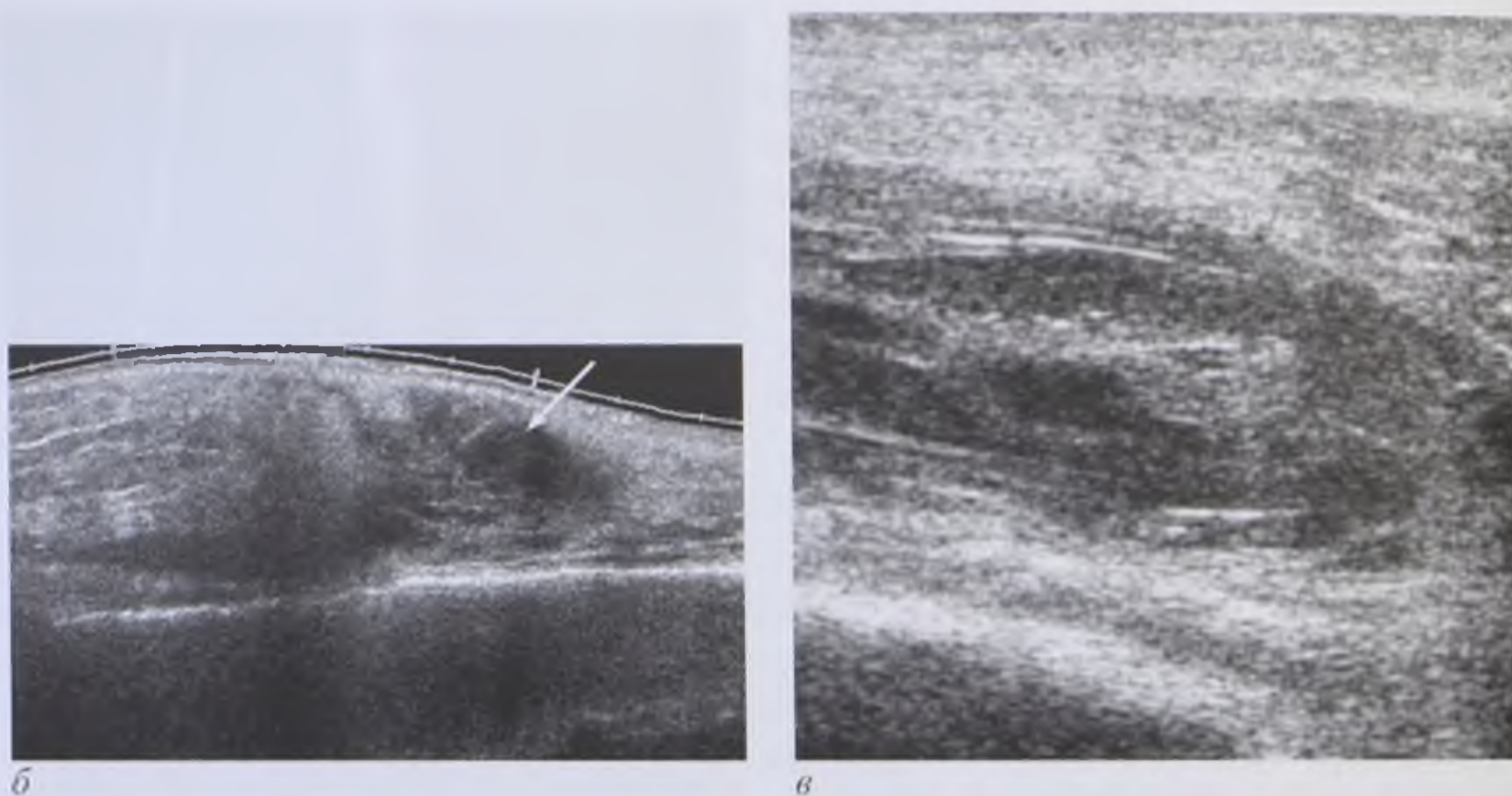


Рис. 7.66. Окончание. б — гематома через 6 сут: визуализируются разорванные волокна мышц по краям гематомы, структура ее неоднородная (стрелка); в — организуемая гематома: сформирована псевдокапсула, определяется тяжистый фибриновый сгусток

отчетливо неоднородной (рис. 7.66, б). При рассасывании она постепенно уменьшается, ее содержимое становится более однородным. При организации гематомы нарастает ее эхогенность, появляются яркие эхосигналы, более отчетливо определяются отграничение от соседних тканей и формирование эхоплотной псевдокапсулы (рис. 7.66, в).

Разрывы мышц, фасций, сухожилий и связок

Эти повреждения разделяют по степени тяжести.

- I степень — «растяжение»: разрыв отдельных волокон, мелкоточечные внутритканевые кровоизлияния, отек.
- II степень — частичный (неполный) разрыв: повреждение части волокон с выраженными внутритканевыми кровоизлияниями, но без полного нарушения целостности мышцы, сухожилия или связки.
- III степень — полный разрыв: полное нарушение целостности, как правило, с расхождением разорванных концов, выраженной гематомой на месте разрыва и полным нарушением функции.

УЗИ: метод выбора в диагностике повреждений мышц, фасций, сухожилий и связок.

При повреждении мышц определяются увеличение объема мышц, нарушение обычной «перистой» эхоструктуры, внутримышечные и межфасциальные скопления крови. Разрывы отдельных мышечных волокон (повреждение I степени) из-за отека и кровоизлияний выявить удастся не всегда. Частичный разрыв мышцы (II степень) проявляется краевым или внутритканевым дефектом, заполненным кровью. Основным признаком неполного разрыва служит изменение размеров дефекта при напряжении и сокращении мышцы. Полный разрыв мышцы (III степень) обуславливает значительный

дефект вследствие ретракции разорванных концов, полное отсутствие сокращения мышцы при произвольном напряжении. На месте дефекта возникает крупная гематома. Сократившиеся разорванные концы мышцы резко увеличиваются в объеме (см. рис. 7.66). Надрывы и разрывы фасций проявляются выпячиванием мышечной ткани через фасциальный дефект. Фасциальная «грыжа» возрастает в объеме при напряжении мышц и при движениях конечности.

Основные эхографические признаки разрывов связок и сухожилий:

- нарушение целостности волокон (частичное или полное);
- гематома различных размеров, обычно небольшая;
- яркий эхопозитивный сигнал с «теновой дорожкой» от фрагмента костной ткани в случае отрывного перелома;
- отсутствие связки или сухожилия на обычном месте при ретракции его концов в связи с полным разрывом;
- визуализация утолщенного, неправильной эхоструктуры разорванного конца сухожилия или связки на расстоянии 1–3 см от места разрыва.

При полном разрыве сонография позволяет выявить полное нарушение целостности связки и сухожилия. Пространство между разорванными фрагментами связки или сухожилия может быть заполнено гипоэхогенной жидкостью (рис. 7.67).

МРТ: разрывы и тяжелые ушибы мышц проявляются в основном тремя характерными признаками:

- увеличением объема и нарушением нормальной структуры мышц;
- локальной гематомой;
- диффузным отеком, скоплением жидкости в глубоких межмышечных пространствах.

I степень: повреждение отдельных волокон — проявляется увеличением объема мышцы и усилением сигнала на T2-ВИ.

Разрывы II степени при МРТ проявляются более выраженными изменениями МР-сигнала от мышцы и перифасциальных скоплений жидкости.

При повреждениях III степени сократившиеся концы полностью разорванной мышцы создают картину «опухолевидных» образований с повышенным сигналом на T1-ВИ и T2-ВИ.

При частичных разрывах определяются неполные дефекты сухожилия в виде участков гиперинтенсивного сигнала на T2-ВИ (рис. 7.68). При полных разрывах выявляются полные дефекты связок и сухожилий с расхождением концов на 1–3 см и жидкостью в месте разрыва (рис. 7.69).

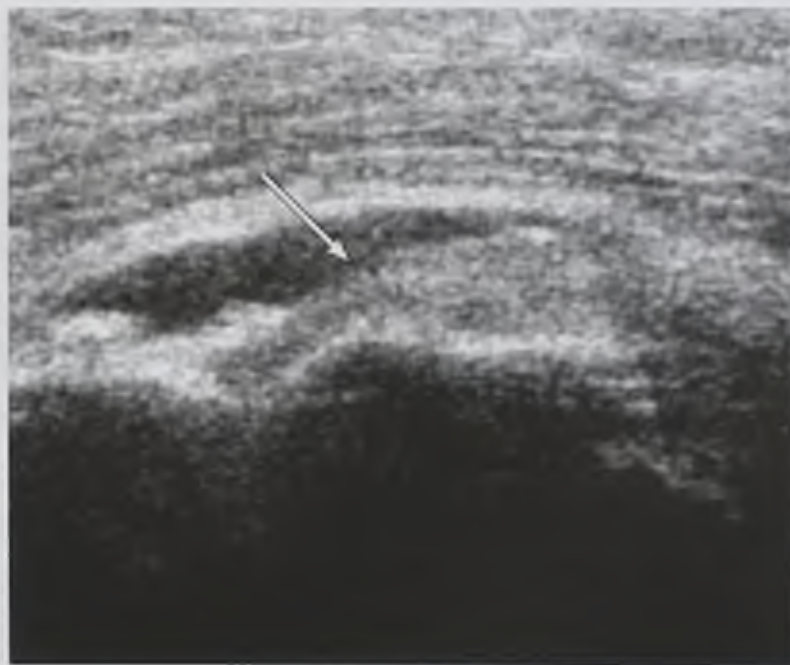


Рис. 7.67. Эхограмма сухожилия надостной мышцы. Полный разрыв сухожилия. Визуализируется полный дефект сухожилия, заполненный жидкостью, ретракция конца сухожилия (стрелка)



Рис. 7.68. Магнитно-резонансная томограмма голеностопного сустава, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Разрыв пяточного (ахиллова) сухожилия (стрелка)

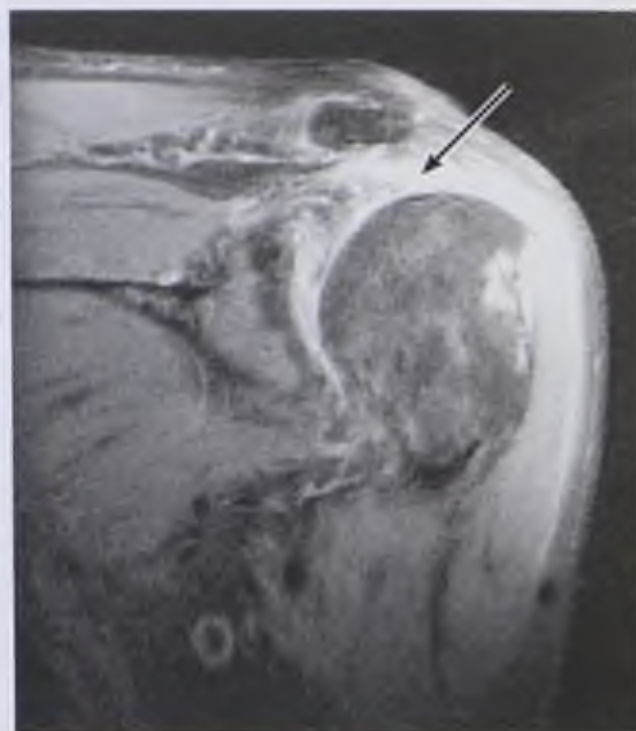


Рис. 7.69. Магнитно-резонансная томограмма плечевого сустава, T2-взвешенное изображение. Полный разрыв сухожилия надостной мышцы с ретракцией мышцы (стрелка); дефект заполнен жидкостью

Контрольные вопросы

1. Какие методики рентгенологического исследования опорно-двигательного аппарата вы знаете?
2. Опишите возрастные особенности визуализации костей при рентгенологическом исследовании.
3. Каковы рентгенологические и КТ-признаки изменений костей и суставов?
4. Назовите рентгенологические признаки гематогенного остеомиелита в зависимости от стадии процесса.
5. Назовите прямые и косвенные признаки переломов костей.
6. Каковы отличительные признаки доброкачественных и злокачественных опухолей костей по данным лучевых методов исследования?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕГКИХ И СРЕДОСТЕНИЯ

8.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Лучевое исследование является неотъемлемой составной частью комплексного обследования всех больных с торакальной патологией. Получаемые при этом данные в большинстве случаев оказываются решающими в установлении характера патологического процесса, а также в оценке его динамики и результатов лечения.

8.1.1. Рентгенологический метод

Для обследования пациентов с заболеваниями и повреждениями легких и средостения можно использовать различные лучевые методы и методики. Обследование обычно начинается с рентгенологического исследования. На первом этапе применяются нативные, самые доступные методики: рентгенография, флюорография, рентгеноскопия, линейная томография.

Нативные рентгенологические методики

Рентгенография груди независимо от предполагаемой патологии выполняется сначала в виде обзорных снимков в прямой (обычно передней) и боковой (соответственно стороне поражения) проекциях с получением теневого изображения всех анатомических структур этой области. В стандартном варианте исследование производится в вертикальном положении пациента на высоте глубокого вдоха (с целью повышения естественной контрастности легких). Дополнительно по показаниям можно выполнять снимки в других проекциях (косых), при горизонтальном положении пациента, в латеропозиции, на выдохе. Для детализации интересующих участков можно произвести прицельные снимки.

Флюорография органов грудной полости применяется главным образом для массовых проверочных («профилактических») исследований с целью раннего выявления различных патологических процессов, прежде всего туберкулеза и рака легких. Главное достоинство этой методики состоит в экономичности и высокой пропускной способности, достигающей 150 человек в час. В нашей стране создана целая система такой профилактической флюорографии. В настоящее время флюорографию благодаря возможности получения крупнокадрового изображения стали применять и в качестве диагностической методики.

Важным преимуществом рентгенографии и флюорографии является объективная документация выявленных изменений, что позволяет достоверно судить об их динамике, сравнивая с предыдущими или последующими снимками.

Использование **рентгеноскопии** при исследовании органов груди ограничивается значительной лучевой нагрузкой на пациента, отсутствием документальности, меньшей разрешающей способностью. Ее следует проводить только по строгим показаниям после анализа рентгенограмм и флюорограмм. Основные направления использования рентгеноскопии: полипроекционные исследования для всестороннего изучения тех или иных патологических изменений, а также оценка органов и анатомических структур грудной клетки в их естественном функциональном состоянии (подвижность диафрагмы, раскрываемость плевральных синусов, пульсация сердца и аорты, смещаемость средостения, изменение воздушности легочной ткани и подвижность патологических образований при дыхании, глотании, кашле).

Томография линейная в настоящее время проводится в случаях невозможности выполнения КТ, обладающей значительно большей диагностической информативностью. Вместе с тем традиционная томография благодаря своей доступности и малой стоимости все еще используется в клинической практике. Основные показания к томографии легких и средостения:

- обнаружение деструкции в воспалительных и опухолевых инфильтратах;
- выявление внутрибронхиальных процессов (опухолей, инородных тел, рубцовых стенозов);
- определение увеличения бронхопульмональных и медиастинальных лимфатических узлов;
- уточнение структуры корня легкого при его расширении.

Томографическое исследование показано также тогда, когда патологический процесс плохо или совсем не виден на рентгенограммах, но на его существование указывают клинические данные.

Рентгенологическая картина органов грудной клетки в норме

При нативном рентгенологическом исследовании (рентгенография, флюорография, рентгеноскопия) общая теневая картина груди в прямой проекции складывается из двух светлых полей, симметрично расположенных в боковых отделах грудной полости (легкие), и находящейся между ними срединной тени. Снизу грудная полость отделена от полости живота диафрагмой. Снаружи по бокам видна тень грудной стенки.

Легочные поля пересекаются полосовидными тенями ребер. Их задние отделы идут от позвоночника, расположены горизонтально, выпуклостью обращены вверх, имеют меньшую ширину и большую интенсивность тени. Передние отделы ребер идут от грудной стенки косо сверху вниз, выпуклостью обращены вниз, их тень менее интенсивная и более широкая. Их концы, образованные хрящевой тканью, которая не поглощает рентгеновские лучи, как бы обрываются примерно на уровне срединно-ключичной линии. В пожилом возрасте эти хрящи начинают обызвествляться и становятся видимыми.

В нижней части обоих легочных полей у женщин определяются тени молочных желез, у мужчин — тени грудных мышц. В их центре часто видны более

плотные тени сосков. В верхних частях боковых стенок грудной клетки кнаружи от легочных полей видны слабой интенсивности тени лопаток. Верхушки легких пересекаются ключицами.

Срединную тень в прямой проекции образуют в основном сердце, аорта и позвоночник. Из частей грудины в этой проекции видна только ее рукоятка с грудино-ключичным сочленением. Грудные позвонки в прямой проекции при исследовании с использованием «жесткого» рентгеновского излучения (более 100 кВ) видны на всем протяжении, а при напряжении менее 100 кВ отчетливо определяются тени только нескольких верхних грудных позвонков. На «жестких» рентгеновских снимках в средостении помимо отдельного теневого изображения плотных структур в верхней части строго по срединной линии виден также просвет трахеи, разделяющийся на уровне V грудного позвонка на правый и левый главные бронхи.

В парамедиастинальных зонах легочных полей между передними концами II–IV ребер имеются затенения, образованные корнями легких. В их формировании принимают участие крупные кровеносные сосуды, центральные отделы бронхиального дерева, лимфатические узлы, клетчатка. В норме изображению корней легких свойственна структурность. На всем остальном протяжении легочных полей вырисовывается так называемый легочный рисунок. Его анатомическим субстратом в норме являются внутрилегочные сосуды. Скиалогически на рентгенограммах они отображаются в зависимости от их пространственного расположения по отношению к ходу рентгеновских лучей. В продольном сечении сосуды имеют вид линейных теней, веерообразно расходящихся от корней легких к периферии, дихотомически делящихся, постепенно истончающихся и исчезающих на расстоянии 1–1,5 см от висцеральной плевры. В поперечном (ортогональном) сечении сосуды имеют вид округлых или овальных теней с ровными, четкими контурами. Бронхи в норме не дают теневого изображения и не участвуют в формировании легочного рисунка.

В боковой проекции изображения обеих половин грудной клетки наслаиваются друг на друга, поэтому скиалогически имеется одно общее легочное поле. Сердце, грудной отдел аорты, позвоночник, грудина дают отдельное изображение. В центре грудной полости, пересекая ее в верхней части сверху вниз и отклоняясь несколько кзади, видны воздушные просветы трахеи, главных и долевых бронхов. От позвоночника к грудине в косом направлении вниз и вперед идут тени ребер обеих половин грудной клетки.

Доли легких между собой разделены междолевыми щелями, которые на рентгенограммах в норме не видны. Границы между ними становятся различимыми при инфильтрации легочной ткани в пограничных с плеврой участках или при утолщении самой междолевой плевры. В прямой проекции доли легких в значительной мере наслаиваются друг на друга. Границы долей проще и точнее определяются в боковых проекциях. Главные междолевые щели идут от III грудного позвонка до точки между средней и передней третями купола диафрагмы. Малая междолевая щель располагается горизонтально от середины главной щели до грудины (рис. 8.1).

Доли легких состоят из более мелких анатомических единиц — сегментов. Они представляют собой участки легочной ткани с обособленной системой

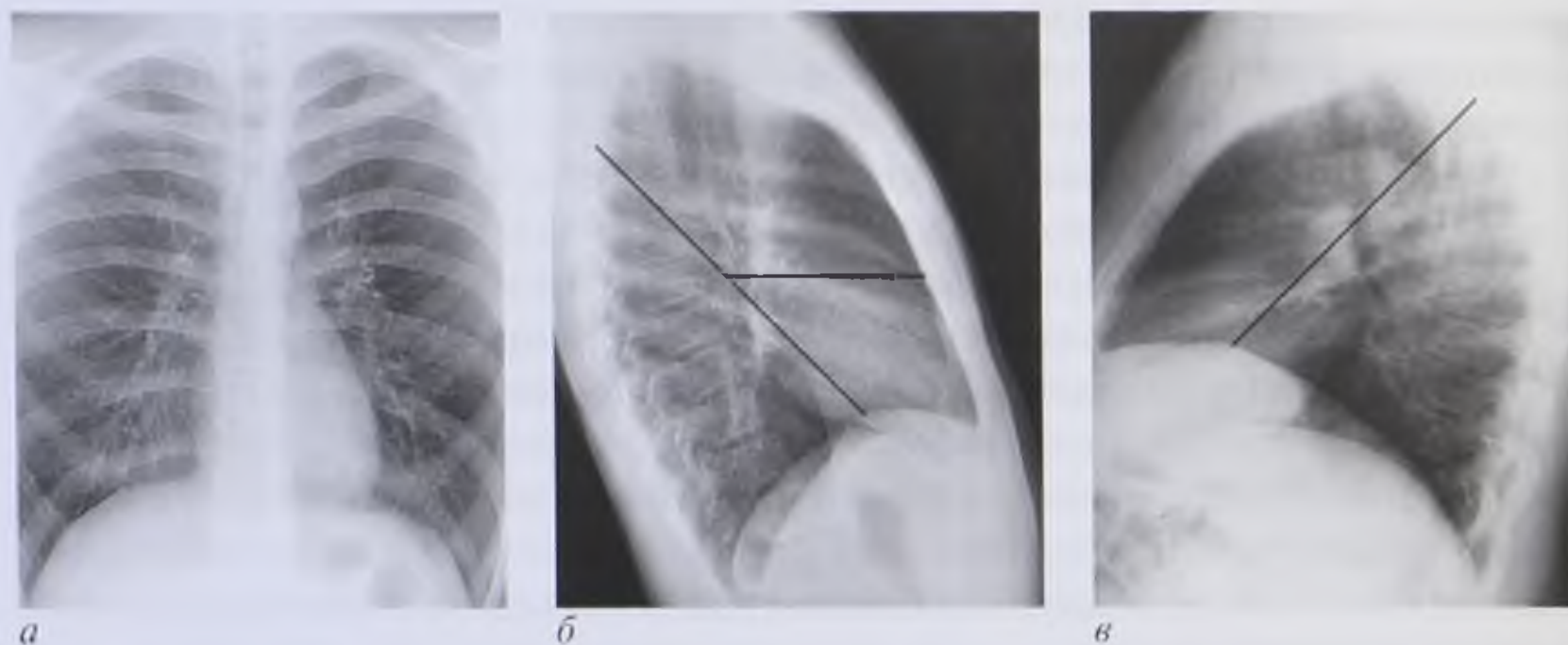


Рис. 8.1. Рентгенограммы груди в прямой (*а*), правой (*б*) и левой (*в*) боковых проекциях с обозначением междолевых щелей

вентиляции и артериального кровоснабжения. В правом легком различают 10 бронхолегочных сегментов, в левом — 9.

Сегментарное строение легких показано в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Сегментарное строение легких

Сегменты правого легкого		Сегменты левого легкого	
номер сегмента	анатомическое название	номер сегмента	анатомическое название
Верхняя доля			
1	Верхушечный	1+2	Верхушечно-задний
2	Задний	3	Передний
3	Передний		
Средняя доля			
4	Латеральный	4	Верхний язычковый
5	Медиальный	5	Нижний язычковый
Нижняя доля			
6	Верхний	6	Верхний
7	Медиальнобазальный	8	Переднебазальный
8	Переднебазальный	9	Латеральнобазальный
9	Латеральнобазальный	10	Заднебазальный
10	Заднебазальный		

Сегменты не имеют оболочек, поэтому границы между ними в норме не различимы. Они начинают дифференцироваться лишь при уплотнении легочной ткани. Каждый сегмент проецируется на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях в определенном месте, что позволяет рентгенологически безошибочно устанавливать сегментарную локализацию патологического процесса (рис. 8.2).

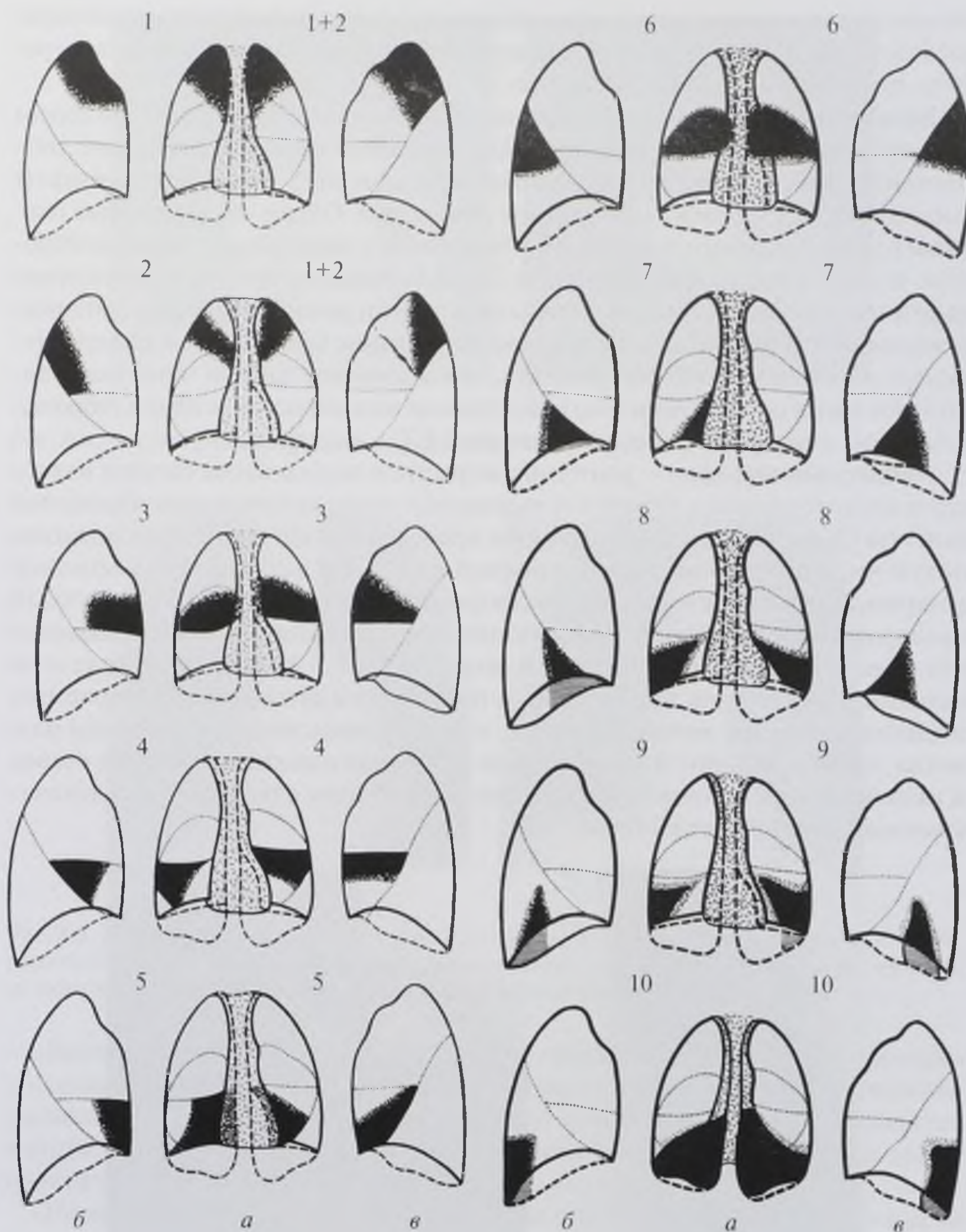


Рис. 8.2. Схемы сегментов легких в прямой (а), правой (б) и левой (в) боковых проекциях. Нумерацию сегментов см. в табл. 8.1

Специальные рентгеноконтрастные методики

Рентгенография, флюорография, рентгеноскопия дают достаточно большой объем информации о состоянии легких и средостения, но для определения характера и деталей патологических процессов нередко требуется больше. В подобных

случаях дополнительно используют специальные рентгеноконтрастные методики исследования: бронхографию, ангиопульмонографию, пневмомедиастинографию, плеврографию, фистулографию.

Бронхография позволяет получить изображение всего бронхиального дерева при введении в него РКС (рис. 8.3). Для этих целей обычно используют либо масляные, либо водорастворимые йодсодержащие препараты. Бронхографию выполняют, как правило, под местной анестезией. Общее обезболивание оказывается необходимым в основном у пациентов с дыхательной недостаточностью и у детей дошкольного возраста. Показаниями для бронхографии служат подозрения на бронхоэктазии, аномалии и пороки развития бронхов, рубцовые сужения, внутрибронхиальные опухоли, внутренние бронхиальные свищи. Несмотря на высокую информативность, использование данной методики в настоящее время резко ограничено вследствие ее инвазивности, с одной стороны, и больших диагностических возможностей КТ — с другой.

Ангиопульмонография — рентгеноконтрастное исследование сосудов малого круга кровообращения. Обычно ее выполняют путем катетеризации бедренной вены по Сельдингеру с последующим проведением катетера через нижнюю полую вену, правое предсердие и правый желудочек в общий ствол легочной артерии, в который вводят водорастворимый йодсодержащий контрастный препарат. На серийно выполняемых снимках последовательно отображаются обе фазы кровотока: артериальная и венозная (рис. 8.4). Использование этой методики показано для достоверного установления и детальной характеристики поражений сосудов легких: аневризм, сужений, врожденных нарушений развития, тромбоэмболии, а также в целях уточнения степени поражения ствола и главных ветвей легочной артерии при центральном раке легкого и злокачественных опухолях средостения.

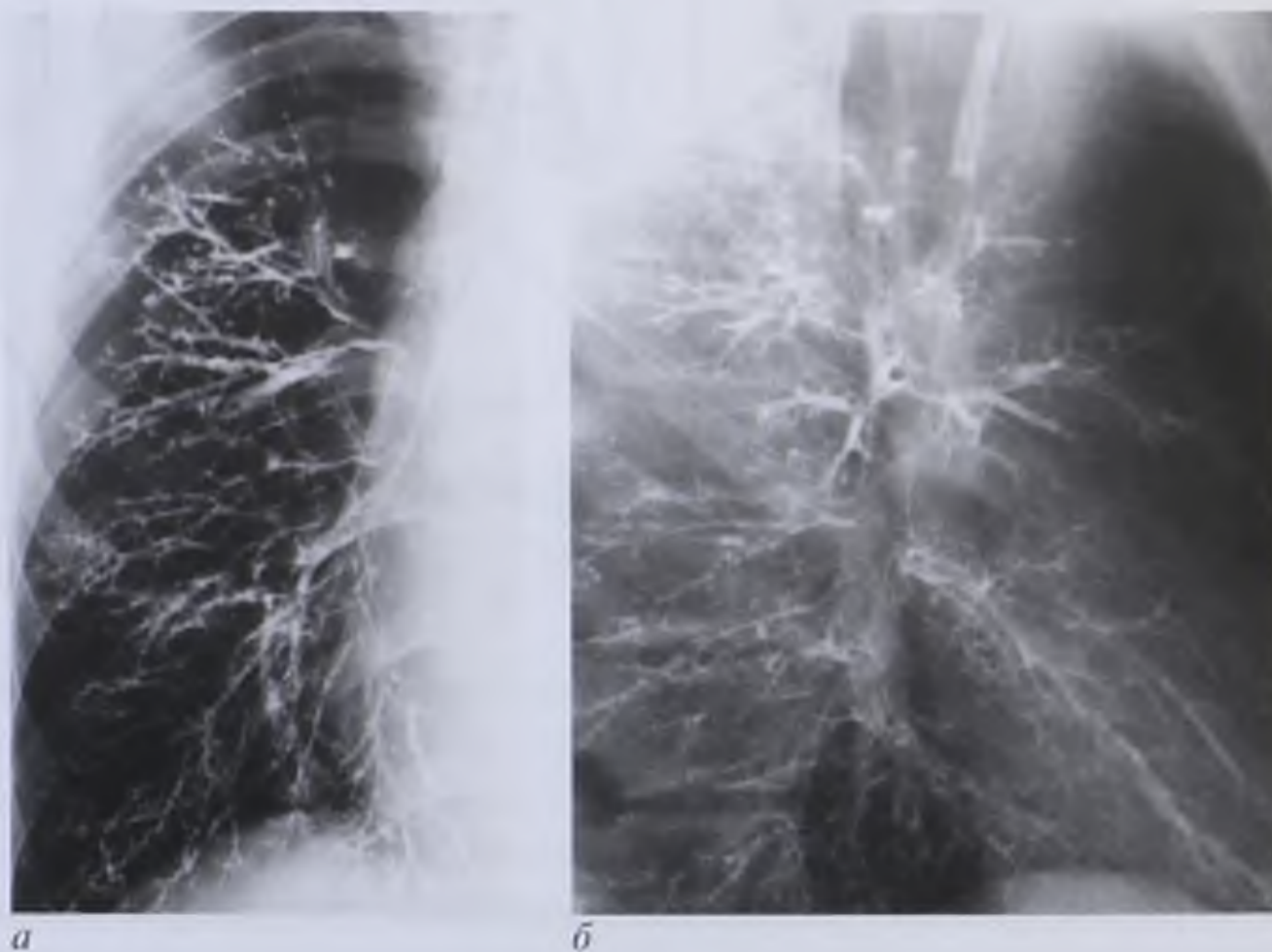


Рис. 8.3. Бронхограммы правого легкого в прямой (а) и боковой (б) проекциях

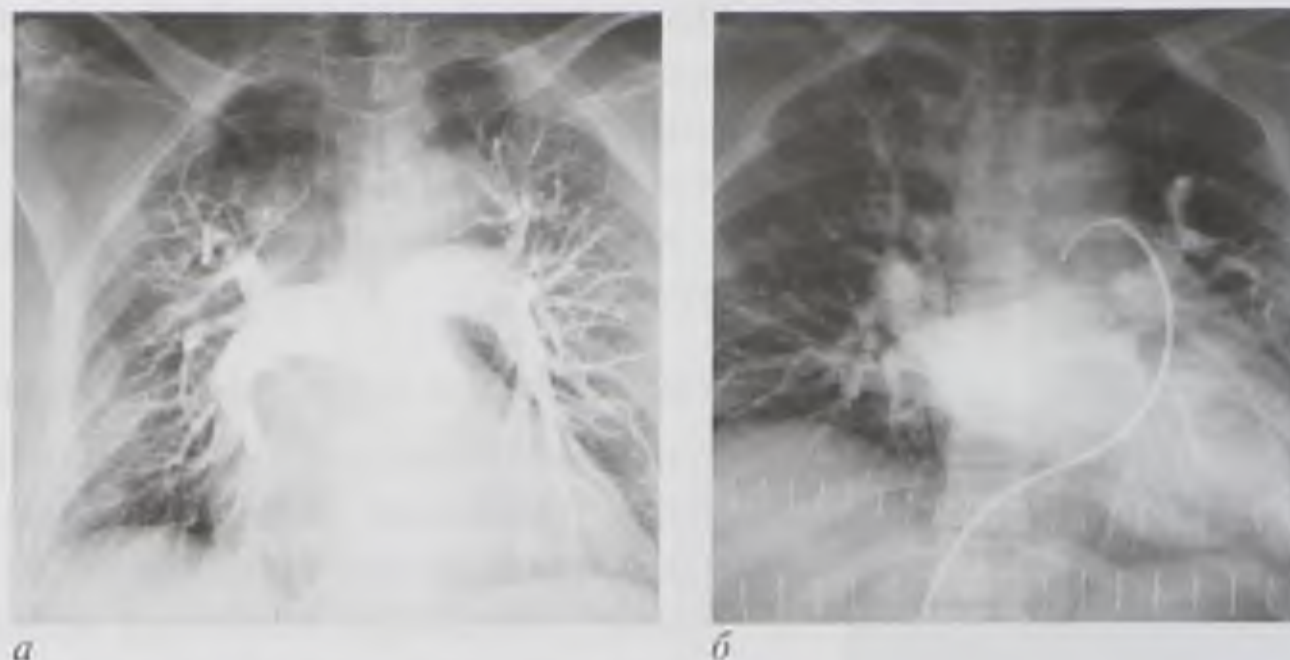


Рис. 8.4. Ангиопульмонограммы в артериальную (а) и венозную (б) фазы

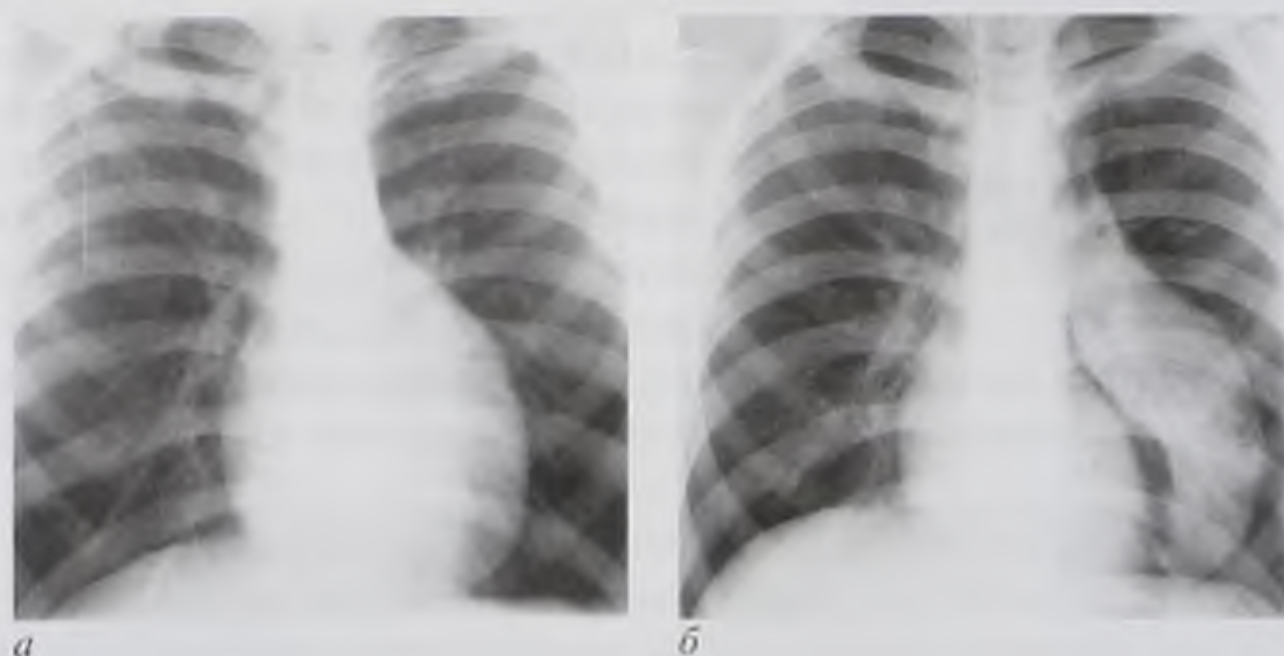


Рис. 8.5. Рентгенограммы груди в прямой проекции: а — нативная (расширение «сердечной» тени влево); б — пневмомедиастинограмма (газ, введенный в средостение, отслоил от сердца опухоль, исходящую из левой доли вилочковой железы)

Пневмомедиастинография выполняется с предварительным введением в средостение газа, что позволяет достоверно устанавливать топографоанатомическое расположение (в легком или в средостении) новообразований, находящихся в пограничной легочно-медиастинальной зоне (рис. 8.5). В настоящее время практически не применяется.

Плеврография — искусственное контрастирование плевральной полости с введением в нее пункционно или через дренажную трубку водорастворимого или масляного РКС. Эта методика применяется главным образом при осумкованной эмпиеме плевры, когда надо установить точную локализацию, размеры и форму полости, а также возможных при этом бронхоплевральных свищей (рис. 8.6).

Фистулография применяется при наружных свищах грудной клетки для установления их вида, направления, протяженности, связи с бронхиальным деревом, определения источника гнойного процесса.



Рис. 8.6. Плеврограмма в левой боковой проекции. Осумкованная эмпиема плевры

вать и внелегочные процессы: новообразования грудной стенки, диафрагмы и средостения, вдающиеся в легочные поля; скопления жидкости в плевральных полостях.

Просветление обусловлено уменьшением массы тканей в единице объема легкого. Это происходит при увеличении воздушности всего легкого или его части либо при образовании в легочной паренхиме воздушных полостей. Кроме того, просветление легочного поля может быть обусловлено скоплением газа в плевральной полости.

Изменение легочного рисунка возникает в связи либо с интерстициальным компонентом, либо с нарушением крово- и лимфотока в легких.

Изменение рентгенологической картины корней легких обусловлено поражением их структурных элементов: сосудов, бронхов, клетчатки, лимфатических узлов.

Эти рентгенологические феномены можно детализировать в зависимости от их протяженности, формы, структуры, очертаний. Выделяют 9 рентгенологических синдромов, отображающих практически всю многообразную патологию легких (рис. 8.7).

Анализ рентгенологической картины легких должен начинаться с разграничения «нормы» и «патологии». При наличии патологических изменений следует определить, каким рентгенологическим синдромом они проявляются, что сразу в значительной мере сузит круг вероятных заболеваний и облегчит дифференциальную диагностику. Следующим этапом служит внутрисиндромная диагностика с определением общего характера патологического процесса и конкретной нозологической формы заболевания.

Несмотря на высокую информативность, использование специальных методик в настоящее время резко ограничено вследствие их инвазивности, с одной стороны, и больших диагностических возможностей КТ — с другой.

Рентгенологические синдромы заболеваний легких

Рентгенологические проявления патологических процессов в легких весьма разнообразны, но в их основе лежат всего четыре феномена: затенение легочных полей, просветление легочных полей, изменение легочного рисунка, изменение корней легких.

Затенение легких чаще всего обусловлено накоплением в альвеолах воспалительного экссудата или отечной жидкости, понижением воздушности легких вследствие нарушения бронхиальной проходимости или в связи со сдавлением легких, замещением легочной паренхимы патологическими тканями. Следует иметь в виду, что этот феномен могут да-

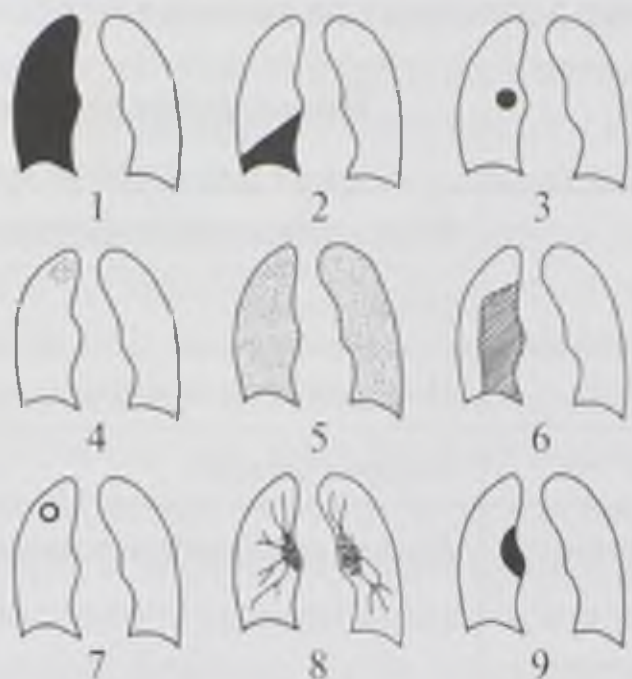


Рис. 8.7. Схемы рентгенологических синдромов заболеваний легких: 1 — обширное затенение легочного поля; 2 — ограниченное затенение; 3 — круглая тень; 4 — очаги и ограниченная очаговая диссеминация; 5 — обширная очаговая диссеминация; 6 — обширное просветление; 7 — кольцевидная тень; 8 — изменение легочного рисунка; 9 — изменение корней легких



Рис. 8.8. Тотальное однородное затенение левого гемиторакса со смещением средостения в сторону затенения (ателектаз левого легкого)



Рис. 8.9. Тотальное неоднородное затенение левого гемиторакса со смещением средостения в сторону затенения (цирроз левого легкого)



Рис. 8.10. Тотальное однородное затенение левого гемиторакса со смещением средостения в противоположную сторону (левосторонний тотальный гидроторакс)

Синдром обширного затенения легочного поля. Патологический процесс, отображающийся этим синдромом, определяют по положению средостения и характеру затенения (рис. 8.8–8.10). Положение средостения и характер затенения при различных заболеваниях показаны в табл. 8.2.

Таблица 8.2. Положение средостения и характер затенения при различных заболеваниях

Положение средостения	Однородное затенение	Неоднородное затенение
Не смещено	—	Воспалительная инфильтрация
		Отек легкого
Смещено в сторону затенения	Ателектаз	Плевральные шварты
	Отсутствие легкого	Цирроз легкого
Смещено в противоположную сторону	Жидкость в плевральной полости	Большое новообразование
	Большое новообразование	
	Пневмоторакс	

Ограниченное затенение могут давать как изменения в легких, так и внелегочные процессы. Приступая к расшифровке этого синдрома, прежде всего необходимо установить анатомическую локализацию патологического процесса: грудная стенка, диафрагма, средостение, легкие. В большинстве случаев этого можно достигнуть самым простым путем — с помощью многопроекционного рентгенологического исследования. Процессы, исходящие из грудной стенки, широко прилежат к ней и смещаются при дыхании в одном направлении с ребрами. Процессы, исходящие из диафрагмы, естественно, вплотную связаны с ней. Медиастинальные новообразования, выступающие в легочные поля, своей большей частью располагаются в срединной тени, не смещаются при дыхании, оттесняют и сдавливают те или другие анатомические структуры средостения.

О внутрилегочной локализации патологического процесса, безусловно, свидетельствуют его расположение внутри легочного поля во всех проекциях (единственное исключение — жидкость в междолевой щели) и смещение патологически измененного участка при дыхании и кашле вместе с элементами



Рис. 8.11. Ограниченное затенение правого легкого — ателектаз верхней доли



Рис. 8.12. Ограниченное затенение правого легкого — сегментарная пневмония

легкого. Наиболее часто таким синдромом отображаются воспалительные инфильтрации легочной ткани различной этиологии, сегментарные ателектазы, локальные пневмосклерозы (рис. 8.11, 8.12).

Синдром круглой тени — ограниченное затенение, во всех проекциях сохраняющее форму круга, полукруга, овала более 10 мм. При этом также прежде всего необходимо установить локализацию патологического процесса: расположен он вне- или внутрилегочно. Из внутрилегочных процессов наиболее часто дают круглую тень опухоли, кисты, туберкулез (инфильтративный, туберкулема), сосудистые аневризмы, секвестрация легких. Проводя дифференциацию этих процессов, надо обращать внимание на число теней, их контуры и структуру, динамику рентгенологической картины. Несмотря на различия скиалогического изображения патологических процессов шаровидной формы, их разграничение остается сложной задачей. Все же иногда можно с большой долей вероятности предполагать морфологический субстрат круглой тени: одиночное образование и увеличение лимфатических узлов корня легкого — периферический рак; множественные образования — метастазы; одиночное образование с массивным хаотическим или крапчатым обызвествлением — гамартома; образование с самостоятельной пульсацией — сосудистая аневризма (рис. 8.13).

Очаги и ограниченные очаговые диссеминации — округлые, полигональные или неправильной формы тени размером до 10 мм, анатомической основой которых является долька легкого. Несколько очагов, расположенных рядом, обозначают как группу очагов. Ограниченные диссеминации — это определяемые на рентгенограмме множественные очаги, локализующиеся в пределах не более двух сегментов. Наиболее часто этим синдромом отображаются очаговый туберкулез, периферический рак, метастазы, дольковые ателектазы, аспирационные пневмонии (рис. 8.14).

Синдром обширной очаговой диссеминации — поражения легких, протяженность которых превышает два сегмента (распространенная диссеминация), и поражения обоих легких (диффузная диссеминация). По величине очагов различают 4 вида высыпаний: милиарные (размеры очагов — до 2 мм),



Рис. 8.13. Синдром круглой тени — гамартома



Рис. 8.14. Ограниченная очаговая диссеминация в верхней доле правого легкого (очаговый туберкулез)



Рис. 8.15. Диффузная двусторонняя милиарная диссеминация легких



Рис. 8.16. Тотальное одностороннее просветление правого гемиторакса

мелкоочаговые (3–4 мм), среднеочаговые (5–8 мм), крупноочаговые (9–10 мм). Наиболее часто синдромом обширной очаговой диссеминации отображаются диссеминированный туберкулез, саркоидоз, карциноматоз, пневмокониозы, альвеолярный отек легких (рис. 8.15).

Синдром обширного просветления легочного поля. Из внелегочных патологических процессов этим синдромом отображается тотальный пневмоторакс (рис. 8.16).

При внутрисиндромной дифференциации внутрилегочных патологических процессов следует прежде всего оценить их распространенность. Выделяют три варианта обширного просветления: тотальное двустороннее, тотальное одностороннее, субтотальное одностороннее.

Тотальное двустороннее просветление наиболее часто дают эмфизема легких и гиповолемиа малого круга кровообращения при некоторых врожденных пороках сердца (тетрада Фалло, изолированный стеноз легочной артерии).

Тотальным односторонним просветлением чаще всего отображаются клапанное нарушение проходимости главного бронха, компенсаторный гиперпневматоз одного легкого при ателектазе или отсутствии другого легкого, тромбоэмболия и агенезия одной из главных ветвей легочной артерии.

Субтотальное одностороннее просветление наблюдается при клапанном нарушении проходимости долевого бронха в связи с его частичной механической обтурацией опухолью или инородным телом; при компенсаторном гиперпневматозе части легкого вследствие ателектаза или удаления другой доли того же легкого; при тромбоэмболии долевой ветви легочной артерии; при врожденной лобарной эмфиземе.

Синдром ограниченного просветления (кольцевидная тень) представляет собой локальное повышение прозрачности легочного поля, которое может иметь кольцевидную или неправильную форму. Наиболее частыми внутрилегочными процессами, отображающимися такой картиной, являются истинные и ложные кисты, кистозная гипоплазия, эмфизематозные буллы, абсцессы, деструктивные формы туберкулеза, полостная форма периферического рака.

Из внелегочных процессов этим синдромом чаще всего проявляются ограниченный пневмоторакс, диафрагмальные грыжи, состояния после пластики пищевода желудком или кишкой (рис. 8.17). Синдром кольцевидной тени в легких могут имитировать разнообразные патологические изменения ребер: врожденные деформации, сращения соседних ребер, опухоли, воспалительные процессы (остеомиелит, туберкулез).

Синдром изменения легочного рисунка — все отклонения от рентгеновской картины нормального легочного рисунка, которые проявляются усилением, обеднением или деформацией.

Усиление легочного рисунка — увеличение числа и калибра его элементов на единице площади легочного поля. Это происходит вследствие либо полнокровия легких при некоторых врожденных и приобретенных пороках сердца, либо избыточного развития соединительной ткани.

Обеднение легочного рисунка, напротив, проявляется уменьшением числа и калибра его элементов на единице площади легочного поля. Это наблюдается при гиповолемии малого круга кровообращения при врожденных пороках сердца со стенозом легочной артерии; вздутии легочной ткани при клапанном стенозе бронха и при гиперпневматозе; при эмфиземе.

Деформация — это изменение нормального хода, формы и неровность контуров элементов легочного рисунка, а также изменение, обуславливающее его сетчатый, тяжистый вид. Подобная картина часто наблюдается при хроническом бронхите, пневмокониозах, пневмосклерозах (рис. 8.18).

Синдром изменения корней легких проявляется изменением их величины и формы, ухудшением структурности изображения, неровностью и нечеткостью контуров. Для установления характера патологического процесса наряду с особенностями сканологической картины нужно учитывать, являются ли эти изменения одно- или двусторонними (рис. 8.19). Изменение корней легких при различных заболеваниях показано в табл. 8.3.

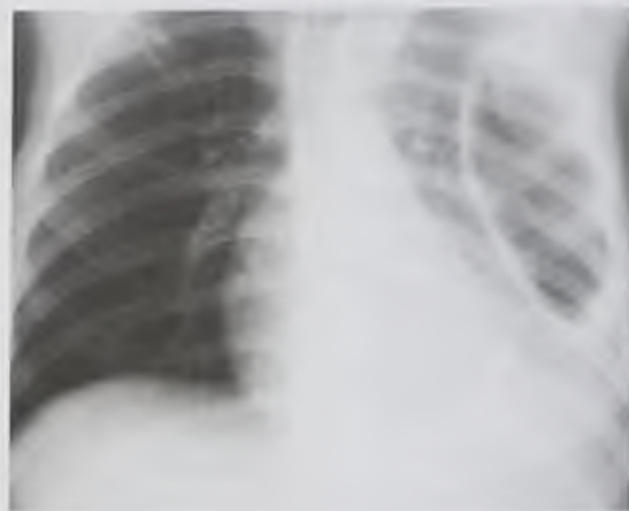


Рис. 8.17. Кольцевидная тень левого легочного поля (ограниченный пневмоторакс)

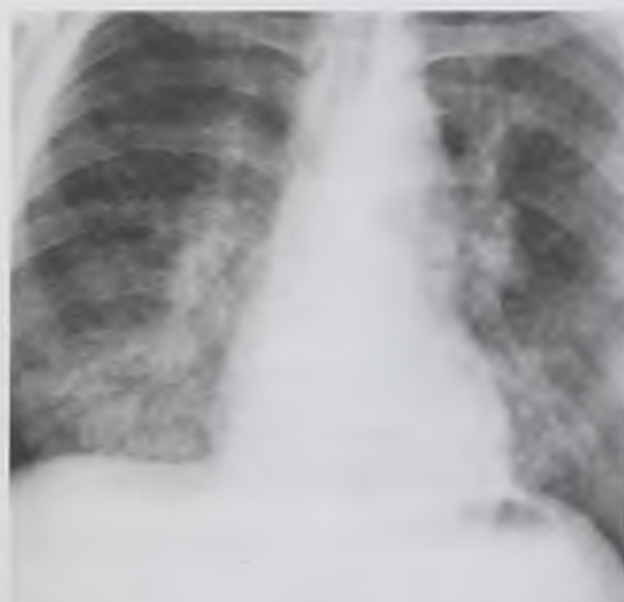


Рис. 8.18. Диффузное усиление и деформация легочного рисунка, наиболее выраженные в базальных отделах легких



Рис. 8.19. Томограмма груди в прямой проекции. Двустороннее расширение корней легких, обусловленное увеличением лимфатических узлов

Таблица 8.3. Изменение корней легких при различных заболеваниях

Характер изменения	Одностороннее изменение	Двустороннее изменение
Расширение и деформация	Центральный рак легкого. Метастазы. Туберкулезный бронхаденит. Аневризма легочной артерии	Лимфомы. Метастазы. Гиперволемиа малого круга при врожденных пороках сердца со сбросом крови слева направо (дефекты перегородок сердца, открытый артериальный проток). Легочная артериальная гипертензия при этих же врожденных пороках и при митральном стенозе
Сужение	Агенезия легочной артерии	Гиповолемиа малого круга кровообращения при некоторых врожденных пороках сердца (тетрада Фалло, изолированный стеноз легочной артерии)
Ухудшение структурности изображения, неровность и нечеткость контура	Фиброз	Фиброз. Отек

Синдромный подход к рентгенодиагностике заболеваний органов дыхания достаточно плодотворный. Детальный анализ особенностей рентгенологической картины во многих случаях обеспечивает правильное определение характера бронхолегочной патологии. Данные, получаемые при рентгенологическом исследовании, также служат основой для рационального дальнейшего обследования больных с использованием других лучевых способов визуализации: рентгеновской КТ, МРТ, ультразвукового и радионуклидного методов.

8.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

КТ является наиболее информативным методом лучевой диагностики заболеваний органов дыхания. При клинических показаниях и доступности КТ следует выполнять вместо линейной томографии и до проведения любых рентгеноконтрастных исследований. Вместе с тем КТ легких и средостения целесообразно проводить после тщательного изучения результатов традиционного нативного рентгенологического исследования (рентгенографии, рентгеноскопии). Чрезвычайно возрастает роль КТ при отрицательных результатах обычного рентгенологического исследования больных с тревожными клиническими данными: прогрессирующей немотивированной одышкой, кровохарканьем, обнаружением в мокроте атипичных клеток или микобактерий туберкулеза.

Первичное стандартное КТ-исследование заключается в получении серии примыкающих томографических срезов от верхушек легких до дна задних реберно-диафрагмальных синусов в условиях естественной контрастности (нативная КТ) на высоте задержанного вдоха. Наилучшая визуализация внутрилегочных структур достигается при КТ-исследовании в так называемом легочном электронном окне ($-700... -800$ HU). При этом легкие отображаются как темно-серые

поля, на фоне которых видны продольные и поперечные сечения кровеносных сосудов, образующих легочный рисунок, а также просветы бронхов до субсегментарных включительно. В субплевральных отделах различимы отдельные элементы легочных долек: поперечное или продольное сечение внутридольковых артерий и вен, междольковые перегородки. Легочная ткань внутри долек однородная, гомогенная. Ее денситометрические показатели в норме относительно стабильны и находятся в пределах $-700... -900$ НУ (рис. 8.20).

Органы и анатомические структуры средостения получают отчетливое раздельное изображение при использовании мягкотканного электронного окна ($+40$ НУ) (рис. 8.21).

Грудная стенка на компьютерных томограммах в отличие от рентгенограмм получает дифференцированное отображение анатомических структур: плевры, мышц, жировых прослоек. Ребра на аксиальных срезах изображаются фрагментарно, так как их расположение не соответствует плоскости сканирования.

При отсутствии изменений исследование можно закончить на этом этапе. В случае выявления каких-либо патологических изменений определяют их локализацию, проводят анатомический и денситометрический анализ. Для уточнения характера патологических процессов можно использовать специальные методики КТ: высокоразрешающую КТ, методику контрастного усиления изображения, КТ-ангиографию, динамическую и экспираторную КТ, полипозиционное исследование.

Высокоразрешающая КТ является обязательной при исследовании больных с диссеминированными процессами, эмфиземой, бронхоэктазами.

Методика контрастного усиления изображения показана в основном для выявления гнойно-некротических изменений. В их зоне сосудистая сеть отсутствует, поэтому денситометрические показатели после внутривенного введения РКС не повышаются.

Методика КТ-ангиографии является приоритетной в диагностике ТЭЛА, аномалий и пороков кровеносных сосудов, в решении вопроса о распространении злокачественного опухолевого процесса легких и средостения на аорту, легочную артерию, полые вены, сердце; в оценке бронхопульмональных и медиастинальных лимфатических узлов.

Динамическая КТ, заключающаяся в выполнении после внутривенного введения РКС серии томограмм на одном уровне, используется в дифференциальной диагностике округлых патологических образований в легких.



Рис. 8.20. Компьютерная томограмма груди нативная в легочном окне



Рис. 8.21. Компьютерная томограмма груди нативная в мягкотканном окне



Рис. 8.22. Компьютерная томограмма груди с построением изображения оттененных поверхностей



Рис. 8.23. Компьютерная томограмма груди с построением изображений проекции максимальной интенсивности (MIP) во фронтальной плоскости

Экспираторная КТ основана на сопоставлении анатомических изменений и денситометрических показателей легочной ткани на вдохе и выдохе. Главной целью такого исследования является обнаружение обструктивного поражения мелких бронхов.

Полипозиционная КТ — это исследование в различном положении пациента (обычно на спине и животе). Его можно использовать для разграничения физиологической гиповентиляции и патологического уплотнения легочной ткани, так как в результате происходящего при этом перераспределения гравитационного воздействия гиповентилируемые задние отделы легких восстанавливают свою воздушность, а уплотнение легочной ткани сохраняется вне зависимости от положения тела пациента.

Дополнительную информацию о состоянии анатомических структур грудной клетки дают технологии многоплоскостной реформации и трехмерных преобразований. Многоплоскостная реформация имеет наибольшее значение при КТ-исследовании сосудов и бронхов. Программа объемного преобразования оттененных поверхностей (Shaded Surface Display, SSD) обеспечивает наибольшую наглядность изображений ребер, внутрилегочных сосудов, окруженных воздухомсодержащей легочной тканью, трахей и бронхов, содержащих воздух, а также контрастированных сосудов средостения (рис. 8.22). Программа максимальной интенсивности (Max IP) получила наибольшее распространение в диагностике патологии сосудов грудной клетки (рис. 8.23).

8.1.3. Магнитно-резонансная томография

Для диагностики заболеваний органов дыхания и средостения МРТ в настоящее время используется редко, но является развивающимся направлением. Приоритет отдается рентгеновской КТ. Однако МРТ имеет и некоторые преимущества. Так, она предпочтительнее, чем КТ, в оценке корней легких, плевры, грудной стенки. При МР-исследовании средостения можно дифференцировать тканевые и содержащие жидкость структуры, в том числе сосудистые образования. Возможно надежное распознавание тромбоэмболии ствола и главных ветвей легочной артерии. Разрабатываются методики

ингаляционного контрастирования легких. В настоящее время в США исследования с использованием ингаляционных контрастных веществ уже внедрены в клиническую практику.

8.1.4. Ультразвуковой метод

При УЗИ груди для визуализации доступны грудная стенка, реберная и диафрагмальная плевра, плащевой отдел легких, сердце, грудная аорта и ее ветви, полые вены, ствол и главные ветви легочной артерии, вилочковая железа, лимфатические узлы средостения, купол диафрагмы, реберно-диафрагмальные синусы.

Сканирование внутригрудных анатомических структур проводится в основном из межреберного, субкостального, парастерального, супрастерального доступов.

На эхограммах грудной стенки из межреберий в норме последовательно отображаются мягкие ткани (кожа, подкожная жировая клетчатка, мышцы), ребра, поверхность легкого. Ребра имеют вид гиперэхогенных дугообразных линий с конусообразно расходящимися акустическими тенями. На современных сканерах благодаря их высокой разрешающей способности возможна дифференциация костальной плевры и легкого. На внутренней поверхности межреберных мышц лоцируется неподвижная тонкая гиперэхогенная линия, являющаяся отображением париетальной плевры. Глубже нее определяется более широкая и яркая гиперэхогенная линия поверхности воздушного легкого, которая смещается синхронно с дыханием вдоль грудной стенки. Плевральный синус с физиологическим количеством жидкости может лоцироваться как тонкое щелевидное анэхогенное пространство, в котором при дыхании определяется подвижное гиперэхогенное, углообразной формы легкое.

При субкостальном сканировании, кроме того, визуализируются печень, селезенка и купол диафрагмы, имеющий вид тонкой эхогенной линии толщиной 5 мм, которая смещается при дыхании.

Из пара- и супрастерального доступов лоцируются органы средостения. Его жировая клетчатка дает эхопозитивное однородное изображение, на фоне которого видны эхонегативные крупные кровеносные сосуды. Неизменные лимфатические узлы имеют овальную форму длиной по большей оси до 10 мм с ровными четкими контурами.

В целом, при обследовании больных с поражением органов дыхания ультразвуковой метод достаточно информативен для:

- установления наличия, объема, локализации и характера жидкости в плевральных полостях;
- диагностики новообразований грудной стенки и плевры;
- дифференциации тканевых, кистозных и сосудистых новообразований средостения;
- выявления патологических процессов (воспалительные инфильтраты, опухоли, абсцессы, ателектазы, пневмосклерозы) в субплевральных отделах легких;
- оценки медиастинальных лимфатических узлов;
- диагностики тромбоза ствола и главных ветвей легочной артерии.

8.1.5. Радионуклидный метод

Радионуклидные исследования легких и средостения в настоящее время выполняются с использованием методик планарной сцинтиграфии, ОФЭКТ, ПЭТ. Направления:

- изучение физиологических процессов, составляющих основу внешнего дыхания: альвеолярной вентиляции, альвеолярно-капиллярной диффузии, капиллярного кровотока (перфузии) системы малого круга кровообращения;
- диагностика ТЭЛА;
- диагностика злокачественных новообразований легких;
- определение опухолевого поражения лимфатических узлов средостения;
- диагностика медиастинального зоба.

Для оценки альвеолярной вентиляции и бронхиальной проходимости используется методика ингаляционной (вентиляционной) сцинтиграфии. Больным дают вдыхать газовую смесь, содержащую радиоактивный нуклид. Наиболее часто используют инертный газ ксенон-133 (^{133}Xe) и аэрозоль микросфер альбумина сыворотки крови человека (МСА), меченного технецием-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Получаемое сцинтиграфическое изображение дает информацию о поступлении газа в различные отделы легких. Места сниженного накопления РФП соответствуют участкам нарушенной вентиляции. Это наблюдается при любых бронхолегочных заболеваниях, сопровождающихся нарушением бронхиальной проходимости, альвеолярной вентиляции, альвеолярно-капиллярной диффузии (опухолевые и рубцовые стенозы бронхов, обструктивный бронхит, бронхиальная астма, эмфизема легких, пневмосклерозы).

Состояние кровотока в малом круге кровообращения оценивают с помощью перфузионной сцинтиграфии. Внутривенно вводят раствор, содержащий макроагрегаты или микросферы альбумина человеческой сыворотки крови, меченного $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -МАО или $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -МСА). Эти частицы поступают в малый круг кровообращения, где в связи со своими относительно большими размерами на короткое время задерживаются в капиллярном русле. Испускаемые радионуклидом γ -кванты регистрируются гамма-камерой (рис. 8.24). При поражении сосудов легких макроагрегаты (микросферы) не проникают в капиллярную сеть патологически измененных участков легких, которые на сцинтиграммах будут отображаться в виде дефектов накопления радионуклида. Эти нарушения легочного кровотока могут быть обусловлены самыми различными заболеваниями и потому являются неспецифическими.

Радионуклидное обследование больных с предполагаемой ТЭЛА включает одномоментное выполнение перфузионной и вентиляционной сцинтиграфии. Для наибольшей достоверности анализ сцинтиграмм необходимо сочетать с рентгенологическими данными. Проекционное совпадение перфузионных дефектов с зонами затенения легких на рентгенограммах значительно увеличивает вероятность ТЭЛА.

Для выявления злокачественных новообразований в легких и опухолевого поражения лимфатических узлов средостения нашли применение сцинтиграфия с туморотропными РФП (чаще всего технеций [$^{99\text{m}}\text{Tc}$] сестамиби, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тетрофосмин, Таллия хлорид $^{199\text{Tl}}$) и ПЭТ с РФП на основе ультракороткоживущих

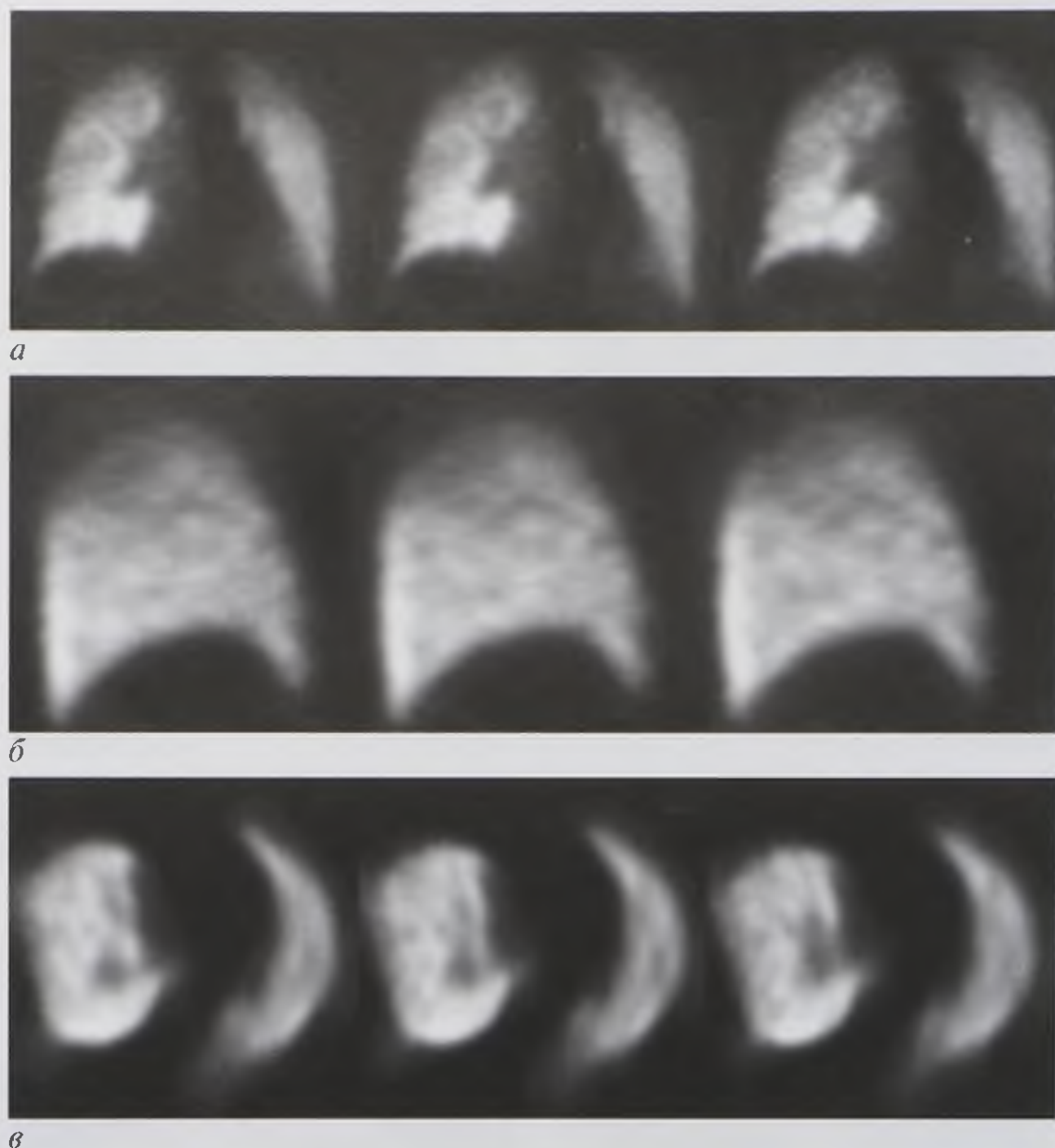


Рис. 8.24. Серии перфузионных однофотонных эмиссионных компьютерных томограмм легких во фронтальной (а), сагиттальной (б) и аксиальной (в) плоскостях

позитронизлучающих радионуклидов (наиболее предпочтительна ^{18}F -ФДГ). По диагностической информативности эти радионуклидные методики превосходят КТ. Диагностически оптимально сочетание ПЭТ с КТ (рис. 8.25, см. цв. вклейку).

Для диагностики медиастинального зоба сцинтиграфию лучше выполнять с РФП натрия йодидом [^{123}I] или натрия пертехнетатом [$^{99\text{m}}\text{Tc}$]. Диагноз подтверждает аккумуляция радиоактивного йода ниже вырезки грудины (рис. 8.26, см. цв. вклейку).

8.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ, ПЛЕВРЫ И СРЕДОСТЕНИЯ

8.2.1. Острая пневмония

Рентгенография, линейная томография, КТ: участок уплотнения с нечеткими контурами в пределах 1–2 сегментов однородной или неоднородной структуры, на фоне которого видны воздушные просветы бронхов (рис. 8.27, 8.28).



Рис. 8.27. Рентгенограмма в прямой проекции. Левосторонняя пневмония

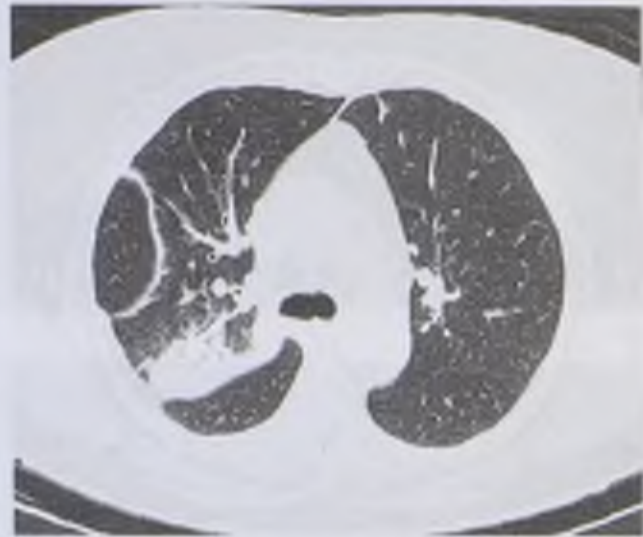


Рис. 8.28. Компьютерная томограмма. Правосторонняя пневмония

8.2.2. Острый абсцесс легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: полость округлой формы, содержащая жидкость и нередко — секвестры (рис. 8.29, 8.30).



Рис. 8.29. Рентгенограмма в прямой проекции. Острый абсцесс правого легкого

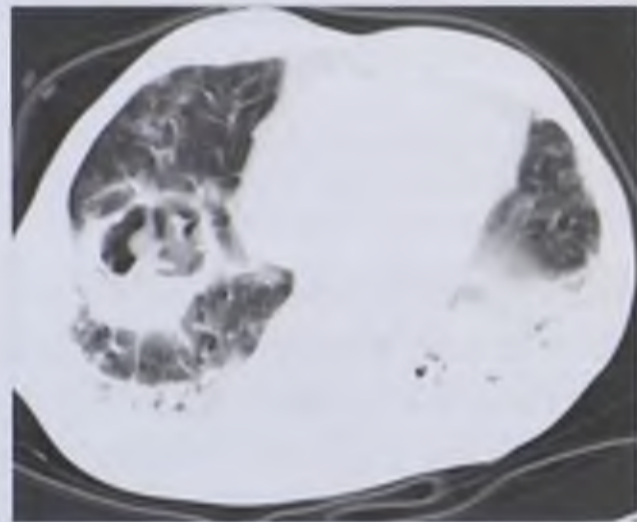


Рис. 8.30. Компьютерная томограмма. Острый абсцесс правого легкого

8.2.3. Бронхоэктатическая болезнь

Рентгенография, линейная томография: сгущение, тяжистая или ячеистая трансформация легочного рисунка в зоне уплотненной и уменьшенной в объеме части легкого (наиболее часто — базальных сегментов).

КТ, бронхография: цилиндрическое, веретенообразное или мешотчатое расширение бронхов 4–7-го порядков (рис. 8.31, 8.32).

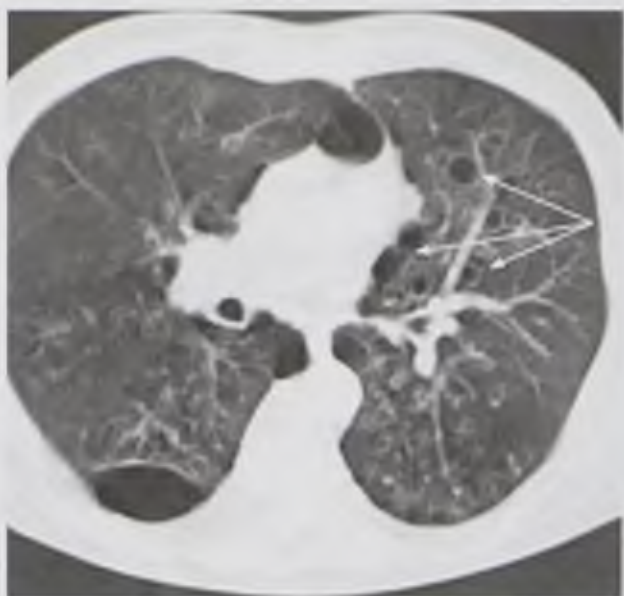


Рис. 8.31. Компьютерная томограмма. Мешотчатые бронхоэктазы левого легкого (стрелки)



Рис. 8.32. Бронхограмма левого легкого в прямой проекции. Цилиндрические бронхоэктазы нижней доли и язычковых сегментов верхней доли

8.2.4. Эмфизема легких

Рентгенография, рентгеноскопия, линейная томография, КТ: двустороннее диффузное повышение прозрачности (воздушности) и увеличение легочных полей, уменьшение изменения прозрачности легочных полей на вдохе и выдохе, обеднение легочного рисунка, эмфизематозные буллы (рис. 8.33).

Сцинтиграфия вентиляционная: двустороннее диффузное снижение накопления РФП.

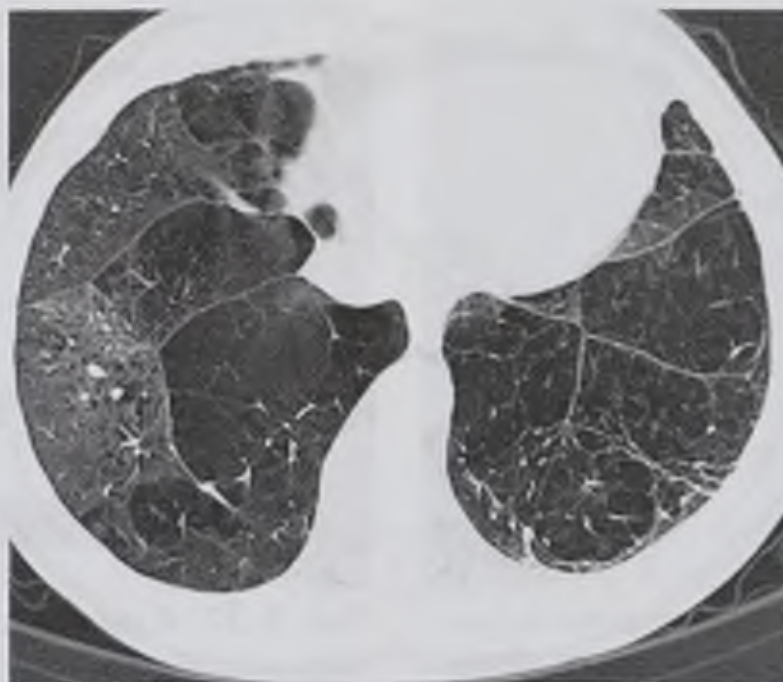


Рис. 8.33. Компьютерная томограмма. Эмфизема легких

8.2.5. Пневмосклероз ограниченный

Рентгенография, линейная томография, КТ: уменьшение объема и снижение прозрачности (воздушности) участка легкого; усиление, сближение и тяжистая деформация легочного рисунка в этой зоне; при КТ — тяжистые структуры мягкотканной плотности (рис. 8.34, 8.35).



Рис. 8.34. Рентгенограмма в прямой проекции. Ограниченный пневмосклероз верхней доли правого легкого

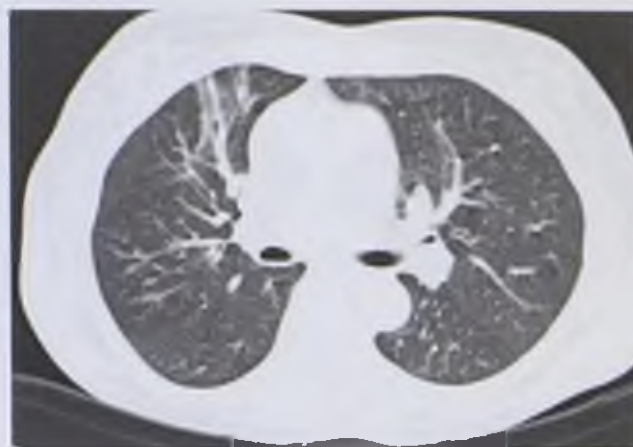


Рис. 8.35. Компьютерная томограмма. Ограниченный пневмосклероз переднебазального сегмента правого легкого

8.2.6. Диффузные интерстициальные диссеминированные заболевания легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: двусторонняя сетчатая трансформация легочного рисунка, обширная очаговая диссеминация, диффузное повышение плотности легочной ткани, эмфизематозные буллы (рис. 8.36, 8.37).



Рис. 8.36. Рентгенограмма в прямой проекции. Диффузный интерстициально-диссеминированный процесс в легких

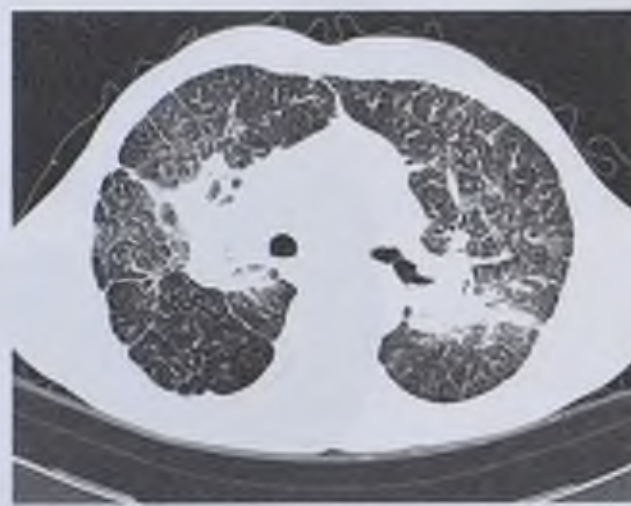


Рис. 8.37. Компьютерная томограмма. Двустороннее диффузное интерстициально-диссеминированное поражение легких

8.2.7. Пневмокониозы

Рентгенография, линейная томография, КТ: двусторонняя диффузная сетчатая трансформация легочного рисунка, очаговая диссеминация, участки уплотнения легочной ткани, расширение и уплотнение корней легких (рис. 8.38).



Рис. 8.38. Рентгенограмма в прямой проекции (а) и фрагмент компьютерной томограммы (б). Пневмокониоз

8.2.8. Тромбозмболия легочной артерии

Рентгенография, линейная томография: локальное расширение крупной ветви легочной артерии, понижение плотности легочной ткани и обеднение вплоть до полного исчезновения легочного рисунка дистальнее места обструкции; ограниченное затенение однородной структуры в субплевральном отделе легкого треугольной или трапециевидной формы как отображение инфаркта легкого (рис. 8.39).

Ангиопульмонография рентгеноконтрастная, КТ-ангиография, МР-ангиография, УЗИ: полная или частичная обтурация ветвей легочной артерии (рис. 8.40–8.42).



Рис. 8.39. Рентгенограмма в прямой проекции. Инфаркты нижней доли правого легкого



Рис. 8.40. Ангиопульмонограмма. Тромбоэмболия правой ветви легочной артерии

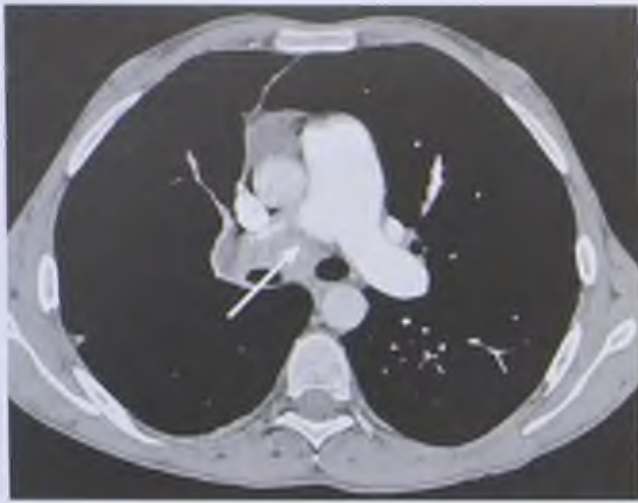


Рис. 8.41. Компьютерно-томографическая ангиограмма. Тромбоэмболия правой ветви легочной артерии (стрелка)

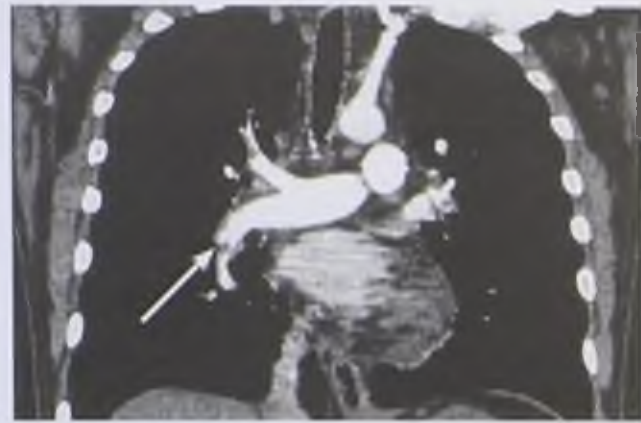


Рис. 8.42. Компьютерно-томографическая ангиограмма с построением изображения проекции максимальной интенсивности (MIP) во фронтальной плоскости. Тромбоэмболия нижнедолевой артерии правого легкого (стрелка)

Сцинтиграфия: участки пониженного накопления РФП на перфузионных сцинтиграммах при отсутствии в этих зонах вентиляционных нарушений по данным ингаляционной сцинтиграфии (рис. 8.43).

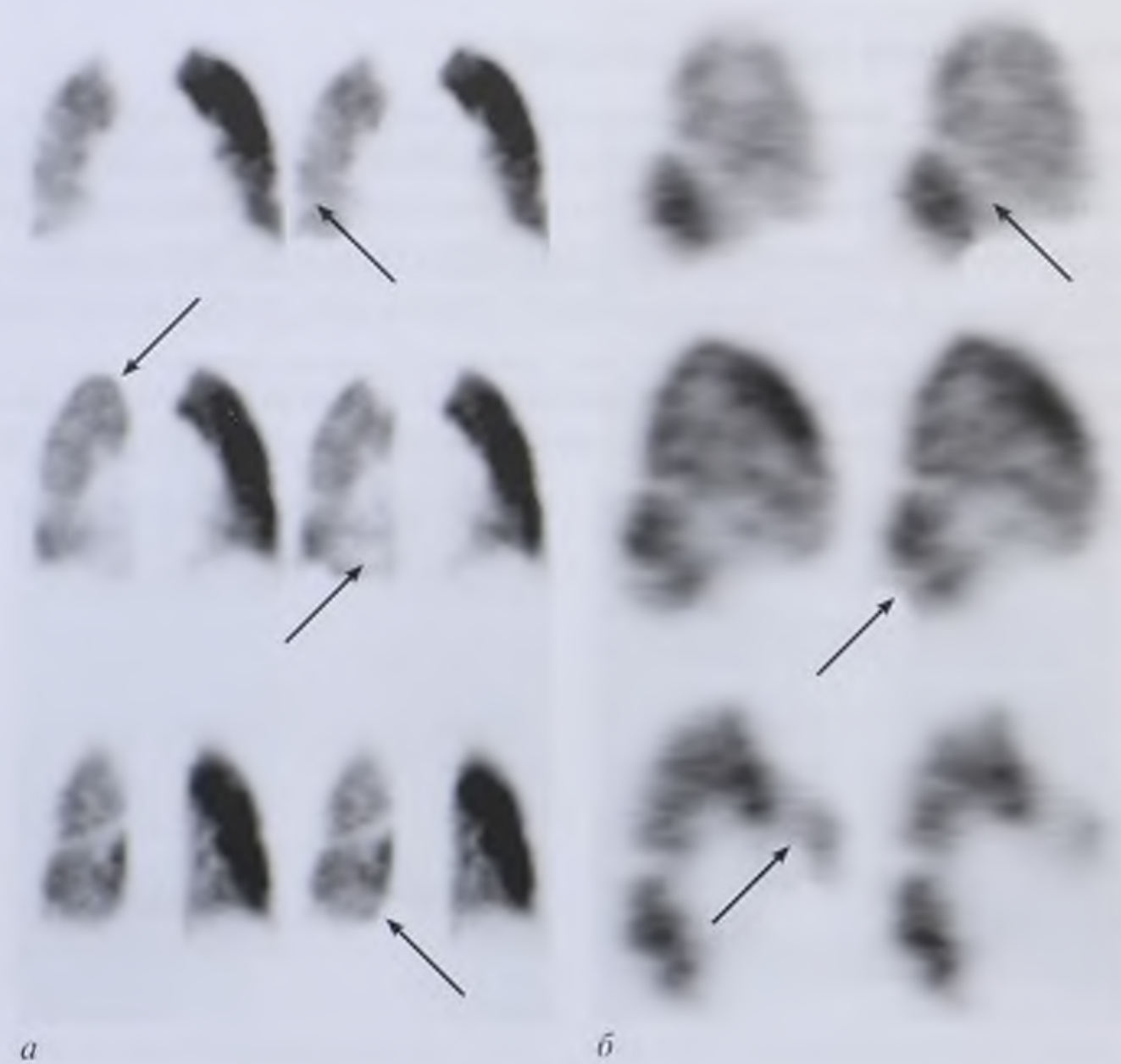


Рис. 8.43. Серии однофотонных эмиссионных компьютерных томограмм легких во фронтальной (а) и сагиттальной (б) плоскостях. Тромбоэмболия легочной артерии (стрелки)

8.2.9. Отек легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: интерстициальный отек — понижение прозрачности (воздушности) легочных полей (симптом «матового стекла»), усиление и сетчатая деформация легочного рисунка, нечеткость контуров его элементов, линии Керли, расширение и потеря структурности тени корней легких; альвеолярный отек — множественные расплывчатые, сливающиеся между собой очаговые тени, крупные фокусы затенения вплоть до массивных однородных затенений в наиболее низко расположенных отделах легких. На рентгенограммах в прямой проекции, произведенных при горизонтальном положении пациента, эти изменения, располагающиеся в верхнем сегменте нижних долей легких, проецируются на прикорневые отделы, что в целом формирует скиалогическую картину, называемую «крыльями бабочки» (рис. 8.44).

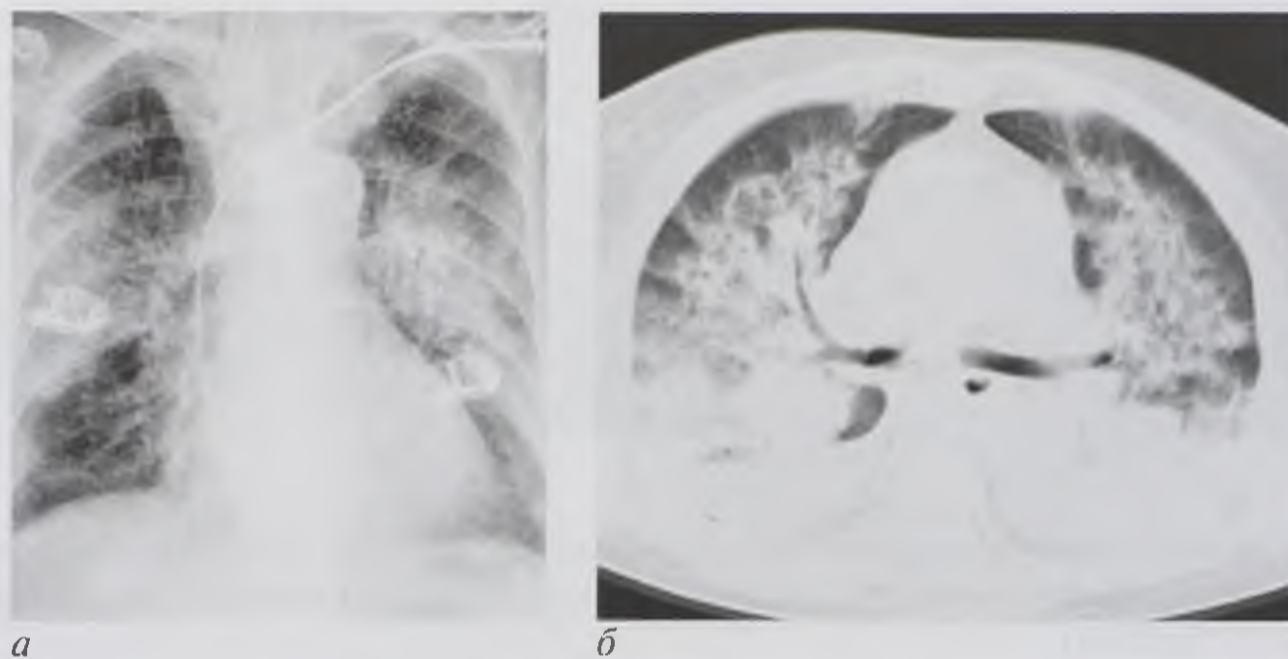


Рис. 8.44. Рентгенограмма в прямой проекции (а) и компьютерная томограмма (б). Альвеолярный отек легких

8.2.10. Рак легкого центральный

Рентгенография, линейная томография, КТ: одностороннее расширение корня легкого из-за объемного патологического образования и увеличения бронхопульмональных лимфатических узлов; сужение вплоть до полной обтурации просвета крупного бронха; признаки нарушения его проходимости в виде гиповентиляции или ателектаза соответствующих сегментов легкого с уменьшением их объема и потерей воздушности; компенсаторное увеличение объема и повышение воздушности непораженных отделов легких; смещение средостения в сторону поражения; подъем диафрагмы на стороне поражения (рис. 8.45, 8.46).



Рис. 8.45. Рентгенограмма в прямой проекции. Центральный рак правого легкого



Рис. 8.46. Компьютерно-томографическая ангиография. Центральный рак левого легкого: опухолевый узел сдавливает левую ветвь легочной артерии (стрелка)

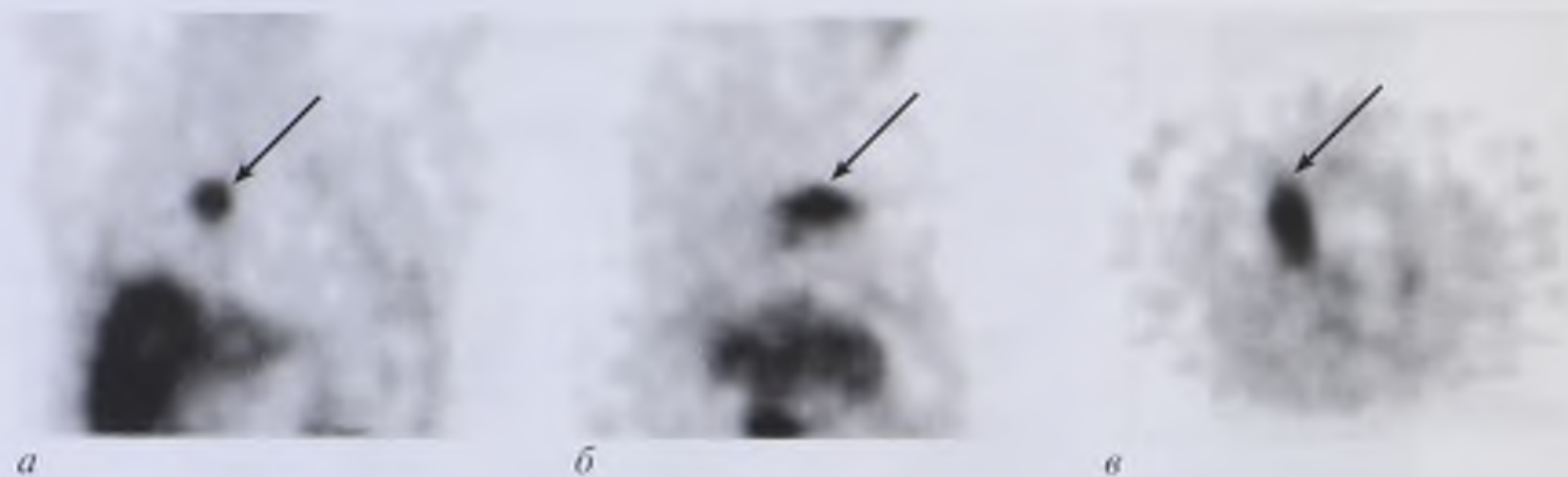


Рис. 8.47. Однофотонные эмиссионные компьютерные томограммы с туморотропным РФП во фронтальной (а), сагиттальной (б) и аксиальной (в) плоскостях. Центральный рак легкого (стрелки)

Сцинтиграфия с туморотропными РФП и ПЭТ с ^{18}F -ФДГ: избирательная аккумуляция РФП в первичной опухоли и в метастатически пораженных лимфатических узлах (рис. 8.47; рис. 8.48, см. цв. вклейку).

8.2.11. Рак легкого периферический



Рис. 8.49. Рентгенограмма в прямой проекции. Периферический рак левого легкого

Рентгенография, линейная томография, КТ: тень округлой формы с неровными, полициклическими, местами нечеткими, лучистыми контурами (рис. 8.49, 8.50).

КТ с контрастным усилением: значительное (в 1,5–2 раза) повышение плотности патологического участка в легких.

Сцинтиграфия с туморотропными РФП и ПЭТ с ^{18}F -ФДГ: избирательная аккумуляция радионуклида в опухолевом узле.

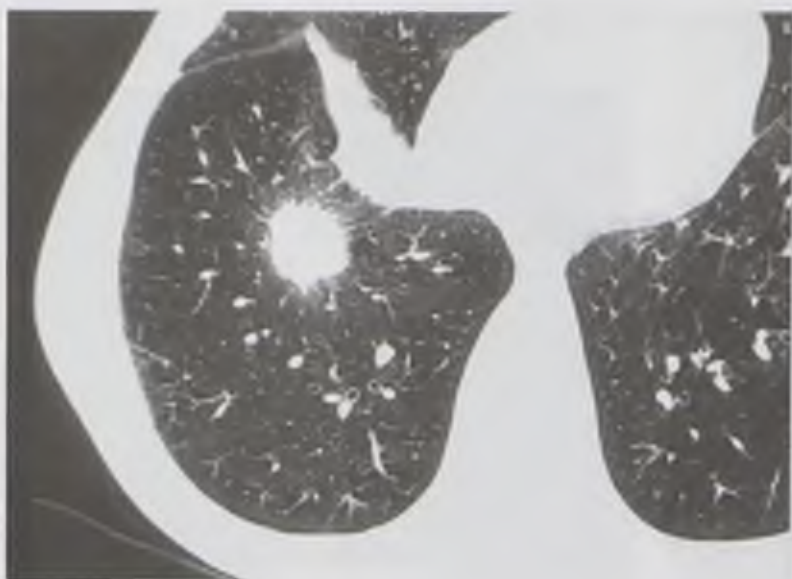


Рис. 8.50. Фрагмент компьютерной томограммы. Периферический рак правого легкого

8.2.12. Гематогенные метастазы злокачественных опухолей в легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: множественные двусторонние или (значительно реже) одиночные тени округлой формы (рис. 8.51).

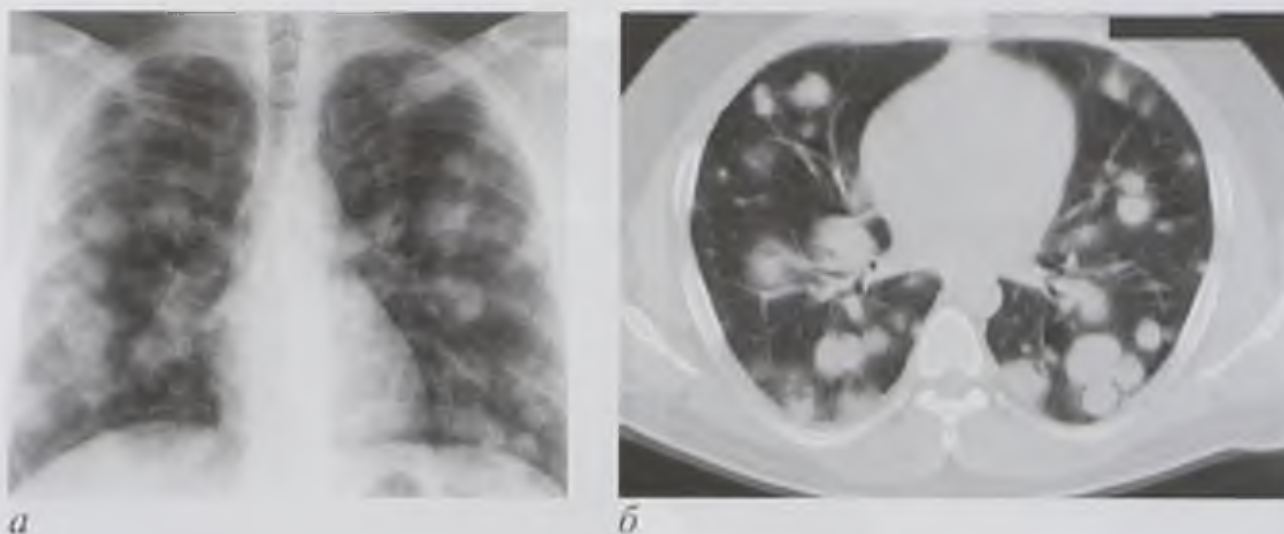


Рис. 8.51. Рентгенограмма в прямой проекции (а) и компьютерная томограмма (б). Множественные метастазы в легких

8.2.13. Туберкулез легких

Первичный туберкулезный комплекс

Рентгенография, линейная томография, КТ: тень округлой формы с нечеткими контурами, расположенная обычно субплеврально; расширение корня легкого из-за увеличения бронхопульмональных лимфатических узлов; «дорожка» в виде линейных теней (лимфангит), соединяющая периферическую тень с корнем легкого.

Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов

Рентгенография, линейная томография, КТ: расширение одного или обоих корней легких из-за увеличения бронхопульмональных лимфатических узлов (рис. 8.52, 8.53).

Диссеминированный туберкулез легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: острый — диффузная двусторонняя, равномерная и однотипная очаговая диссеминация; хронический:

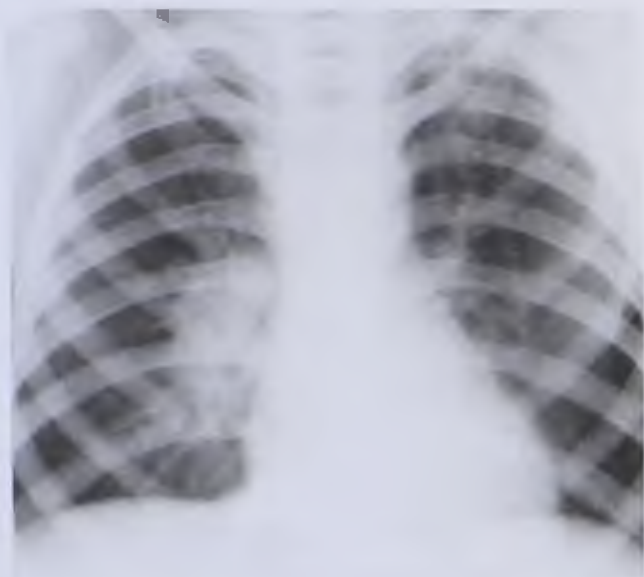


Рис. 8.52. Рентгенограмма в прямой проекции. Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов



Рис. 8.53. Компьютерная томограмма. Туберкулез внутригрудных лимфатических узлов (стрелка)



Рис. 8.54. Рентгенограмма в прямой проекции. Острый диссеминированный туберкулез легких

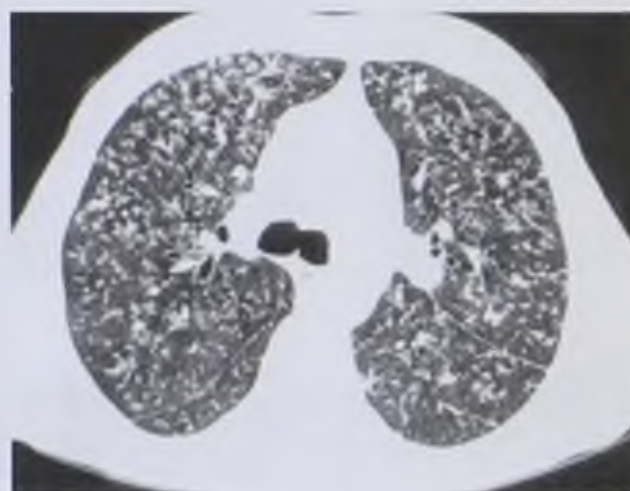


Рис. 8.55. Компьютерная томограмма. Острый диссеминированный туберкулез легких

двусторонняя диссеминация с преимущественной локализацией разнообразных по величине, сливающихся между собой очагов в верхних долях легких на фоне усиленного и деформированного (в результате фиброза) легочного рисунка (рис. 8.54–8.56).

Очаговый туберкулез легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: немногочисленные очаговые тени с типичной локализацией в верхушках легких (рис. 8.57).

Инфильтративный туберкулез легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: ограниченное затенение легочного поля, обычно с нечеткими контурами разнообразной формы и локализации в виде облаковидного или круглого инфильтрата, сегментарного или долевого поражения, так называемого перициссурита с инфильтрацией легочной ткани вдоль междольевых щелей; в целом, инфильтративному туберкулезу свойственны полости распада и очаги отсева (рис. 8.58, 8.59).



Рис. 8.56. Рентгенограмма в прямой проекции. Хронический диссеминированный туберкулез легких



Рис. 8.57. Рентгенограмма в прямой проекции. Очаговый туберкулез



Рис. 8.58. Рентгенограмма в прямой проекции. Инфильтративный туберкулез правого легкого в фазе распада

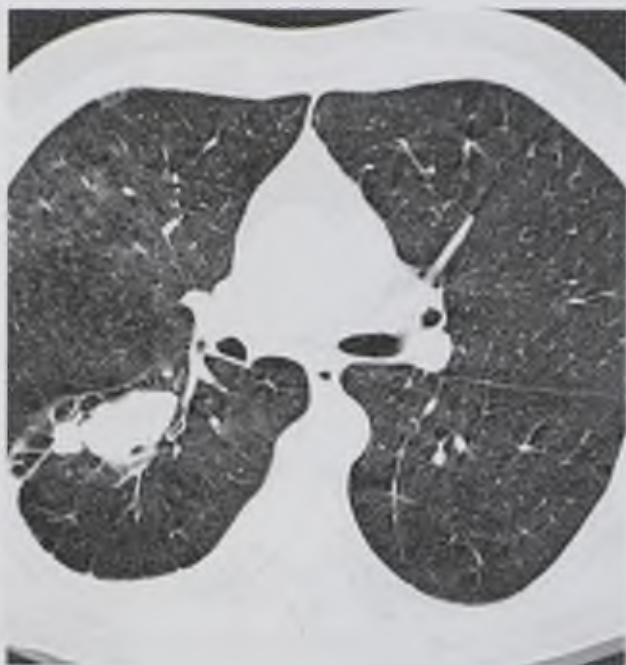


Рис. 8.59. Компьютерная томограмма. Инфильтративный туберкулез правого легкого в виде круглого инфильтрата с очагами отсева

Туберкулема

Рентгенография, линейная томография, КТ: тень неправильно округлой формы с неровными, но четкими контурами, возможны плотные включения (обызвествления) и участки просветления (полости деструкции), а вокруг нее — очаговые тени отсева (рис. 8.60, 8.61).

КТ с контрастным усилением: отсутствие повышения плотности патологического участка.



Рис. 8.60. Линейная томограмма левого легкого. Туберкулема

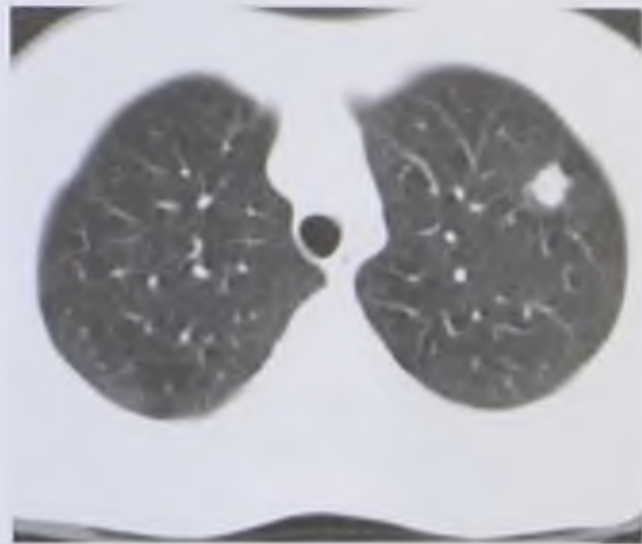


Рис. 8.61. Компьютерная томограмма. Туберкулема

Кавернозный туберкулез легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: полость округлой формы без жидкого содержимого со стенкой толщиной 1–2 мм; в окружающей легочной ткани мелкие очаговые тени отсева (рис. 8.62).



Рис. 8.62. Рентгенограмма в прямой проекции. Кавернозный туберкулез правого легкого



Рис. 8.63. Рентгенограмма в прямой проекции. Фиброзно-кавернозный туберкулез обоих легких

Фиброзно-кавернозный туберкулез легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: одиночные или множественные полости деструкции различных размеров с неровными наружными контурами; преимущественная локализация каверн — верхушки и задние сегменты верхних долей; пораженные отделы легких уменьшены в объеме и неравномерно уплотнены; очаговые тени отсева как в окружности полостей, так и в отдалении (рис. 8.63, 8.64).

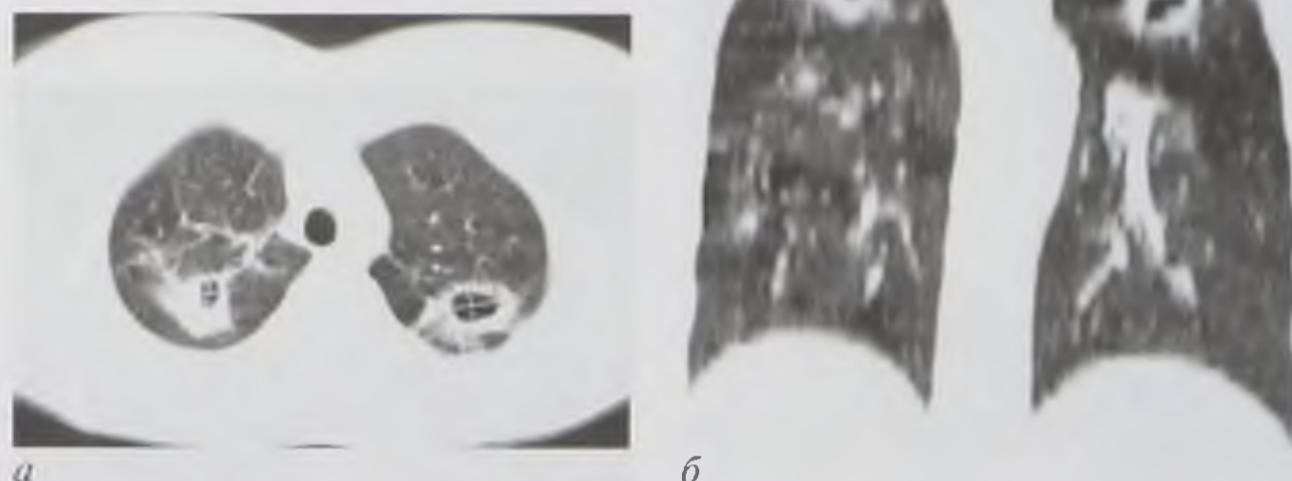


Рис. 8.64. Компьютерные томограммы в аксиальной (а) и фронтальной (б) плоскостях. Фиброзно-кавернозный туберкулез обоих легких

Цирротический туберкулез легких

Рентгенография, линейная томография, КТ: пораженная часть легкого, чаще всего верхние доли, значительно уменьшена в объеме и неравномерно затенена, на этом фоне есть плотные обызвествленные очаги и участки воздушного вздутия легочной ткани; массивные плевральные наслоения; средостение смещено в сторону поражения, диафрагма на этой стороне подтянута вверх; объем и пневматизация непораженных отделов легких повышены (рис. 8.65).



Рис. 8.65. Рентгенограмма в прямой проекции. Цирротический туберкулез левого легкого

8.2.14. Экссудативный плеврит

Рентгенография: свободный выпот (не ограниченный плевральными сращениями) на рентгенограммах в прямой проекции, выполненных при вертикальном положении тела пациента, проявляется однородным затенением той или иной части легочного поля, при малом количестве жидкости — только области бокового реберно-диафрагмального синуса; при среднем — до угла лопатки и контура сердца; при большом — с субтотальным затенением легочного поля; при тотальном — всего легочного поля. При горизонтальном положении пациента свободная жидкость в плевральной полости проявляется однородным снижением прозрачности легочного поля или полосой затенения различной ширины вдоль боковой стенки грудной клетки. Осумкованные плевриты, независимо от положения пациента, отображаются в виде ограниченных однородных затенений с четкими выпуклыми контурами, располагающимися паракостально или по ходу междолевых щелей (рис. 8.66).



Рис. 8.66. Рентгенограмма в прямой проекции. Левосторонний эксудативный плеврит (средний)

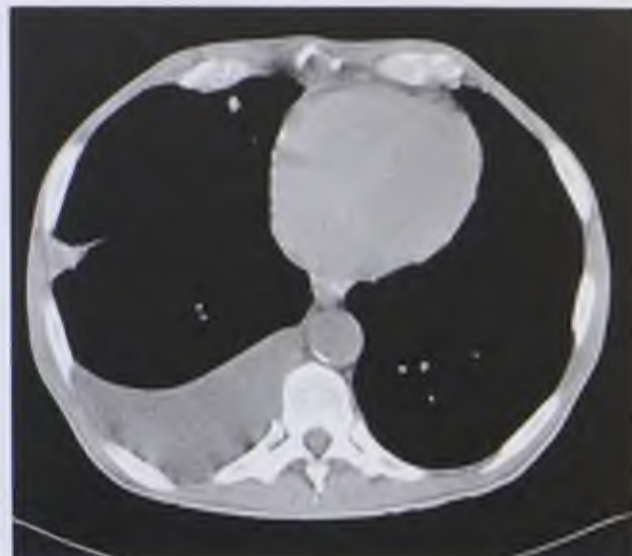


Рис. 8.67. Компьютерная томограмма в мягкотканном окне. Правосторонний эксудативный плеврит

УЗИ: прямая визуализация жидкости, начиная с количества 50 мл, в виде эхонегативных зон.

КТ: прямая визуализация жидкости в любых количествах с точным определением ее локализации (рис. 8.67).

8.2.15. Спонтанный пневмоторакс

Рентгенография: спадение, уменьшение пневматизации, смещение к корню и видимость бокового контура легкого, латеральнее которого определяется зона просветления с полным отсутствием в ней легочного рисунка.

КТ: коллабированное легкое с воздухом в плевральной полости (рис. 8.68).

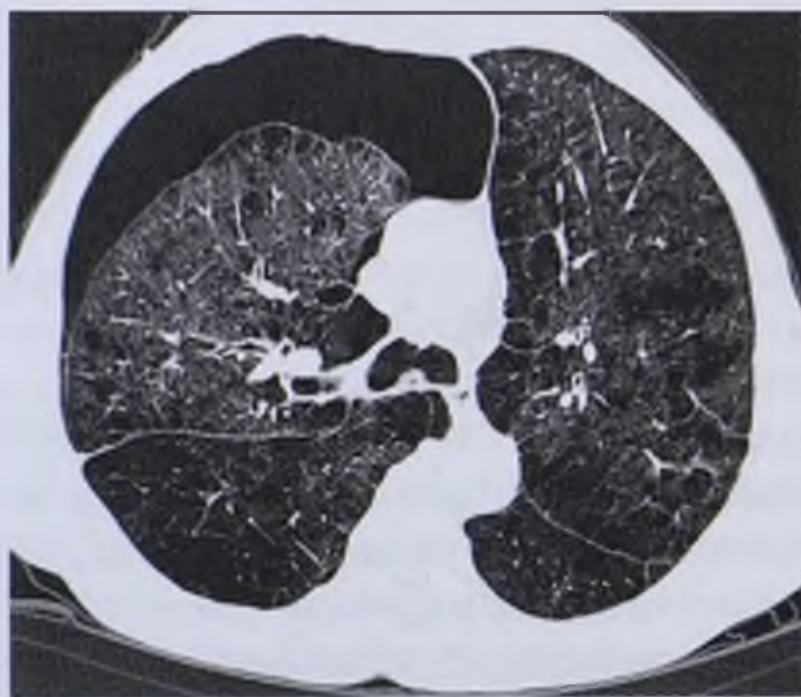


Рис. 8.68. Компьютерная томограмма. Правосторонний спонтанный пневмоторакс

8.2.16. Новообразования средостения

Рентгенография, рентгеноскопия, линейная томография: расширение средостения или дополнительная тень, которая неотделима от средостения в любой из проекций, связана с ним широким основанием, в боковой проекции наслаивается на несколько долей легких, не смещается при дыхании и не пульсирует. Первичное суждение о природе патологических образований средостения основывается прежде всего на их избирательной локализации (рис. 8.69).

Последующее уточнение базируется на учете особенностей структуры некоторых образований и на данных дополнительных лучевых исследований.

Обызвествления наиболее свойственны медиастинальным зобам и тератомам. Безусловным доказательством тератоидного происхождения патологического образования служит обнаружение в нем костных фрагментов, зубов (рис. 8.70–8.72).

Жировое происхождение медиастинальных образований (липомы) устанавливают по данным КТ, МРТ, УЗИ.

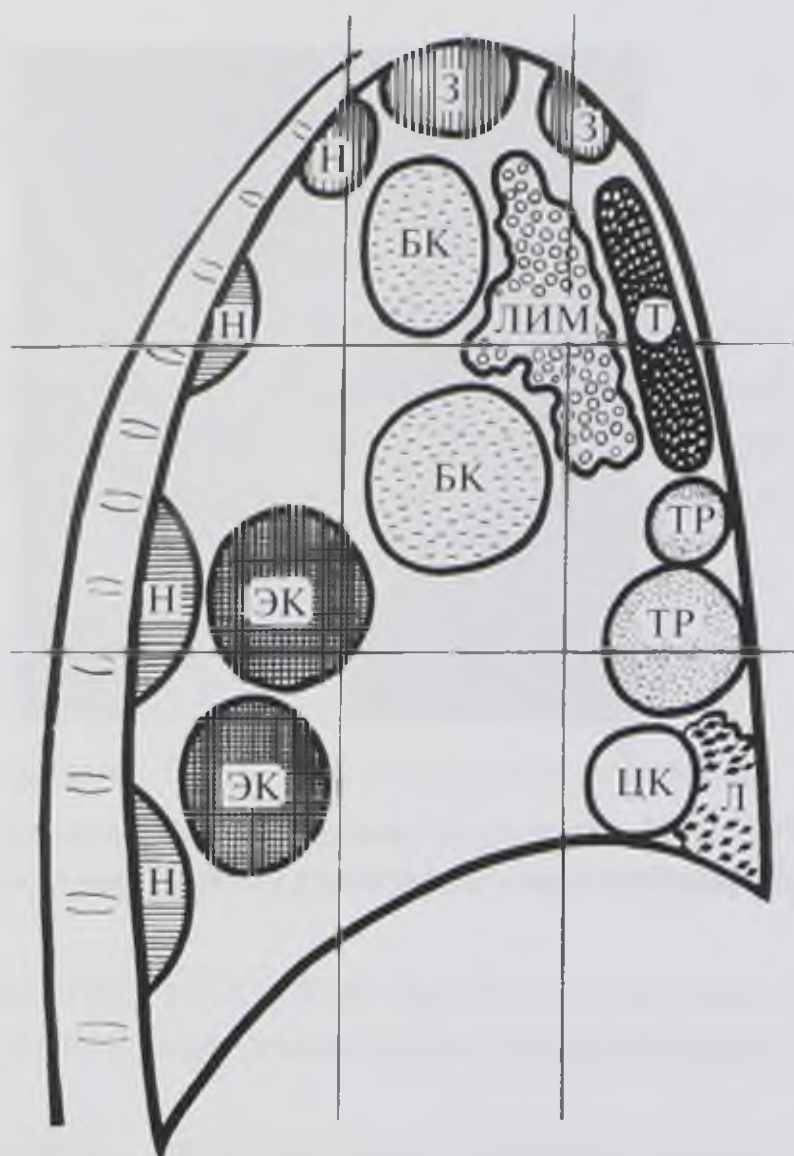
При КТ жировая ткань выявляется по присутствию только ей отрицательным значениям коэффициентов абсорбции, составляющим $-70... -130$ НУ.

При МРТ жировую ткань определяют на основании того, что она имеет одинаково высокую интенсивность сигнала и на T1-ВИ, и на T2-ВИ.

При УЗИ жировая ткань устанавливается по свойственной ей повышенной эхогенности.

Кистозная природа медиастинальных новообразований также устанавливается по данным КТ, МРТ, УЗИ.

Точная диагностика внутригрудного зоба достигается сцинтиграфией с ^{123}I , а диагностика лимфом — сцинтиграфией с галлия $[^{67}\text{Ga}]$ цитратом, ПЭТ- ^{18}F -ФДГ (рис. 8.73).



Н	Неврогенные опухоли	98%
ЭК	Энтерогенные кисты	100%
БК	Бронхогенные кисты	100%
З	Зобы	95%
ЛИМ	Лимфомы	95%
Т	Новообразования тимуса	100%
ТР	Тератомы	80%
Л	Парастернальные липомы	100%
ЦК	Целомические кисты	92%

Рис. 8.69. Схема локализаций новообразований средостения



Рис. 8.70. Рентгенограмма в прямой проекции. Шейно-медиастинальный зоб с обызвествлением

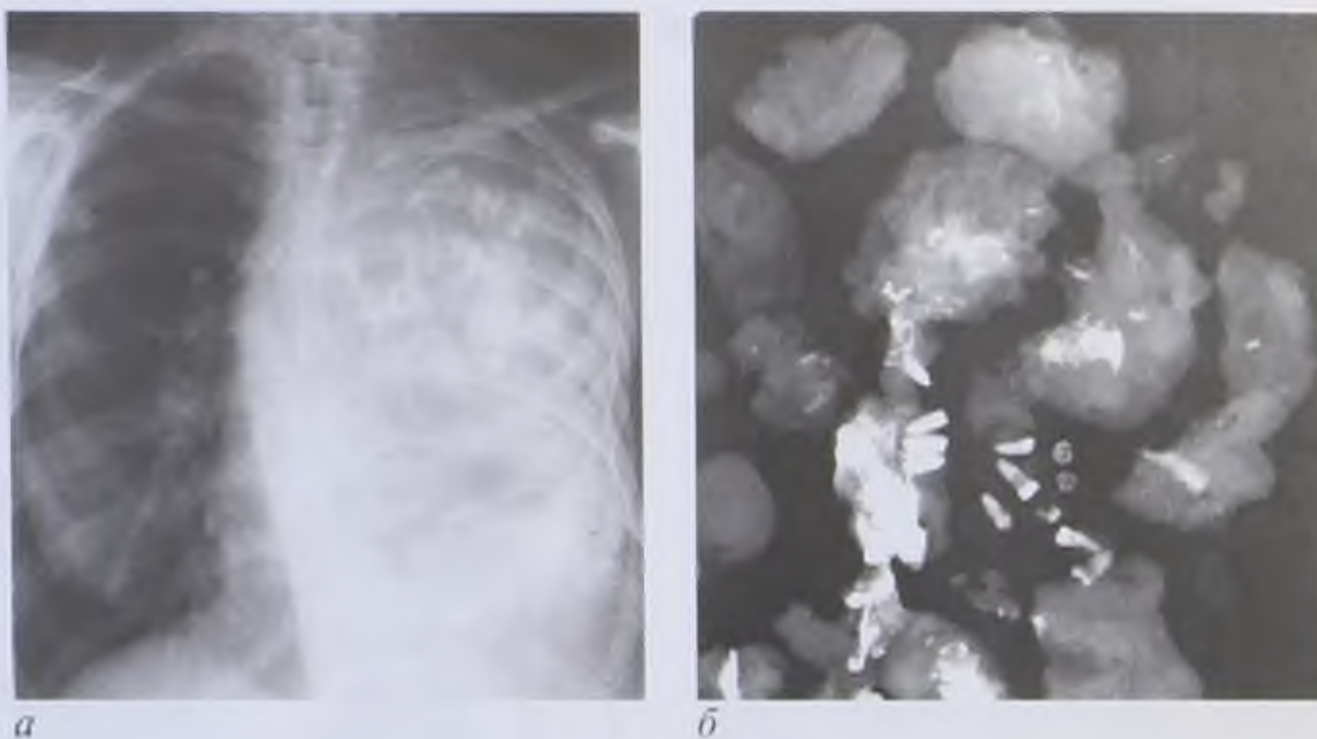


Рис. 8.71. Рентгенограмма груди в прямой проекции (а) и рентгенограмма удаленного образования (б). Тератома средостения



Рис. 8.72. Компьютерная томограмма. Тератома переднего средостения

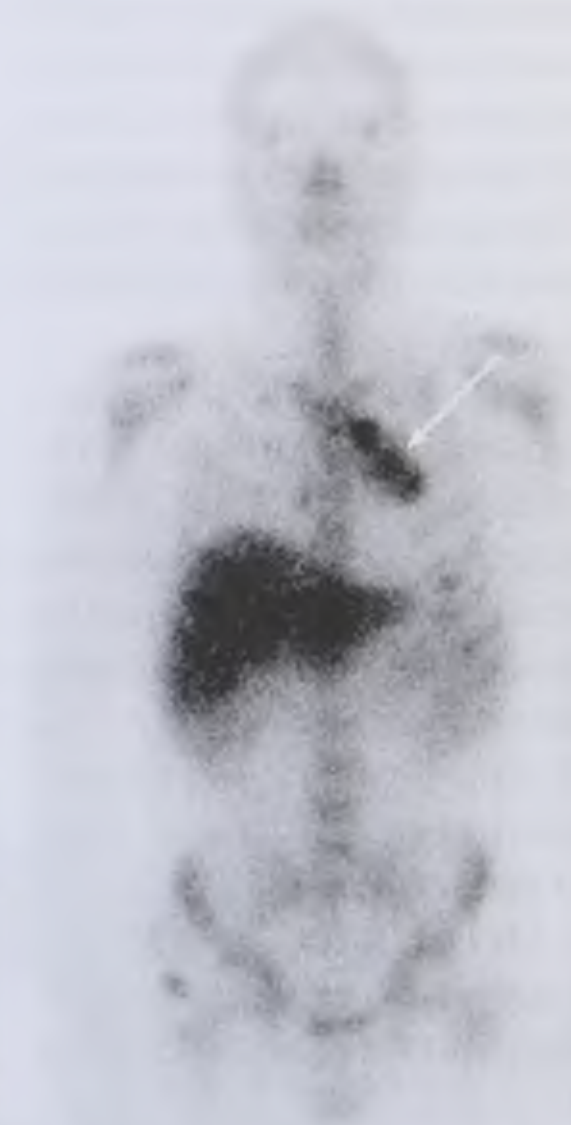


Рис. 8.73. Однофотонная эмиссионная компьютерная томограмма. Лимфома средостения (стрелка)

8.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕГКИХ И ПЛЕВРЫ

8.3.1. Пневмоторакс

Рентгенография, КТ: повышение прозрачности и отсутствие изображения легочного рисунка в латеральной части гемоторакса; понижение прозрачности спавшегося легкого, располагающегося в медиальной части гемоторакса; при напряженном пневмотораксе — значительное смещение средостения в противоположную сторону.

8.3.2. Гемоторакс

Рентгенография: в вертикальном положении больного определяется однородное затемнение части легочного поля:

- при малых количествах крови — только области латерального реберно-диафрагмального синуса;
- при средних количествах затемнение достигает угла лопатки и контура сердца;
- при больших количествах верхняя граница поднимается все больше вверх и становится более пологой;
- тотальный гемоторакс вызывает однородное затемнение всего легочного поля.

При исследовании в горизонтальном положении малый гемоторакс обуславливает закругление дна латерального реберно-диафрагмального синуса; средний отображается полосой затемнения вдоль внутренней поверхности грудной стенки; большой гемоторакс вызывает равномерное затемнение значительной части или всего легочного поля.

УЗИ: анэхогенная зона между легочной тканью, с одной стороны, и диафрагмы и грудной стенки — с другой.

КТ: однородная зона вдоль внутренней поверхности задней части грудной клетки с плотностью в пределах +45...+52 НУ.

8.3.3. Гемопневмоторакс

Рентгенография: при исследовании больного в вертикальном положении определяется горизонтальный уровень жидкости (рис. 8.74).

8.3.4. Ушиб легкого

Рентгенография, КТ: пристеночное локальное затемнение округлой, неправильной формы с нечеткими контурами и множественными очаговыми тенями, субстратом которых являются дольковые кровоизлияния и дольковые ателектазы (рис. 8.75, 8.76).



Рис. 8.74. Рентгенограмма груди в вертикальном положении. Правосторонний гемопневмоторакс (стрелка), перелом заднего отдела IX ребра (короткая стрелка)



Рис. 8.75. Рентгенограмма в прямой проекции. Ушиб правого легкого, множественные переломы ребер

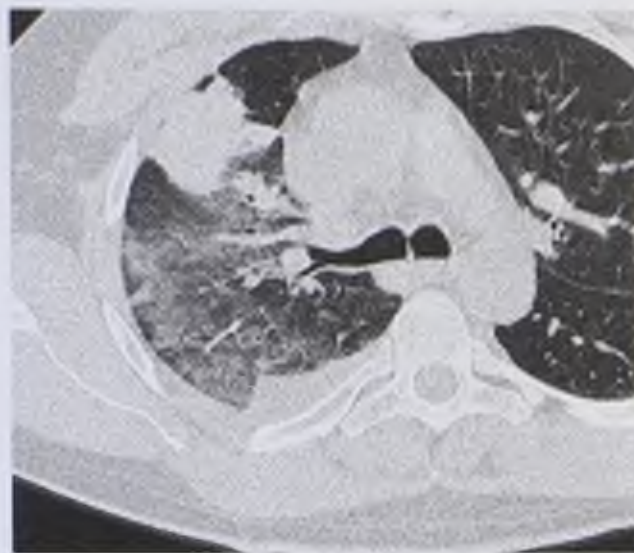


Рис. 8.76. Фрагмент компьютерной томограммы. Ушиб правого легкого

8.3.5. Разрыв легкого

Рентгенография, КТ: внутрилегочные полости, заполненные кровью или воздухом; первые отображаются округлыми, четко очерченными участками, плотность которых равна $+40...+60$ НУ; плотность воздушных полостей равна $-700...-900$ НУ.

Контрольные вопросы

1. Каково сегментарное строение легких?
2. Какие основные рентгенологические синдромы заболеваний легких вы знаете?
3. Какие рентгеноконтрастные методики используются для исследования легких?
4. Перечислите показания к проведению высокоразрешающей КТ.
5. Какие радионуклидные методики применяются для исследования легких, и каковы показания к их проведению?
6. Назовите рентгенологические признаки отека легких.

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕРДЦА И ГРУДНОЙ АОРТЫ

9.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Для лучевого исследования сердца и грудной аорты можно использовать различные методы. Каждый из них обладает своими достоинствами и преимуществами. Метод выбирают для определенных клинических ситуаций, решения конкретных диагностических задач.

9.1.1. Рентгенологический метод

Рентгенологический метод, несмотря на новые высокоинформативные способы получения медицинского изображения, по-прежнему достаточно широко используется при исследовании сердца и грудной аорты. Правда, многие из применявшихся ранее рентгенологических методик сейчас не используются. Диагностическое значение сохранили только самые простые, нативные методики (рентгенография, рентгеноскопия) и сложные, инвазивные контрастные исследования — ангиокардиография, коронарография, аортография.

Нативные рентгенологические методики

Рентгенография является, как правило, первой методикой лучевого исследования сердца и грудной аорты. Общепринятыми, стандартными проекциями являются прямая и левая боковая. Рентгеноскопия применяется при необходимости выбора нестандартной оптимальной проекции для изучения того или иного отдела сердечно-сосудистой тени и для ориентировочной оценки сократительной функции сердца и пульсации аорты. Кроме того, просвечивание имеет больше возможностей для выявления обызвествлений клапанов сердца. Нативное рентгенологическое исследование грудной аорты при недоступности КТ может дополняться линейной томографией. Показаниями к ее выполнению служат необходимость уточнения деталей морфологического состояния аорты (расширения, сужения, обызвествление стенок и др.) и трудности дифференциальной диагностики с патологическими процессами других органов грудной полости, чаще всего с новообразованиями средостения.

Нормальная рентгеноанатомия сердца и грудной аорты

Поскольку отдельные камеры сердца и аорта по плотности не отличаются друг от друга, при нативном рентгенологическом исследовании они дают

общую суммарную однородную тень. По ней можно судить о положении, форме и размерах сердца и аорты в целом.

Положение сердечной тени в прямой проекции срединно-асимметричное: 1/3 ее находится справа от срединной линии тела, 2/3 — слева. Левый контур сердца не доходит до левой срединно-ключичной линии на 1,5–2 см, а правый отстоит от срединной вертикальной линии вправо не более чем на 5 см. Над собственной тенью сердца, как бы выходя из нее, находится тень сосудистого пучка, образованная грудной аортой, верхней поллой веной и легочной артерией. Верхний контур этой тени не доходит до левого грудино-ключичного сочленения на 1,5–2 см. Соотношение высот сердечного и сосудистого сегментов составляет 1:1.

На положении сердца, а также на его форме и размерах сказываются тип телосложения, фаза дыхания, положение тела пациента.

Для оценки положения сердца в зависимости от конституционального типа определяют так называемый угол наклона. Он образуется длинником сердца и горизонтальной линией, проводимой через верхушку сердечной тени. У нормостеников сердце расположено косо, у гиперстеников более горизонтально, у астеников, наоборот, более вертикально. Углы наклона сердца равны соответственно 45° , менее 40° , более 50° (рис. 9.1).

Фаза дыхания и положение тела пациента изменяют расположение сердца в связи с различной высотой стояния диафрагмы. В вертикальном положении

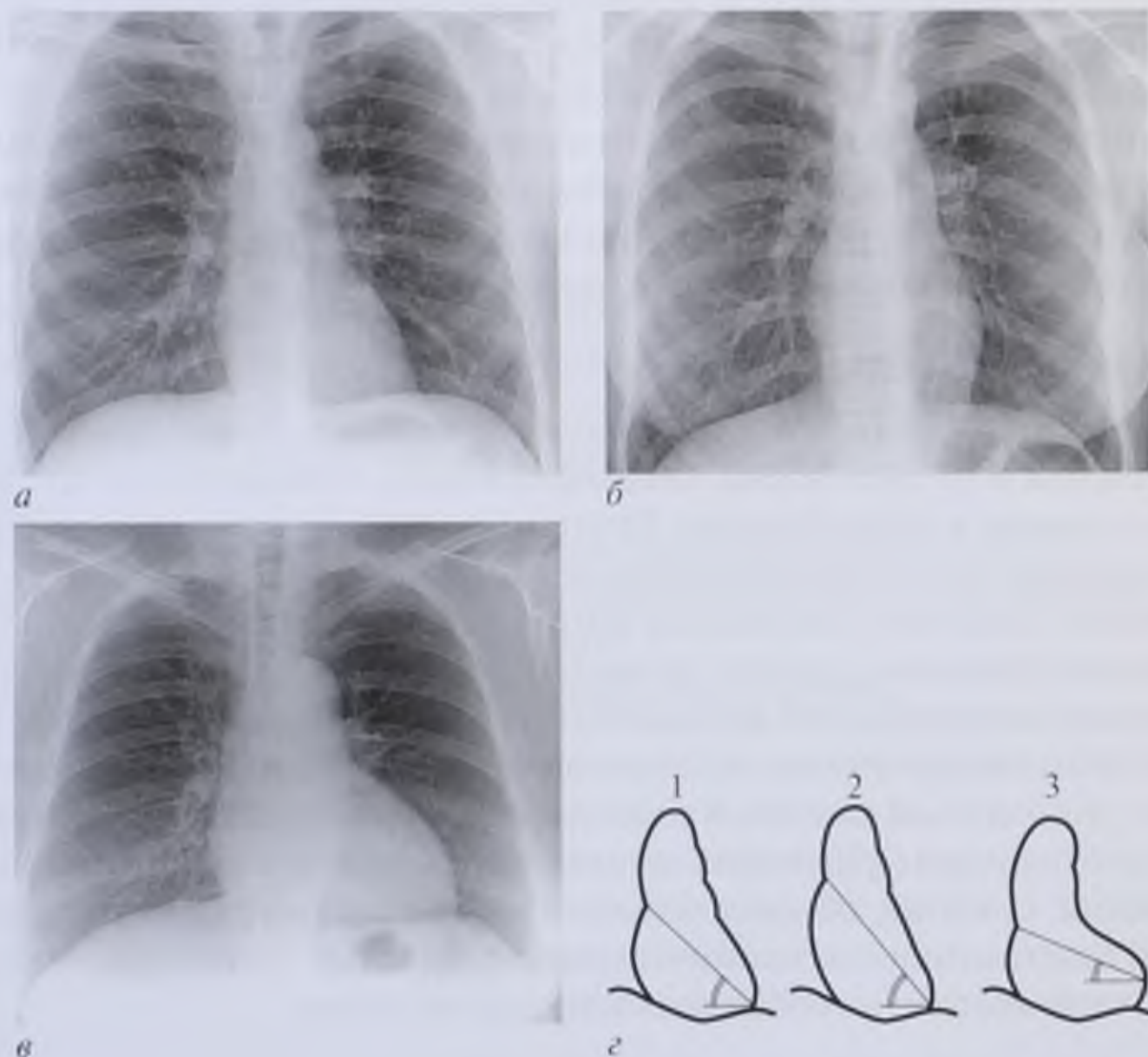


Рис. 9.1. Рентгенограммы груди в прямой проекции с различными вариантами положения сердца в зависимости от конституционального типа: *а* — нормостеник; *б* — астеник; *в* — гиперстеник; *г* — схемы (1 — нормостеник; 2 — астеник, 3 — гиперстеник)

пациента и на вдохе диафрагма опускается и сердце принимает более вертикальное положение. В горизонтальном положении пациента и на выдохе диафрагма поднимается вверх, и сердце занимает более горизонтальное положение (рис. 9.2).

Изменения положения сердца, кроме того, могут быть вызваны различными патологическими процессами в смежных органах и анатомических структурах: деформациями грудной клетки (кифоз, сколиоз, воронкообразная грудная клетка), заболеваниями легких, плевры, диафрагмы, которые сопровождаются объемными изменениями (ателектаз или цирроз легких, экссудативный плеврит, пневмоторакс, диафрагмальная грыжа) (рис. 9.3, 9.4).

Оценка состояния отдельных камер сердца и аорты возможна только по их наружным очертаниям, образованным дугами различной кривизны и протяженности.



Рис. 9.2. Рентгенограммы груди в прямой проекции: *а* — на высоте вдоха; *б* — при полном выдохе



Рис. 9.3. Рентгенограмма в прямой проекции. Левосторонний сколиоз грудного отдела позвоночника



Рис. 9.4. Рентгенограмма в прямой проекции. Левосторонний фиброторакс

В прямой проекции правый контур состоит из двух дуг: верхнюю образует восходящая аорта, нижнюю — правое предсердие. Точка пересечения этих дуг называется правым кардиовазальным углом. Левый контур образован четырьмя дугами: верхняя склиалогическая дуга формируется не столько анатомической дугой аорты, сколько ее нисходящей частью; ниже ее вторая дуга формируется основным стволом и левой ветвью легочной артерии; еще ниже вырисовывается короткая дуга ушка левого предсердия; самая нижняя и самая длинная дуга образована левым желудочком. Вторая и третья дуги формируют «талию» сердца. Точка их пересечения называется левым кардиовазальным углом (рис. 9.5).

В левой боковой проекции сердечно-сосудистая тень имеет форму косо расположенного овала, примыкающего к диафрагме и груди. Ее передний контур составляют сверху — восходящая часть аорты, внизу — правый желудочек. Задний контур образован сверху левым предсердием, внизу — левым желудочком (рис. 9.6).

Форма сердечно-сосудистой тени при различных заболеваниях претерпевает существенные изменения. Очень важно, что эти изменения типичны для определенных заболеваний, которые можно предположить уже при первой ориентировочной оценке формы сердца. Различают пять вариантов патологической формы сердечно-сосудистой тени в прямой проекции: митральную, аортальную, шаровидную, трапециевидную (треугольную) и форму с локальным расширением, которое не свойственно увеличению какой-либо камеры сердца.

Основные черты митральной конфигурации сердца:

- удлинение и выбухание второй и третьей дуг левого контура сердечной тени;
- смещение вверх правого кардиовазального угла в результате выхождения на правый контур увеличенного левого предсердия, увеличения правого предсердия или его смещения увеличенным правым желудочком (рис. 9.7).

Такой картиной отображаются митральные пороки (в классическом варианте — митральный стеноз), некоторые врожденные пороки, сопровождающиеся

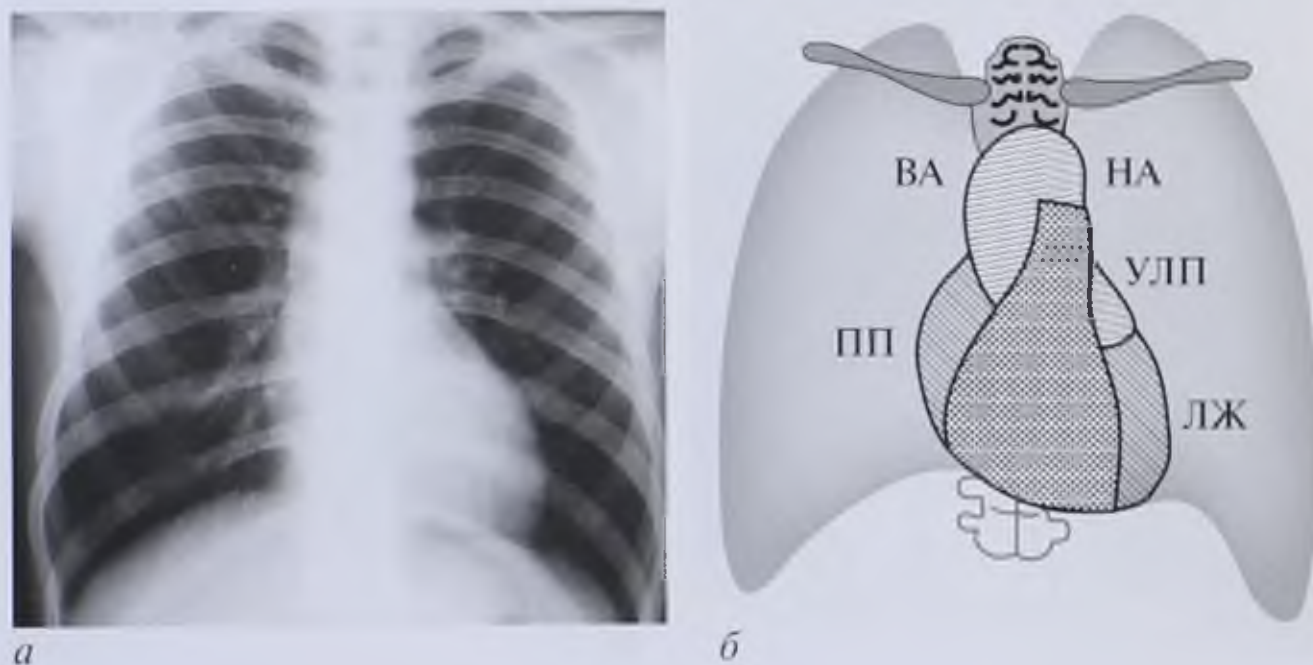


Рис. 9.5. Рентгенограмма (а) и схема (б) груди в прямой проекции с обозначением дуг сердца: ВА — восходящая аорта; ПП — правое предсердие; НА — нисходящая аорта; УЛП — ушко левого предсердия; ЛЖ — левый желудочек

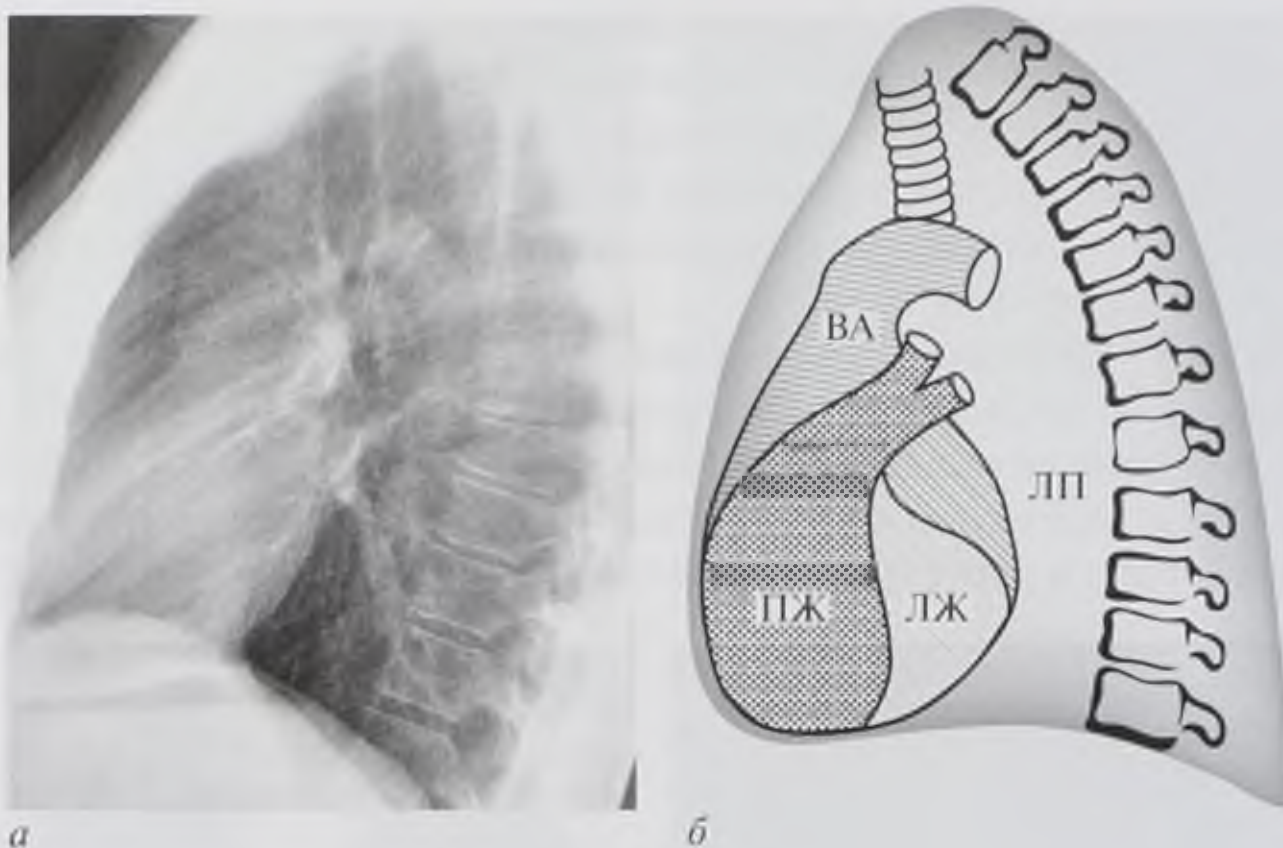


Рис. 9.6. Рентгенограмма (а) и схема (б) груди в левой боковой проекции с обозначением дуг сердца: ВА — восходящая аорта; ПЖ — правый желудочек; ЛП — левое предсердие; ЛЖ — левый желудочек

сбросом крови слева направо (открытый артериальный проток, дефекты перегородок сердца), и так называемое легочное сердце как следствие легочной гипертензии при диффузных хронических заболеваниях легких.

Признаки аортальной конфигурации:

- западение талии сердца;
- удлинение нижней дуги по левому контуру;
- увеличение и выбухание верхней дуги справа и смещение вниз правого кардиовазального угла, что обусловлено расширением восходящей аорты (рис. 9.8).



Рис. 9.7. Рентгенограмма в прямой проекции. Митральная конфигурация сердца



Рис. 9.8. Рентгенограмма в прямой проекции. Аортальная конфигурация сердца

Подобный вид сердечно-сосудистой тени свойствен аортальным порокам, гипертрофической кардиомиопатии, коарктации аорты, гипертонической болезни, атеросклеротическому кардиосклерозу.

Шаровидная форма, сочетающаяся с увеличением тени сердца во все стороны, характерна для экссудативного перикардита, многоклапанных приобретенных пороков сердца (рис. 9.9).

Трапециевидная (треугольная) форма свойственна диффузным поражениям миокарда (миокардит, миокардиодистрофия, миокардиосклероз) (рис. 9.10, 9.11).

Локальным расширением сердечно-сосудистой тени проявляются аневризмы сердца и аорты, опухоли и кисты сердца, новообразования средостения, прилежащие к сердцу и аорте (рис. 9.12, 9.13).



Рис. 9.9. Рентгенограмма в прямой проекции. Шаровидная конфигурация сердца



Рис. 9.10. Рентгенограмма в прямой проекции. Трапециевидная конфигурация сердца



Рис. 9.11. Рентгенограмма в прямой проекции. Треугольная конфигурация сердца



Рис. 9.12. Рентгенограмма в прямой проекции. Локальное расширение сердечной тени, обусловленное аневризмой левого желудочка сердца



Рис. 9.13. Рентгенограмма в прямой проекции. Локальное расширение сердечной тени, обусловленное экзокардиальной опухолью



Рис. 9.14. Рентгенограммы в прямой проекции. Удлинение, изгиб, разворот, расширение грудной аорты

Разнообразные патологические состояния аорты проявляются пятью основными рентгенологическими признаками: удлинением, изгибом, разворачиванием, расширением, повышением интенсивности тени.

Об удлинении аорты свидетельствует уменьшение расстояния от верхнего контура дуги аорты до левого грудино-ключичного сочленения (менее 1 см). Изгиб аорты является результатом ее значительного удлинения, вследствие чего она изгибается вправо, вдаваясь в правое легочное поле.

Такая картина имитирует расширение восходящей аорты, хотя на самом деле ее диаметр может быть нормальным. При разворачивании аорты аортальная петля, в норме идущая спереди назад под углом 50–60°, выпрямляется и приближается к фронтальной плоскости. Вследствие этого контур нисходящей аорты смещается влево. Расширение аорты в прямой проекции может сопровождаться ее выступанием в правое и левое легочные поля. Однако, во-первых, этого может и не быть при действительном ее расширении, а во-вторых, такая картина обуславливается больше изгибом и разворачиванием аорты (рис. 9.14). Повышение интенсивности тени связано в основном с увеличением массы крови в расширенной аорте и с уплотнением стенки сосуда. При этом на все большем протяжении в боковой и косой проекциях начинает визуализироваться нисходящая аорта, в норме видимая только в начальной части. Наиболее интенсивную тень дают обызвествления стенки (рис. 9.15, 9.16).

Величина является одним из важнейших показателей состояния как сердца в целом, так и его отдельных камер.

Общие размеры сердца можно оценить количественно на рентгенограмме в прямой проекции по *кардиоторакальному коэффициенту* $C/D \times 100\%$, где C — поперечник сердца, измеряемый по горизонтали между наиболее отстоящими друг от друга точками правого и левого контуров сердечной тени; D — поперечный базальный размер грудной клетки, измеряемый между внутренними поверхностями боковых стенок грудной полости на уровне правого кардиодиафрагмального угла (рис. 9.17). Для взрослых в норме этот коэффициент не превышает 50%. Увеличение I степени — до 55%, II — до 60%, III — более 60%.



Рис. 9.15. Рентгенограмма в левой боковой проекции. Уплотнение стенок грудной аорты на всем протяжении



Рис. 9.16. Рентгенограмма в левой косой проекции. Обызвествление стенок грудной аорты на всем протяжении

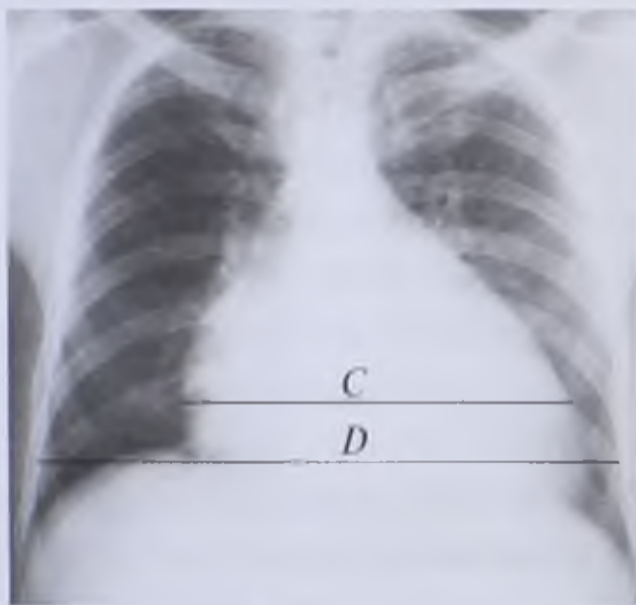


Рис. 9.17. Рентгенограмма в прямой проекции с обозначением измерений для определения кардиоторакального коэффициента: *C* — поперечник сердца; *D* — поперечный базальный размер грудной клетки



Рис. 9.18. Рентгенограмма в прямой проекции с обозначением измерения для определения степени увеличения правого предсердия: *L* — половина поперечного базального диаметра грудной клетки; *W* — расстояние от срединной линии до наиболее отступающей точки дуги правого предсердия

Правое предсердие. На рентгенограмме в прямой проекции его увеличение проявляется удлинением и большим, чем обычно, выступанием в легочное поле нижней дуги правого контура сердечной тени, а также смещением вверх правого кардиовазального угла. Более точно степень увеличения правого предсердия можно оценить с использованием *коэффициента Гудвина* как отношения (в процентах) расстояния от срединной линии до наиболее отступающей точки дуги правого предсердия *W* к половине поперечного базального диаметра грудной клетки *L* (рис. 9.18): $W/L \times 100\%$. В норме этот коэффициент не превышает 30%,

при расширении правого предсердия I степени достигает 40%, II степени — 50%, III степени — более 50%.

Правый желудочек. В прямой проекции правый желудочек не имеет представительства на контурах сердечной тени. Тем не менее его увеличение все-таки дает отображение. Во-первых, смещается влево дуга левого желудочка, что обусловлено либо его оттеснением увеличенным правым желудочком, либо его прямым выходом на контур сердца. Во-вторых, оттесняется вправо и вверх правое предсердие, что сопровождается удлинением и выбуханием его дуги и смещением вверх правого кардиовазального угла. В левой боковой проекции размер правого желудочка определяется по степени его прилегания к передней грудной стенке. В норме этот контакт не превышает 1/4 длины грудины. При увеличении правого желудочка он возрастает (рис. 9.19).



Рис. 9.19. Рентгенограмма в левой боковой проекции. Увеличение правого желудочка сердца

Левое предсердие. В прямой проекции увеличение левого предсердия приводит к удлинению его дуги на левом контуре. Кроме того, появляется дополнительная дуга на правом контуре сердца в зоне правого кардиовазального угла. Сначала она располагается медиальнее контура сердца, затем перекрещивает его, а при очень больших размерах становится краеобразующей (рис. 9.20). В левой боковой проекции о величине левого предсердия можно судить по положению пищевода. В норме он имеет прямолинейный ход параллельно передней поверхности позвоночника. Увеличение левого предсердия вызывает локальное отклонение пищевода назад: I степень увеличения — оттесненный пищевод не достигает позвоночника, II степень — он достигает позвоночника, III степень — наслаивается на позвоночник (рис. 9.21).

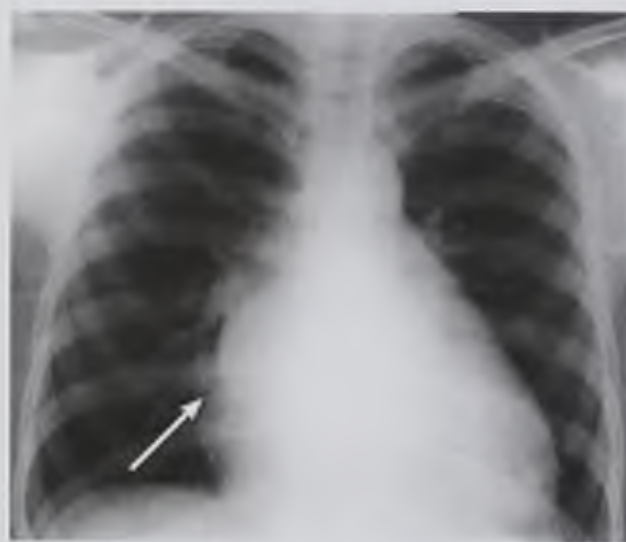


Рис. 9.20. Рентгенограмма в прямой проекции. Увеличение левого предсердия (стрелка)

Левый желудочек. В прямой проекции увеличение левого желудочка вызывает удлинение и выбухание его дуги по левому контуру сердечной тени. В левой боковой проекции о величине левого желудочка можно судить по степени прилегания сердца к диафрагме. В норме она не превышает 1/4 протяженности купола диафрагмы, а при увеличении, естественно, в различной мере возрастает, что сопровождается сужением нижнего отдела ретрокардиального пространства. Признаком нормы левого желудочка в этой проекции являются также острый задний кардиодиафрагмальный угол и изображение легочной связки в нем. При увеличении левого желудочка задний кардиодиафрагмальный угол может становиться прямым или даже тупым, изолированное изображение легочной связки исчезает (рис. 9.22).

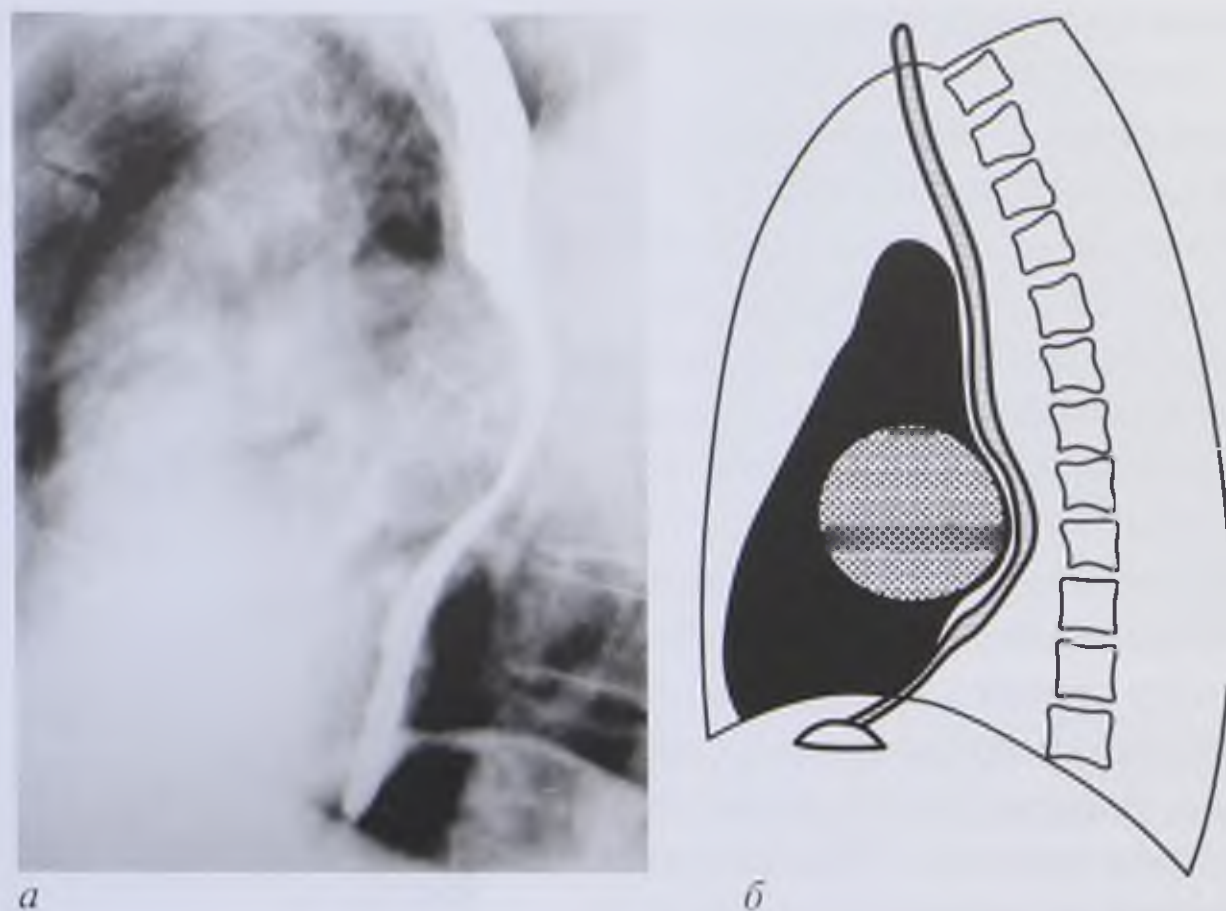


Рис. 9.21. Рентгенограмма в левой боковой проекции с контрастированным пищеводом (а) и схема (б). Увеличение левого предсердия

Легочная артерия оценивается в прямой проекции по расстоянию от срединной линии до наиболее отстоящей точки ее контура. Относительно половины поперечного базального размера грудной клетки (*коэффициент Мура* $P/L \times 100\%$) этот размер в норме не превышает 30%. При расширении легочной артерии I степени этот коэффициент достигает 35%, II степени — 40%, III степени — свыше 40% (рис. 9.23).

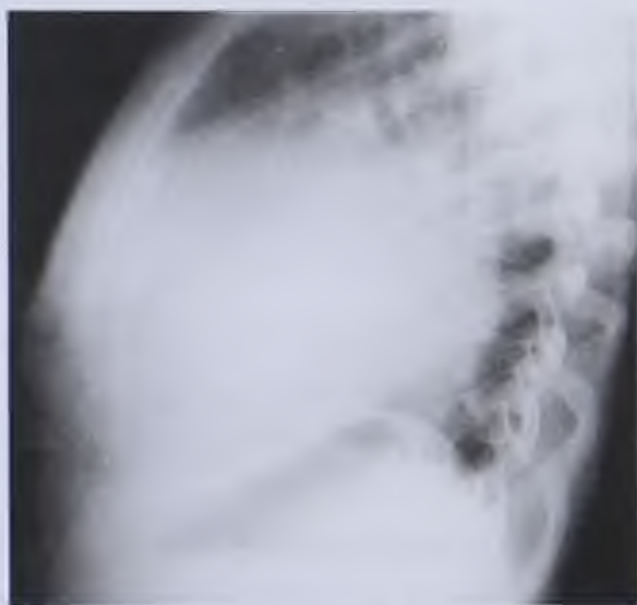


Рис. 9.22. Рентгенограмма в левой боковой проекции. Увеличение левого желудочка

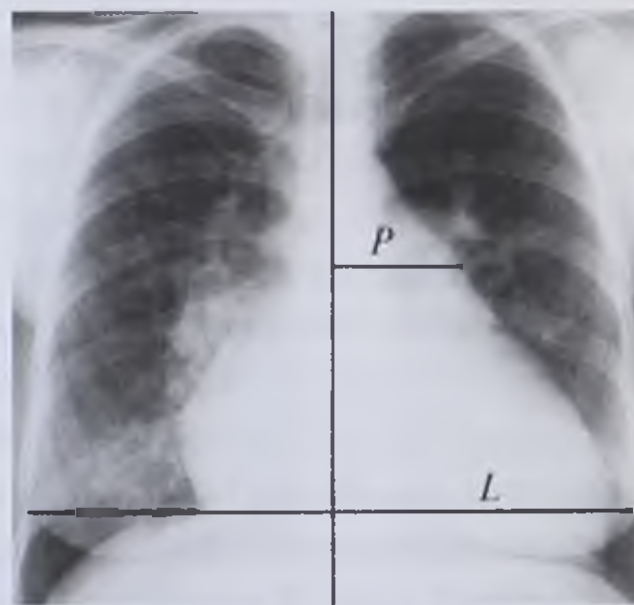


Рис. 9.23. Рентгенограмма в прямой проекции с обозначением измерения для определения степени расширения легочной артерии: *L* — половина поперечного базального размера грудной клетки; *P* — расстояние от срединной линии до наиболее отстоящей точки контура легочной артерии

Специальные рентгеноконтрастные методики

Ангиокардиография — методика искусственного контрастирования полостей сердца. Используется, как правило, венозная чрезбедренная катетеризация по Сельдингеру с проведением катетера по нижней полой вене в правые камеры сердца (рис. 9.24). При необходимости контрастирования непосредственно левых камер сердца катетер из правого предсердия вводят в левое путем пункции межпредсердной перегородки (рис. 9.25). Основное показание к проведению ангиокардиографии — диагностика сложных, сочетанных пороков сердца, если неинвазивные методы оказываются недостаточно информативными. Изучают положение, форму и размеры полостей сердца; последовательность их заполнения РКС, изменения интенсивности и равномерности их контрастирования, скорость прохождения РКС, состояние клапанного аппарата; устанавливают патологические сообщения между полостями сердца. Одновременно измеряют внутрисердечное давление; определяют газовый состав крови в различных камерах сердца, минутный и ударный объемы сердца; производится запись внутрисердечной ЭКГ и ФКГ. Все это вместе взятое позволяет дать детальную не только качественную, но и количественную характеристику морфологических изменений сердца и нарушений центральной гемодинамики.

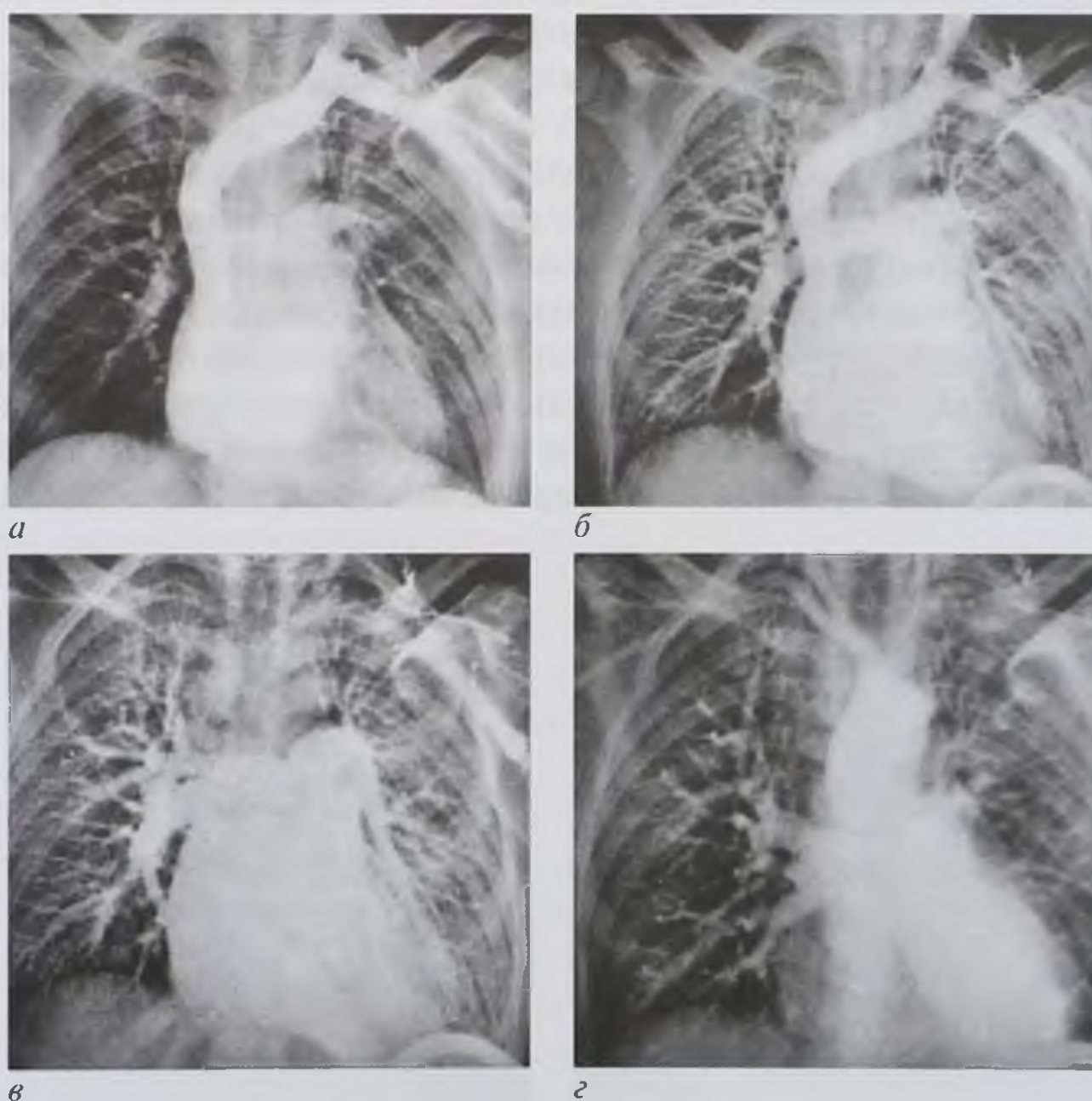


Рис. 9.24. Серия ангиокардиограмм с последовательным контрастированием правых камер сердца (а), сосудов малого круга кровообращения в артериальную фазу (б), сосудов малого круга кровообращения в венозную фазу (в), левых камер сердца и грудной аорты (г)

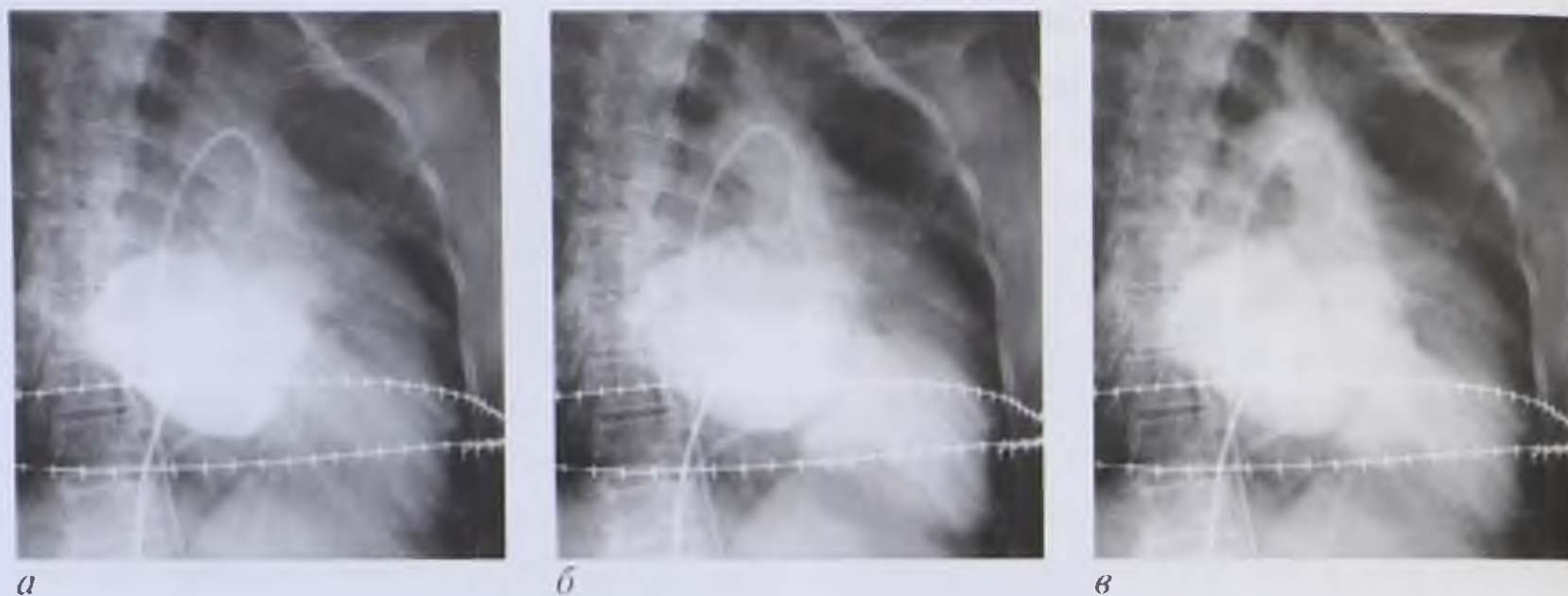


Рис. 9.25. Серия ангиокардиограмм с последовательным контрастированием левого предсердия (а), левого желудочка (б), аорты (в)

Аортография — контрастное рентгенологическое исследование грудной аорты, осуществляемое обычно путем катетеризации бедренной артерии с установкой катетера в начальной части аорты (рис. 9.26). Оно высокоинформативно в диагностике аневризм, окклюзии, аномалий грудной аорты, дифференциации ее поражений с новообразованиями средостения. Однако в отличие от УЗИ, КТ, МРТ она дает представление только о просвете аорты и не позволяет судить о состоянии стенки сосуда.

Коронарография — контрастное исследование венечных артерий сердца для точного определения характера, степени, локализации поражения сосудов и оценки коллатерального кровотока. Применяется для решения вопросов о необходимости, виде и объеме оперативного вмешательства у больных ИБС. Используется методика либо общей грудной аортографии с установкой катетера в начальном отделе аорты, либо, что предпочтительно, селективной коронарографии с последовательным зондированием каждой венечной артерии (рис. 9.27). В настоящее время коронарографию выполняют не только с диагностической целью,



Рис. 9.26. Аортограмма



Рис. 9.27. Селективная коронарограмма

но и как первый этап интервенционных процедур — коронарной ангиопластики, стентирования.

Однако эти инвазивные методики обременительны и даже небезопасны для больного, поэтому показания к их использованию в настоящее время значительно сужены.

9.1.2. Ультразвуковой метод

УЗИ высокоинформативно и в настоящее время признается основным методом диагностики заболеваний сердца. Оно позволяет достоверно оценивать и морфологическое, и функциональное состояние всех кардиальных структур, их анатомические особенности, сократительную способность миокарда, состояние центральной гемодинамики, то есть дает всестороннюю и многоплановую информацию о сердце. Достаточно важна роль этого метода и в оценке состояния грудной аорты. Основными показаниями для УЗИ являются аневризмы аорты, коарктация аорты, синдром Марфана, окклюзионные поражения ветвей дуги аорты.

Для получения наибольшего объема информации необходимо комплексное УЗИ, то есть использование в каждом случае различных видов эхокардиографии: В-режима, М-режима, доплерографии.

Базовой методикой является **В-режим**. Такое ультразвуковое сканирование, проводимое в режиме реального времени из различных доступов в разных плоскостях и сечениях, позволяет получать изображения всех анатомических структур сердца (желудочков, предсердий, клапанов) с возможностью их всесторонней оценки (размеры камер, толщина и характер движения стенок, кинетика створок клапанов) (рис. 9.28–9.30). Удастся выявлять и патологические внутрисердечные образования. Для исследования грудной аорты используют супрастернальный доступ с получением продольного и поперечного изображений дуги аорты, а также отходящих от нее ветвей (рис. 9.31).

М-режим как дополнительная методика предназначен в основном для измерения биометрических показателей сердца, прежде всего амплитуды и скорости движения кардиальных структур (рис. 9.32).

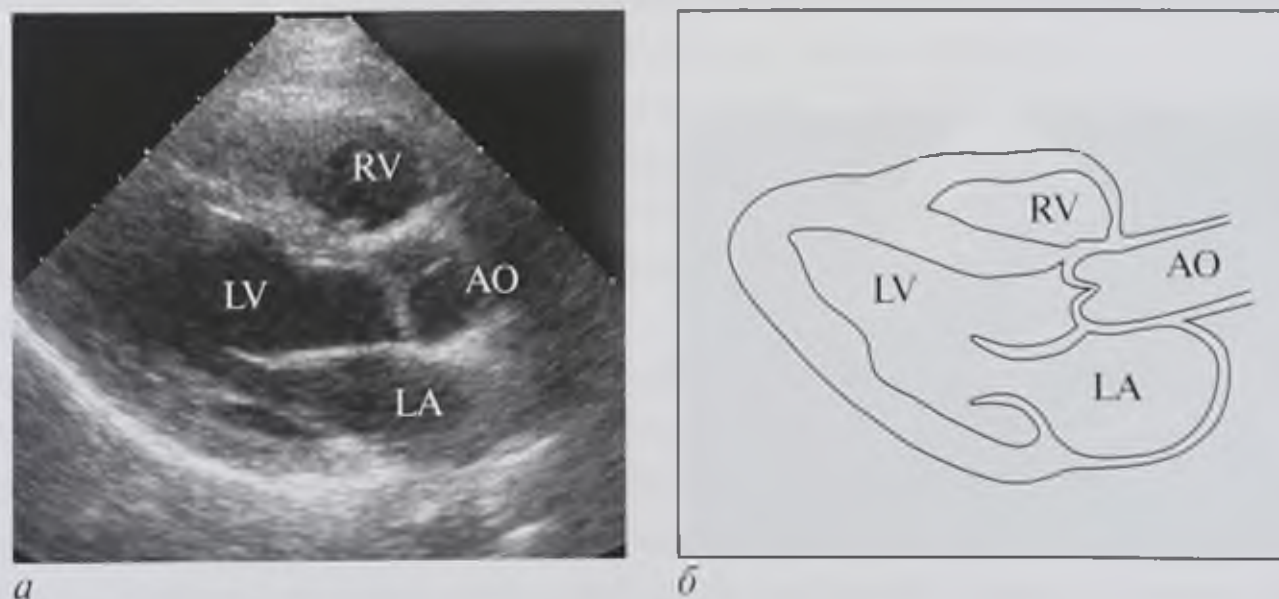


Рис. 9.28. Эхокардиограмма из левого парастернального доступа по длинной оси левого желудочка (а) и схема (б): LV — левый желудочек; RV — правый желудочек; АО — аорта; LA — левое предсердие

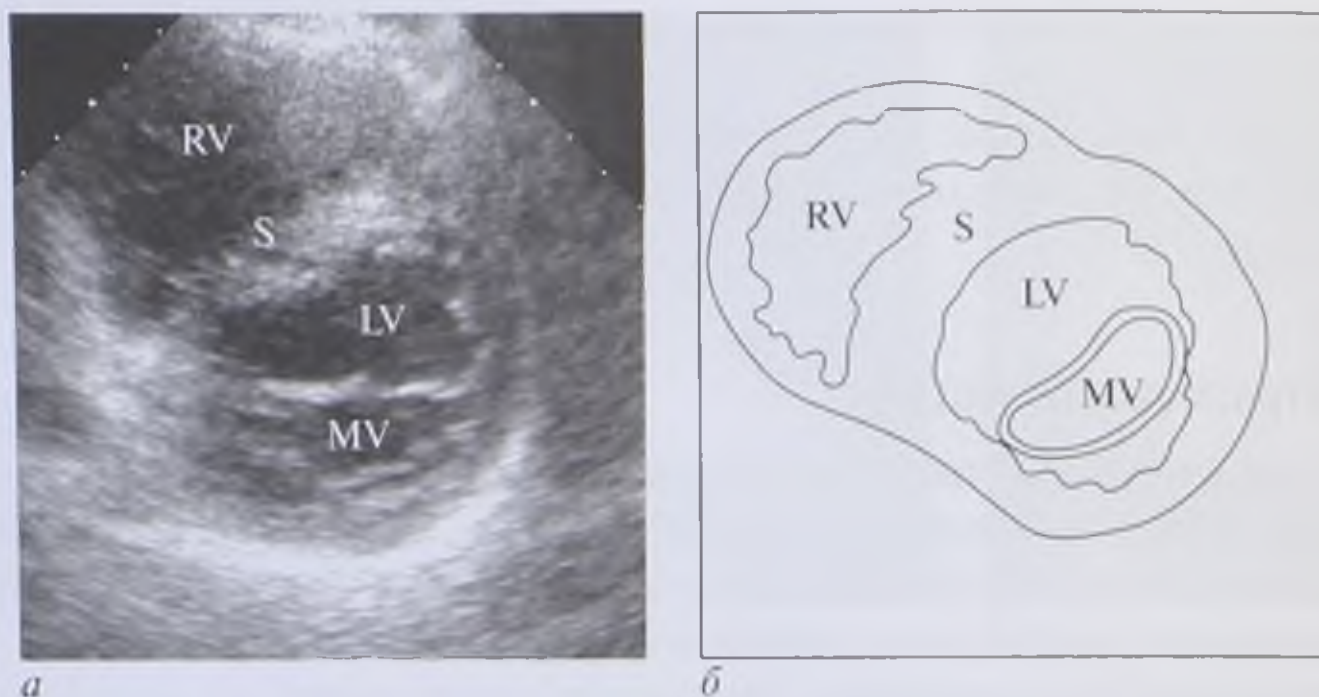


Рис. 9.29. Эхокардиограмма из левого парастерального доступа по короткой оси левого желудочка (а) и схема (б): RV — правый желудочек; S — межжелудочковая перегородка; LV — левый желудочек; MV — митральный клапан

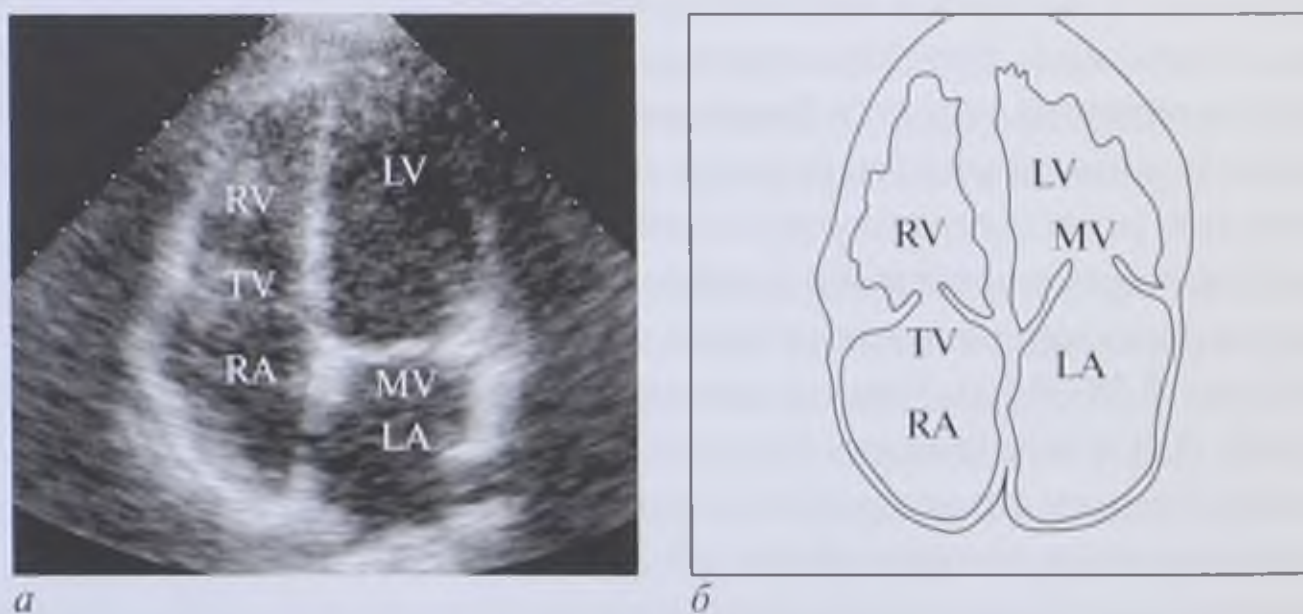


Рис. 9.30. Эхокардиограмма из апикального доступа в четырехкамерном сечении (а) и схема (б): RV — правый желудочек; LV — левый желудочек; RA — правое предсердие; LA — левое предсердие; TV — трикуспидальный клапан; MV — митральный клапан

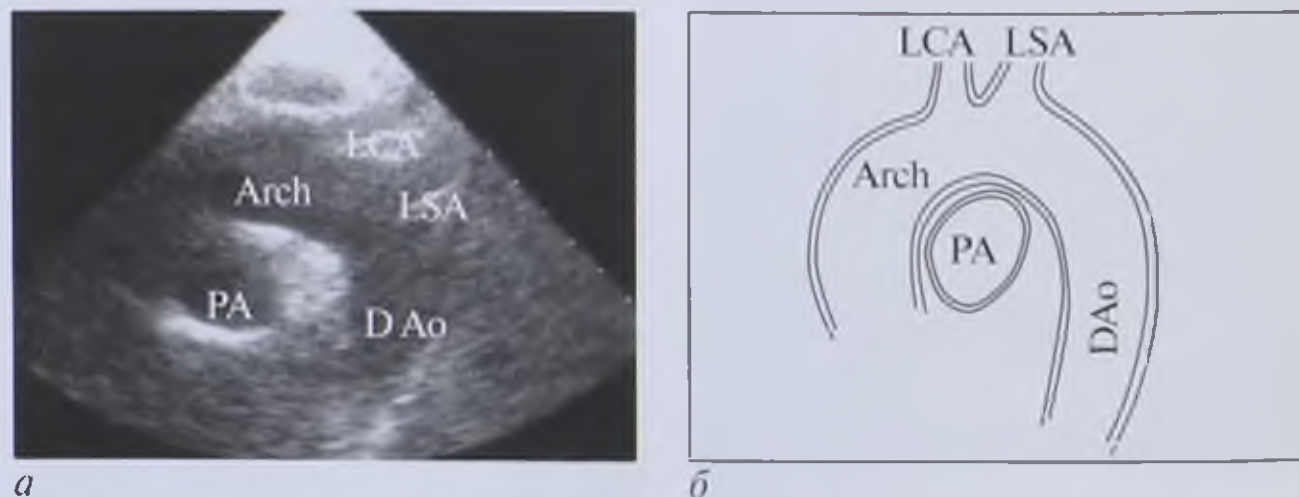


Рис. 9.31. Эхокардиограмма из супрастерального доступа по длинной оси аорты (а) и схема (б): Arch — дуга аорты; DAo — нисходящая аорта; LCA — левая сонная артерия; LSA — левая подключичная артерия; PA — легочная артерия

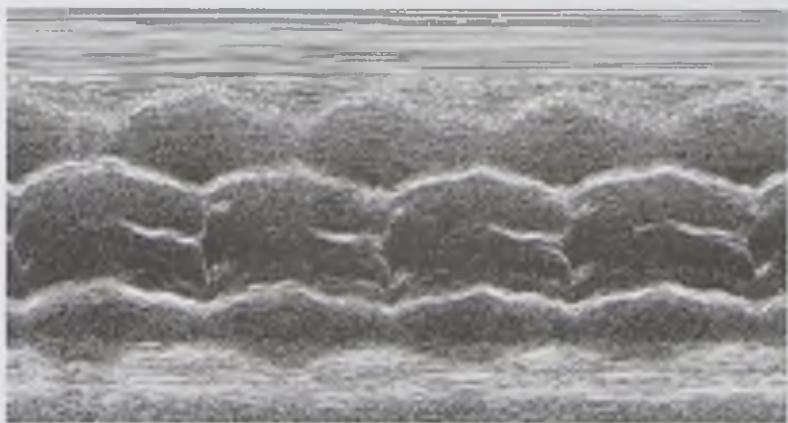


Рис. 9.32. Кривая движения створок аортального клапана в М-режиме

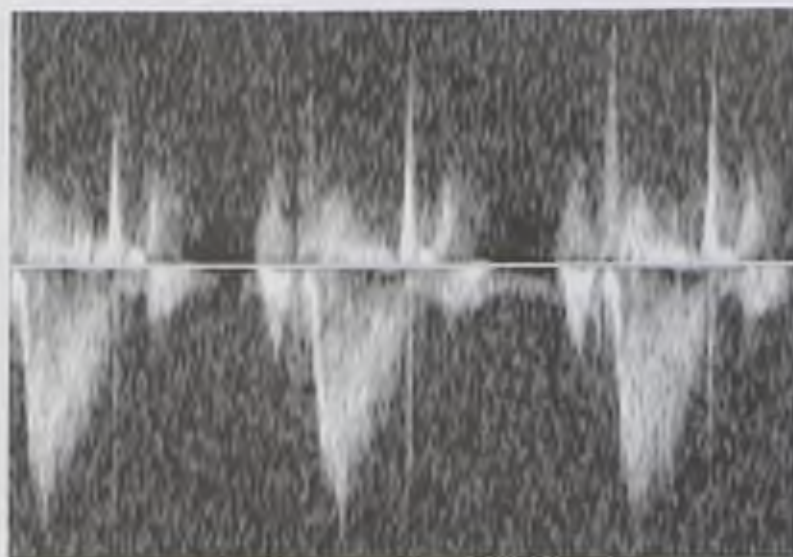


Рис. 9.33. Допплеровская спектрограмма трансаортального потока крови

Допплер-эхокардиография (ДЭхоКГ). В настоящее время в кардиологической практике используются потоковая спектральная, ЦДК, тканевая доплерография.

Спектральная ДЭхоКГ и ЦДК предназначены для исследования потоков крови в полостях сердца с определением их характера, направления и скорости (рис. 9.33). По спектрографическим параметрам скоростей кровотока можно рассчитать такие важнейшие показатели центральной гемодинамики, как ударный и минутный объемы, сердечный индекс, градиенты давления.

Изображение, получаемое при ЦДК, представляет собой двухмерную эхокардиограмму в произвольно выбранном сечении с наложенными на нее потоками крови, которые закодированы разными цветами в зависимости от их направления (рис. 9.34, см. цв. вклейку). Главное достоинство ЦДК состоит в том, что оно позволяет точно определять пространственную ориентацию и границы как физиологических, так и патологических потоков крови.

Тканевая доплерография в кардиологии предназначена главным образом для исследования физиологической функции миокарда. На эхограммах отображаются пространственное распределение скоростей движения отдельных элементов сердечной мышцы и уровни энергии эхосигналов от движущихся тканей при использовании ЦДК (рис. 9.35, см. цв. вклейку).

В целом наибольшее клиническое значение ДЭхоКГ состоит в выявлении и оценке степени клапанных регургитаций, патологических шунтов, в установлении гемодинамической значимости стенозов, в количественной оценке легочной артериальной гипертензии, определении функционального состояния камер сердца.

Существенно расширяют возможности эхокардиографии (ЭхоКГ) чреспищеводное сканирование и применение нагрузочных проб (стресс-ЭхоКГ).

Чреспищеводное УЗИ сердца особенно значимо при новообразованиях предсердий, патологии протезов клапанов, инфекционном эндокардите, врожденных пороках сердца, заболеваниях грудной аорты. Кроме того, это исследование оказывается высокоэффективным в оценке функции левого желудочка, в распознавании осложнений инфаркта миокарда, в выявлении внутрисердечных тромбов.

Стресс-ЭхоКГ — это УЗИ сердца в условиях его дополнительной нагрузки. В качестве нагрузочных проб можно применять физическую нагрузку (велоэргометр, тредмил), чреспищеводную электростимуляцию сердца, фармакологические средства. Главная цель стресс-ЭхоКГ состоит в определении реакции левого желудочка на нагрузку, в выявлении нарушений, которые не регистрируются в покое.

В клинической практике УЗИ используют также для оценки состояния коронарных артерий путем внутрисосудистой катетеризации с применением специальных микродатчиков. Только эта методика предоставляет информацию и о просвете сосуда, и о состоянии его стенки, и о характере и выраженности патологических изменений в ней, прежде всего о протяженности и глубине кальцификации, что имеет чрезвычайно большое значение при планировании баллонной ангиопластики.

9.1.3. Рентгеновская компьютерная томография

КТ сердца и грудной аорты может проводиться в условиях естественной контрастности (нативная КТ) либо с использованием искусственного контрастирования крови (КТ-ангиокардиография).

Нативное КТ-исследование дает общее представление об органах грудной клетки, в том числе, естественно, о сердце и крупных сосудах. При этом видны внешние очертания камер сердца, ограниченные жировыми прослойками. Полости сердечных камер изолированно не дифференцируются, так как плотность крови в них практически равна плотности миокарда. Восходящая и нисходящая части грудной аорты на аксиальных срезах отображаются в поперечном сечении, дуга аорты — в продольном.

В целом нативная КТ обладает небольшой информативностью. Основные показания для ее целенаправленного проведения ограничены диагностикой экссудативного и адгезивного перикардита и выявлением кальцинатов в коронарных артериях. Последний вопрос особенно актуален:

- при отборе пациентов с ИБС для коронарографии;
- для определения показаний и противопоказаний к проведению баллонной ангиопластики и прогнозирования ее результатов;
- для оценки динамики атеросклеротического поражения коронарных артерий с целью определения эффективности проводимой терапии.

Программное обеспечение современных компьютерных томографов позволяет определять площадь, объем, число кальцинатов, а также массу фосфата кальция. КТ-ангиокардиография обладает значительно большими возможностями в оценке состояния сердца, коронарных артерий, аорты. Эта методика основана на искусственном повышении плотности крови в камерах сердца и в сосудах, что обеспечивает получение отдельного изображения их полостей и стенок. Это исследование выполняют путем быстрого внутривенного введения болюса 100–150 мл РКС со скоростью 3–4 мл/с. Исследование делают в артериальную фазу. Для того чтобы ее застать, сканирование должно начинаться через 15–20 с после инъекции РКС. Четкость изображения пульсирующих, быстро смещающихся сосудов и сердца достигается высокой

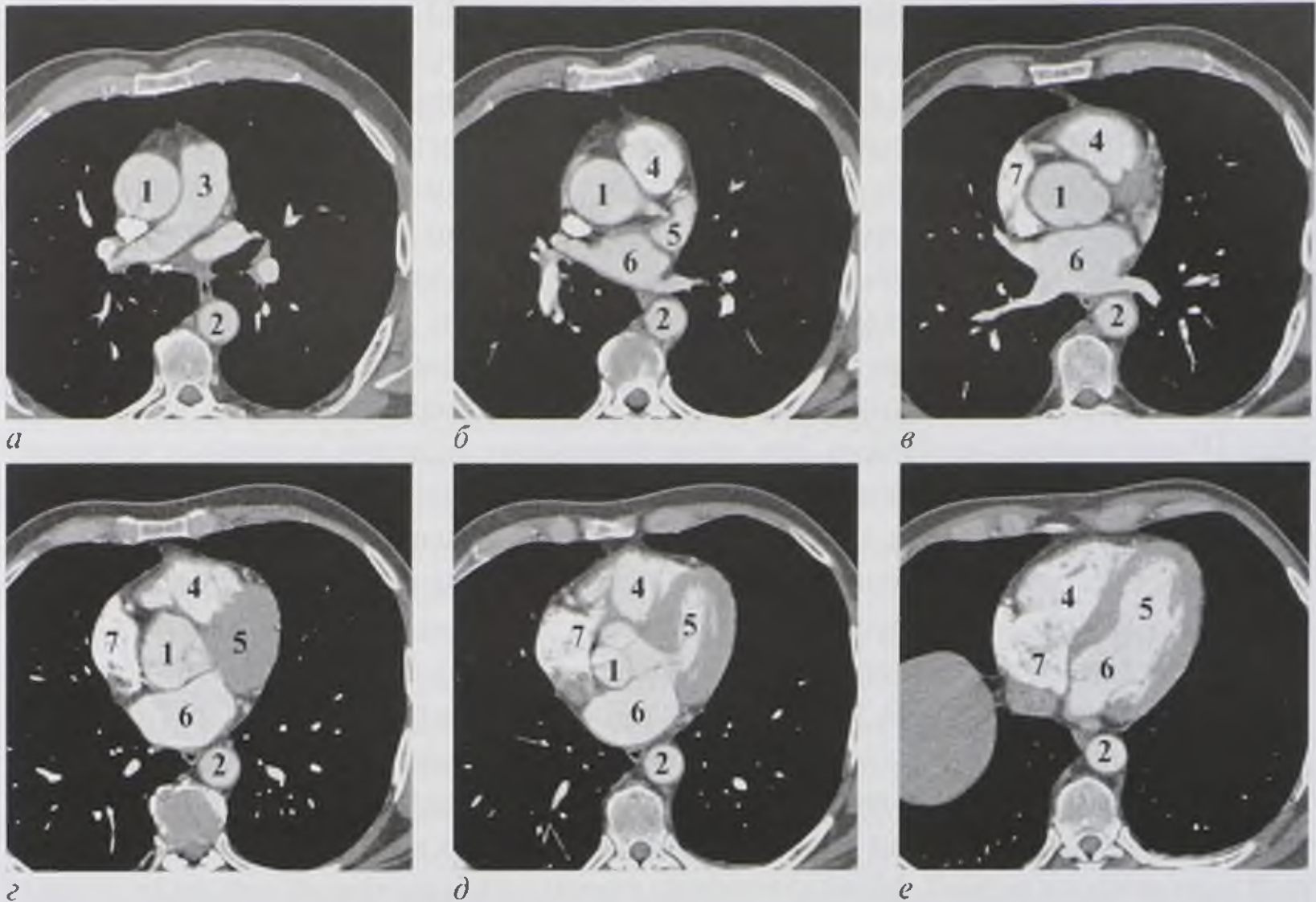


Рис. 9.36. Серия компьютерно-томографических ангиокардиограмм на различных уровнях аксиальных срезов (*a–e*): 1 — восходящая аорта; 2 — нисходящая аорта; 3 — легочная артерия; 4 — правый желудочек; 5 — левый желудочек; 6 — левое предсердие; 7 — правое предсердие

скоростью сканирования. Этим требованиям соответствуют многосрезовые спиральные компьютерные томографы (МСКТ) и электронно-лучевые томографы (ЭЛТ), имеющие опцию синхронизации с ЭКГ. Они позволяют визуализировать все структуры сердца с достаточно высоким пространственным и временным разрешением (рис. 9.36, 9.37). Исследование можно выполнять в варианте статического или динамического сканирования, то есть с производством на каждом уровне единичных сканов либо серий томограмм. Все серии изображений подвергаются визуальному и денситометрическому анализу. Преимуществом динамического сканирования является возможность оценки не только морфологических изменений, но и состояния центральной гемодинамики, главным образом по скорости прохождения РКС по камерам сердца. Дополнительную, весьма важную информацию дают многоплоскостные реформации и трехмерное преобразование.

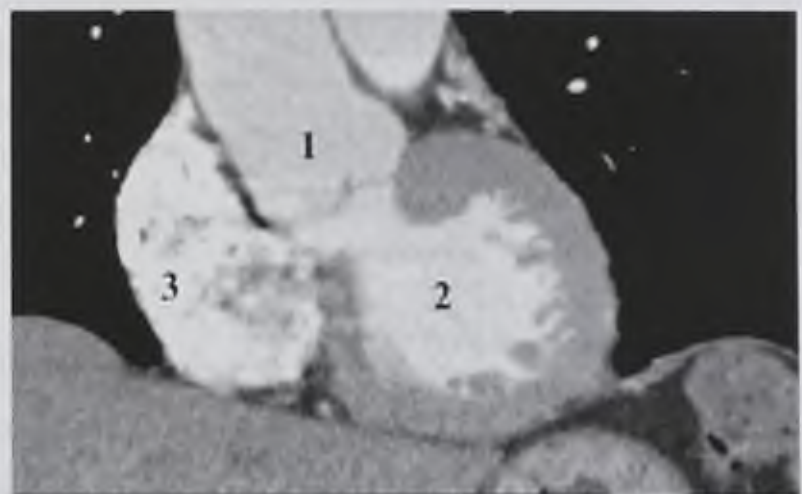


Рис. 9.37. Компьютерно-томографическая ангиокардиограмма во фронтальной плоскости: 1 — восходящая аорта; 2 — левый желудочек; 3 — правое предсердие

В целом при исследовании сердца МСКТ и ЭЛТ с использованием контрастирования обеспечивают достоверную диагностику аневризм, тромбов и внутриполостных новообразований сердца, рубцовых поражений миокарда, гипертрофической кардиомиопатии и других патологических состояний. Кроме того, методику можно использовать для функционального исследования сердца: оценки объема камер, общей и регионарной сократимости, скорости внутрисердечных потоков крови, перфузии миокарда, а также для выявления патологических шунтов и регургитирующих потоков.

Для оценки состояния коронарных артерий обычно дополнительно используют многоплоскостные реконструкции. Возможно также построение Max IP-проекции, особенно для проксимальных отделов венечных артерий, но наиболее информативным является объемный рендеринг (volume rendering technique, VRT). При таком исследовании во всех случаях удается получить отчетливое изображение проксимальной и средней третей коронарных артерий и в 90% — их крупных ветвей. При этом с высокой точностью выявляют различные морфологические изменения, прежде всего обызвествления и стенозы артерий (рис. 9.38, см. цв. вклейку). Однако данные МСКТ- и ЭЛТ-коронарографии все же оказываются недостаточными для выполнения оперативных и интервенционных сосудистых вмешательств. Главный недостаток этих технологий — плохая визуализация дистальных частей коронарных артерий и их мелких ветвей. Металлические стенты в коронарных артериях делают невозможной оценку состояния сосудистой стенки в месте их расположения.

Значительно меньшие трудности возникают при оценке состояния коронарных шунтов, которые визуализируются на всем протяжении (рис. 9.39, см. цв. вклейку). Динамическую КТ можно использовать для количественной оценки кровотока по шунтам. Виртуальная аортоскопия позволяет изучить устья шунтов с внутренней стороны аорты.

Контрастная МСКТ и ЭЛТ дают одномоментно изображение всей грудной аорты (рис. 9.40, см. цв. вклейку). Наиболее информативны эти методики в диагностике аневризм, расслоений и нарушений развития аорты (коарктация, врожденная извитость и позадипищеводное расположение дуги, сосудистое кольцо и др.). В отношении аневризм грудной аорты такое исследование значительно превосходит возможности традиционной рентгеноконтрастной аортографии, предоставляя исчерпывающую информацию, необходимую для выполнения оперативного вмешательства: локализация, диаметр, протяженность, форма аневризмы; взаимоотношение с ней ветвей аорты; тромботические массы, расслоения, разрыв стенки; парааортальная гематома.

9.1.4. Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансное исследование сердца и коронарных артерий для получения качественного изображения проводится синхронизированно с сокращениями сердца и с фазами дыхания. При отсутствии такой синхронизации видны только наружные очертания сердца. Высокое пространственное и временное разрешение обеспечивается использованием быстрых и сверхбыстрых импульсных последовательностей. Они существенно расширяют

диагностические возможности метода. Некоторые из них позволяют получать последовательные изображения на одном и том же уровне соответственно различным фазам сердечного цикла с последующим воспроизведением в кинорежиме, что делает возможным изучение сократимости сердца и функции клапанов. Современные модели МР-томографов позволяют выполнять многофазовую кино-МРТ одновременно на нескольких анатомических уровнях. Сверхбыстрые последовательности предоставляют возможность наблюдать прохождение контрастного вещества по камерам сердца, а также распределение первого болюса контрастного вещества в миокарде, что позволяет проводить оценку его перфузии в режиме реального времени.

МР-исследование сердца обычно начинается с выполнения томограмм в стандартных плоскостях (рис. 9.41).

В отличие от КТ, МРТ дает дифференцированное изображение стенок сердца и крови, находящейся в его полости, в нативных условиях. Это обусловлено различным уровнем МР-сигналов от этих объектов. В норме миокард на МР-томограммах дает изоинтенсивный сигнал (серый цвет), перикард — гипоинтенсивный сигнал (черный цвет), жировая ткань дает наиболее интенсивный сигнал и отображается белым цветом. Интенсивность МР-сигнала миокарда может служить основой для оценки его состояния. Достаточно четкое изображение получает большинство основных анатомических структур сердца: миокард, клапаны сердца, папиллярные мышцы, крупные трабекулы, перикард. Коронарные артерии при нативной МРТ различаются фрагментарно, поэтому их оценка с клиническими целями пока невозможна. Анализ МР-томограмм, выполненных в разные фазы сердечной деятельности, позволяет оценивать функцию желудочков с определением таких важнейших показателей, как конечно-систолический и конечно-диастолический объемы, фракция изгнания; толщина, систолическое утолщение и подвижность стенок по сегментам. Получаемые при этом данные хорошо согласуются с результатами ЭхоКГ, КТ, ангиокардиографии.

Методика контрастирования в кардиологии используется главным образом для оценки перфузии и жизнеспособности миокарда. Количественная

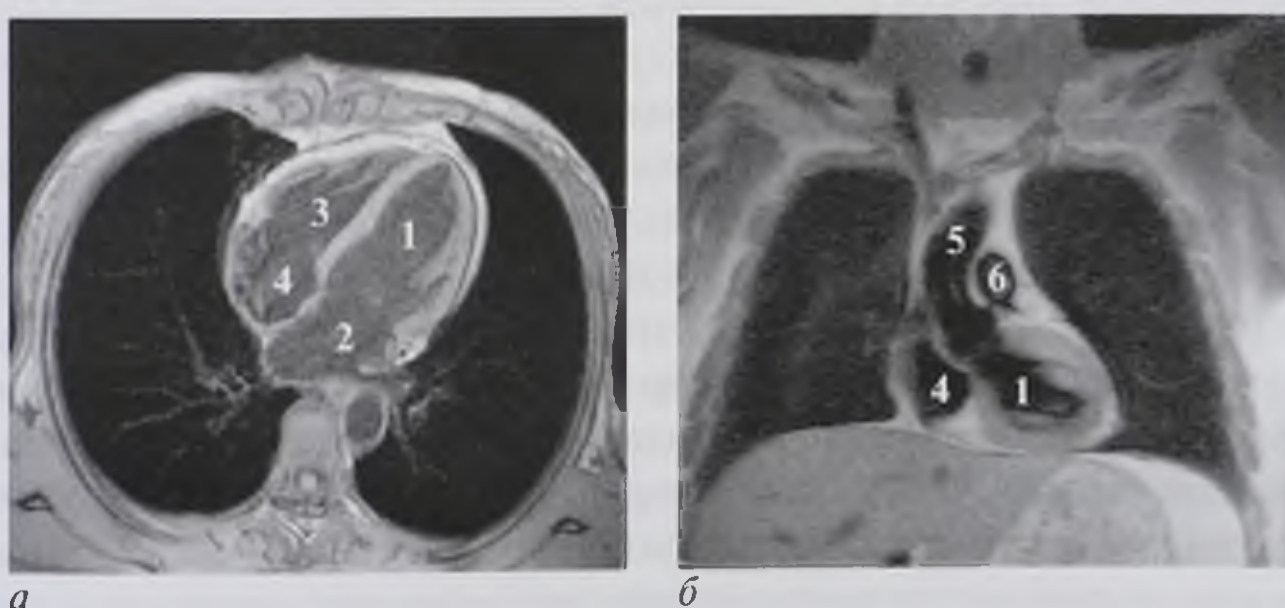


Рис. 9.41. Магнитно-резонансные томограммы сердца в аксиальной (*а*) и фронтальной (*б*) плоскостях: 1 — левый желудочек; 2 — левое предсердие; 3 — правый желудочек; 4 — правое предсердие; 5 — восходящая аорта; 6 — легочная артерия

характеристика динамики накопления и выведения контрастного вещества устанавливается путем построения кривых интенсивность—время, которые отражают изменение уровня МР-сигнала в изучаемой области на протяжении исследования. Дефекты перфузии проявляются ослаблением сигналов и замедлением поступления контрастного вещества в пораженные участки миокарда. Эти данные используют для диагностики острого инфаркта и рубцовых поражений миокарда, гипертрофической кардиомиопатии, миокардитов.

Контрастная МР-коронарография по информативности уступает многослойной спиральной КТ и электронно-лучевой томографии. Тем не менее ее можно проводить для диагностики стенозов, окклюзий, аномалий отхождения коронарных артерий. Качество их изображения повышается при выполнении трехмерной реконструкции.

МР-исследование грудной аорты проводится без синхронизации с сокращениями сердца. Для получения полного изображения аорты на всем протяжении выбирают плоскость, параллельную дуге аорты.

В целом МРТ следует расценивать как высокоинформативный метод лучевого исследования сердца. Он остается приоритетным в диагностике аневризм сердца и аорты, коарктации аорты, паракардиальных образований, гипертрофической кардиомиопатии. МРТ позволяет с достаточно высокой точностью выявлять рубцовые поражения миокарда, тромбы сердца и аорты, патологические внутрисердечные шунты, стеноз и недостаточность аортального клапана, расслоение стенки аорты, а также визуализировать зону инфаркта миокарда в остром периоде и достоверно дифференцировать экссудат и транссудат со скоплениями крови в полости перикарда. Однако следует признать, что в выявлении некоторых заболеваний и в оценке функционального состояния сердца не меньшими возможностями обладают другие лучевые методы, более экономичные и доступные. В связи с этим показания к использованию МРТ в каждом конкретном случае должны быть всесторонне обоснованы.

9.1.5. Радионуклидный метод

В комплексном лучевом исследовании сердца для всесторонней характеристики его морфологических и функциональных изменений значительную роль играет радионуклидный метод. Для решения конкретных диагностических задач используются те или иные специальные методики. Основные из них:

- перфузионная сцинтиграфия миокарда;
- сцинтиграфия очага инфаркта миокарда;
- радионуклидная равновесная вентрикулография.

Перфузионная сцинтиграфия миокарда основана на использовании РФП, избирательно накапливающихся в интактной ткани сердечной мышцы пропорционально интенсивности коронарного кровотока. Благодаря этому создается возможность изучения кровоснабжения сердца на уровне микроциркуляции. В норме определяется равномерное интенсивное накопление препарата в миокарде левого желудочка (рис. 9.42, см. цв. вклейку). В участках миокарда со сниженным кровотоком накопление РФП уменьшено, а в некротизированных, рубцовых участках полностью отсутствует (негативная сцинтиграфия).

Диффузные нарушения перфузии миокарда характеризуются неравномерностью включения РФП по всей площади изображения. Важную диагностическую информацию предоставляет дополнительное исследование в условиях физической или фармакологической нагрузки. Это позволяет не только определять наличие, локализацию и обширность дефектов перфузии, но и оценивать функциональные резервы кровоснабжения миокарда, дифференцировать зоны ишемического и инфарктного поражения сердечной мышцы.

Технически сцинтиграфия миокарда обычно производится в варианте ОФЭКТ. ПЭТ обладает еще большими возможностями в изучении перфузии сердечной мышцы и, кроме того, предоставляет информацию о метаболизме миокарда.

Сцинтиграфия очага инфаркта миокарда в отличие от перфузионной сцинтиграфии основана на использовании РФП, которые, напротив, тропны не к интактному миокарду, а к поврежденному (позитивная сцинтиграфия). Наиболее широкое клиническое применение в этих целях получил ^{99m}Tc -пирофосфат. Достоверное локальное включение этого радионуклида в очаг поражения происходит не ранее 10 ч от появления первых клинических признаков инфаркта и сохраняется на достаточном уровне в течение 5–6 ч. В эти сроки чувствительность сцинтиграфии с ^{99m}Tc -пирофосфатом в диагностике острого инфаркта миокарда достигает 98%. Таким образом, при подозрении на инфаркт миокарда в первые часы его развития более показана перфузионная сцинтиграфия, а через 12–24 ч целесообразнее проводить исследование с РФП, тропными к некротизированной ткани.

Радионуклидная равновесная вентрикулография (РРВГ) проводится с использованием методики метки эритроцитов *in vivo*. Сначала больному внутривенно вводят олова пирофосфат, который активно абсорбируется на эритроцитах. Через 20–30 мин также внутривенно вводят натрия пертехнетат [^{99m}Tc], который сразу прочно соединяется с пирофосфатом. В результате обеспечивается стабильная метка не менее 90% эритроцитов крови на период до 4 ч.

После полного разведения РФП в крови гамма-камерой регистрируется несколько сотен изображений, на основе которых путем компьютерного анализа формируется единый усредненный образ сердечного цикла. Помимо сцинтиграфической картины, над выбранными зонами интереса в проекции левого желудочка строятся кривые активность–время, которые интегрально отражают сократительную функцию сердца на протяжении нескольких сердечных циклов.

По разнице уровней радиоактивности крови в полостях желудочков в конечно-диастолической и конечно-систолической фазах рассчитывают их фракцию выброса. Визуализация изображений сердца в различные фазы дает возможность оценивать движение стенок желудочков и в результате выявлять региональные нарушения сократимости миокарда.

Основными показаниями к проведению РРВГ являются ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, аневризмы сердца, гипертоническая болезнь, диффузные поражения сердечной мышцы. Применение дозированной физической нагрузки позволяет оценивать резервные возможности миокарда по фракции выброса.

Диагностическая значимость различных лучевых методов в кардиологии приведена в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Информативность методов лучевой диагностики в выявлении поражения сердца и грудной аорты

Признаки	Методы лучевой диагностики					Приоритетный метод
	ЭхоКГ	КТ	МРТ	рентгеноконтрастные методики	радионуклидный метод	
Сердце						
Морфологические изменения	+++	+++	+++	++	+	ЭхоКГ
Функциональное состояние	+++	++	++	++	++	ЭхоКГ
Функция клапанов	+++	+	+	+	—	ЭхоКГ
Коронарные артерии	—	++	+	+++	—	Рентгеноконтрастная коронарография
Перфузия и метаболизм миокарда	—	+	+	—	+++	Радионуклидный метод
Грудная аорта	++	+++	+++	++	+	МРТ, КТ

Примечание: «+» — степень информативности («+» — наименьшая степень, «+++» — наибольшая степень); «—» — не информативен.

Таким образом, при лучевом исследовании сердца предпочтительным, первым и основным методом следует считать ЭхоКГ. Для оценки перфузии и метаболизма миокарда необходимо проводить радионуклидное исследование. «Золотым стандартом» оценки состояния коронарных артерий остается традиционное рентгеноконтрастное исследование. Приоритетными методами диагностики заболеваний грудной аорты признаются МРТ и КТ.

9.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА И ГРУДНОЙ АОРТЫ

9.2.1. Ишемическая болезнь сердца

ЭхоКГ: нарушение сократимости отдельных участков стенки левого желудочка в виде уменьшения амплитуды движения и степени систолического утолщения миокарда; снижение фракции выброса левого желудочка.

Перфузионная сцинтиграфия миокарда: участки миокарда с уменьшенным накоплением РФП (рис. 9.43, см. цв. вклейку).

Контрастная рентгеновская и КТ-коронарография: сужения, окклюзии различных ветвей коронарных артерий (рис. 9.44).



Рис. 9.44. Селективная коронарограмма. Стеноз передней межжелудочковой ветви левой венечной артерии (стрелка)

9.2.2. Острый инфаркт миокарда

Перфузионная сцинтиграфия миокарда: полное отсутствие накопления РФП в некротизированном участке миокарда (негативная сцинтиграфия) (рис. 9.45, см. цв. вклейку).

Сцинтиграфия очага инфаркта миокарда: участок гиперфиксации РФП (позитивная сцинтиграфия).

Радионуклидная равновесная вентрикулография, ЭхоКГ: участок акинезии стенки левого желудочка; снижение фракции выброса левого желудочка.

9.2.3. Митральный стеноз

Рентгенография: прямая проекция — выбухание по левому контуру сердечной тени второй и третьей дуг; добавочная дуга по правому контуру сердечной тени в области правого кардиовазального угла (контур гипертрофически увеличенного левого предсердия); смещение вверх правого кардиовазального угла; изменения в легких как проявление легочной артериальной гипертензии — расширение корней легких за счет главных и долевого ветвей легочной артерии, и, наоборот, обеднение легочного рисунка на периферии в результате спазма мелких легочных артерий (симптом скачка калибра) (рис. 9.46).

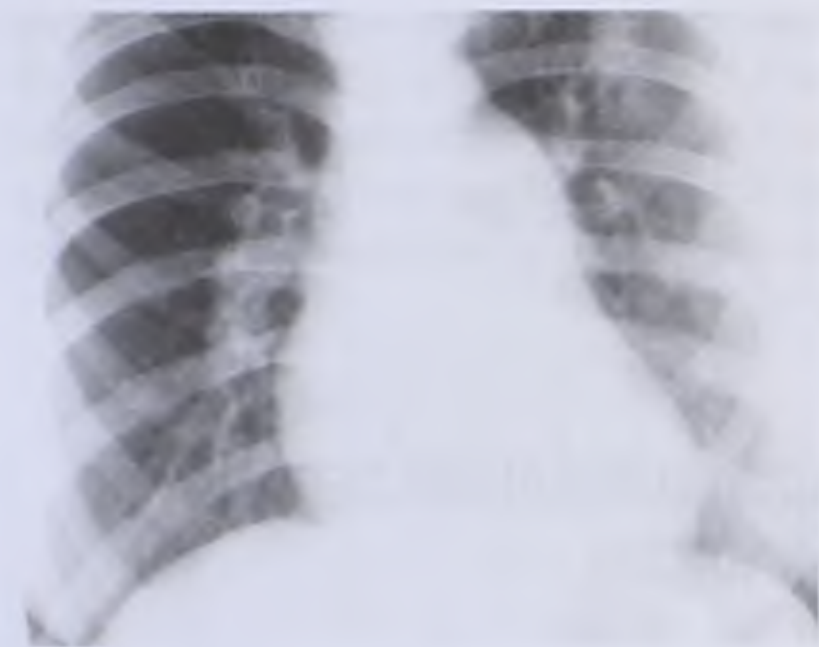


Рис. 9.46. Рентгенограмма в прямой проекции. Митральный стеноз



Рис. 9.47. Эхокардиограмма в В-режиме. Митральный стеноз (стрелка): LV — левый желудочек; RV — правый желудочек; AO — аорта; LA — левое предсердие

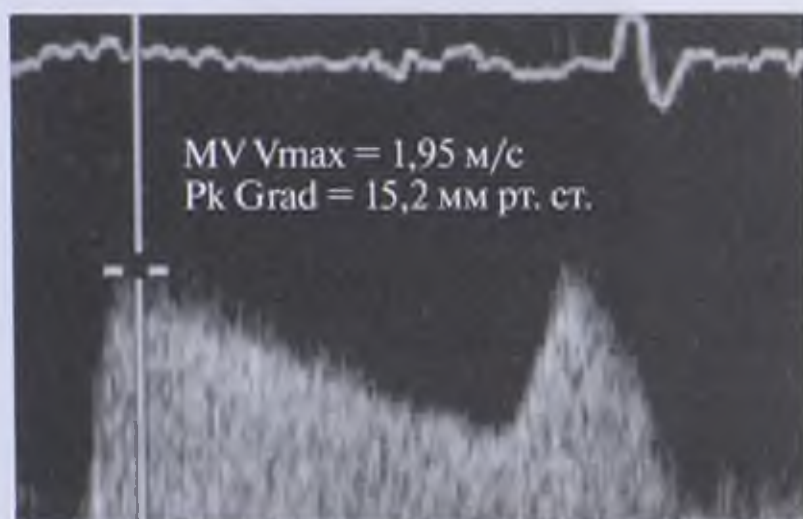


Рис. 9.48. Эхокардиограмма в М-режиме. Митральный стеноз

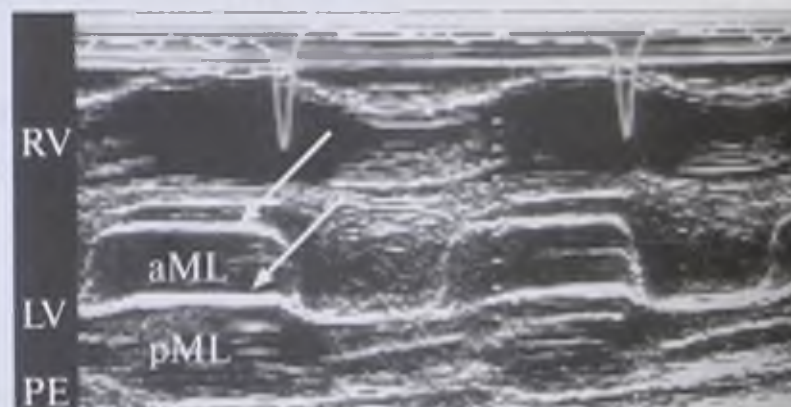


Рис. 9.49. Допплеровская спектрограмма. Митральный стеноз (стрелка): RV — правый желудочек; LV — левый желудочек; PE — небольшой выпот в полости перикарда; aML — передняя створка митрального клапана; pML — задняя створка митрального клапана

Левая боковая проекция — локальное смещение пищевода назад увеличенным левым предсердием; увеличение прилегания правого желудочка к грудной клетке.

ЭхоКГ: В-режим — куполообразное диастолическое прогибание створок митрального клапана в полость левого желудочка; уменьшение площади митрального отверстия; утолщение, уплотнение, обызвествление створок митрального клапана (рис. 9.47).

М-режим — снижение скорости раннего диастолического прикрытия передней створки митрального клапана; однонаправленное диастолическое движение створок митрального клапана (рис. 9.48).

ДЭхоКГ: увеличение максимальной скорости трансмитрального кровотока; увеличение диастолического градиента давления между левым предсердием и левым желудочком (рис. 9.49).

9.2.4. Недостаточность митрального клапана

Рентгенография: прямая проекция — удлинение и смещение влево дуги левого желудочка; выбухание по левому контуру дуги ушка левого предсердия; смещение правого контура сердечной тени вправо из-за выхождения на него увеличенного левого предсердия; смещение вверх правого кардиовазального угла.

Левая боковая проекция — расширение сердечной тени к позвоночнику и ее широкое прилегание к диафрагме; увеличение заднего кардиодиафрагмального угла (рис. 9.50).

ЭхоКГ: В-режим — неполное систолическое смыкание створок митрального клапана; дилатация полостей левых камер сердца.

ДЭхоКГ: регургитирующий поток крови через митральный клапан из левого желудочка в левое предсердие (рис. 9.51, см. цв. вклейку).

9.2.5. Стеноз устья аорты

Рентгенография: прямая проекция — удлинение и смещение влево дуги левого желудочка; расширение дуги восходящей аорты; смещение вниз правого кардиовазального угла.

Левая боковая проекция — смещение дуги левого желудочка к позвоночнику; расширение восходящей аорты, приводящее к сужению на этом уровне ретростернального пространства (рис. 9.52).

ЭхоКГ: В-режим — уменьшение систолического расхождения створок аортального клапана; утолщение, уплотнение, обызвествление аортального клапана; уменьшение площади аортального устья.

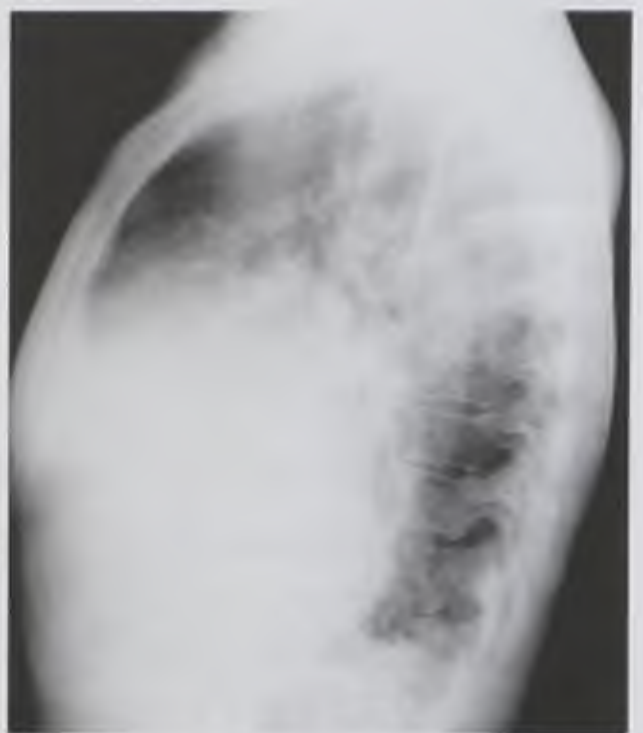
ДЭхоКГ: увеличение максимальной скорости аортального кровотока; увеличение систолического градиента давления на аортальном клапане.

9.2.6. Недостаточность аортального клапана

Рентгенография: прямая проекция — удлинение и смещение влево дуги левого желудочка;



a



б

Рис. 9.50. Рентгенограммы в прямой (*a*) и левой боковой (*б*) проекциях. Недостаточность митрального клапана



Рис. 9.52. Рентгенограмма в прямой проекции. Стеноз устья аорты



Рис. 9.53. Аортограмма. Недостаточность аортального клапана

расширение дуги восходящей аорты; смещение вниз правого кардиовазального угла.

Левая боковая проекция — смещение дуги левого желудочка к позвоночнику; расширение восходящей аорты, приводящее к сужению на этом уровне ретростернального пространства.

Рентгеноконтрастная аортография: визуализация регургитирующего потока крови из аорты в левый желудочек (рис. 9.53).

ЭхоКГ: В-режим — неполное диастолическое смыкание створок аортального клапана; дилатация полости левого желудочка; М-режим — диастолическое высокочастотное мелкоамплитудное трепетание передней створки митрального клапана.

ДЭхоКГ: регургитирующий поток крови через аортальный клапан из аорты в левый желудочек (рис. 9.54, см. цв. вклейку).

9.2.7. Экссудативный перикардит

Рентгенография: общее увеличение сердечной тени, приобретающей шаровидную форму; исчезновение дуг по контурам сердечной тени; укорочение сосудистого пучка; расширение верхней полой вены (рис. 9.55).

ЭхоКГ, КТ, МРТ: прямая визуализация жидкости в полости перикарда (рис. 9.56, 9.57).



Рис. 9.55. Рентгенограмма в прямой проекции. Экссудативный перикардит

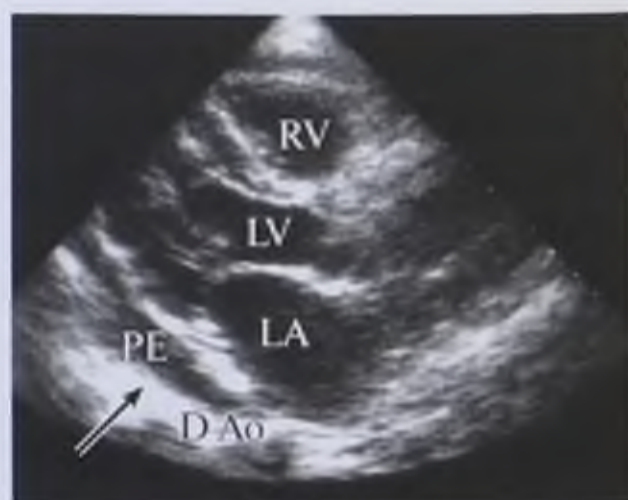


Рис. 9.56. Эхокардиограмма. Экссудативный перикардит (стрелка): RV — правый желудочек; LV — левый желудочек; PE — выпот в полости перикарда; LA — левое предсердие; DAo — нисходящая аорта

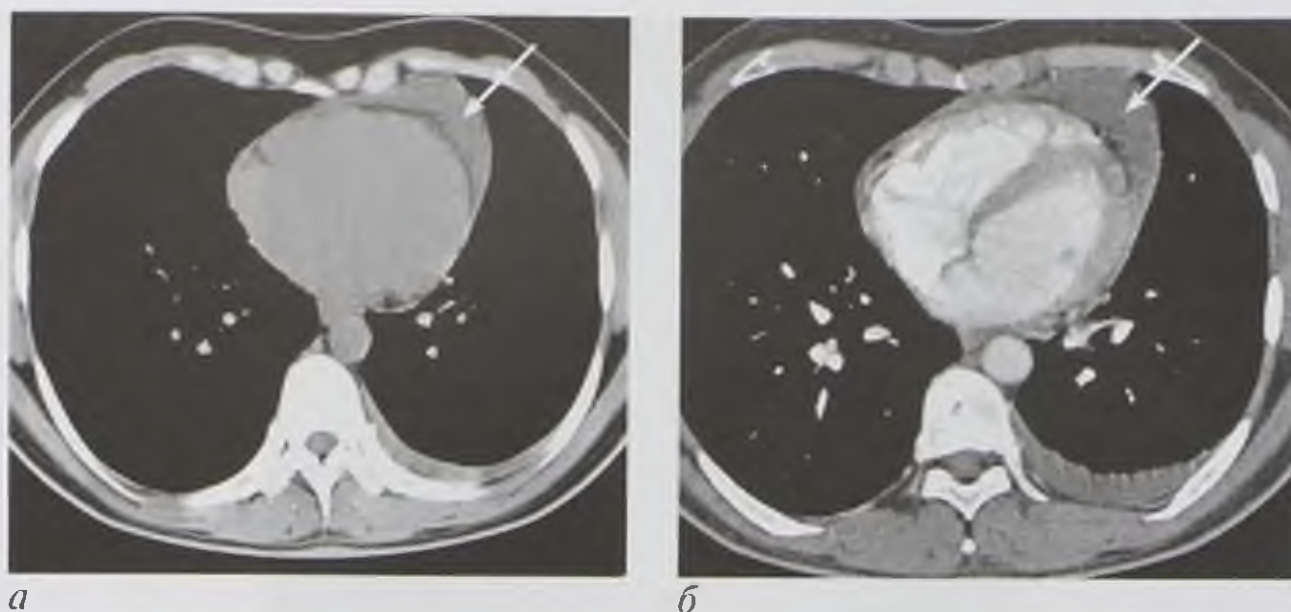


Рис. 9.57. Компьютерная томограмма нативная (а) и компьютерно-томографическая ангиограмма (б). Экссудативный перикардит (стрелки)

9.2.8. Адгезивный констриктивный перикардит

Рентгенография и рентгеноскопия: обызвествления перикарда; изменение формы и уменьшение размеров сердечной тени; расширение верхней полой вены; отсутствие пульсации по контурам сердечной тени при сохранении пульсации по контурам аорты (рис. 9.58).

КТ: утолщение, уплотнение, обызвествление сердечной сорочки.

ЭхоКГ: отсутствие движения перикарда; парадоксальное движение межжелудочковой перегородки в раннюю диастолу; коллабирование нижней полой вены после глубокого вдоха менее чем на 50%.



Рис. 9.58. Рентгенограмма в прямой проекции. Адгезивный констриктивный перикардит с обызвествлением

9.2.9. Аневризмы грудной аорты

Рентгенография в прямой проекции: локальное расширение верхней части срединной тени полукруглой, полуовальной формы с ровными четкими контурами, неотделимос ни в одной проекции от аорты и обладающее самостоятельной пульсацией (рис. 9.59).

МР-аортография, контрастная КТ-аортография позволяют не только с высокой точностью выявлять аневризму, но и давать ей всестороннюю и детальную характеристику (форма, диаметр, протяженность, состояние парааортальных тканей, тромботические массы, расслоение стенки) (рис. 9.60).



Рис. 9.59. Рентгенограмма в прямой проекции. Аневризма нисходящей части аорты



Рис. 9.60. Аортограмма. Аневризма нисходящей части аорты

Рентгеноконтрастная аортография ограничена возможностью оценки только просвета аорты. К тому же, как инвазивный метод исследования, она таит в себе риск развития весьма серьезных осложнений (эмболия артерий головного мозга, разрыв аневризматического мешка).

9.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ СЕРДЦА И ГРУДНОЙ АОРТЫ

9.3.1. Ушиб сердца

ЭхоКГ: регионарное ухудшение сократимости и уменьшение фракции выброса желудочков сердца; зона контузии миокарда неоднородной эхоструктуры с включением мелких эхонегативных участков, обусловленных отеком и кровоизлияниями.

Перфузионная сцинтиграфия миокарда: участки миокарда с уменьшением накопления РФП.

9.3.2. Разрыв наружных стенок сердца

ЭхоКГ, КТ, МРТ: прямая визуализация жидкости (крови) в полости перикарда.

Рентгенография: общее увеличение сердечной тени, приобретающей шаровидную форму; сглаженность дуг по контурам сердечной тени; укорочение сосудистого пучка; расширение верхней полой вены.

9.3.3. Разрыв грудной аорты

МР-аортография, контрастная КТ-аортография: прерывистость, расслоение стенки аорты; формирование псевдоаневризмы; выход контрастного вещества за пределы аорты.

Контрольные вопросы

1. Каково положение сердечной тени на рентгенограмме в зависимости от типа телосложения, фазы дыхания и положения тела обследуемого пациента?
2. Какие бывают варианты патологической формы сердечно-сосудистой тени на рентгенограмме в прямой проекции?
3. Перечислите рентгеноконтрастные методики для исследования сердца и магистральных сосудов.
4. Какой наиболее распространенный метод лучевой диагностики применяется при заболеваниях сердца?
5. Какие методики используются при эхографическом исследовании сердца?
6. Для чего используется методика контрастирования при МРТ?
7. Какой метод лучевой диагностики применяется для оценки перфузии и метаболизма миокарда?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ГЛОТКИ, ПИЩЕВОДА, ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА

10.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Лучевое исследование занимает значительное место в диагностике заболеваний и повреждений органов пищеварительной системы. Появление новых высокоинформативных методов исследования, таких как КТ, МРТ, ПЭТ, значительно повысило достоверность лучевой диагностики заболеваний и повреждений органов желудочно-кишечного тракта, но не уменьшило значения рентгенологического метода исследования.

10.1.1. Рентгенологический метод

Рентгенологическое исследование органов пищеварительной системы обязательно включает просвечивание и рентгенографию (обзорную и прицельную), так как в силу анатомо-физиологических особенностей пищеварительной системы правильное распознавание заболеваний только по снимкам, выполненным в стандартной проекции, невозможно.

Желудочно-кишечный тракт представляет собой непрерывную полую трубку, строение и функция которой зависят от отдела. И в связи с этим для исследования глотки, пищевода, желудка, тонкой и толстой кишки применяются различные методики. Однако имеются и общие правила рентгенологического исследования желудочно-кишечного тракта. Известно, что пищевод, желудок, кишечник поглощают рентгеновское излучение так же, как и соседние органы, поэтому в большинстве случаев применяется искусственное контрастирование — введение в полость пищеварительного канала РКС или газа. Каждое исследование органов желудочно-кишечного тракта обязательно начинается с обзорной рентгеноскопии органов груди и живота, потому что многие заболевания и повреждения живота могут вызвать реакцию легких и плевры, а заболевания пищевода — сместить соседние органы и деформировать средостение (рис. 10.1).

На обзорных рентгенограммах живота можно обнаружить признаки перфорации полого органа в виде появления свободного газа в вышележащих отделах (под диафрагмой в вертикальном положении больного или под брюшной



Рис. 10.1. Обзорная рентгенограмма живота в вертикальном положении. Норма



Рис. 10.2. Обзорная рентгенограмма живота. Свободный газ под диафрагмой (перфорация полого органа)

стенкой — в горизонтальном) (рис. 10.2). Кроме того, при просвечивании или на обзорной рентгенограмме хорошо видны рентгеноконтрастные инородные тела (рис. 10.3), скопления жидкости в отлогах местах живота, газ и жидкость в кишечнике, участки обызвествления. Если диагноз остается неясным, применяют искусственное контрастирование органов желудочно-кишечного тракта. Наиболее распространен бария сульфат — высококонтрастное безвредное вещество, а также водорастворимые контрастирующие препараты — натрия амидотризоат (Урографин[▲], Тразограф[▲]), йогексол (Омнипак[▲]) и др. Водный раствор бария сульфата различной концентрации можно приготовить непосредственно перед исследованием в рентгеновском кабинете. Однако в последнее время появились готовые отечественные препараты бария сульфата, имеющие высокую контрастность, вязкость и текучесть, простые в приготовлении, высокоэффективные для диагностики. Контрастные вещества дают внутрь при исследовании верхних отделов желудочно-кишечного тракта (глотка, пищевод, желудок, тонкая кишка). В необходимых случаях контрастный препарат вводят с помощью зонда. Для диагностики заболеваний толстой кишки делают контрастную клизму. Иногда применяют пероральное контрастирование, показания к которому ограничены и возникают, когда необходимо изучить функциональные особенности толстой кишки. Рентгенография полых органов с дополнительным введением газа после применения бария сульфата является исследованием в условиях двойного контрастирования.



Рис. 10.3. Обзорная рентгенограмма живота. Инородное тело (булавка) в кишечнике

Общие принципы традиционного рентгенологического исследования:

- сочетание рентгеноскопии с обзорной и прицельной рентгенографией;
- полипозиционность и полипроекционность исследования;
- исследование всех отделов желудочно-кишечного тракта при тугом и частичном заполнении РКС;
- исследование в условиях двойного контрастирования в виде сочетания бариевой взвеси и газа.

При контрастировании исследуют положение, форму, размеры, смещаемость, рельеф слизистой оболочки и функцию органа.

При традиционном рентгенологическом исследовании изучают внутреннюю поверхность органа, как бы «слепок» полости желудочно-кишечного тракта. Однако изображение самой стенки органа отсутствует.

В последние годы начали использовать другие методы лучевой диагностики, такие как УЗИ, КТ, МРТ, позволяющие расширить диагностические возможности. Ультразвуковые внутриволокнистые датчики помогают выявить подслизистые образования и распространенность процессов в стенке органа, что способствует ранней диагностике опухолей желудочно-кишечного тракта. При КТ и МРТ можно установить не только локализацию, но и распространенность процесса в стенке органа и за ее пределами.

Рентгеноанатомия глотки, пищевода, желудка и кишечника

Из полости рта контрастная масса попадает в глотку, которая представляет собой воронкообразную трубку, расположенную между полостью рта и шейным отделом пищевода до уровня позвонков $C_V - C_{VI}$. При рентгенологическом исследовании в прямой проекции боковые стенки глотки ровные, четкие. После опорожнения глотки можно увидеть валлекулы и грушевидные синусы. Эти образования отчетливо определяются при гипотонии глотки (рис. 10.4).



Рис. 10.4. Исследование глотки с бариевой массой. Норма, фаза пневморельефа

Далее на протяжении C_{VI} , C_{VII} , Th_I проецируется шейный отдел пищевода. Грудной отдел пищевода расположен на уровне $Th_{II} - Th_X$, абдоминальный отдел пищевода ниже пищеводного отверстия диафрагмы на уровне Th_{XI} . В норме пищевод при тугом заполнении имеет диаметр около 2 см, четкие и ровные контуры. После прохождения контрастной массы диаметр пищевода уменьшается, что свидетельствует об эластичности его стенок. При этом выявляются продольные непрерывные складки слизистой оболочки (рис. 10.5). Затем наступает фаза пневморельефа, когда пищевод расширяется, его стенки хорошо контрастируются (рис. 10.6). Пищевод имеет три физиологических сужения: в месте перехода глотки в шейный отдел, на уровне дуги аорты и в пищеводном отверстии диафрагмы. При впадении в желудок между абдоминальным отделом пищевода и сводом

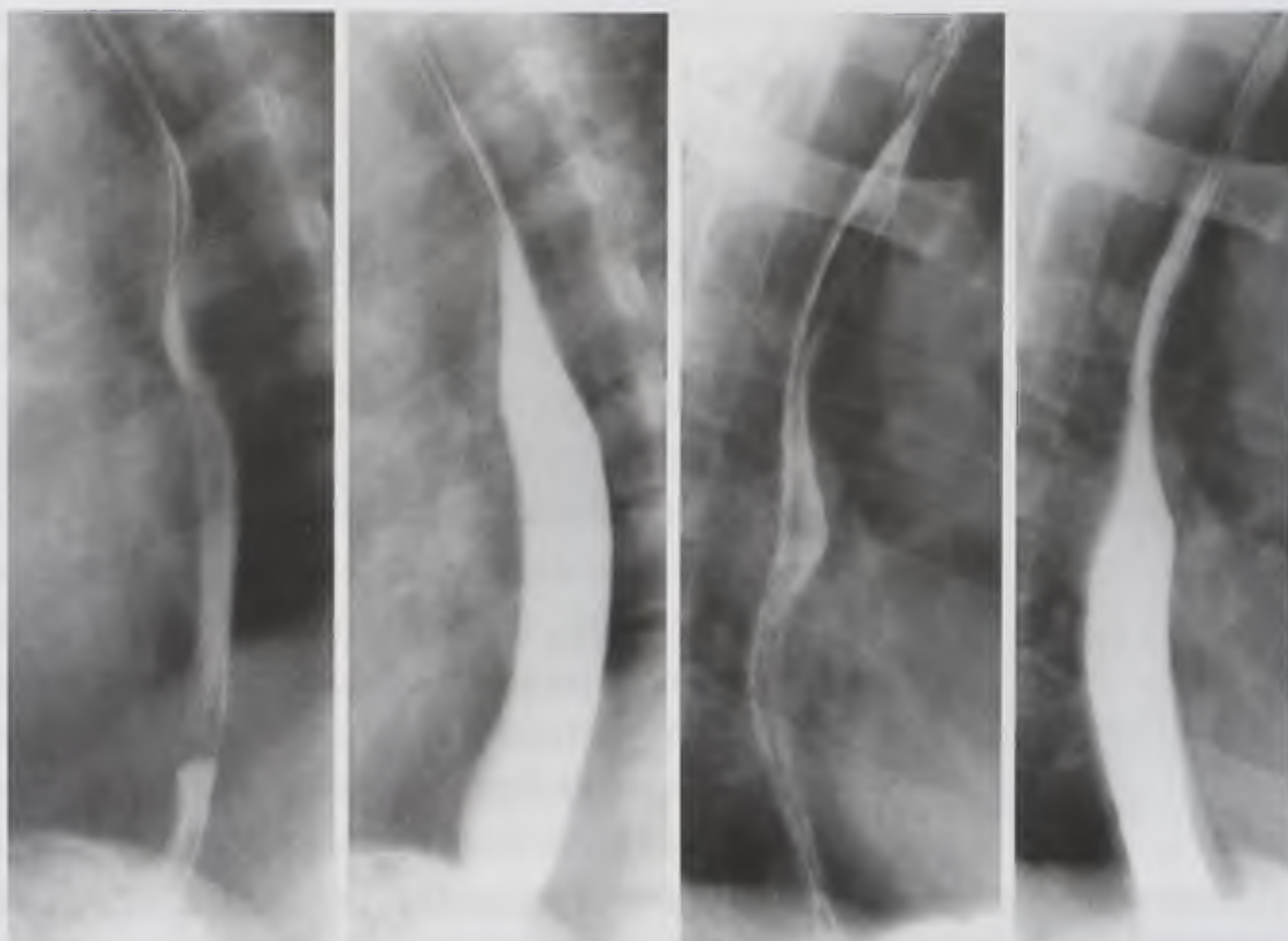


Рис. 10.5. Исследование пищевода с бариевой массой. Тугое заполнение и складки слизистой оболочки в норме



Рис. 10.6. Пищевод. Норма, фаза пневморельефа



Рис. 10.7. Рентгенограмма желудка в прямой проекции при тугом заполнении. Норма: 1 — свод; 2 — угол Гиса; 3 — тело; 4 — синус; 5 — антральный отдел; 6 — угол желудка; 7 — малая кривизна; 8 — большая кривизна; 9 — привратник



Рис. 10.8. Рельеф слизистой оболочки. Норма

желудка находится кардиальная вырезка (угол Гиса). В норме угол Гиса всегда меньше 90° .

Желудок находится в верхнем отделе живота слева от позвоночника (свод и тело). Антральный отдел и привратник располагаются горизонтально слева направо в проекции позвоночника. Форма и положение желудка зависят от конституции человека. У нормостеников желудок имеет вид «крючка», у гиперстеников — вид «рога». В нем различают: свод, примыкающий к левой половине диафрагмы и содержащий газ в вертикальном положении; тело, расположенное вертикально и условно разделенное на трети (верхнюю, среднюю и нижнюю); горизонтально расположенный антральный отдел желудка и канал привратника. Малая кривизна желудка расположена медиально и имеет гладкий, ровный контур. Большая кривизна зазубрена, волниста из-за складок, идущих косо с задней стенки желудка на переднюю. На переходе тела желудка в антральный отдел по малой кривизне находится угол желудка, по большой кривизне — синус желудка (рис. 10.7). При приеме небольшого количества РКС вырисовывается рельеф слизистой оболочки желудка (рис. 10.8). При тугом заполнении оценивают контуры желудка, эластичность его стенок, перистальтику, эвакуаторную функцию. Нормально функционирующий желудок освобождается от большей части содержимого в течение 1,5–2 ч.

В двенадцатиперстной кишке различают луковицу и верхнюю горизонтальную часть, расположенные в полости живота, и нисходящую и нижнюю горизонтальную части, расположенные в забрюшинном пространстве. Луковица двенадцатиперстной кишки представляет собой образование треугольной формы, основанием обращенное к привратнику и имеющее выпуклые округлые контуры. В ней различают медиальный и латеральный контуры, переднюю и заднюю стенки (рис. 10.9).

Медиальная стенка нисходящей части двенадцатиперстной кишки плотно прилежит к головке поджелудочной железы, в ее средней трети расположен большой дуоденальный сосок. Через него в двенадцатиперстную кишку поступают желчь и панкреатический сок.

Рентгенологическое исследование двенадцатиперстной кишки возможно при поступлении в ее луковицу контрастной массы из желудка. Иногда для более

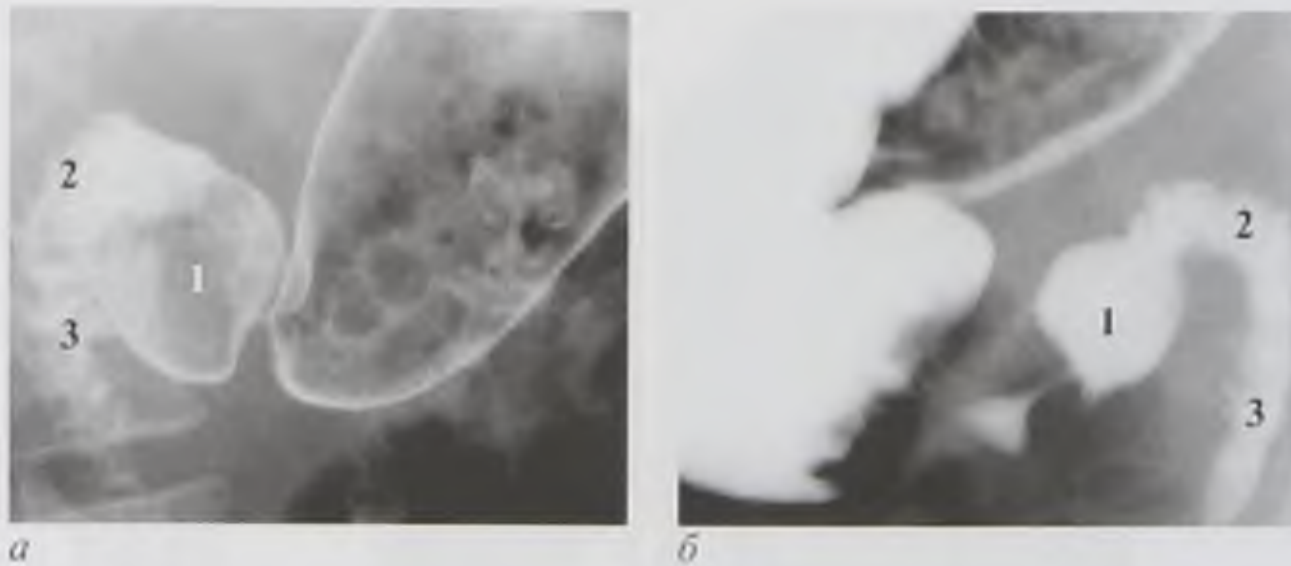


Рис. 10.9. Двенадцатиперстная кишка при двойном контрастировании (а) и тугом заполнении (б). Норма: 1 — луковица; 2 — верхняя горизонтальная часть; 3 — нисходящий отдел

детального исследования применяются фармакологические препараты [атропин, метоциния йодид (Метацин[®])], снижающие тонус. При этом достигается лучшее заполнение. С этой же целью контрастные вещества в двенадцатиперстную кишку можно вводить через зонд в сочетании с искусственной гипотонией. Эта методика называется **релаксационной дуоденографией**.

В области дуоденального изгиба, проекционно располагающегося у синуса желудка, двенадцатиперстная кишка выходит из забрюшинного пространства и переходит в тощую кишку, которая продолжается в подвздошную. Граница между тощей и подвздошной кишками четко не определяется. Большая часть тощей кишки расположена в левом подреберье, подвздошной — в правой подвздошной области.

Рентгенологическое исследование тощей и подвздошной кишки выполняется после приема бариевой массы внутрь или ее введения через тонкокишечный зонд и называется соответственно *пероральной* или *зондовой энтерографией* (см. рис. 2.15). После введения контрастного вещества через зонд достигается не только тугое заполнение, но и двойное контрастирование (после введения газа) тонкой кишки. Снимки выполняют через 15–30 мин в течение 2,5–4 ч до контрастирования илеоцекального отдела. По тощей кишке контрастная масса двигается быстро, в течение 1 ч. В ней отчетливо выявляются складки слизистой оболочки, имеющие циркулярный ход, а также характерные для всей тонкой кишки керкринговы складки. В подвздошной кишке контрастная масса продвигается медленно, заполнение более тугое, складки видны лишь при компрессии. Полное опорожнение тонкой кишки наступает в течение 8–9 ч. Это же время оптимально для изучения илеоцекального отдела.

Толстая кишка при приеме бариевой массы внутрь начинает заполняться через 3–4 ч и заполняется в течение 24 ч целиком. Эта методика исследования толстой кишки позволяет оценить ее положение, размеры, смещаемость и функциональное состояние. В толстой кишке различают следующие отделы: слепую кишку, восходящую ободочную, поперечную ободочную, нисходящую ободочную, сигмовидную и прямую кишку. Внешне толстая кишка отличается от тонкой большим диаметром, особенно в правой половине, которая почти вдвое шире левой половины. Кроме того, толстая кишка в отличие от тонкой имеет гаустры, или выпячивания по контуру, образованные особенным расположением



Рис. 10.10. Ирригограммы. Норма

продольных мышц. В толстой кишке различают также печеночный и селезеночный изгибы, расположенные в правом и левом подреберьях.

Для более детального изучения толстой кишки необходимо ее ретроградное заполнение контрастной массой с помощью клизмы (рис. 10.10). Предварительно требуется тщательное очищение толстой кишки от каловых масс. Это достигается приемом современных слабительных средств [макрогол (Фортранс[®])] или голоданием в течение 2 сут в сочетании с очистительными клизмами.

Современная высокоинформативная методика **ирригоскопии** заключается в одномоментном двойном контрастировании толстой кишки бариевой взвесью и газом и хорошо переносится пациентами.

Рентгенологические синдромы болезней глотки, пищевода, желудка и кишечника

Различные патологические процессы желудочно-кишечного тракта рентгенологически проявляются (рис. 10.11):

- дислокацией органа;
- изменением рельефа слизистой оболочки;
- расширением органа (диффузным или локальным);
- сужением органа (диффузным или локальным);
- дисфункцией органа.

Дислокация органов желудочно-кишечного тракта происходит при увеличении смежных органов вследствие развития в них патологических процессов.

Своеобразным вариантом дислокации желудочно-кишечного тракта является смещение его отделов в грыжевой мешок; частным случаем (одно из самых распространенных заболеваний желудочно-кишечного тракта) — грыжа пищеводного отверстия диафрагмы с пролабированием желудка в грудную полость.

Изменение рельефа слизистой оболочки обусловлено ее гипертрофией, атрофией и разрушением или раздвиганием складок.

Примером гипертрофии слизистой оболочки может служить наиболее частое заболевание желудка — *хронический гастрит*, при котором наблюдают стабильное утолщение складок, увеличение их количества, «анастомозирование» между собой, нечеткость их контуров вследствие избыточного количества слизи.

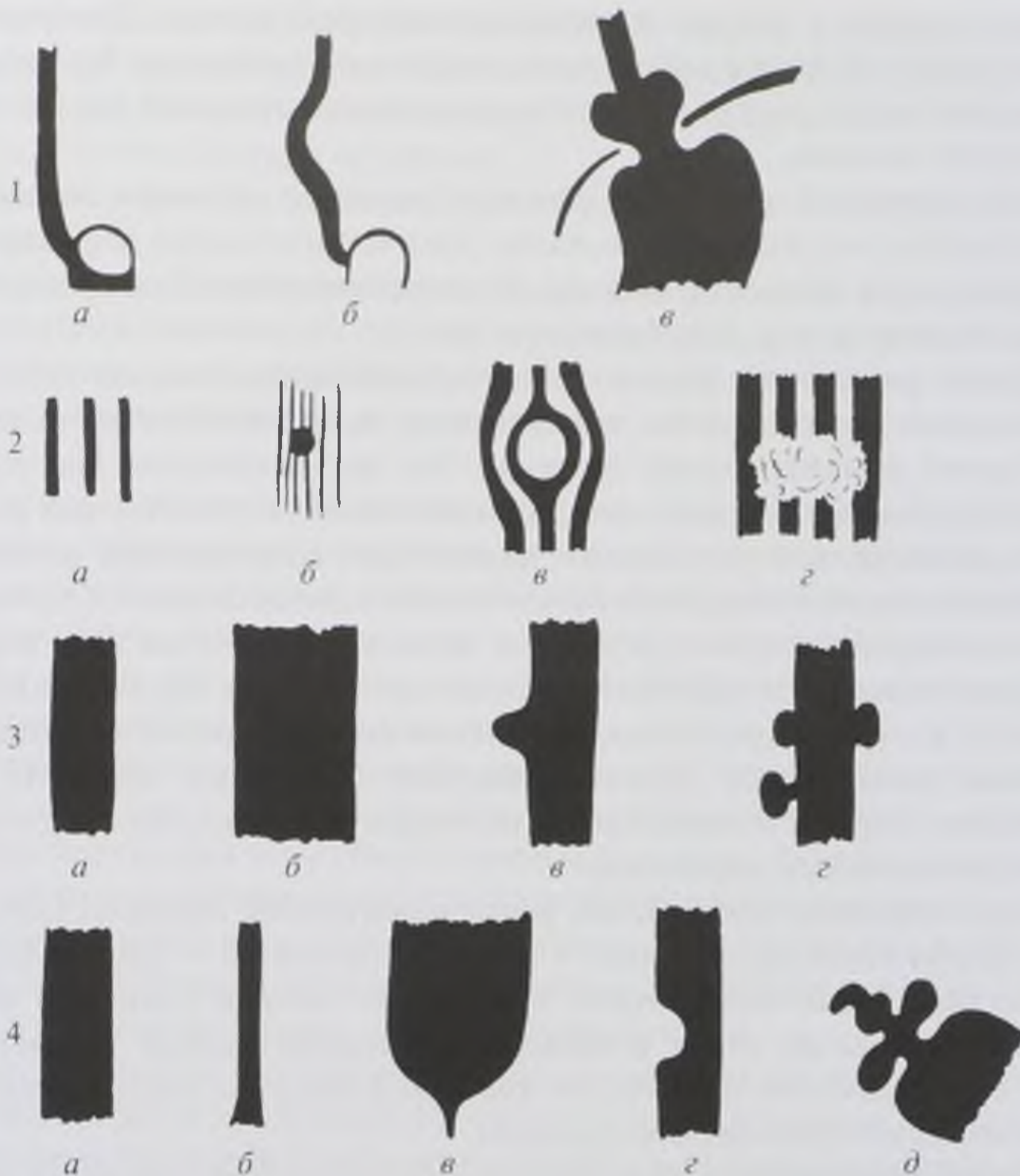


Рис. 10.11. Схема: основные рентгенологические синдромы болезней пищеварительного канала (Линденбратен Л.Д., 1984): 1 — дислокация органа: *а* — нормальное положение пищевода, *б* — смещение пищевода, *в* — выпадение части желудка через пищеводное отверстие диафрагмы в грудную полость; 2 — патологические изменения рельефа слизистой оболочки: *а* — нормальный рельеф, *б* — контрастное пятно на рельефе («рельеф-ниша»), *в* — складки слизистой оболочки обходят патологическое образование, *г* — складки слизистой оболочки инфильтрированы и разрушены; 3 — расширение пищеварительного канала: *а* — норма («тугое» заполнение), *б* — диффузное, *в* — ограниченное (ниша), *г* — ограниченное (дивертикул); 4 — сужение пищеварительного канала: *а* — норма («тугое» заполнение), *б* — диффузное, *в* — ограниченное с супрастенотическим расширением, *г* — ограниченное с образованием дефекта наполнения, *д* — ограниченное с деформацией органа (в данном примере деформирована луковица двенадцатиперстной кишки)

Подобные изменения слизистой оболочки свойственны также воспалительным заболеваниям пищевода (эзофагит) и кишечника (энтерит, колит).

Разрушение слизистой оболочки происходит при злокачественных опухолях. В этих случаях на внутреннем рельефе определяются дефект наполнения неправильной формы с неровными, нечеткими контурами, обрыв складок слизистой оболочки, их отсутствие в зоне опухоли. Локальные изменения слизистой оболочки свойственны и доброкачественным язвам, которые наиболее

часто локализируются в желудке и двенадцатиперстной кишке. При этом на рельефе слизистой оболочки определяется округлой формы депо бариевой взвеси — язвенная ниша, вокруг которой имеется воспалительный вал и к которой конвергируют складки.

Третьей причиной изменения рельефа слизистой оболочки являются доброкачественные опухоли, вызывающие рентгенологические дефекты заполнения правильной формы с ровными, четкими контурами. Складки слизистой оболочки не разрушены, а огибают опухоль.

Диффузное расширение какого-либо отдела пищеварительной трубки чаще всего вызывается нарушением проходимости вследствие органического стеноза рубцовой или опухолевой природы. Это так называемые престенотические расширения. В пищеводе они развиваются при ограниченных рубцовых стенозах, являющихся результатом химических повреждений различными агрессивными жидкостями, либо при злокачественных опухолях, значительно нарушающих проходимость. Диффузное расширение желудка чаще всего происходит при развитии послеязвенных рубцовых стенозов или при раке выходного отдела желудка. Причинами нарушения проходимости кишечника с его диффузным расширением служат опухолевые поражения, завороты кишки, инвагинация, спайки. В этих случаях возникает клинический симптомокомплекс непроходимости кишечника.

Одно из нередких заболеваний, рентгенологически проявляющихся синдромом диффузного расширения, — ахалазия пищевода — расстройство иннервации пищеводно-желудочного перехода со стойким сужением этого отдела. Абдоминальный отдел пищевода представляет собой симметричную воронку с заостренным нижним концом, а весь пищевод оказывается в большей или меньшей степени расширенным.

Локальное расширение в виде выпячивания по контуру органа отображает дивертикулы и язвы.

Дивертикулы обычно имеют правильную шаровидную форму, ровные и четкие контуры, соединяются с просветом пищеварительной трубки «шейкой». Чаще всего они образуются в пищеводе и толстой кишке.

Язвы проявляются синдромом локального расширения, если их можно увидеть на контуре органа.

Диффузное сужение отделов пищеварительного канала происходит при распространенных рубцовых и опухолевых процессах.

В пищеводе подобные изменения могут развиваться при рубцовых сужениях как следствие химических или термических ожогов. Протяженность и степень таких сужений могут быть различными. В дифференциальной диагностике важны соответствующие анамнестические указания, хотя некоторые больные скрывают подобные факты.

Диффузное сужение желудка обусловлено чаще всего особым видом злокачественной опухоли — скirroзным раком, который на большом протяжении распространяется в стенке желудка. Рентгенологически желудок имеет вид узкой деформированной трубки, просвет которой не меняется при прохождении бариевой взвеси.

В толстой кишке распространенные сужения обычно становятся результатом рубцевания предшествующих как неспецифических, так и специфических воспалительных процессов (туберкулез). Просвет пораженных отделов толстой кишки сужен, контуры неровные.

Локальное сужение вызывается ограниченными рубцовыми и опухолевыми процессами.

Ограниченные сужения рубцовой природы в пищевом тракте чаще всего являются следствием химических ожогов, в желудке и двенадцатиперстной кишке — результатом послеязвенных рубцов, в толстой кишке они могут развиваться при неспецифическом язвенном колите, туберкулезе, гранулематозном колите.

Локальные сужения тех или иных отделов желудочно-кишечного тракта различной степени могут быть обусловлены их опухолевым поражением.

Функциональные сужения либо отображают нормальную перистальтическую деятельность пищеварительной трубки, и тогда они динамичны, либо возникают вследствие нарушения сократительной функции органов желудочно-кишечного тракта (длительные спазмы).

Дисфункция желудочно-кишечного тракта — это нарушение моторно-эвакуаторной функции с замедлением или ускорением продвижения бариевой взвеси. Эти нарушения могут быть функциональными либо, что наблюдается чаще, вторичными, развивающимися при органических поражениях желудочно-кишечного тракта воспалительной природы. Для выявления дисфункции необходимы повторные рентгенологические исследования с интервалом 15–30 мин, а в некоторых случаях — даже несколько часов.

Следует учитывать, что при многих патологических процессах имеется сочетание симптомов и синдромов. Их комплексная и детальная оценка позволяет в большинстве случаев достоверно судить о характере поражения различных органов.

10.1.2. Компьютерная томография

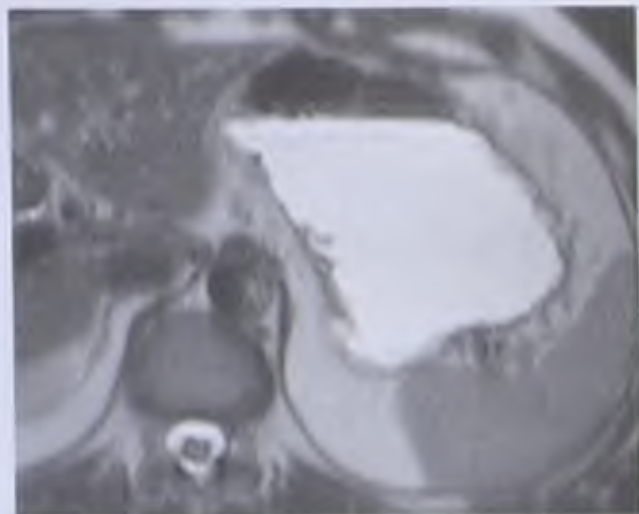
Этот метод лучевой диагностики позволяет оценить состояние стенки полого органа и окружающих тканей. КТ также показана при подозрении на перфорацию желудка или двенадцатиперстной кишки, так как определяет даже небольшое количество свободного газа в животе.

Исследование проводят натощак. Мелкодисперсную бариевую взвесь или водорастворимое контрастное вещество дают внутрь для тугого наполнения желудка и двенадцатиперстной кишки.

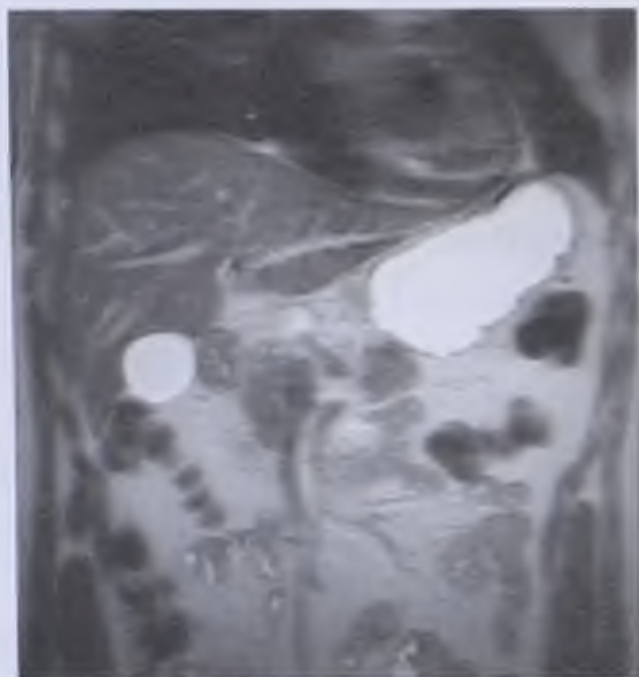
При исследовании тонкой кишки пациентам обычно за 1 ч до исследования дают выпить водорастворимое контрастное вещество. Общее количество РКС может достигать 1 л. Исследование проводят с болюсным контрастным усилением.

При воспалительных изменениях имеется симметричное равномерное утолщение кишечной стенки, а при опухолях оно асимметричное и неравномерное.

Методика КТ при исследовании толстой кишки включает прием больным РКС внутрь, но более эффективно его введение через прямую кишку. Для



а



б

Рис. 10.12. Магнитно-резонансные томограммы желудка в аксиальной (а) и фронтальной (б) плоскостях. Норма. В качестве контрастного вещества используется вода, имеющая гиперинтенсивный сигнал на T2-взвешенном изображении

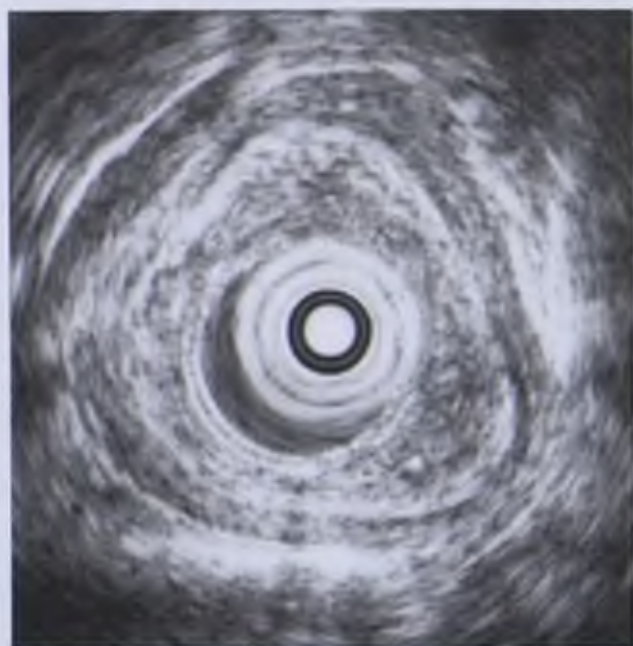


Рис. 10.13. Эндоскопическая эхограмма пищевода. Норма

получения хорошего растяжения и контрастирования можно нагнетать в прямую кишку воздух. Иногда только нагнетают воздух. В этом случае сканирование проводят тонкими срезами с помощью программ математической обработки. При этом получается изображение внутренней поверхности кишки. Такая методика называется **виртуальной колонографией** (см. рис. 4.14. см. цв. вклейку).

КТ является предпочтительным методом диагностики при определении стадии опухолей и в диагностике околокишечного воспаления и абсцессов. КТ также показана для выявления регионарных и отдаленных метастазов при злокачественных опухолях желудочно-кишечного тракта.

10.1.3. Магнитно-резонансная томография

При патологии желудочно-кишечного тракта использование МРТ ограничено из-за артефактов, возникающих при перистальтике кишечника. Однако возможности методики расширяются в связи с разработкой быстрых импульсных последовательностей, которые позволяют оценить состояние стенки полого органа и окружающих тканей (рис. 10.12).

МРТ помогает отличить острую воспалительную стадию от фиброзного процесса при воспалительных заболеваниях, выявить кишечные свищи и абсцессы.

МРТ показана для определения стадии опухолей пищевода, желудка и кишечника, выявления регионарных и отдаленных метастазов при злокачественных опухолях, а также для выявления рецидивов.

10.1.4. Ультразвуковой метод

Ультразвуковое исследование широко применяется для диагностики изменений паренхиматозных органов, для выявления распространенности патологического процесса (определения стадии опухолевого процесса) в стенке пищевода, желудка и толстой кишки показано эндоскопическое УЗИ (рис. 10.13).

10.1.5. Радионуклидный метод

Сцинтиграфия — это методика диагностики нарушений моторной функции. Больному дают выпить разведенный в воде меченный технецием ^{99m}Tc коллоид. Затем получают сцинтиграммы различных отделов пищевода и желудка.

ПЭТ позволяет проводить дифференциальную диагностику злокачественных и доброкачественных опухолей желудочно-кишечного тракта по уровню накопления ^{18}F -ФДГ. Используется как для первичной диагностики, так и после лечения для определения рецидива опухолей. Имеет большое значение для поиска отдаленных метастазов при злокачественных опухолях желудочно-кишечного тракта.

10.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ПИЩЕВОДА, ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА

10.2.1. Заболевания пищевода

Аномалии развития пищевода

К аномалиям, впервые обнаруживаемым у взрослых, относятся умеренные циркулярные или мембранные стенозы пищевода, врожденный короткий пищевод («грудной желудок») и врожденные кисты пищевода.

Стеноз

Рентгенологическое исследование: равномерное сужение просвета пищевода, обычно в средней трети грудного отдела, с незначительным супрастенотическим расширением; контуры сужения ровные, эластичность сохранена; при мембранозной форме треугольное втяжение расположено асимметрично.

Врожденный короткий пищевод

Рентгенологическое исследование: пищевод имеет ровные, прямые контуры; пищеводно-желудочный переход и часть желудка расположены над диафрагмой, угол Гиса увеличен, в горизонтальном положении возникает рефлюкс.

Врожденные кисты пищевода

Врожденная киста пищевода (энтерогенная киста, или частичное удвоение пищевода) либо может соединяться с основной полостью пищевода, либо быть изолированной. Рентгенологическая картина зависит от размеров кисты и наличия сообщения с ней. Если сообщение имеется, то контрастное вещество попадает в полость и задерживается в ней надолго. Если сообщения нет, рентгенологическая картина аналогична наблюдаемой при доброкачественных образованиях, расположенных внутристеночно.

Дивертикулы пищевода

Это выпячивание слизистой оболочки вместе с подслизистыми слоями или без них. В соответствии с расположением делятся на глоточно-пищеводные

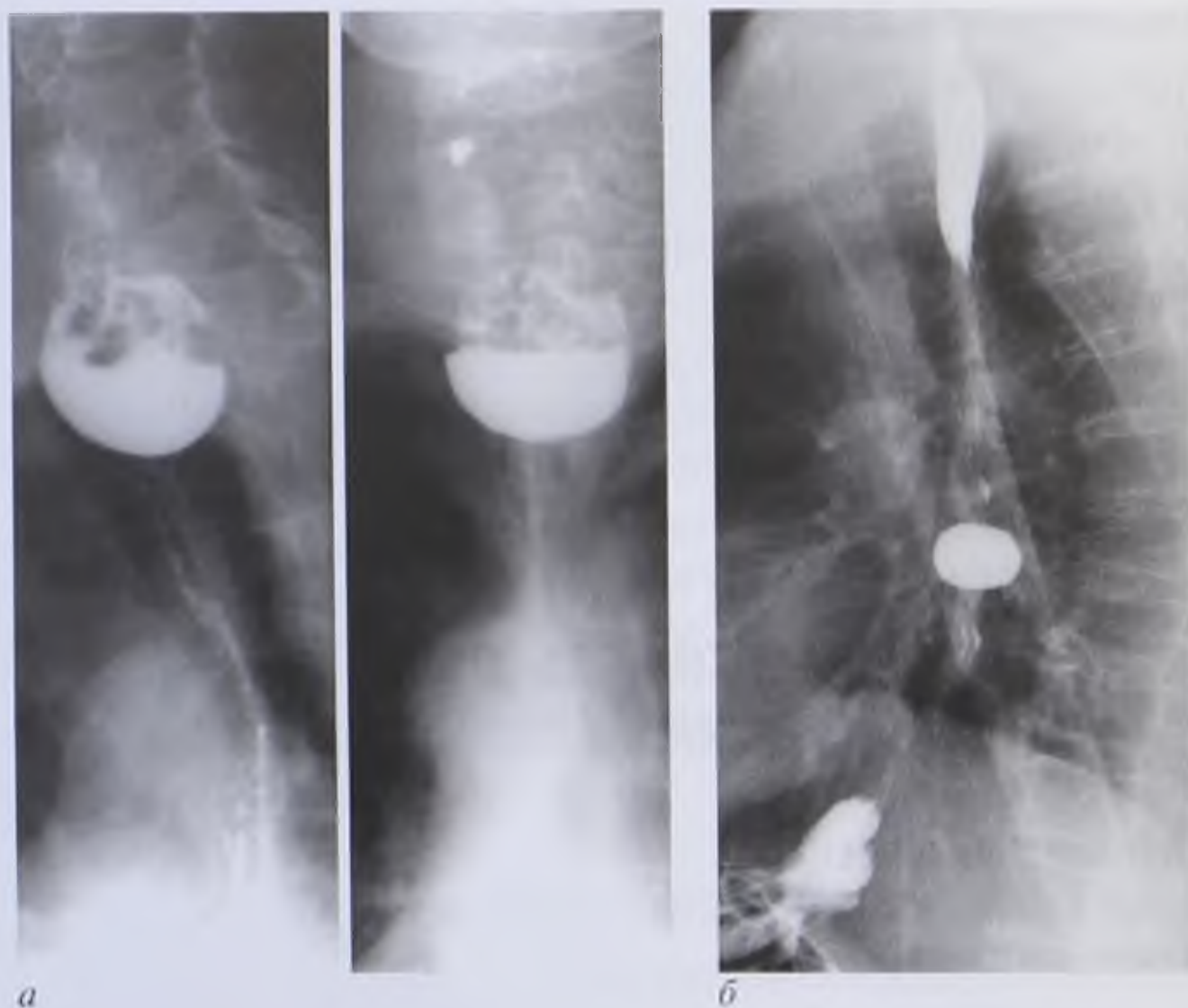


Рис. 10.14. Рентгенограммы пищевода. Пульсионные дивертикулы: *а* — глоточно-пищеводный дивертикул, дивертикулит; *б* — бифуркационный и эпифренальный дивертикулы



Рис. 10.15. Рентгенограммы пищевода. Аберрантная правая подключичная артерия (*a. lusoria*) (стрелки)

(ценкеровские), бифуркационные, эпифренальные. В зависимости от механизма возникновения различают пульсионные, тракционные и смешанные дивертикулы (рис. 10.14).

Рентгенологическое исследование: пульсионный дивертикул имеет форму округлого мешка, связанного с пищеводом шейкой; тракционный дивертикул неправильной треугольной формы, шейка отсутствует, вход в дивертикул широкий.

Осложнение: *дивертикулит*, при котором в дивертикуле скапливаются жидкость, слизь, пища с симптомом трехслойности (барий, жидкость, газ).

Смещения пищевода

Рентгенологическое исследование: аберрантная правая подключичная артерия (*a. lusoria*), отходящая от дуги аорты, проходит через заднее средостение и образует вдавление на пищеводе в виде полосовидного дефекта, идущего косо слева направо и снизу вверх (рис. 10.15).

Правосторонняя дуга аорты образует вдавление на пищеводе по правой заднебоковой стенке. Увеличенные лимфатические узлы заднего средостения (метастазы, лимфосаркома, лимфогранулематоз) образуют вдавление на одной из стенок пищевода или оттесняют его (рис. 10.16).

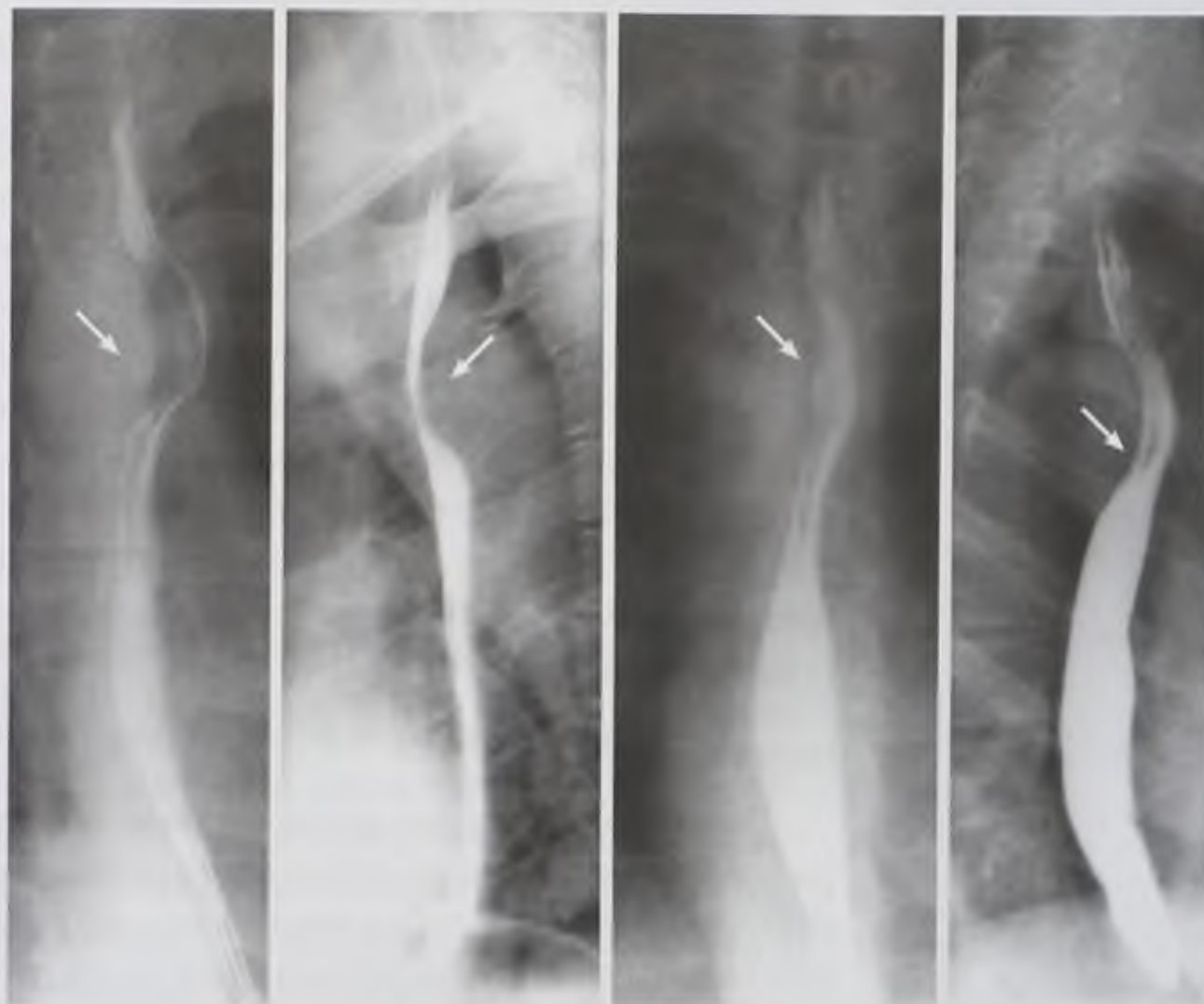


Рис. 10.16. Рентгенограммы пищевода. Правосторонняя дуга аорты (стрелки)

Функциональные нарушения пищевода

Гипотония

Рентгенологическое исследование: выявляется заполнением грушевидных синусов и валлекул глотки; грудной отдел пищевода расширен, контрастная масса в нем задерживается (рис. 10.17).

Гипертония (вторичные, третичные сокращения и сегментарный спазм)

Рентгенологическое исследование: вторичные сокращения (спазм средней трети грудного отдела пищевода в виде «песочных часов») (рис. 10.18); третичные сокращения (неравномерные втяжения стенок пищевода, зазубренность) вследствие неперистальтических анархических сокращений пищевода (рис. 10.19).



Рис. 10.17. Рентгенограмма глотки. Гипотония



Рис. 10.18. Рентгенограмма пищевода. Вторичные сокращения

Кардиоспазм (ахалазия пищевода)

Рентгенологическое исследование: на обзорной рентгенограмме груди — расширение тени средостения вправо; при контрастировании — относительно равномерное расширение пищевода на всем протяжении, конусовидное сужение абдоминального отдела пищевода, пища в пищеводе, нарушение сократительной функции пищевода, отсутствие газового пузыря желудка, утолщение складок слизистой оболочки пищевода (рис. 10.20).

Эзофагит

Рентгенологическое исследование: прохождение контрастной массы по пищеводу замедлено; складки слизистой оболочки неравномерно утолщены, в пищеводе — слизь; контуры пищевода мелковолнистые, зубчатые; имеются вторичные и третичные сокращения, спазмы (рис. 10.21).

Ожоги пищевода

Рентгенологическое исследование: в остром периоде применяются водорастворимые контрастные вещества; на 5–6-е сутки после ожога определяются признаки язвенно-некротического эзофагита (утолщение и извитый ход складок слизистой оболочки,

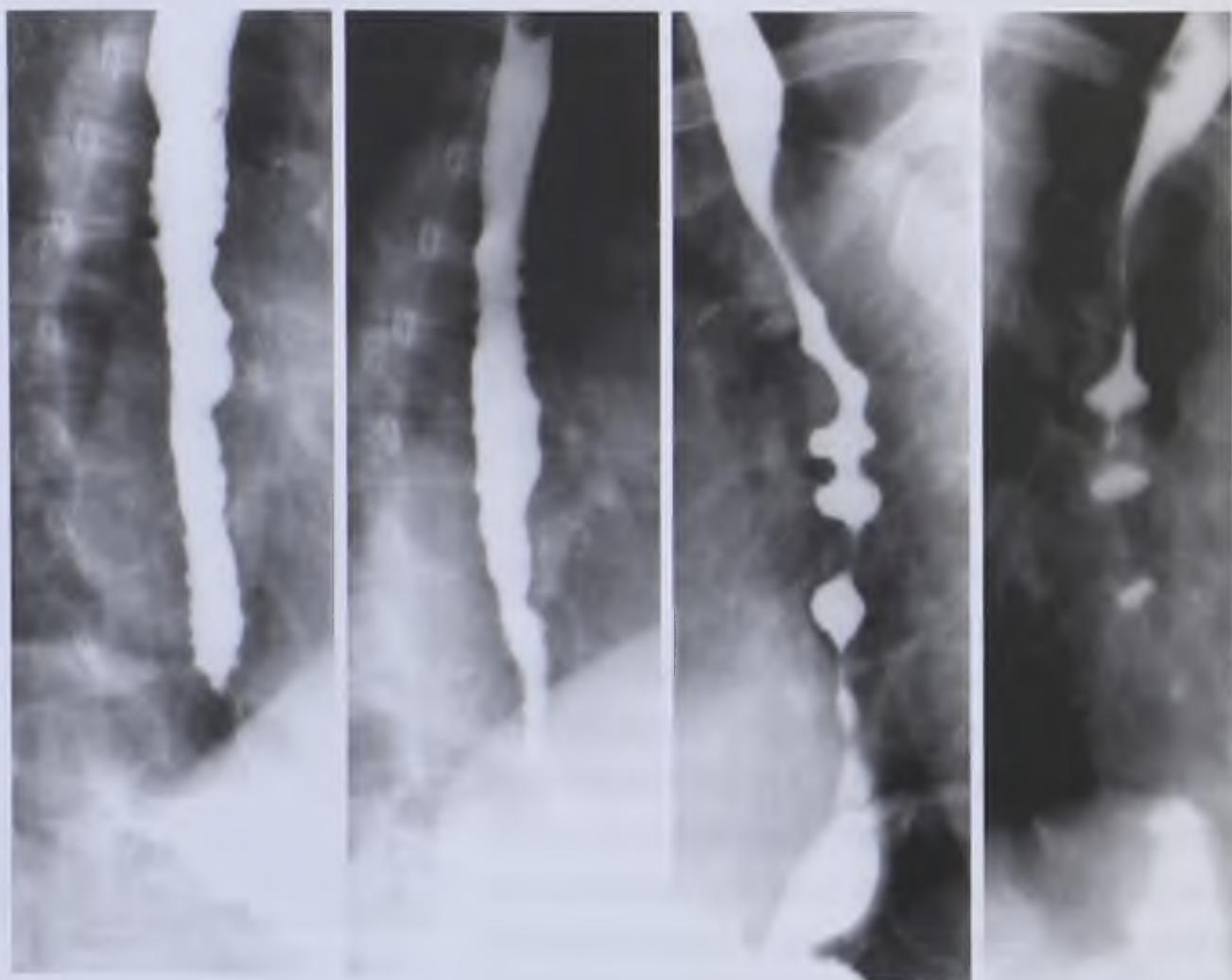


Рис. 10.19. Рентгенограммы пищевода. Третичные сокращения

язвенные «ниши» различных размеров, слизь); при развитии рубцовых осложнений образуются стойкие сужения в виде «песочных часов» или узкой трубки; выше сужения определяется супрастенотическое расширение; контуры сужения ровные, переход к непораженной части постепенный (рис. 10.22).

Варикозное расширение вен пищевода

Рентгеноскопия и проведение функциональных проб: утолщение и извитость складок слизистой оболочки, цепочки округлых дефектов наполнения полиповидного вида; при тугом заполнении пищевода дефекты наполнения сглаживаются или исчезают (рис. 10.23). При выполнении функциональных проб Вальсальвы и Мюллера варикозные вены выявляются более отчетливо.

Грыжи пищеводного отверстия диафрагмы

Скользящие грыжи (аксиальные или осевые)

Рентгенологическое исследование: желудочные складки в области пищеводного отверстия диафрагмы; кардиальный отдел желудка расположен выше диафрагмы; грыжевая часть желудка образует округлой формы выпячивание, которое широко сообщается с остальной частью желудка; пищевод инвагинирует в желудок (симптом «венчика»); малый размер газового пузыря желудка (рис. 10.24).

Параэзофагеальные грыжи

Рентгенологическое исследование: фиксированное положение кардии на уровне диафрагмы или несколько ниже ее, над диафрагмой в вертикальном положении пациента расположена часть желудка с газом и с горизонтальным уровнем жидкости (рис. 10.25).

Внутрипросветные доброкачественные опухоли (полипы)

Рентгенологическое исследование: округлой или овальной формы дефект наполнения с четкими контурами; если есть ножка, то возможно смещение опухоли; перистальтика на уровне опухоли не нарушена; крупная опухоль вызывает веретенообразное расширение пищевода, контрастная масса обтекает опухоль по сторонам; складки слизистой оболочки уплощены, сохранены; супрастенотическое расширение отсутствует.



Рис. 10.20. Рентгенограмма пищевода. Ахалазия, эзофагит



Рис. 10.21. Рентгенограмма пищевода. Эзофагит

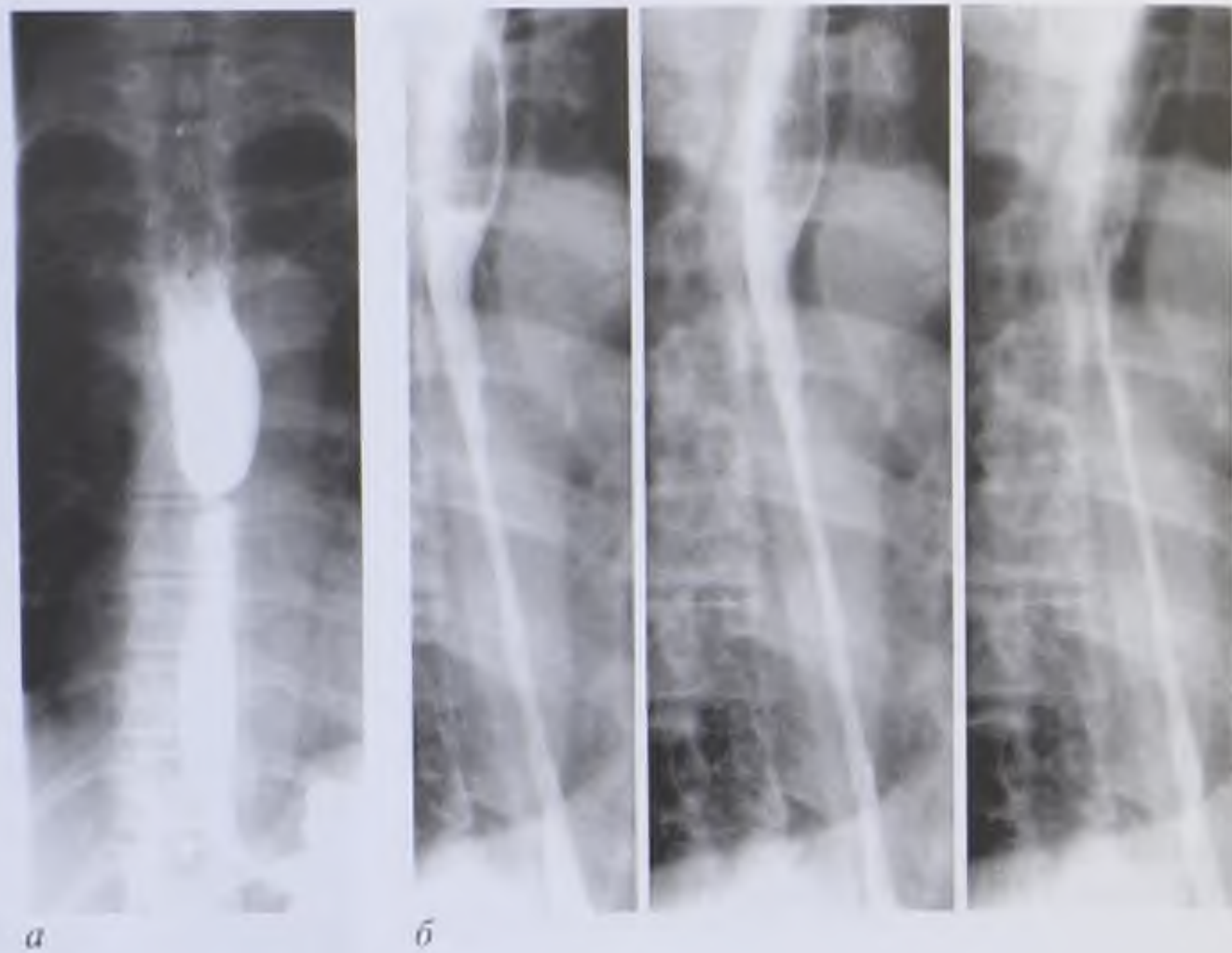


Рис. 10.22. Рентгенограммы пищевода. Рубцовые сужения после ожога пищевода: *а* — в виде «песочных часов»; *б* — в виде узкой трубки



Рис. 10.23. Рентгенограмма пищевода. Варикозное расширение вен пищевода



Рис. 10.24. Прицельная рентгенограмма кардиального отдела желудка. Скользящая кардиальная грыжа пищеводного отверстия диафрагмы (стрелка)

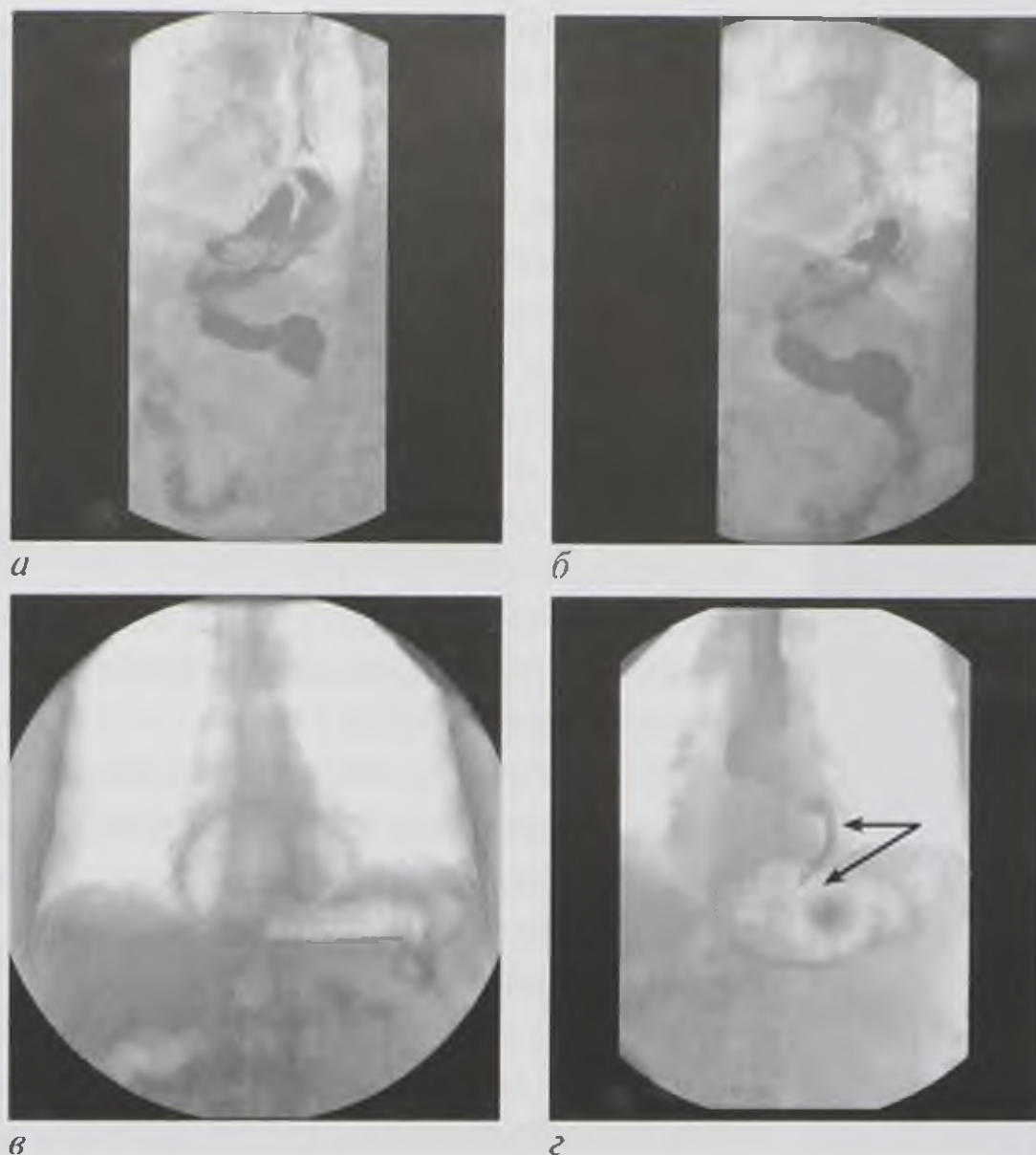


Рис. 10.25. Рентгенограммы пищевода (а–г). Параэзофагеальная субтотальная грыжа пищеводного отверстия диафрагмы (стрелки)

Внутристеночные доброкачественные опухоли (лейомиомы, фибромы, невриномы и др.)

Рентгенологическое исследование: округлой или овоидной формы дефект наполнения с четкими или волнистыми контурами, переходящими в контур пищевода; на фоне дефекта складки сглажены, дугообразно огибают дефект наполнения; супрастенотическое расширение нестойкое (рис. 10.26).

Рак пищевода

Эндофитная, или инфильтративная, форма рака

Рентгенологическое исследование: в начальной стадии выглядит как небольшой ригидный участок на контуре пищевода; по мере роста опухоли сужение становится циркулярным, до полной непроходимости пищевода; стенка на уровне сужения ригидная (перистальтика отсутствует); складки слизистой оболочки



Рис. 10.26. Рентгенограмма пищевода. Лейомиома пищевода (стрелка)



Рис. 10.27. Рентгенограмма пищевода. Эндофитный рак пищевода

перестроены, разрушены — «злокачественный» рельеф слизистой оболочки; выражено супрастенотическое расширение (рис. 10.27).

Экзофитная, или полипозная, форма рака

Рентгенологическое исследование: внутрипросветный дефект наполнения с бугристыми контурами; при циркулярном расположении опухоли образуется «раковый канал» с неправильным, изломанным и неравномерным просветом; складки слизистой оболочки разрушены, перистальтика на уровне опухоли отсутствует; переход к непораженному участку резкий, ступенеобразный, с обрывом контура; выражено супрастенотическое расширение (рис. 10.28).

При прорастании рака пищевода в соседние органы диагностируются пищеводно-трахеальные и пищеводно-бронхиальные свищи (рис. 10.29).

КТ: возможны определение стадии опухолевого роста, выявление метастазов в регионарные лимфатические узлы, а также определение отдаленных метастазов; могут быть признаки прорастания опухоли в трахеобронхиальное дерево в виде инвазии или вдавления задней стенки бронхов.

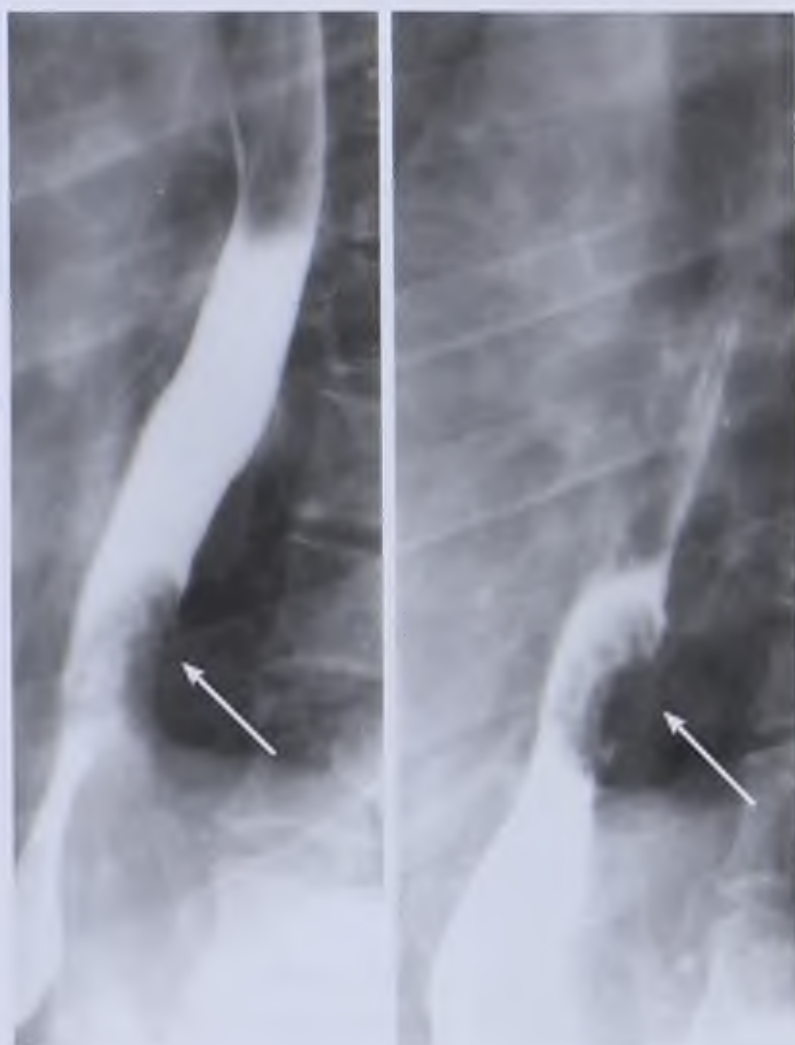


Рис. 10.28. Рентгенограммы пищевода. Экзофитный рак пищевода (стрелки)



Рис. 10.29. Рентгенограммы пищевода. Рак пищевода с прорастанием в левый главный бронх (стрелки)

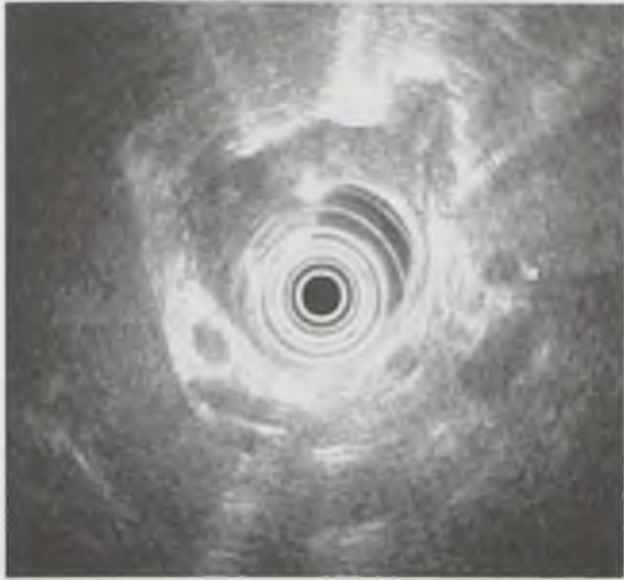


Рис. 10.31. Эндоскопическая эхограмма пищевода — рак пищевода с метастазами в регионарные лимфатические узлы

ПЭТ позволяет выявлять регионарные и отдаленные метастазы, а также рецидивы рака после оперативных вмешательств (рис. 10.30, см. цв. вклейку).

Эндоскопическая сонография: определение глубины инвазии опухоли, выявление увеличенных регионарных лимфатических узлов (рис. 10.31).

10.2.2. Заболевания желудка

Функциональные заболевания

Атония (гипотония) желудка

Рентгенологическое исследование: бариевая взвесь падает вниз, скапливается в синусе, увеличивая поперечный размер желудка; желудок удлиннен; газовый пузырь вытянут в длину; привратник зияет; перистальтика ослаблена, опорожнение желудка замедлено (рис. 10.32).

Повышенный тонус желудка

Рентгенологическое исследование: желудок уменьшен, перистальтика усилена, газовый пузырь короткий, широкий; бариевая взвесь долго задерживается в верхних отделах желудка; привратник часто спазмированный, иногда зияет (рис. 10.33).



Рис. 10.32. Рентгенограмма желудка. Атония желудка



Рис. 10.33. Рентгенограмма желудка. Повышенный тонус желудка



Рис. 10.34. Рентгенограмма желудка. Нарушение секреторной функции желудка — гиперсекреция



Рис. 10.35. Рентгенограмма желудка. Острый гастрит — нечеткость складок слизистой оболочки, функциональные нарушения

Нарушение секреции

Рентгеноскопия: наличие жидкости натошак, увеличение ее количества в процессе исследования, избыточное количество слизи (рис. 10.34).

Воспалительно-деструктивные заболевания

Острый гастрит

Рентгенологическое исследование: утолщение и нечеткость складок слизистой оболочки; нарушения моторно-эвакуаторной функции желудка (рис. 10.35). При эрозивном гастрите складки слизистой оболочки подушкообразные, на некоторых из них определяются мелкие скопления бариевой взвеси — эрозии.

Хронический гастрит

Рентгенологическая картина при хроническом гастрите зависит от его морфологической формы.

Рентгенологическое исследование: утолщение и нечеткость складок слизистой оболочки со значительным нарушением функции желудка. При *полипоподобном (бородавчатом) гастрите* определяются неравномерные бородавчатые возвышения различной формы на слизистой оболочке желудка с «анастомозированием» складок слизистой оболочки (рис. 10.36). При *хроническом атрофическом гастрите* слизистая оболочка истончена, складки сглажены; желудок гипотоничный. При *антральном ригидном (склерозирующем) гастрите* определяются неравномерное утолщение складок слизистой оболочки антрального отдела, зубчатость контуров, ригидность стенок выходного отдела желудка (рис. 10.37).

Язва желудка

Рентгенологическое исследование выявляет прямые (морфологические) и косвенные (функциональные) признаки.

Прямые рентгенологические признаки язвы желудка — это симптом «ниши» и рубцово-язвенная деформация.

Ниша — рентгенологическое отображение язвенного дефекта в стенке полого органа и краевого вала вокруг. Обнаруживается в виде выступа на контуре (контур-ниша) или контрастного пятна на фоне рельефа слизистой оболочки (рельеф-ниша). Большая ниша может иметь трехслойную структуру (барий, жидкость, газ). Контурная ниша обычно геометрически правильна, конусовидна. Контурные ее четкие, ровные, вал симметричен. В красобразующем положении ниша выступает

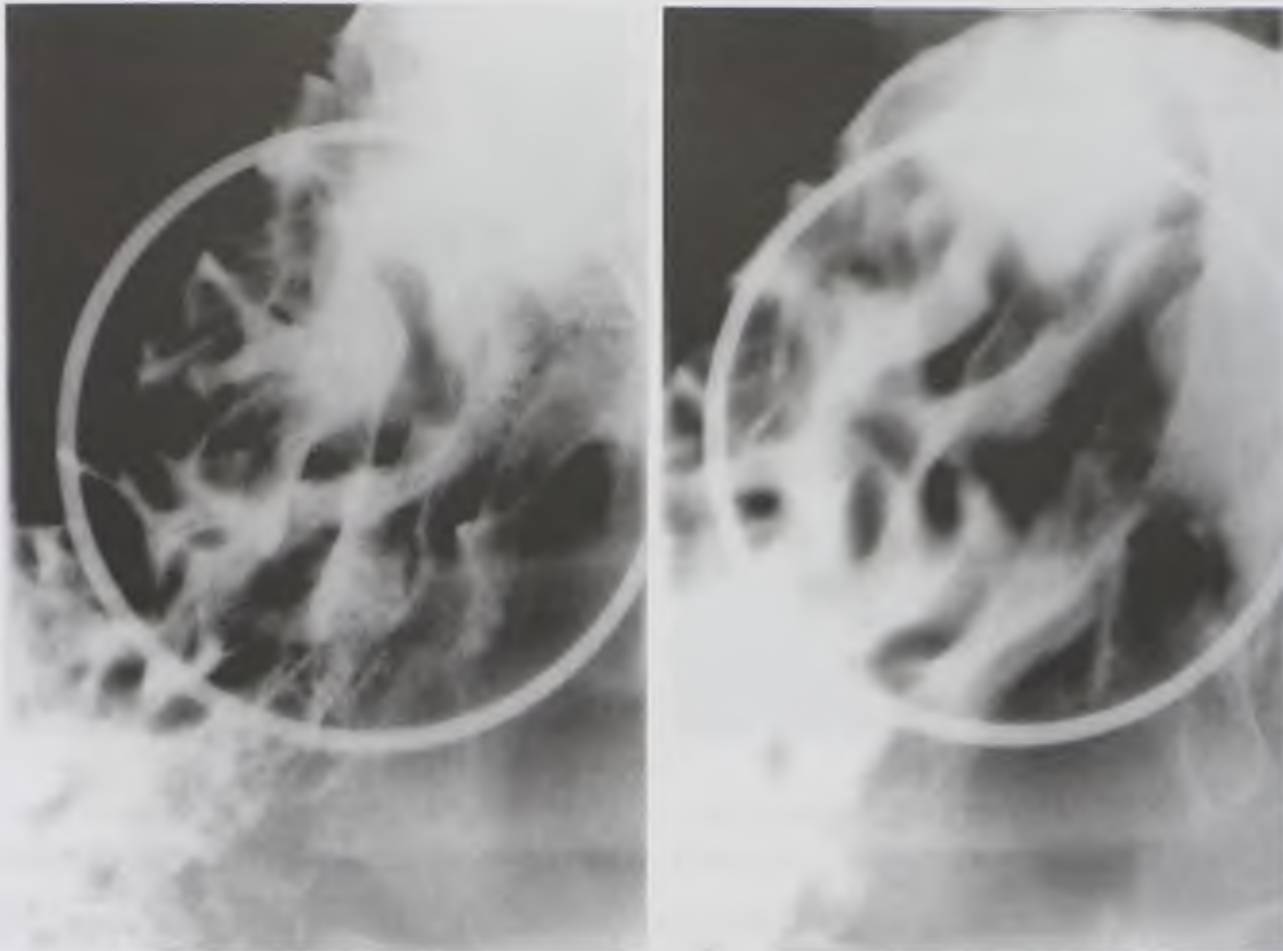


Рис. 10.36. Прицельные рентгенограммы желудка — хронический полипоподобный гастрит: бородавчатые возвышения на слизистой оболочке, «анастомозирование» складок слизистой оболочки

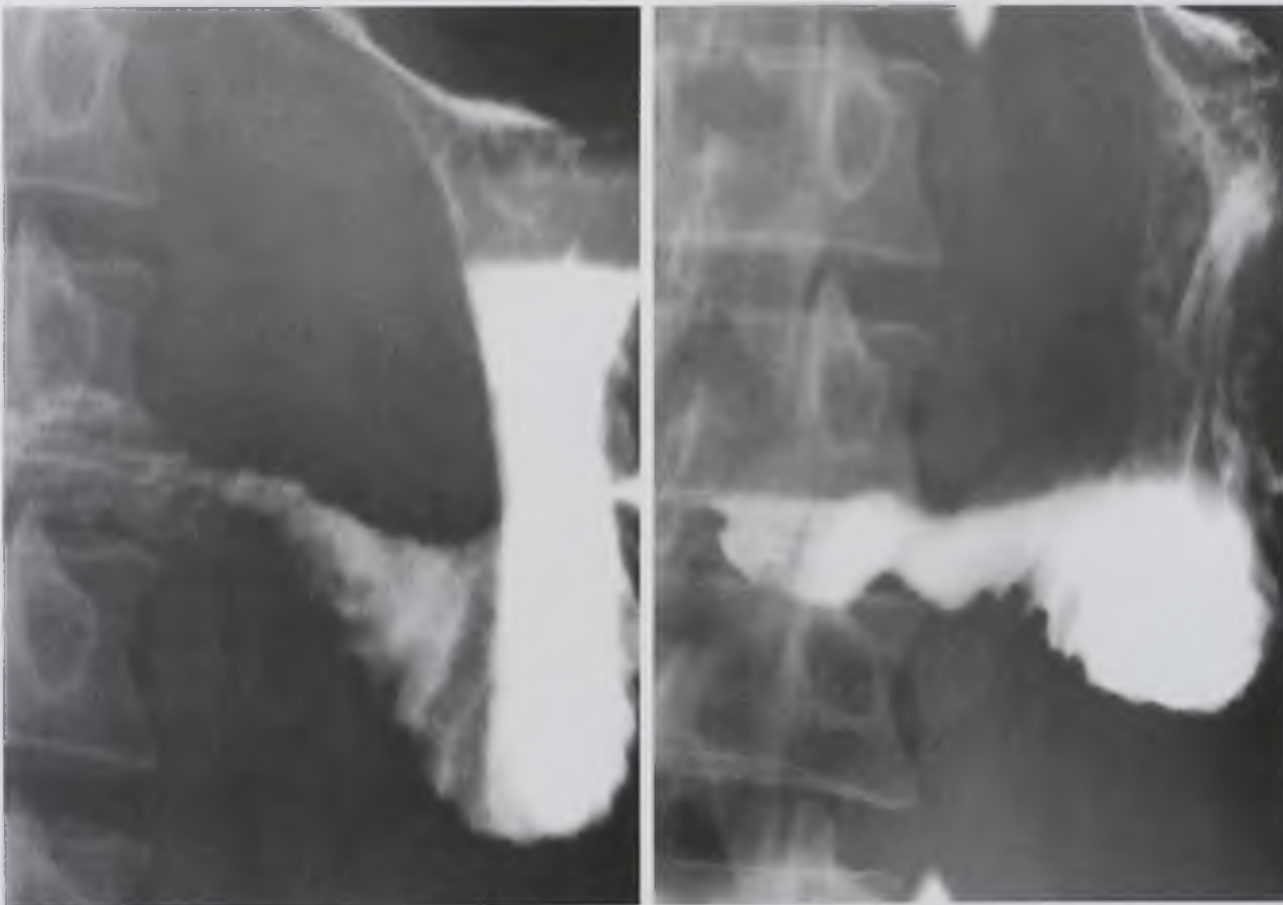


Рис. 10.37. Рентгенограммы желудка. Антральный ригидный «склерозирующий» гастрит

за контур желудка и отделена от него узкой полоской просветления — линией Хемптона. Рельеф-ниша округлой формы, с гладкими, ровными краями. Она окружена воспалительным валом, к которому конвергируют складки слизистой оболочки (рис. 10.38).

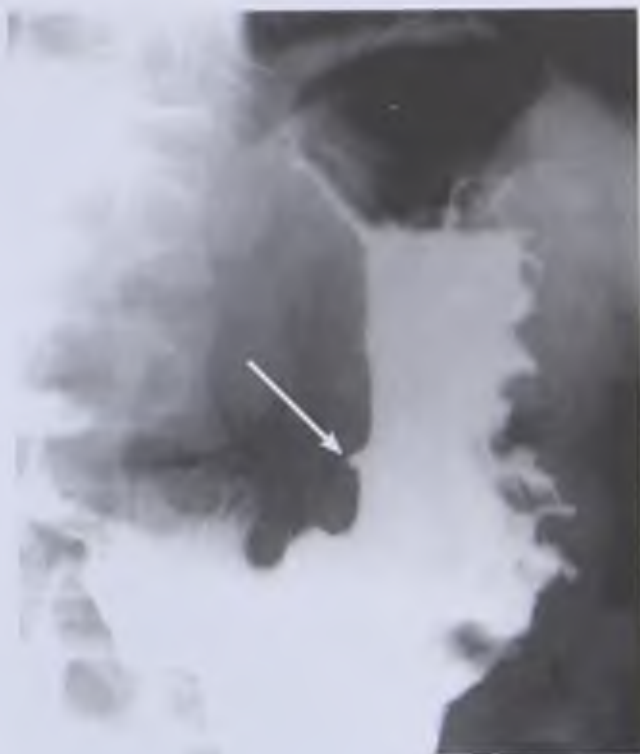


Рис. 10.38. Рентгенограмма желудка. Язва тела желудка (стрелка)

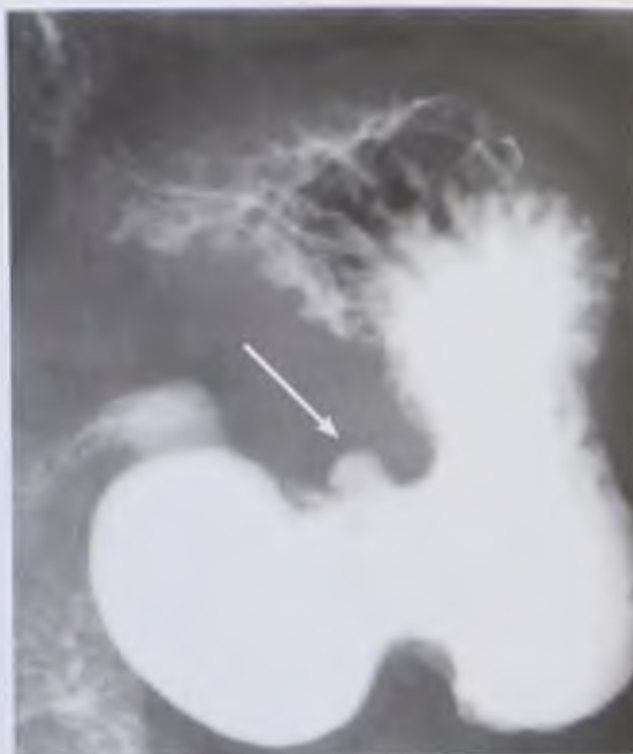


Рис. 10.39. Рентгенограмма желудка. Каллезная пенетрирующая язва антрального отдела желудка (стрелка)



Рис. 10.40. Рентгенограмма желудка. Пенетрирующая язва тела желудка (стрелка)



Рис. 10.41. Прицельная рентгенограмма желудка. Малигнизировавшая язва угла желудка (стрелка)

Каллезная язва имеет выраженный вал значительной высоты, более четкие границы, большую плотность (рис. 10.39).

Пенетрирующая язва неправильной, часто дивертикулоподобной, формы, ее контуры неровные, содержимое трехслойное. Бариевая взвесь долго задерживается в ней из-за значительного уплотнения окружающих тканей (рис. 10.40).

Косвенные признаки язвы — нарушение тонической, секреторной и моторно-эвакуаторной функций желудка и двенадцатиперстной кишки. Имеются также сопутствующий гастрит и локальная болезненность.

Перфоративная (прободная) язва проявляется свободным газом и жидкостью в полости брюшины.

Озлокачествленная (малигнизированная) язва

Рентгенологическое исследование: изменение формы язвенного кратера и расположение его в стенке органа (не выступает за контур), увеличение его размеров; асимметричность плотного бугристого вала; обрыв складок слизистой оболочки; ригидность прилежащих к язве участков желудка (рис. 10.41).

Стеноз — осложнение язвенного процесса пилородуоденальной зоны.

Рентгенологическое исследование: желудок обычно увеличен, содержит жидкость, остатки пищи; привратник сужен, рубцово изменен, иногда в нем выявляется язвенный кратер (рис. 10.42).

Доброкачественные опухоли

Полипы желудка могут быть одиночными и множественными.

Рентгенологическое исследование: центральный дефект заполнения правильной округлой формы с четкими, ровными или мелковолнистыми контурами; при наличии ножки дефект заполнения легко смещается; рельеф слизистой оболочки не изменен; эластичность стенки и перистальтика не нарушены (рис. 10.43). При малигнизации полипа изменяется его форма, исчезает ножка, появляются нечеткость контуров и ригидность стенки.

Неэпителиальные опухоли

Рентгенологическое исследование: центральный дефект заполнения овальной формы с четкими, ровными контурами, гладкой поверхностью; иногда

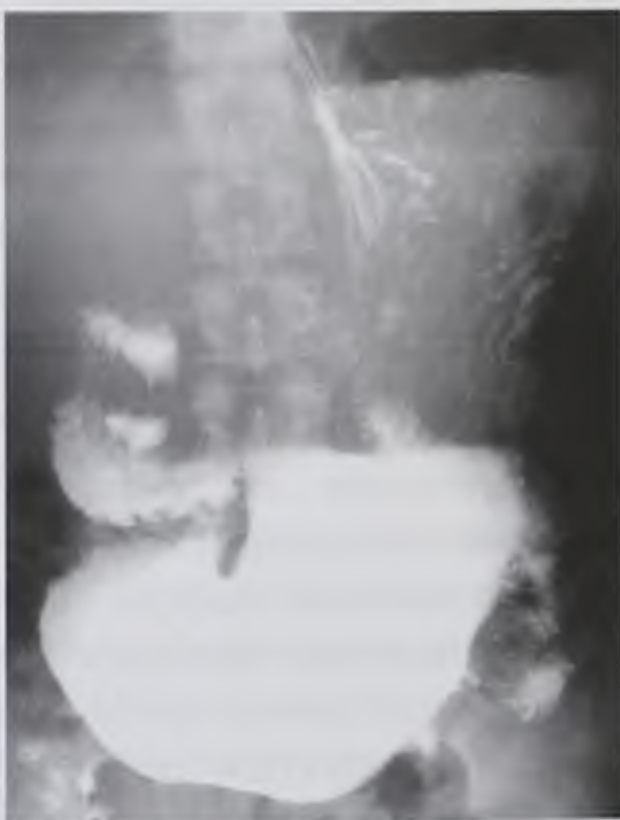


Рис. 10.42. Рентгенограмма желудка. Стеноз выходного отдела желудка



Рис. 10.43. Рентгенограмма желудка. Полип антрального отдела желудка (стрелка)

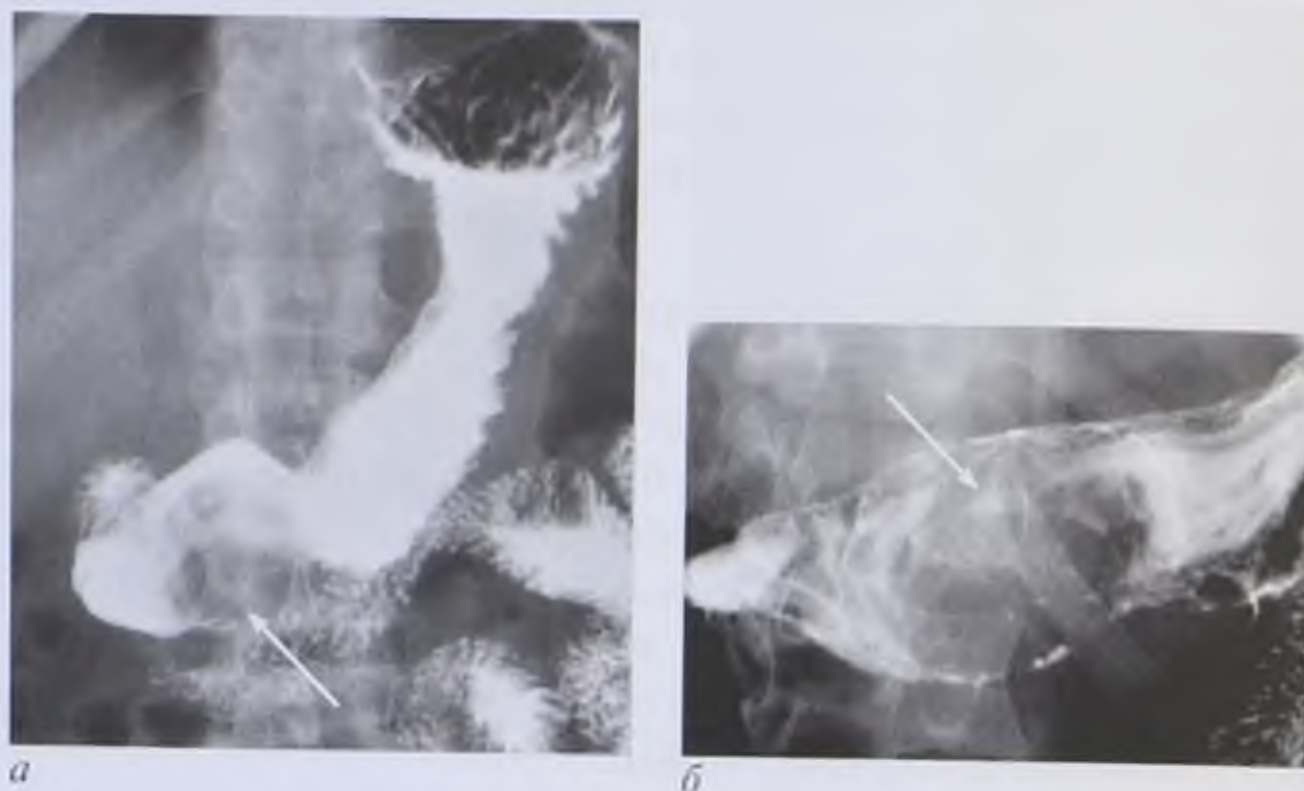


Рис. 10.44. Рентгенограммы желудка — неэпителиальная опухоль антрального отдела желудка (лейомиома): *a* — обзорный снимок (стрелка); *б* — прицельный снимок, в центре опухоли определяется изъязвление (стрелка)

в центре дефекта наполнения определяется «ниша» (изъязвление); складки слизистой оболочки не обрываются, а обходят дефект наполнения; нарушения эластичности нет (рис. 10.44).

Злокачественные опухоли. Раки желудка

Эндофитные опухоли

Рентгенологическое исследование: деформация и сужение просвета желудка при циркулярном росте опухоли; при ограниченной инфильтрации стенки — плоский вогнутый дефект наполнения, ригидный; на границе с непораженным участком определяются ступенька, резкий обрыв контура; складки слизистой оболочки ригидны, неподвижны («застывшие волны»), иногда они сглажены и не прослеживаются (рис. 10.45).

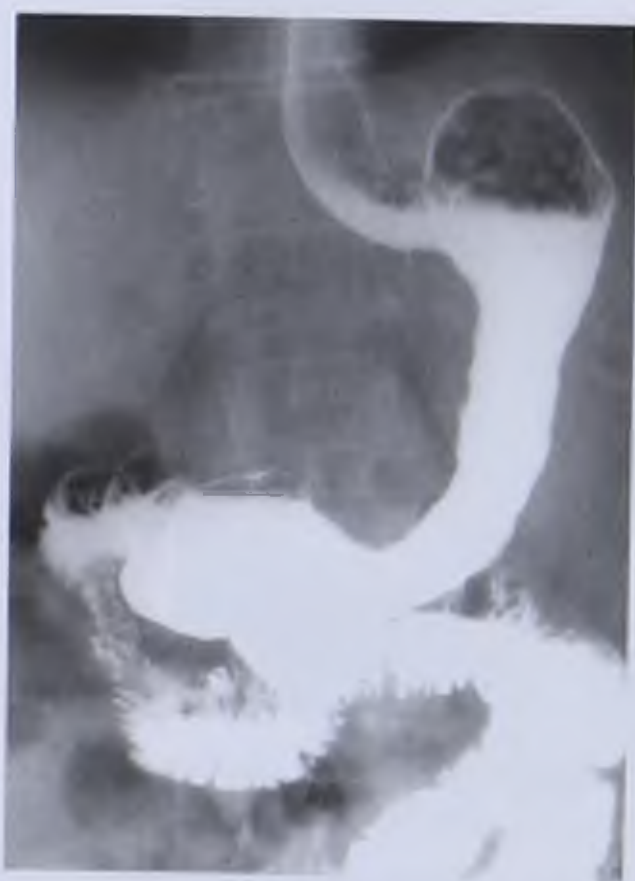


Рис. 10.45. Рентгенограмма желудка. Эндофитный рак тела желудка

Экзофитные опухоли

Рентгенологическое исследование: ведущий рентгенологический симптом — краевой или центральный дефект наполнения неправильной округлой формы с волнистыми неровными контурами, грубо бугристый, в виде «цветной капусты»; переход к неизменным отделам желудка резкий, ступенчатый; поверхность опухоли имеет атипичный «злокачественный» рельеф слизистой оболочки; на границе с непораженным



Рис. 10.46. Экзофитный (блюдцеобразный) рак желудка

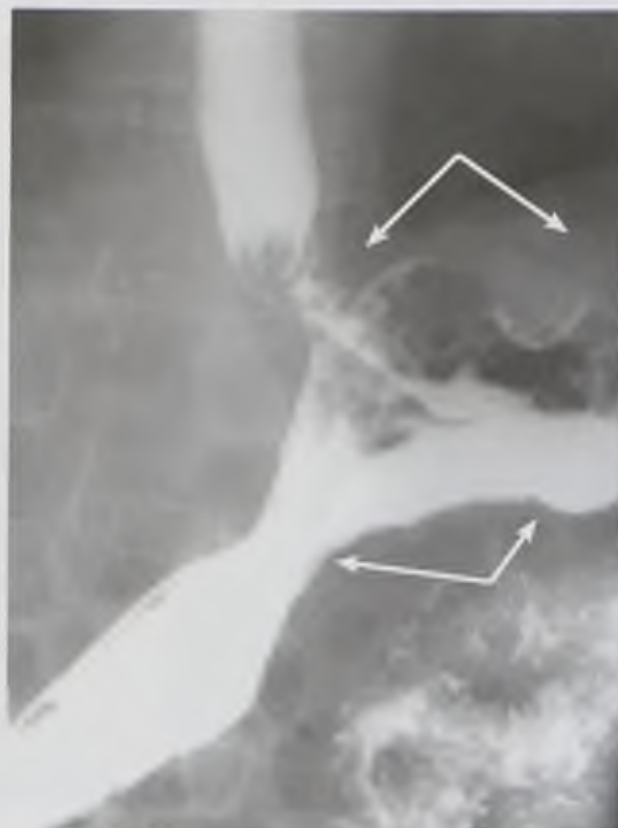
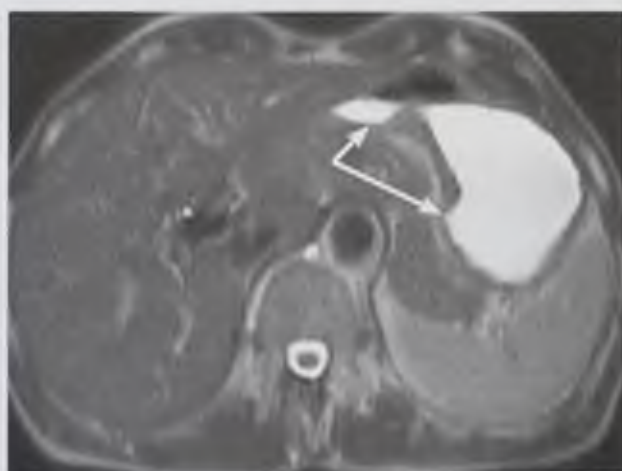
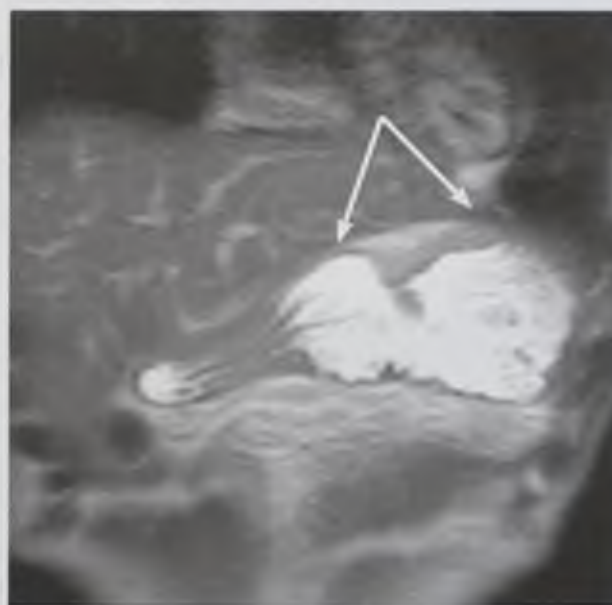


Рис. 10.47. Рентгенограмма желудка. Вентрикулокардиоэзофагеальный рак, смешанная форма роста (стрелки)



а



б

Рис. 10.48. Магнитно-резонансные томограммы в аксиальной (*а*) и фронтальной (*б*) плоскостях — рак тела желудка (стрелки)

участком виден обрыв складок слизистой оболочки; на уровне пораженного участка стенка желудка ригидная, эластичность отсутствует (рис. 10.46).

Смешанные формы рака желудка имеют признаки обеих форм (рис. 10.47).

КТ, МРТ: локальное утолщение стенки желудка, увеличение регионарных лимфатических узлов, трансмуральная инфильтрация желудка (рис. 10.48).

УЗИ, КТ и МРТ с внутривенным контрастированием в ряде случаев позволяют уточнить локализацию опухоли, ее протяженность и глубину поражения стенки органа, а также выявить отдаленные метастазы (рис. 10.49, см. цв. вклейку).

ПЭТ используется для выявления отдаленных и регионарных метастазов, для выявления продолженного роста или рецидива после операций по поводу удаления опухолей желудка (см. рис. 10.49, см. цв. вклейку).

10.2.3. Заболевания кишечника

Аномалии формы, положения и подвижности двенадцатиперстной кишки (*duodenum mobile*)



Рис. 10.50. Рентгенограмма. Частично подвижная двенадцатиперстная кишка (*duodenum mobile partiale*)

Рентгенологическое исследование: удлинение и избыточная подвижность части или всей двенадцатиперстной кишки; верхняя горизонтальная ветвь расширена, провисает книзу дугой; в ней задерживается контрастная масса и выявляются признаки дуоденита (рис. 10.50); при общей брыжейке тонкой и толстой кишки вся двенадцатиперстная кишка расположена справа от позвоночника, там же определяются тощая и подвздошная кишка, а толстая кишка вся расположена слева от позвоночника (рис. 10.51).

Меккелев дивертикул подвздошной кишки

Рентгенологическое исследование: дивертикул располагается в дистальном отделе тонкой кишки; может достигать больших размеров; при контрастировании определяется

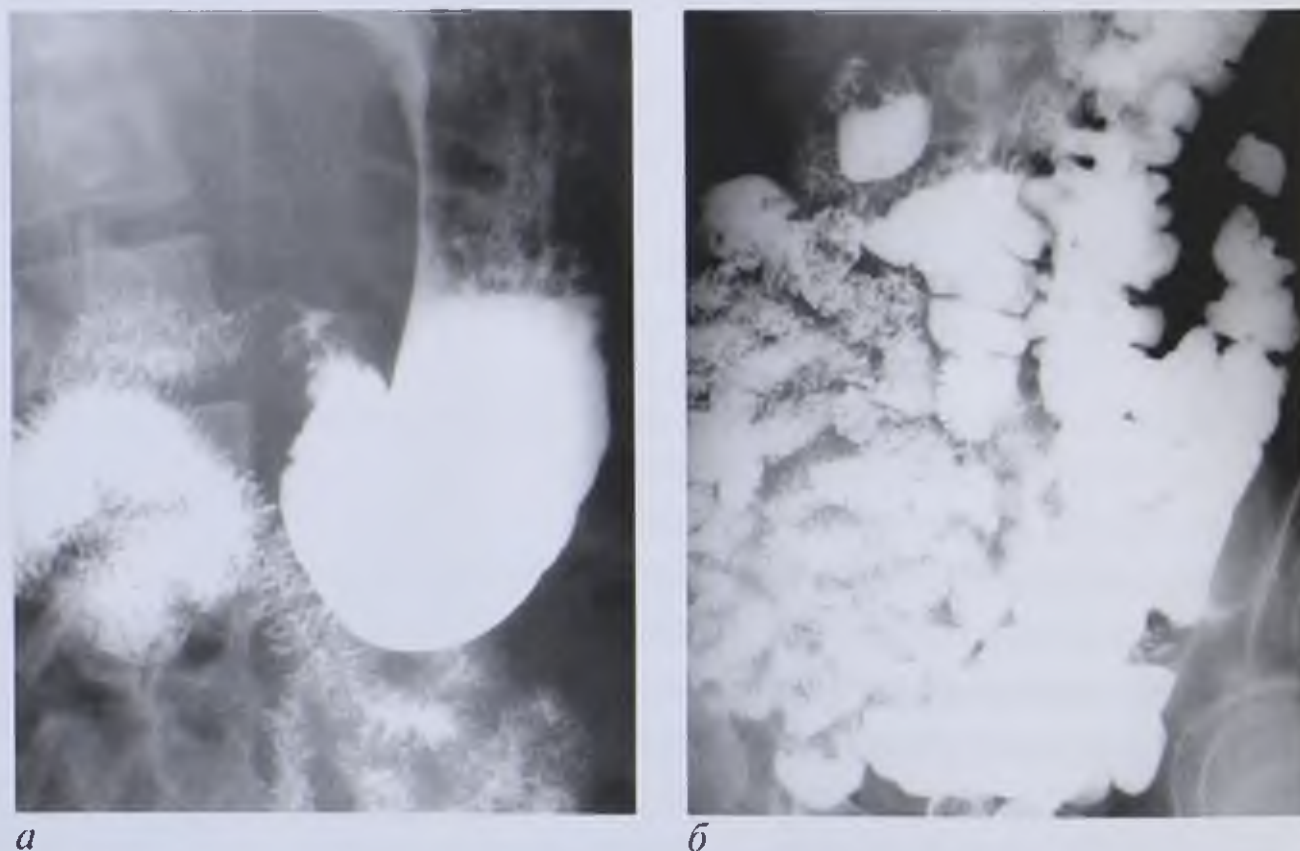


Рис. 10.51. Рентгенограммы. Общая брыжейка тонкой и толстой кишки: *а* — двенадцатиперстная кишка и начальные отделы тощей кишки расположены справа от позвоночника; *б* — толстая кишка находится слева от позвоночника (*duodenum mobile totale*)

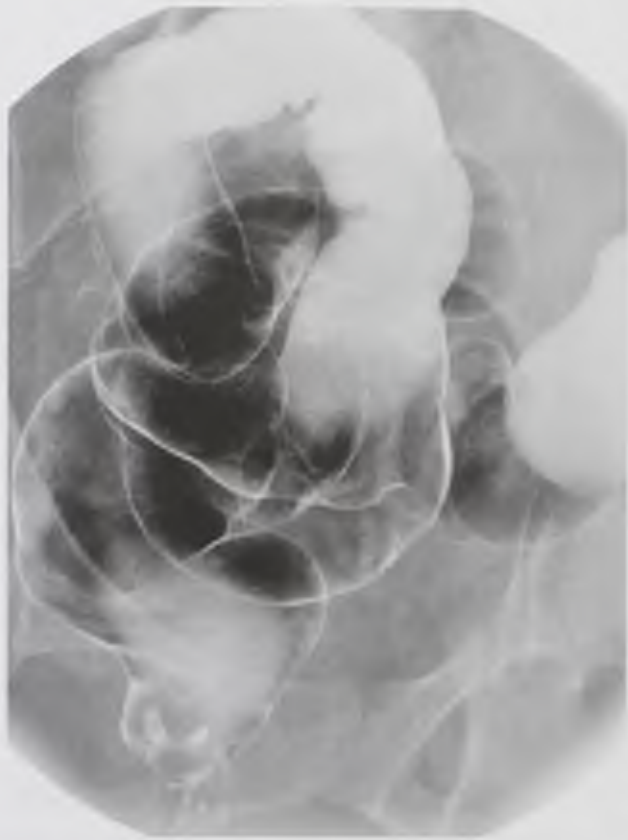


Рис. 10.52. Ирригограмма. Долихосигма



Рис. 10.53. Ирригограмма. Подвижная слепая кишка

выпячивание стенки подвздошной кишки, эластичность сохранена, опорожнение часто замедлено.

Радионуклидная диагностика: пирофосфат, меченный технецием ^{99m}Tc , накапливается стенкой дивертикула при его воспалении.

Долихосигма

Ирригоскопия: длинная, имеющая дополнительные петли сигмовидная кишка (рис. 10.52).

Подвижная слепая кишка (*coecum mobile*)

Рентгенологическое исследование: слепая кишка может определяться в проекции малого таза на уровне прямой кишки или располагаться под печенью, что имеет значение при диагностике атипичного аппендицита (рис. 10.53).

Аганглиоз (болезнь Гиршпрунга)

Ирригоскопия: резко расширенная и удлиненная толстая кишка, ректосигмоидный отдел сужен (рис. 10.54).

Дивертикулез

Рентгенологическое исследование: при контрастировании выявляются округлые выпячивания стенки кишки различных размеров, с выраженной шейкой (рис. 10.55).



Рис. 10.54. Ирригограмма. Аганглиоз (болезнь Гиршпрунга)

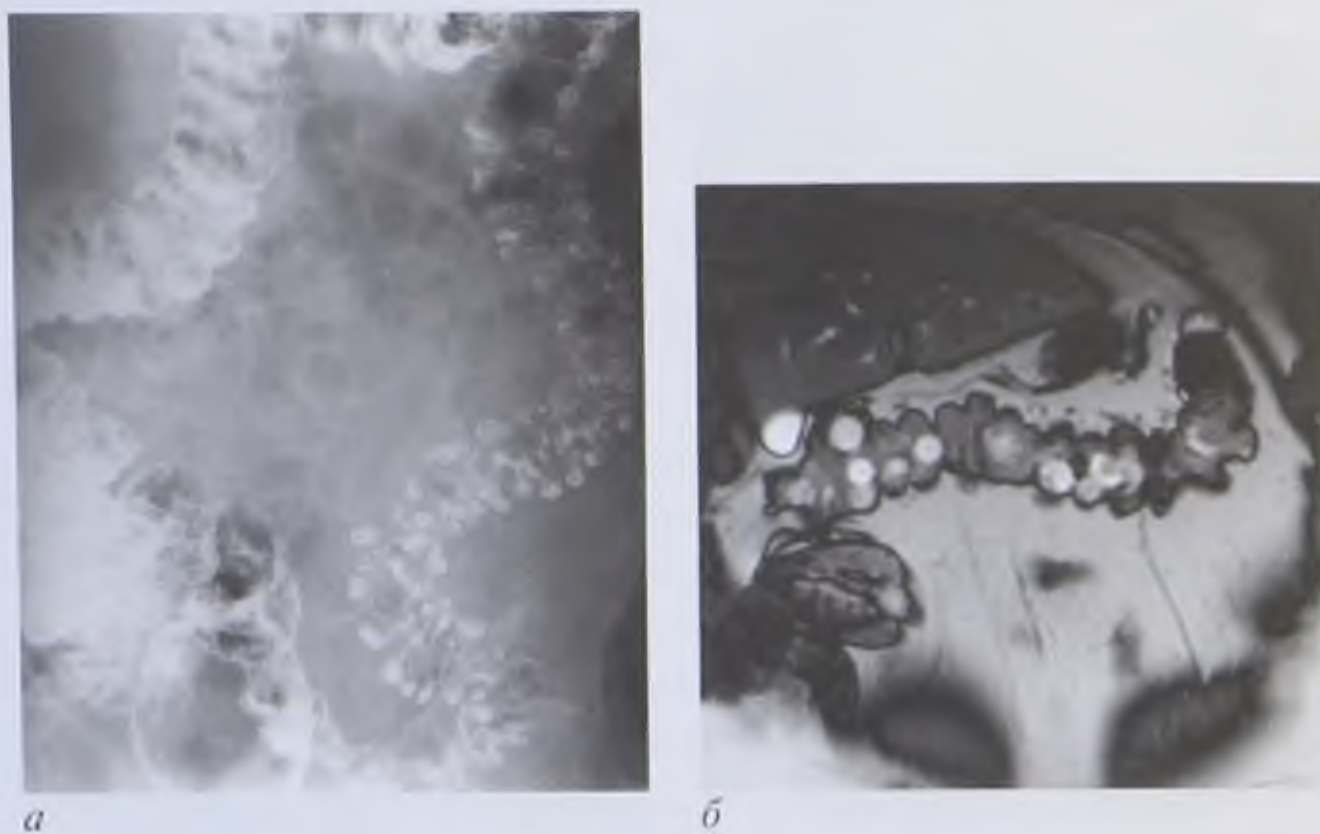


Рис. 10.55. Дивертикулез толстой кишки: *а* — ирриграмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма во фронтальной плоскости



Рис. 10.56. Рентгенограммы двенадцатиперстной кишки. Дуоденостаз: *а* — гипертонический; *б* — гипотонический

Функциональные расстройства (дискинезия и дистония)

Рентгенологическое исследование: гипертонический или гипотонический дуоденостаз выглядит как маятникообразные спастические движения контрастной массы в первом случае или значительное расширение и задержка содержимого с образованием горизонтальных уровней — во втором (рис. 10.56).

В тонкой и подвздошной кишке при гипермоторной дискинезии прохождение бариевой взвеси ускорено (не превышает 40–60 мин), нарушение тонуса проявляется симптомами «изолированности» и «вертикальной поставленности» петель тонкой кишки (рис. 10.57).



Рис. 10.57. Энтерограмма. Гипермоторная дискинезия тонкой кишки, симптом «вертикальной поставленности»



Рис. 10.58. Рентгенограмма. Язва луковицы двенадцатиперстной кишки, «ниша» на медиальном контуре луковицы (стрелки)

В толстой кишке через 24 ч после приема бариевой массы внутрь при гипермоторной дискинезии выявляется замедленное опорожнение, гаустрация усилена, определяются спастические сужения в различных отделах.

Воспалительные заболевания

Дуоденит

Рентгенологическое исследование: при контрастировании двенадцатиперстной кишки выявляются утолщения и неправильный ход складок слизистой оболочки, гипертонический дуоденостаз (см. рис. 10.56).

Язва луковицы двенадцатиперстной кишки

Рентгенологическое исследование: депо бариевой массы округлой формы, или симптом «ниши» (рис. 10.58); рубцово-язвенная деформация в виде выпрямления или втяжения контуров луковицы двенадцатиперстной кишки, расширения карманов, сужения; выражен отек складок слизистой оболочки с их конвергенцией к язве, определяются вал инфильтрации вокруг ниши, сопутствующая гипермоторная дискинезия двенадцатиперстной кишки.

Энтерит

Рентгенологическое исследование: выраженные функциональные нарушения в виде дискинезии и дистонии; отек складок слизистой оболочки (симптом «крапчатости»); газ и жидкость в просвете кишки, образующие горизонтальные уровни (рис. 10.59).

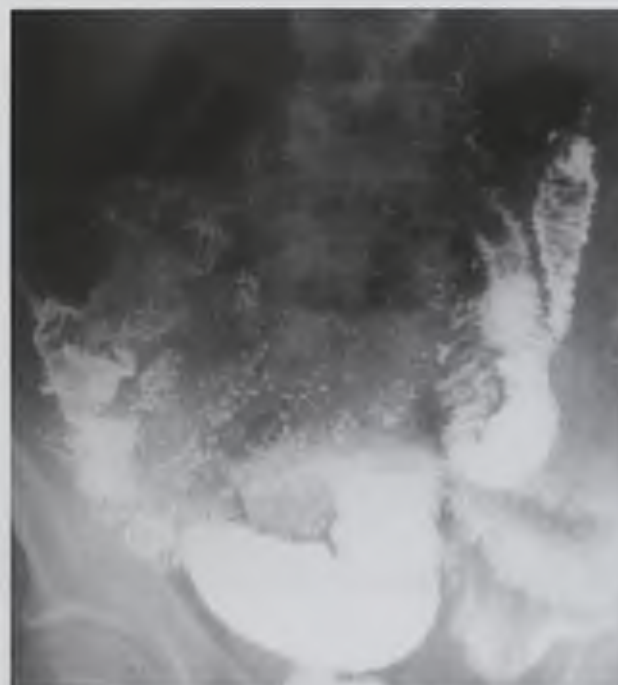


Рис. 10.59. Энтерограмма. Энтерит

Болезнь Крона

Часто выявляется в терминальном отделе тонкой кишки в сочетании с поражением толстой кишки.

Рентгенологическое исследование: при контрастировании кишечника через рот и с помощью контрастной клизмы основным рентгенологическим признаком является выраженное сужение кишки на ограниченном участке; остаточная эластичность кишки сохранена; контур сужения зазубрен из-за язв, выходящих на него; часто выявляются межкишечные и наружные свищи; слизистая оболочка изменена по типу «брусчатки» или «булыжной мостовой»; переход от пораженного участка к здоровому постепенный (рис. 10.60).

УЗИ проводят с целью выявления утолщения кишечной стенки (рис. 10.61).

КТ, МРТ: утолщение стенки кишки, сморщивание брыжейки и иногда увеличение лимфатических узлов. Используется для диагностики осложнений болезни Крона, в первую очередь абсцессов, свищей (рис. 10.62).

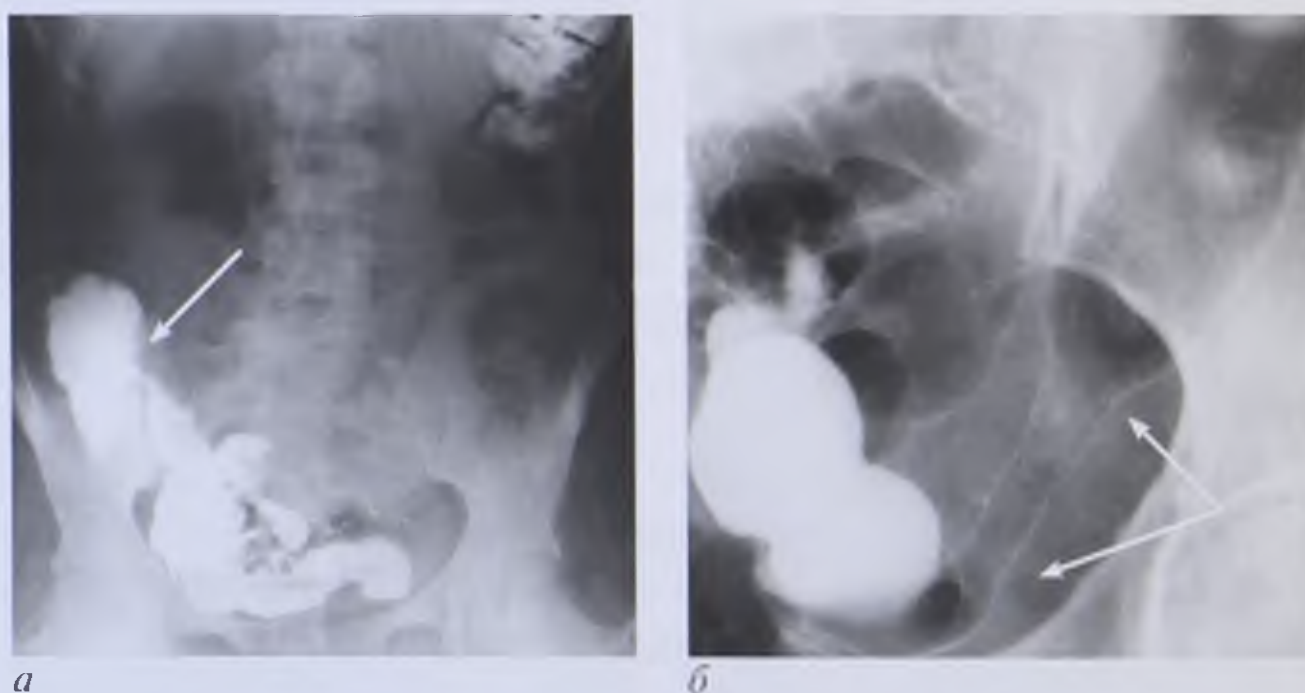


Рис. 10.60. Рентгенограммы. Болезнь Крона: *а* — поражен терминальный отдел тонкой кишки (стрелка); *б* — поражен дистальный отдел нисходящей ободочной кишки (стрелки)



Рис. 10.61. Эхограмма тонкой кишки. Болезнь Крона (сужение просвета кишки)



Рис. 10.62. Компьютерная томограмма. Болезнь Крона, свищ между тонкой и толстой кишкой (стрелка)

Туберкулез кишечника

Рентгенологическое исследование: выявляются инфильтративно-язвенные изменения брыжесчного края терминального отдела тонкой кишки; слепая кишка спазмирована (симптом Штирлина) (рис. 10.63). Диагностику облегчает первичный очаг туберкулеза (обычно в легких).

КТ, МРТ: утолщение кишечной стенки; туберкулезный асцит и гиперплазия лимфатических узлов.

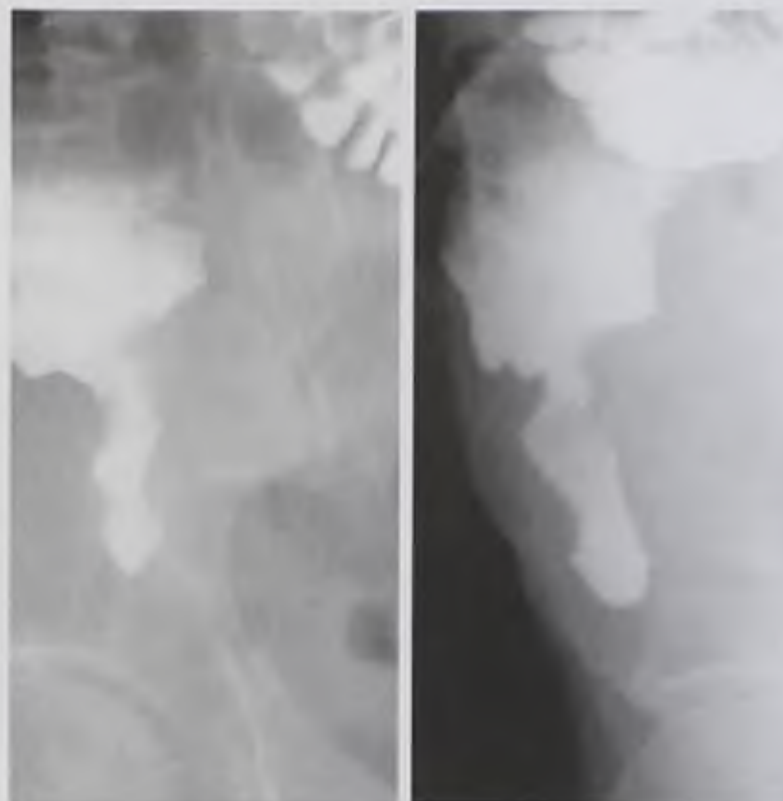


Рис. 10.63. Ирриграммы. Спазм слепой кишки при туберкулезном илеотифлите (симптом Штирлина)

Колит

Ирригоскопия: выраженный отек складок слизистой оболочки, преимущественно в дистальных отделах кишки; ход складок изменен (продольный).

Хронический неспецифический язвенный колит

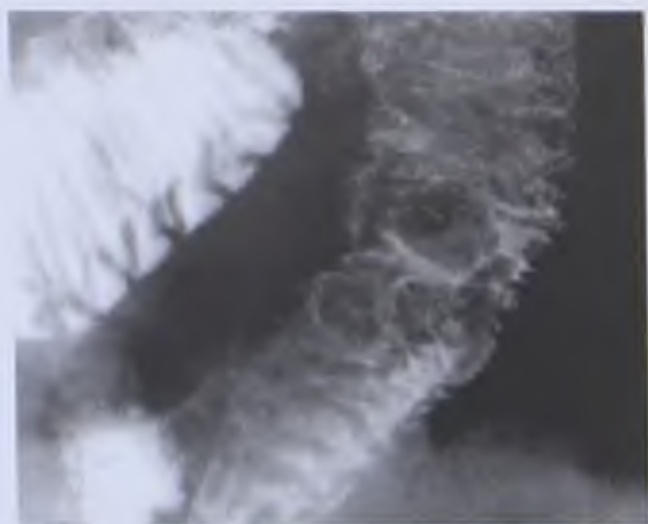
Рентгенологическое исследование: перестройка слизистой оболочки в виде утолщенных отечных псевдополипозных складок, изменение хода складок, сужение просвета кишки, сглаженность или отсутствие гаустрации, снижение эластичности стенок (рис. 10.64).

Доброкачественные опухоли

Рентгенологическое исследование: при контрастировании кишки выявляется четкий округлый дефект наполнения с ровными контурами, иногда смещающийся по ходу перистальтической волны; складки слизистой оболочки распластаны



Рис. 10.64. Ирриграммы. Хронический колит: *а* — отсутствие гаустрации; *б* — параллельное расположение складок слизистой оболочки с их утолщением



а



б

Рис. 10.65. Полипы тощей кишки: а — энтерограмма; б — препарат



Рис. 10.66. Ирригограмма. Полип сигмовидной кишки (стрелка)

на нем или плавно «обтекают» его; эластичность стенки не нарушена; супрастенотическое расширение отсутствует (рис. 10.65, 10.66).

Злокачественные опухоли

Эндофитные опухоли

Рентгенологическое исследование: на уровне опухоли стойкое сужение просвета кишки с неровными контурами; переход от суженного участка к непораженному резкий, в тонкой кишке с воротничковой инвагинацией; складки слизистой оболочки в зоне поражения не прослеживаются; стенка кишки ригидная (рис. 10.67, 10.68).

УЗИ: циркулярное утолщение стенки с экстрамуральными образованиями и брыжеечными узлами.

КТ: определяется утолщенная стенка кишки с неровным контуром, накапливающая рентгеноконтрастное вещество (при внутривенном введении); помогает выявить вторичное вовлечение в патологический процесс брыжейки, могут выявляться гиперплазия мезентериальных лимфатических узлов и метастазы в печени (рис. 10.69).

ПЭТ: большое накопление ^{18}F -ФДГ в образовании подтверждает его злокачественность, а в лимфатических узлах свидетельствует об их поражении. Используется для определения стадии по международной классификации TNM (tumor, nodus и metastasis — международная классификация стадий злокачественных новообразований) (рис. 10.70, см. цв. вклейку).

Экзофитные опухоли

Рентгенологическое исследование: бугристый, неправильной формы дефект наполнения, выступающий в просвет кишки; имеет широкое основание; на этом уровне перистальтика отсутствует; поверхность опухоли неровная, складки слизистой образуют «злокачественный рельеф» или отсутствуют; просвет кишки на уровне дефекта наполнения сужен, иногда имеется супрастенотическое расширение (рис. 10.71).



Рис. 10.67. Энтерограмма. Эндофитный рак нисходящего отдела двенадцатиперстной кишки (симптом воротничковой инвагинации)



Рис. 10.68. Ирригограмма. Эндофитный рак толстой кишки (стрелка)

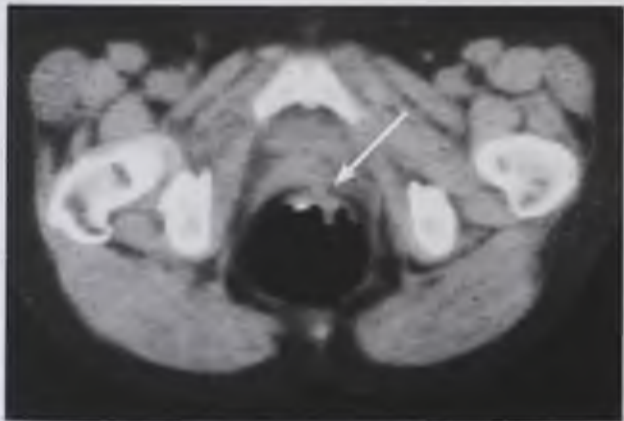


Рис. 10.69. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Рак прямой кишки (стрелка)

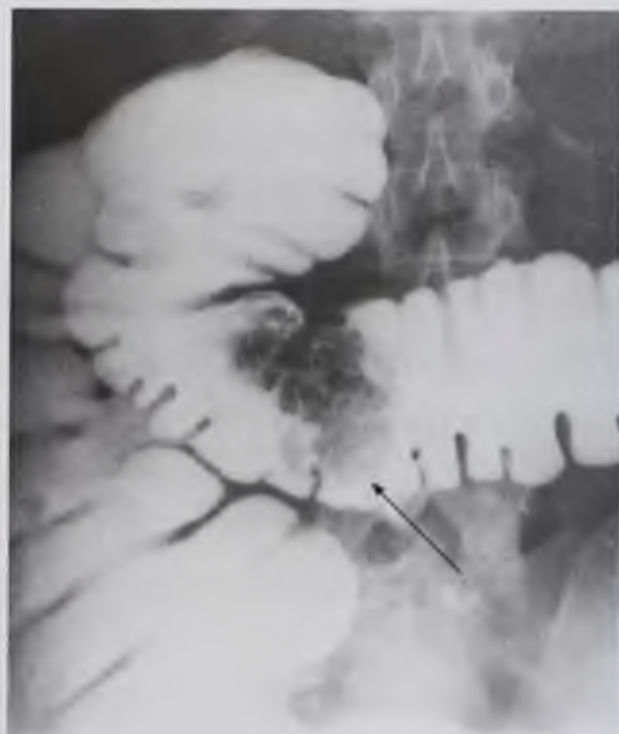


Рис. 10.71. Ирригограмма. Экзофитный рак поперечной ободочной кишки (стрелка)

КТ: образование, выступающее в просвет кишки с неровным бугристым контуром, накапливающее рентгеноконтрастное вещество (при внутривенном введении); помогает выявить вторичное вовлечение в патологический процесс брыжейки, могут выявляться гиперплазия мезентериальных лимфатических узлов и метастазы в печени.

ПЭТ: высокий уровень накопления ^{18}F -ФДГ в образовании подтверждает его злокачественность, а в лимфатических узлах свидетельствует об их поражении. Используется для определения стадии по TNM.

10.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ГЛОТКИ, ПИЩЕВОДА, ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА

При травме живота возможны повреждения различных органов брюшной полости и забрюшинного пространства, чем в значительной мере определяется лечебная тактика в целом и характер оперативного вмешательства в частности. Однако на основании клинических данных установление повреждения того или иного органа и вида этого повреждения зачастую невозможно. В таких случаях ценные данные могут быть получены при рентгенологическом исследовании, в котором нуждаются практически все пострадавшие с закрытой травмой живота.

Рентгенологическое исследование нужно выполнять по неотложным показаниям, оно должно быть максимально щадящим, но в то же время достаточно полным, отвечающим на все вопросы хирургов.

Методика и объем рентгенологического исследования определяются общим состоянием пострадавших и характером травмы.

При удовлетворительном состоянии пострадавших исследование проводится в рентгенологическом кабинете как в горизонтальном, так и в вертикальном положении пациента. Помимо рентгенографии и рентгеноскопии можно использовать и специальные контрастные методики исследования различных органов.

Пострадавших в тяжелом состоянии обследуют непосредственно на носилках или каталках. Это исследование ограничивается обычно рентгенографией, причем ее можно выполнять не только в рентгенологическом кабинете, но и в перевязочной, операционной, реанимационной, с использованием портативных и переносных рентгеновских аппаратов.

Травмы живота часто сочетаются с повреждением органов грудной полости, поэтому обязательно исследуют органы не только брюшной, но и грудной полости.

Рентгенологическая диагностика повреждений органов живота основывается на выявлении:

- свободного газа в полости брюшины (пневмоперитонеум), указывающего на повреждение полого органа (желудка, кишечника);
- свободной жидкости (крови) в полости живота (гемоперитонеум), что является свидетельством внутреннего кровотечения;
- инородных тел.

Газ скапливается в наиболее высоко расположенных отделах полости живота: в вертикальном положении пострадавшего — под диафрагмой, в горизонтальном положении на спине — под передней брюшной стенкой, на левом боку — над печенью (см. рис. 10.2).

Жидкость лучше всего выявляется на снимках, выполненных у пострадавшего, лежащего на спине. При этом жидкость в первую очередь скапливается в боковых отделах живота и рентгенологически проявляется интенсивным лентовидным затемнением пространства между предбрюшинным жиром и стенкой толстой кишки.

Металлические инородные тела, имеющие высокую плотность, на рентгенограммах дают интенсивные тени, позволяющие судить о виде ранящего предмета. При рентгенологическом исследовании нужно не только выявить инородное тело (хотя это чрезвычайно важно), но и определить его местонахождение: вне- или внутрибрюшинно (рис. 10.72).

Особенно настойчиво необходимо проводить поиски инородных тел при слепых ранениях. Облегчает решение этой задачи не только рентгенография в двух взаимно перпендикулярных проекциях, но и просвечивание.

Иногда данные клинического обследования, осмотра ран и даже рентгенологическое исследование в условиях естественной контрастности не позволяют ответить на один из основных вопросов: является ранение *проникающим* или *непроникающим*. Для этих целей можно использовать методику контрастного исследования раневых каналов — **вulnerографию**. Контрастное вещество вводят в раневое отверстие. О проникающем ранении будет свидетельствовать попадание контрастного вещества в полость живота. Если ранение непроникающее, то контрастное вещество остается в пределах стенки живота, образуя депо с четкими контурами.

Рентгеновская КТ позволяет определить даже минимальное количество свободного газа и жидкости в полости живота, выявить и точно локализовать инородные тела.

10.3.1. Перфорация полого органа

Перфорация пищевода

Вызывается попавшими в него инородными телами либо имеет ятрогенное происхождение при врачебных манипуляциях.

Рентгенография шеи: визуализация рентгеноконтрастных инородных тел, локализующихся, как правило, на уровне глоточно-пищеводного перехода (позвонки C_V-C_{VI}). В боковой проекции можно визуализировать увеличение пространства между передней поверхностью тел позвонков и задней стенкой пищевода с пузырьками газа на этом уровне.

Рентгенография груди: признаки перфорации — расширение средостения, пневмомедиастинум, подкожная эмфизема в области шеи, уровень жидкости в средостении, выпот в плевральной полости, при рентгенографии с использованием водорастворимого РКС — выход РКС за пределы пищевода.



Рис. 10.72. Рентгенограмма. Проникающее ранение брюшной полости (пулевое), желудочный свищ



Рис. 10.73. Рентгенограмма в латеропозиции на левом боку — свободный газ в брюшной полости

контрастное исследование с водорастворимыми контрастными веществами, которые через перфорационное отверстие проникают в брюшную полость (рис. 10.73).

КТ: газ и жидкость в брюшной полости, выход РКС из полого органа, локальное утолщение стенки кишки и инфильтрация брыжейки.

10.3.2. Острая кишечная непроходимость

Различают функциональную, или динамическую, и механическую тонко- и толстокишечную непроходимость, вызванную препятствием, стенозирующим просвет кишки.

В основе *динамической* кишечной непроходимости лежат нарушения моторной функции кишечника вследствие острых воспалительных заболеваний (холецистит, панкреатит, аппендицит, перитонит, паранефрит). Травмы, оперативные вмешательства, забрюшинные гематомы, интоксикации, метаболические нарушения и нарушения мезентериального кровообращения также могут вызвать стойкий парез кишечника. Рентгенологические изменения представлены вздутием кишечных петель с короткими горизонтальными уровнями жидкости. Газ в кишечнике преобладает над жидкостью, определяется как в тонкой, так и в толстой кишке, выраженных чаш Клойбера нет, перистальтика отсутствует. Диагноз устанавливают на основании обзорной рентгенографии, энтерографии и ирригоскопии.

Механическая кишечная непроходимость возникает вследствие стеноза кишки, вызванного опухолью, спайками, копролитами (обтурационная), заворотом кишки, узлообразованием, ущемлением в грыжевом мешке (странгуляционная). При рентгенологическом исследовании определяются газ и горизонтальные уровни жидкости в виде «арок» и чаш Клойбера, расположенных выше препятствия. Кишка расширена, складки слизистой оболочки растянуты (симптом «скелета селедки»). Перистальтика в отличие от динамической кишечной непроходимости усилена, кишка совершает маятникообразные движения, в ней перемещаются уровни жидкости по типу сообщающихся сосудов. Имеется постстенотическое сужение кишки, газ и жидкость ниже препятствия

КТ: при исследовании средостения визуализируется воздух или вытекание РКС за пределы органа, а также локальное повышение плотности окружающей клетчатки.

Перфорация желудка и кишечника

Рентгенография живота: патогномичным признаком перфорации является свободный газ в полости живота, расположенный в наиболее высоких отделах. Для выявления места перфорации можно провести



Рис. 10.74. Обзорная рентгенограмма живота. Спаечная тонкокишечная непроходимость (арки, чаши Клойбера)



Рис. 10.75. Энтерограмма. Механическая низкая тонкокишечная непроходимость



а



б

Рис. 10.76. Низкая толстокишечная непроходимость, заворот сигмовидной кишки: *а* — обзорная рентгенограмма живота; *б* — ирригограмма

не определяются. По мере прогрессирования патологического процесса количество жидкости в кишке нарастает, газа — уменьшается, горизонтальные уровни становятся шире. Дистальные отделы кишки освобождаются от содержимого (рис. 10.74–10.76).

Своевременная диагностика острой кишечной непроходимости способствует правильному выбору тактики лечения и влияет на исход заболевания.

Контрольные вопросы

1. В чем различия между рубцовыми стриктурами пищевода и стриктурами опухолевого происхождения?
2. Какова дифференциальная диагностика ригидного антрального гастрита и опухоли желудка?
3. Каковы основные симптомы злокачественной опухоли желудка?
4. Какие методики исследования тонкой кишки вы знаете?
5. Назовите признаки доброкачественной опухоли толстой кишки.

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ПАРЕНХИМАТОЗНЫХ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

11.1. ПЕЧЕНЬ

11.1.1. Нормальная рентгеноанатомия

Печень — самая большая железа человека, ее масса составляет в среднем 1,5 кг у взрослых мужчин и 1,2 кг у женщин. По некоторым данным, печень выполняет более 500 различных функций (детоксикационная, ферментативная, экскреторная, участие в процессах энергетического обмена и др.). При обследовании пациента чрезвычайно важно изучить как морфологическую структуру, так и функциональное состояние печени. Современные методы лучевой диагностики позволяют в значительной степени решить обе эти задачи. Однако перед тем, как перейти непосредственно к методам лучевой диагностики, необходимо четко представлять себе анатомо-физиологическое строение органа.

Печень располагается в правой поддиафрагмальной области полости живота и прикрепляется связками к диафрагме, брюшной стенке, желудку и кишечнику.

Структурно-функциональной единицей органа является печеночная долька, которая имеет форму шестигранной призмы диаметром 1–1,5 мм и высотой 1,5–2 мм. Долька образована гепатоцитами (85% всех клеток печени), расположенными вокруг центральной вены. Таких долек в печени около 500 тыс. (рис. 11.1).

С развитием хирургии большое значение стало приобретать деление печени на более крупные единицы. В настоящее время печень подразделяют на 2 доли (более крупную правую и меньшую левую), которые, в свою очередь, делятся на 8 сегментов (по 4 в каждой доле). 1-й сегмент также называют хвостатой долей печени, а 4-й — квадратной долей. В основу этого деления (схема Куино, 1957) было положено ветвление воротной вены, которая, разделившись в воротах печени на правую и левую ветви, далее отдает ветви 2-го порядка (рис. 11.2). Участки, в которых разветвляются вены 2-го порядка, а вместе с ними ветви печеночной артерии и желчные протоки, называют сегментами печени.

Печень имеет так называемое двойное кровоснабжение: приток крови осуществляют воротная вена (70–80% общего объема поступающей крови) и печеночная артерия (20–30%). Отток крови происходит через печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

Одна из основных функций печени — образование и выделение желчи, которая необходима для эмульгирования жиров и превращения жирных кислот

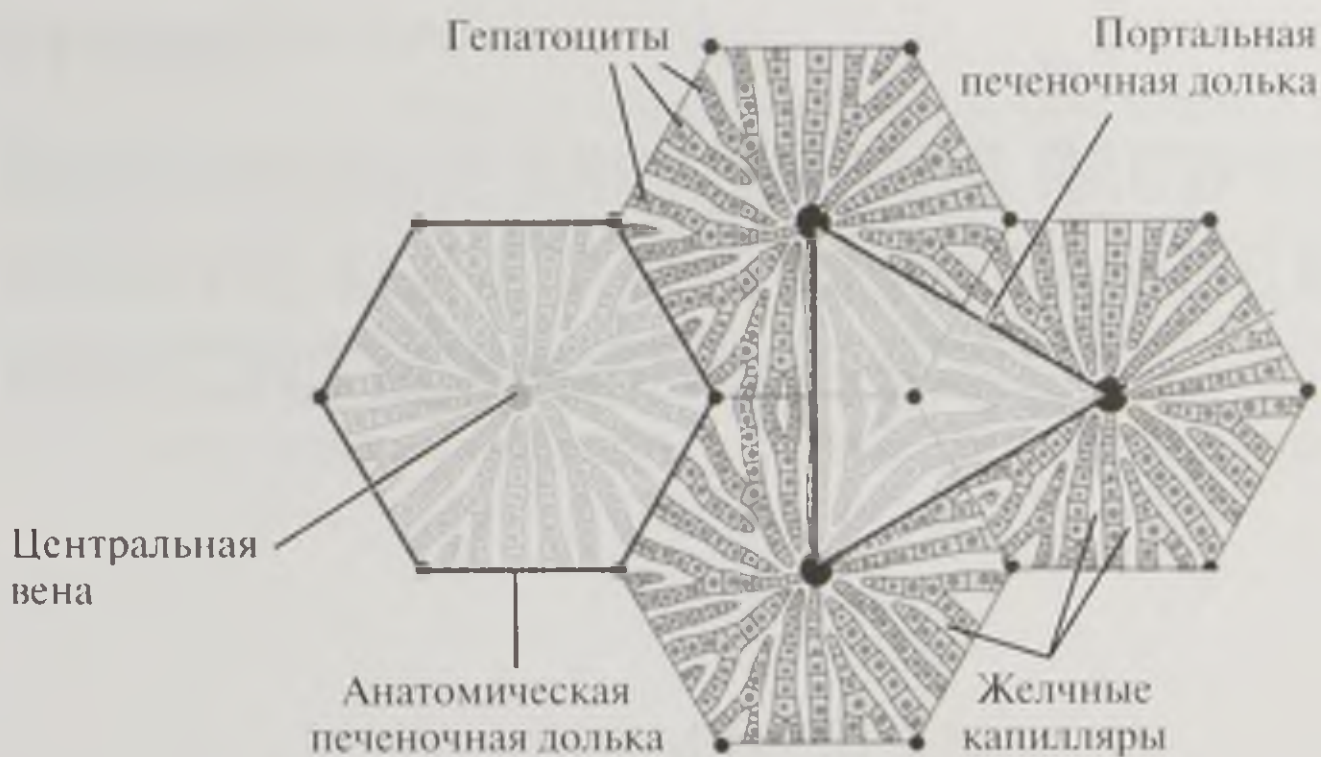


Рис. 11.1. Структурно-функциональной единицей печени является печеночная долька, которая имеет форму шестигранной призмы диаметром 1–1,5 мм и высотой 1,5–2 мм. Долька образована гепатоцитами, расположенными вокруг центральной вены

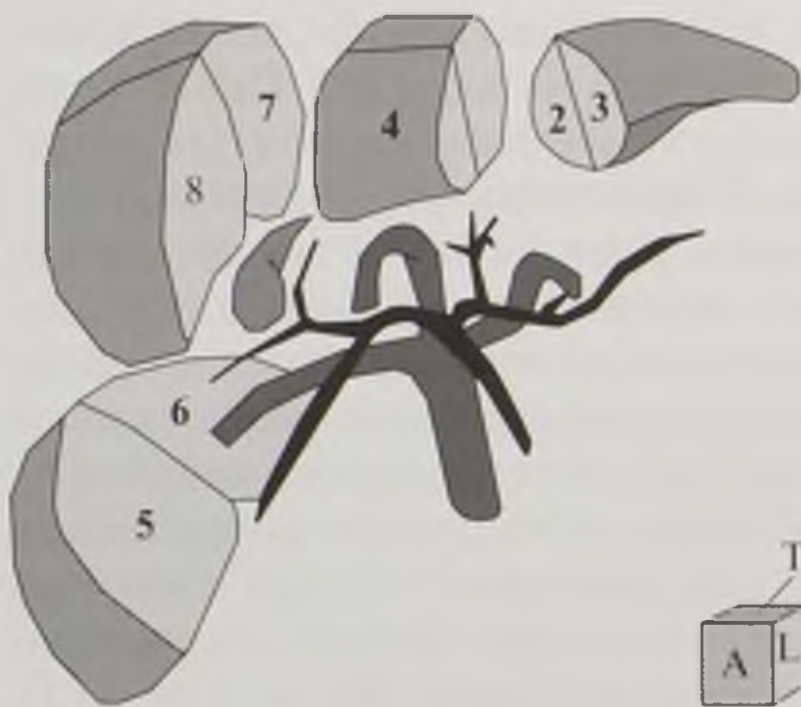


Рис. 11.2. Схема Куино (Couinaud, 1957). В основу этого деления было положено ветвление воротной вены, которая, разделившись в воротах печени на правую и левую ветви, далее отдает ветви 2-го порядка. Участки печени, в которых разветвляются вены 2-го порядка, а вместе с ними ветви печеночной артерии и желчные протоки, рассматриваются в качестве сегментов печени (2–8; сегмент 1 скрыт)

в водорастворимые формы. Желчь вырабатывается гепатоцитами и по системе желчных путей выделяется в просвет двенадцатиперстной кишки. Выделяют внутрипеченочные и внепеченочные желчные пути. Внутрипеченочные желчные протоки начинаются с желчных капилляров — тончайших бороздок (диаметром около 1 мкм) на поверхности гепатоцитов (желчные капилляры собственной стенки не имеют), которые на периферии печеночных долек сливаются в междольковые желчные протоки, а те — в сегментарные, секторальные и долевые. С долевых (правого и левого) печеночных протоков и начинаются внепеченочные желчные пути (рис. 11.3).

Объединившись в области ворот печени, правый и левый печеночный протоки образуют общий печеночный проток, который, слившись с пузырным протоком, переходит в общий желчный проток, или холедох. В половине случаев общий желчный проток далее соединяется с панкреатическим (вирсунговым) протоком и, образовав печеночно-поджелудочную ампулу, открывается в двенадцатиперстную кишку большим дуоденальным (фатеровым) сосочком. В остальных случаях холедох и вирсунгов проток впадают в кишечник раздельно.

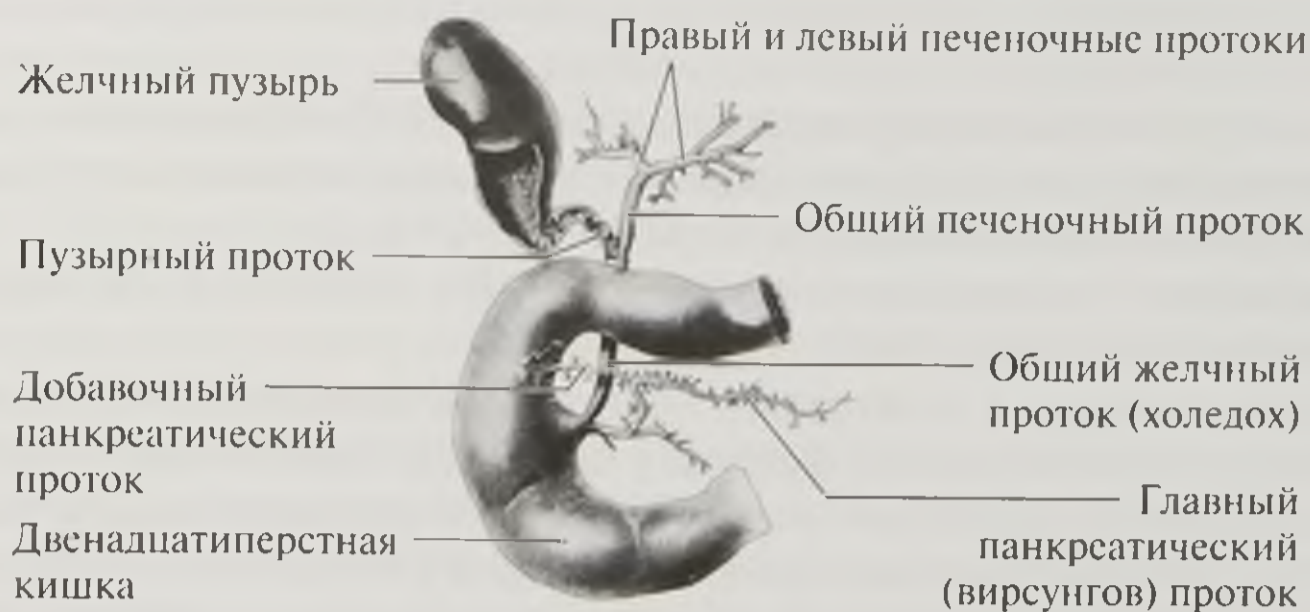


Рис. 11.3. Внепеченочные желчевыводящие пути

Желчь вырабатывается печенью непрерывно (от 3 до 4,5 л/сут первичной желчи), но лишь ее часть из печени попадает сразу в кишечник. Другая часть желчи через пузырный проток попадает в желчный пузырь — полый мышечный орган, необходимый для накопления и концентрирования желчи. В нем различают дно — самую дистальную часть, тело — среднюю часть, и шейку. По мере необходимости при приеме пищи или при накоплении в желчном пузыре более 40 см³ желчи она рефлекторно выбрасывается в двенадцатиперстную кишку.

11.1.2. Методы лучевого исследования

Рентгенологический метод

Нативные рентгенологические методики

На обзорной рентгенограмме органов полости живота в норме печень определяется как однородная, довольно интенсивная тень в правом верхнем отделе живота с четкими, ровными контурами, по форме приближающаяся к треугольнику. Ее верхняя граница соответствует правой половине купола диафрагмы, латеральная вырисовывается на фоне экстраперитонеальной жировой клетчатки, а нижняя идет в проекции правой реберной дуги и обычно хорошо видна на фоне других органов полости живота. Желчный пузырь на обзорной рентгенограмме в норме, как правило, не визуализируется (рис. 11.4).

Специальные рентгеноконтрастные методики

Выделяют три методики контрастирования желчного пузыря и желчевыводящих путей.



Рис. 11.4. Обзорная рентгенограмма печени. Газ во внутрипеченочных протоках

Холецистография — исследование желчного пузыря после приема внутрь контрастного вещества, выделяющегося с желчью.

На холецистограммах нормальный желчный пузырь выглядит как однородная интенсивная тень овальной формы с ровными, четкими контурами, несколько суживающаяся кверху, размерами 6—1×2—4 см.

Холеграфия — исследование желчного пузыря и желчных протоков после внутривенного введения РКС.

Холецистография и холеграфия — непрямые методики, которые можно использовать при отсутствии желтухи у пациента, когда печень функционирует нормально. Недостатком является непрямое контрастирование, что дает не всегда отчетливое изображение. С появлением УЗИ значение холецистографии и холеграфии заметно уменьшилось, и в настоящее время эти методики выполняются крайне редко.

Холангиография — исследование желчных протоков. Холангиография обладает достаточно высокими диагностическими возможностями благодаря прямому контрастированию (РКС вводят непосредственно в желчные протоки), дающему четкое изображение.

В норме ширина желчных протоков не превышает 1 см, тень их однородна. Контур протоков четкие, ровные, опорожнение в двенадцатиперстную кишку свободное.

В зависимости от места и способа введения РКС различают:

- чрескожную чреспеченочную холангиографию (РКС вводят специальной иглой через кожу непосредственно в желчные протоки);
- чрескожную холецистографию (РКС вводят специальной иглой через кожу в желчный пузырь);
- эндоскопическую ретроградную холангиопанкреатографию (ЭРХПГ) (РКС вводят эндоскопически через канюлю в большой дуоденальный сосок) (рис. 11.5);
- интраоперационную холангиографию (РКС вводят непосредственно в желчный проток в ходе оперативного вмешательства);
- послеоперационную холангиографию (фистулографию) (РКС вводят через дренаж, установленный во время оперативного вмешательства для декомпрессии желчных путей).



Рис. 11.5. Эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография. Норма

Иногда для уточнения протяженности процесса при обструкции желчных путей используют одновременное ante- и ретроградное контрастирование желчных путей, применяя ЭРХПГ и чрескожную чреспеченочную холангиографию.

Рентгеноконтрастное исследование сосудов живота, как и любой другой области тела человека, носит название **ангиографии**, однако в зависимости от способа введения РКС

и от того, какие именно сосуды будут исследоваться прицельно, выделяют более узкие методики, описанные далее.

При **целиакографии РКС** вводят через катетер в чревный ствол, в результате чего на серии ангиограмм получают изображение всех его ветвей (левой желудочной и селезеночной артерий, общей печеночной артерии, желудочно-двенадцатиперстной артерии, собственной печеночной артерии и ее ветвей). При необходимости возможно введение РКС в любую из перечисленных артерий (**суперселективная ангиография**).

Возвратная спленопортография по сути является заключительной фазой целиакографии; серию ангиограмм получают в тот момент, когда РКС, пройдя через артерии и капиллярную сеть, оказывается в системе воротной вены.

Портография — группа методик прямого контрастирования системы воротной вены:

- спленопортография — специальной иглой через кожу РКС вводят в паренхиму селезенки;
- чрескожная чреспеченочная портография — специальной иглой через кожу вводят РКС в одну из внутрипеченочных ветвей воротной вены.

Интервенционная радиология — ангиографическое исследование с эмболизацией сосудов печени.

Ультразвуковой метод

УЗИ благодаря своей доступности, неинвазивности, отсутствию противопоказаний, а также высокой информативности получило заслуженное признание. В настоящее время с него начинается практически любое обследование пациентов с заболеваниями печени и желчных путей.

Печень определяется как однородное образование с мелкозернистой структурой и четкими, ровными контурами, на фоне которого можно различить внутрипеченочные сосуды (преимущественно печеночные вены и ветви воротной вены). В области ворот печени визуализируется так называемая печеночная триада: воротная вена (диаметр основного ствола — 0,9–1,4 см), печеночная артерия (диаметр — 0,45–0,51 см) и общий желчный проток (диаметр — около 0,7 см). Желчный пузырь выглядит как эхонегативное образование овальной формы с четкими, ровными контурами размером от 6 до 12 см в длину и от 2,5 до 4 см в поперечнике. Толщина его стенки составляет от 2 мм в области дна и тела до 3 мм у воронки и шейки (рис. 11.6).



Рис. 11.6. На эхограммах желчный пузырь выглядит как эхонегативное образование овальной формы с четкими ровными контурами размерами от 6 до 12 см в длину и от 2,5 до 4 см в поперечнике

Допплерография (эхоангиография). С помощью ультразвукового доплерографического исследования можно

неинвазивно оценить состояние всех основных сосудов печени и кровотоков в них. Особенно демонстративна данная методика при применении режима ЦДК (рис. 11.7, см. цв. вклейку).

Рентгеновская компьютерная томография

Нативная компьютерная томография

На нативных КТ-изображениях печень в норме имеет четкие, ровные края, однородную структуру и плотность порядка +60...+70 НУ, хорошо различимы венозные сосуды печени (+30...+50 НУ). В зависимости от того, на каком уровне выполнен срез, можно оценить те или иные структуры органа. Если следовать в краниокаудальном направлении (сверху вниз), первой появляется правая доля печени, которая находится непосредственно под правой половиной купола диафрагмы (уровень $Th_{IX}-Th_X$ позвонков). Границу между печенью и диафрагмой в норме провести невозможно, так как коэффициенты ослабления рентгеновского излучения данными структурами практически идентичны. Несколько ниже (уровень Th_X-Th_{XI} позвонков) начинает визуализироваться левая доля печени. Границей между правой и левой долями печени считают условную линию, проведенную от ворот печени к ложу желчного пузыря. Желчный пузырь определяется на уровне $Th_{XI}-Th_{XII}$ позвонков. КТ дает детальное представление о его форме, размерах, локализации, конкрементах и т.д.

На уровне ворот печени иногда можно выделить общий желчный проток, но в норме он определяется неотчетливо. Воротная вена, напротив, визуализируется довольно хорошо. Ориентируясь на ее ветви, а также на левую продольную борозду, в которой проходит круглая связка печени, удается дифференцировать сегменты печени. Внутривенные желчные протоки в норме не видны.

Компьютерная томография с контрастным усилением

При необходимости возможно проведение КТ с использованием РКС. Если РКС ввести в вену в небольшом количестве (20–40 мл) обычным шприцем, то компьютерные томограммы, полученные в дальнейшем, называют «усиленными». На них можно оценить кровоснабжение печени лишь в общих чертах, но информация о кровоснабжении патологически измененной паренхимы печени чрезвычайно важна для дифференциальной диагностики различных патологических образований.

Если КТ выполняют с болюсным введением РКС в вену (100–150 мл) с высокой скоростью (3–5 мл/с) под давлением с помощью специального автоматического инъектора, то исследование называют **спиральной компьютерно-томографической ангиографией (СКТА)**. Методика СКТА чрезвычайно информативна. Точно рассчитав время начала сканирования, удастся отследить прохождение болюса РКС по различным сосудам (выделяют артериальную, портальную и венозную фазы), что позволяет детально изучить сосудистую сеть печени. Кроме того, при наличии соответствующего программного обеспечения можно определить величину перфузии паренхимы печени (рис. 11.8, см. цв. вклейку).

Магнитно-резонансная томография

Благодаря отсутствию лучевой нагрузки на пациента, высокой тканевой контрастности изображения, а также возможности получения срезов в любой плоскости МРТ стала одним из ведущих методов лучевой диагностики заболеваний и повреждений печени.

Нативная МРТ

Так же как при КТ, при анализе МР-изображений состояние печени оценивают на определенных уровнях. Верхним уровнем печени является место выхода из паренхимы печени печеночных вен. Здесь можно оценить состояние самих печеночных вен (левой средней и правой), а также 4-го, 7-го и 8-го сегментов печени. Следующим уровнем называют уровень ворот печени, на котором определяются ветви воротной вены, печеночные вены, печеночные артерии, общий печеночный и желчный протоки, а также 1–7-й сегменты печени и лимфатические сосуды (рис. 11.9).

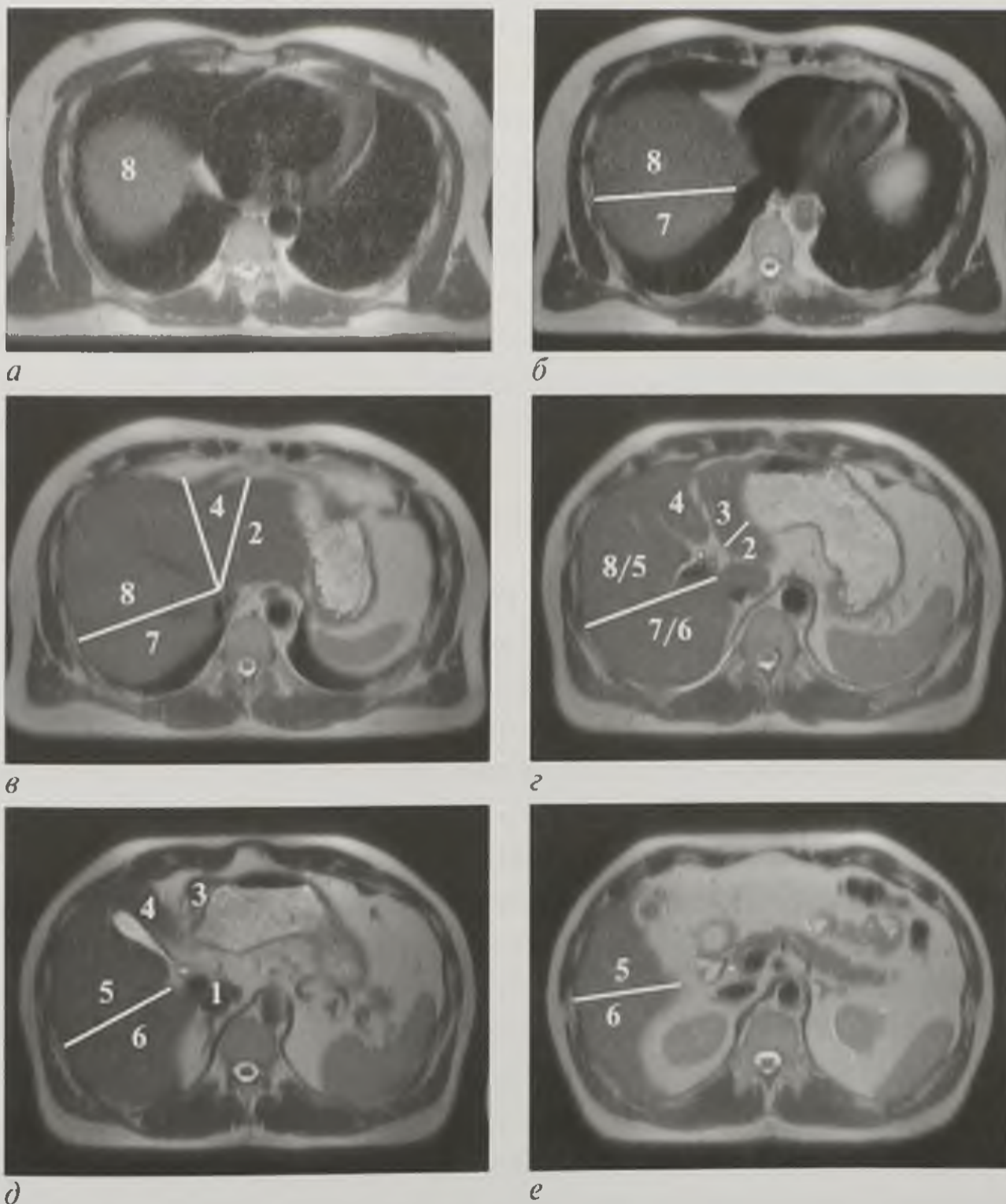


Рис. 11.9. Магнитно-резонансные томограммы (а–е). Т2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости: 1–8 — сегменты печени

В норме вертикальный размер правой доли составляет 12–15 см, левой — 7–8 см, переднезадний размер правой доли — 12,5–13,5 см, левой — 6–7 см. Контуры печени четкие, ровные. Интенсивность сигнала на T1-ВИ довольно высокая (несколько интенсивнее сигнала от селезенки и скелетных мышц), а на T2-ВИ — низкая. Желчный пузырь также хорошо визуализируется, особенно при исследовании натощак.

Специальные методики МРТ

МРТ с динамическим контрастным усилением. Применение парамагнитных контрастных веществ позволяет значительно повысить диагностические возможности метода. Выделяют внеклеточные, внутрисосудистые, органоспецифичные, энтеральные и ингаляционные парамагнитные контрастные вещества.

Наиболее известны и чаще всего применяются в клинической практике внеклеточные парамагнитные комплексы гадолиния [гадопентетовая кислота (Магневист[▲]), гадобутрол (Гадовист[▲]), гадодиамид (Омнискан[▲]) и др.]. В основе их действия лежит укорочение времени T1-релаксации, что способствует принципиальному повышению интенсивности сигнала на T1-ВИ. Динамическое контрастное усиление позволяет получить изображения в артериальную, портальную и венозную фазы контрастирования, а также оценить накопление парамагнитного контрастного вещества здоровой и патологически измененной тканью, значительно облегчая диагностику патологических образований печени.

Внутрисосудистые парамагнитные контрастные вещества, в отличие от внеклеточных, значительно дольше остаются в кровяном русле, их накопление в тканях минимально, что дает возможность селективного выделения кровеносных сосудов. Кроме того, время, за которое можно проводить исследование, значительно увеличивается, появляется возможность повторного исследования.

Органоспецифичные контрастные вещества избирательно накапливаются в тех или иных органах и тканях. Так, например, мангафодипир [марганца (II) дипиридоксаль дифосфат — Mn-DPDP] и гадокетовая кислота (Примовист[▲]) тропны к гепатобилиарной системе и гепатоцитам. Парамагнитные липосомы (AMI-25) избирательны к ретикулоэндотелиальной системе, металлопорфирины — к опухолям и т.д.

Динамическое контрастное усиление дает возможность получить изображения в артериальную, портальную и венозную фазы контрастирования, значительно облегчая диагностику патологических образований печени.

МР-ангиография позволяет детально изучить сосудистое русло печени. Для проведения МР-ангиографии, как правило, применяют экстрацеллюлярные препараты, такие как хелатные комплексы гадолиния [гадопентетовая кислота (Магневист[▲]), гадодиамид (Омнискан[▲])]. После сбора сырых данных на основе МР-алгоритмов (Maximum Intensity Projections — проекции максимальной интенсивности) строятся трехмерные изображения сосудов.

Соответствующее программное обеспечение позволяет неинвазивно получить изображение желчных путей — выполнить **МР-холангиопанкреатографию**

(МРХПГ), а также собрать информацию о химическом составе печени с помощью **МР-спектроскопии** печени (рис. 11.10, см. цв. вклейку).

Основными преимуществами МРХПГ перед традиционными рентгено-контрастными методиками являются неинвазивность, а также визуализация желчных путей как выше, так и ниже стриктуры (рис. 11.11).

МР-спектроскопия является, по сути, единственной методикой, позволяющей прижизненно и неинвазивно оценивать метаболизм печени на клеточном уровне не по косвенным признакам (изменение биохимических показателей крови), а непосредственно по химическому составу печени.



Рис. 11.11. Магнитно-резонансная холангиопанкреатикография

Радионуклидный метод

Метод радионуклидной диагностики позволяет диагностировать заболевания печени и желчных путей.

Гепатобилисцинтиграфия (ГБСГ), или динамическая ГБСГ, проводится с применением меченных ^{99m}Tc производных иминодиацетиловой кислоты. Все эти соединения носят обобщенное название **НДА**. Попав в венозное русло, они связываются с альбумином в крови и, оказавшись в печени, захватываются гепатоцитами, после чего выводятся с желчью без изменения химической структуры. С помощью гамма-камеры удается фиксировать прохождение РФП по всему организму.

Исследование проводят натощак, без какой-либо медикаментозной подготовки. В норме на сцинтиграммах изображение печени начинает появляться уже через 5 мин после введения РФП, достигая максимума на 10–15-й минуте (паренхиматозная фаза исследования). Через 7 мин от начала исследования появляется изображение желчных протоков (максимальное накопление на 20–25-й минуте), а желчный пузырь начинает визуализироваться на 8–20-й минуте. Через 60 мин после введения РФП больному дают жирный (желчегонный) завтрак. После непродолжительного латентного периода (5–7 мин) это приводит к сокращению желчного пузыря и значительному ускорению выведения РФП в холедох и двенадцатиперстную кишку. По сцинтиграммам определяют форму, размеры и положение печени, желчного пузыря и магистральных желчных протоков. Учитывая характер захвата и распределения в них РФП, а также при построении кривых прохождения РФП через те или иные структуры, оценивают функциональные параметры гепатобилиарной системы.

Гепатосцинтиграфия. Для радионуклидного изучения ретикулоэндотелиальной системы печени в качестве РФП применяют коллоидные растворы с частицами, мечеными ^{99m}Tc . После введения препарата получают серию

изображений печени, на которых оценивают васкуляризацию органа, активность звездчатых ретикулоэндотелиоцитов, топографию и анатомо-морфологическое строение органа. В норме распределение РФП в печени довольно равномерное (см. рис. 6.3), за исключением области ложа желчного пузыря, где отмечается некоторое снижение накопления РФП. Кроме визуальной оценки сцинтиграмм, дифференциальной диагностике патологических процессов печени помогает ряд количественных показателей.

Сцинтиграфическая ангиография печени. Для оценки системы кровоснабжения печени в качестве РФП используют меченные ^{99m}Tc аутоэритроциты. Основным показанием для проведения этого исследования является подозрение на кавернозные гемангиомы печени.

11.1.3. Лучевая семиотика заболеваний печени и желчных путей

Диагностика заболеваний и повреждений печени и желчных путей требует комплексного подхода и должна основываться не только на данных анамнеза, физикального и лабораторного исследования, но и на результатах лучевых методов. В табл. 11.1 представлены наиболее распространенные заболевания и повреждения печени.

Таблица 11.1. Классификация заболеваний и повреждений печени

Заболевания печени		Повреждения печени
диффузные	очаговые	
<ul style="list-style-type: none"> • Гепатиты. • Цирроз. • Жировой гепатоз 	<ul style="list-style-type: none"> • Кисты. • Абсцессы. • Опухоли: <ul style="list-style-type: none"> – доброкачественные: <ul style="list-style-type: none"> ◇ гемангиомы; ◇ аденомы; ◇ узловатая гиперплазия; – злокачественные: <ul style="list-style-type: none"> ◇ первичные (гепатоцеллюлярный рак); ◇ вторичные (метастазы) 	<ul style="list-style-type: none"> • Закрытые: <ul style="list-style-type: none"> – без нарушения целостности капсулы: <ul style="list-style-type: none"> ◇ субкапсулярная гематома; ◇ центральный разрыв (гематома); – с нарушением целостности капсулы: <ul style="list-style-type: none"> ◇ поверхностный разрыв; ◇ глубокий разрыв; ◇ двухмоментный разрыв; ◇ разможнение или фрагментация. • Открытые: <ul style="list-style-type: none"> – огнестрельные; – неогнестрельные

Диффузные заболевания печени

Гепатиты

Специфических лучевых симптомов нет.

УЗИ, КТ, МРТ, радионуклидный метод: незначительное увеличение печени и селезенки, а также неоднородность структуры паренхимы печени.

Цирроз печени

Рентгенологический метод: при рентгеноскопии пищевода признаки варикозно расширенных вен. На обзорной рентгенограмме живота — изменение размеров печени, увеличение селезенки, асцит.

УЗИ: изменение размеров печени, ее неровная, узловатая поверхность, изменение сосудов печени, выпот в брюшную полость (рис. 11.12).

МРТ, КТ: неоднородность структуры паренхимы органа (узелки регенерации, участки разрастания соединительной ткани); признаки портальной гипертензии (расширение воротной вены, увеличение селезенки, жидкость в полости живота); визуализация портокавальных шунтов (рис. 11.13).

Гепатосцинтиграфия: значительное повышение накопления РФП селезенкой по отношению к печени; выраженная неоднородность структуры

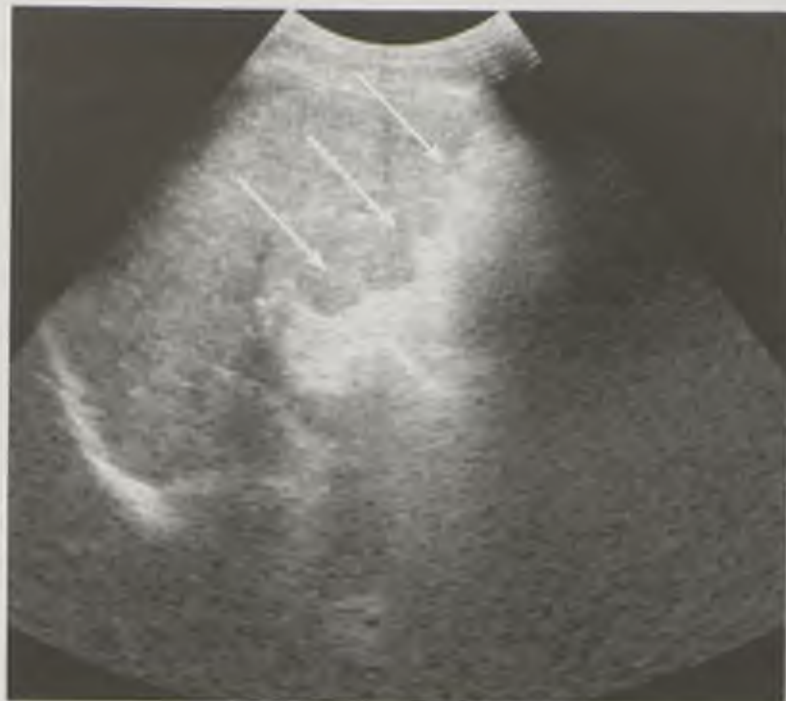
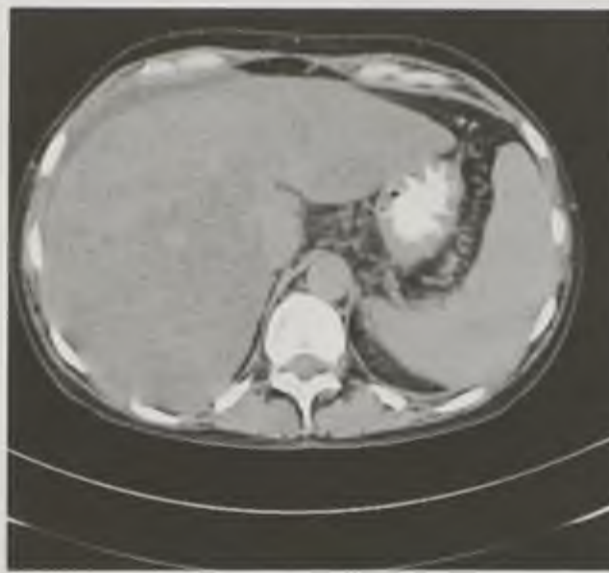


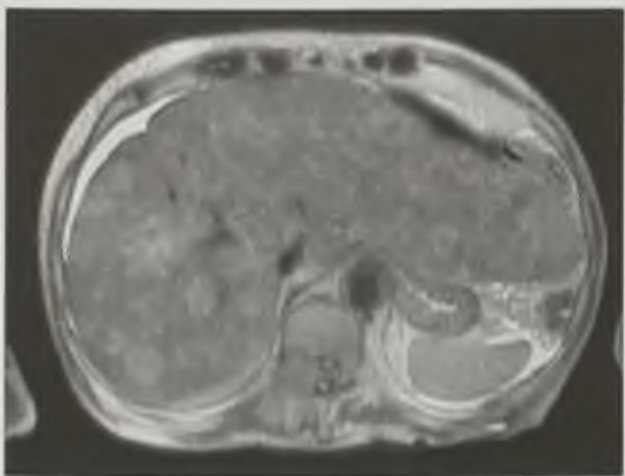
Рис. 11.12. Эхограмма. Цирроз печени, стрелками указан бугристый контур печени



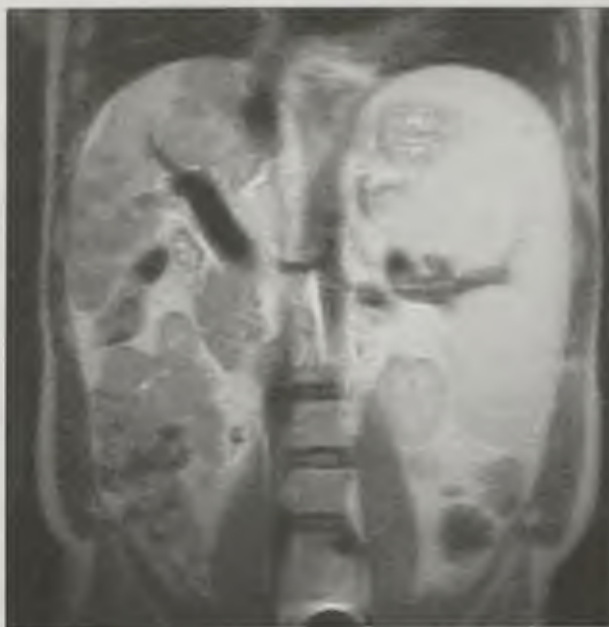
а



б



в



г

Рис. 11.13. Цирроз печени: *а, б* — компьютерные томограммы в аксиальной плоскости нативная (*а*) и с контрастным усилением (*б*); *в, г* — магнитно-резонансные томограммы, T2-взвешенное изображение в аксиальной (*в*) и фронтальной (*г*) плоскостях. Определяется неоднородность структуры паренхимы (узелки регенерации, участки разрастания соединительной ткани); признаки портальной гипертензии (расширение воротной вены, увеличение селезенки, жидкость в брюшной полости)

печени в результате повышенного накопления РФП в очагах регенерации и пониженного в областях разрастания соединительной ткани.

Гепатобилисцинтиграфия: замедленные захват и выведение РФП гепатоцитами (признаки повреждения гепатоцитов).

Ангиография: изменение практически всех сосудов, так или иначе участвующих в системе кровоснабжения печени (печеночная артерия и ее ветви резко сужены, селезеночная и желудочные артерии расширены; ветви воротной вены сужены, а сами воротная и селезеночная вены расширены).

Жировой гепатоз печени

КТ: снижение плотности печени до +40 НУ и менее.

МРТ: повышение интенсивности сигнала от ткани печени.

Очаговые заболевания печени

Кисты

Рентгенологическое исследование: на обзорных рентгенограммах эхинококковые кисты печени можно увидеть в виде округлых обызвествленных по контуру образований.

УЗИ, КТ, МРТ: заполненные жидкостью округлые образования с четкими, ровными контурами и плотностью (интенсивностью сигнала/эхогенностью), соответствующей воде. При УЗИ возможна визуализация кист диаметром до 0,5–1 см, а при КТ и МРТ — до 2 мм (рис. 11.14, см. цв. вклейку).

Абсцессы печени

Рентгенологическое исследование: газосодержащие абсцессы хорошо видны на обзорных рентгенограммах печени в виде горизонтальных уровней жидкости и газа в проекции печени. При этом можно обнаружить реактивные изменения в грудной полости в виде жидкости в плевральной полости и дисковидных ателектазов в легких.



Рис. 11.15. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Абсцесс печени. Округлое образование с толстой стенкой, содержащее пузырьки газа — патогномоничный признак абсцесса

КТ, МРТ: округлое образование с нечеткими контурами, содержащее жидкость и имеющее толстую капсулу, накапливающее контрастное вещество. В его полости часто выявляются пузырьки газа — патогномоничный признак абсцесса. Плотность содержимого абсцесса обычно выше плотности воды (+20...+30 НУ) (рис. 11.15).

УЗИ позволяет выявить абсцесс печени, но его картина менее специфична, чем при КТ и МРТ. Абсцесс визуализируется в виде округлого образования различной эхогенности (в зависимости от стадии процесса) с нечеткими контурами.

Сцинтиграфия с мечеными лейкоцитами: повышенное накопление РФП капсулой абсцесса.

Доброкачественные опухоли печени

Гемангиома

Это наиболее часто встречающаяся доброкачественная опухоль печени.

УЗИ: гиперэхогенное образование округлой или овальной формы с четкими контурами и однородной структурой (рис. 11.16, см. цв. вклейку).

КТ: очаговое патологическое образование неправильной формы неоднородной структуры, с неровными краями и пониженной плотностью при нативном исследовании. После контрастирования, как правило, отмечается характерное интенсивное накопление контрастного вещества опухолью от периферии к центру.

МРТ: очаговое патологическое образование неправильной формы неоднородной структуры с неровными краями. На T2-ВИ гемангиома имеет повышенную интенсивность сигнала. После контрастного усиления динамика та же, что и при КТ.

Ангиография: детально изучается сосудистая сеть патологического образования.

Динамическая и статическая сцинтиграфия с мечеными эритроцитами: характерное накопление РФП в гемангиоме (рис. 11.17, см. цв. вклейку).

Аденома

КТ, МРТ: картина, схожая с гемангиомой, но после контрастного усиления аденома накапливает контрастное вещество так же, как и неизменная паренхима печени или даже меньше.

Злокачественные опухоли печени

Злокачественные опухоли печени могут быть первичными (гепатоцеллюлярный рак) или вторичными (метастазы злокачественных опухолей в печень).

Гепатоцеллюлярный рак

Чаще встречается у мужчин. Предрасполагающими факторами считают цирроз и гепатит В.

УЗИ: зона неравномерной эхогенности с неровными контурами, как гипер-, так и гипозэхогенные участки.

КТ, МРТ: очаговое поражение печени неоднородной структуры с неровными контурами; плотность и структура образования могут варьировать. Применение методик контрастного усиления заметно повышает точность диагностики.

Сцинтиграфия с туморотропным РФП (галлия [67Ga] цитратом), ПЭТ: очаговое накопление РФП опухолью.

Метастазы злокачественных новообразований в печень

Метастазы, как правило, множественные. Лучевая картина зависит от количества и размеров очагов поражения.

УЗИ: множественные гипо- или гиперэхогенные участки, нередко неоднородной структуры (рис. 11.18).

КТ: очаговые изменения плотности печени. Динамика накопления контрастного вещества отличается от накопления нормальной паренхимой печени (рис. 11.19).

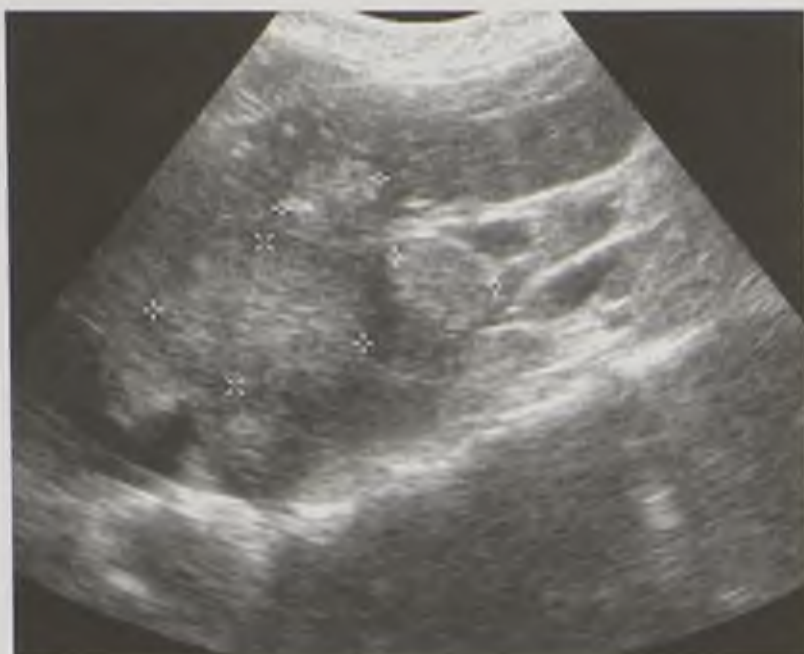


Рис. 11.18. Эхограмма. Метастазы рака толстой кишки в печени

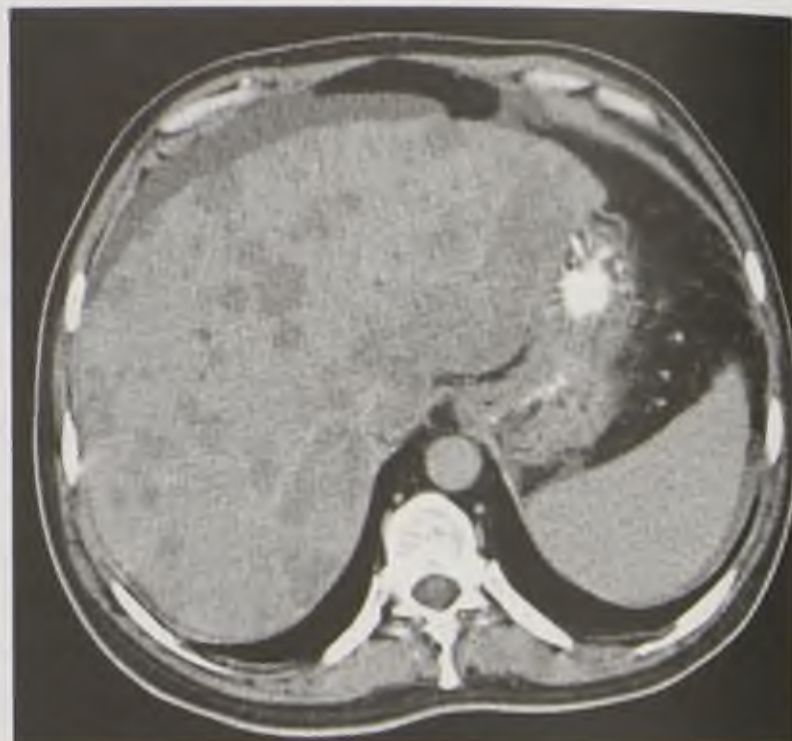


Рис. 11.19. Компьютерная томограмма. Множественные метастазы злокачественного новообразования в печени

МРТ: участки изменения интенсивности МР-сигнала. При контрастном усилении отмечается интенсивное неоднородное накопление РФП. Кольцевидное накопление типично, но не обязательно (рис. 11.20).

ПЭТ: очаговое интенсивное накопление РФП метастазами (см. рис. 6.20–6.22).

Заболевания желчных путей

Желчнокаменная болезнь

Камни в желчном пузыре у женщин встречаются почти вдвое чаще, чем у мужчин. Различают холестериновые, пигментные, известковые и смешанные камни.

Рентгенография: 25–30% конкрементов содержат кальций, что позволяет выявить их на обзорных снимках в виде обызвествленной структуры.

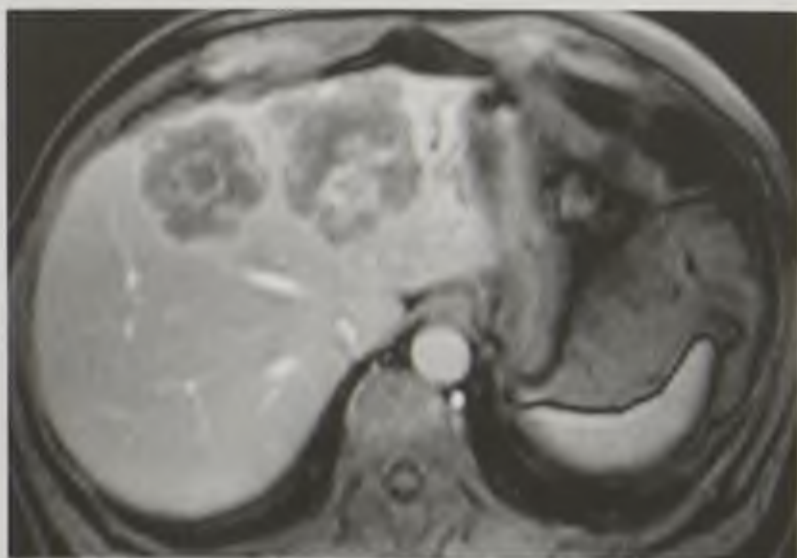


Рис. 11.20. Магнитно-резонансная томограмма, Т1-взвешенное изображение с контрастированием. Метастазы злокачественного новообразования в печень



Рис. 11.21. Эхограмма желчного пузыря. Желчнокаменная болезнь. В просвете определяются множественные гиперэхогенные образования с плотной акустической тенью

УЗИ: позволяет обнаружить конкременты в желчном пузыре до 1,5–2 мм в диаметре и является первичным методом обследования при данном заболевании (точность выявления составляет 95–98%). Камни на сонограммах имеют характерную картину эхопозитивной структуры с типичной «звуковой дорожкой» позади себя (рис. 11.21).

Холестистография: желчные камни определяются как дефекты наполнения в контрастированном желчном пузыре. Однако, желчный пузырь при холестистографии иногда не контрастируется: при желтухе, когда нарушена функция гепатоцитов и, соответственно, желчь не вырабатывается и не поступает в желчный пузырь; при заблокированном желчном пузыре (камень в пузырном протоке, новообразование протока), при этом гепатикохоледох контрастируется.

КТ позволяет уверенно диагностировать конкременты диаметром до 1 мм, содержащие кальций (гиперденсные включения); если кальций в камнях отсутствует, эффективность метода заметно снижается.

МРТ: конкременты дают гипоинтенсивный сигнал на T1-ВИ и T2-ВИ в полости желчного пузыря (рис. 11.22).

Камни во внепеченочных желчных протоках

МРТ: конкременты дают гипоинтенсивный сигнал на T1-ВИ и T2-ВИ в просвете протоков (рис. 11.23).

УЗИ малоэффективно (точность выявления — 20–50%), так как часть холедоха прикрыта двенадцатиперстной кишкой (кишечное содержимое и газ значительно ухудшают визуализацию желчных протоков).

КТ: кальций в составе камней позволяет диагностировать конкременты независимо от их локализации.

Холангиография: обладает высокой информативностью и точностью. Основной недостаток — инвазивность.

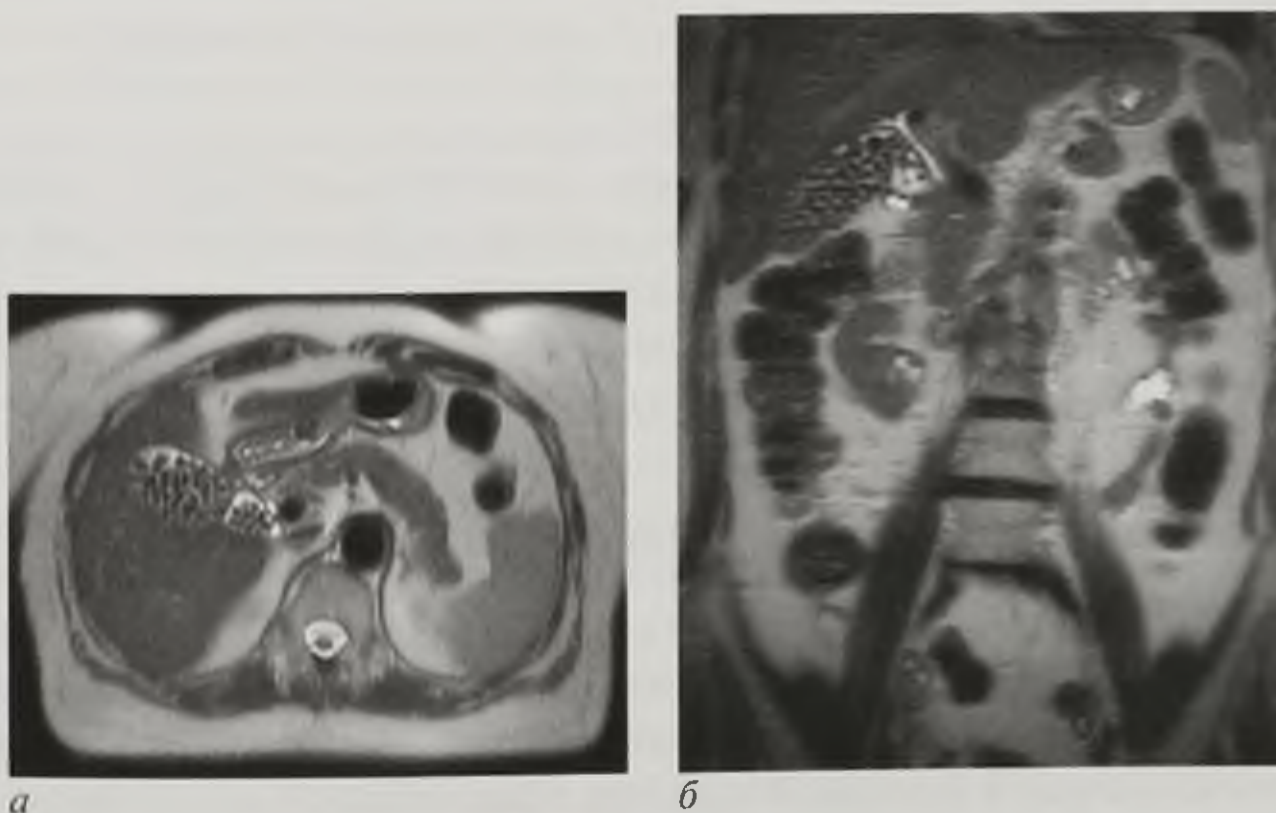


Рис. 11.22. Магнитно-резонансные томограммы. T2-взвешенные изображения в аксиальной (а) и фронтальной (б) плоскостях. Желчнокаменная болезнь. Камни в полости желчного пузыря характеризуются гипоинтенсивным сигналом на T1- и T2-взвешенных изображениях



Рис. 11.23. Магнитно-резонансная холангиограмма. Камень в холедохе (стрелка)



Рис. 11.24. Эхограмма желчного пузыря. Острый холецистит. Утолщение стенок желчного пузыря и нарушение их эхоструктур

МРХПГ позволяет неинвазивно визуализировать камни и стриктуры желчных протоков на всем их протяжении.

Острый холецистит

УЗИ: желчный пузырь увеличен, стенка утолщена, вокруг определяется зона отека; часто (90–95%) в просвете пузыря выявляются конкременты (калькулезный холецистит). Косвенным признаком острого холецистита служит ограниченная подвижность правой половины купола диафрагмы при дыхании (рис. 11.24).

МРТ, КТ позволяют выявить вышеперечисленные изменения.

Хронический некалькулезный холецистит

УЗИ, КТ, МРТ: пузырь, как правило, увеличен, но бывает и уменьшен (при сморщивании); стенки утолщены, нередко деформированы, печеночная ткань, окружающая желчный пузырь, уплотнена.

Гепатобилисцинтиграфия: нарушение сократительной и концентрационной функции желчного пузыря различной степени выраженности.

11.1.4. Лучевая семиотика повреждений печени и желчных путей

Закрытые повреждения печени

Рентгенография: при отсутствии газа в брюшной полости на обзорной рентгенограмме жидкость определить трудно. Возможно предположить наличие свободной жидкости в брюшной полости по скоплению ее в отлогах местах: стоя — в малом тазу определяется гомогенное затемнение, смещение петель кишки, содержащих газ, вверх; лежа — петли кишки расположены центрально, в боковых карманах — затемнения. Может также определяться деформация или нечеткость контуров тени печени.

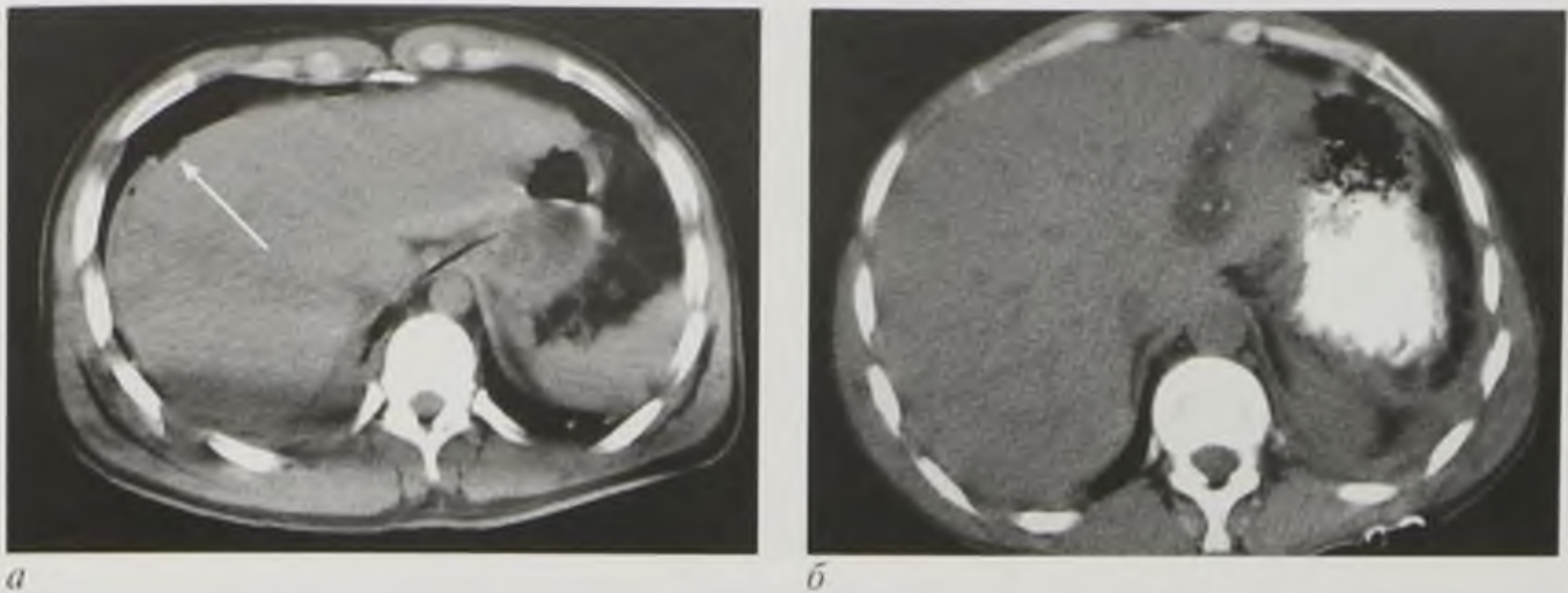


Рис. 11.25. Компьютерные томограммы в аксиальной плоскости: *a* — поверхностный разрыв печени (стрелка); *б* — глубокий разрыв печени

УЗИ: позволяет выявить жидкость в полости живота, субкапсулярные и центральные гематомы, места разрыва печени.

КТ: приоритетный метод диагностики повреждений печени и желчевыводящих путей, визуализирует ушибы, субкапсулярные разрывы и центральные гематомы, признаки продолжающегося кровотечения; можно оценить количество крови в брюшной полости (рис. 11.25).

Метод дает детальную информацию о состоянии не только печени, но и других органов полости живота и забрюшинного пространства.

Повреждения внепеченочных желчных протоков

Такие повреждения встречаются нечасто и локализуются, как правило, в местах фиксации протоков (место выхода печеночных протоков из печени и место входа общего желчного протока в головку поджелудочной железы). Разрыв желчных путей может быть частичным или полным. Обычно разрывы выявляются в ходе оперативного вмешательства. Следует помнить и о существовании ятрогенных повреждений желчных протоков и их своевременной диагностике и лечении. Большое значение имеет операционная **холангиография**, выявляющая точную локализацию и степень повреждения протоков. Контрастное вещество, введенное в протоки, поступает в брюшную полость, как правило, в подпеченочное пространство, иногда контрастирует снаружи петли кишки.

КТ и УЗИ: признаки неспецифичны. Это отек печеночно-двенадцатиперстной связки, свободная жидкость в полости живота и повреждения печени или двенадцатиперстной кишки. Обнаружение свободной жидкости в полости живота на 3–7-й день после травмы может указывать на продолжающееся желче- или кровотечение. Повреждения внепеченочных желчных путей часто сопровождаются травматической гемобилией (кровь в желчных путях), а также повреждениями желчного пузыря в виде его разрыва или развития посттравматического холецистита. Травматическую гемобилию с помощью КТ удастся выявить только при локализации крови в области желчного пузыря. При этом содержимое в его просвете (смесь желчи и крови) имеет неоднородную структуру и плотность +18...+80 НУ.

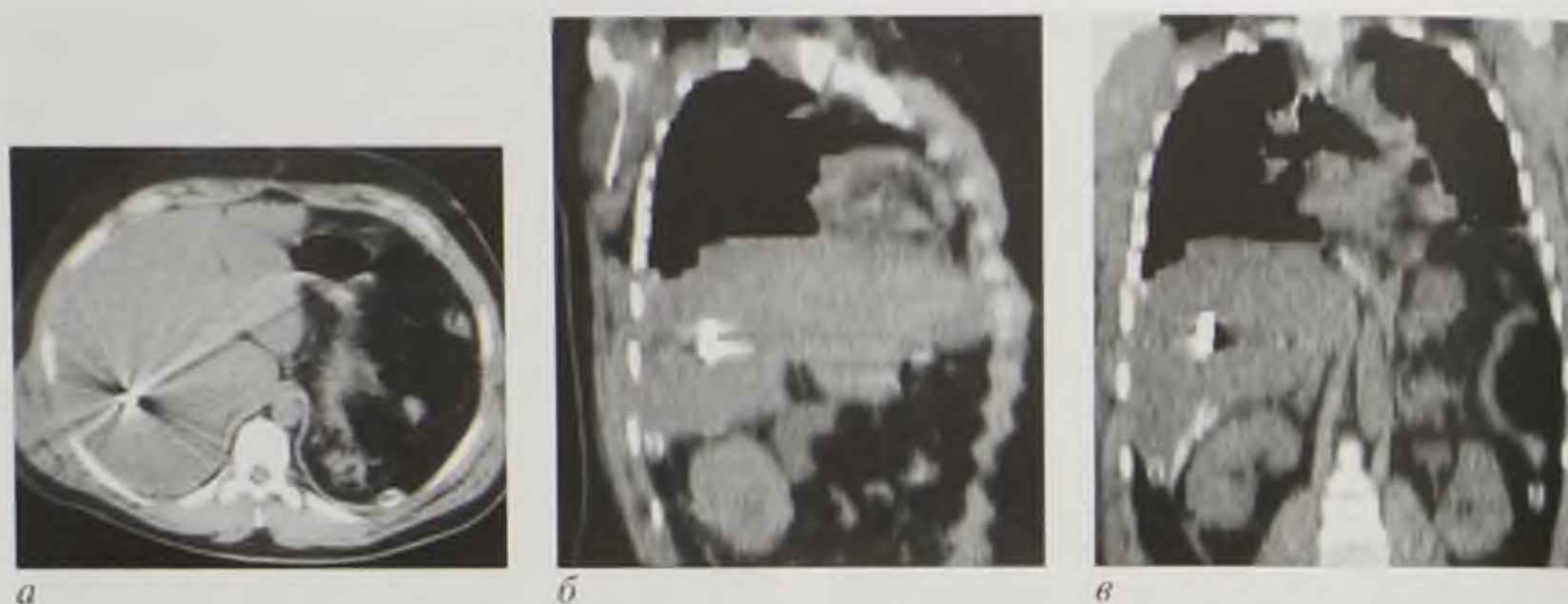


Рис. 11.26. Компьютерные томограммы в аксиальной (а), сагиттальной (б) и фронтальной (в) плоскостях. Проникающее пулевое ранение брюшной полости, пуля в правой доле печени

Повреждения желчного пузыря при травмах живота

Как правило, они являются результатом проникающего ранения или сильного удара по передней брюшной стенке непосредственно в области расположения желчного пузыря. Специфических признаков, указывающих на разрыв желчного пузыря, не существует, выявить нарушение целостности его стенки при КТ или УЗИ обычно не представляется возможным. Однако обнаружение крови вокруг желчного пузыря или в его просвете, нечеткость контуров его стенок, а также спавшийся желчный пузырь позволяют заподозрить его разрыв.

Посттравматический холецистит развивается, как правило, в первые трое суток с момента травмы. Основные признаки его развития: неоднородность содержимого желчного пузыря, утолщение его стенок, нечеткость контуров, увеличение размеров, а также многослойность его стенки.

Открытые повреждения печени

Рентгенологическое исследование: фистулография, вальнуерография позволяют определить ход раневого канала.

КТ позволяет определить ход раневого канала, обнаруживая вдоль него места разрывов мягких тканей, гематомы, пузыри воздуха и мелкие металлические фрагменты (рис. 11.26).

11.2. ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА И СЕЛЕЗЕНКА

11.2.1. Методы лучевого исследования

Рентгенологический метод

Нативные рентгенологические методики

Нативное рентгенологическое исследование поджелудочной железы и селезенки в настоящее время используется редко, поскольку изображение этих органов на обзорных снимках живота в норме получить не удастся. Однако обзорные рентгенограммы живота у больных с признаками острого заболевания

органов полости живота в некоторых случаях позволяют визуализировать рентгенологические симптомы, свидетельствующие о патологии поджелудочной железы или селезенки. В связи с этим, несмотря на низкую информативность, обзорная рентгенография живота не потеряла актуальности.

Нативное рентгенологическое обследование чаще проводят у больных с синдромом «острого живота». На обзорных рентгенограммах обращают внимание на свободный газ и жидкость в полости живота; различные обызвествления и конкременты; состояние костных структур; изменения жировых прослоек и мягких тканей брюшной стенки.

Определенную информацию о патологии поджелудочной железы или селезенки можно получить не только при обзорной рентгенографии живота, но и при рентгенографии груди. Часто при патологии поджелудочной железы можно наблюдать признаки левостороннего плеврита, пневмонита, ателектазов в легких, ограничения подвижности диафрагмы.

Специальные рентгеноконтрастные методики

При **рентгеноскопии** желудка и двенадцатиперстной кишки можно выявить признаки патологии поджелудочной железы или селезенки. К ним можно отнести смещение желудка медиально, смещение и вдавления на большой кривизне антрального отдела и задней стенке желудка, стеноз привратника, отек и воспалительную реакцию слизистой оболочки. Могут наблюдаться сужение просвета и разворот подковы двенадцатиперстной кишки, неравномерная зазубренность или выпрямленность ее внутреннего контура, ригидность стенки и стойкое сужение просвета.

К функциональным изменениям следует отнести замедление или ускорение эвакуации из желудка, усиление его перистальтики, дуоденостаз, длительную задержку взвеси сульфата бария, обусловленную парезом тонкой кишки.

Однако выявляемые изменения желудка и двенадцатиперстной кишки не патогномоничны и встречаются при других заболеваниях.

Значительно больше информации удастся получить при использовании **специальных методик** рентгенологического исследования. К таким методикам относят прежде всего ЭРХПГ, ангиографию поджелудочной железы, фистулографию, спленопортографию. Другие рентгеновские методики, такие как исследование поджелудочной железы в условиях ретропневмоперитонеума, в настоящее время используются редко.

Эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография относится к одной из самых информативных методик. ЭРХПГ проводится комбинированной бригадой специалистов, включающей эндоскопическую и рентгенологическую составляющие. Под контролем рентгентелевизионного просвечивания пациенту вводят дуоденоскоп с боковой оптикой в двенадцатиперстную кишку, катетером канюлируют большой дуоденальный сосок и ретроградно вводят контрастное вещество в протоки билиопанкреатической зоны. В норме главный панкреатический проток в головке поджелудочной железы имеет ширину не более 3–4 мм, в теле — 2–3 мм, в хвосте — 1–1,5 мм. Протоки второго порядка впадают в него перпендикулярно, как и более мелкие протоки в протоки 2-го порядка, соответственно. Контур протоков в норме четкие, ровные, тень их однородна, опорожнение наступает в течение 2–3 мин. Различают

следующие анатомические варианты главного панкреатического протока: восходящий, горизонтальный и нисходящий. После ЭРХПГ проводят рентгенографию области печени и поджелудочной железы.

ЭРХПГ позволяет выявлять анатомическое соотношение желчных и панкреатических протоков, их деформацию, стриктуру, локализацию и форму конкрементов. Методика позволяет получить изображение мелких панкреатических протоков 2–3-го порядка, чего почти невозможно добиться при использовании других методов лучевой диагностики. При обнаружении патологии во время этого исследования можно провести лечебные мероприятия (папиллотомию, удаление камня).

При невозможности катетеризации большого дуоденального соска применяют **чрескожную чреспеченочную холангиографию** с дренированием и без дренирования желчных протоков. При этом исследовании тонкую иглу вводят через кожу в желчные протоки и получают их изображение, после чего образовавшийся канал можно расширить для введения дренажной трубки через проводник.

Однако ЭРХПГ следует отнести к числу инвазивных процедур. Иногда она сопряжена с осложнениями в виде развития острого панкреатита. Основными причинами функциональных и морфологических изменений поджелудочной железы при проведении подобных исследований являются как раздражающее действие РКС, так и введение препаратов в протоки под избыточным давлением.

Ангиография поджелудочной железы и селезенки. Непосредственное введение РКС в артерии поджелудочной железы неосуществимо в связи с анатомическими особенностями ее кровоснабжения. При аортографии сосуды малого калибра заполняются недостаточно, и их изображение перекрывается крупными сосудами близлежащих органов. В связи с этим применяют селективное зондирование чревного ствола с последующим его контрастированием. Отдают предпочтение дигитальной субтракционной ангиографии, поскольку она позволяет сразу получить изображение с большим контрастным разрешением.

При ангиографии обычно получают не один снимок, а целую серию. На этой серии снимков последовательно изучают три фазы прохождения РКС: артериальную, паренхиматозную и венозную. Пик накопления контрастного вещества наблюдается в артериях, капиллярах и венах поджелудочной железы соответственно.

В отдельных случаях полезную информацию о состоянии поджелудочной железы или селезенки можно получить при исследовании ее венозной системы, для чего выполняют **спленопортографию** или **возвратную портографию**. Определяют ход и проходимость основных вен, а также состояние их стенки. Это исследование иногда может осложняться внутрибрюшным кровотечением, поскольку для его выполнения необходима пункция селезенки.

Ультразвуковой метод

УЗИ является стандартным методом при обследовании больных с патологией органов живота. Его проводят первым из всех методов визуализации. УЗИ доступно, его можно провести быстро и повторять неоднократно. Оно

не требует подготовки больного, хорошо переносится и не оказывает радиационного воздействия.

Исследование поджелудочной железы необходимо начинать со сканирования по продольной оси при горизонтальном положении больного. Во время исследования используют дозированную компрессию, задержку дыхания пациента на вдохе или выдохе. Основным ориентиром является селезеночная вена, кпереди от которой находится поджелудочная железа.

При затруднении визуализации хвоста поджелудочной железы создают искусственное акустическое «окно», предложив больному выпить 800–1000 мл кипяченой воды. На ультразвуковых изображениях поджелудочной железы оценивают ее размеры, форму, контуры, однородность структуры, эхогенность паренхимы, состояние окружающих органов.

В норме при УЗИ поджелудочная железа имеет подковообразную форму и четкие контуры. Нормальные переднезадние размеры головки поджелудочной железы составляют 20–25 мм, тела — 15–20 мм, хвоста — 25–35 мм. Структура паренхимы мелкозернистая и однородная.

Панкреатический проток в норме удается визуализировать только у трети пациентов. Обычно он виден как линейная структура толщиной 2 мм в области головки и тела поджелудочной железы.

Селезенка расположена в верхнем этаже полости живота под куполом диафрагмы, она серповидной формы, с четкими контурами и эхогенностью паренхимы, незначительно превышающей эхогенность печени. Продольный размер селезенки — 8–12 см.

Если трансабдоминального сканирования недостаточно, возможно применение эндоскопического датчика, при помощи которого при исследовании через заднюю стенку желудка хорошо визуализируется тело поджелудочной железы.

Рентгеновская компьютерная томография

КТ имеет большое значение в обследовании пациентов с заболеваниями поджелудочной железы и селезенки. В диагностике некоторых состояний (травма, острый панкреатит) она является методом выбора. Быстрый сбор данных на современных компьютерных томографах позволил снизить лучевую нагрузку, несмотря на значительно более тонкие срезы (1–2,5 мм).

Исследование обычно выполняют по общепринятой методике. Больному дают выпить 200–400 мл 3% водорастворимого РКС для контрастирования просвета желудка, двенадцатиперстной и тонкой кишки. Сканирование осуществляют в спиральном режиме от уровня купола диафрагмы до верхних передних остей подвздошных костей, а в случае необходимости до уровня лобкового симфиза. Предпочтительнее использовать тонкие срезы (1–2,5 мм), так как это повышает чувствительность диагностики, особенно для выявления небольших образований.

Для повышения контрастной разрешающей способности метода внутривенно пациенту вводят 40–50 мл РКС. Значительно больше информации при КТ можно получить при болюсном внутривенном введении контрастного вещества с помощью автоматического инъектора. Контрастное вещество (до 100 мл)

вводят внутривенно со скоростью 3–5 мл/с. Сканирование выбранной области проводят в несколько фаз. Наилучшая визуализация артерий достигается в раннюю артериальную фазу, изображение паренхимы поджелудочной железы и вен системы воротной вены получают в портальную фазу. При необходимости выполняют венозную и паренхиматозную фазы. Иногда для оценки динамики изменений накопления РКС в патологическом очаге производят отсроченное сканирование через 3–5 мин.

Магнитно-резонансная томография

Этот метод лучевой диагностики получает все большее распространение при исследовании органов полости живота. Хорошие результаты визуализации поджелудочной железы и селезенки возможны при исследовании на магнитно-резонансных томографах с напряженностью магнитного поля от 1,5 Тл и выше.

Для визуализации верхних отделов живота необходимо получение T1-ВИ и T2-ВИ. На T2-ВИ более отчетливо визуализируются любые патологические образования, содержащие жидкость, а T1-ВИ больше отражают особенности анатомического строения.

Для получения изображений органов живота применяют быстрые импульсные последовательности на одной задержке дыхания. Эти последовательности невосприимчивы к двигательным и дыхательным артефактам, обеспечивают высокую разрешающую способность и контрастность паренхимы, мягких тканей.

Существуют также протоколы без задержки дыхания. Они достаточно длительны (1,5–5 мин) и выполняются при синхронизации с дыханием (на вдохе или выдохе).

Бесконтрастная магнитно-резонансная холангиопанкреатография. Желчь в желчных протоках и желчном пузыре, а также панкреатический секрет в протоке поджелудочной железы практически неподвижны и имеют длительное время T2-релаксации.

Содержимое желчного пузыря, желчных и панкреатических протоков на томограммах выглядит как области высокой интенсивности сигнала на фоне сигнала низкой интенсивности от паренхиматозных органов и текущей крови.

При необходимости проводят **динамическое контрастное усиление**, основанное на последовательном получении изображений одной и той же зоны интереса по мере прохождения через нее контрастного вещества. Парамагнитное контрастное вещество при этом вводят внутривенно в дозе 0,1 ммоль/кг или 0,2 мл/кг.

Радионуклидный метод

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография

Для диагностики заболеваний поджелудочной железы используют сцинтиграфию либо ОФЭКТ с метионином, меченым ^{75}Se . В поджелудочной железе в норме активно происходит синтез различных белковых соединений, поэтому РФП накапливается в ней. При воспалительных процессах происходит значительное угнетение функции синтеза ферментов, что сопровождается

пониженным накоплением РФП. Аналогичные изменения наблюдаются и при новообразованиях.

Помимо сцинтиграфии поджелудочной железы с применением ^{75}Se -метионина существует еще ряд радионуклидных методик исследования, позволяющих косвенно судить о ее состоянии по изменению секреции панкреатических ферментов и определению экзо- и эндокринной функции поджелудочной железы. При этом исследуют всасывание жиров и содержание гастроинтестинальных гормонов.

Лейкоциты, меченные $^{99\text{m}}\text{Tc}$ или ^{111}In , используют для диагностики абсцесса или инфильтрированной псевдокисты поджелудочной железы, так как они могут накапливаться в зоне воспалительного очага. Для выявления гормонально-активных опухолей и уточнения их локализации применяют пентетреотид (Октреотид, ^{111}In).

Позитронно-эмиссионная томография

Для диагностики различных опухолей поджелудочной железы часто используют ^{18}F -ФДГ, которая может быстро накапливаться в областях с интенсивными метаболическими процессами (опухоли, воспалительные очаги). Обычно сканирование выполняют через 40–60 мин после внутривенного введения 250–400 МБк РФП. При отсроченном сканировании (через 2–3 ч) отмечается значительное снижение накопления РФП в воспалительном очаге по сравнению со злокачественной опухолью.

Для проведения дифференциальной диагностики выполняют ПЭТ в динамическом режиме, для чего используют натрия бутират, меченный ^{11}C . При этом оценивают степень, равномерность и динамику накопления РФП тканью поджелудочной железы. При определении накопления РФП активность в патологическом образовании сравнивают с активностью ткани печени, здоровой части паренхимы поджелудочной железы или окружающей парапанкреатической клетчатки. В опухолях поджелудочной железы отмечается высокая скорость метаболизма РФП по сравнению с воспалением.

11.2.2. Лучевая семиотика заболеваний поджелудочной железы

Острый панкреатит

Обзорная рентгенография живота позволяет выявить косвенные признаки острого панкреатита: на обзорной рентгенограмме живота в проекции поджелудочной железы определяется паретическая петля тонкой кишки с короткими горизонтальными уровнями жидкости в виде «арки», так называемая «дежурная петля». В грудной полости могут выявляться дисковидные ателектазы в нижних отделах легких, жидкость в заднебоковых реберно-диафрагмальных синусах, больше слева.

УЗИ: локальное или диффузное увеличение поджелудочной железы. При отеке эхогенность поджелудочной железы снижена; при некрозе могут выявляться участки повышенной эхогенности. Часто выявляются скопления жидкости в сальниковой сумке, инфильтрация парапанкреатической жировой клетчатки, утолщение фасции Героты (рис. 11.27).



Рис. 11.27. Эхограмма. Острый панкреатит

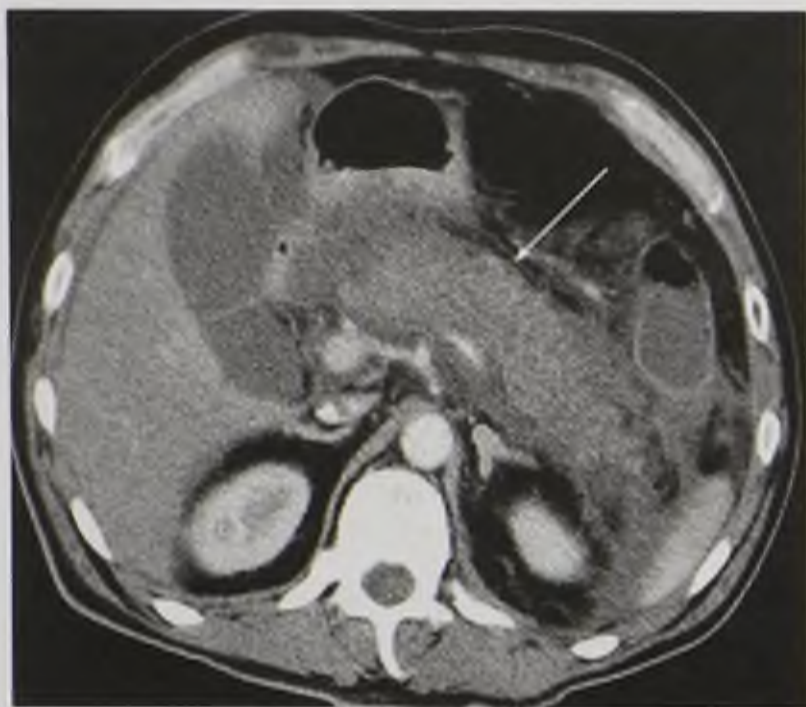


Рис. 11.28. Компьютерная томограмма с контрастным усилением в аксиальной плоскости. Острый панкреатит, парапанкреатит. Размеры железы увеличены, контуры ее нечеткие, структура неоднородная, накопление контрастного вещества снижено, парапанкреатическая клетчатка уплотнена за счет инфильтрации и отека (стрелка)

кратическом протоке. При рентгеноскопии желудка и двенадцатиперстной кишки можно определить смещение тела желудка кпереди, антрального отдела его вверх, разворот петли двенадцатиперстной кишки. При индуративном панкреатите с поражением головки поджелудочной железы необходимо проводить дифференциальный диагноз с опухолью, так как имеется симптом «кулисы», симптом Фростберга, или «перевернутой тройки» в результате воздействия на петлю двенадцатиперстной кишки, а также стеноз двенадцатиперстной кишки с нарушением эвакуаторной функции желудка.

ЭРХПГ позволяет достаточно точно дифференцировать хронический панкреатит от опухоли, в отличие от других методов исследования и даже

КТ: острый панкреатит проявляется увеличением поджелудочной железы, нечеткостью ее контуров, локальным или диффузным понижением плотности паренхимы, отеком окружающей парапанкреатической клетчатки. При внутривенном введении контрастного вещества его накопление паренхимой поджелудочной железы снижено. Некрозы выглядят как участки, не накапливающие контрастное вещество. Часто визуализируются скопления жидкости в полости живота, инфильтрация парапанкреатической клетчатки, утолщение фасции Героты (рис. 11.28).

МРТ: определяются увеличение железы, нечеткость контуров, неоднородность сигнала от ее паренхимы. При деструктивном панкреатите очаги некроза могут давать повышенный сигнал. Визуализируются также отек парапанкреатической клетчатки, скопление жидкости в полости живота, утолщение фасции Героты.

При введении парамагнитного контрастного вещества в участках некроза паренхимы его накопления нет (рис. 11.29).

Хронический панкреатит

Рентгенологическое исследование: на обзорной рентгенограмме живота в проекции поджелудочной железы можно увидеть обызвествления паренхимы железы или камни в панкреатическом протоке.

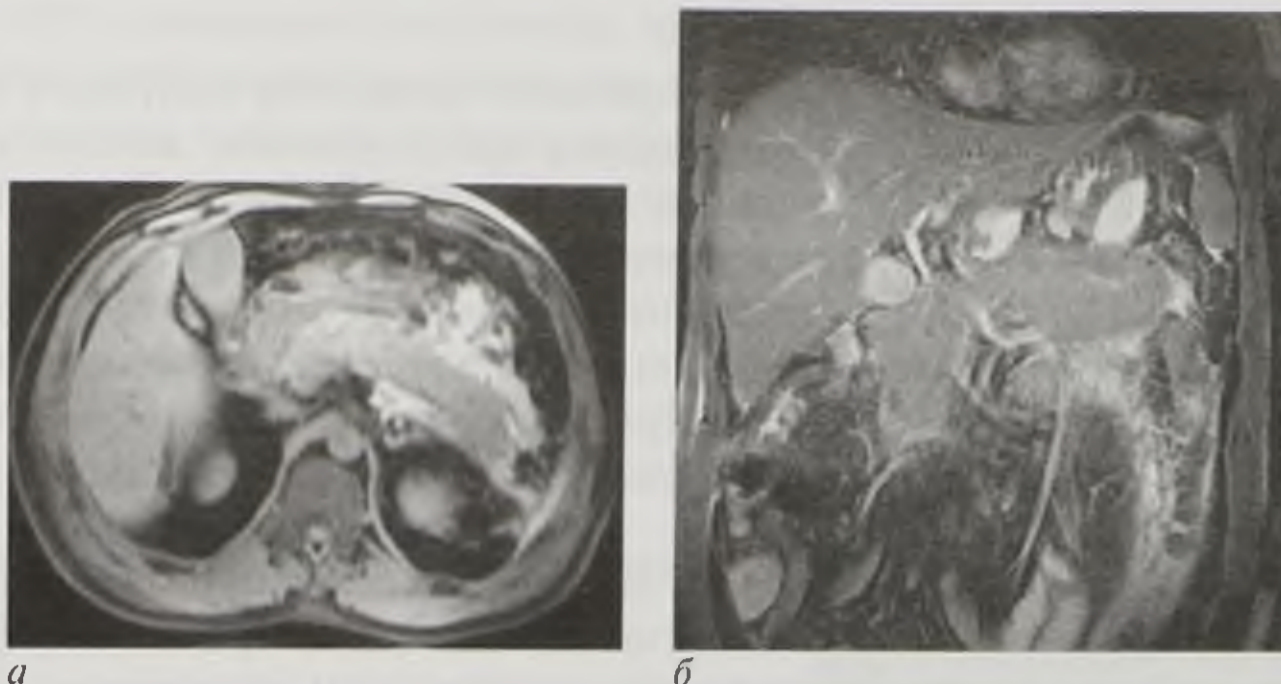


Рис. 11.29. Магнитно-резонансные томограммы, T1-взвешенное изображение в аксиальной (а) и T2-взвешенное изображение во фронтальной (б) плоскости. Острый панкреатит. Поджелудочная железа увеличена в размерах, парапанкреатическая клетчатка уплотнена за счет отека, инфильтрации и скоплений жидкости (парапанкреатит)

оперативного вмешательства. При ЭРХПГ выявляется неравномерность ширины главного панкреатического протока по типу «системы озер», веретенообразность контуров, участки обструкций и стриктуры.

УЗИ: увеличение или уменьшение поджелудочной железы, гетерогенность ее эхоструктуры из-за множественных участков уплотнения и кист.

КТ: диффузное увеличение или атрофия поджелудочной железы, отложения извести, неоднородность денситометрических показателей, множественные кисты в паренхиме поджелудочной железы; расширение главного панкреатического протока (рис. 11.30).

МРТ: увеличение или уменьшение железы, неоднородная интенсивность сигнала от паренхимы из-за множественных участков уплотнения паренхимы и кист. Часто выявляются неравномерное расширение главного панкреатического протока и его притоков, конкременты в их просвете.

Отдельной формой является *псевдотуморозный* панкреатит, который при УЗИ, КТ и МРТ выглядит как локальное увеличение части органа, чаще — головки. Дифференциальная диагностика этой формы панкреатита и опухоли поджелудочной железы остается сложной. Часто окончательный диагноз устанавливается только после длительного динамического наблюдения или с помощью повторных биопсий.

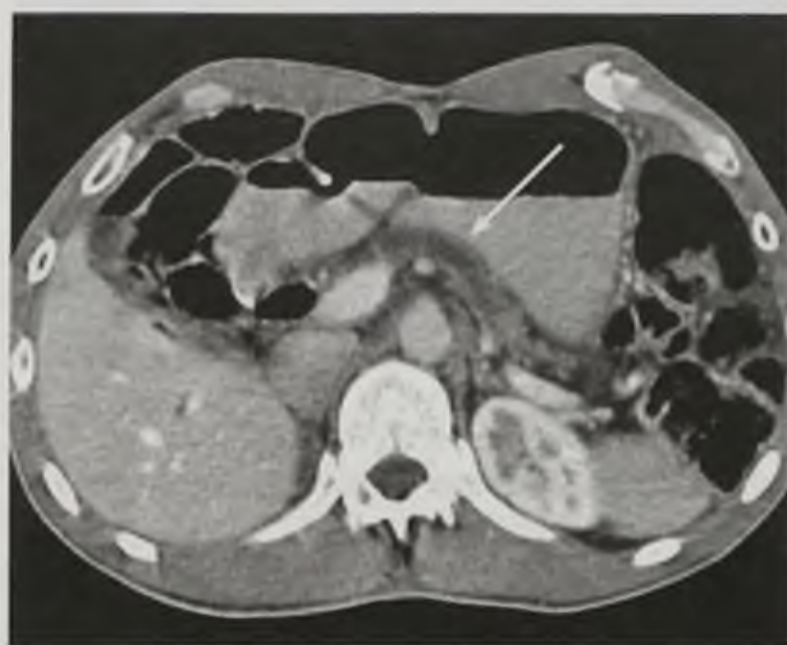


Рис. 11.30. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости с контрастным усилением. Хронический панкреатит. Поджелудочная железа уменьшена в размерах, главный панкреатический проток неравномерно расширен (стрелка)

Опухоли поджелудочной железы

Рентгеноскопия и рентгенография: при рентгеноскопии желудка и двенадцатиперстной кишки при опухолях головки поджелудочной железы, прорастающих в двенадцатиперстную кишку, определяются дефекты наполнения контрастного вещества по внутреннему контуру двенадцатиперстной кишки в виде симптома «перевернутой тройки», а также симптом «кулис». Сужение просвета кишки и ригидность стенки, «злокачественный» рельеф складок слизистой двенадцатиперстной кишки. При индуративном головчатом панкреатите слизистая оболочка будет сохранена, ригидности стенки кишки не определяется.

ЭРХПГ: обрыв, «культя» главного панкреатического протока с зазубренным контуром с незаполненными дистальными отделами, либо циркулярное единичное сужение с супрастенотическим расширением, расширение желчных протоков с наличием сужения интрапанкреатического отдела холедоха.

Ангиография: изменение хода сосудов, оттеснение основных сосудистых стволов, а также патологические сплетения и разрывы по периферии очагового образования.

УЗИ: локальное увеличение железы с гипо-, гетеро- или гиперэхогенным образованием с неровными контурами, расширение протоковой системы, инфильтративный рост опухоли в соседние органы, асцит, увеличение регионарных лимфатических узлов, очаговые образования печени (метастазы) (рис. 11.31).

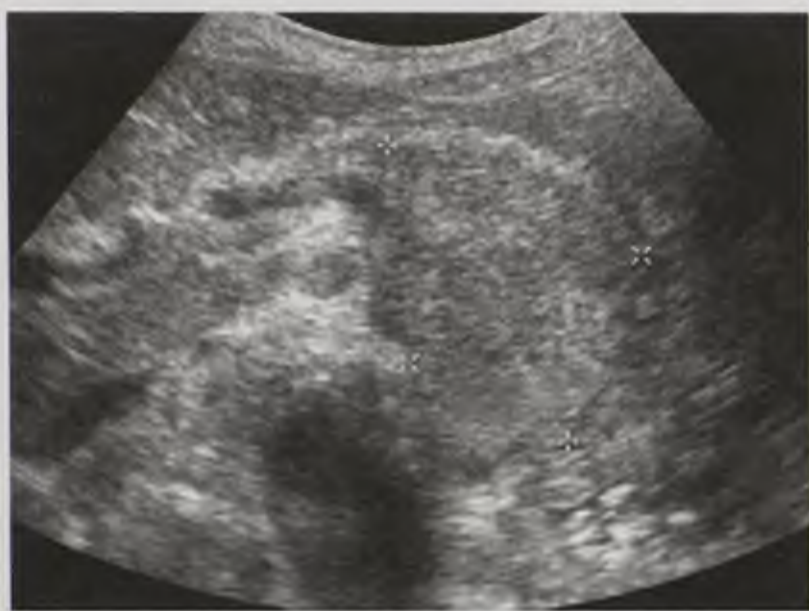
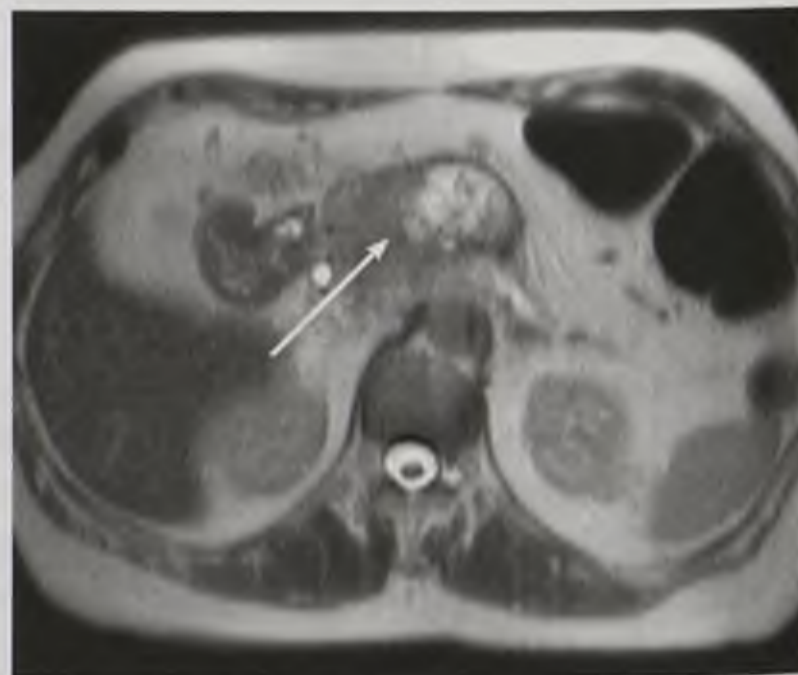


Рис. 11.31. Эхограмма. Рак поджелудочной железы. Хвост и тело поджелудочной железы сегментарно увеличены за счет новообразования



а



б

Рис. 11.32. Рак головки поджелудочной железы (стрелки): *а* — компьютерная томограмма с контрастным усилением в аксиальной плоскости; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости

КТ, МРТ: локальное увеличение органа и изменение контура железы. Часто при локализации опухоли в области головки наблюдаются признаки билиарной гипертензии и атрофии тела и хвоста поджелудочной железы. При внутривенном введении РКС, как правило, более четко визуализируются структура и контуры опухоли (рис. 11.32).

11.2.3. Лучевая семиотика заболеваний селезенки

Спленомегалия

Обзорная рентгенография живота: косвенным признаком спленомегалии является смещение тела желудка медиально, селезеночного изгиба толстой кишки и левой почки — книзу.

УЗИ, КТ, МРТ: увеличение продольного размера более 12 см (рис. 11.33).

Инфаркт селезенки

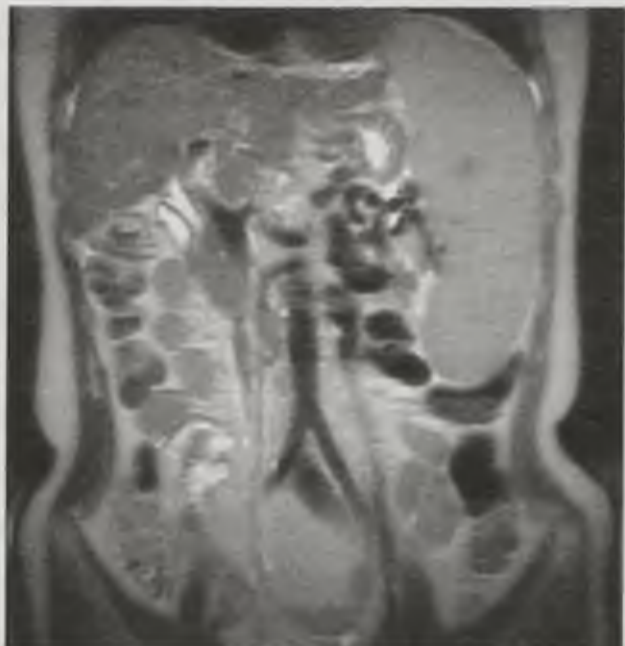
Ангиография: окклюзия селезеночной артерии или ее ветвей.

УЗИ: гипоэхогенный участок на периферии органа.

КТ: очаги низкой плотности различной формы, расположенные под капсулой, не накапливающие рентгеноконтрастное вещество. На месте инфаркта формируется киста или фиброз (рис. 11.34).



a



б

Рис. 11.33. Спленомегалия при циррозе печени: *a* — компьютерная томограмма, реконструкция проекции максимальных интенсивностей во фронтальной плоскости; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости



Рис. 11.34. Компьютерная томограмма с контрастным усилением в аксиальной плоскости. Инфаркт селезенки (стрелка)

МРТ: свежие инфаркты селезенки на T1-ВИ имеют вид клиновидных дефектов с низкой интенсивностью сигнала. На T2-ВИ эти дефекты имеют сигнал высокой интенсивности.

11.2.4. Лучевая семиотика повреждений поджелудочной железы

Повреждения поджелудочной железы возникают редко, составляя 1–2% всех закрытых травм живота. Почти все повреждения поджелудочной железы происходят при сочетанных травмах и могут маскироваться симптомами повреждения других органов.

По морфологическому признаку повреждения поджелудочной железы классифицируют как ушибы, гематомы и разрывы (полные и неполные).

Обзорная рентгенография живота выявляет неспецифические признаки, например реактивный парез кишечника. Сопутствующий разрыв задней стенки двенадцатиперстной кишки становится очевидным при поступлении газа в забрюшинное пространство со скоплением вдоль краев большой поясничной мышцы или в околопочечном пространстве.

УЗИ: увеличение поджелудочной железы в результате отека либо гематомы в ее ложе.

КТ, МРТ: сначала наблюдаются признаки травматического панкреатита с увеличением и отеком железы, а также инфильтрацией окружающей клетчатки. При разрыве отмечается неполное либо полное нарушение целостности органа в виде линейного дефекта. Забрюшинная гематома — частая находка при травме поджелудочной железы. Иногда выявляется гематома брыжейки поперечной ободочной кишки. МРТ выполняется редко ввиду, как правило, тяжелого состояния пациента с тяжелой сочетанной травмой и длительности самого исследования. Приоритетным методом является КТ.

11.2.5. Лучевая семиотика повреждений селезенки

Селезенка относится к наиболее часто повреждаемым органам полости живота. Различают несколько видов ее повреждения: внутриселезеночную, или субкапсулярную гематому, мелкие разрывы в сочетании с разрывом капсулы и периспленальным скоплением жидкости, полный разрыв селезенки, отрыв сосудистой ножки.

Обзорная рентгенография живота: расширение тени селезенки, медиальное смещение желудка, смещение вниз левого изгиба ободочной кишки.

Ангиография полезна при разрыве сосудистой ножки, при выполнении последующей эмболизации селезеночной артерии.

УЗИ: жидкость вокруг селезенки, в левом боковом канале полости живота и в дугласовом пространстве. При субкапсулярной гематоме контур селезенки может быть уплощенным или вдавленным, а гематома сначала имеет вид гиперэхогенного образования. По мере организации гематомы в результате резорбции ее содержимого эхогенность уменьшается, и она определяется как киста.

КТ: при подозрении на травму селезенки является методом выбора. Внутривенное введение РКС играет существенную роль в диагностике гематом

и разрывов селезенки. Внутриселезеночные гематомы выявляются как образования более низкой плотности, чем окружающая паренхима. Субкапсулярная гематома уплощает и вдавлиывает контур селезенки. Присутствие в гематоме свежей и свернувшейся крови обуславливает различные коэффициенты поглощения, что придает ей вид «луковичной шелухи». Полный разрыв проявляется неправильным контуром селезенки, жидкостью вокруг нее и неомогенностью структуры. Отрыв сосудистой ножки вызывает частичное нарушение перфузии, которое обычно затрагивает нижние три четверти селезенки, поскольку ее верхняя часть дополнительно кровоснабжается короткими желудочными артериями.

Контрольные вопросы

1. Перечислите рентгенологические методики исследования желчевыводящих путей.
2. Какие группы контрастных препаратов используют для МРТ области живота?
3. Каковы преимущества МРХПГ в сравнении с традиционными рентгенологическими исследованиями?
4. Каковы показания к проведению радионуклидного исследования паренхиматозных органов брюшной полости?
5. Назовите нормальные денситометрические характеристики паренхиматозных органов брюшной полости при нативном КТ-исследовании.
6. Опишите КТ- и МР-семиотику острого панкреатита.

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ МОЧЕВЫХ ОРГАНОВ

К мочевым органам относятся почки, мочеточники, мочевого пузыря и функционально мочеиспускательный канал. Все они играют важнейшую роль в обеспечении нормальной жизнедеятельности организма, поэтому крайне необходимо раннее и точное распознавание их заболеваний и повреждений. В решении этой задачи среди прочих диагностических методов (лабораторных и других инструментальных) лучевые исследования занимают ведущее место ввиду их высокой информативности, воспроизводимости и низкой инвазивности.

12.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ В УРОЛОГИИ

Среди методов лучевой диагностики в урологии наиболее часто используемой является ультразвуковая диагностика, как универсальный метод, отвечающий критериям простоты и информативности. В сложных случаях в качестве наиболее информативных методов диагностики широко используются рентгеновская КТ и МРТ при обследовании пациентов с патологией мочеполовых органов. При этом КТ считается «золотым стандартом» в диагностике мочекаменной болезни, а приоритетом МРТ является визуализация органов малого таза. Для оценки функционального состояния мочевых органов часто используется радионуклидный метод.

Несмотря на то что во многих случаях диагностики патологии мочевых органов традиционные рентгенологические методики утратили свое основное значение, в исследовании мочеиспускательного канала рентгенологическое исследование остается базовой диагностической технологией.

12.1.1. Рентгенологический метод

В рамках рентгенологического исследования наиболее часто проводят нативную обзорную рентгенографию и экскреторную урографию. Другие методики используют как дополнительные для решения частных задач. Все они относятся к группе специальных методик, основанных на искусственном контрастировании полостей мочевых органов. В эту многочисленную группу, помимо экскреторной урографии, входят ретроградная уретеропиелография, антеградная пиелография, ангиография почек, цистография, уретрография.

Нативное рентгенологическое исследование

Основной целью нативного рентгенологического исследования является получение изображения почек и обнаружение в зоне мочевых органов различных патологических теней или просветлений (конкрементов, обызвествлений, инородных тел, газа) без использования средств искусственного контрастирования.

Нативное исследование включает, прежде всего, обязательное выполнение стандартной обзорной рентгенограммы области мочевых органов в положении больного лежа на спине (рис. 12.1). Такой снимок нередко сам по себе дает ценную информацию, во многом содействуя установлению диагноза, и позволяет уточнить план дальнейшего обследования. Обзорная нативная рентгенография должна обязательно предшествовать каждому рентгеноконтрастному исследованию, без этого невозможен достоверный анализ их данных. Дополнительно (по показаниям) можно делать снимки в боковых и косых проекциях (для уточнения локализации патологических теней), при вертикальном положении тела пациента (для оценки смещаемости почек), выполнять прицельные снимки (для более детального изучения какой-либо области). При плохой визуализации почек на рентгенограммах нередко исследование дополняют проведением линейной томографии (или **зонографии**), которая дает возможность исключить проекционное наложение на почки мешающих теней и кишечных газов и обеспечивает значительно более четкое изображение почек (рис. 12.2).

Характеристика почек по нативным рентгенограммам включает оценку их положения, числа, формы, размеров, интенсивности и структуры тени, контуров и смещаемости. В норме на рентгенограммах, произведенных у лежащего на спине пациента, почки располагаются на уровне тел двух нижних грудных и трех верхних поясничных позвонков (от Th_{XI} до L_{III}). Продольные оси почек параллельны контуру поясничной мышцы своей стороны и пересекаются друг с другом в краниальном направлении. Тени почек бобовидные, с выпуклым латеральным и вогнутым медиальным краями, округлыми верхним и нижним концами (полюсами). Их контуры ровные и четкие, плавно переходящие друг в друга. На стандартных обзорных рентгенограммах в прямой проекции в норме длинник почки имеет размеры в пределах 10–14 см, поперечник — 5–7 см. Тень их имеет среднюю интенсивность и однородную структуру.



Рис. 12.1. Обзорная рентгенограмма почек и мочевых путей



Рис. 12.2. Линейная томограмма почек

При сравнении рентгенограмм, выполненных в горизонтальном и вертикальном положении человека, в норме отмечается смещение почек в пределах высоты тел 1–1,5 поясничных позвонков (3–5 см). Примерно в тех же пределах можно выявить физиологическую дыхательную подвижность при сравнении рентгенограмм, произведенных в различные фазы дыхания: на глубоком вдохе и полном выдохе.

Неизменные мочеточники и мочевой пузырь на нативных рентгенограммах не визуализируются.

Специальные рентгеноконтрастные методики

Экскреторная урография представляет собой рентгенологическое многофазовое исследование до и после внутривенного введения йодорастворимого РКС, быстро выделяемого почками. Экскреторная урография позволяет визуализировать мочевые полые органы и оценить выделительную и концентрационную функции паренхимы почек. Кроме термина «экскреторная урография» иногда используют термин «выделительная урография», а по способу контрастирования методику обозначают как «внутривенная урография». Все эти термины можно считать синонимами.

В настоящее время показания к экскреторной урографии существенно ограничены. Как правило, основным показанием для проведения экскреторной урографии с целью диагностики заболеваний или повреждений мочевых органов является тяжелое состояние пациента, не позволяющее его транспортировать к месту проведения КТ или МРТ.

В качестве РКС в урологической практике используют водорастворимые йодсодержащие вещества для внутрисосудистого и внутривенного введения. Газы (закись азота, углекислый газ) для введения в мочевые пути применяют редко и по особым показаниям (чашечно-лоханочный комплекс, мочеточники, мочевой пузырь).

Нужно понимать, что существуют ограничения при использовании йодсодержащих контрастных препаратов. Основными из них являются:

- повышенный риск возникновения аллергических реакций;
- повышенный риск возникновения нефротоксических реакций.

При экскреторной урографии пациенту на рентгеновском столе внутривенно мануально в кубитальную вену вводят РКС в дозе 0,5–0,6 мл/кг (300 мг/мл), в среднем — 40–60 мл. После окончания внутривенного введения РКС пациент не меняет своего положения, и ему выполняют 1-й снимок на 5–7-й, 2-й — на 12–15-й, 3-й — на 20–25-й минуте. Это обязательный объем исследования, но его можно расширить, если возникает необходимость уточнения каких-либо диагностических моментов. Наиболее частыми дополнениями к базовому исследованию являются выполнение отсроченных снимков, рентгенограмм пациента в вертикальном положении и положении лежа на животе: постмикционных снимков (после опорожнения мочевых путей); при пробе Вальсальвы; при нагрузке диуретиками.

Значительно повышает диагностические возможности экскреторной урографии ее сочетание с томографией (рис. 12.3, 12.4).

Анализ экскреторных урограмм наряду с характеристикой почек, производимой так же, как и при нативном исследовании, включает положение,

число, форму, размеры, интенсивность и контуры, структуру теней мочевых органов при контрастировании, а также их подвижность (эластичность).

Кроме того, при экскреторной урографии возможна оценка функционального состояния мочевых органов, которая базируется на симметричности, степени, начале и продолжительности контрастирования паренхимы и чашечно-лоханочного комплекса: хорошее и своевременное контрастирование — функция не нарушена; сниженное и замедленное контрастирование — функция снижена. Малые чашки визуализируются в виде треугольных теней размером не более 10 мм с вогнутым сводом, обращенным в сторону паренхимы. Малые чашки сливаются в большие, которые открываются в лоханку. Лоханка в зависимости от расположения и объема имеет округлую, ампулярную или треугольную форму.

Мочеточники на экскреторных урограммах в норме при обычном питьевом режиме и обычном диурезе отображаются фрагментарно в виде отдельных темных полосок шириной 2–6 мм, которые соответствуют цистоидам, находящимся в фазе диастолы и потому заполненным РКС. Между ними находятся не контрастированные участки, соответствующие сократившимся цистоидам в фазе систолы. Контрастирование мочеточников на всем протяжении, сопровождающееся обычно их расширением, может быть как следствием обычной физиологической гипотонии (повышенный диурез, чрезмерное наполнение мочевого пузыря), так и проявлением патологического состояния (реактивный паралич, частичная или полная обструкция).

Обязательным элементом экскреторной урографии является также оценка состояния мочевого пузыря по стандартным обзорным урограммам, когда в мочевом пузыре накапливается достаточное количество контрастированной мочи. В рентгеновском изображении в прямой проекции наполненный мочевой пузырь в зависимости от тонуса и степени наполнения может иметь округлую, овальную, эллипсоидную, грушевидную, пирамидальную форму. При этом верхняя граница тени наполненного мочевого пузыря варьирует и достигает III–IV крестцовых позвонков. Нижняя граница фиксирована и располагается на уровне верхнего края лобкового сочленения или на 1–1,5 см выше. Контуры тени мочевого пузыря выпуклые, ровные, четкие.



Рис. 12.3. Экскреторная урограмма



Рис. 12.4. Экскреторная урография — томограмма



Рис. 12.5. Ретроградная уретеропиелограмма



Рис. 12.6. Ретроградная пневмопиелограмма

Ретроградная уретеропиелография позволяет получать изображение чашечно-лоханочного комплекса и мочеточника путем их ретроградного заполнения РКС через катетер (рис. 12.5).

Общим показанием для применения методики ретроградной уретеропиелографии является необходимость получения хорошего изображения чашек, лоханок и мочеточников в случаях контроля инвазивных процедур (дренирования, пункции). Технически ретроградная уретеропиелография выполняется следующим образом: в процессе катетеризационной цистоскопии мочеточниковый катетер вводят в соответствующий мочеточник; эвакуировав содержимое лоханки, по мочеточниковому катетеру медленно вводят водорастворимое йодсодержащее контрастное вещество. Иногда ретроградная уретеропиелография производится с введением в мочевые пути не водорастворимого РКС, а газа (пневмопиелография) (рис. 12.6).

Антеградная пиелография основана на непосредственном введении РКС в почечную лоханку путем чрескожной пункции либо по пиелонепростомической дренажной трубке (рис. 12.7). Эта методика, как правило, является диагностическим этапом проведения инвазивных манипуляций (пункционная нефростомия, контроль стояния нефростомы) и используется тогда, когда вследствие резкого снижения экскреторной функции почки экскреторная урография оказывается неэффективной, а ретроградную уретеропиелографию невозможно выполнить технически (малый объем мочевого пузыря, непроходимость мочеиспускательного канала или мочеточника).

Цистография — рентгенологическое исследование мочевого пузыря после его наполнения РКС. По способу наполнения мочевого пузыря различают нисходящую и восходящую цистографию. Нисходящая цистография выполняется на заключительном этапе экскреторной урографии через 30–40 мин после окончания внутривенного введения РКС, когда оно в достаточной степени заполнит мочевой пузырь. При восходящей цистографии опорожненный мочевой пузырь заполняют РКС ретроградно через катетер. Как правило, используют водорастворимые РКС (рис. 12.8). Иногда при ретроградной цистографии вводят газ (пневмоцистография)



Рис. 12.7. Антеградная пиелограмма



Рис. 12.8. Восходящая цистограмма



Рис. 12.9. Пневмоцистограмма



Рис. 12.10. Восходящая уретрограмма

(рис. 12.9). В основном цистография выполняется при невозможности проведения КТ в случаях диагностики повреждений мочевого пузыря (травма, послеоперационные осложнения, несостоятельности анастомозов).

Уретрография — рентгеноконтрастное исследование мочеиспускательного канала. По способу заполнения контрастным веществом различают восходящую и нисходящую уретрографию. При восходящей уретрографии контрастное вещество вводят в мочеиспускательный канал ретроградно через его наружное отверстие (рис. 12.10). Для нисходящей уретрографии необходимо предварительное заполнение мочевого пузыря РКС. Это можно сделать либо путем его внутривенного введения на завершающей стадии экскреторной урографии, либо при помощи непосредственного введения в пузырь через катетер. При любом



Рис. 12.11. Общая почечная ангиограмма

из этих вариантов нисходящая уретрография производится во время мочеиспускания при легком натуживании и одновременно несильном сжатии наружного отверстия уретры. В настоящее время уретрография — основной способ диагностики патологии уретры, особенно при подозрении повреждения.

Почечная ангиография, как правило, требует трансфеморальной артериальной катетеризации по Сельдингеру. Сначала для определения количества и типа ветвления магистральных артерий выполняют общую обзорную аортографию с установкой катетера на уровне XII грудного позвонка (рис. 12.11). Затем с учетом этих данных для получения детального изображения сосудистой системы каждой почки в отдельности проводят селективное исследование с введением катетера поочередно непосредственно в одну

и другую почечную артерию. При быстром введении автоматическим инъектором водорастворимого РКС производят серию снимков.

На полученных серийных снимках последовательно отображаются 4 фазы прохождения РКС в почках и его экскреция в чашечно-лоханочный комплекс.

I фаза — ранняя артериальная. Хорошо выявляются магистральные почечные артерии и их ветви.

II фаза — поздняя артериальная с контрастированием мелких разветвлений внутрипочечных артерий.

III фаза — нефрографическая. В этой фазе изображение почечных артериальных сосудов отсутствует, но отмечается значительное повышение интенсивности тени паренхимы почки, обусловленное скоплением РКС в капиллярах и почечных канальцах.

IV фаза — урографическая, наступающая тогда, когда контрастное вещество начинает выделяться с мочой и появляется изображение чашечно-лоханочного комплекса (рис. 12.12).

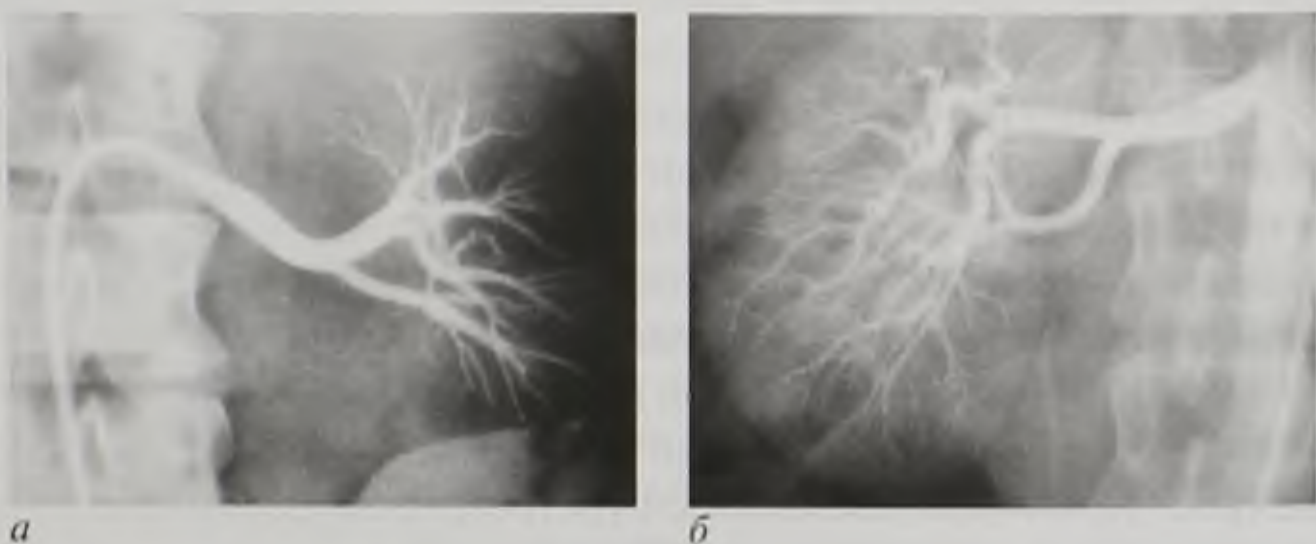


Рис. 12.12. Селективная почечная ангиография: а — ранняя артериальная фаза; б — поздняя артериальная фаза

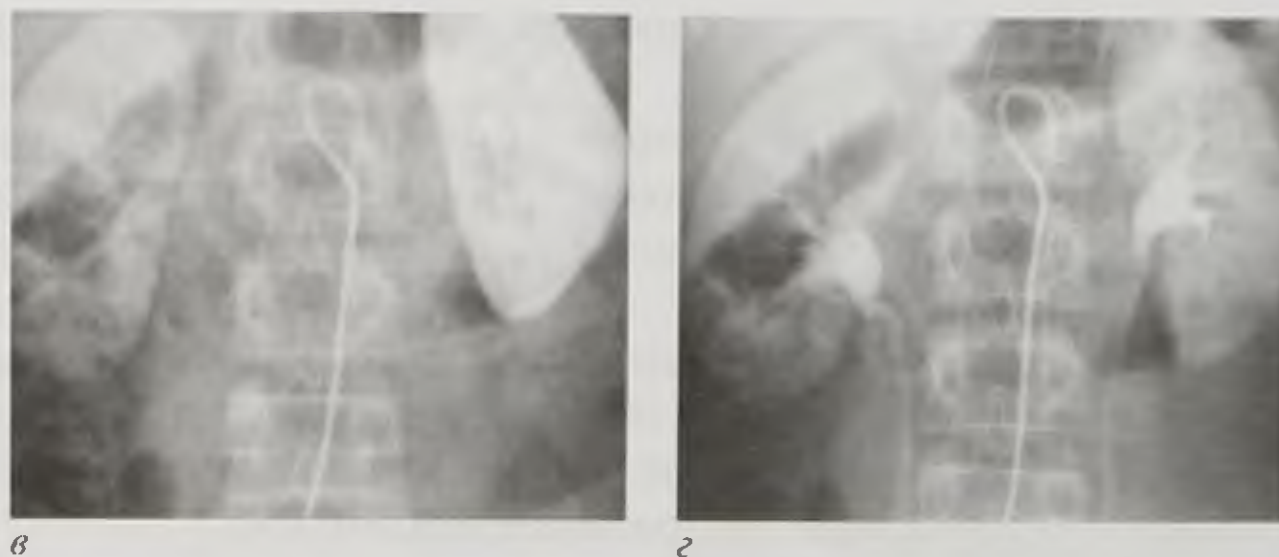


Рис. 12.12. Окончание: в — нефрографическая фаза; г — урографическая фаза

Единственным показанием к проведению почечной ангиографии является проведение рентгеноэндоваскулярных вмешательств на почечных артериях (баллонная дилатация, стентирование, эмболизация и др.).

12.1.2. Ультразвуковой метод

Ультразвуковое исследование мочевых органов выполняется при наружном трансабдоминальном сканировании в В-режиме, которое дополняется различными доплерографическими методиками.

Почки в продольном сечении отображаются структурами овальной формы длиной до 14 см. Их контуры в норме четкие и в большинстве случаев ровные. Поперечные срезы почки имеют вид овоида. В этой плоскости измеряют ширину и толщину почки, которые в норме равны, соответственно, 4,5–6 и 3,5–5 см (рис. 12.13). Структура почек состоит из центральной высокоэхогенной зоны (центральный эхокомплекс), имеющей форму вытянутого овала (суммарное отображение структур почечного синуса), и окружающей ее периферической зоны более низкой эхогенности — паренхимы (рис. 12.14). Толщина и структура

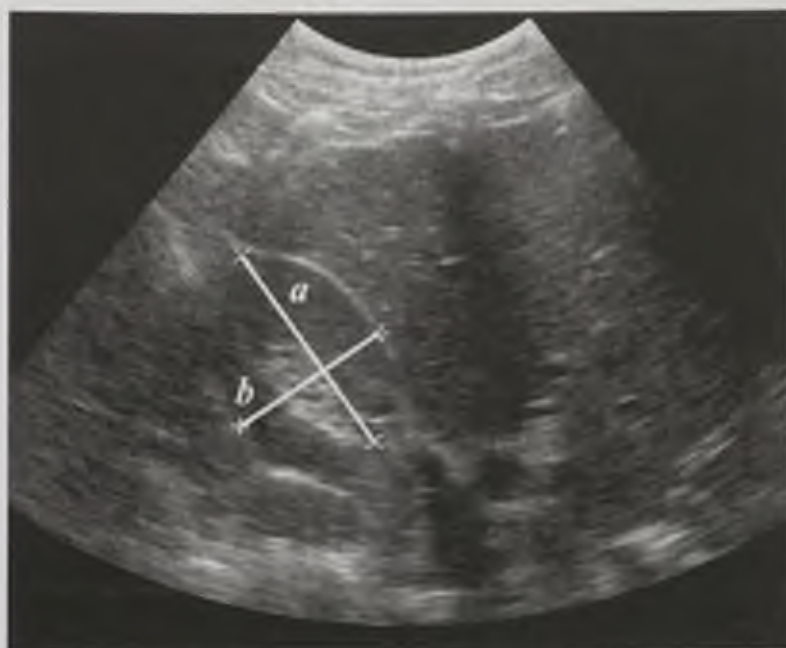


Рис. 12.13. Эхограмма почки в поперечном сечении с разметкой ее ширины (а) и толщины (b)



Рис. 12.14. Эхограмма почки в продольном сечении с разметкой ее длины (с)

паренхимы почки, а также структура почечного синуса являются одним из основных критериев состояния почек.

Высокая общая эхогенность центрального эхокомплекса обусловлена, в основном, жировой клетчаткой. В норме при УЗИ могут визуализироваться только малые чашки в виде округлых анэхогенных структур на границе паренхимы и центрального эхокомплекса.

В условиях гипергидратации организма или форсированного медикаментозного диуреза при переполненном мочевом пузыре чашечно-лоханочный комплекс получает отображение в виде анэхогенной древовидной структуры, расщепляющей гиперэхогенный центральный эхокомплекс.

Основной ствол почечной артерии, сегментарные, междольевые и дуговые артерии визуализируются в режиме ЦДК (рис. 12.15, см. цв. вклейку). В режиме энергетического доплера получают отображение еще более мелкие интрапаренхиматозные кровеносные сосуды почек (рис. 12.16, см. цв. вклейку).

Трехмерные реконструкции дают пространственное представление всей сосудистой системе почек. Количественную характеристику скоростных показаний получают при использовании импульсной доплерографии, которая имеет значение для оценки кровоснабжения почек.

Получить эхографическое изображение нормальных мочеточников при обычном диурезе и пустом мочевом пузыре, как правило, не удастся. При нерасширенных мочеточниках иногда возможно визуализировать лоханочно-мочеточниковый сегмент, а также предпузырную часть мочеточника (юкставезикальный отдел), хорошо визуализируется интрамуральный отдел (рис. 12.17). Визуализация мочеточников на всем протяжении иногда возможна при их расширении (более 5 мм) и соответствующей конституции пациента. В продольном сечении они отображаются как эхонегативные трубчатые образования, в поперечном — как эхонегативные образования щелевидной формы.

Обязательным условием получения эхографического изображения мочевого пузыря высокого качества является его наполнение до среднего физиологического объема (около 300 мл), то есть до появления первых позывов



Рис. 12.17. Эхограмма с изображением интрамурального отдела мочеточника (стрелка)

к мочеиспусканию. Пустой пузырь не дает отчетливого изображения как орган и потому объективно не подлежит оценке. В поперечном сечении при адекватном наполнении неизмененный мочевой пузырь обычно имеет вид анэхогенного прямоугольника (рис. 12.18), трапеции или овала; в продольном сечении — треугольную или овоидную форму. Определяется его слоистая стенка равномерной толщины с четкими наружными и внутренними контурами, внутренний контур часто имеет волнистый характер за счет недорастянутых складок стенки.

Количество остаточной мочи определяется после полного опорожнения мочевого пузыря.

Мужской мочеиспускательный канал в серошкальном изображении при продольном сканировании имеет вид эхонегативной трубчатой структуры диаметром 4–5 мм с ровными, четкими внутренними контурами. При специальных исследованиях проводят оценку скоростных и объемных показателей тока мочи при мочеиспускании. Поток мочи в уретре в режиме энергетического доплера выглядит как ярко-оранжевая динамично изменяющаяся полоса. При импульсной доплерографии можно получить количественную характеристику потока мочи при мочеиспускании (объем, скорость и время).



Рис. 12.18. Эхограмма мочевого пузыря в поперечном сечении

12.1.3. Рентгеновская компьютерная томография

КТ широко используется в клинической урологической практике для исследования почек, мочеточников и мочевого пузыря, реже — для исследования уретры. Главным показанием является невозможность решить все диагностические вопросы с помощью УЗИ. КТ является «золотым стандартом» в диагностике мочекаменной болезни, особенно при острых клинических проявлениях.

КТ-изображение почек в норме всегда отчетливое даже при нативном исследовании, что обусловлено большой разницей рентгеновской плотности самих почек (+30...+40 НУ) и окружающей их жировой клетчатки (–70...–130 НУ). Разница плотностей обеспечивает также дифференцирование изображения почек на паренхиму и почечный синус, тоже содержащий жировую клетчатку. Вместе с тем слой самой паренхимы почек (корковый и мозговой) из-за незначительной денситометрической разницы на нативных компьютерных томограммах не различаются (рис. 12.19).

Это возможно только при использовании внутривенного контрастирования в артериальную фазу, когда в корковом веществе наблюдается преимущественное контрастирование (рис. 12.20). Контрастирование обязательно для визуализации чашечно-



Рис. 12.19. Нативная компьютерная томограмма брюшной полости в аксиальной плоскости на уровне ворот почек

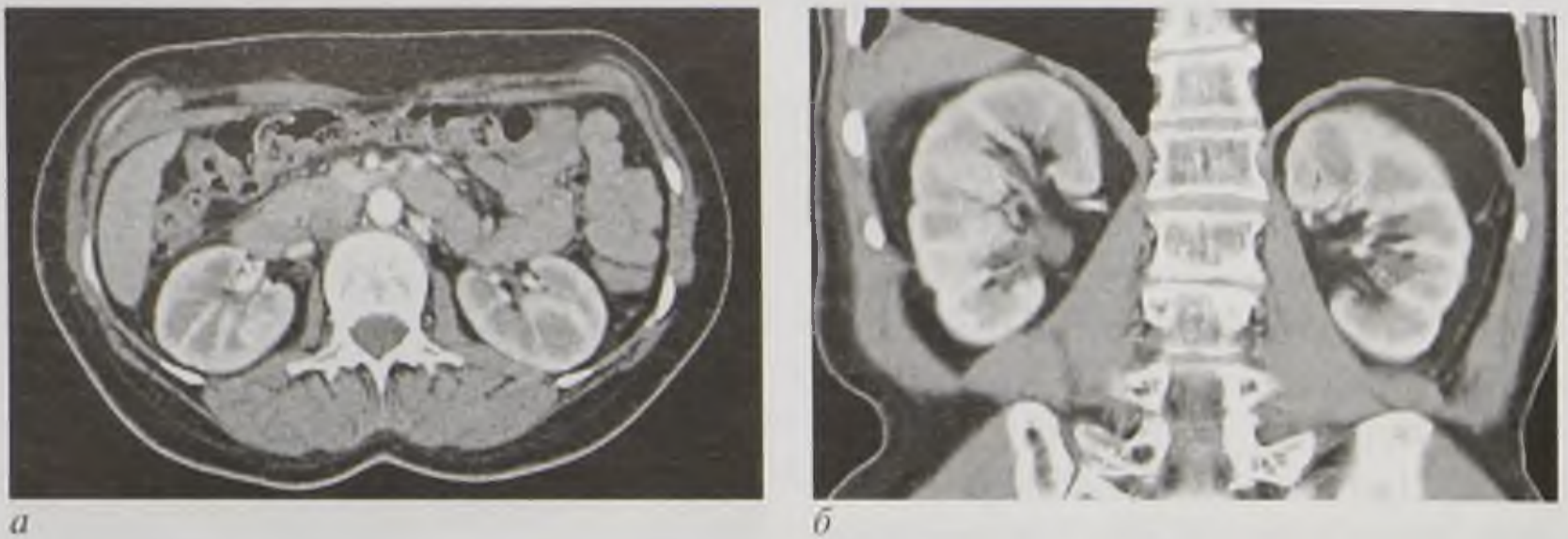


Рис. 12.20. Компьютерные томограммы брюшной полости с контрастным усилением в аксиальной (*а*) и фронтальной (*б*) плоскостях

лоханочного комплекса почек, почечных артерий и вен в соответствующие фазы контрастного усиления.

Патология паренхимы чаще видна в паренхиматозную и венозную фазы, когда неизменная паренхима имеет однородную структуру.

Мочеточники в норме на нативных компьютерных томограммах обычно дифференцируются трудно. Лучшая их визуализация достигается в экскреторную фазу через 5–10 мин после внутривенного введения водорастворимого РКС.

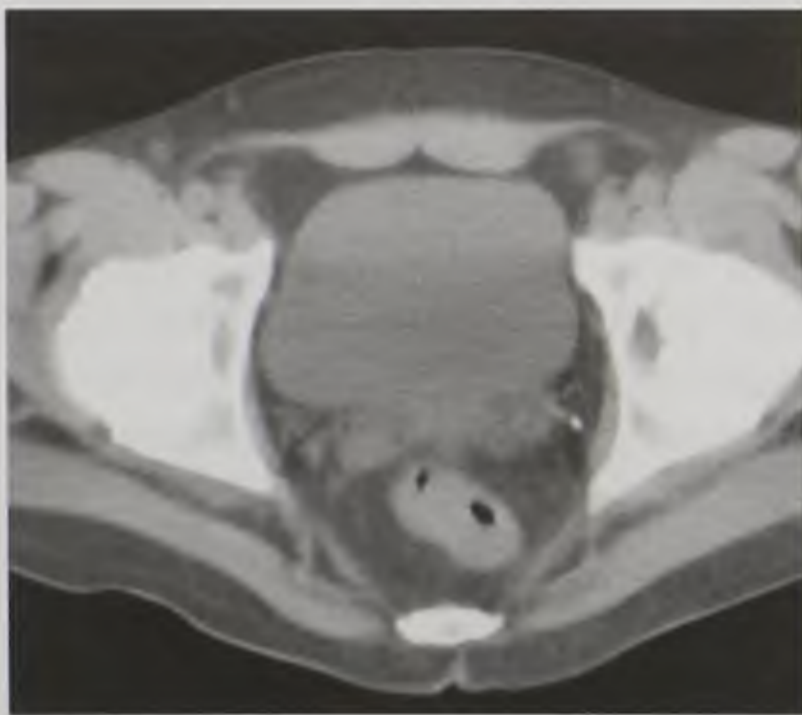


Рис. 12.21. Нативная компьютерная томограмма брюшной полости в аксиальной плоскости на уровне мочевого пузыря

При этом на аксиальных срезах мочеточники отображаются в виде округлых структур высокой плотности диаметром 6–8 мм. Продольное изображение контрастированных мочеточников можно получить путем построения многоплоскостных или трехмерных объемных реконструкций.

Наполненный мочевой пузырь отображается в виде овальной или округлой структуры с ровными, четкими контурами (рис. 12.21). Возможны «физиологические» деформации мочевого пузыря, обусловленные малым его наполнением либо давлением смежных структур (прямой кишки, матки, предстательной железы).

Относительная плотность содержащейся в пузыре мочи в зависимости от питьевого режима обычно колеблется в пределах +5...+20 НУ. Просвет мочевого пузыря также можно визуализировать при его контрастировании путем внутривенного введения около 40–50 мл йодсодержащего РКС за 30 мин до исследования или ретроградно через уретру непосредственно перед сканированием (для диагностики разрывов).

12.1.4. Магнитно-резонансная томография

Современные МР-томографы обладают большими возможностями визуализации и детальной характеристики мочевых органов. Исследование мочевых органов начинают, как правило, с нативного сканирования.

Изображение почечной паренхимы на аксиальных срезах через область почечного синуса имеет С-образную форму. На T1-ВИ в аксиальной и корональной плоскостях отчетливо видна ее дифференцировка на корковое вещество с более гиперинтенсивным МР-сигналом и мозговое вещество с более гипоинтенсивным МР-сигналом, и наоборот — на T2-ВИ. При МРТ возможна более детальная характеристика почечного синуса с дифференцировкой структур чашечно-лоханочного комплекса, сосудов и жировой ткани. На аксиальных и корональных T2-ВИ более четко дифференцируются структуры чашечно-лоханочных комплексов и мочеточники (рис. 12.22).

Возможности МРТ в диагностике заболеваний мочевых органов значительно расширяются при использовании специальных методик, в число которых входят МРТ с контрастным усилением, МР-ангиография, перфузионная МРТ, нативная или контрастная МР-урография, диффузионные изображения.

Нативная МР-урография основана на высокой специфичности МРТ в визуализации жидкостных структур (рис. 12.23). При этом, естественно, не требуется использование контрастного вещества. В таком варианте МР-урографию можно проводить больным с выраженной почечной недостаточностью и с тяжелыми аллергическими реакциями на йодсодержащие РКС.

Для контрастной МР-урографии необходимо внутривенное введение парамагнитного контрастного вещества. Она позволяет получить информацию как о морфологической, так и о концентрационной и экскреторной функциях почек. Диффузионно-взвешенные изображения хорошо отображают участки отека или опухолевого поражения.

Стенка мочевого пузыря на T1-ВИ и T2-ВИ имеет среднюю интенсивность МР-сигнала и однородную МР-структуру за счет визуализации мышечных слоев. Слизистая оболочка имеет гиперинтенсивный МР-сигнал

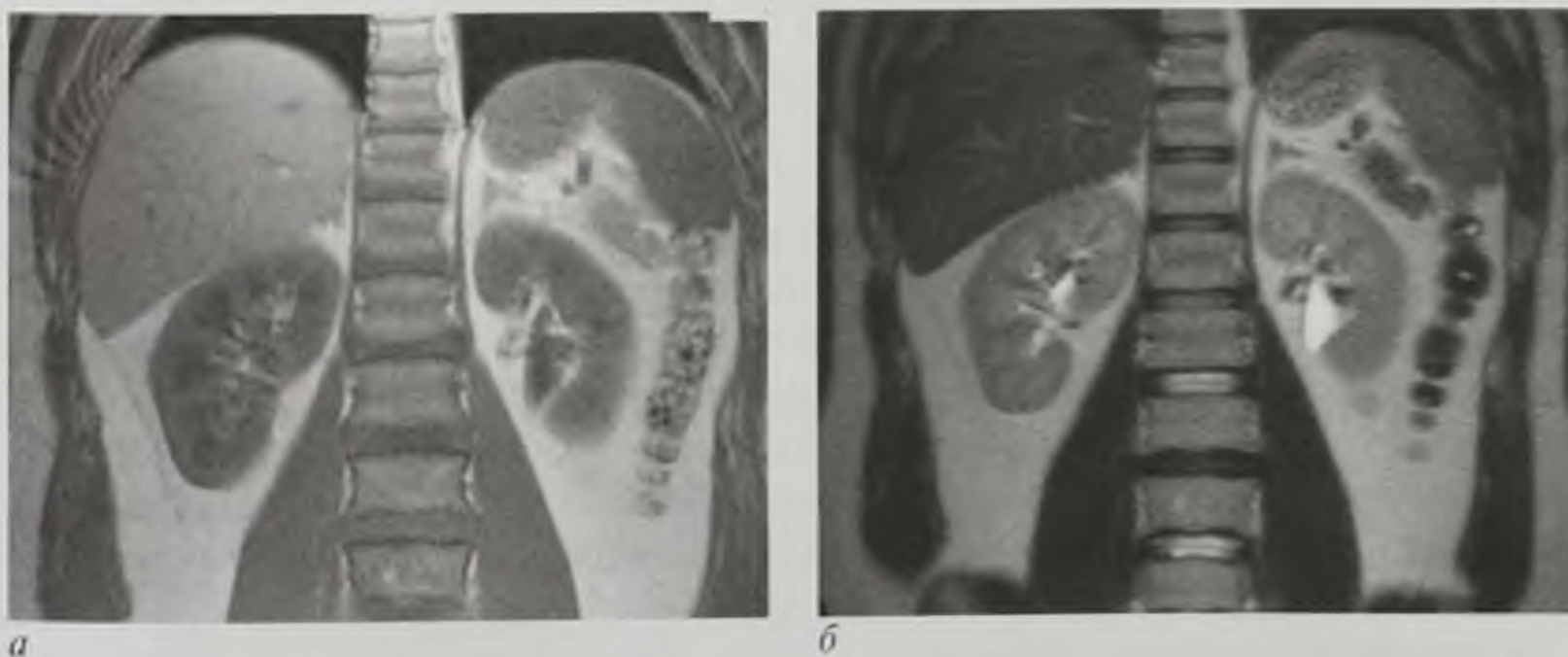
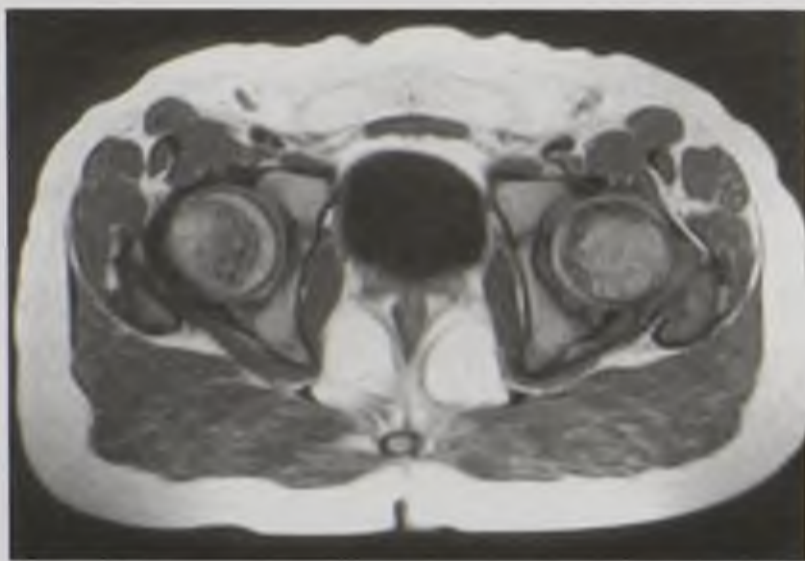


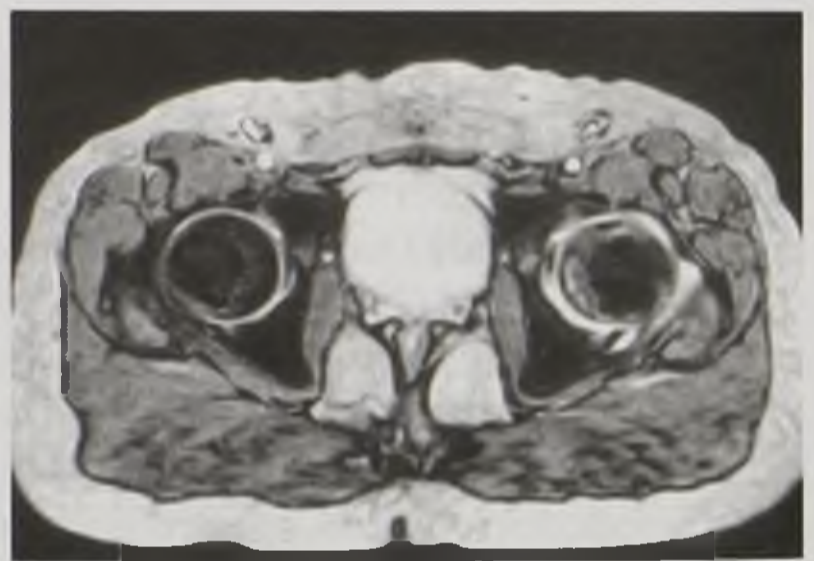
Рис. 12.22. Магнитно-резонансные томограммы почек во фронтальной плоскости: а — T1-взвешенное изображение; б — T2-взвешенное изображение



Рис. 12.23. Нативная магнитно-резонансная урограмма



а



б

Рис. 12.24. Магнитно-резонансные томограммы малого таза в аксиальной плоскости на уровне мочевого пузыря: *а* — T1-взвешенное изображение; *б* — T2-взвешенное изображение

на T2-ВИ. Моча имеет низкую интенсивность МР-сигнала на T1-ВИ и высокую на T2-ВИ (рис. 12.24).

12.1.5. Радионуклидный метод

В уронефрологии радионуклидный метод используется главным образом для полноценной характеристики функционального состояния почек, включая клубочковую фильтрацию, канальцевую секрецию. Кроме того, его можно применять для выявления обструктивных нарушений уродинамики, нарушений кровоснабжения почек, установления очагового и опухолевого поражения почек, обнаружения эктопической почечной ткани. Для решения этих задач используют **радионуклидные методики на основе однофотонной эмиссии:**

- динамическую сцинтиграфию почек;
- ангионевросцинтиграфию;
- статическую сцинтиграфию почек,

а также на основе **двухфотонной эмиссии — ПЭТ.**

Для исследования почек на основе однофотонной эмиссии используют следующие РФП: Технемаг ^{99m}Tc для динамических исследований, кальция тринатрия пентетат (Пентатех ^{99m}Tc) для ангиофросцинтиграфии, Технемаг ^{99m}Tc для статического исследования почек. Все это препараты, как видно из их названий, меченные радиоактивным изотопом ^{99m}Tc .

Динамическая сцинтиграфия почек в настоящее время получила наибольшее распространение в нефрологической практике. Она позволяет оценивать функциональное состояние почек и уродинамику верхних мочевых путей. Основой методики является регистрация радиоактивности в проекции почек и крови после внутривенного введения нефротропного РФП в течение всего времени исследования. Исследование проводится в горизонтальном положении пациента. Детектор гамма-камеры располагается таким образом, чтобы в поле зрения попали не только почки, но и мочевого пузыря. Исследование обычно проводится в течение 20–25 мин с получением серии изображений. Их анализ выполняют в два этапа: визуально и путем количественной оценки построенных динамических кривых уровней радиоактивности от почек.

Выделяют три характерных сегмента ренографических кривых.

Первый (сосудистый) — начальный крутой подъем в течение 15–20 с, отражающий поступление РФП в сосудистое русло почки и таким образом характеризующий ее кровоснабжение.

Второй сегмент (секреторный) — пологий участок подъема кривой до достижения максимума, по высоте примерно равный первому, продолжительностью 3–5 мин. Этот сегмент отражает переход РФП из кровяного русла в собирательную систему почки.

Третий сегмент (экскреторный) — нисходящая часть кривой, соответствующая выведению РФП из почки. В норме ренографические кривые от обеих почек должны быть симметричными (рис. 12.25).

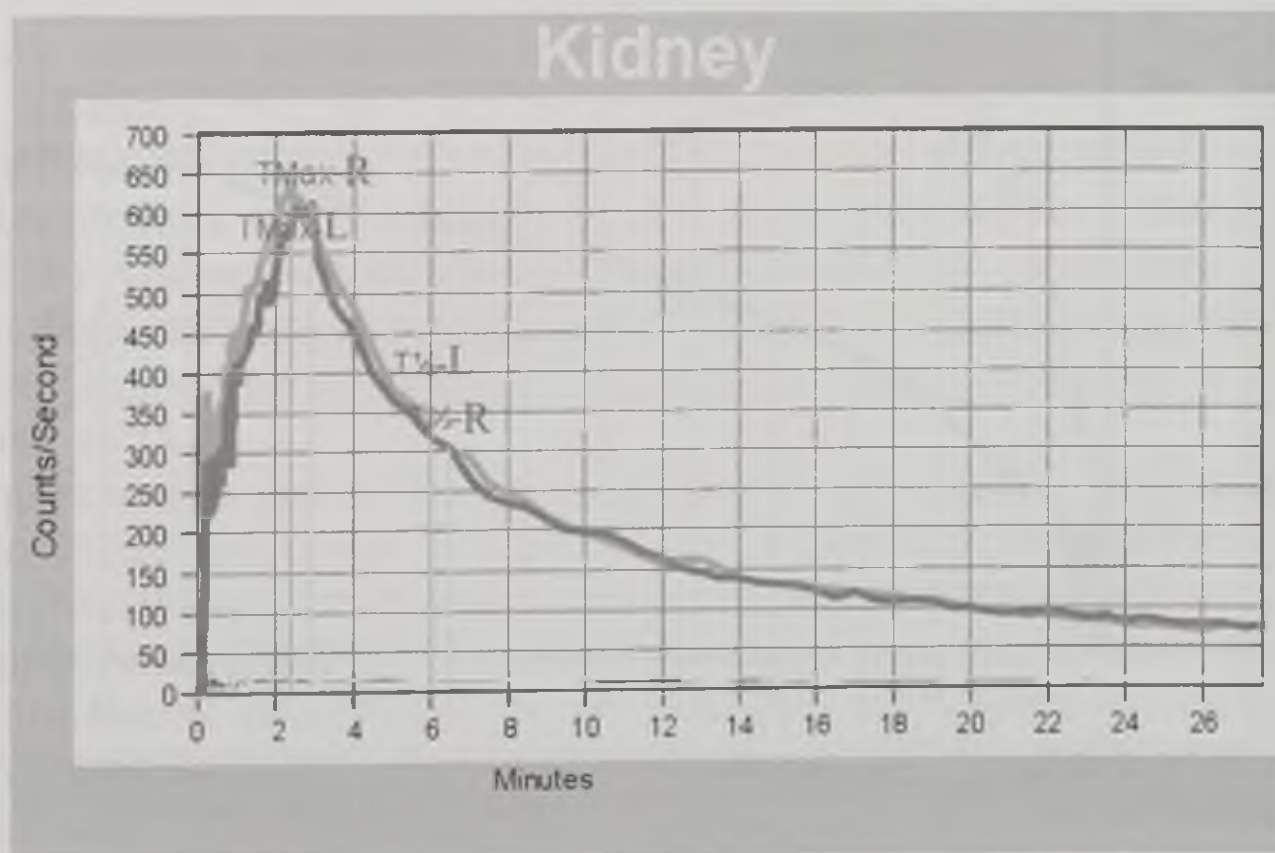


Рис. 12.25. Ренографические кривые в норме

При заболеваниях и повреждениях почек с нарушением их функции ренографические кривые претерпевают различные изменения. Выделяют несколько типов патологических кривых.

- Паренхиматозный тип — уплощение пика кривой, замедление хода второго и третьего сегментов более 10 мин. Такая ренограмма характерна для диффузных хронических заболеваний паренхимы почек (пиелонефрит, гломерулонефрит).
- Изостенурический тип имеет уплощение пика, снижение и удлинение второго и третьего сегментов — идет параллельно оси x . Такая ренограмма бывает при заболеваниях почек, сопровождающихся хронической почечной недостаточностью.
- Обструктивный тип — постоянно восходящая кривая, не достигающая пика, с отсутствием дифференцировки на сегменты. Такие изменения характерны при остром или хроническом нарушении оттока мочи — обструкции (рис. 12.26).
- Афункциональный тип — резкое падение кривой сразу после сосудистого сегмента и отсутствие секреторного и экскреторного сегментов (рис. 12.27). Такая ренограмма характерна при отсутствии или нефункционирующей почке.

Визуальный анализ сцинтиграмм включает оценку:

- топографии, формы, размеров функционирующей ткани почек;
- уровня и равномерности накопления РФП в паренхиме почек;
- динамики накопления и выведения РФП из паренхимы почек, чашек, лоханок, мочеточников.

В норме РФП сразу же начинает поступать в паренхиму почек одновременно и распределяется в них равномерно. На 5–10-й минуте его большая часть

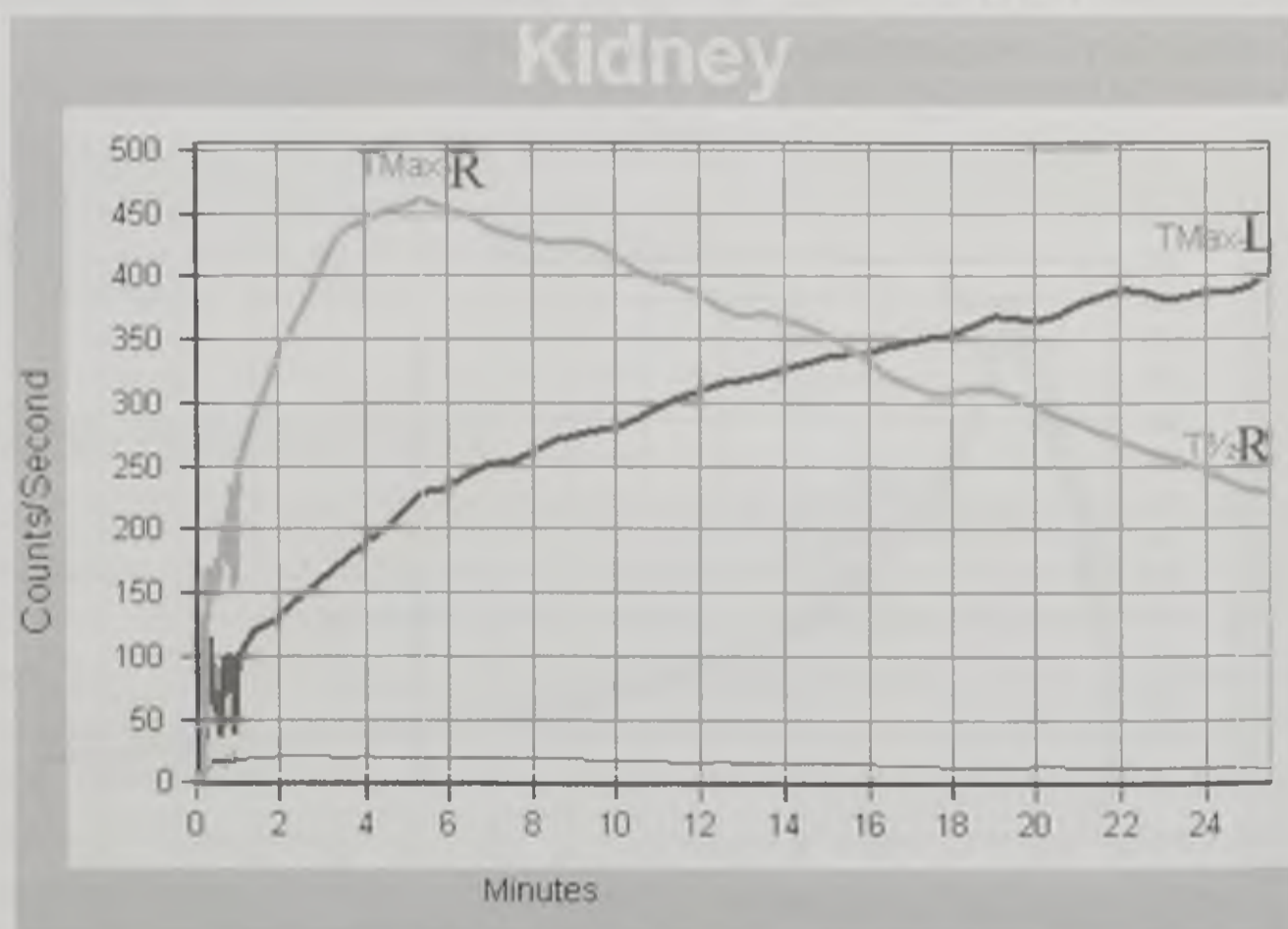


Рис. 12.26. Паренхиматозный тип ренографической кривой правой почки (R) и обструктивный тип кривой левой почки (L)

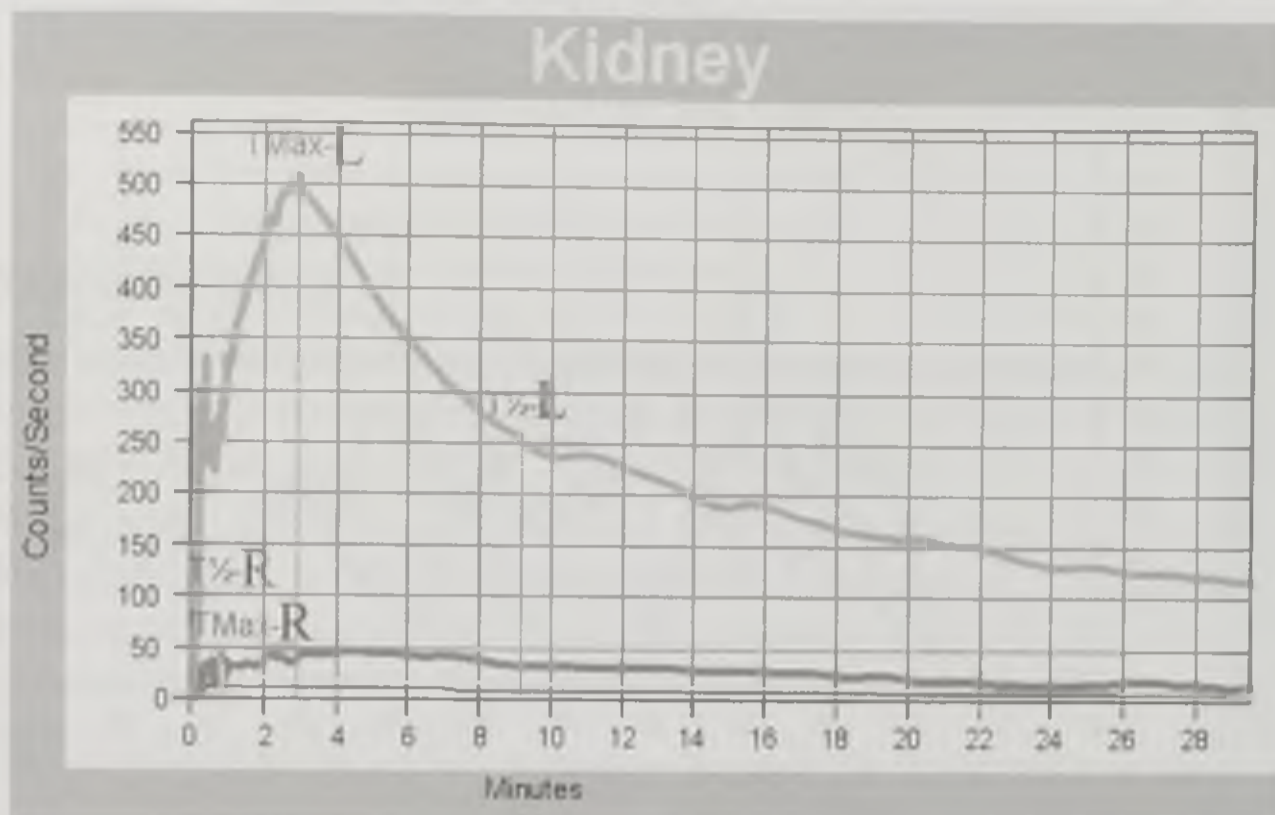


Рис. 12.27. Афункциональный тип ренографической кривой правой почки (R) и нормальный тип кривой левой почки (L)

перемещается в почечные лоханки. В это время визуализируются и мочеточники (рис. 12.28, см. цв. вклейку).

Ангионевроцинтиграфия используется главным образом для выявления нарушений кровоснабжения почек. Наибольшее значение радионуклидная ангиография имеет в установлении вазоренальной природы симптоматической артериальной гипертензии. Основой методики является регистрация прохождения внутривенно введенного РФП по брюшной аорте и почечным артериям. Детектор гамма-камеры располагается со стороны спины так, чтобы в поле зрения попали обе почки и аорта. Запись изображений производят в течение 60 с после внутривенного введения РФП в режиме 1 кадр/с с построением кривых активность–время, которые отражают кровоснабжение почек.

В норме амплитуды ангиографических кривых обеих почек одинаковы и пик достигается одновременно (допустимая разница не превышает 15%) (рис. 12.29). Основным количественным показателем кровотока по почечным артериям является время достижения максимума ангиоренальной кривой (T_{max}), отсчитываемое от начала ее подъема до точки максимума. В норме оно составляет до 14 с.

Радионуклидная ренография предназначена для оценки только функционального состояния почек и основана на динамической графической регистрации γ -излучения от каждой почки после внутривенного введения одного из нефротропных РФП. Исследование проводится с использованием специальных аппаратов-ренографов, снабженных обычно тремя детекторами. Два из них устанавливают в проекции каждой почки со стороны спины, а третий — спереди, над областью сердца. Получаемая информация записывается в виде кривых, отражающих изменение уровня γ -излучения от областей почек и сердца во времени.

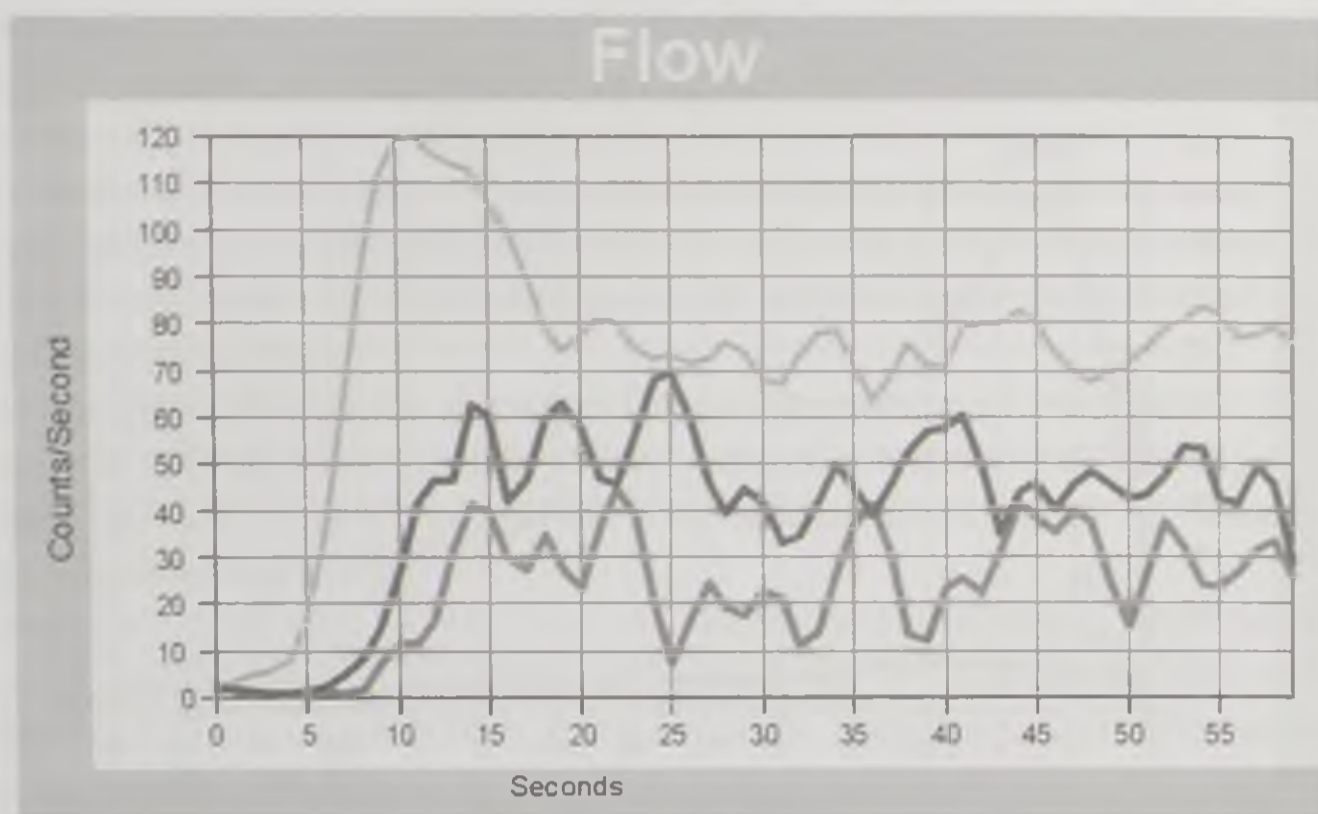


Рис. 12.29. Ангиографические кривые аорты (1), правой почки (2) и левой почки (3)

Кардиальная кривая достигает максимума уже через 3–4 с после внутривенного введения РФП, что означает его поступление в полость сердца. Затем происходит спуск кривой, сначала в течение 3–4 мин крутой, отражающий разведение препарата в крови, в последующем — пологий, соответствующий процессу очищения крови от РФП (клиренс крови).

Для количественной оценки функционального состояния почек по данным радионуклидной ренографии используют *коэффициент Винтера*, который отражает суммарную функцию почек — отношение высоты кардиальной кривой на 16-й минуте к ее высоте на 4-й минуте, выраженное в процентах (норма — не более 55%).

В настоящее время этот метод используется редко ввиду развития и усовершенствования аппаратуры и появления новых РФП.

Статическая сцинтиграфия почек используется в урологии и нефрологии главным образом для оценки анатомических и топографических особенностей функционирующих почек. Исследование проводят с РФП, избирательно накапливающимися в функционирующей паренхиме почек. В норме накопление РФП в почках симметричное, интенсивное и равномерное.

При патологии оно диффузно снижено, неравномерно, есть очаги или зоны снижения аккумуляции РФП или полного его отсутствия (рис. 12.30, см. цв. вклейку).

Позитронно-эмиссионная томография. Ввиду исходно высокой концентрации РФП (^{18}F -ФДГ) в мочевых органах, возможности ПЭТ в урологической практике ограничены. ПЭТ при исследовании патологии мочевых органов эффективна в обнаружении злокачественных опухолей и метастазов других локализаций, в том числе в лимфатические узлы.

В целом радионуклидный метод в уронефрологии в настоящее время стал необходимым дополнением к другим лучевым исследованиям, позволяя получать важную диагностическую информацию о функциональном состоянии мочевых органов.

12.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЧЕВЫХ ОРГАНОВ

12.2.1. Удвоение почки

Экскреторная урография, ретроградная уретеропиелография, УЗИ, КТ, МРТ: удлинение почки; втяжение ее латерального контура, так что почка представляется состоящей из двух частей — верхней (меньшей) и нижней (большей) — удвоение паренхимы (рис. 12.31). При контрастировании определяются два не сообщающихся друг с другом чашечно-лоханочных комплекса, каждый со «своим» мочеточником (при полном удвоении) (рис. 12.32). При КТ с внутривенным контрастированием и МРТ визуализируется свой сосуд для каждой почки (при полном удвоении).



Рис. 12.31. Линейная рентгеновская томограмма. Удвоение левой почки



Рис. 12.32. Компьютерная томограмма с внутривенным контрастированием в экскреторную фазу (объемная реконструкция). Удвоение левой почки

12.2.2. Дистопия почки

УЗИ, КТ, МРТ, экскреторная урография: низкое расположение почки (в поясничной, подвздошной области, в тазу, редко — в грудной полости); отсутствие ее физиологического смещения при дыхании или переводе пациента из горизонтального положения в вертикальное; мочеточник короткий, идущий спереди или от латерального контура почки, что обусловлено ее поворотом вокруг продольной оси на 90–180° (рис. 12.33).

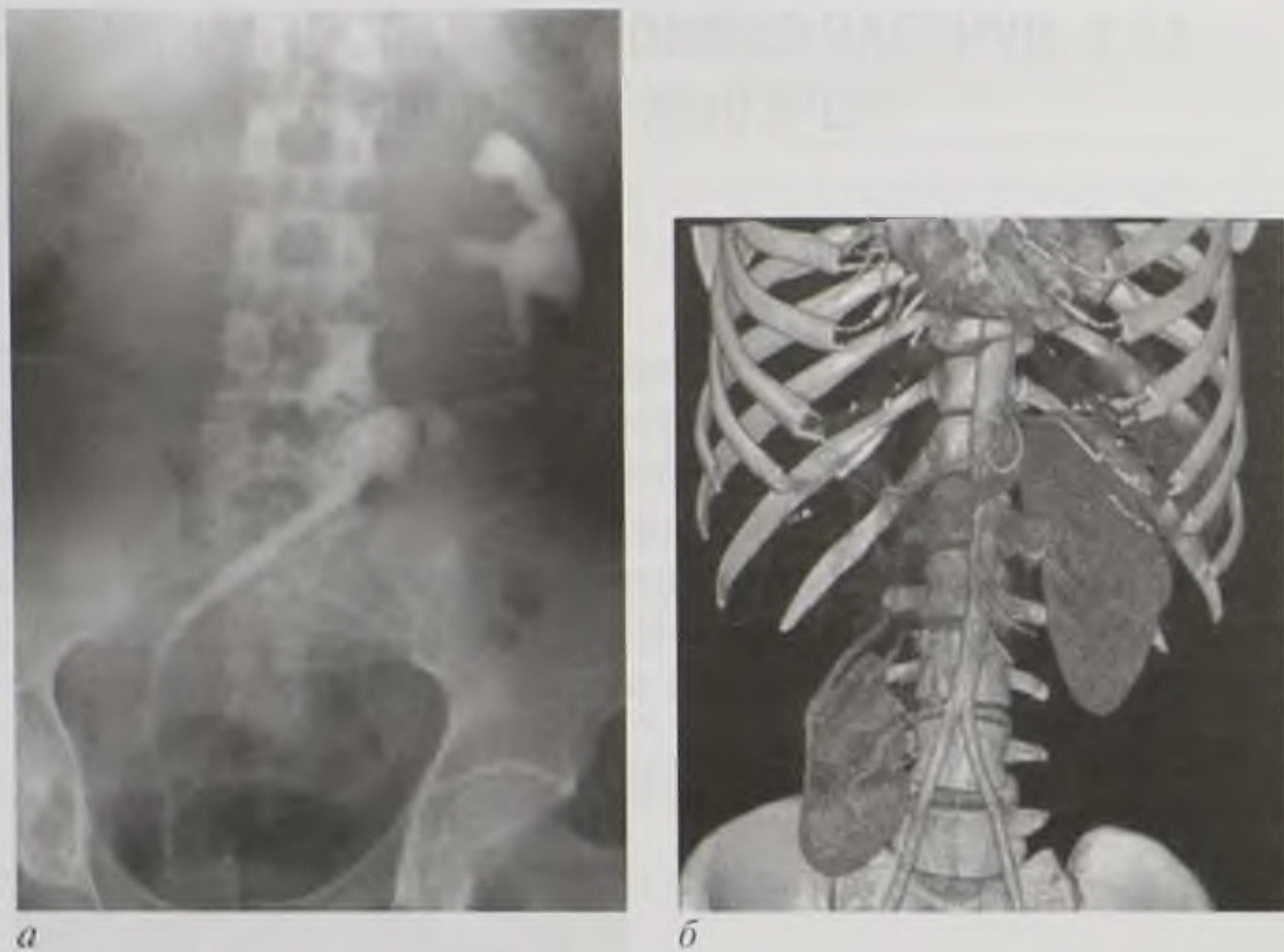


Рис. 12.33. Дистопия почек (разные пациенты): *а* — экскреторная урограмма, гетеролатеральная подвздошная дистопия левой почки; *б* — компьютерная томограмма с внутривенным контрастированием в артериальную фазу (объемная реконструкция), поясничная дистопия правой почки



Рис. 12.34. Экскреторные урограммы в горизонтальном (*а*) и вертикальном (*б*) положениях пациента. Нефроптоз

КТ и МР с контрастированием: низкое отхождение от аорты (высокое при торакальной дистопии) и горизонтальный ход почечной артерии; удвоение и добавочные почечные артерии.

12.2.3. Нефроптоз

Экскреторная урография, УЗИ, КТ, МРТ: почка опущена ниже обычного и развернута во фронтальной плоскости. Смещение почки при переводе пациента из горизонтального положения в вертикальное и обратно превышает высоту тел двух позвонков. Мочеточник извит; продольная ось лоханки образует с мочеточником прямой или острый угол, открытый латерально и вниз (рис. 12.34).

12.2.4. Абсцесс почки

УЗИ, КТ, МРТ: визуализируются очаги инфильтрации или некроза с формированием полости абсцесса. Сначала форма очага неправильная, контуры неровные, содержимое неоднородное. В последующем абсцесс приобретает правильно округлую форму, контуры становятся ровными, визуализируется стенка, содержимое — однородное с белково-жидкостными характеристиками (рис. 12.35, 12.36).

Экскреторная урография в диагностике абсцесса малоинформативна.

Ретроградная пиелография при подозрении на абсцесс противопоказана.

12.2.5. Пиелонефрит хронический

Рентгенография, экскреторная урография, ретроградная пиелография, УЗИ, КТ, МРТ: почка уменьшена, расположена вертикально, контуры ее неровные; толщина паренхимы почки уменьшена (рис. 12.37). Отмечается расширение чашечек, замедление и снижение интенсивности контрастирования чашечно-лоханочного комплекса.

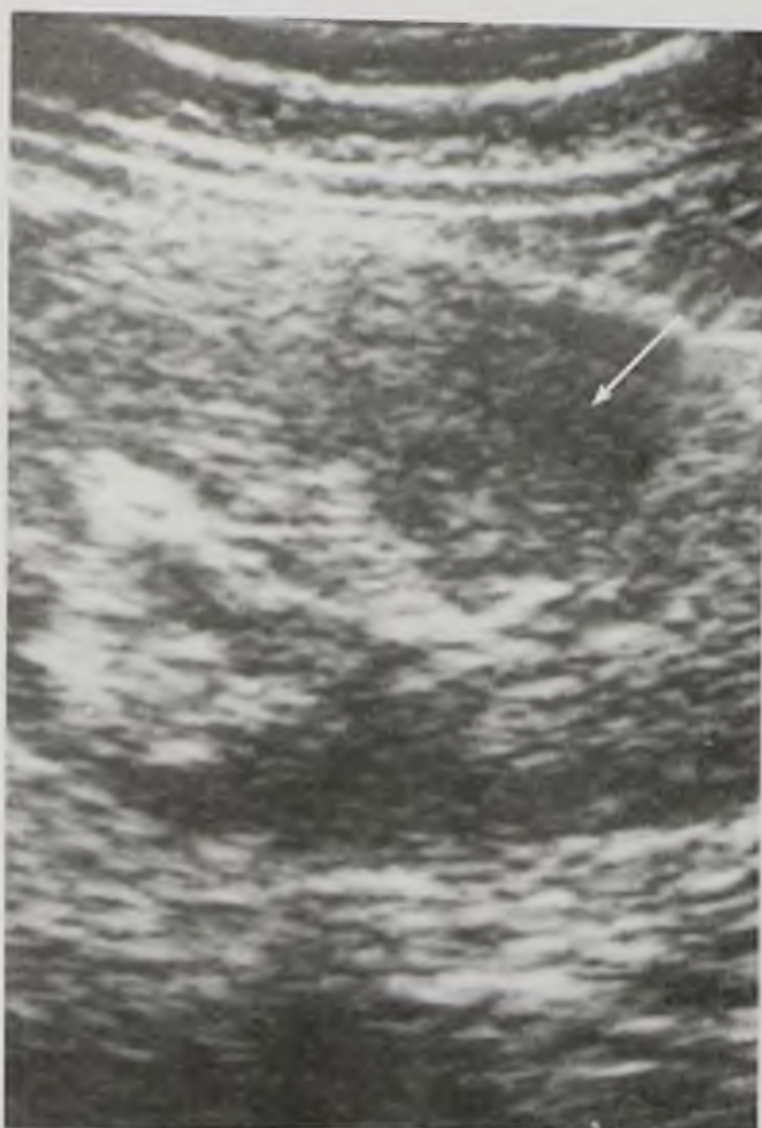


Рис. 12.35. Эхограмма. Абсцесс почки (стрелка)



Рис. 12.36. Магнитно-резонансная томограмма, Т1-взвешенное изображение с контрастированием. Абсцесс правой почки (стрелка)



Рис. 12.37. УЗИ правой почки (В-режим). Проявления хронического пиелонефрита. Паренхима неравномерно истончена, бугристая (стрелки), кортико-медуллярная дифференцировка утрачена. Имеются участки повышения эхогенности паренхимы. Почечный синус неоднороден за счет участков повышения эхогенности (фиброз) и снижения эхогенности (расширение чашечно-лоханочного комплекса)

Радионуклидная ренография, динамическая сцинтиграфия почек: преимущественно паренхиматозный тип кривой. Показатель Винтера при ренографии — более 55%.

12.2.6. Туберкулез почки

УЗИ, КТ, МРТ: локальные выбухания контуров почки; обызвествления паренхимы различной выраженности; полости каверн неправильной формы, сообщаются с чашечно-лоханочным комплексом узкими каналами, которые заполняются РКС (рис. 12.38); визуализируются каверны, рубцово-атрофические изменения паренхимы, рубцово-склеротические изменения мочеточников и мочевого пузыря.

Традиционные рентгенологические методики малоинформативны.

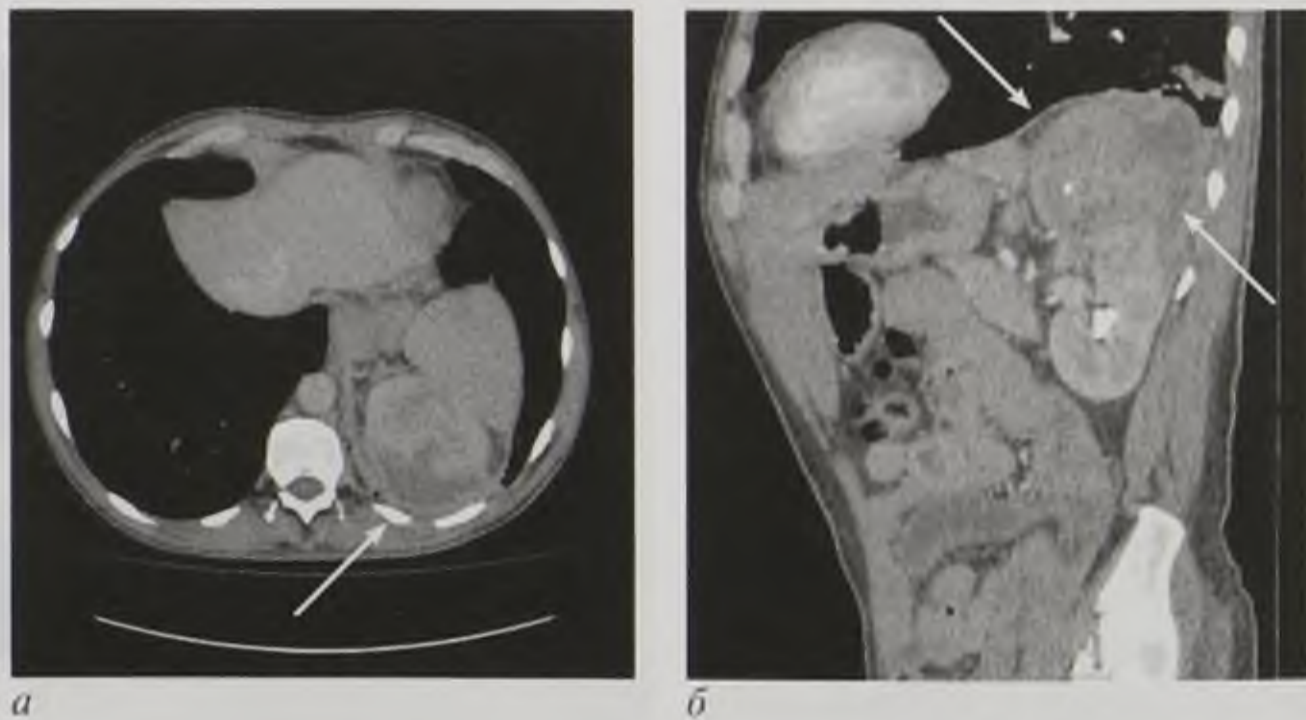


Рис. 12.38. Компьютерные томограммы с внутривенным контрастированием: *а* — аксиальная плоскость; *б* — сагиттальная реконструкция. Поражение левой почки — зона инфильтративно-деструктивных изменений при туберкулезе (стрелки)

12.2.7. Мочекаменная болезнь

Рентгенография, линейная рентгеновская томография, экскреторная урография, КТ: визуализация конкрементов в каких-либо отделах мочевых путей (чашки, лоханка, мочеточник, мочевой пузырь) в виде округлых участков



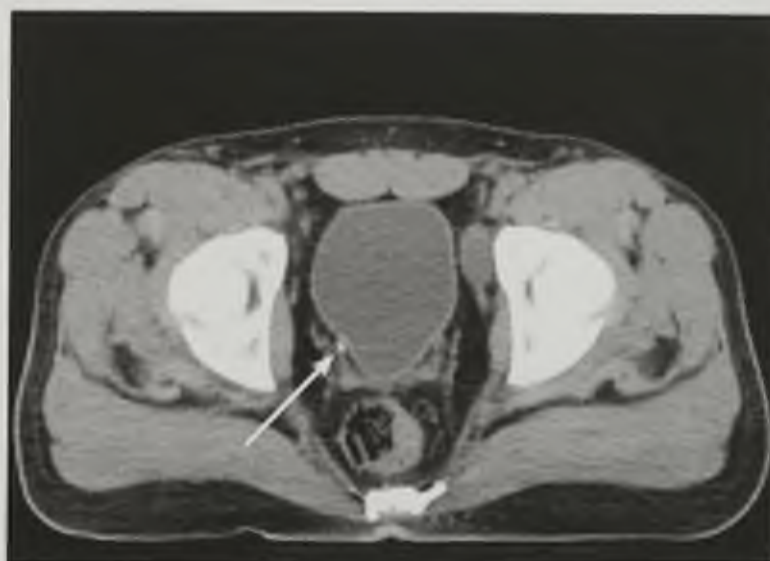
Рис. 12.39. Линейная рентгеновская томограмма левой почки. Коралловидный камень (стрелка)



Рис. 12.40. Экскреторная урограмма. Камень юкставезикального отдела левого мочеточника (стрелка)



a



б

Рис. 12.41. Компьютерные томограммы с контрастным усилением (*a*) и нативная (*б*): *a* — камни в чашках и лоханке правой почки (стрелки); *б* — камень в просвете правого мочеточника (стрелка)

повышения рентгеновской плотности (теней) или дефектов контрастирования в полостях (рис. 12.39–12.41).

УЗИ: гиперэхогенная поверхность конкремента в полостях мочевых органов с акустической тенью (рис. 12.42).

Динамическая сцинтиграфия почек: обструктивный или афункциональный тип кривой в зависимости от локализации конкремента.



Рис. 12.42. Эхограмма. Камень почки (стрелка)

12.2.8. Гидронефроз

Рентгенография, линейная томография: увеличение почки, волнистость ее контуров.

Экскреторная урография, ретроградная пиелография УЗИ, КТ, МРТ-урография: дилатация чашечно-лоханочного комплекса различной выраженности, уменьшение толщины паренхимы (рис. 12.43–12.45).

Радионуклидная ренография, динамическая сцинтиграфия почек: различные типы кривых в зависимости от причины, вызвавшей гидронефроз. Показатель Винтера при ренографии — более 55%.



Рис. 12.43. Экскреторная урограмма. Гидронефроз правой почки



Рис. 12.44. Эхограмма. Гидронефроз

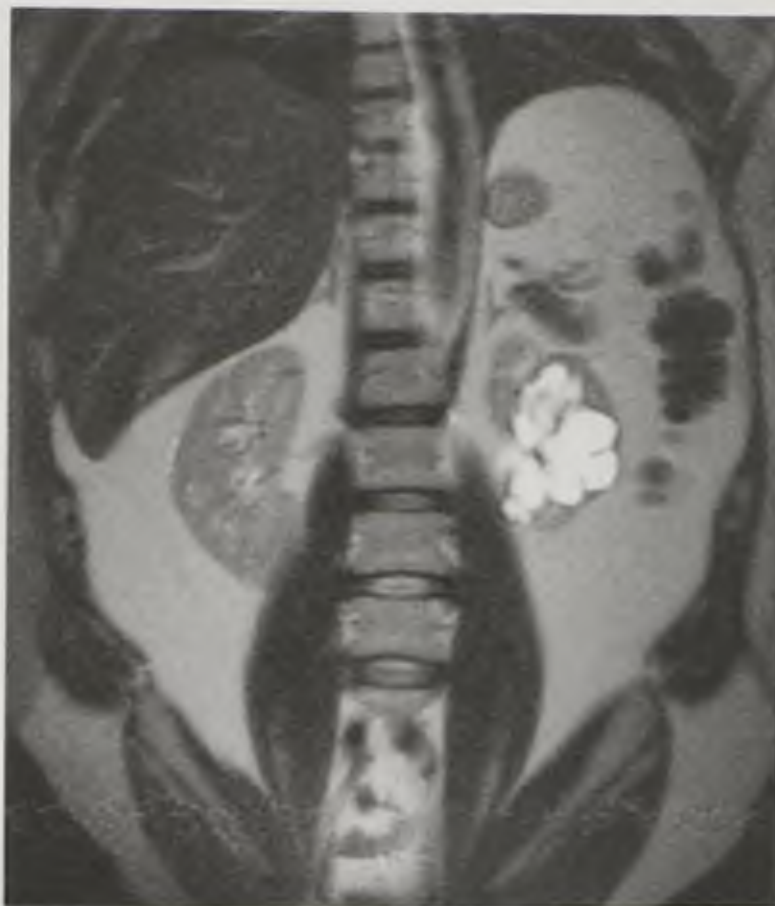


Рис. 12.45. Магнитно-резонансная урография. Гидронефроз левой почки

12.2.9. Опухоль почки

Рентгенография, линейная томография: увеличение, деформация, неровность контуров почки, возможны обызвествления (рис. 12.46).

Экскреторная урография: смещение, сдавление, деформация различных структур чашечно-лоханочного комплекса.

УЗИ, КТ, МРТ: визуализация опухоли в виде тканевого узла или кисты с тканевым компонентом (рис. 12.47–12.49).

12.2.10. Киста почки

Рентгенография: локальное выбухание контура почки.

УЗИ: визуализация однородно анэхогенного тонкостенного образования округлой формы, дающего эффект дорсального усиления (рис. 12.50).

КТ, МРТ: визуализация округлого образования, содержащего жидкость с тонкой капсулой, не накапливающего контрастного вещества (рис. 12.51).

12.2.11. Поликистозная болезнь взрослых (поликистоз почек)

Рентгенография: увеличение размеров и волнистость контуров обеих почек.

Экскреторная урография: раздвигание, удлинение, серповидные углубления по краям структур чашечно-лоханочного комплекса, который в целом приобретает ветвистый вид (рис. 12.52).

УЗИ, КТ, МРТ: визуализация множества округлых образований, содержащих жидкость, иногда с белковым компонентом, замещающих паренхиму почки (рис. 12.53, 12.54). Часто определяется кистозная трансформация печени, поджелудочной железы и других органов.



Рис. 12.46. Линейная томограмма. Опухоль левой почки (стрелка)

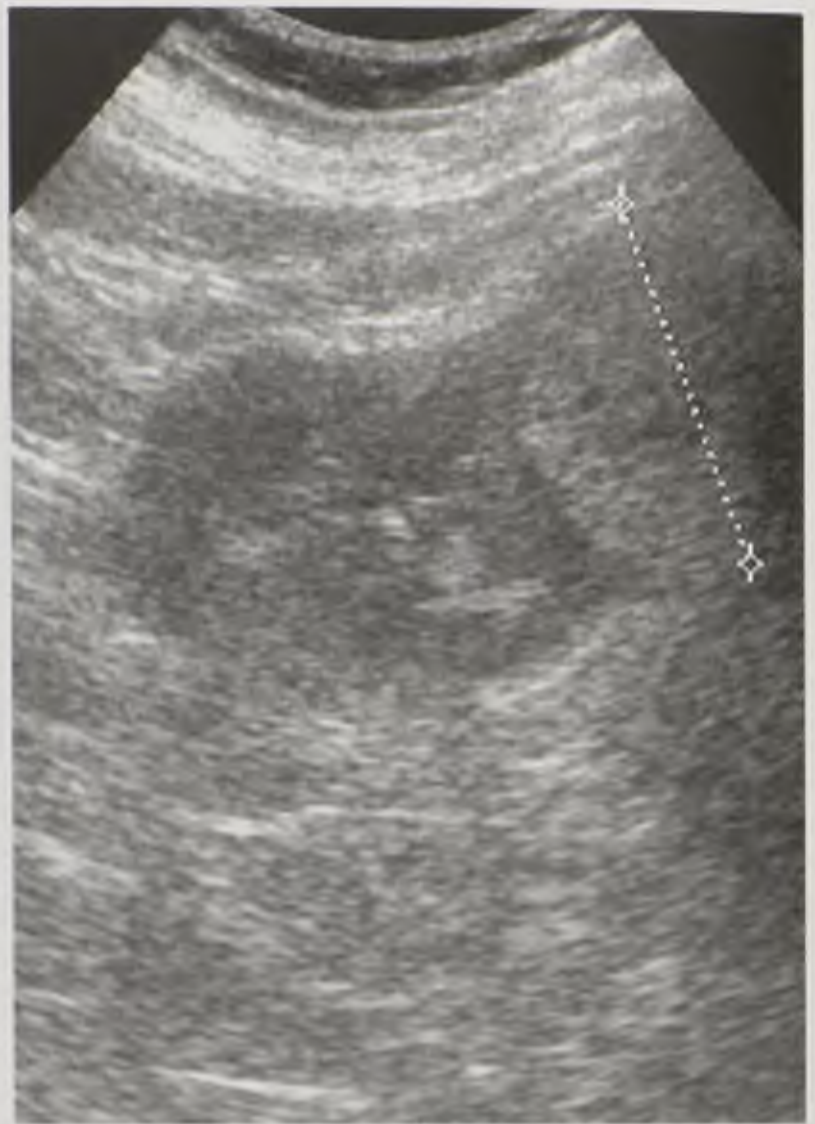


Рис. 12.47. Эхограмма. Опухоль почки (маркёры)



Рис. 12.48. Компьютерная томограмма с контрастным усилением в аксиальной плоскости. Опухоль левой почки (стрелка)



Рис. 12.49. Магнитно-резонансная томограмма во фронтальной плоскости. Опухоль почки



Рис. 12.50. Эхограмма. Солитарная киста почки

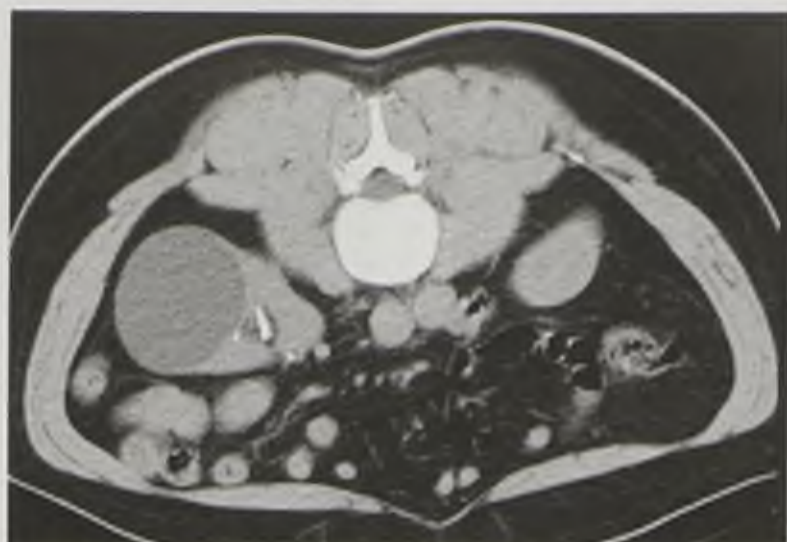


Рис. 12.51. Компьютерная томограмма, выполненная в положении пациента лежа на животе. Солитарная киста правой почки



Рис. 12.52. Экскреторная урограмма. Изменения почек при поликистозной болезни взрослых



Рис. 12.53. Нативная компьютерная томограмма. Изменения почек при поликистозной болезни взрослых

Радионуклидная ренография, динамическая и статическая сцинтиграфия: определяются разные типы кривых. Показатель Винтера при ренографии — более 55%. При статической сцинтиграфии почек выявляются множественные дефекты накопления РФП.

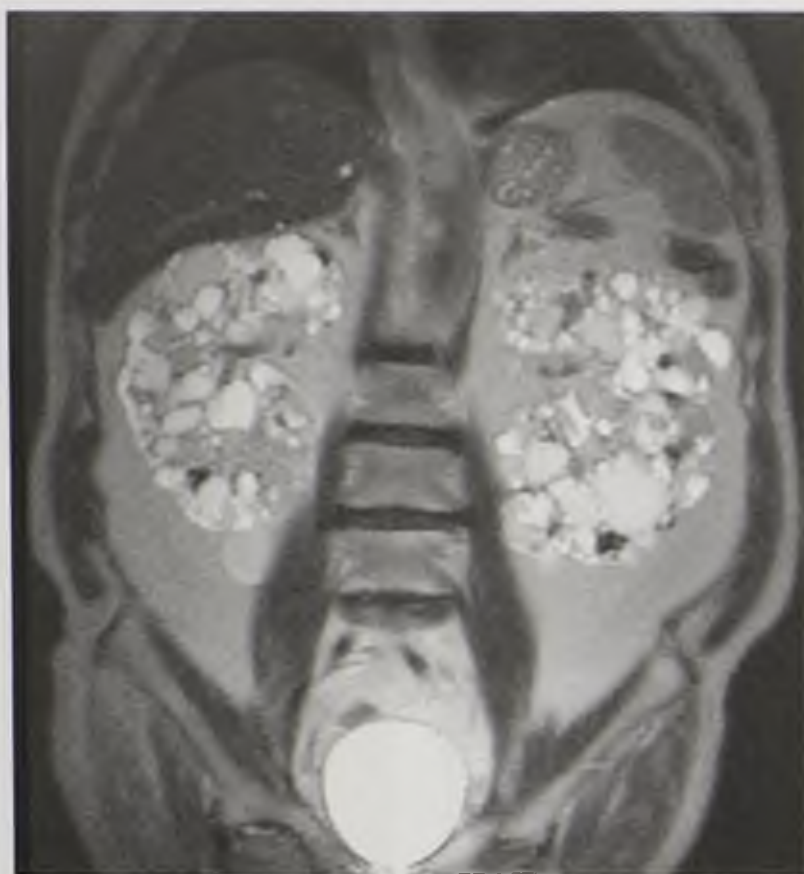


Рис. 12.54. Магнитно-резонансная томограмма во фронтальной плоскости. Изменения почек при поликистозной болезни взрослых

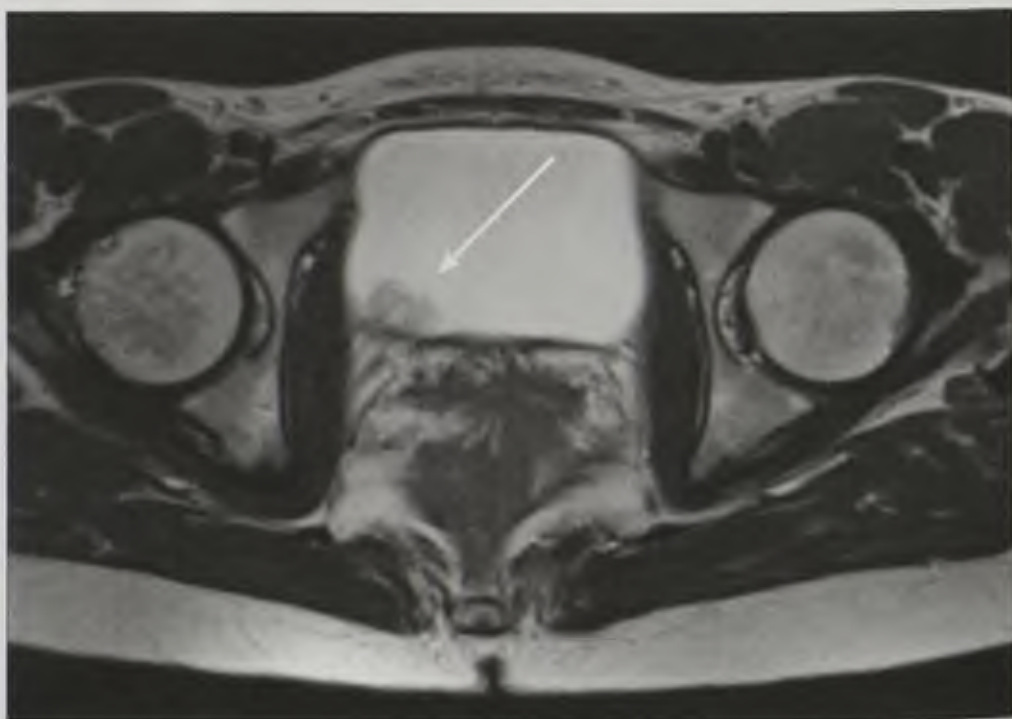
12.2.12. Опухоль мочевого пузыря

Цистография: дефект наполнения различной величины и формы при экзофитном росте опухоли.

УЗИ, КТ, МРТ: непосредственная визуализация опухоли (рис. 12.55).



а



б

Рис. 12.55. Опухоль мочевого пузыря (разные пациенты): *а* — эхограмма, опухоль мочевого пузыря; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости, опухоль мочевого пузыря (стрелка)

12.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ МОЧЕВЫХ ОРГАНОВ

12.3.1. Повреждения почек

Возможности рентгенологического исследования в диагностике повреждений почек весьма ограничены. При нативной рентгенографии можно выявить только косвенные признаки — увеличение, деформацию, нечеткость контуров почки. При экскреторной урографии можно выявить снижение контрастирования (сотрясение, ушиб почки) и прямой признак — затек РКС за пределы чашечно-лоханочного комплекса и почки.

МРТ и радионуклидный метод для целей неотложной диагностики повреждений почек применяются редко ввиду их длительности.

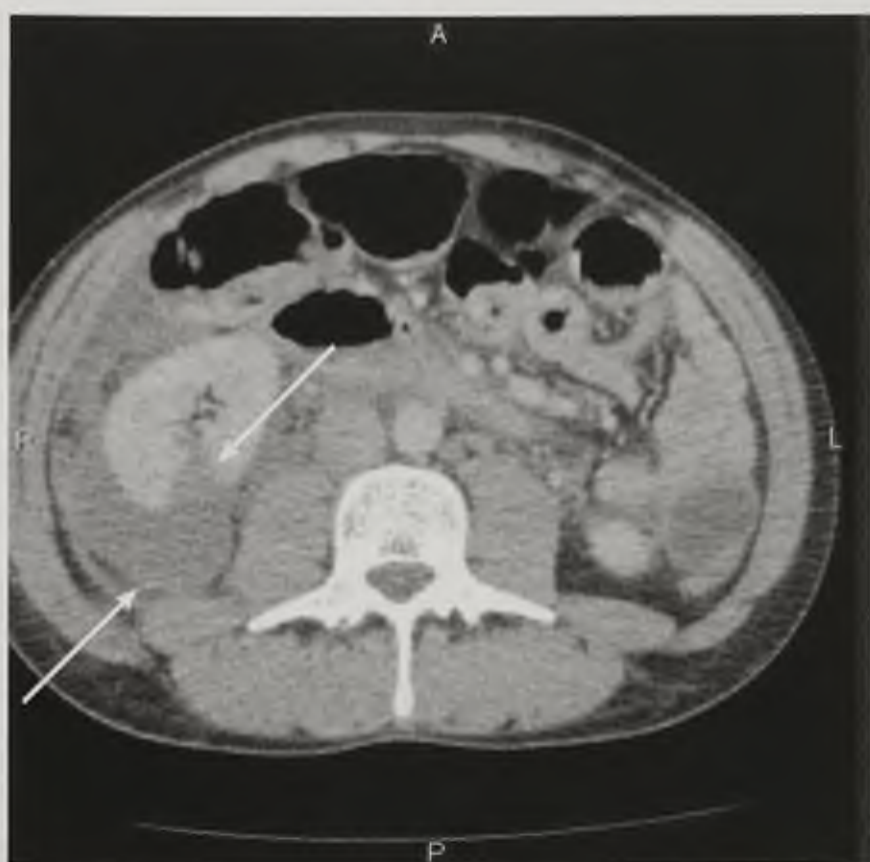
Высокоинформативны ультразвуковой метод и КТ.

12.3.2. Подкапсульная гематома

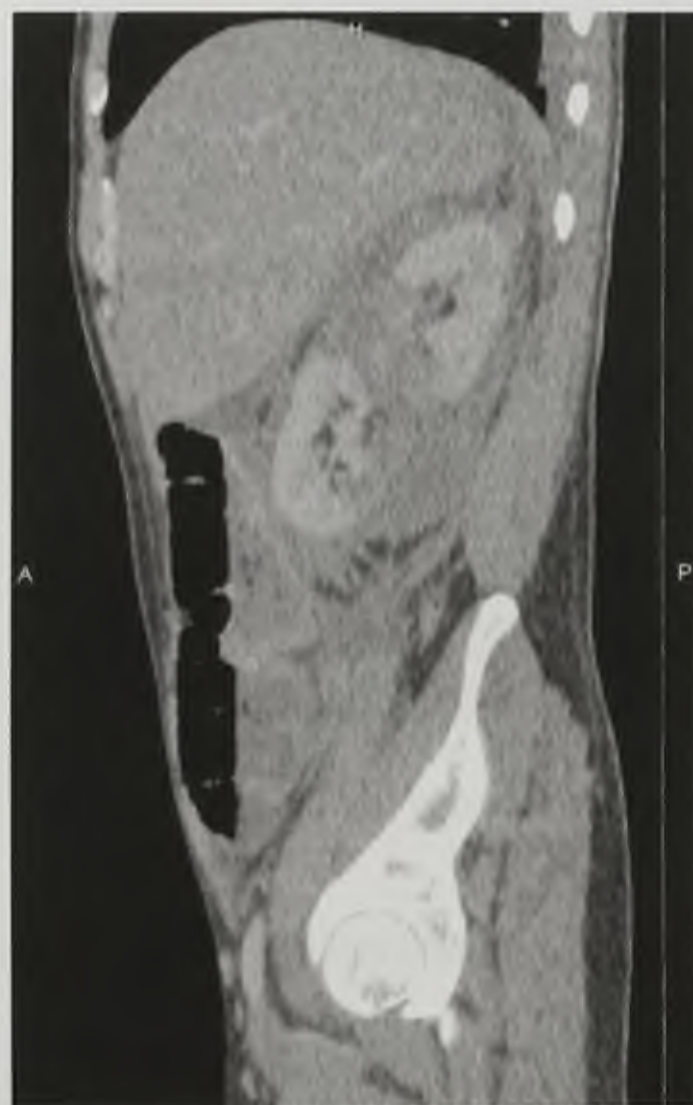
УЗИ: эхонегативная зона серповидной формы, повторяющая контур почки.

КТ нативная: локальное выбухание контура почки.

КТ контрастная: подкапсульно расположенная зона, имеющая меньшую плотность, чем неповрежденная контрастированная паренхима почки (рис. 12.56, 12.57).



a



б

Рис. 12.56. Компьютерные томограммы с контрастированием (паренхиматозная фаза) в аксиальной (*a*) и сагиттальной (*б*) плоскостях. Повреждение правой почки с разрывом паренхимы и наличием периренальной гематомы (стрелки)

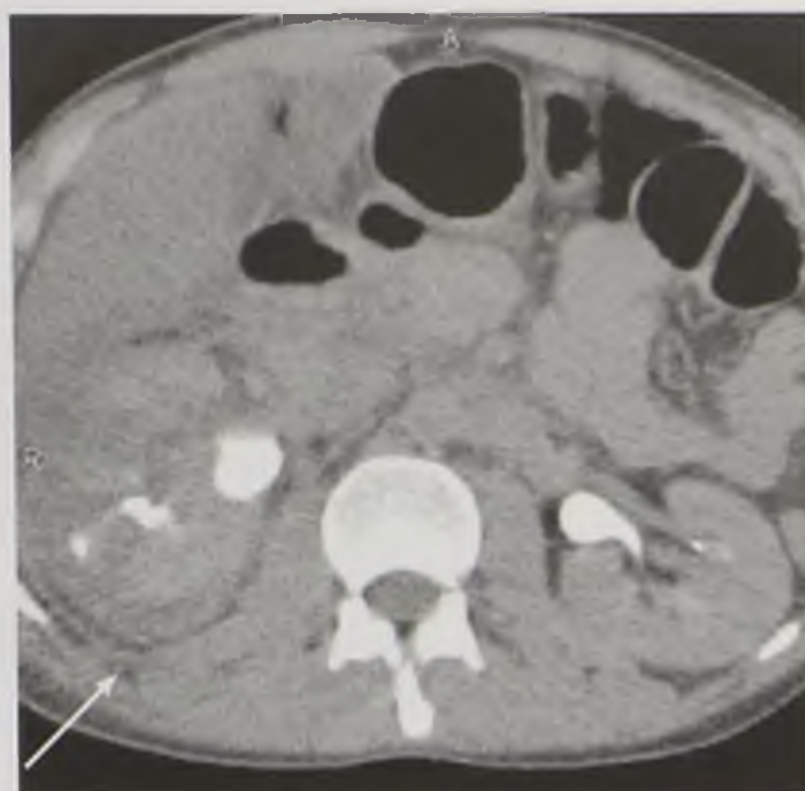


Рис. 12.57. Компьютерная томограмма с контрастированием (экскреторная фаза). Разрыв правой почки с повреждением чашечно-лоханочной системы (стрелка)

12.3.3. Разрыв паренхимы

УЗИ: однородно эхонегативный участок в структуре паренхимы неправильно округлой формы с четкими контурами.

КТ: в паренхиме почки выявляется гиперденсная (60 ± 10 НУ) зона или ограниченный участок с нечеткими контурами, не накапливающий контрастное вещество на фоне интенсивно контрастированной неизменной паренхимы.

12.3.4. Разрыв почки с повреждением чашечно-лоханочного комплекса

Экскреторная урография, ретроградная пиелография: затеки РКС в паренхиму почки и паранефрально (рис. 12.58).

УЗИ: прерывистость контура почки. Эхонегативная масса крови, заполняющая зону разрыва и выходящая за пределы органа.

КТ нативная: участки пониженной плотности лентовидной формы, проходящие через почку, прерывающие ее контур. Визуализация паранефральной гематомы.

КТ контрастная: плотность зоны разрыва не изменяется, а неповрежденная паренхима почки контрастируется равномерно, затеки контрастного вещества вокруг почки (см. рис. 12.57).

12.3.5. Размозжение почки, отрыв почечной ножки, тромбоз почечной артерии

УЗИ, нативная КТ: обширное скопление крови и фрагменты почечной ткани в зоне почки.

КТ контрастная: денситометрические показатели в зоне повреждения повышаются незначительно вследствие нарушения кровоснабжения почки (отсутствие контрастирования почки или ее фрагментов).

12.3.6. Повреждения мочеточников

Из лучевых методов наиболее информативна в диагностике повреждений мочеточников КТ. Ретроградную урографию выполняют перед операцией для более точного определения локализации разрыва. При проведении этих исследований нарушение целостности мочеточника проявляется выхождением РКС за его пределы (рис. 12.59).

12.3.7. Повреждения мочевого пузыря

Приоритетной методикой в диагностике повреждений мочевого пузыря является КТ, а при невозможности ее выполнения — ретроградная цистография. Основным признаком повреждения стенки пузыря служит выхождение РКС за пределы его контура.

При внесбрюшинных разрывах контрастное вещество, вытекающее в паравезикальную клетчатку, дает ограниченное облаковидное затемнение с нечеткими контурами, располагающееся рядом с деформированным пузырем, в основном, у места повреждения (рис. 12.60).

При внутрибрюшинных разрывах мочевого пузыря контрастное вещество скапливается в позадипузырном пространстве и распространяется по боковым каналам живота и между петлями кишечника. В позадипузырном пространстве оно дает над верхушкой пузыря затемнение с фестончатым верхним контуром в виде языков пламени.

Контрастирование боковых каналов живота проявляется постепенно суживающейся сверху полосой затемнения. Его латеральный контур, образованный брюшиной, ровный, четкий и выпуклый, а медиальный, примыкающий к толстой кишке, — фестончатый и нечеткий (рис. 12.61).

КТ с контрастным усилением позволяет наиболее эффективно диагностировать повреждения стенки мочевого пузыря, наличие тромботических масс в просвете, изменения перивезикальной клетчатки и прилежащих анатомических структур. КТ также дает возможность выявить изменения других структур таза: разрывы кишки, изменения мягких тканей, повреждения костей таза.



Рис. 12.58. Ретроградная уретеропиелограмма. Разрыв правой почки с повреждением чашечно-лоханочного комплекса

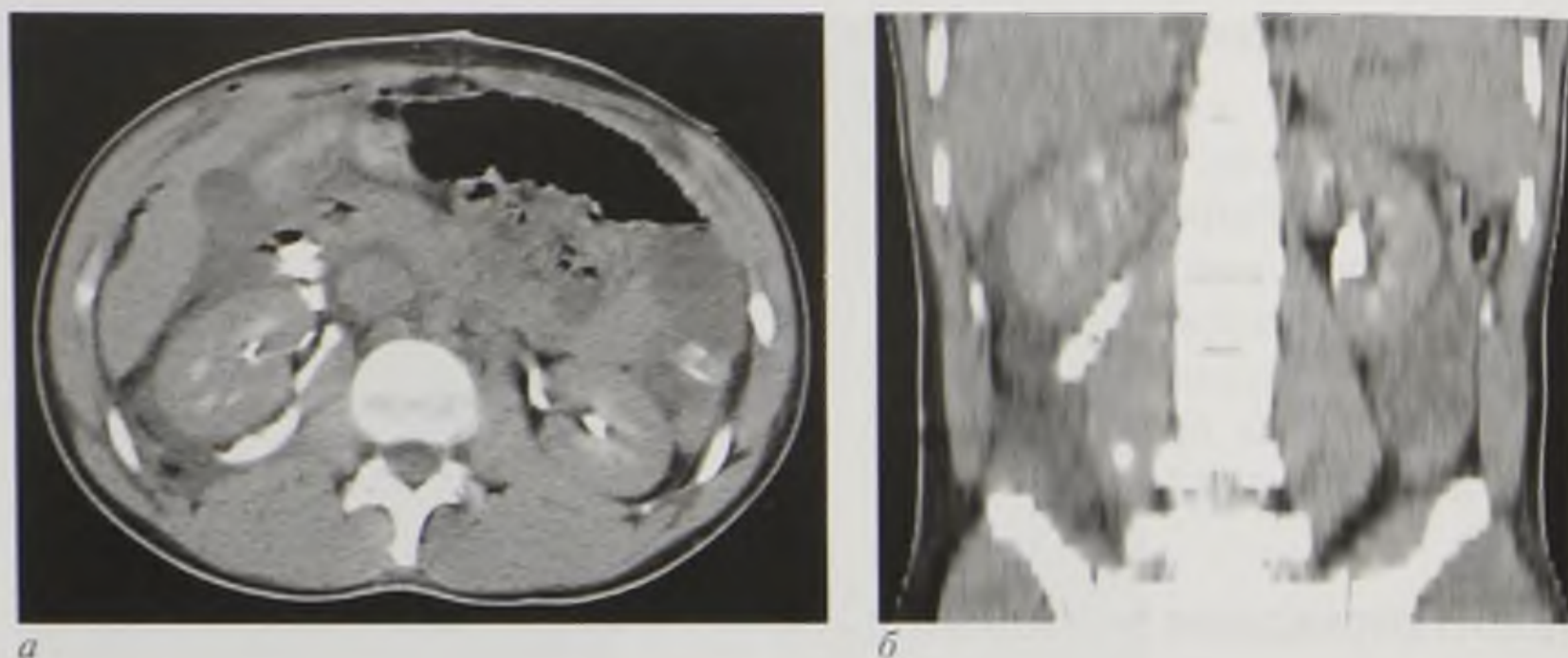


Рис. 12.59. Компьютерные томограммы с контрастным усилением в аксиальной (*a*) и фронтальной (*б*) плоскостях. Разрыв проксимальной трети правого мочеточника. Растекание контрастного препарата в забрюшинное пространство



Рис. 12.60. Восходящая цистограмма. Внебрюшинный разрыв мочевого пузыря



Рис. 12.61. Восходящая цистограмма. Внутривнутрибрюшинный разрыв мочевого пузыря

12.3.8. Повреждения мочеиспускательного канала

Приоритетной методикой диагностики повреждений мочеиспускательного канала является восходящая уретрография.

При полном разрыве с диастазом концов мочеиспускательный канал контрастирован не на всем протяжении, а только до какого-то уровня, где контраст изливается в окружающие ткани, а в мочевой пузырь не поступает (рис. 12.62).

При отсутствии диастаза выход РКС из мочеиспускательного канала в парауретральные ткани при одновременном контрастировании канала на всем протяжении.



Рис. 12.62. Восходящая цистограмма. Разрыв уретры

Контрольные вопросы

1. Какие рентгенологические методики используются для исследования мочевых органов?
2. Перечислите рентгеноконтрастные методики исследования мочевых органов.
3. Какие контрастные вещества в настоящее время используются для рентгенологических исследований?
4. Какие негативные реакции могут возникать при внутривенном введении йодсодержащих контрастных веществ?
5. Каковы показания к проведению КТ почек?
6. Какие специальные методики МРТ используются при исследовании мочевых органов?
7. При помощи какого метода исследования можно получить количественную характеристику потока мочи?
8. Каковы основные типы патологических кривых при динамическом радионуклидном исследовании почек?
9. Чем различаются лучевые клинические проявления нефроптоза и дистопии?
10. Каковы основные проявления хронического пиелонефрита при УЗИ?
11. Чем отличается киста почки от кистозной формы опухоли паренхимы почки по данным КТ?
12. Каковы проявления разрыва почки с повреждением чашечно-лоханочного комплекса?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

Согласно действующей анатомической классификации к мужским половым органам относятся мошонка с яичками и их придатками, семенные протоки, семенные пузырьки, предстательная железа, мочеиспускательный канал, бульбоуретральная железа и половой член.

К женским половым органам относятся яичники, маточные трубы, матка, влагалище и комплекс преддверия влагалища (вульва).

13.1. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В АНДРОЛОГИИ

Основными методами лучевой диагностики в андрологии являются УЗИ и МРТ. Они не только обеспечивают четкую визуализацию анатомических особенностей, но и отражают некоторые особенности строения половых органов. При использовании этих методов отсутствует ионизирующее излучение. В исследовании половых органов для решения отдельных задач также используют специальные рентгенологические методики, КТ и радионуклидный метод исследования.



Рис. 13.1. Кавернозография. Норма

13.1.1. Рентгенологический метод

Рентгенологическое исследование половых органов производится по особым показаниям с применением специальных методик.

Уретрография — рентгеновское исследование уретры при ее заполнении РКС. Ввиду особенностей методики проведения исследования более подробная информация изложена в главе 12.

Кавернозография — рентгеновское исследование пещеристых тел полового члена при инъекционном введении в них РКС. Методика позволяет получить информацию о кровоснабжении пещеристых тел и чаще всего выполняется для определения венозного сброса крови при эректильной дисфункции (рис. 13.1).

Рентгеновская ангио(вено)графия дает представление о строении артериального и венозного русла половых органов. Исследование, как правило, представляет собой диагностический этап рентгенохирургических вмешательств при дилатации артерий полового члена, эмболизации артерий или вен при приапизме, рецидивирующем варикоцеле.

13.1.2. Ультразвуковой метод

УЗИ внетазовых половых органов (полового члена, губчатой части мужского мочеиспускательного канала, мошонки, яичек, их придатков и семенных канатиков) проводится с использованием поверхностных высокочастотных датчиков (от 7,5 МГц).

Тазовые половые органы (семенные протоки, семенные пузырьки, предстательная железа, перепончатая и предстательная части мужского мочеиспускательного канала) чаще исследуют с помощью ректального датчика (**трансректальное УЗИ — ТрУЗИ**). ТрУЗИ позволяет установить деление предстательной железы на гистологические зоны по разности эхогенностей ее периферической зоны (преимущественно, железистые дольки) и центральной области (преимущественно, стромальные элементы и выводные протоки). ТрУЗИ имеет принципиальное значение в качестве способа навигации при выполнении инвазивных процедур (биопсии предстательной железы, брахитерапии).

Внутритазовые половые органы также можно визуализировать путем транс-абдоминального и трансперинеального сканирования.

13.1.3. Рентгеновская компьютерная томография

КТ при исследовании половых органов дает возможность оценить состояние окружающих тканей при травмах и выявить регионарные и отдаленные метастазы злокачественных опухолей.

В некоторых случаях используют специальные методики: КТ-уретрографию, КТ-фистулографию, которые дают более детальное представление о контрастированных полостях (уретры, свища и др.).

13.1.4. Магнитно-резонансная томография

МРТ — один из наиболее информативных методов визуализации половых органов и диагностики их патологических изменений.

МРТ не только дает представление о топографии тазовых органов, но и позволяет визуализировать изменения структуры половых органов, а также окружающих тканей. Применение эндоректальной катушки при МРТ наиболее четко позволяет визуализировать структуру (зональность) предстательной железы, а также просвет и стенку семенных протоков, уретры. МРТ — наиболее информативный метод в выявлении опухолевых изменений тазовых органов и определении местного распространения процесса (выявление инвазивного роста опухоли, регионарной и нерезонансной лимфаденопатии, а также метастатического поражения костных структур).

С помощью МР-спектроскопии по водороду возможно неинвазивно определить количественный состав метаболитов тканей.

Методика диффузно-взвешенных изображений эффективна в выявлении опухолевой ткани (первичный очаг, метастазы) по разнице в скоростях теплового перемещения молекул воды. Оценка васкуляризации тканей половых органов осуществляется при использовании методики динамического контрастирования.

В диагностике рака предстательной железы наиболее информативным считается сочетание МРТ Т2-ВИ, диффузно-взвешенного изображения и динамического контрастного усиления (мультипараметрическая МРТ).

13.1.5. Радионуклидный метод

В исследовании половых органов радионуклидный метод имеет вспомогательное значение. Специфическим меченым метаболитом, применяемым при ПЭТ в диагностике рака предстательной железы, считаются ^{11}C -ацетат натрия и ^{11}C -холин (^{18}F -холин), которые используют главным образом в диагностике рецидивов после операции и отдаленных метастазов.

Для поиска неопустившегося яичка можно применять перфузионную сцинтиграфию: сканирование с натрия пертехнетатом [$^{99\text{m}}\text{Tc}$], который избирательно накапливается в ткани яичек.

13.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ МУЖСКИХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

13.2.1. Крипторхизм

УЗИ, КТ, МРТ: визуализация овоидного образования по пути опущения яичка (рис. 13.2, *а*).

Радионуклидная диагностика: фиксация РФП (натрия пертехнетат [$^{99\text{m}}\text{Tc}$]) в ткани неопустившегося яичка (рис. 13.2, *б*).



Рис. 13.2. Крипторхизм: *а* — магнитно-резонансная томограмма, Т2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости, левое яичко в области наружного отверстия пахового канала (стрелка); *б* — статическая перфузионная сцинтиграмма, левое яичко в проекции пахового канала (стрелка)

13.2.2. Стриктура уретры

Рентгеновская уретрография: определение уровня, степени и протяженности стриктуры (рис. 13.3, *а*).

УЗИ, КТ-уретрография, МРТ: оценка уровня и протяженности стриктуры, а также состояние окружающих тканей (рис. 13.3, *б, в*).



Рис. 13.3. Стриктура мужского мочеиспускательного канала (стрелки): *а* — ретроградная уретрограмма; *б* — компьютерно-томографическая уретрограмма в режиме 3D-реконструкции; *в* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости

13.2.3. Рецидивирующее варикоцеле

Рентгеновская ангиография (венография): определение места ретроградного сброса крови в яичковую вену.

13.2.4. Перекрут семенного канатика и яичка

УЗИ (доплерография): резкая асимметрия (справа и слева) кровотока по ходу семенного канатика с отсутствием или снижением кровотока в яичке.

Перфузионная сцинтиграфия: снижение или отсутствие фиксации РФП пораженным яичком (рис. 13.4).



Рис. 13.4. Статическая перфузионная сцинтиграмма. Перекрут левого яичка

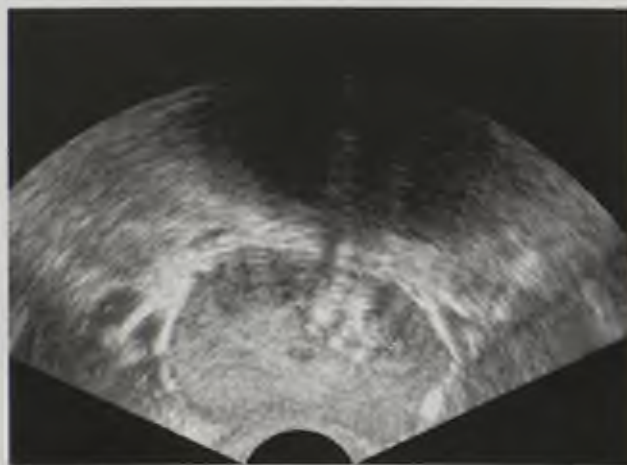
13.2.5. Острый простатит

ТрУЗИ: отсутствие зональной дифференцировки предстательной железы, диффузное снижение эхогенности, диффузное расширение паренхиматозных сосудов в предстательной железе.

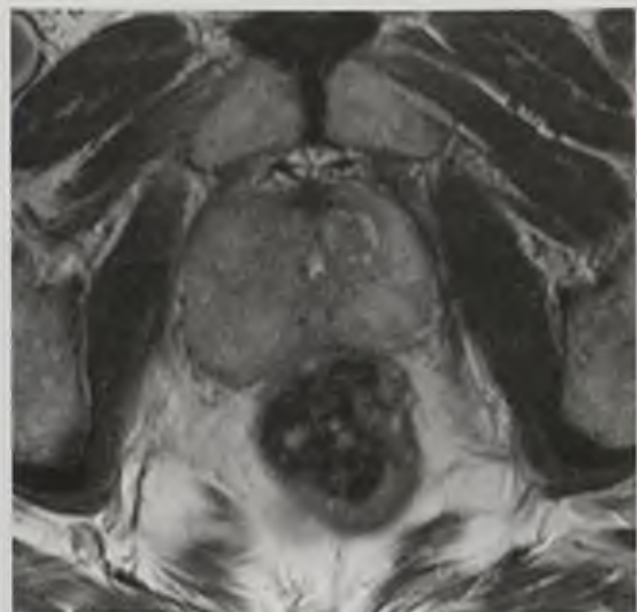
МРТ: отсутствие зональной дифференцировки предстательной железы, отек ткани предстательной железы (гиперинтенсивный МР-сигнал на Т2-ВИ, изогипоинтенсивный — на Т1-ВИ).

13.2.6. Хронический простатит

ТрУЗИ: множественные гиперэхогенные участки (фиброз, кальцинаты), кистозные элементы в предстательной железе; при доплерографии — диффузное снижение васкуляризации с аваскулярными участками в рубцовых зонах (рис. 13.5).



а



б

Рис. 13.5. Хронический простатит: *а* — трансректальная эхограмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма, Т2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости

МРТ: снижение зональной дифференцировки предстательной железы, диффузное и очаговое (линейные структуры) снижение интенсивности МР-сигнала от периферической зоны на T2-ВИ (фиброз). Гипоинтенсивные округлые включения на T2-ВИ и T1-ВИ — кальцинаты (см. рис. 13.5).

13.2.7. Доброкачественная гиперплазия предстательной железы

ТрУЗИ, МРТ: увеличение объема железы более 40 мл, изменение формы; нарушение зонального строения за счет узлов гиперплазии центральной области железы, элевация парауретральной части в полость мочевого пузыря (рис. 13.6), признаки хронической задержки мочи (остаточная моча >70 мл, дивертикулы и псевдодивертикулы, а также конкременты мочевого пузыря).

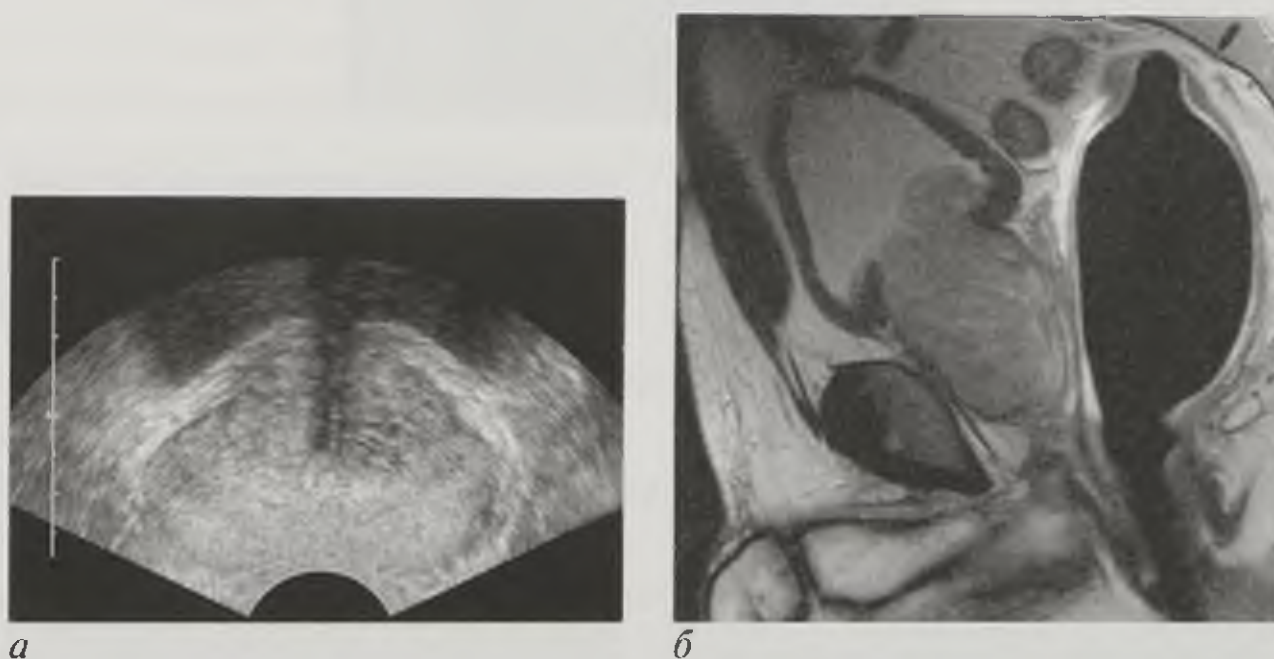


Рис. 13.6. Доброкачественная гиперплазия предстательной железы: *а* — трансректальная эхограмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма в сагиттальной плоскости, T2-взвешенное изображение с использованием эндоректальной катушки

13.2.8. Рак предстательной железы

ТрУЗИ, эндоректальная МРТ: локальное снижение эхогенности (интенсивности МР-сигнала) от периферической зоны, асимметричное нарушение зональной архитектоники железы. При ТрУЗИ (доплерографии) — деформация сосудистого рисунка ткани железы. При МРТ — признаки инвазии в парапростатическую клетчатку, семенные пузырьки, шейку мочевого пузыря, прямую кишку; признаки регионарной и нерезионарной лимфаденопатии, метастазирования в кости (рис. 13.7, см. цв. вклейку).

Динамическое контрастное усиление при МРТ: резкое накопление контрастного вещества в первые 10–20 с и последующее ускоренное его вымывание (см. рис. 13.6).

Диффузионно-взвешенное изображение: снижение коэффициента диффузии от опухолевой ткани.

ПЭТ с ^{11}C -холином [^{68}Ga -ПСМА (простато-специфическим мембранным антигеном)]: патологическая фиксация РФП в метастатических очагах.

13.2.9. Опухоль яичка

УЗИ, МРТ: изменение структуры ткани яичка, патологическое образование яичка (рис. 13.8).

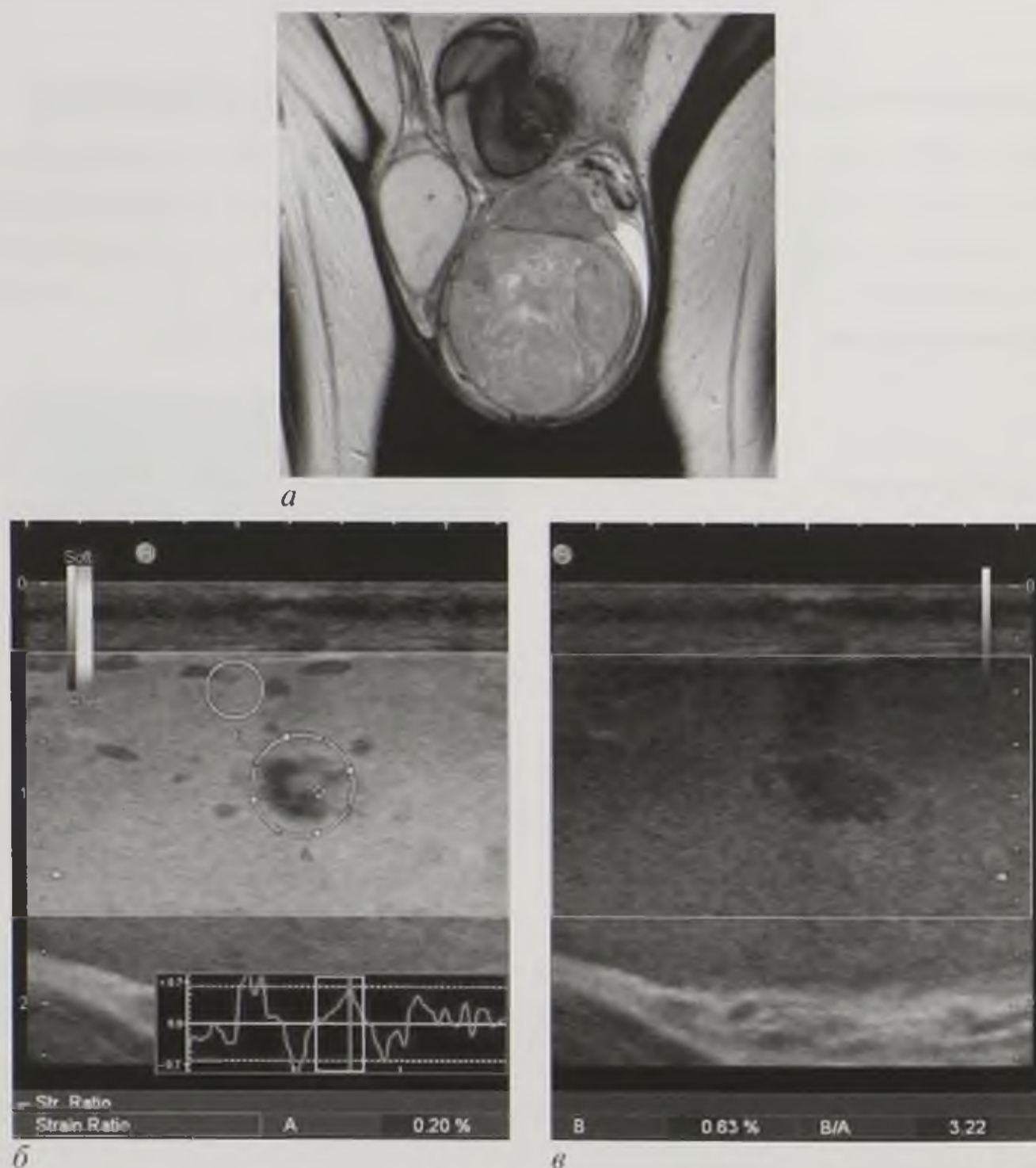


Рис. 13.8. Опухоль яичка: *a* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости; *б* — ультразвуковое исследование с эластографией, высокая жесткость образования (большая окружность); *в* — ультразвуковое исследование при В-режиме, умеренно неоднородная гипоэхогенная структура образования

13.2.10. Эректильная дисфункция

УЗИ: стросние пещеристых и губчатого тел; доплерографическая характеристика артериального и венозного кровоснабжения полового члена с фармакологическими пробами.

Суперселективная ангиография внутренних половых артерий: выявление их окклюзии или стеноза.

Рентгеновская кавернозография: визуализация локализации патологического венозного сброса из кавернозных тел.

13.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ МУЖСКИХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

Травма мошонки и яичка, придатка яичка

УЗИ, КТ, МРТ: визуализация гематомы мошонки, яичка и его придатков. О разрыве мужского мочеиспускательного канала см. в главе 12.

13.4. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В ГИНЕКОЛОГИИ

Основными методами лучевой диагностики в гинекологии являются УЗИ и МРТ. Они позволяют с высокой тканевой контрастностью визуализировать изменения в половых органах в зависимости от возраста, фазы менструального цикла, при беременности и лактации. В исследовании женских половых органов нередко используют специальные рентгенологические методики и КТ.

13.4.1. Рентгенологический метод

Рентгенологическое исследование женских половых органов выполняется по особым показаниям.

Рентгеновская гистеросальпингография — рентгеновское исследование с введением водорастворимого РКС в полость матки и маточных труб с помощью специального катетера-шприца. Контрастированная полость матки имеет треугольную форму с проксимально расположенным основанием рога матки, от которого отходят тонкие, длинные, иногда извитые линейные маточные трубы. При сохраненной проходимости маточных труб контрастное вещество свободно изливается в полость брюшины (рис. 13.9).

Рентгеновская маммография — рентгенография молочной железы на специальном аппарате. Рентгеновское изображение молочных желез обусловлено соотношением железистого и жирового компонентов. Железистый компонент формирует на снимке треугольную сетчатую тень, обращенную вершиной к соску (см. рис. 2.13). Маммографическая картина изменяется в различные периоды (фаза менструального цикла, беременность, лактация), а также зависит от приема гормональных средств и выраженности инволютивных (возрастных) изменений. Под контролем маммографии также можно выполнять биопсию образований молочных желез.



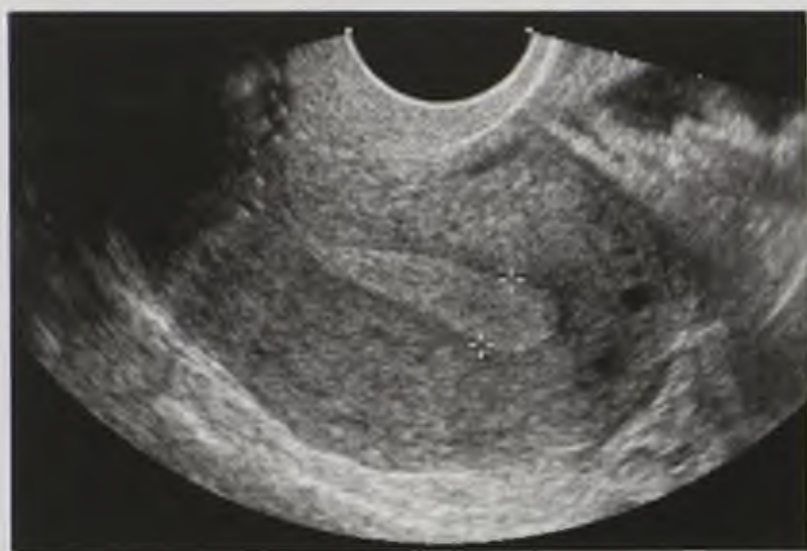
Рис. 13.9. Рентгеновская гистеросальпингограмма. Норма

Рентгеновская дуктография (галактография) — рентгеновское исследование после введения водорастворимого РКС в протоки молочной железы. На дуктограмме млечные протоки и млечные синусы имеют четкие и ровные контуры, прямолинейный ход, просвет протоков равномерный.

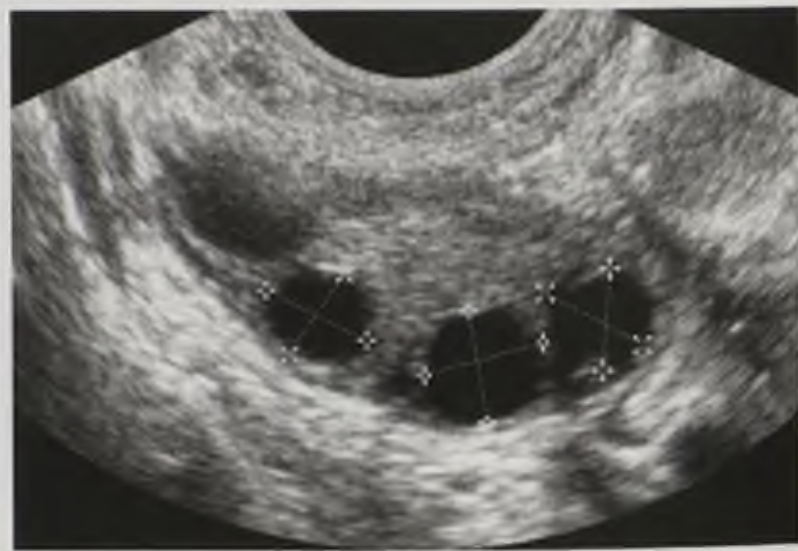
13.4.2. Ультразвуковой метод

УЗИ занимает ключевое место в диагностике заболеваний женских половых органов и молочных желез и проводится с помощью поверхностных датчиков. При трансвагинальном УЗИ получают детальное отображение структурных изменений внутренних половых органов.

Матка расположена позади мочевого пузыря и кпереди от прямой кишки. Она грушевидной формы, с четкими и ровными контурами. Мышечный слой имеет изоэхогенную мелкозернистую эхоструктуру. Эндометрий в зависимости от фазы имеет однородную гипоэхогенную структуру (зреющий эндометрий) или гиперэхогенную (секреторная фаза) (рис. 13.10). Влагалище имеет гипоэхогенные стенки равномерной толщины. Яичники находятся позади мочевого пузыря латерально от тела матки, визуализируются в виде овоидных гипоэхогенных образований (3×2 см). В зависимости от фазы цикла возможно определение анэхогенных округлых образований различного диаметра (от 5 до 25 мм) по периферии яичников — созревающие фолликулы (см. рис. 13.10).



а



б

Рис. 13.10. Эхограммы: *а* — эндометрий в секреторную фазу; *б* — яичник в секреторную фазу

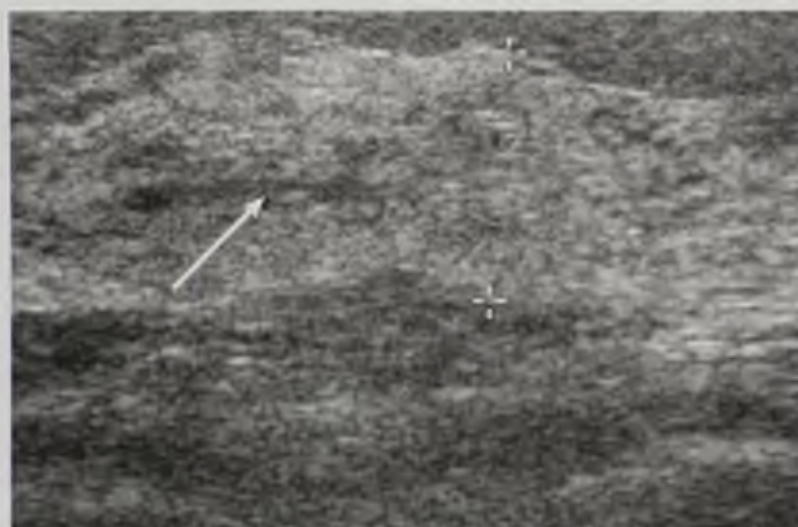


Рис. 13.11. Эхограмма молочной железы: паренхима (маркеры), млечный проток (стрелка)

Особое значение имеет УЗИ при исследовании молочных желез у женщин репродуктивного возраста. Оно позволяет четко визуализировать их структуру (рис. 13.11). УЗИ широко используется в качестве способа навигации для биопсии патологического образования молочной железы.

13.4.3. Рентгеновская компьютерная томография

КТ в исследовании женских половых органов имеет дополнительное значение. Она позволяет выявлять патологические образования малого таза. При КТ возможна оценка состояния регионарных лимфатических узлов и окружающих тканей при злокачественных опухолях половых органов, а также визуализация изменений костных структур.

13.4.4. Магнитно-резонансная томография

МРТ — один из наиболее информативных методов визуализации женских половых органов и молочных желез. Метод не только дает представление о топографии тазовых органов, но и позволяет визуализировать изменения структуры половых органов, а также окружающих тканей.

При МРТ со специальной маммографической катушкой четко визуализируется структура молочных желез. Как правило, МРТ выполняется с динамическим контрастным усилением и получением кривых накопления контрастного вещества в ткани желез и окружающих их структурах, а также перфузионных карт скорости поступления относительного объема контрастного вещества и его скорости вымывания.

МРТ высокоинформативна в выявлении и дифференциальной диагностике образований женских половых органов и молочных желез, в определении местного распространения опухоли (выявление инвазивного роста, регионарной и нерегионарной лимфаденопатии).

13.4.5. Радионуклидный метод

В исследовании половых органов данный метод имеет вспомогательное значение.

Для поиска отдаленных метастазов опухолей половых органов и молочных желез выполняется скелетная сцинтиграфия с ^{99m}Tc -пирофосфатом натрия и ПЭТ тела с ^{18}F -ФДГ.

13.5. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖЕНСКИХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

13.5.1. Удвоение матки

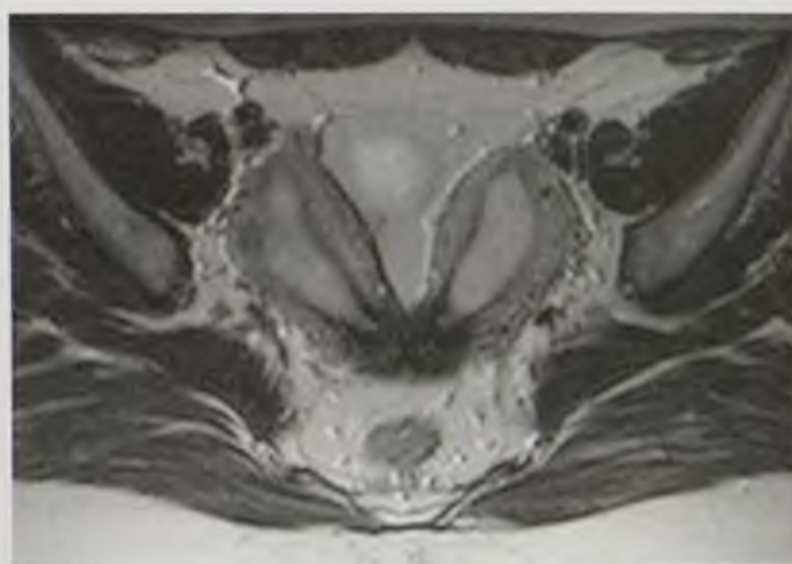
Рентгеновская гистеросальпингография, УЗИ, МРТ: увеличение, изменение формы, перегородка в полости матки (при неполном удвоении), две полости матки и два шейных канала (при полном удвоении) (рис. 13.12).



а



б



в

Рис. 13.12. Удвоение матки: *а* — рентгеновская гистеросальпингограмма; *б* — эхограмма (стрелками указаны полости матки); *в* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости

13.5.2. Сальпингоофорит

УЗИ, МРТ: большое количество жидкости в полости малого таза, не связанное с овуляцией, визуализация жидкости в полости маточных труб, увеличение пораженного яичника с изменением его структуры (рис. 13.13).



Рис. 13.13. Эхограмма. Сальпингоофарит

13.5.3. Миома матки

УЗИ, МРТ, КТ: увеличение матки, множественные округлые неоднородные (гипоэхогенные при УЗИ, гипоинтенсивные на T2-ВИ при МРТ) образования с четкими и ровными контурами в теле или дне матки, расположенные субсерозно, субмукозно или интрамурально. Плотность узлов при КТ равна 40–50 НУ. Нередко выявляются участки обызвествлений (рис. 13.14).

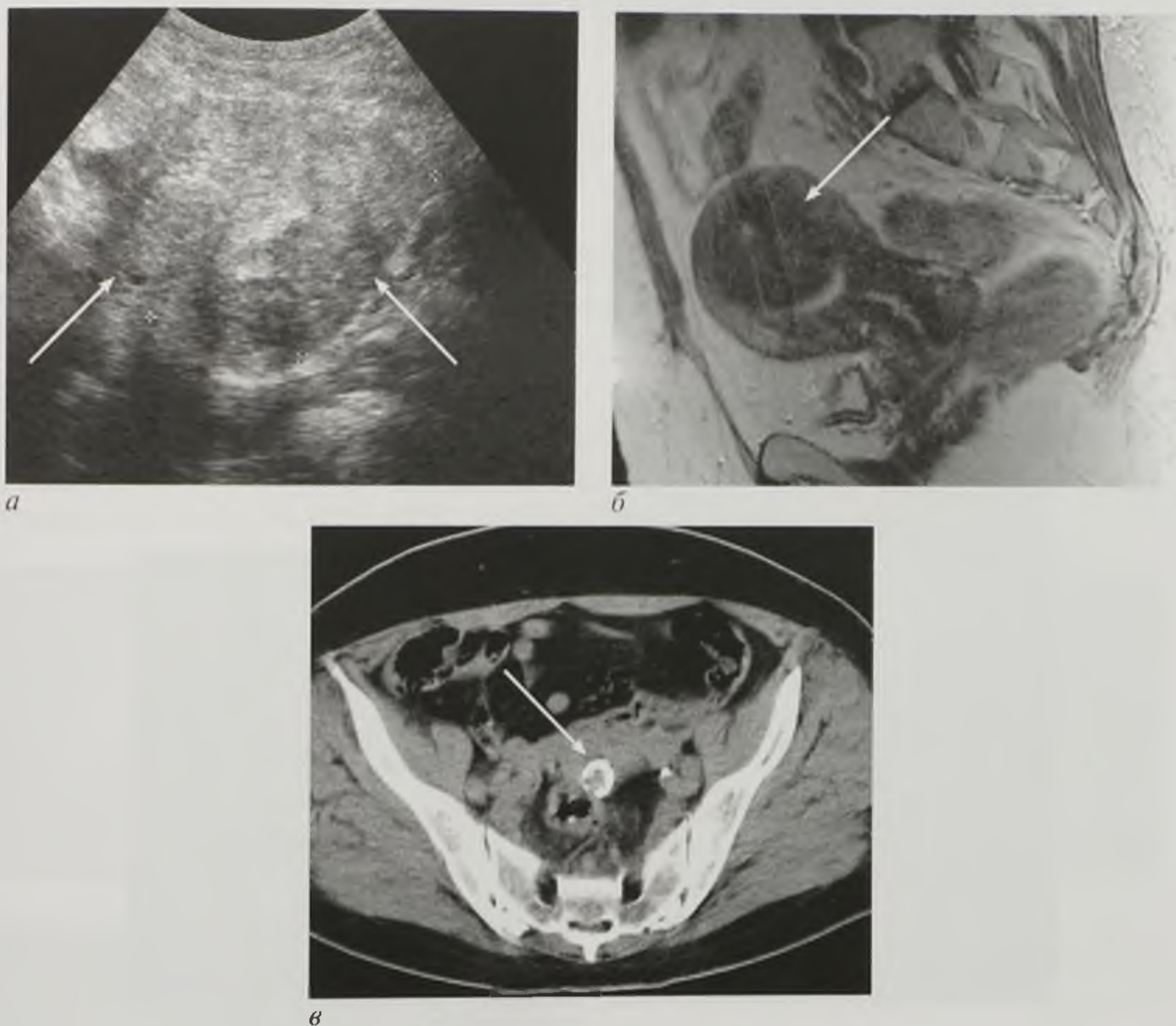


Рис. 13.14. Миома матки (стрелками указаны миоматозные узлы): *а* — эхограмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; *в* — компьютерная томограмма в аксиальной плоскости

13.5.4. Рак эндометрия

УЗИ, МРТ: неравномерное утолщение эндометрия с изменением его структуры (рис. 13.15).

13.5.5. Рак яичников

УЗИ, КТ, МРТ: изменение структуры пораженного яичника, жидкость в полости малого таза, импланты опухоли на брюшине (рис. 13.16).

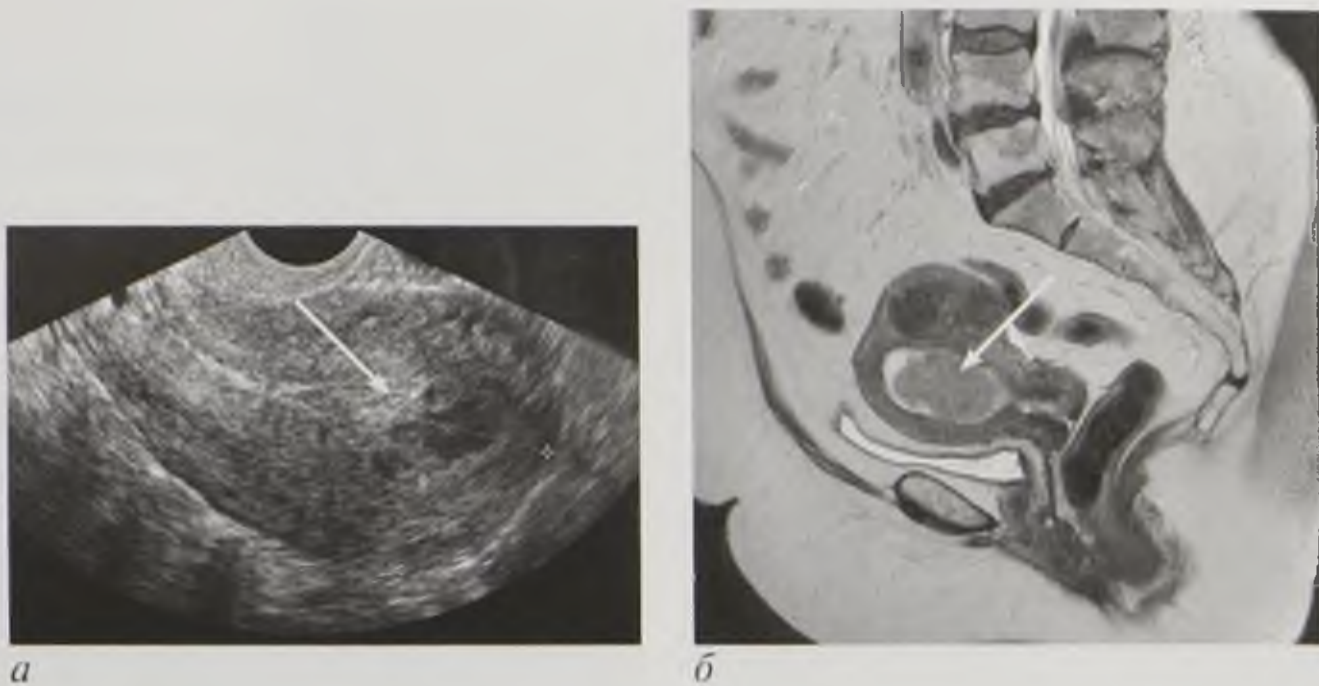


Рис. 13.15. Рак эндометрия (разные пациенты): *а* — эхограмма (стрелка); *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение; опухоль (стрелка)



Рис. 13.16. Рак яичника: *а* — эхограмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; опухоль (стрелки)

13.5.6. Эндометриоз

УЗИ: неоднородность миометрия и кистозные образования яичников, различной эхогенности, жидкость в полости малого таза (рис. 13.17).

МРТ: неоднородность МР-структуры эндометрия и миометрия, яичников, жидкость в полости малого таза. Геморрагические кисты в полости таза, яичниках, геморрагическая инфильтрация брюшины (см. рис. 13.17).

МР-гистеросальпингография, рентгеновская гистеросальпингография: определение проходимости маточных труб для выявления причины женского бесплодия.

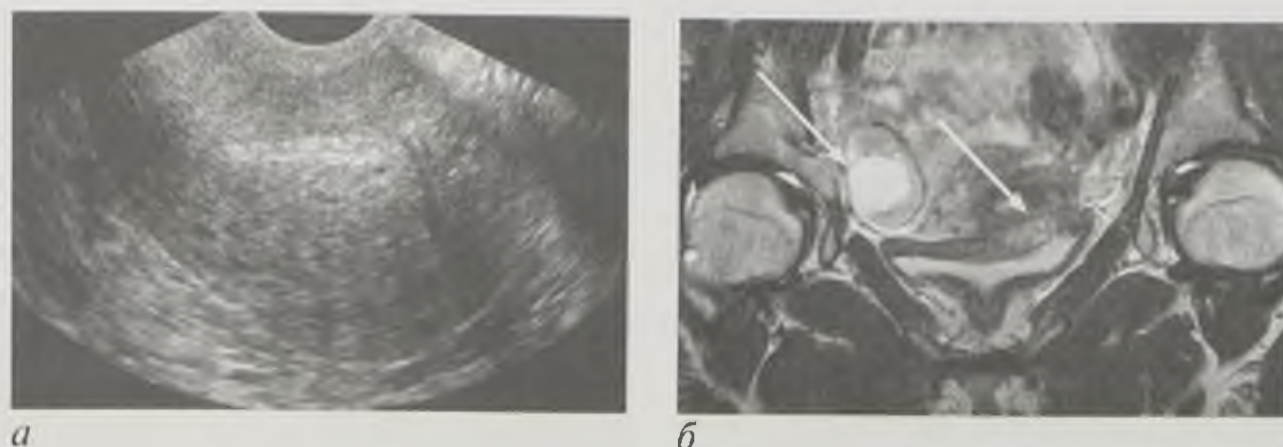


Рис. 13.17. Эндометриоз: *а* — эхограмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма, Т2-взвешенное изображение (стрелками указаны эндометриоидная киста правого яичника и поражение стенки мочевого пузыря)

13.5.7. Воспалительные заболевания молочной железы: мастит, абсцесс

Рентгеновская маммография: диффузное (мастит) (рис. 13.18) или очаговое (абсцесс) затемнение с нечеткими контурами.

УЗИ, МРТ: диффузное изменение структуры (мастит), при абсцессе — центральный жидкостный аваскулярный компонент (некроз) и неравномерная гиперваскулярная толстая капсула (см. рис. 13.18).

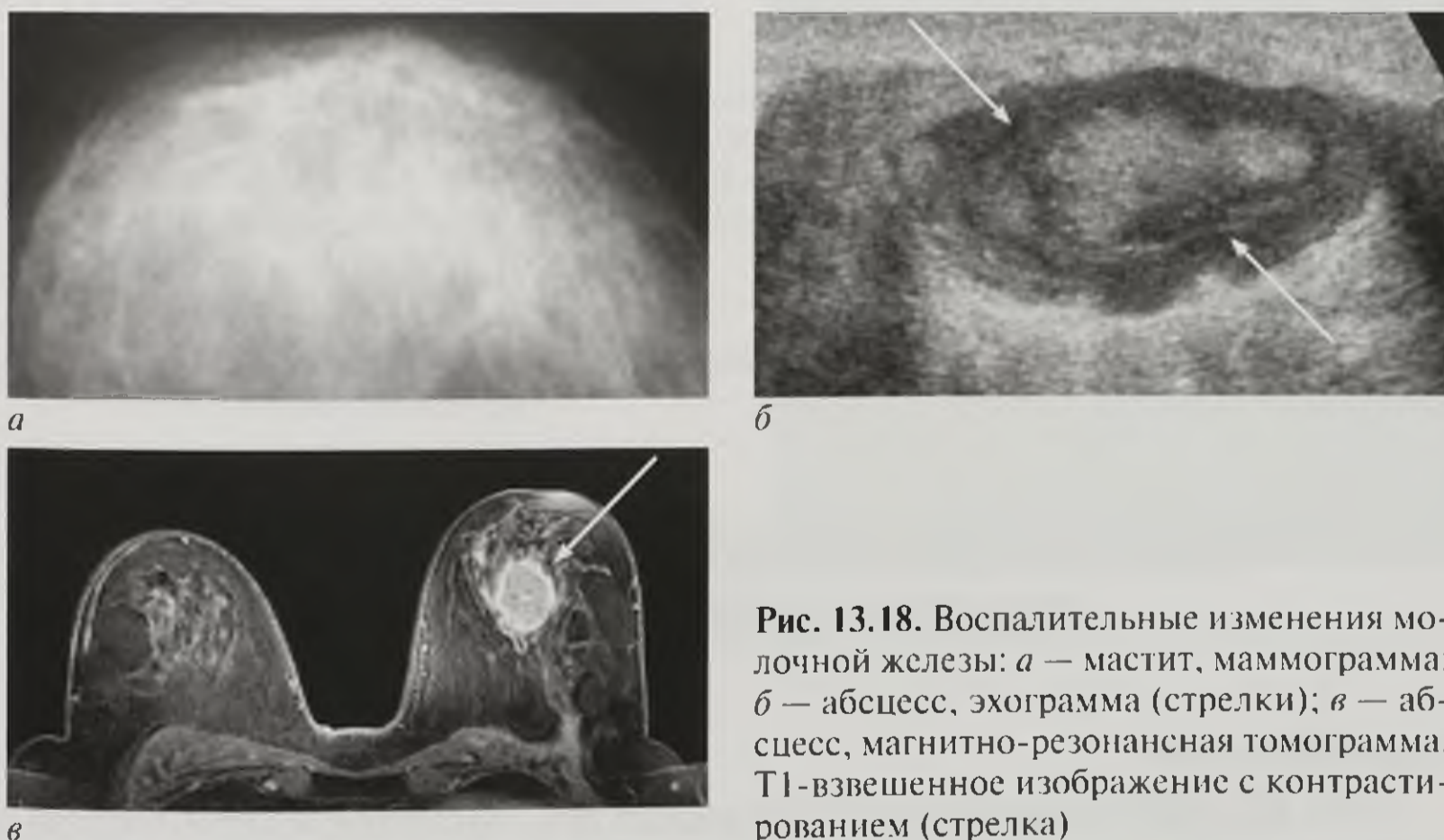


Рис. 13.18. Воспалительные изменения молочной железы: *а* — мастит, маммограмма; *б* — абсцесс, эхограмма (стрелки); *в* — абсцесс, магнитно-резонансная томограмма, Т1-взвешенное изображение с контрастированием (стрелка)

13.5.8. Рак молочных желез

Рентгеновская маммография: очаговое затемнение с нечеткими контурами, часто с обызвествлениями (рис. 13.19).

УЗИ, МРТ: тканевое образование, при доплерографии — как правило, гиперваскулярное. При МРТ с контрастным усилением — накопление контрастного вещества злокачественной опухолью (рис. 13.19).

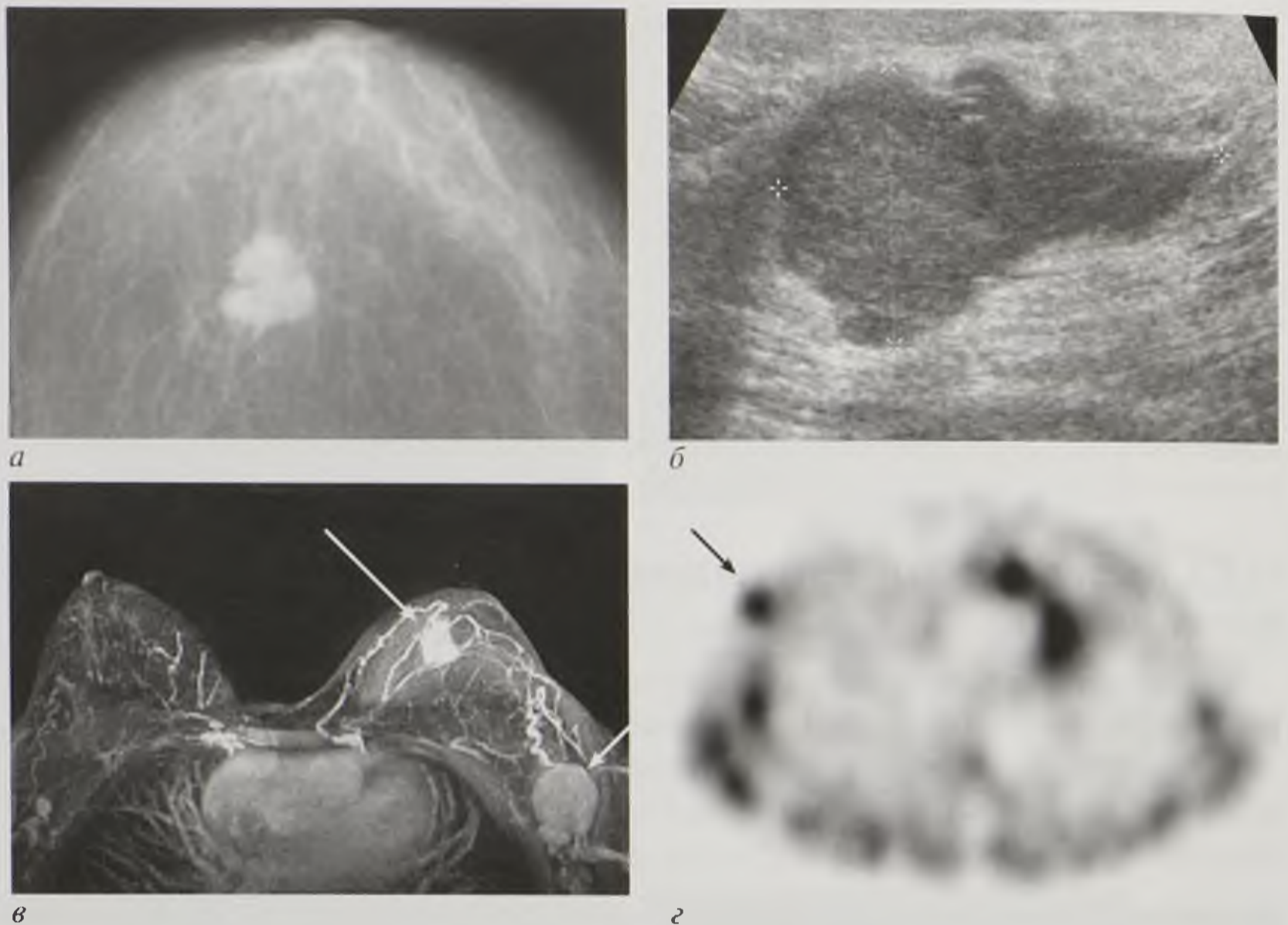


Рис. 13.19. Рак молочной железы: *а* — маммограмма; *б* — эхограмма; *в* — магнитно-резонансная маммограмма, T1-взвешенное изображение с контрастированием, MIP-реконструкция: опухоль (стрелка) и метастаз в регионарные подмышечные узлы (короткая стрелка); *г* — однофотонная эмиссионная компьютерная томограмма (опухоль указана стрелкой)

Радионуклидный метод (ОФЭКТ): повышенное накопление РФП солидным компонентом опухоли (см. рис. 13.19).

13.6. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕНСКИХ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ

Перфорация матки

УЗИ, КТ, МРТ: жидкость в полости малого таза, локальное изменение строения стенки матки, при перфорации внутриматочным контрацептивом он визуализируется за контурами матки.

13.7. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В АКУШЕРСТВЕ

Основным методом лучевой диагностики в акушерстве является УЗИ, иногда применяется МРТ. Эти методы не связаны с ионизирующим излучением.

13.7.1. Ультразвуковой метод

УЗИ занимает ключевое место в диагностике и контроле беременности, а также в раннем выявлении акушерской патологии. УЗИ в сроки беременности:

- до 14-й недели: определение плодного яйца (положение, число, размеры), визуализация плаценты (положение, структура), выявление сопутствующей патологии половых органов и пороков развития плода, исключение пузырного заноса;
- с 14-й до 20-й недели: контроль развития беременности, расположение плаценты, выявление пороков развития плода;
- с 32-й до 38-й недели: контроль беременности, расположение и состояние плаценты и плода, оценка околоплодных вод.

13.7.2. Магнитно-резонансная томография

МРТ в акушерстве проводится с целью уточнения пороков развития плода, а также иногда для пельвиометрии (определение размеров таза женщины).

13.8. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПАТОЛОГИИ БЕРЕМЕННОСТИ

13.8.1. Внематочная беременность

УЗИ: плодное яйцо (эмбрион и желточный мешок) вне полости матки; иногда имеется ложное плодное яйцо (нет эмбриона и желточного мешка) в полости матки (рис. 13.20).



Рис. 13.20. Эхограмма. Трубная беременность (маркёры)

13.8.2. Неразвивающаяся (замершая) беременность

УЗИ: размер плодного яйца меньше соответствующего гестационному возрасту, отсутствие сердцебиения и движений плода (после 8 нед гестации).

13.8.3. Пузырный занос

УЗИ: увеличение матки, эхоструктура матки диффузно неоднородная (симптом «снежной бури»).

13.8.4. Отслойка плаценты

УЗИ: анэхогенная зона между хорионамниотической и децидуальной оболочками, смещение и деформация плодного яйца (рис. 13.21). Для определения лечебной тактики необходимо выявление сердцебиения и движений плода.



Рис. 13.21. Эхограмма. Отслойка плаценты (гематома указана стрелкой)

Контрольные вопросы

1. Какие основные методы лучевой диагностики используются в андрологии?
2. Какие методики рентгенологического исследования применяются в андрологии и гинекологии?
3. Каковы показания к проведению трансректального УЗИ?
4. Какой метод лучевой диагностики наиболее информативен в диагностике заболеваний половых органов?
5. Назовите специальные методики МР-исследования для диагностики заболеваний половых органов.
6. Какова МР-семиотика острого и хронического простатита?
7. Чем характеризуется доброкачественная гиперплазия предстательной железы при УЗИ?
8. Какая методика наиболее эффективна в диагностике рака предстательной железы?
9. Каковы преимущества УЗИ и КТ в диагностике повреждений половых органов?
10. Назовите основные методы лучевой диагностики в гинекологии.
11. Каковы основные методы диагностики заболеваний молочных желез?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ЧЕРЕПА И ГОЛОВНОГО МОЗГА

14.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Основными методами лучевой диагностики в неврологии и нейрохирургии являются КТ и МРТ, так как они наиболее информативны в диагностике многих заболеваний и повреждений. В некоторых случаях рентгенологический метод сохранил свое значение. Церебральная ангиография применяется при сосудистых заболеваниях, при опухолях головного мозга. В диагностически сложных случаях применяются специальные методики КТ и МРТ. Для функциональных исследований показано использование радионуклидного метода (ОФЭКТ и ПЭТ).

14.1.1. Рентгенологический метод

Рентгенография черепа (краниография)

Рентгенологическое исследование начинают с выполнения снимков черепа в двух взаимно перпендикулярных плоскостях — прямой и боковой. При острой травме черепа и головного мозга обязательно выполняют краниограммы в четырех проекциях: прямой задней, задней полуаксиальной и в двух боковых (рис. 14.1).

Ввиду сложности конфигурации различных отделов черепа рентгенограммы, выполненные в двух проекциях, отображают далеко не все анатомические структуры. В связи с этим предложен ряд специальных проекций, позволяющих изучить как череп в целом, так и отдельные его структуры.

Рентгенограмма черепа в **прямой** проекции несет общую информацию о состоянии костей свода, их внутреннем рельефе и черепных швах. При изучении краниограммы в боковой проекции следует обращать внимание прежде всего на толщину и структуру костей свода. В норме их толщина неравномерная, в лобной части она значительно меньше, чем в теменной и затылочной. Толщина кости наибольшая в области наружного затылочного выступа. На снимке хорошо видны наружная и внутренняя костные пластинки и диплоэ. Толщина внутренней костной пластинки равна толщине наружной, а иногда и превосходит ее. В толще диплоического вещества проходят многочисленные каналы, в которых заключены диплоические вены. По внутренней поверхности свода черепа видны борозды ветвей оболочечных артерий и венозных синусов. Борозды оболочечных артерий имеют дихотомическое деление наподобие веточки дерева с постепенным истончением к периферии. Борозды венозных синусов в отличие от борозд оболочечных артерий не меняют ширины своего просвета. В лобной

и чешуе височной костей слабо прослеживаются так называемые пальцевые вдавления — отпечатки мозговых извилин. В других отделах свода у взрослых людей в норме они не видны.

На снимке видны швы, особенно венечный и ламбдовидный, определяются все три черепные ямки — передняя, средняя и задняя. В области передней черепной ямки прослеживаются три тонкие линии, две из которых, выпуклые кверху, представляют собой крыши орбит, а третья, вогнутая книзу, — решетчатую пластинку. Центральной частью средней черепной ямки является турецкое седло. В норме передние две трети тела клиновидной кости заняты клиновидной пазухой. Четко дифференцируются дно турецкого седла и его спинка, которая обычно наклонена кпереди. Кзади от вершины спинки начинается дно задней черепной ямки, которое доходит до внутреннего затылочного выступа.

Многие процессы в полости черепа ведут к нарушению оттока спинномозговой жидкости из ликворных пространств и к повышению внутричерепного

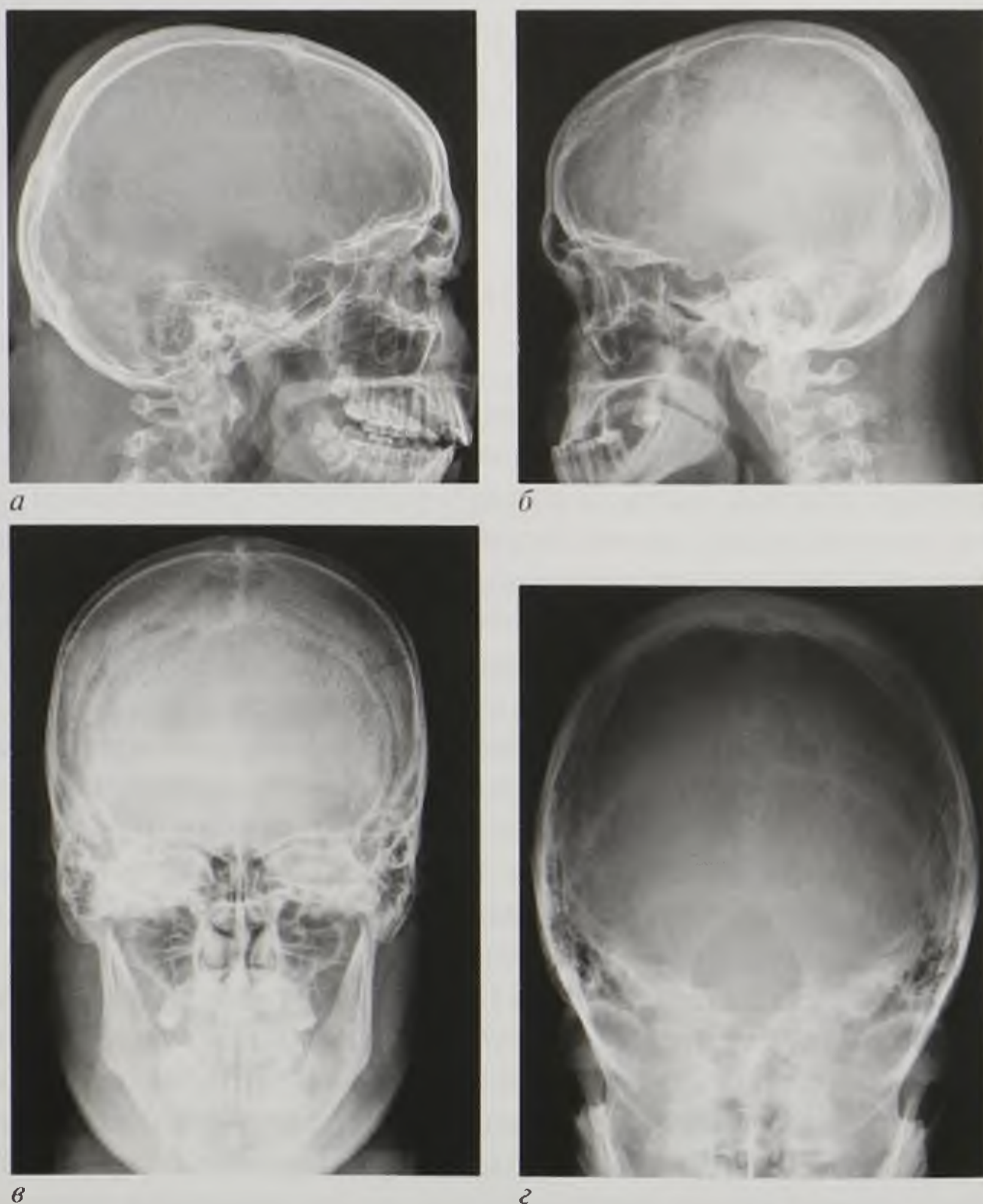


Рис. 14.1. Рентгенограммы черепа в правой (*а*) и левой (*б*) боковых проекциях, прямой передней (носолобной) (*в*) и задней полуаксиальной (*г*) проекциях

давления. Эти изменения отчетливо выявляются на боковой краниограмме: внутренний рельеф черепных костей становится усиленным, пальцевые вдавления значительно углубляются. Изменения в виде пальцевых вдавлений и расхождения швов выявляются в своде черепа у детей, когда не произошло полное синостозирование черепных швов. Изменяется и турецкое седло: его спинка истончается, укорачивается и может полностью не прослеживаться, дно углубляется, его контуры становятся менее четкими в связи с остеопорозом. Эти изменения характерны для патологического процесса у взрослых после синостозирования черепных швов. Следует отметить, что эти изменения выявляются в далеко зашедших случаях и свидетельствуют о длительном патологическом процессе.

Задняя полуаксиальная краниограмма (рентгенограмма затылочной кости) предназначена для изучения затылочной кости, заднего края большого отверстия затылочной кости, костного валика, окружающего его, внутреннего затылочного гребня и пирамид височных костей. На снимке видны ламбдовидные и ниже — затылочно-сосцевидные швы. В просвет большого затылочного отверстия проецируется либо дуга атланта, либо спинка турецкого седла. Эта рентгенограмма широко используется при диагностике черепно-мозговой травмы, а также при опухолях задней черепной ямки.

Аксиальная краниограмма (рентгенограмма основания черепа) предназначена для изучения анатомических структур задней и средней черепных ямок и лицевого скелета. Основная задача при изучении рентгенограмм основания черепа заключается в выявлении изменений в области дна средней и задней черепных ямок.

Рентгенография височной кости. Для исследования височной кости применяют прицельные снимки в косой (по Шюллеру), в осевой (по Майеру) и в поперечной проекциях (по Стенверсу). Рентгенограммы по Шюллеру делают главным образом при заболеваниях среднего уха для определения структуры сосцевидного отростка, а также для выявления переломов пирамиды височной кости при продолженных переломах основания черепа. Рентгенограммы по Майеру, как и по Шюллеру, выполняют главным образом в оториноларингологии для диагностики заболеваний среднего уха, а также для уточнения повреждений структур среднего уха при переломах пирамиды. Рентгенограммы пирамид височных костей по Стенверсу применяют в неврологической практике при поражении мосто-мозжечкового угла, для изучения пирамиды височной кости, ее верхушки и внутреннего слухового прохода, а также при травмах для диагностики поперечного перелома пирамиды. При изучении рентгенограмм по Стенверсу оценивают четкость контуров внутренних слуховых проходов, равномерность их ширины с обеих сторон, а также особенности костной структуры верхушек пирамид (рис. 14.2).

Рентгеноконтрастные методики исследования головного мозга

В качестве контрастных веществ можно использовать как рентгенонегативные (воздух, кислород, закись азота), так и рентгенопозитивные [например, йогексол (Омнипак[♦])] вещества. Контрастирование ликворных пространств чаще проводят с помощью спинномозговой пункции или пункции бокового желудочка через фрезевое отверстие.

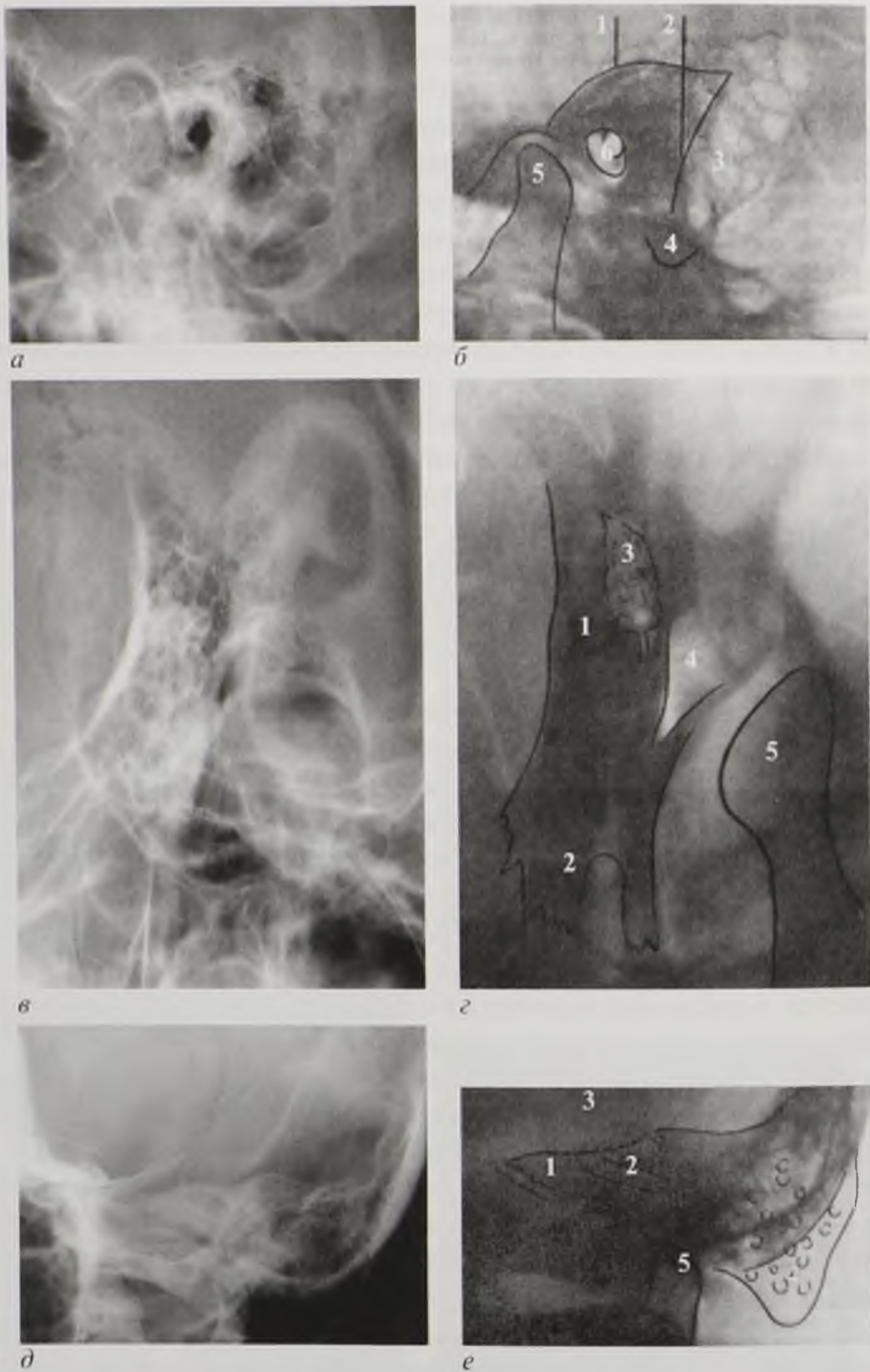


Рис. 14.2. Рентгенограмма (*а*) и схема (*б*) височной кости в косой проекции по Шюллеру: 1 — передняя поверхность пирамиды; 2 — задняя поверхность пирамиды; 3 — пневматические ячейки сосцевидного отростка; 4 — верхушка сосцевидного отростка; 5 — головка нижней челюсти; 6 — наружное и внутреннее слуховое отверстие. Рентгенограмма (*в*) и схема (*г*) височной кости в осевой проекции по Майеру: 1 — пирамида височной кости; 2 — верхушка пирамиды; 3 — сосцевидная пещера; 4 — наружный слуховой проход; 5 — головка нижней челюсти. Рентгенограмма (*д*) и схема (*е*) височной кости в поперечной проекции по Стенверсу: 1 — верхушка пирамиды; 2 — внутренний слуховой проход; 3 — костный лабиринт; 4 — верхушка сосцевидного отростка; 5 — головка нижней челюсти

Пневмоэнцефалография — метод контрастирования желудочков и субарахноидальных пространств путем введения газа в подпаутинные пространства.

Показания: воспалительные заболевания, опухоли головного мозга, последствия черепно-мозговых травм.

Противопоказаниями к пневмоэнцефалографии являются опухоли задней черепной ямки, III желудочка, височной доли, вызывающие окклюзию подпаутинных пространств и гипертензионно-дислокационные явления. Основная опасность — острое развитие дислокации ствола мозга и его ущемление в вырезке мозжечкового намета или большом затылочном отверстии.

После введения газа выполняют рентгенограммы, сначала в типичных проекциях (переднезадняя, заднепередняя и две боковые), а затем и в дополнительных укладках для визуализации всех отделов желудочковой системы.

На пневмоэнцефалограммах отчетливо визуализируется нормальная анатомия желудочков мозга и субарахноидальных пространств.

При патологических процессах на пневмоэнцефалограммах определяются изменения желудочков и субарахноидальных пространств. Так, при объемном образовании происходит смещение соответствующих отделов желудочковой системы в противоположную сторону. После воспалительных процессов нередко возникают слипчивые изменения в оболочках, вследствие чего подпаутинные пространства облитерируются и перестают быть видимыми на рентгенограммах. При кистозных изменениях наблюдается неравномерное расширение субарахноидальных пространств. Эти изменения возникают при церебральном арахноидите.

Вентрикулография. Исследование проводят при окклюзии на разных уровнях желудочковой системы. Через фрезевое отверстие производят пункцию переднего или заднего рога боковых желудочков. Извлекают небольшое количество спинномозговой жидкости и вводят газ.

Пневоцистернография. После спинномозговой пункции вводят 10–20 мл газа и выполняют краниограммы в боковой проекции в положении пациента сидя с максимально запрокинутой головой. В норме газ виден непосредственно над диафрагмой турецкого седла. При опухолях гипофиза в случаях распространения их кверху околооселлярные цистерны сдавливаются и смещаются вверх, нижний контур заполненных газом цистерн окаймляет верхний полюс опухоли.

В настоящее время контрастные методики исследования ликворного пространства головного мозга — пневмоэнцефалография, вентрикулография, пневоцистернография — практически не используются. Это связано с широким внедрением в клиническую практику КТ и МРТ.

Церебральная ангиография — методика контрастирования сосудов головного мозга. Основные показания: артериальные аневризмы, сосудистые мальформации и опухоли головного мозга. Кроме того, данная методика применяется при интервенционных вмешательствах.

В настоящее время специализированные нейрохирургические стационары оснащены ангиографическими комплексами, позволяющими выполнять **цифровую субтракционную ангиографию** (digital subtraction angiography, DSA) с автоматическим введением РКС. Это исследование проводится путем селективной катетеризации с пункцией бедренной артерии (по Сельдингеру), либо, по показаниям, путем пункции общей сонной артерии.

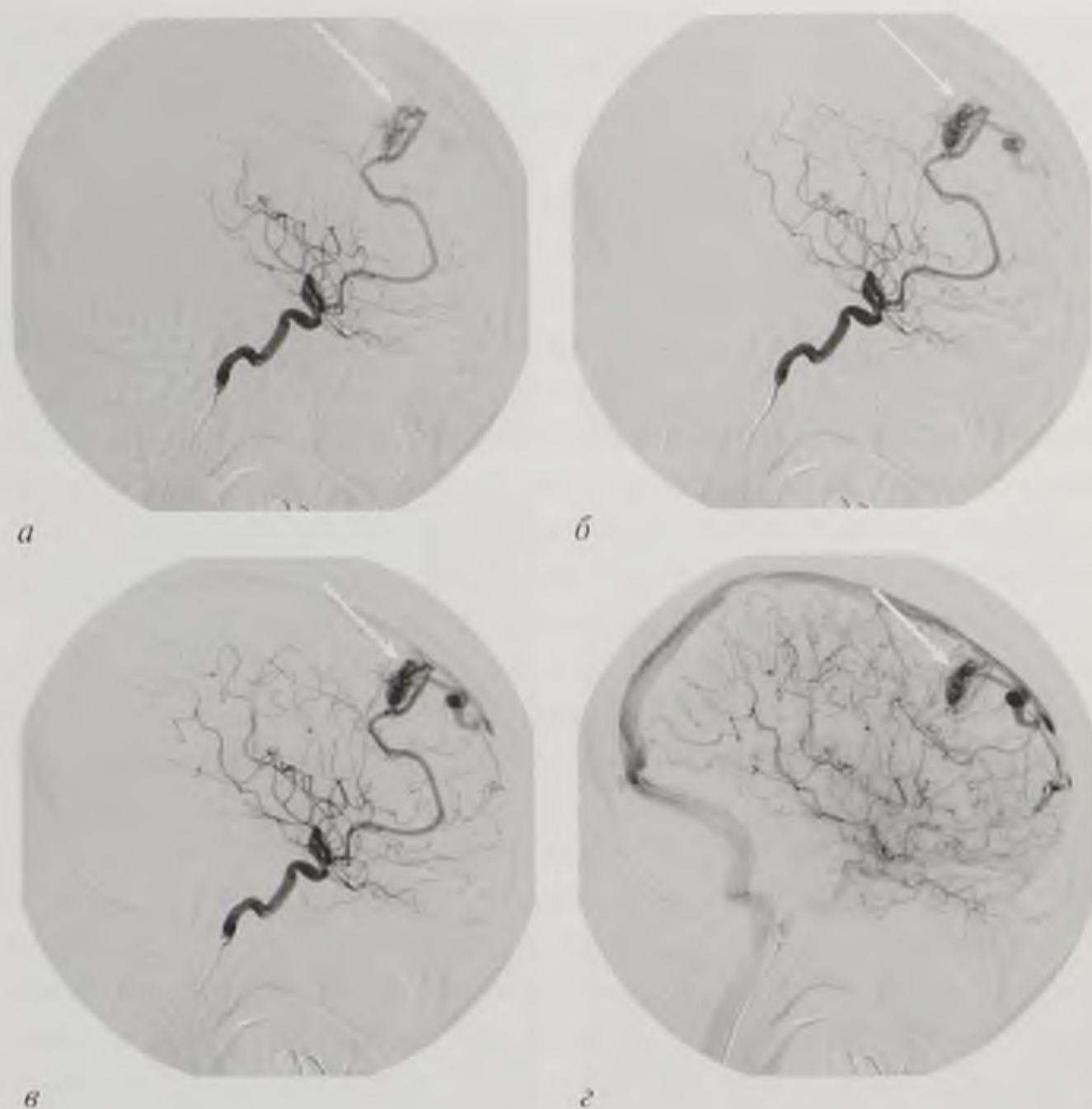


Рис. 14.3. Серия правосторонних каротидных ангиограмм в боковой проекции: *а* — ранняя; *б* — поздняя артериальная; *в* — венозная; *г* — паренхиматозная фазы. Контрастируется расширенная передняя мозговая артерия, кровоснабжающая узел артериовенозной мальформации (стрелка) парасагиттальных отделов правой лобной доли. Отмечается ранний (на 2-й секунде) артериовенозный сброс в расширенную парасагиттальную вену лобной доли и верхний сагиттальный синус (*в*)

При выполнении церебральной ангиографии внутриартериально вводят до 10 мл РКС со скоростью 8–10 мл/с. Ангиограммы выполняют в стандартных (прямой и боковой) и в косых, произвольно выбранных проекциях путем перемещения рентгеновской трубки вокруг головы пациента. Обязательно получение артериальной, капиллярной и венозной фаз кровотока (рис. 14.3).

14.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

КТ является наиболее информативным методом лучевой диагностики повреждений черепа и головного мозга.

В норме на компьютерных томограммах может наблюдаться физиологическая кальцификация вещества и оболочек головного мозга. Участки обызвествления могут располагаться в шишковидной железе, сосудистых сплетениях боковых желудочков.

Определены денситометрические показатели структур головного мозга в относительных единицах (шкала Хаунсфилда). Так, плотность серого вещества

составляет $+30...+35$ НУ, белого $+25...+29$ НУ (рис. 14.4).

Возможности выявления различных заболеваний и повреждений головного мозга с помощью КТ связаны либо с нарушением нормальных анатомических взаимоотношений в полости черепа, либо с различным ослаблением рентгеновских лучей нормальными и патологически измененными тканями.

14.1.3. Специальные методики компьютерной томографии

Компьютерная томография с контрастным усилением. Различные образования головного мозга по-разному

накапливают контрастное вещество, что позволяет использовать эту методику при дифференциальной диагностике новообразований головного мозга (рис. 14.5).

Компьютерно-томографическая ангиография после внутривенного болюсного введения 50–100 мл РКС со скоростью 3–4,5 мл/с позволяет получить изображение артериальных и венозных структур.

Преимуществами метода являются быстрота исследования и хорошее соответствие полученных данных результатам интраартериальной ангиографии.

КТ-ангиография позволяет оценить изменение сосудистой топографии, выявить стенозирование магистральных сосудов вследствие воздействия новообразования, визуализировать особенности строения собственной сосудистой

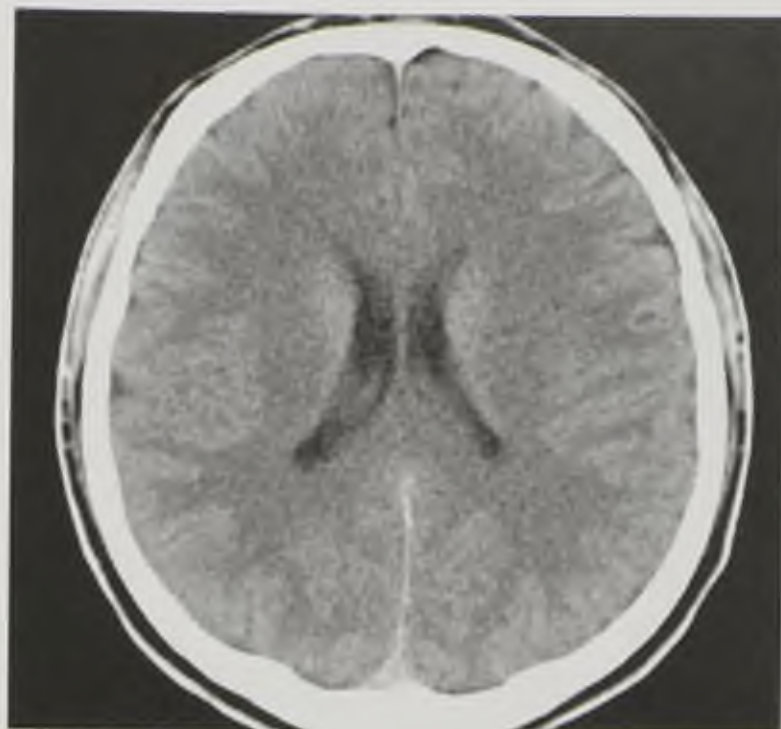


Рис. 14.4. Компьютерная томограмма головного мозга в аксиальной плоскости. Норма

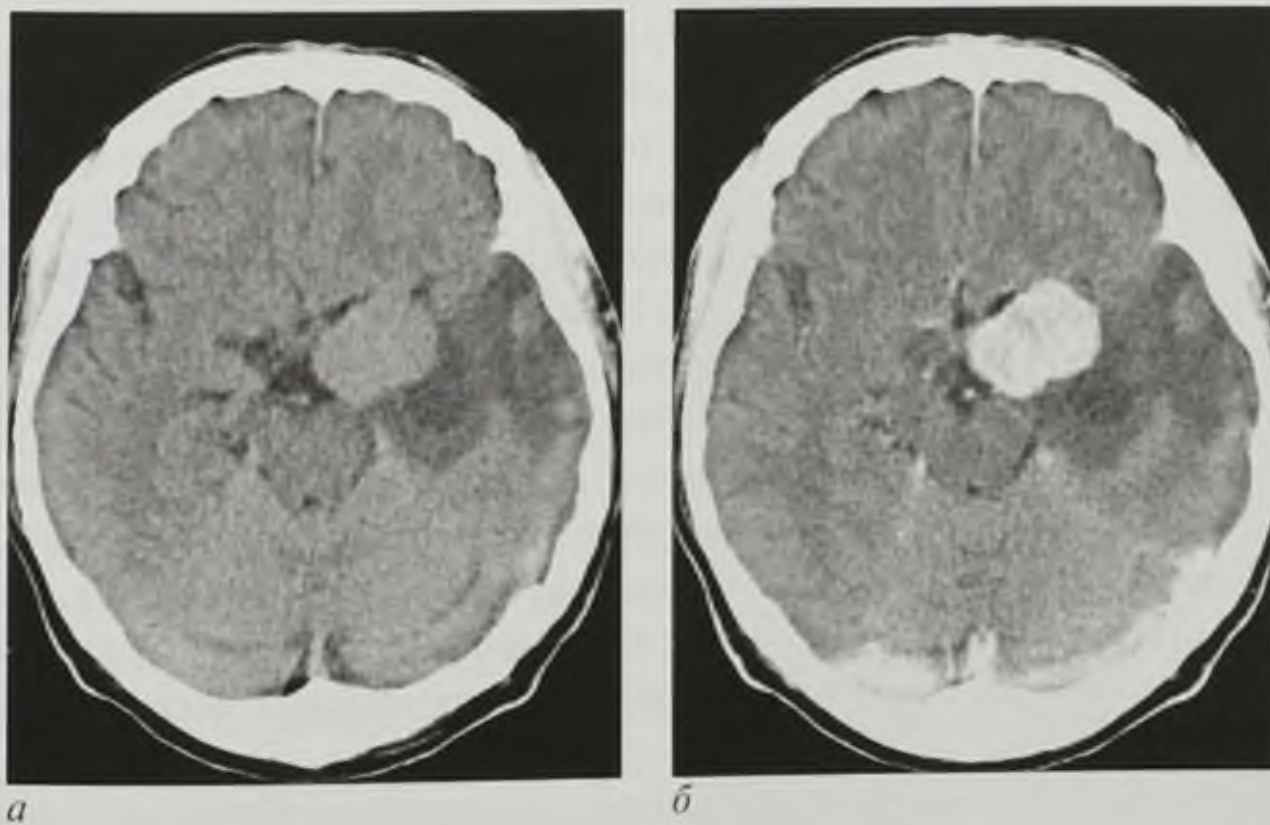


Рис. 14.5. Компьютерные томограммы в аксиальной плоскости до (а) и после (б) введения контрастного вещества. Менингиома большого крыла клиновидной кости слева. Определяется равномерное интенсивное повышение плотности менингиомы

сети опухоли, определить артериальные аневризмы и сосудистые мальформации головного мозга (рис. 14.6, см. цв. вклейку).

Компьютерно-томографическая цистернография. Эта методика проводится при подозрении на опухоли хиазмально-селлярной области и для поиска места ликвореи при открытой черепно-мозговой травме. После спинномозговой пункции вводят водорастворимые РКС в объеме 5–7 мл. КТ выполняют через 15–30 мин.

Перфузионная компьютерная томография позволяет оценить временные и объемные показатели перфузии вещества головного мозга.

Для выполнения перфузионной КТ необходимо быстрое внутривенное введение 50 мл РКС со скоростью 8–10 мл/с.

Перфузионную КТ наиболее часто применяют при диагностике острых нарушений мозгового кровообращения (рис. 14.7, см. цв. вклейку). В нейроонкологии она позволяет оценить васкуляризацию новообразования и особенности его кровоснабжения, а также эффективность предоперационной эмболизации опухоли.

14.1.4. Магнитно-резонансная томография

МРТ является основным методом визуализации структур головного мозга.

Нормальная магнитно-резонансная анатомия головного мозга

На базальных срезах визуализируются анатомические образования основания мозга и его базальных цистерн; на среднем уровне видны подкорковые ядра и переднезадние отделы боковых желудочков, а также III желудочек. На срезах верхнего уровня получают изображения тел боковых желудочков, верхних отделов коры полушарий большого мозга, их белого вещества.

На срезах базального отдела в передних отделах хорошо видны орбиты, костные стенки которых образуют фигуру конуса, обращенного основанием кпереди.

МР-анатомия на среднем уровне отражает соотношение различных отделов коры и белого вещества полушарий большого мозга, базальных ядер, зрительного бугра, внутренней капсулы, боковых желудочков и переднего отдела III желудочка. На этом уровне четко визуализируются доли и отдельные извилины мозга.

На уровне базального отдела желудочковой системы появляются передние рога боковых желудочков с их сплетениями. Между передними рогами расположена прозрачная перегородка и кпереди от нее — колено мозолистого тела. Кнаружи от передних рогов, как бы заполняя собой вогнутую часть, располагается головка хвостатого ядра, латеральнее которого видна полоска мозгового вещества, дающая гиперинтенсивный сигнал — переднее бедро внутренней капсулы.

Задние отделы переднего рога и начальные отделы III желудочка являются ориентиром перехода переднего бедра внутренней капсулы в колено, и, соответственно, их латеральные стенки являются границами передних участков зрительного бугра.

Срезы верхнего уровня проходят через отделы коры больших полушарий, расположенные выше желудочков мозга. На этих срезах видны лобные, теменные и частично затылочные доли, а также четко визуализируются, особенно на T2-ВИ, борозды конвексимальной поверхности мозга.

Преимуществом МРТ перед КТ является возможность получения изображений мозга в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Это особенно важно при исследовании структур задней черепной ямки, в частности, ствола головного мозга, который лучше всего визуализируется на МР-томограммах в сагиттальной плоскости (рис. 14.8).

Изучение МР-анатомии неизмененного головного мозга способствует более точному определению локализации и распространенности патологических изменений в трехмерном пространстве. Установление анатомо-топографического расположения патологических очагов особенно важно при планировании оперативного доступа.

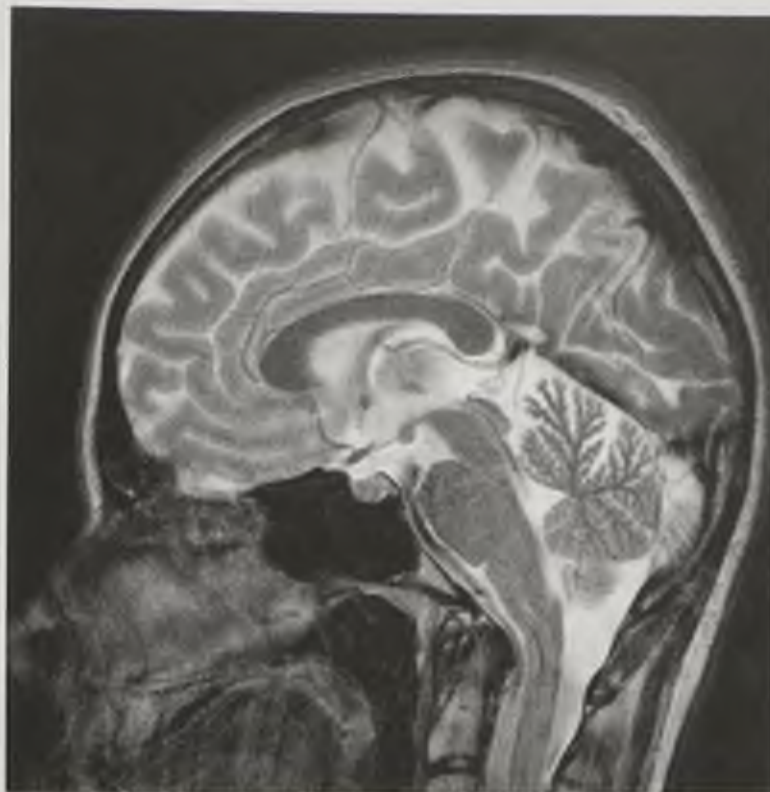


Рис. 14.8. Магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Норма

Специальные методики магнитно-резонансной томографии

Магнитно-резонансная ангиография. Важнейшей особенностью МРТ является возможность получения изображений артериальных и венозных сосудов головного мозга без применения контрастного вещества.

При МР-ангиографии удается визуализировать магистральные артерии, включая основные стволы внутренних сонных, позвоночных артерий, и их внутримозговые сегменты, а также поверхностные и глубокие вены, в том числе оболочечные вены, прямой и поперечный синус, верхний сагиттальный синус и впадающие в него вены, а также сигмовидный синус и всю группу базальных синусов (рис. 14.9).

Диффузионная и перфузионная магнитно-резонансная томография. Диффузионная МРТ позволяет определять измеряемый коэффициент диффузии, который снижается в ишемизированной ткани. Это используется для ранней диагностики ишемического поражения головного мозга, а также для оценки динамики течения инсульта. Зона ишемии начинает визуализироваться приблизительно через 45 мин после полной окклюзии магистрального сосуда (рис. 14.10).



Рис. 14.9. Магнитно-резонансная ангиограмма экстра- и интракраниальных артерий

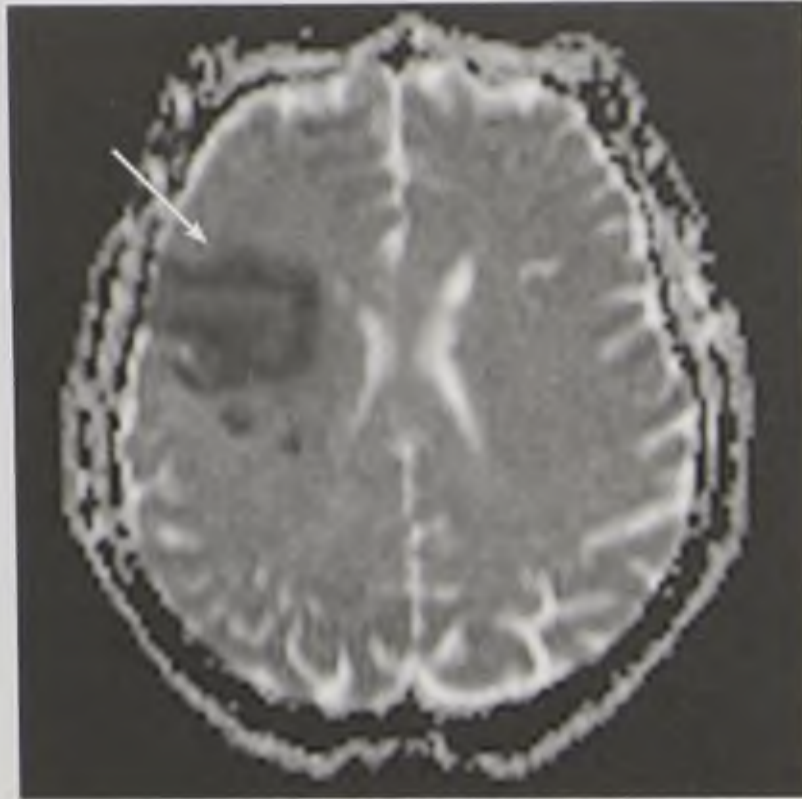


Рис. 14.10. При выполнении магнитно-резонансной диффузии на карте измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) зона ишемии в глубинных отделах правой теменной доли выглядит как зона сниженного ИКД (стрелка) по сравнению с противоположной стороной

Перфузионная МРТ позволяет оценить тканевую перфузию путем изучения динамики прохождения болюса парамагнитного РКС. При этом рассчитывают показатели мозгового кровотока (рис. 14.11, см. цв. вклейку).

Функциональная магнитно-резонансная томография. Эта методика позволяет выявить области активации нейронов, возникающей в ответ на различные моторные, сенсорные и другие раздражители. Получение карты функциональной активности головного мозга основано на BOLD-эффекте (Blood Oxygen

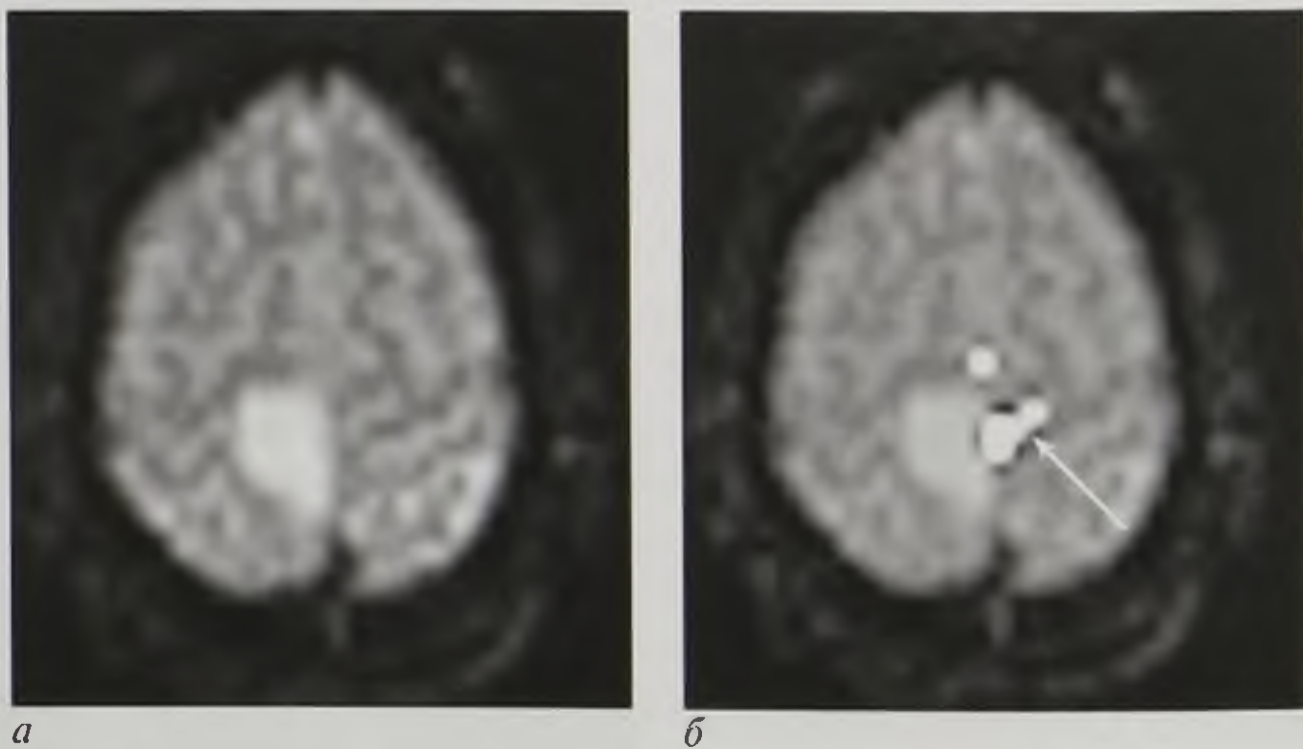


Рис. 14.12. На функциональных магнитно-резонансных томограммах с использованием методики BOLD (Blood Oxygen Level Dependent) на фоне покоя (*а*) изменения интенсивности магнитно-резонансного сигнала от вещества головного мозга не выявлено. На фоне двигательной активности (*б*) левой ноги происходит усиление кровоснабжения соответствующего участка головного мозга и отчетливо видна зона двигательного центра (стрелка), расположенного в правой теменной доле медиальнее от образования

Level Dependent), который позволяет оценить кровоснабжение вещества мозга по соотношению оксигемоглобина и дезоксигемоглобина, обладающих различными магнитными свойствами (рис. 14.12).

Протонная магнитно-резонансная спектроскопия (ПМРС) — методика определения отдельных химических соединений с помощью явлений магнитного резонанса. Изменение соотношения отдельных метаболитов позволяет предположить степень злокачественности опухолей.

В клинической практике использование ПМРС целесообразно для дифференциальной диагностики неопластических, демиелинизирующих и инфекционных поражений (рис. 14.13, см. цв. вклейку).

14.1.5. Радионуклидный метод

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография

Все РФП, используемые для сцинтиграфии головного мозга, можно разделить на проникающие и не проникающие через гематоэнцефалитный барьер. Не проникающие через гематоэнцефалитный барьер в норме не накапливаются в головном мозге и не визуализируются на сцинтиграммах. Их накопление отмечается только при нарушениях целостности гематоэнцефалического барьера.

РФП, не проникающие через гематоэнцефалический барьер. Натрия пертехнетат [^{99m}Tc] — один из первых РФП, которые стали использовать для исследования головного мозга. В норме этот препарат не накапливается в головном мозге, но при нарушениях гематоэнцефалического барьера РФП накапливается в ткани мозга (опухоли, инсульт).

В настоящее время использование натрия пертехнетата [^{99m}Tc] потеряло актуальность в связи с появлением более специфических препаратов, позволяющих дифференцировать причину нарушения гематоэнцефалического барьера и накопления РФП в ткани мозга.

^{99m}Tc -ДТПА (диэтилентриаминпентаацетиловая кислота) используется для выявления признаков смерти мозга, при которой препарат после внутривенного болюсного введения доходит до основания мозга по сонным артериям и останавливается, а также для диагностики опухолей и инсульта.

Галлия хлорид [^{67}Ga] применяется для определения гистологических типов менингиом и супратенториальных глиом, так как в норме не проникает через гематоэнцефалический барьер.

Галлия [^{67}Ga] цитрат в норме не проникает через гематоэнцефалический барьер полностью. После внутривенного введения образует комплекс с трансферрином крови, который, в свою очередь, связывается с рецепторами некоторых опухолевых клеток.

Технеций [^{99m}Tc] сестамиби (метоксиизобутилизонитрил) — препарат, с недавних пор используемый для диагностики злокачественных новообразований головного мозга.

РФП для изучения мозгового кровотока. ^{133}Xe (ксенон) — элиминирован из тканей мозга в строгом соответствии с величиной локального кровотока.

Методика оценки регионарного мозгового кровотока основана на предварительном насыщении мозга ксеноном и последующей записи вымывания РФП из различных отделов мозга.

В настоящее время для исследования мозгового кровотока используется ^{99m}Tc -гексаметилпропиленаминоксим (^{99m}Tc -ГМПАО). Препарат быстро накапливается в мозговой ткани пропорционально регионарному мозговому кровотоку и длительно сохраняется в структурах головного мозга.

РФП для изучения нейротрансмиссии. ^{123}I -3-йодо-6-метоксибензамид[®] (^{123}I -IBZM[®]), аналог дофамина (Дофамина[♦]), быстро проникает через гематоэнцефалический барьер и специфически связывается с D2-рецепторами в базальных ганглиях.

Показания к использованию радиолигандов для дофамина:

- ранняя диагностика болезни Паркинсона;
- дифференциальная диагностика идиопатической болезни Паркинсона и эссенциального тремора;
- дифференциальная диагностика болезни Альцгеймера и деменции с тельцами Леви.

Другие РФП, селективно связывающиеся с центральными бензодиазепиновыми рецепторами и м-холинорецепторами, используются для диагностики и дифференциальной диагностики парциальной эпилепсии.

Основные методики радионуклидного исследования головного мозга:

- полипроекционная статическая сцинтиграфия;
- динамическая радионуклидная сцинтиграфия;
- ОФЭКТ.

Статическая сцинтиграфия головного мозга в настоящее время потеряла практическое значение в связи с появлением сцинтилляционных гамма-камер с возможностью проведения ОФЭКТ.

Динамическая радионуклидная сцинтиграфия используется для оценки общего мозгового кровотока по магистральным артериям, расчета показателей общей мозговой перфузии, времени циркуляции и других показателей.

Позитронно-эмиссионная компьютерная томография

ПЭТ позволяет получать функциональные изображения, отражающие процессы жизнедеятельности головного мозга, включая метаболизм глюкозы и утилизацию кислорода, кровотоков и перфузию.

Наиболее распространенным РФП для ПЭТ является ^{18}F -ФДГ. Относительно продолжительный период полураспада (110 мин) позволяет располагать ее производство отдельно с доставкой полученного РФП в несколько близлежащих ПЭТ-центров. Кроме ^{18}F -ФДГ, при ПЭТ можно использовать и другие РФП: ^{11}C -метионин, ^{11}C -тирозин, ^{11}C -бутират натрия с меньшим периодом полураспада.

Совмещенная ПЭТ-КТ позволяет одновременно получить данные об анатомических (КТ) и функциональных (ПЭТ) изменениях головного мозга.

В целом радионуклидный метод в неврологии и нейрохирургии в настоящее время стал необходимым дополнением к другим лучевым исследованиям,

давая важную диагностическую информацию о функциональном состоянии головного мозга.

14.1.6. Ультразвуковой метод

Эхоэнцефалоскопия позволяет выявить латеральную дислокацию путем измерения расстояния до срединных структур и применяется, как правило, на этапе приемного отделения для первичной диагностики.

В настоящее время наиболее эффективным методом диагностики поражений сосудов головного мозга является **дуплексное сканирование**, которое сочетает в себе ультразвуковое сканирование в реальном масштабе времени для оценки анатомического строения артерии с импульсным доплеровским анализом кровотока.

Транскраниальная доплерография является неинвазивной методикой исследования кровотока в интракраниальных артериях.

Интраоперационно и в послеоперационном периоде широко применяется УЗИ через трепанационный дефект. Оно позволяет выявить местные послеоперационные осложнения (кровоизлияние в ложе удаленной опухоли, внутричерепные гематомы, гемотампонаду желудочков и др.), оценить выраженность отека, «масс-эффекта», явлений дислокации и гидроцефалии.

14.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

14.2.1. Опухоли головного мозга

Ведущими методами лучевой диагностики опухолей головного мозга являются МРТ и КТ. Особенности кровоснабжения опухолей определяются при церебральной ангиографии. Радионуклидный метод (ОФЭКТ и ПЭТ) позволяет проводить дифференциальную диагностику доброкачественных и злокачественных опухолей.

КТ- и МРТ-диагностика опухолей головного мозга основана на выявлении прямых и косвенных признаков.

КТ: прямые признаки — патологические образования с изменением плотности в веществе головного мозга, а также обнаружение участков обызвествления в патологическом образовании (рис. 14.14).

Плотность опухоли может быть повышена по сравнению с плотностью окружающей мозговой ткани в результате кровоизлияний или отложения в ткани опухоли солей кальция. Эти изменения характерны прежде всего для опухолей менингососудистого ряда. Понижение плотности наблюдается из-за содержания в опухоли большого количества воды или жироподобных веществ. Гетерогенность структуры опухоли проявляется чередованием участков повышения плотности (геморрагии и кальцификаты) на фоне низкой плотности самой опухоли. Опухоль по плотности может не отличаться от окружающей мозговой ткани. Отек, захватывающий белое вещество мозга, дает зону пониженной плотности вокруг опухоли.

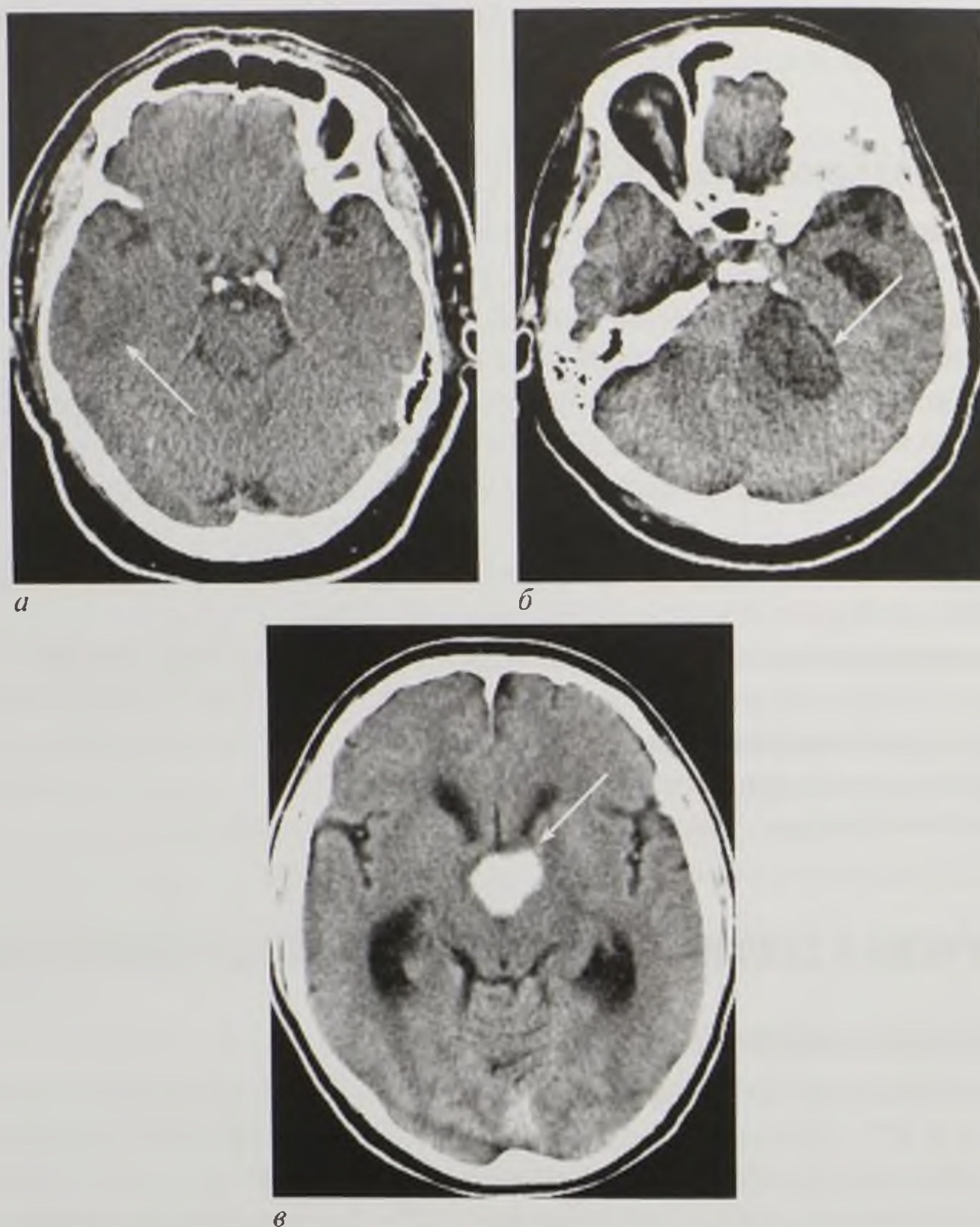


Рис. 14.14. Компьютерные томограммы головного мозга в аксиальной плоскости с прямым признаком опухоли — наличием патологического образования с различными плотностями: *а* — незначительно сниженная; *б* — пониженная; *в* — повышенная (стрелки)

МРТ: к прямым признакам относятся патологические образования с различной интенсивностью МР-сигналов (рис. 14.15).

Косвенные КТ- и МРТ-признаки (рис. 14.16):

- смещение (латеральная дислокация) срединных структур головного мозга («масс-эффект»);
- смещение, сдавление и изменение величины желудочков;
- блокада желудочковой системы с развитием окклюзионной гидроцефалии;
- сужение, смещение и деформация базальных цистерн мозга;
- отек мозга как вблизи опухоли, так и по периферии;
- аксиальная дислокация (оценивается по деформации охватывающей цистерны).

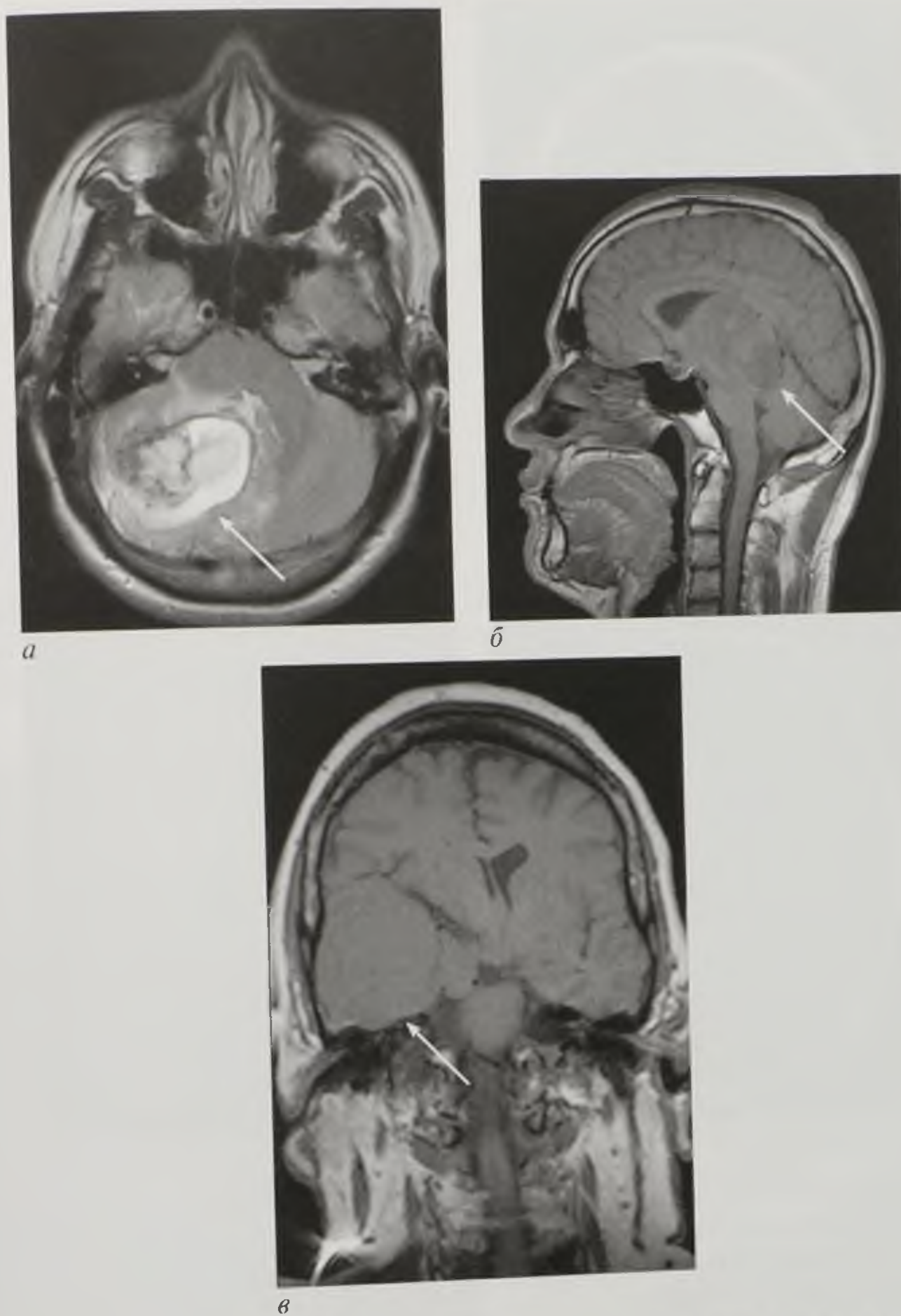


Рис. 14.15. Магнитно-резонансные томограммы в аксиальной (*а*), сагиттальной (*б*) и фронтальной (*в*) плоскостях. Различная интенсивность магнитно-резонансного сигнала от опухолей (стрелки): гиперинтенсивный на T2-взвешенном изображении (*а*), гипоинтенсивный (*б*) и изоинтенсивный (*в*) на T1-взвешенном изображении

КТ и контрастная МРТ оценивают изменение плотности (интенсивности МР-сигнала) опухолей после контрастирования. Богато васкуляризированные опухоли интенсивно накапливают контрастное вещество (рис. 14.17).

ПЭТ и ОФЭКТ: в злокачественных опухолях накапливается больше опухоле-тропного РФП по сравнению с нормальной тканью (рис. 14.18, см. цв. вклейку).

Церебральная ангиография: общие и местные признаки опухолей головного мозга. Местным ангиографическим признаком является выявление собственной

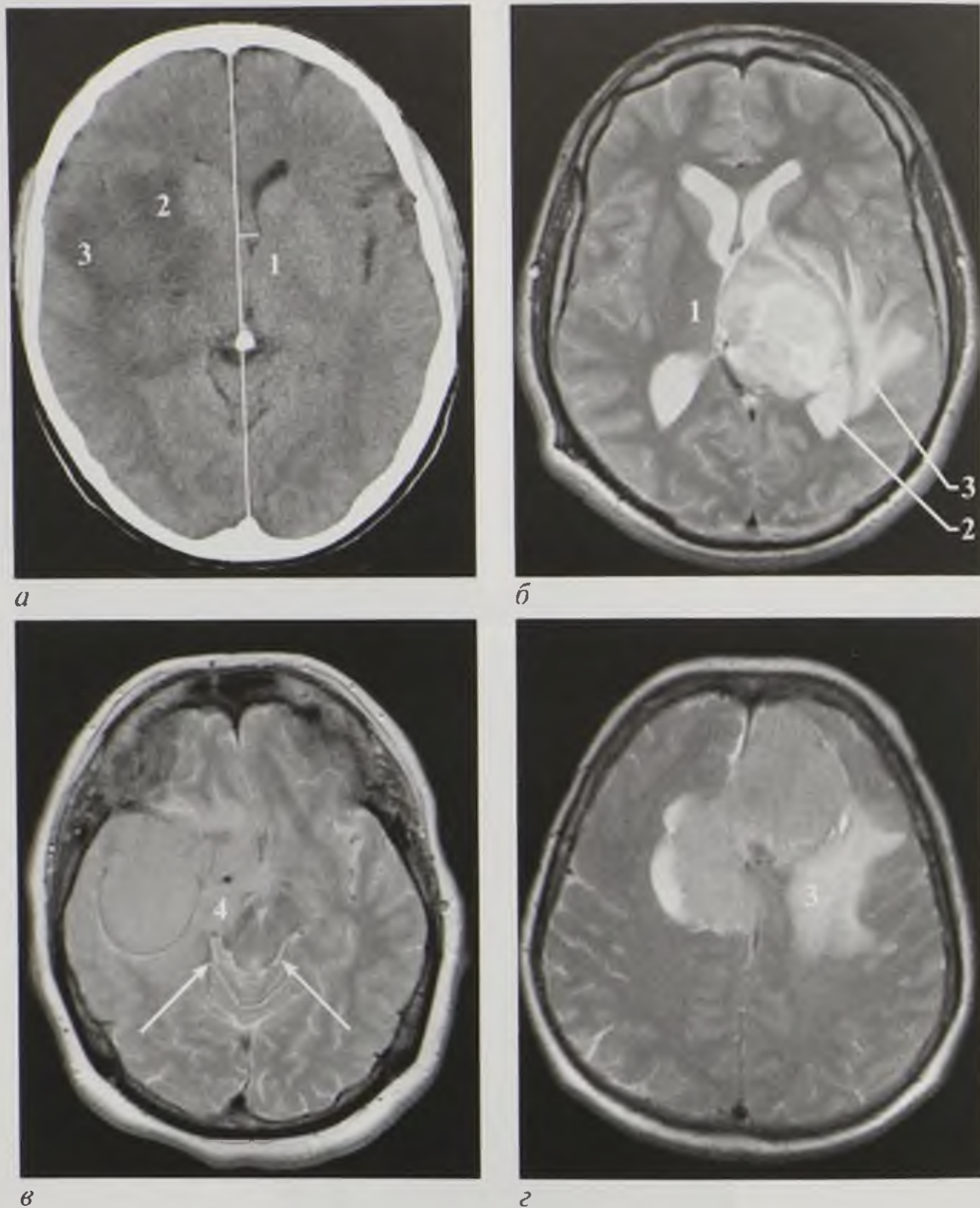


Рис. 14.16. Косвенные признаки опухоли головного мозга (а–г): 1 — смещение (латеральная дислокация) срединных структур («масс-эффект»); 2 — сдавление боковых желудочков; 3 — перитуморозный отек; 4 — сдавление охватывающей цистерны (стрелка), смещение ствола (аксиальная дислокация)

сосудистой сети опухоли, общим — смещение мозговых сосудов патологическим образованием (рис. 14.19).

Краниография:

- местные прямые признаки (обызвествление опухоли);
- местные косвенные признаки, обусловленные непосредственным влиянием опухоли на кости черепа (гиперостоз, склероз, деструкция, атрофия кости от давления, соответствующие расположению опухоли, увеличение в размерах турецкого седла) (рис. 14.20);
- общие изменения, обусловленные внутричерепной гипертензией (изменение элементов турецкого седла, расхождение черепных швов, углубление пальцевых вдавлений).

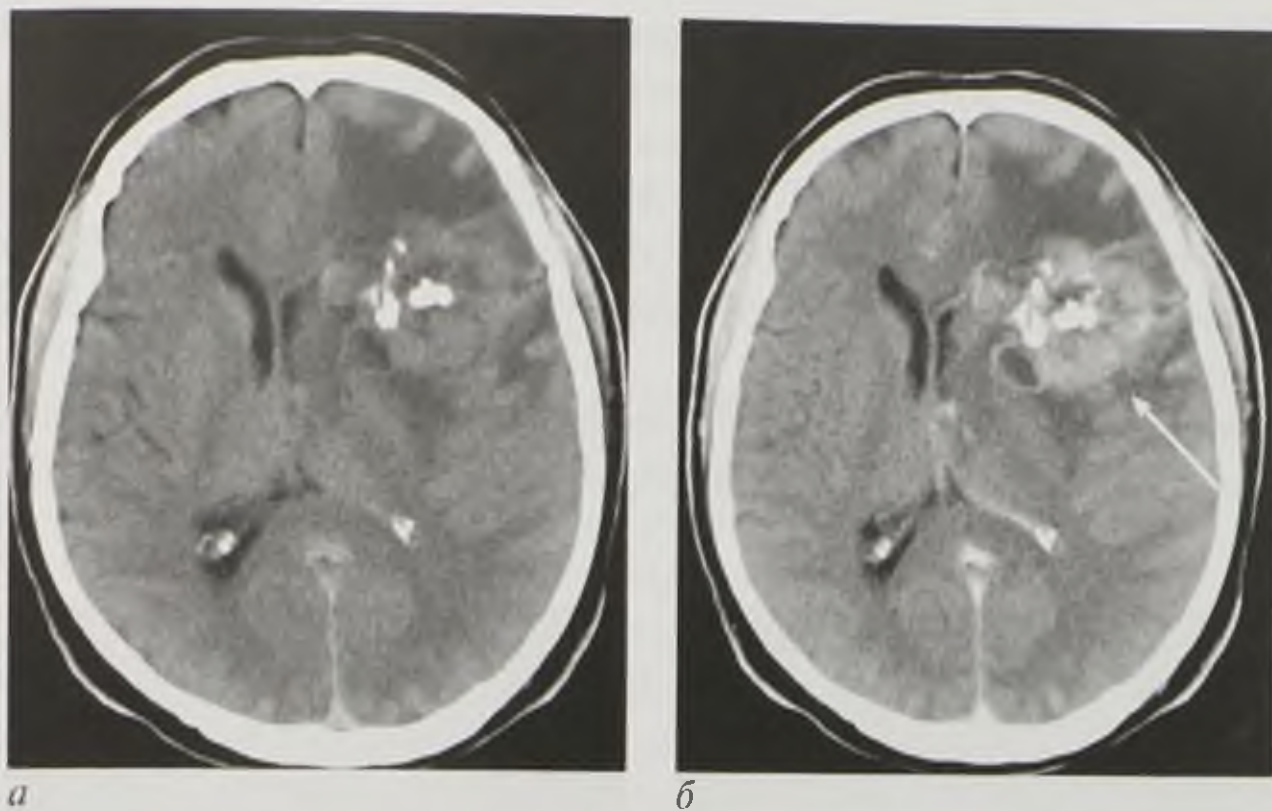


Рис. 14.17. Компьютерные томограммы в аксиальной плоскости. Участки обызвествления в центре опухоли (а). После введения контрастного вещества определяется его накопление (стрелка) опухолью (б)

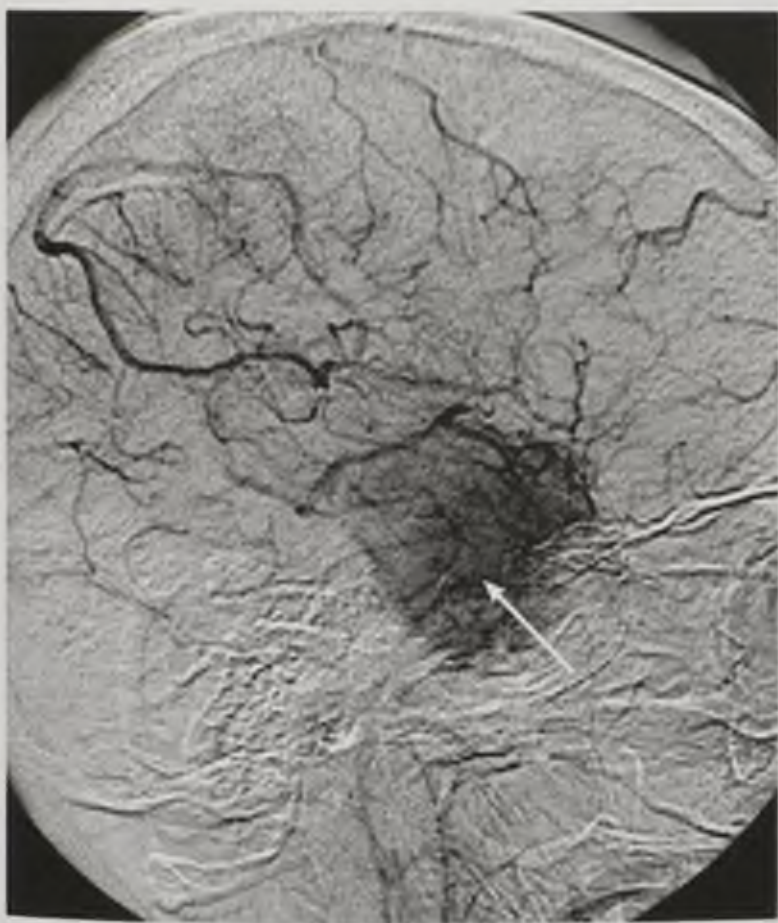


Рис. 14.19. Церебральная ангиография. Собственная сосудистая сеть менингиомы головного мозга (стрелка)

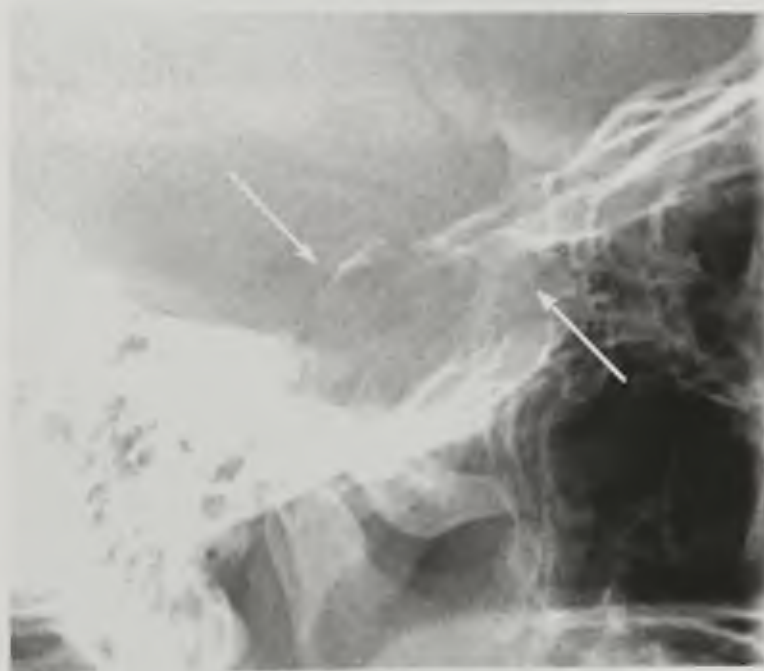


Рис. 14.20. Прицельная рентгенограмма турецкого седла. Гигантская аденома гипофиза. Увеличение размеров турецкого седла (стрелки) и разрушение нижней стенки

14.2.2. Демиелинизирующие заболевания

Ведущим методом диагностики демиелинизации — разрушения нормально сформированного миелина — является МРТ. Этот процесс могут вызывать инфекции, ишемии, токсическое воздействие, аутоиммунные процессы.

МРТ: очаги демиелинизации гиперинтенсивны на T2-ВИ. На T1-ВИ видно лишь 20% очагов, которые отражают полное разрушение миелина. Размер очагов — чаще до 5 мм, иногда они сливаются и увеличиваются. Локализация — белое вещество головного мозга. Бляшки обычно располагаются перивентрикулярно. В стадии обострения происходит нарушение гематоэнцефалического барьера, которое визуализируется в виде участка накопления контрастного вещества на T1-ВИ (рис. 14.21).

КТ: процессы демиелинизации сопровождаются снижением рентгеновской плотности вследствие избыточной гидратации патологически измененных тканей.

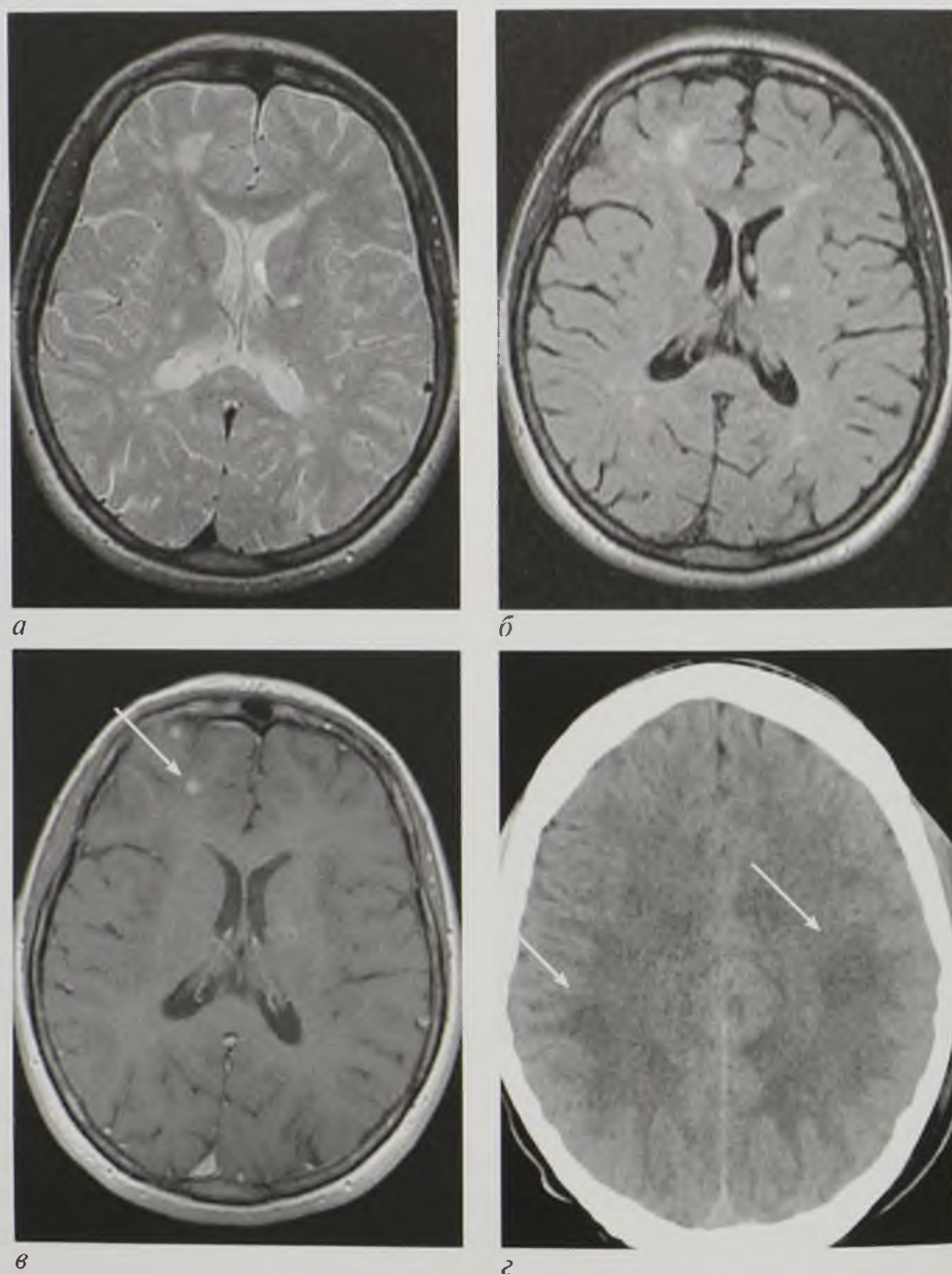


Рис. 14.21. Рассеянный склероз: магнитно-резонансные томограммы в аксиальной плоскости, T2-взвешенное изображение до (а, б) и T1-взвешенное изображение после (в) введения контрастного вещества; компьютерная томограмма в аксиальной плоскости (г). Стрелки указывают на гематоэнцефалический барьер

14.2.3. Заболевания сосудов головного мозга

Артериальные аневризмы

Основной причиной возникновения артериальных аневризм считаются врожденная или приобретенная слабость стенки артерии и гидродинамический фактор (гипертония), в результате которых происходит локальное выбухание стенки сосуда — аневризма.

Ультразвуковая доплерография (УЗДГ): визуализируется локальное расширение артерии с турбулентным током крови в полости аневризмы.

КТ- и МР-ангиография: локальное расширение сосуда — можно дифференцировать тромбированную и нетромбированную часть аневризмы по проникновению контрастного вещества в ее полость, можно оценить размеры полости аневризмы, ее шейки (рис. 14.22, 14.23).

Церебральная ангиография: «золотой стандарт» в диагностике аневризм — позволяет точно верифицировать размеры полости, шейки аневризмы, ее локализацию и часто является этапом внутрисосудистого вмешательства по эмболизации аневризмы.

Артериовенозные мальформации

Артериовенозные мальформации (АВМ) — как правило, врожденный порок развития сосудов, когда сброс крови из артерий происходит непосредственно в вены, в обход капиллярного русла. Вследствие этого формируется патологический шунт с расширением питающих артерий и патологически извитых дренирующих АВМ вен.

УЗДГ: визуализируется усиление линейной скорости кровотока по питающим артериям и дренирующим венам.

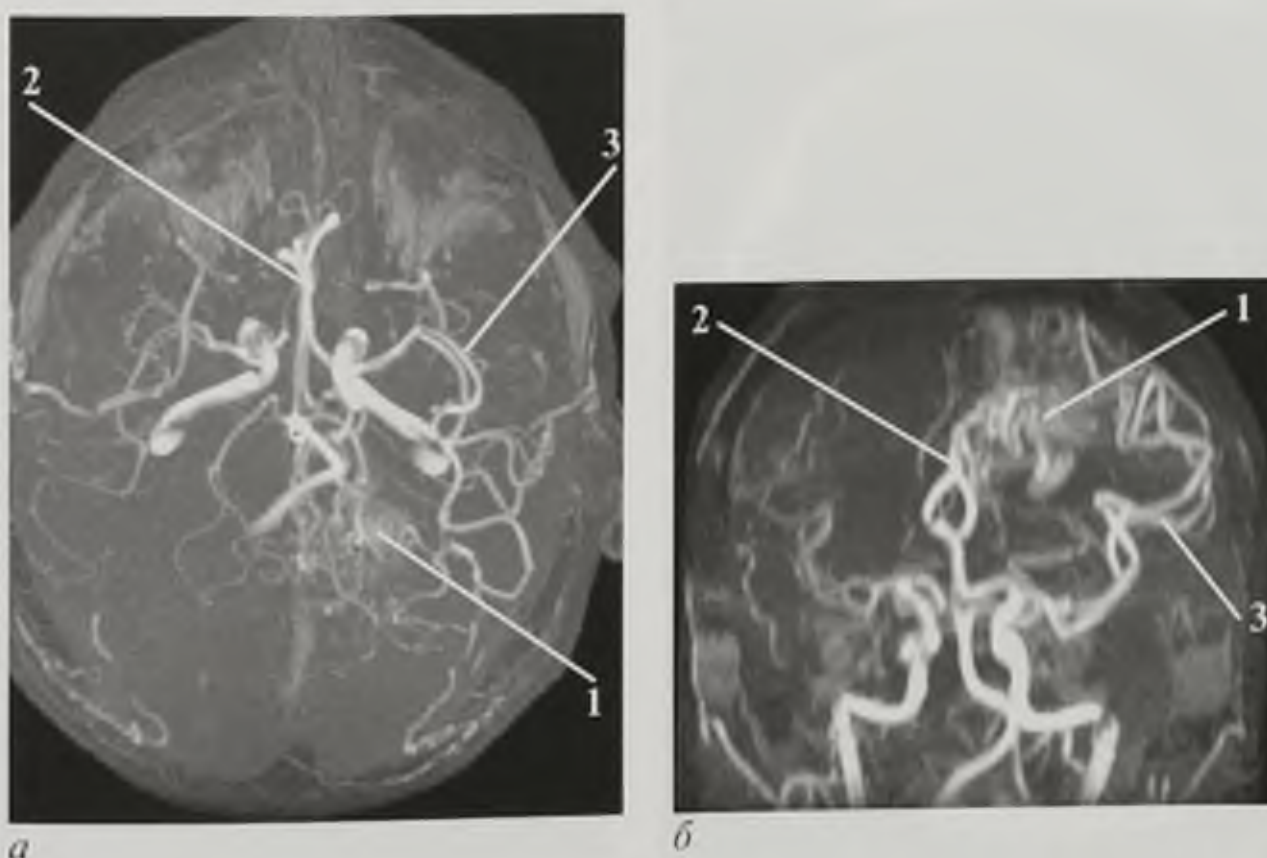


Рис. 14.22. Магнитно-резонансные ангиограммы в проекции максимальной интенсивности (MIP) (*а, б*). Артериовенозные мальформации левой теменной доли. Кровоснабжение узла артериовенозной мальформации (1) осуществляется из бассейнов передней (2) и средней (3) мозговых артерий



Рис. 14.23. Магнитно-резонансная ангиограмма, проекция максимальных интенсивностей (MIP). Мешотчатая аневризма бифуркации основной артерии. Отчетливо видно тело и шейку аневризмы (стрелка)

КТ, МРТ: узел АВМ определяется как участок значительного увеличения количества и калибра сосудов, в его центре могут быть участки бывших кровоизлияний и обызвествлений (увеличение плотности по данным КТ, неоднородность МР-сигнала по данным МРТ).

КТ- и МР-ангиография: расширение питающих артерий и дренирующих вен.

Церебральная ангиография: «золотой стандарт» в диагностике АВМ — позволяет точно верифицировать питающие сосуды, дренирующие вены, и может быть этапом внутрисосудистого вмешательства по ее эмболизации.

Дисциркуляторная энцефалопатия

КТ, МРТ: мелкие очаги гиперинтенсивного сигнала на T2-ВИ и пониженной плотности при КТ, локализующиеся в перивентрикулярных отделах головного мозга, реже — в базальных ганглиях (рис. 14.24).

Вертебробазилярная недостаточность

Основной причиной вертебробазилярной недостаточности являются различные изменения позвоночных артерий, например стеноз, тромбоз. Факторы риска — гипо- и аплазия позвоночных артерий.

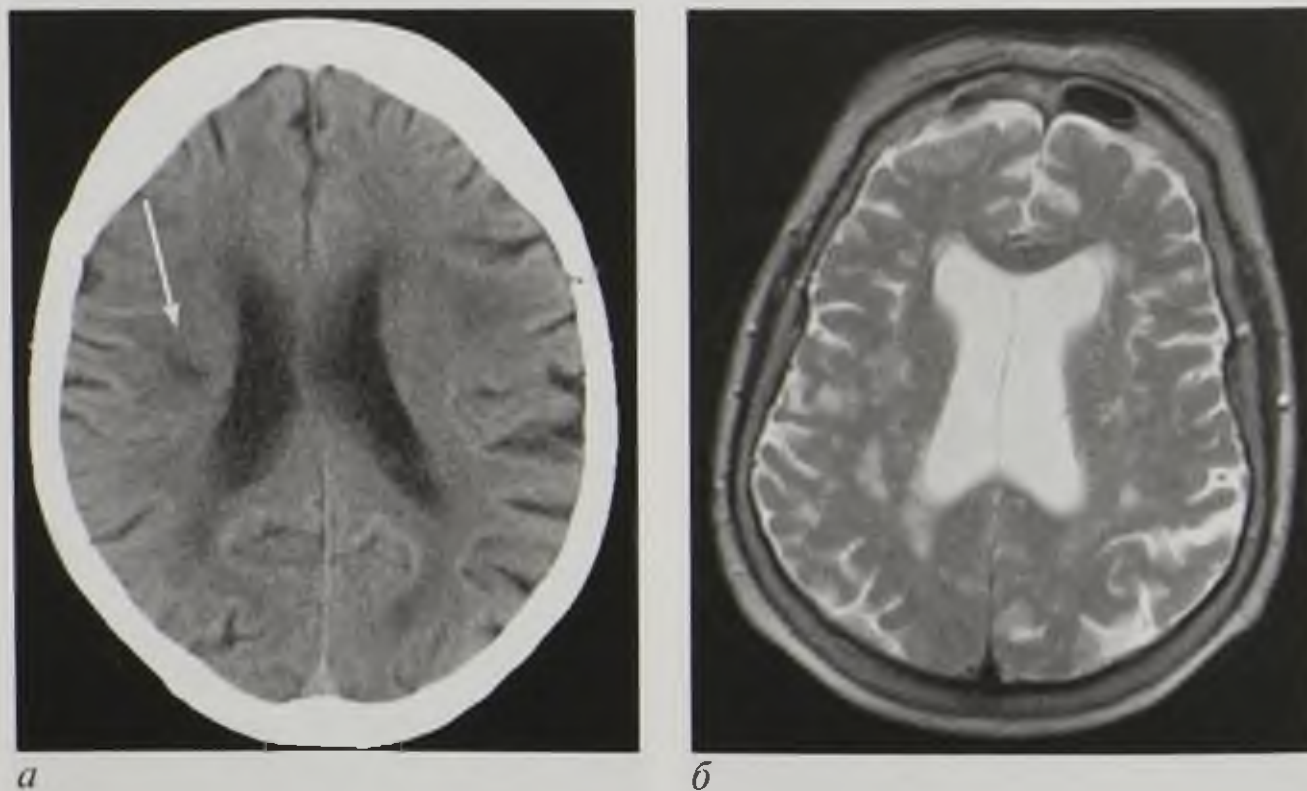


Рис. 14.24. Дисциркуляторная энцефалопатия: компьютерная томограмма (а) и магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение (б) в аксиальной плоскости. В белом веществе головного мозга определяются округлые участки снижения рентгеновской плотности (а, стрелка), имеющие гиперинтенсивный магнитно-резонансный сигнал на T2-взвешенном изображении (б)

МР-ангиография: при вертебробазилярной недостаточности или ишемических изменениях на МР-ангиограммах обнаруживают признаки стеноза (рис. 14.25).

УЗДГ: увеличение линейной скорости кровотока, характерный «стенотический» УЗДГ-спектр.

Ишемический инсульт (инфаркт мозга)

Ведущими методами диагностики ишемического инсульта — зоны некроза, образовавшейся вследствие недостаточного кровоснабжения, тромбоза или эмболии артерий мозга, — являются МРТ и КТ.

Наиболее ранние изменения нарушения мозгового кровотока (в первые несколько минут от появления неврологической симптоматики) определяют при КТ-, МРТ-, ОФЭКТ-перфузии. Через 2–3 ч зона ишемии может быть выявлена на МР-диффузии, через 16–20 ч — по данным МРТ, через 20–24 ч — по данным КТ.

КТ: в острой стадии процессы ишемии, некроза и отека мозговой ткани дают зоны пониженной плотности (рис. 14.26).

КТ-ангиография позволяет выявить стеноз и тромбоз сосудов.

МРТ: очаговое усиление сигнала на T2-ВИ.

МР-ангиография: полная закупорка сосуда или снижение кровотока в пораженном сосуде.

МР-КТ и ОФЭКТ-перфузия: самые ранние изменения, отражающие развитие ишемического процесса в головном мозге. Показатели мозгового кровотока снижены по сравнению с противоположным полушарием головного мозга.

МР-диффузия: снижение измеряемого коэффициента диффузии (рис. 14.27, см. цв. вклейку).



Рис. 14.25. Магнитно-резонансная ангиограмма. Гипоплазия правой позвоночной артерии (стрелка)

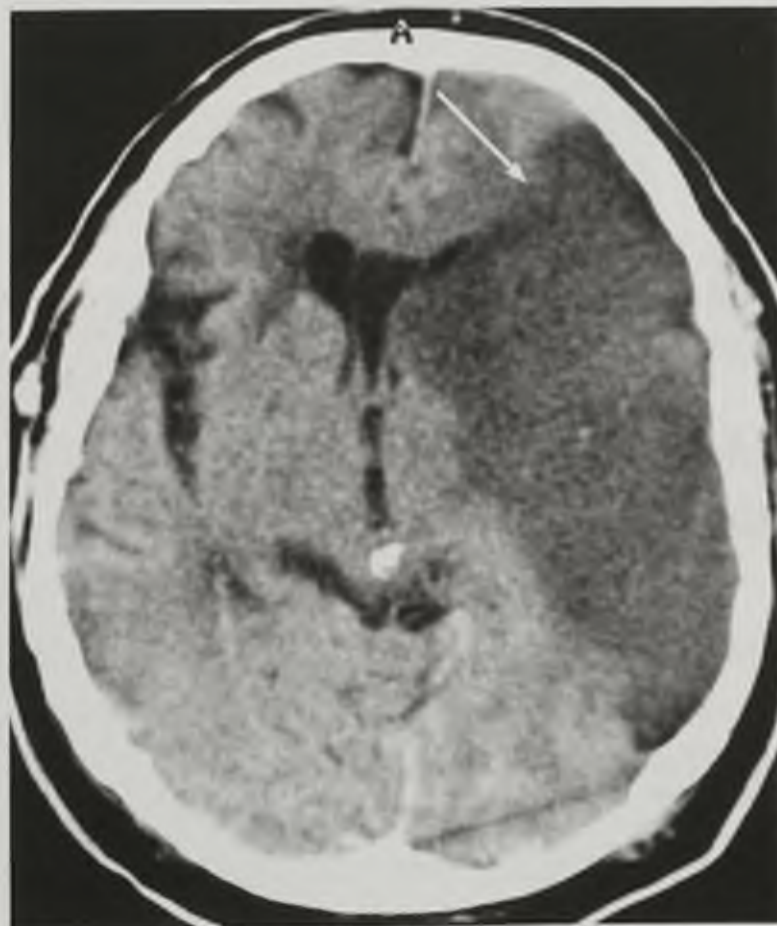


Рис. 14.26. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Ишемический инсульт (стрелка)

Внутричерепные кровоизлияния

Визуализация внутричерепного кровоизлияния в зависимости от стадии процесса различна при КТ и МРТ. Свежее кровоизлияние лучше визуализируется при КТ, в подострой стадии и стадии организации — при МРТ.

Спонтанное внутричерепное кровоизлияние может развиваться при артериальной гипертензии, разрыве артериальной аневризмы или АВМ. Кровоизлияния могут наблюдаться при ишемических инсультах, опухолях или метастазах.

КТ: свежее кровоизлияние обуславливает зону высокой плотности (+60...+80 НУ) (рис. 14.28).

МРТ: в 1-е сутки диагностика кровоизлияния с помощью МРТ затруднена, так как сигнал от крови изоинтенсивен таковому от окружающего белого вещества и на T1-ВИ, и на T2-ВИ. Это связано с тем, что оксигемоглобин не обладает парамагнитными свойствами. В остром периоде кровоизлияния предпочтительнее КТ, при которой свежая гематома имеет повышенные денситометрические показатели (см. рис. 14.28).

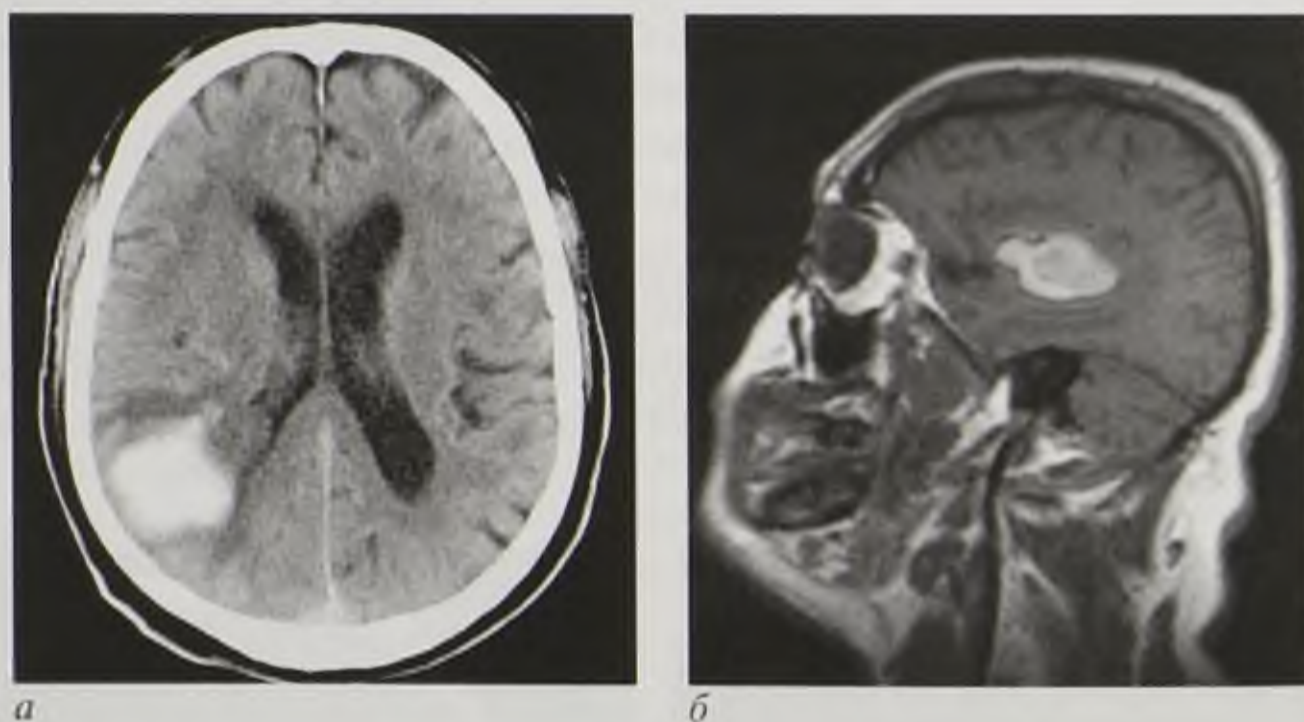


Рис. 14.28. Внутричерепные кровоизлияния: *а* — компьютерная томограмма в аксиальной плоскости; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости

14.2.4. Инфекционные заболевания

Абсцессы головного мозга

КТ: округлое или овальное патологическое образование пониженной плотности с изоденсной капсулой (рис. 14.29).

МРТ: на T1-ВИ полость абсцесса гипо- либо изоинтенсивная, капсула гиперинтенсивна, на T2-ВИ — сигнал от абсцесса гиперинтенсивный (рис. 14.30).

КТ, МРТ контрастная: отчетливое накопление контрастного вещества капсулой абсцесса (см. рис. 14.29, *б*; 14.30, *в*).

Менингиты

КТ, МРТ контрастная: накопление контрастного вещества вдоль борозд головного мозга.

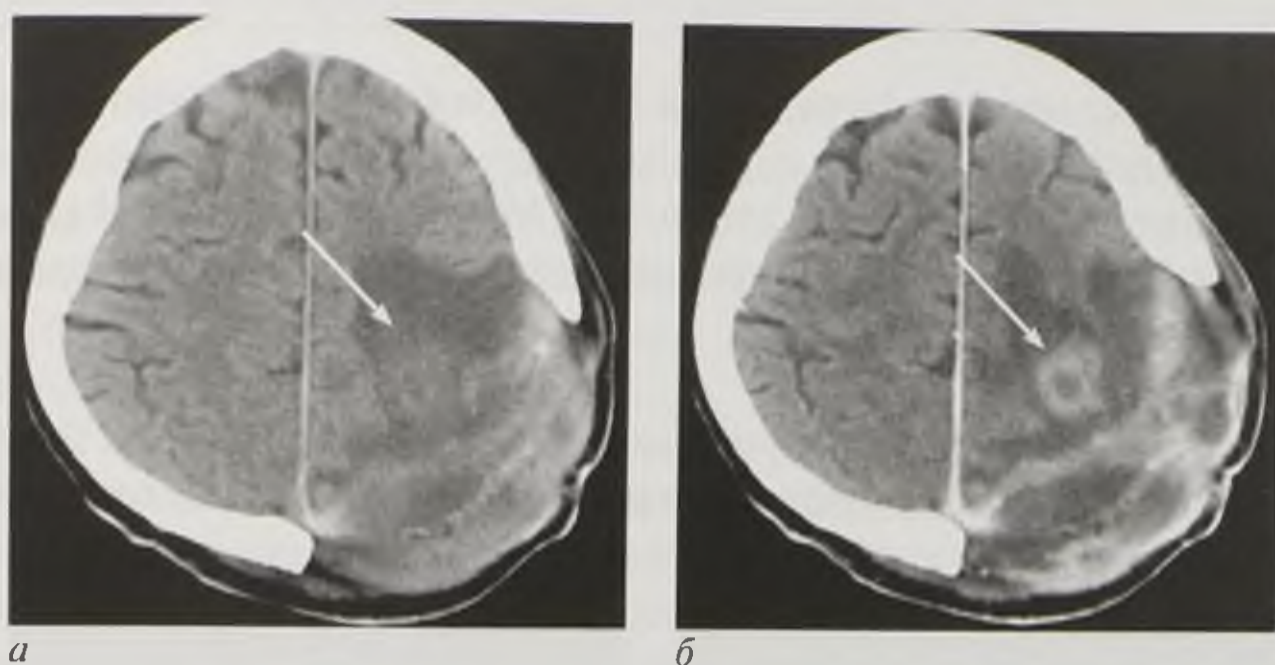


Рис. 14.29. Компьютерные томограммы в аксиальной плоскости до (а) и после (б) введения контрастного вещества. Абсцесс головного мозга. Состояние после костнопластической трепанации черепа. Определяется обширная область снижения плотности (перифокальный отек), в центре которой визуализируется участок кольцевидной формы, интенсивно накапливающий контрастное вещество (стрелки)

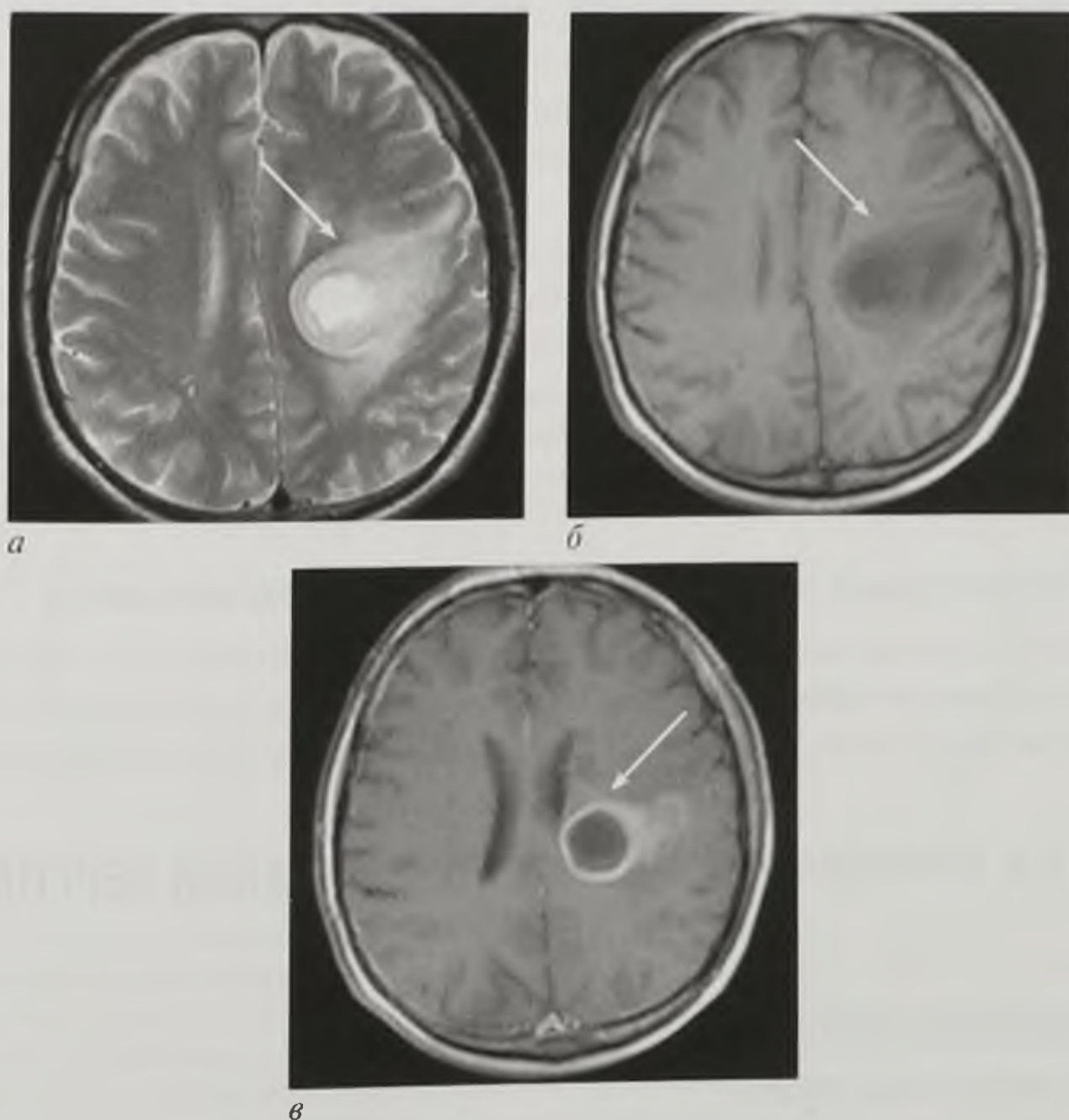


Рис. 14.30. Магнитно-резонансные томограммы в аксиальной плоскости, T2-взвешенное изображение (а), T1-взвешенное изображение до (б) и после (в) контрастирования. Абсцесс головного мозга. Капсула абсцесса интенсивно накапливает контрастное вещество (стрелки)

Энцефалиты

КТ: изменения неспецифичны. При герпетическом энцефалите могут быть мелкие кровоизлияния.

МРТ: неспецифические очаги повышения МР-сигнала на Т2-ВИ (рис. 14.31).

Туберкулезный энцефалит сопровождается абсцессами, гранулемами или милиарными очагами.

Эмпиемы

КТ, МРТ: выявление скоплений гноя в субдуральном и эпидуральном пространствах.

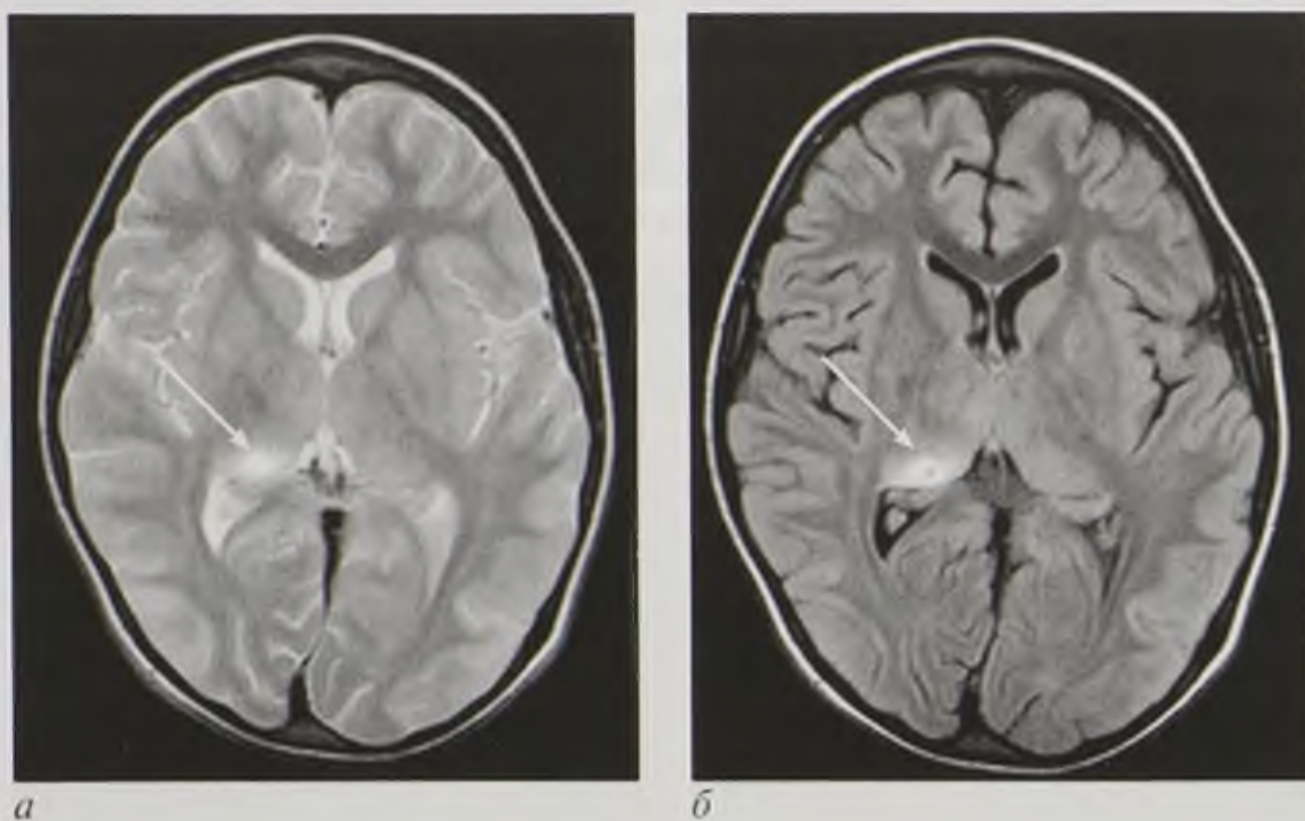


Рис. 14.31. Магнитно-резонансные томограммы: *а* — Т2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости; *б* — Т1-взвешенное изображение в аксиальной плоскости. Клещевой энцефалит с поражением правого зрительного бугра (стрелки)

14.2.5. Паразитарные заболевания (цистицеркоз, токсоплазмоз)

КТ, МРТ: при цистицеркозе выявляются внутримозговые и менингеальные кисты, содержащие кальцификаты. При токсоплазмозе определяются множественные мелкие узелки в базальных ганглиях мозга и в больших полушариях.

14.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЧЕРЕПА И ГОЛОВНОГО МОЗГА

14.3.1. Переломы костей свода и основания черепа

Переломы костей свода черепа

Основные виды переломов костей свода черепа:

- линейные переломы;
- травматическое расхождение черепных швов;

- вдавленные переломы;
- переломы с образованием дефекта костей (дырчатые);
- оскольчатые переломы.

Линейные переломы при рентгенографии черепа определяются в виде узких полосок (линий) просветлений, имеющих различную протяженность и конфигурацию (см. рис. 14.36).

Борозды средней, задней оболочечных артерий, каналы диплоических вен, сфено-париетального синуса, литопический шов, незаращенный клиновидно-затылочный синхондроз на рентгенограммах могут иметь схожую семиотику с линейными переломами (рис. 14.32). Однако в отличие от изображения указанных анатомических структур костей свода линейные переломы характеризуются:

- большей прозрачностью, контрастностью полосок при относительно небольшой ширине их просвета;
- прямолинейностью просвета полосок и угловатостью изгибов, отсутствием гладких изгибов по ходу (симптом «молнии» или зигзагообразности);
- резкостью, четкостью очертаний краев полосок;
- участками раздельного отображения щелей переломов наружной и внутренней кортикальных пластинок свода черепа (симптом раздвоения или «веревочки»).

Травматические расхождения швов на рентгенограммах черепа выявляются по нарушению правильного соотношения между краями образующих этот шов костей (см. рис. 14.34).

Вдавленные переломы свода черепа на рентгенограммах определяются в виде фрагментации кости и смещения костных отломков. Наиболее отчетливо эти признаки определяются на тангенциальных снимках.

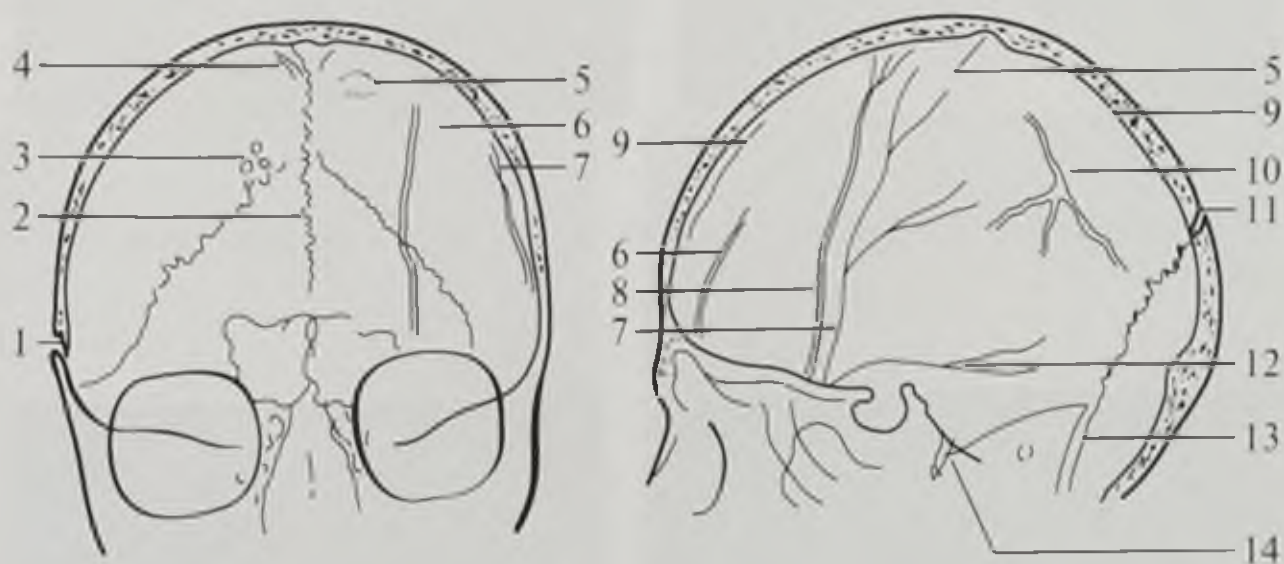


Рис. 14.32. Нормальные анатомические образования, способные симулировать повреждения черепа — схема рентгенограмм (Кишковский А.Н. и др., 1989). 1 — изображение чешуйчатого шва в ортоградной проекции; 2 — метопический шов; 3 — ямки пахионовых грануляций с отвесными краями; 4 — обызвествление твердой мозговой оболочки в области верхнего отдела серповидного отростка; 5 — ямка пахионовых грануляций с плоскими краями; 6 — атипичный диплоический канал чешуи лобной кости; 7 — борозда передней ветви средней оболочечной артерии; 8 — борозда теменно-клиновидного венозного синуса; 9 — изображение неровности внутренней поверхности измерена в парасагиттальном отделе; 10 — каналы диплоических вен; 11 — область стыка ламбдовидного и стреловидного швов; 12 — борозда задней ветви средней оболочечной артерии; 13 — затылочно-сосцевидный шов; 14 — незаращение клиновидно-затылочного синхондроза

Вдавленные переломы разделяют на импрессионные и депрессионные. При импрессионных переломах полного разъединения костных отломков со сводом черепа не происходит (рис. 14.33, 14.34). При депрессионных переломах отмечаются полное отделение костных фрагментов от свода черепа и их значительное смещение в полость черепа. Обычно повреждается твердая мозговая оболочка.

Оскольчатые переломы свода черепа на рентгенограммах могут быть представлены в виде многочисленных разнонаправленных линейных переломов, формирующих костные фрагменты, либо в виде черепицеобразных переломов (см. рис. 14.34).

Переломы с образованием костных дефектов при рентгенографии видны в виде отграниченных, резко очерченных просветлений, имеющих различную форму.

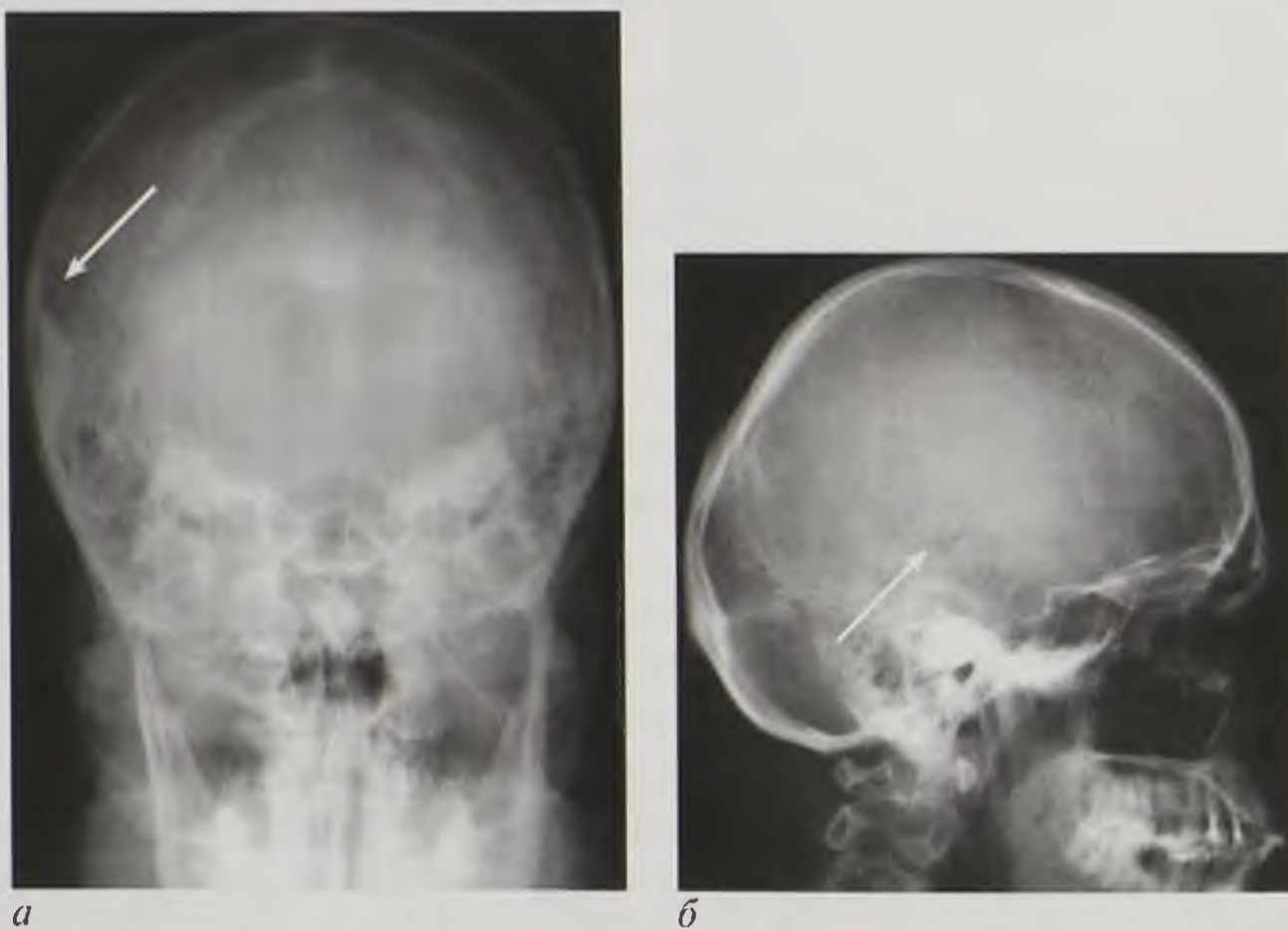


Рис. 14.33. Обзорные краниограммы (а, б). Импрессионный перелом правой височной кости (стрелки)

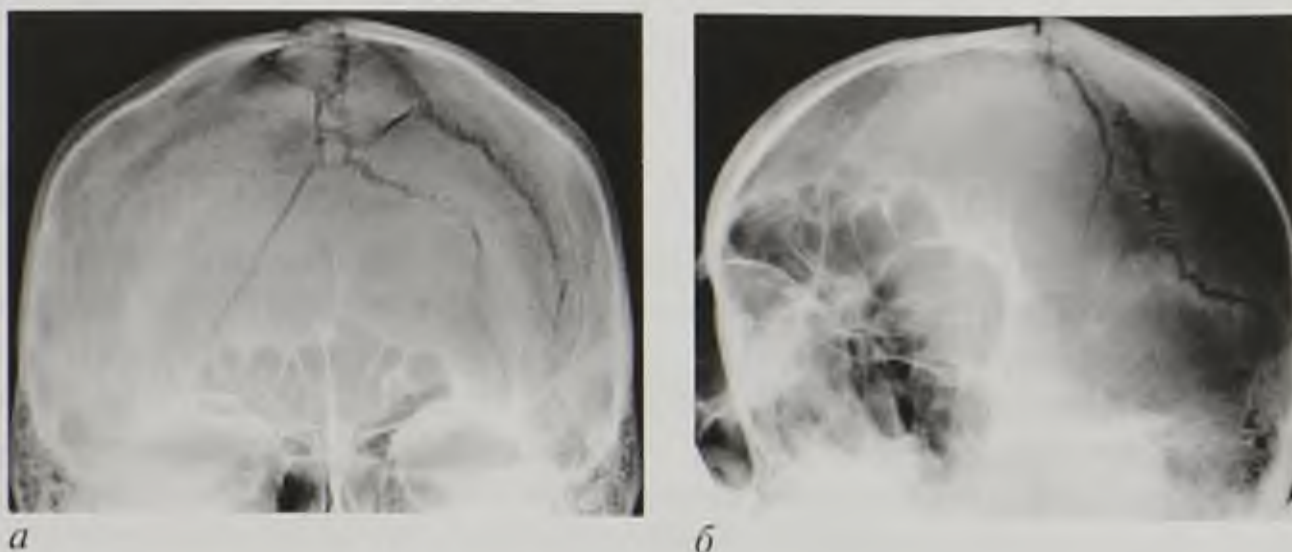


Рис. 14.34. Обзорные краниограммы в прямой (а) и косой (б) проекциях. Вдавленный многооскольчатый перелом теменной кости с травматическим расхождением сагиттального и ламбдовидного швов

Травматические костные дефекты свода черепа обычно хорошо выявляются на обзорных снимках (рис. 14.35). Для уточнения их локализации и величины, состояния краев, а также более четкого определения костных отломков и их смещений следует производить контактные и тангенциальные прицельные снимки.

Переломы основания черепа

Линейные переломы основания черепа чаще всего становятся продолжением трещин, переходящих с костей свода черепа. Изолированные переломы костей основания черепа встречаются значительно реже.

Переломы передней черепной ямки: носовые кровотечения и назальная ликворея, возникновение своеобразных кровоподтеков в виде «темных очков» или «монокля» и неврологических симптомов, связанных с повреждением I–VI черепных нервов (аносмия или гипосмия, различные нарушения зрения и чувствительности лица).

Рентгенография: прямой признак — линия перелома (рис. 14.36). Косвенный признак — затенение лобной пазухи и решетчатых ячеек (гемосинус).

КТ: детально и четко определяются прямые и косвенные признаки повреждений передней черепной ямки (рис. 14.37).

Переломы средней черепной ямки чаще всего являются продолжением трещин, переходящих с теменных или чешуи височных костей.

Рентгенография прицельная выполняется для выявления переломов клиновидной кости в области малых и больших крыльев, верхнеглазничной щели и зрительного канала.

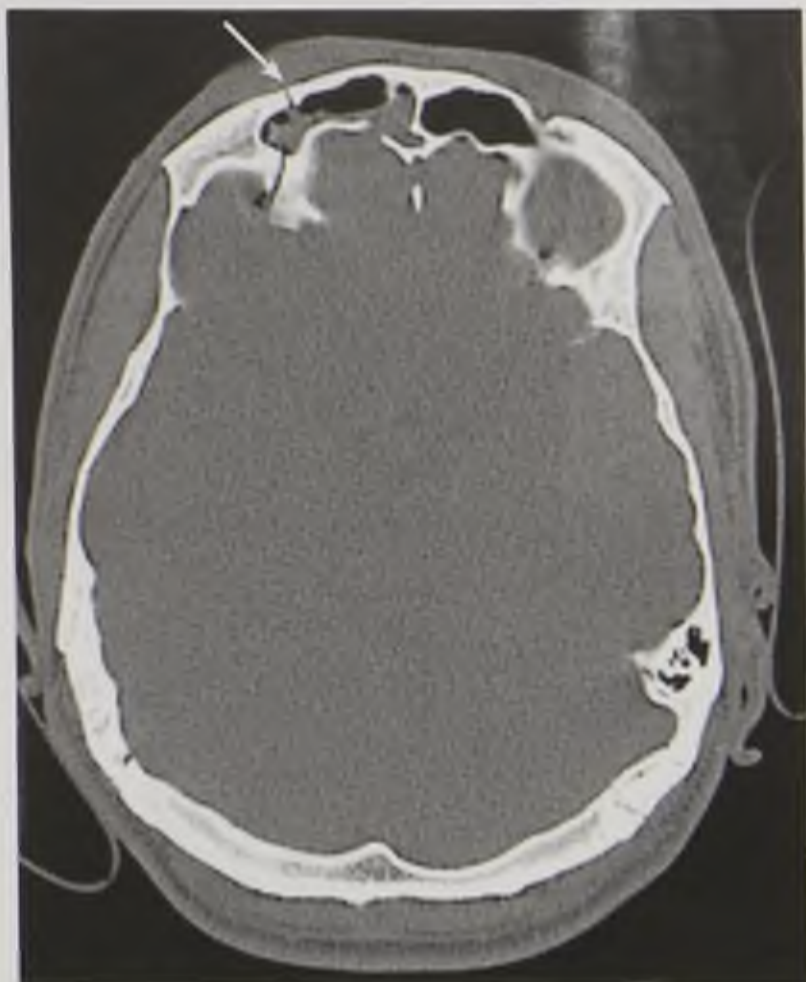
КТ позволяет выявлять признаки повреждений даже очень мелких костных структур средней черепной ямки. Особыми преимуществами КТ обладает в обнаружении повреждений структур уха. На КТ четко определяются повреждения стенок и дна внутреннего слухового прохода (рис. 14.38).



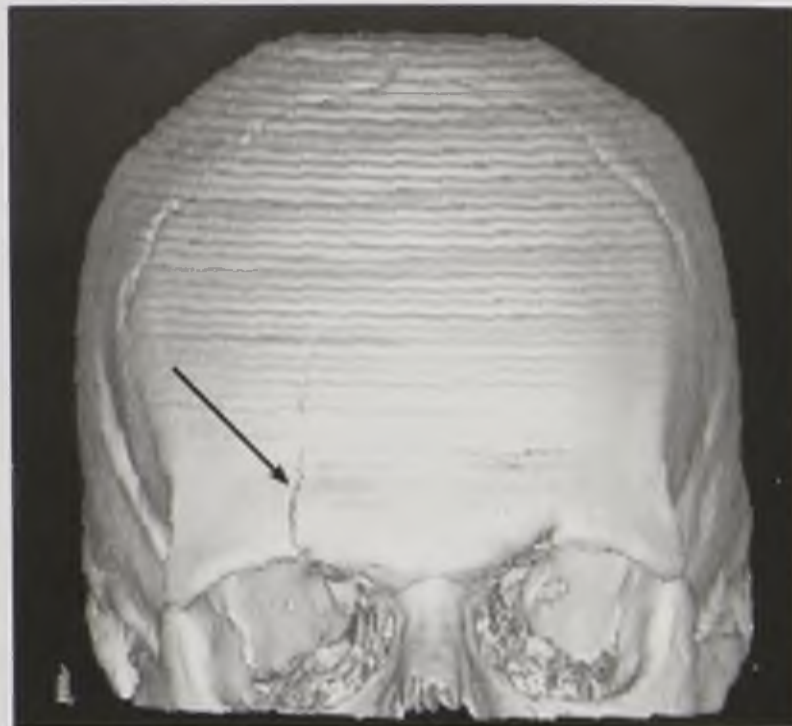
Рис. 14.35. Обзорная краниограмма. Огнестрельный перелом с образованием костного дефекта височной кости (стрелка)



Рис. 14.36. Обзорная краниограмма. Линейный перелом лобной кости с распространением на верхнюю стенку правой глазницы (стрелка)



a



б

Рис. 14.37. Компьютерные томограммы головного мозга в аксиальной плоскости и «костном окне» (а) и 3D-реконструкция (б). Линейный перелом лобной кости справа с распространением на стенки лобной пазухи и правую глазницу (стрелки)

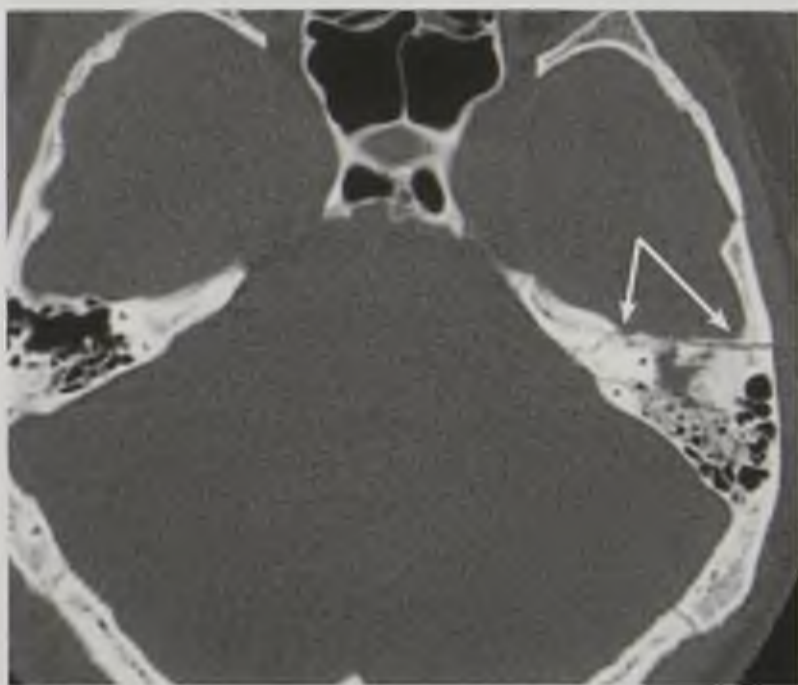


Рис. 14.38. Компьютерная томограмма головного мозга в аксиальной плоскости и «костном окне». Поперечный перелом пирамиды левой височной кости с распространением вдоль передней грани пирамиды (стрелки)

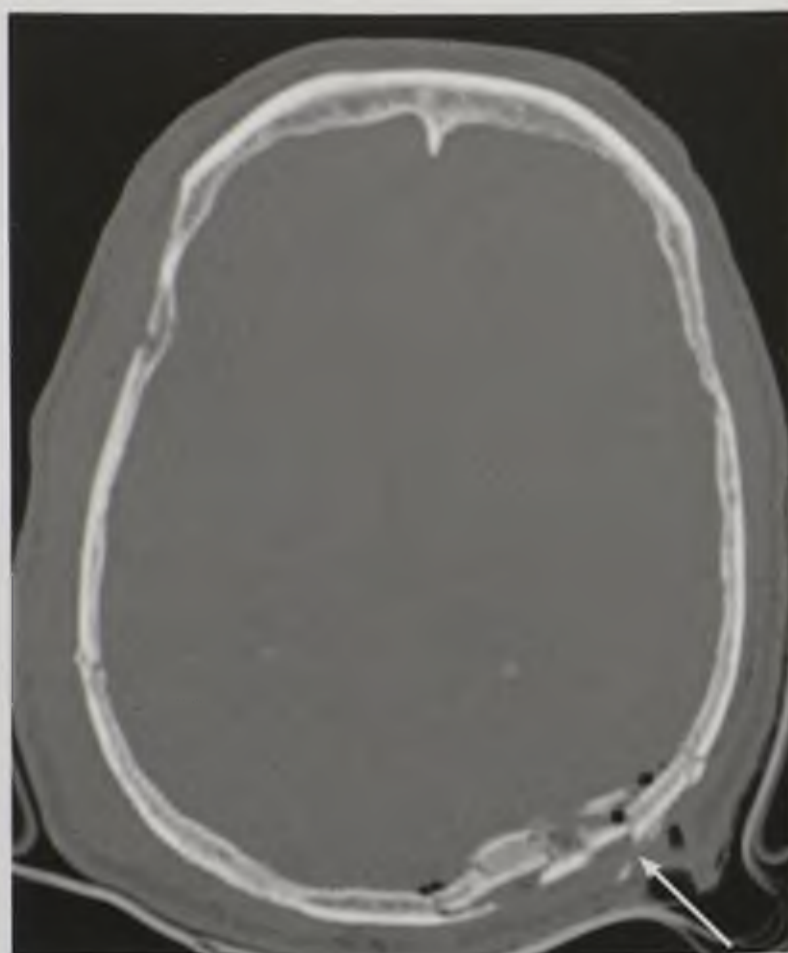


Рис. 14.39. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости и «костном окне». Многооскольчатый вдавленный перелом затылочной и теменной костей слева (стрелка)

Переломы задней черепной ямки чаще всего являются продолжением продольных линейных переломов свода или переломов всего основания черепа.

Рентгенография: признаки переломов более отчетливо определяются на рентгенограммах затылочной кости в задней полуаксиальной проекции.

КТ: эффективная методика лучевого исследования пострадавших в остром периоде, позволяющая визуализировать повреждение как костей основания, так и мягкотканых структур (рис. 14.39).

14.3.2. Повреждения головного мозга

Сотрясение

КТ, МРТ: изменения плотности (КТ) или интенсивности МР-сигнала (МРТ) мозговой ткани не выявляются. Размеры желудочковой системы и цистерн основания мозга не изменены. В отдельных случаях может наблюдаться локальное расширение базальных или конвекситальных субарахноидальных борозд до 8–15 мм, что свидетельствует об остром нарушении циркуляции спинномозговой жидкости в подпаутинных пространствах.

Ушиб

КТ: ушибы головного мозга могут отображаться очагами различной плотности (рис. 14.40).

МРТ: неоднородное изменение интенсивности МР-сигнала, которое зависит от продуктов распада гемоглобина (рис. 14.41).



Рис. 14.40. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Ушиб головного мозга. В лобных долях имеются зоны пониженной плотности (длинные стрелки) — ушибы. В глубинных отделах левого полушария определяется внутримозговая гематома, характеризующаяся зоной повышенной плотности (короткая стрелка)

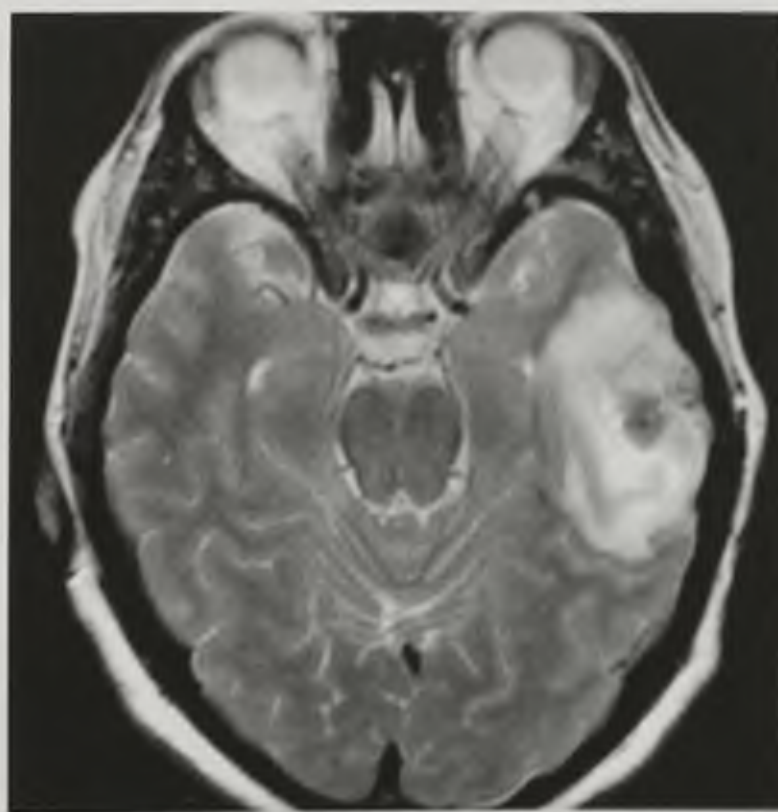


Рис. 14.41. Магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости. Ушиб левой височной доли с геморрагическим пропитыванием

Рентгенография: при ушибах головного мозга могут быть выявлены переломы черепа.

Ангиография: ушибы головного мозга могут сопровождаться дислокацией магистральных сосудов.

Сдавление

Наиболее частыми причинами сдавления головного мозга при закрытой черепно-мозговой травме являются внутричерепные гематомы и гидромы. Реже наблюдаются сдавление костными отломками и развитие травматического отека головного мозга (рис. 14.42).

Эпидуральные гематомы

Возникают при переломах костей черепа с повреждением оболочечных артерий, реже — диплоических вен, венозных синусов или пахионовых грануляций.

КТ, МРТ: двояковыпуклая, плосковыпуклая или, гораздо реже, серповидная зона измененной (чаще повышенной) плотности (при КТ) и зона изменения МР-сигнала (при МРТ), прилежащая к своду черепа, отношение длины гематомы к толщине в среднем составляет 5:1 (рис. 14.43, 14.44).

Патогномоничные признаки: смещение границы белого и серого вещества мозга (в отсутствие отека) и оттеснение мозга от внутреннего листка твердой мозговой оболочки у краев гематомы, примыкающих к костям черепа. При КТ острые эпидуральные гематомы имеют повышенную плотность (+59...+65 НУ).

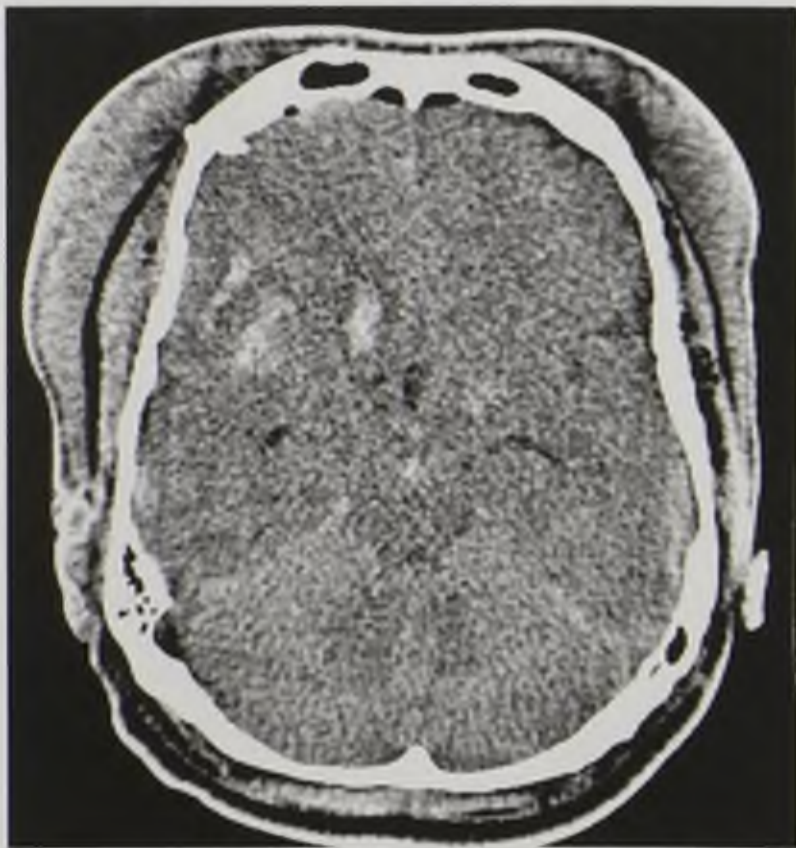


Рис. 14.42. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Отек и набухание головного мозга со сдавлением желудочковой системы. Множественные мелкие контузионные очаги в правой лобной и височной долях

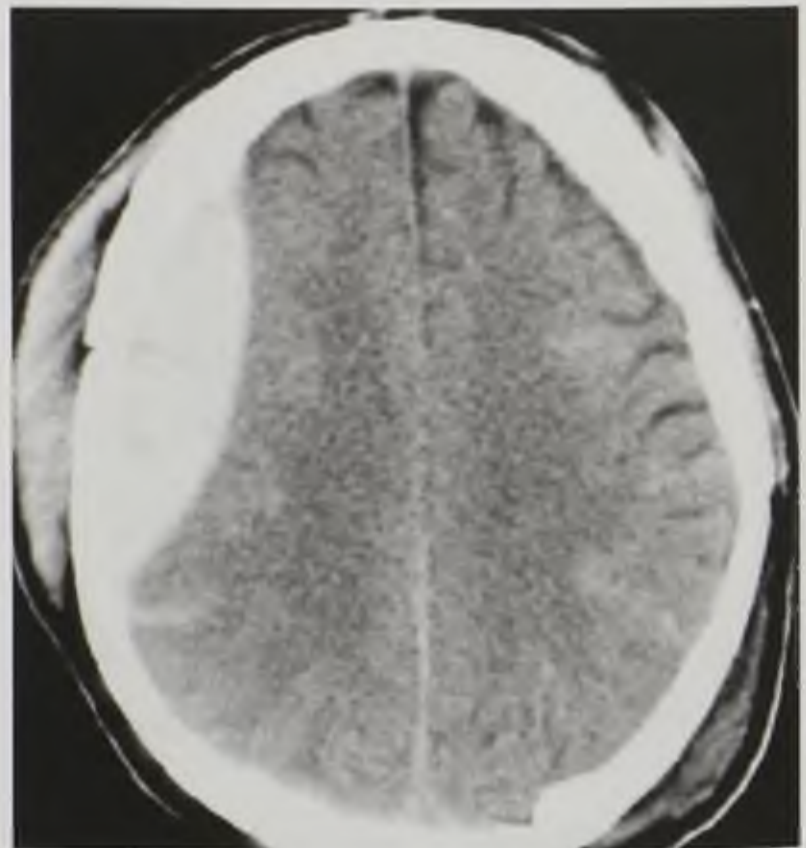


Рис. 14.43. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Эпидуральная гематома правой лобной области с отеком и наличием крови в мягких тканях

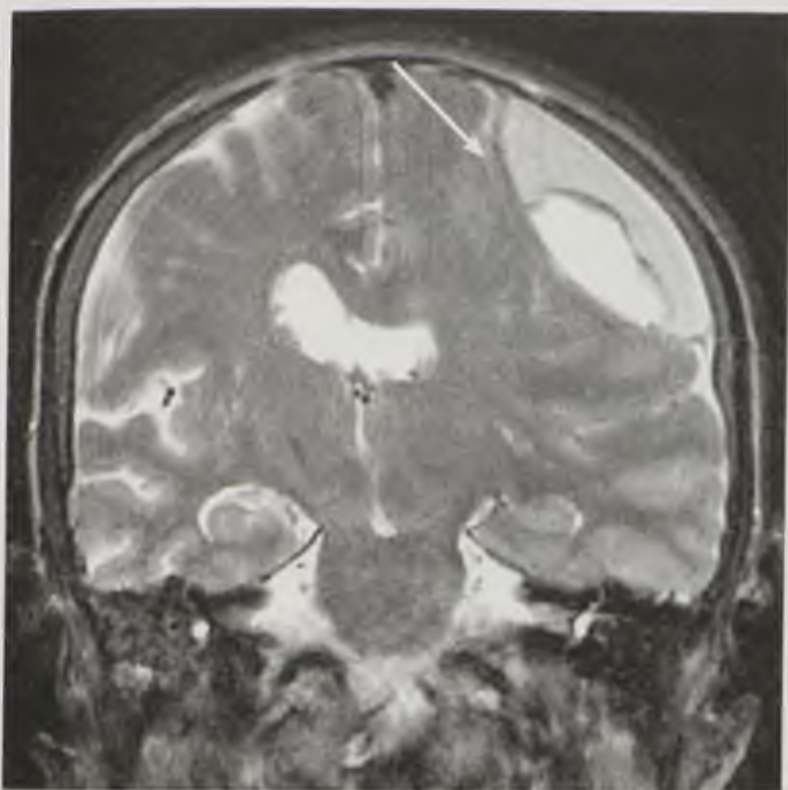


Рис. 14.44. Магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости. Эпидуральная гематома двояковыпуклой линзообразной формы над конвекситальной поверхностью головного мозга и твердой мозговой оболочкой, имеющей гипоинтенсивный магнитно-резонансный сигнал (стрелка)

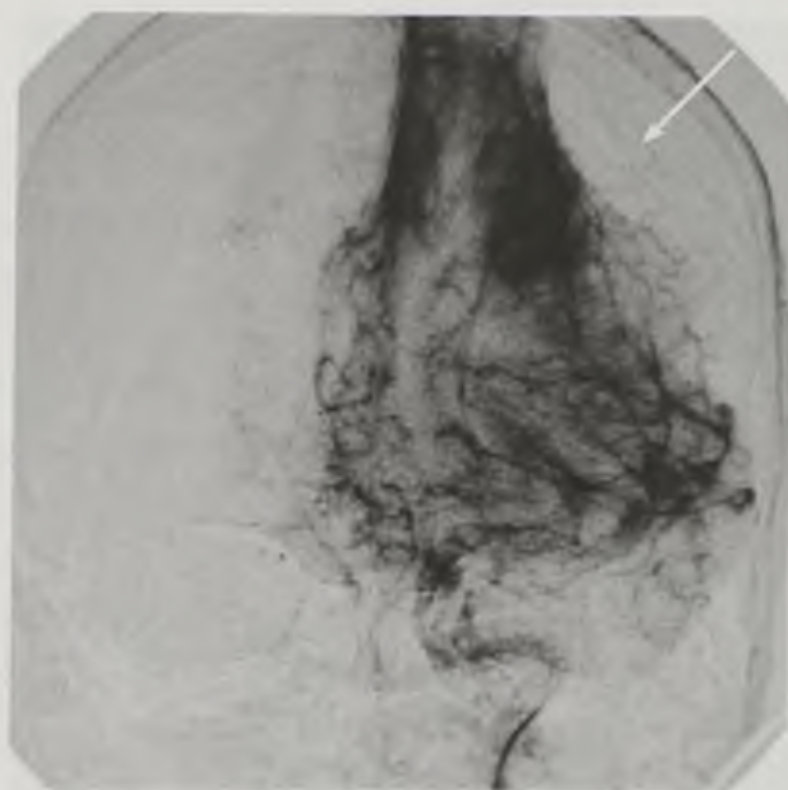


Рис. 14.45. Церебральная ангиограмма. Эпидуральная гематома: отеснение сосудистого рисунка от внутренней костной пластинки с наличием бессосудистой зоны (стрелка)

Церебральная ангиография: отеснение сосудов от внутренней поверхности черепа с образованием бессосудистой зоны (симптом «каймы») (рис. 14.45).

Субдуральные гематомы

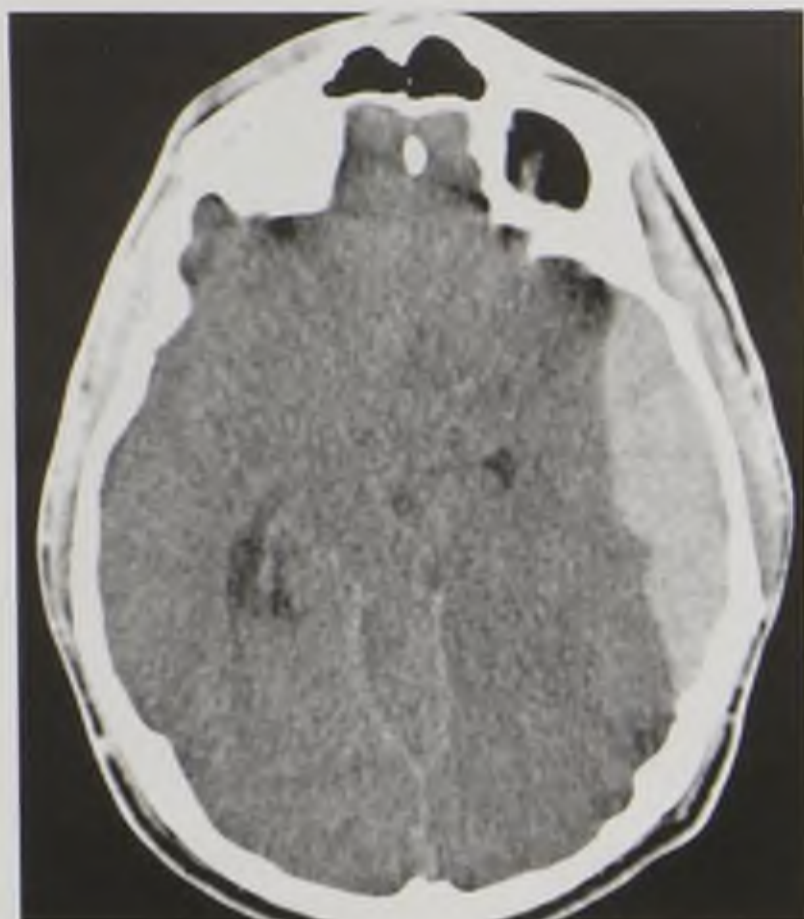
При закрытой черепно-мозговой травме возникают чаще всего при разрыве пиальных сосудов и вен, впадающих в синусы мозга.

КТ, МРТ: очаги выпукло-вогнутой (полулунной) формы с неровной внутренней поверхностью, повторяющие своими очертаниями рельеф мозга в зоне кровоизлияния. Важными дифференциально-диагностическими признаками острых субдуральных гематом являются значительная площадь кровоизлияния, острые края гематомы, тенденция к распространению в борозды и субарахноидальные щели, отсутствие симптомов смещения границы между белым и серым веществом, а также отеснение мозга от внутреннего листка твердой мозговой оболочки. При КТ плотность острых субдуральных гематом находится в пределах +55...+75 НУ. Отношение длины гематомы к толщине в среднем составляет 10:1 (рис. 14.46).

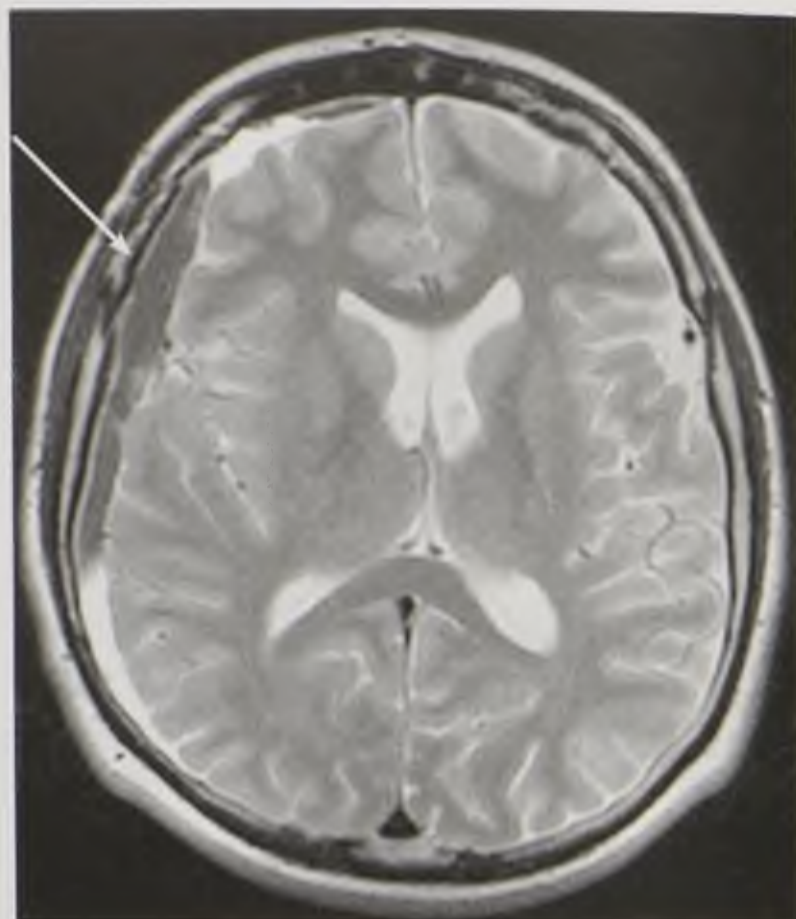
Церебральная ангиография: бессосудистая зона, смещение передней мозговой артерии в противоположную сторону.

Субарахноидальные кровоизлияния

КТ: повышенная плотность содержимого цистерн мозга и сгустки крови в подбололочном пространстве (рис. 14.47).



а



б

Рис. 14.46. Субдуральная гематома: компьютерная томограмма (а) и магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение (б) в аксиальной плоскости (стрелка)

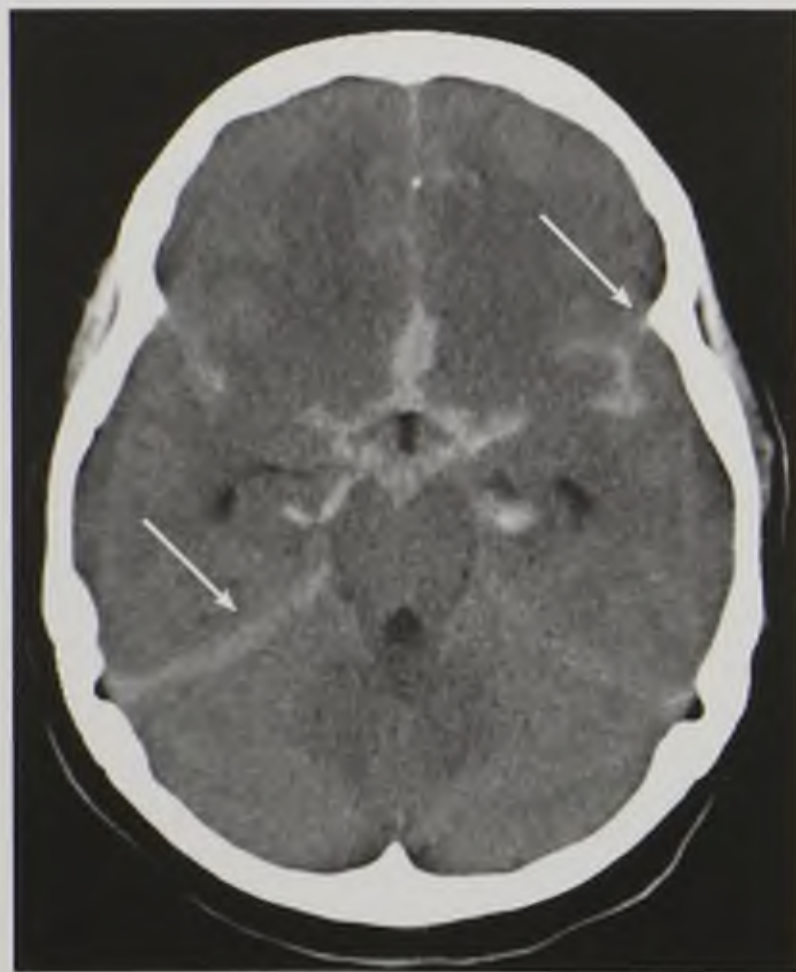


Рис. 14.47. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Острое субарахноидальное кровоизлияние вдоль намета мозжечка, межполушарной и силвиевых щелей (стрелки)

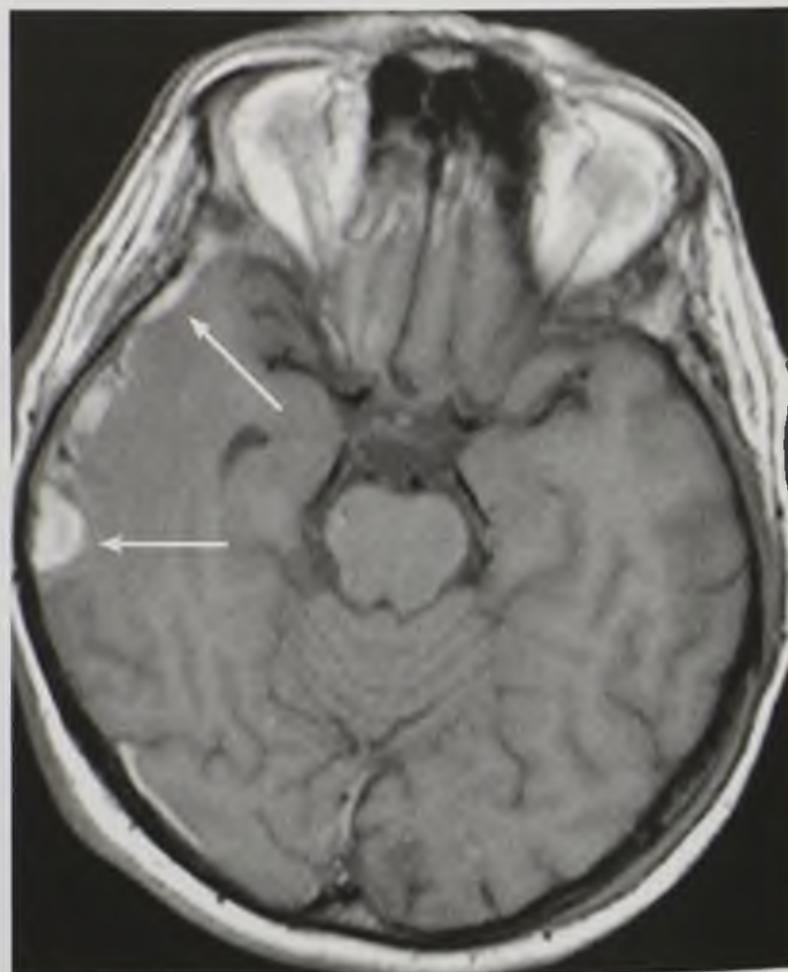


Рис. 14.48. Магнитно-резонансная томограмма в аксиальной плоскости. Субарахноидальное кровоизлияние в подострой стадии. Определяется зона гиперинтенсивного магнитно-резонансного сигнала на T1-взвешенном изображении в подпаутинном пространстве вдоль борозд (стрелки)

МРТ: гиперинтенсивный сигнал на T1-ВИ, выявляющийся на 2-е сутки (рис. 14.48).

Внутричерепные гематомы

КТ: высокоплотные (+65...+75 НУ) однородные очаги округлой или овальной формы с ровными контурами. Узкая полоска пониженной плотности вокруг очагов обусловлена скоплением плазмы, отделившейся из сгустка крови в процессе его ретракции.

МРТ: изображение внутричерепных кровоизлияний имеет особенности, обусловленные стадией процесса. Острая гематома изоинтенсивна с белым веществом на T1-ВИ и гиперинтенсивна на T2-ВИ. В подострой стадии отмечается повышение интенсивности МР-сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ гематомы.

Церебральная ангиография: смещение крупных артериальных сосудов с раздвиганием их ветвей и образованием между ними бессосудистой зоны.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методики рентгенологического исследования черепа и головного мозга.
2. Каковы основные показания к проведению КТ черепа и головного мозга?
3. Перечислите РФП, используемые для ОФЭКТ головы.
4. Каковы прямые и косвенные признаки опухоли головного мозга при КТ и МРТ?
5. Каковы классификация и рентгенологические признаки повреждений костей черепа?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА И СПИННОГО МОЗГА

15.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Основными методами лучевой диагностики в вертебрологии являются МРТ и КТ как наиболее информативные в диагностике многих заболеваний и повреждений. Однако рентгенологический метод по-прежнему имеет определенное значение в первичной диагностике патологии позвоночника.

15.1.1. Рентгенологический метод

Рентгенография позвоночника (спондилография)

Рентгенографию *позвоночника* обязательно выполняют в двух взаимно перпендикулярных проекциях: прямой задней и боковой. Кроме того, для отображения некоторых анатомических деталей, таких как межпозвоночные суставы и отверстия, производят рентгенограммы в косых проекциях. Для определения изменений межпозвоночных дисков и изучения двигательной функции шейного и поясничного отделов позвоночника осуществляют функциональное исследование с выполнением спондилограмм в боковой проекции при максимальном сгибании и разгибании позвоночника.

На рентгенограммах *шейного отдела позвоночника* в прямой проекции отображаются четыре нижних шейных позвонка, поскольку верхние позвонки перекрываются нижней челюстью и затылочной костью. Для изучения I и II шейных позвонков выполняют рентгенографию в прямой проекции через открытый рот. При этом на рентгенограмме визуализируются боковые массы I шейного позвонка и его поперечные отростки, тело и зуб II шейного позвонка. Четко видна рентгеновская суставная щель между боковыми массами I и суставными отростками II шейного позвонков («нижний сустав головы»). При соответствующем положении головы видна щель между затылочными мыщелками и боковыми массами первого шейного позвонка («верхний сустав головы»). На этой рентгенограмме могут быть выявлены травматические повреждения зубовидного отростка, деструктивные или дегенеративно-дистрофические изменения.

Рентгенограмма шейного отдела позвоночника в боковой проекции предназначена для изучения этого отдела на всем протяжении. На рентгенограмме в боковой проекции хорошо видны тела позвонков, межпозвоночные диски,

суставы, остистые отростки. На задние отделы тел позвонков накладываются поперечные отростки, представляющиеся в виде полуовальных образований.

Эта рентгенограмма дает возможность оценить форму и структуру тел позвонков, состояние межпозвоночных дисков, выявить дегенеративно-дистрофические поражения. Снимок информативен при переломах и переломовывихах, воспалительных, деструктивных изменениях и аномалиях краниовертебральной области.

Для выявления межпозвоночных отверстий и заднебоковых отделов тел позвонков выполняют рентгенограммы в косой проекции. На рентгенограммах четко видны края межпозвоночных отверстий, ножки дуг прилежащих к рентгеновской пленке половин позвонков, заднебоковые поверхности тел позвонков, межпозвоночные диски.

Рентгенографию шейного отдела позвоночника в условиях функциональных проб проводят в боковой проекции в условиях максимального сгибания и разгибания шеи. Эти снимки дают возможность выявить смещение вышележащих позвонков по отношению к нижележащим как назад, так и вперед и установить вид и степень деформации передней стенки позвоночного канала.

Рентгенограммы *грудного отдела позвоночника* также выполняют в двух взаимно перпендикулярных проекциях.

На рентгенограмме в прямой проекции видны тела позвонков, межпозвоночные диски, ножки дуг, поперечные и остистые отростки. Хорошо выявляются реберно-позвоночные суставы, образованные головками ребер и телами позвонков, а также суставы, образованные бугорками ребер и поперечными отростками. Позвоночный канал представляется пространством, ограниченным по сторонам линиями, проведенными по внутренним краям ножек дуг. На протяжении грудного отдела он постепенно расширяется по направлению сверху вниз.

Рентгенограмма в боковой проекции предназначена для изучения средних и нижних грудных позвонков. Верхние грудные позвонки до уровня IV позвонка перекрыты массивной тенью плечевого пояса и на боковой рентгенограмме плохо различимы. На рентгенограмме хорошо видны тела, замыкающие пластинки, межпозвоночные диски и отверстия.

Рентгенограммы грудного отдела позвоночника применяются для выявления различных воспалительных, опухолевых заболеваний, дегенеративно-дистрофических поражений, аномалий развития и травматических повреждений.

Пояснично-крестцовый отдел позвоночника имеет анатомические особенности при рентгенологическом исследовании.

Спондилограмма в прямой проекции дает возможность изучить форму, контуры и структуру поясничных позвонков, высоту и форму межпозвоночных дисков, особенности статики позвоночника. На снимке видны тела позвонков в виде крупных прямоугольников, величина которых нарастает сверху вниз, ножки дуг в виде четких овалов, дуги с отходящими от них суставными, поперечными и остистыми отростками.

На боковом снимке хорошо видны тела позвонков и межпозвоночные диски, отчетливо прослеживаются замыкающие пластинки, а также ножки дуг. Видны также и межпозвоночные отверстия. По боковому снимку представляется

возможным более правильно судить о равномерности высоты тел позвонков и о состоянии межпозвоночных дисков. Боковая спондилограмма дает важную информацию для диагностики аномалий развития, дегенеративно-дистрофических, воспалительных, опухолевых заболеваний и травматических поражений этого отдела позвоночника (рис. 15.1).

Для более детального изучения состояния межпозвоночных суставов и крестцово-подвздошных сочленений выполняют рентгенограммы пояснично-крестцового отдела в косых проекциях. На этих рентгенограммах отчетливо видны верхние и нижние суставные отростки, суставные щели между ними, хорошо прослеживается расположенная ближе к пленке ножка дуги. На рентгенограмме визуализируются контуры суставных поверхностей подвздошной кости и крестца, образующие сочленение.

Рентгенография пояснично-крестцового отдела позвоночника в условиях выполнения функциональных проб (сгибание и разгибание) дает возможность

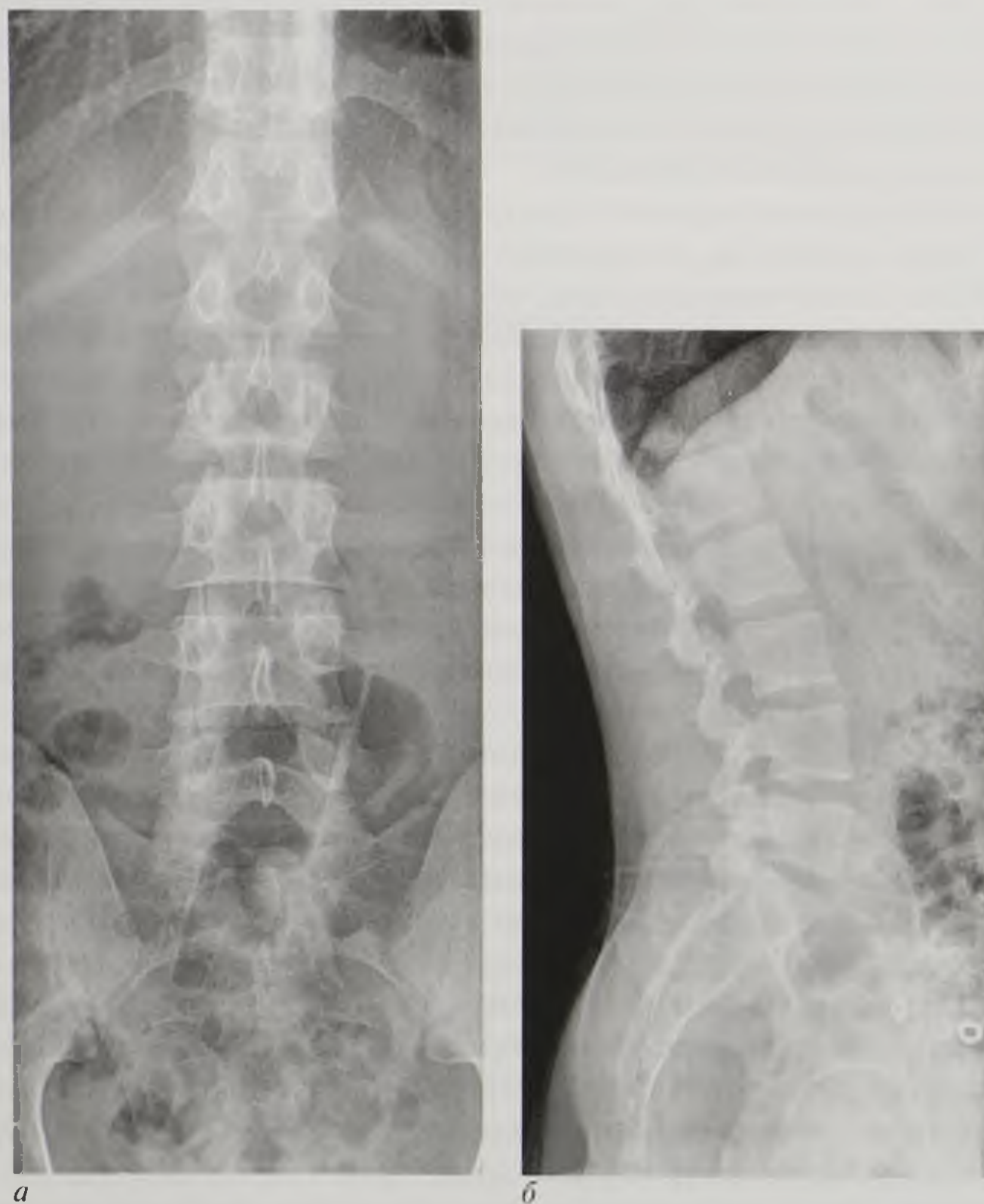


Рис. 15.1. Рентгенограммы поясничного отдела позвоночника в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Норма

выявить как патологическую подвижность, так и потерю подвижности на уровне пораженного сегмента.

Нестабильность позвоночно-двигательного сегмента диагностируют тогда, когда при рентгенометрии функциональных спондилограмм выявляется смещение позвонка вперед или назад более 4 мм. Переднее или заднее смещение позвонка от 2 до 4 мм является признаком патологической подвижности.

Рентгеноконтрастные методики исследования подпаутинных пространств спинного мозга

В настоящее время контрастные методики исследования подпаутинных пространств позвоночного канала используют редко в связи с внедрением в клиническую практику КТ и МРТ, в основном при их отсутствии.

Позитивная миелография позволяет выявлять деформации, локальные сдавления или расширения подпаутинных пространств при различных заболеваниях и травмах спинного мозга и его оболочек.

15.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

КТ позволяет получать послойные изображения различных структур позвоночника на всем протяжении сканирования, а именно мягких тканей паравerteбральной области, костных структур с трабекулярным и кортикальным слоями, позвоночного канала, содержащего жировую ткань, спинного мозга, нервных корешков, спинномозговой жидкости.

Получение изображений спинного мозга с помощью КТ затруднено вследствие низкой информативности метода даже после введения РКС.

КТ-обследование в спиральном режиме считается оптимальным методом диагностики у пострадавших с травмой позвоночника. Можно изучить и охарактеризовать все анатомические изменения костных структур, смежных органов и тканей, оценить состояние дурального мешка (рис. 15.2).

Компьютерно-томографическая миелография проводится с целью лучшей визуализации структур позвоночного канала.

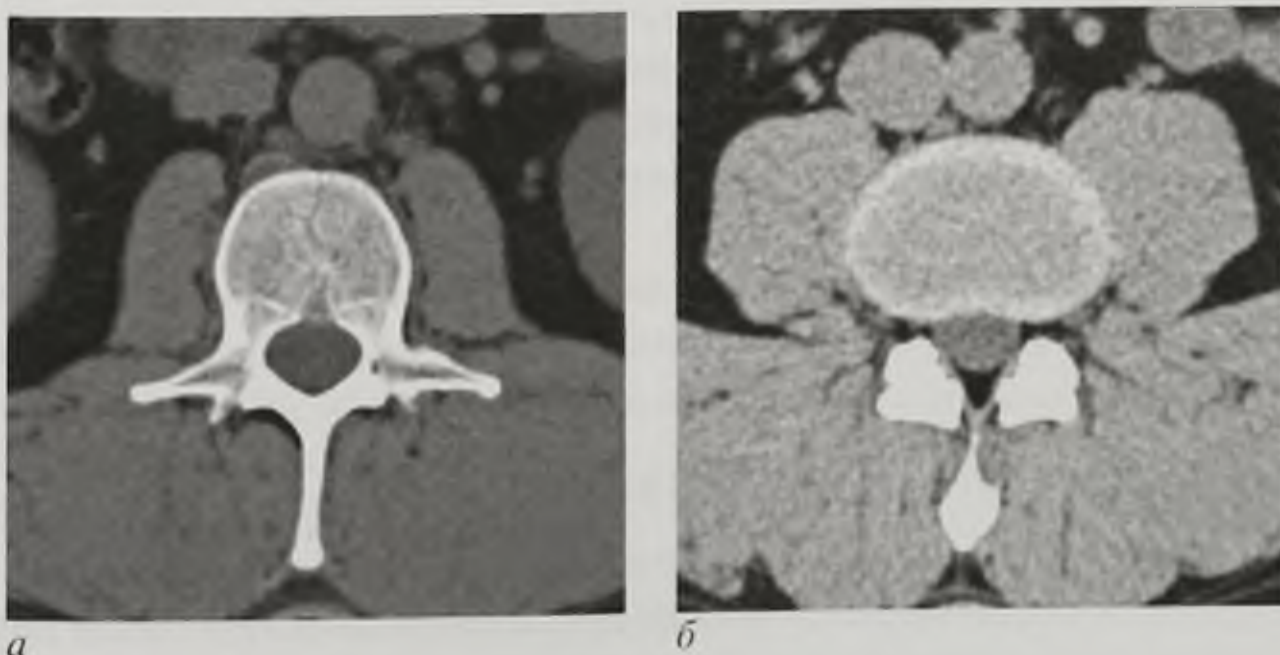


Рис. 15.2. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника: *а* — аксиальный срез через тело; *б* — аксиальный срез через диск

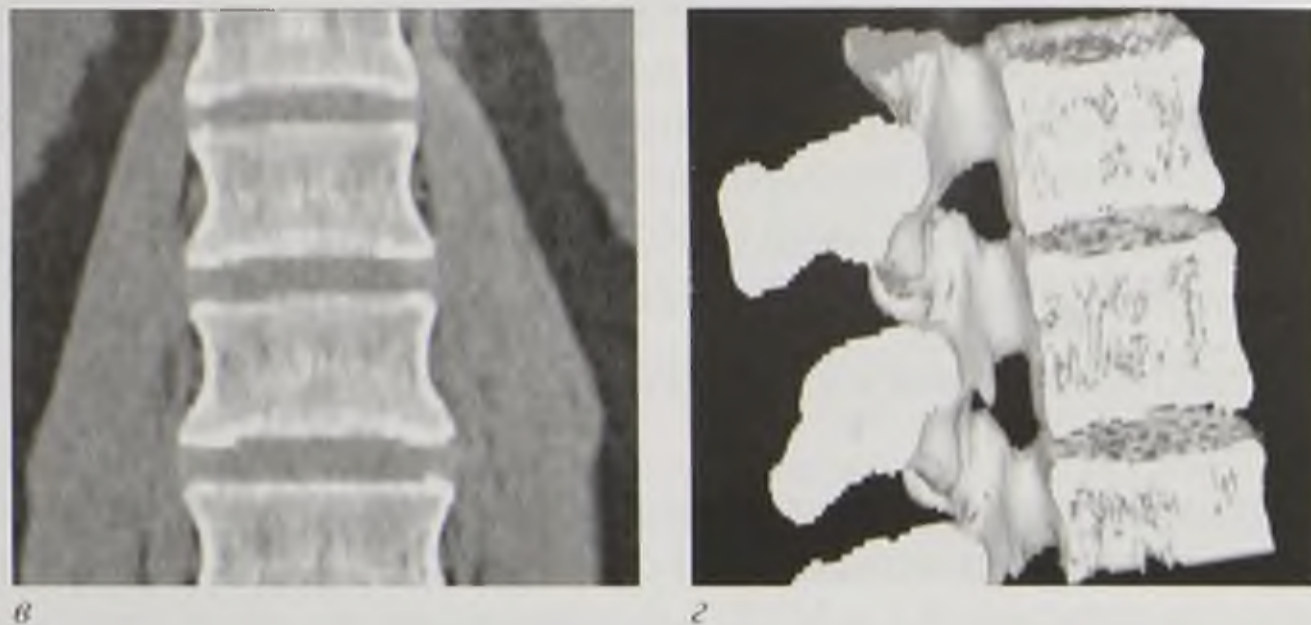


Рис. 15.2. Окончание. *в* — мультипланарная реконструкция во фронтальной плоскости; *г* — 3D-реконструкция в сагиттальной плоскости. Норма



Рис. 15.3. Компьютерно-томографическая миелограмма шейного отдела позвоночника (мультипланарная реконструкция). После эндолумбального введения контрастного вещества субарахноидальное пространство (стрелка) имеет повышенную плотность по сравнению со спинным мозгом

При КТ-миелографическом исследовании на фоне заполненных РКС подпаутинных пространств хорошо визуализируются контуры спинного мозга. Можно определить его диаметр и расположение в позвоночном канале, ширину подпаутинных пространств (рис. 15.3).

Основным достоинством этой методики является возможность определения проходимости субарахноидального пространства.

15.1.3. Магнитно-резонансная томография

Независимо от технических особенностей аппаратуры обязательно получают Т1-ВИ и Т2-ВИ исследуемого отдела позвоночника в сагиттальной плоскости. В дальнейшем в зависимости от выявленной на сагиттальных срезах патологии выполняют изображения в аксиальной или фронтальной плоскости на уровне поражения.

Нормальная МР-анатомия позвоночника и спинного мозга. Структуры позвоночника и спинного мозга наилучшим образом видны на T1-ВИ. При этом спинной мозг на томограммах в сагиттальной плоскости имеет изоинтенсивный сигнал на фоне гипоинтенсивного сигнала от субарахноидального пространства и связочного аппарата. Четко визуализируются его контуры и расположение в просвете позвоночного канала. Костный мозг тел позвонков, студенистое ядро межпозвоночных дисков дают сигнал средней интенсивности. Компактная костная ткань замыкающих пластинок дает выраженный гипоинтенсивный сигнал, обусловленный малым содержанием воды. Фиброзное кольцо гипоинтенсивное, сливается по периферии с замыкающими пластинками. Задняя продольная связка вплотную прилежит к задней поверхности тел позвонков и четко не дифференцируется, так же как и передняя продольная связка. Передняя продольная связка толще задней и прилежит только к телам, но не к межпозвоночным дискам (рис. 15.4).

На T2-ВИ спинной мозг, так же как костный мозг тел позвонков и связочный аппарат, дают изоинтенсивный МР-сигнал. Спинномозговая жидкость дает выраженный гиперинтенсивный сигнал. МР-сигнал центральной части межпозвоночных дисков также высокий по сравнению со спинным мозгом. Наружная часть фиброзного кольца формирует периферическую гипоинтенсивную часть диска (см. рис. 15.4).

На МР-томограммах в аксиальной проекции видно, что спинной мозг состоит из серого вещества, расположенного в середине, и белого — по периферии. В задней части тел позвонков визуализируется горизонтальная линия с гипоинтенсивным сигналом на T1-ВИ и гиперинтенсивным на T2-ВИ, свидетельствующая о наличии вен и венозных сплетений (МР-сигнал от медленно текущей жидкости).

На аксиальных МР-томограммах четко визуализируются содержимое дурального мешка и окружающие его структуры. Отчетливо прослеживается межпозвоночный канал. На фоне яркого сигнала от жира, расположенного в межпозвоночных отверстиях, четко визуализируются корешки спинномозговых нервов.

На парасагиттальных изображениях визуализируются дугоотростчатые суставы, образованные верхним суставным отростком нижележащего позвонка и нижним суставным отростком вышележащего позвонка, и межпозвоночные отверстия, которые заполнены жиром, имеющим гиперинтенсивный сигнал. На фоне этого сигнала четко визуализируется спинномозговой нерв, выходящий через межпозвоночное отверстие.

Бесконтрастная МР-миелография — методика визуализации структур позвоночного канала без введения контрастного вещества, основанная на получении сигнала от спинномозговой жидкости, когда сигнал от костных структур и мягких тканей подавляется.

На МР-миелограммах четко визуализируется дуральный мешок с его содержимым. Основными показаниями к проведению МР-миелографии являются патологические состояния, вызывающие компрессию, деформацию и дефекты наполнения дурального мешка и субарахноидальных пространств. К таким состояниям относятся грыжи межпозвоночных дисков, экстра- и интрамедуллярные опухоли, повреждения позвоночника и спинного мозга.



Рис. 15.4. Магнитно-резонансные томограммы поясничного отдела позвоночника: *а* — T1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; *б* — T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости; *в* — T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости; *г* — бесконтрастная магнитно-резонансная миелограмма в сагиттальной плоскости

15.1.4. Радионуклидный метод

Для радионуклидных исследований позвоночника используют РФП на основе технеция (^{99m}Tc). К ним относятся Пирфотех ^{99m}Tc и технеция [99mTc] оксабифор (Технефор ^{99m}Tc).

Сцинтиграфию проводят через 3 ч после внутривенного введения РФП в дозе 500 МБк.

Показаниями к применению радионуклидного метода являются первичные и метастатические опухоли, системные поражения и воспалительные заболевания. Радионуклидную сцинтиграфию считают лучшим методом скринингового обследования больных при подозрении на метастазы в позвоночнике (рис. 15.5, см. цв. вклейку).

Для определения стадии злокачественных опухолей также выполняют радионуклидные исследования с применением РФП на основе позитронизлучающих радионуклидов (ПЭТ), как правило, с ^{18}F -ФДГ. Это исследование можно применять как на дооперационном этапе, так и для оценки эффективности проведенного хирургического и химиолучевого лечения.

15.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ СПИННОГО МОЗГА

15.2.1. Опухоли спинного мозга

Интрамедуллярные опухоли

КТ: малоинформативна, так как в большинстве случаев трудно дифференцировать изоденсную ткань опухоли и спинной мозг.

МРТ: интрамедуллярные опухоли практически всегда сопровождаются увеличением объема спинного мозга и перифокальным отеком. Увеличение поперечного размера спинного мозга в зоне объемного процесса вызывает сужение или блокаду субарахноидального пространства. Опухоль проявляется повышенным МР-сигналом на Т2-ВИ, на Т1-ВИ она может быть не видна из-за изоинтенсивности МР-сигнала нормальной ткани спинного мозга (рис. 15.6).

КТ и МРТ контрастная: накопление контрастного вещества тканью опухоли.

КТ, МРТ и позитивная миелография: утолщение спинного мозга в области опухоли, распространение контрастного вещества в виде тонких полос вокруг



Рис. 15.6. Магнитно-резонансная томограмма шейного отдела позвоночника, Т2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Интрамедуллярное образование (стрелка), имеющее неоднородный сигнал, вызывает увеличение спинного мозга в объеме, расширение центрального канала спинного мозга

утолщенного спинного мозга; при больших размерах опухоли возможна полная блокада субарахноидального пространства.

Экстрamedулярные опухоли

Эти опухоли вызывают не утолщение, а сдавление спинного мозга с расширением субарахноидального пространства выше и ниже опухоли.

МРТ: узловое образование в дуральном мешке, деформация субарахноидального пространства, асимметрия положения спинного мозга в позвоночном канале и его сдавление (рис. 15.7).

МРТ контрастная: опухоли накапливают контрастное вещество, что значительно улучшает визуализацию структуры, границ и распространенности новообразования.

КТ: узловое плотное (+35...+45 НУ) образование в дуральном мешке, кальцинаты в опухоли, изменение костной структуры стенок позвоночного канала в виде склероза, гиперостоза, деструкции, атрофии.

КТ контрастная выявляет повышение плотности в опухоли.

КТ- и МРТ-миелография позволяют уточнить сдавление спинного мозга с соответствующим расширением субарахноидального пространства выше и ниже опухоли. На КТ-миелограммах эти опухоли визуализируются как зона дефекта наполнения дурального мешка, также выявляются деформация и оттеснение спинного мозга объемным образованием (рис. 15.8).

Позитивная миелография: дефект наполнения субарахноидального пространства спинного мозга со смещением и сдавлением спинного мозга.

Спондилография: симптомы атрофии от давления — увеличение фронтального диаметра позвоночного канала в результате атрофии ножек дуг (симптом Элсберга–Дайка); укорочение ножек дуги; расширение межпозвоночного отверстия, углубление (экскавация) дорсальных поверхностей тел позвонков.

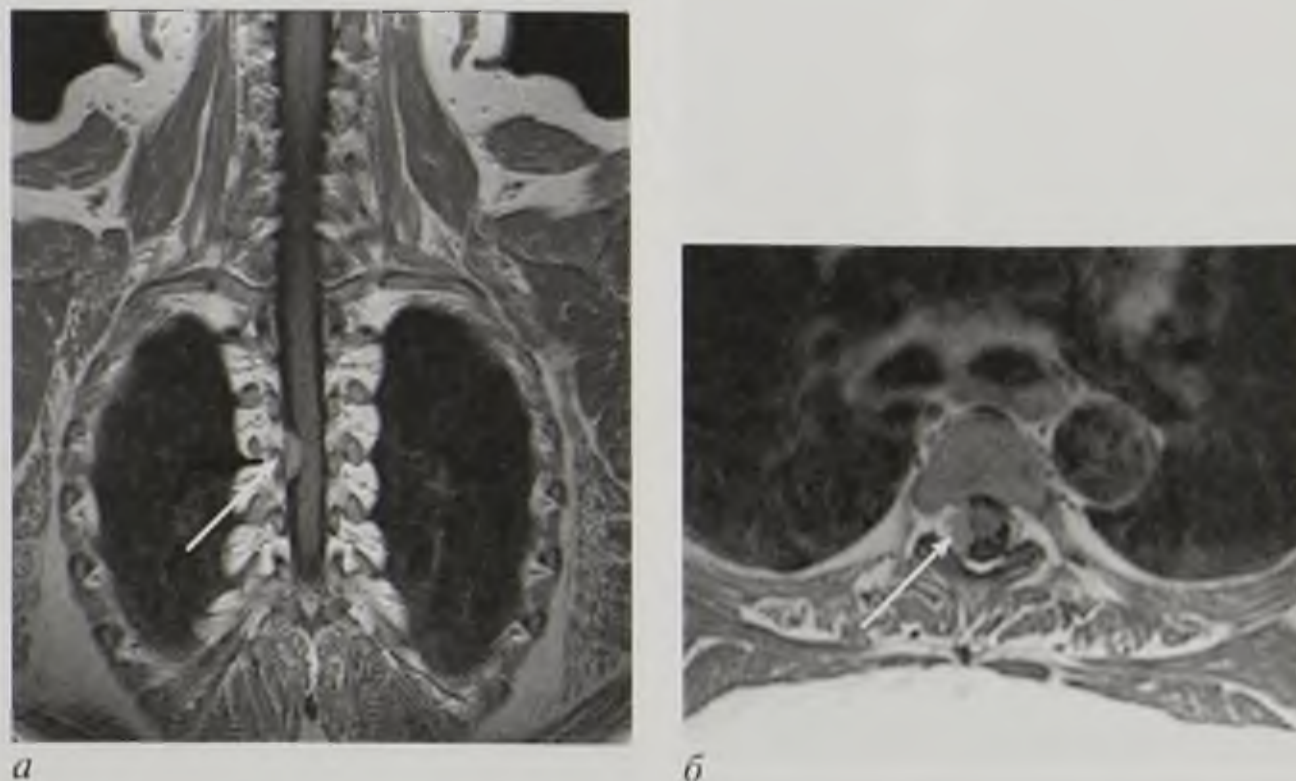


Рис. 15.7. Магнитно-резонансные томограммы грудного отдела позвоночника, T1-взвешенное изображение с контрастным усилением во фронтальной (а) и аксиальной (б) плоскости. Менингиома (стрелка). Интенсивно накапливает контрастное вещество, располагается экстрamedулярно и оттесняет спинной мозг в противоположную сторону

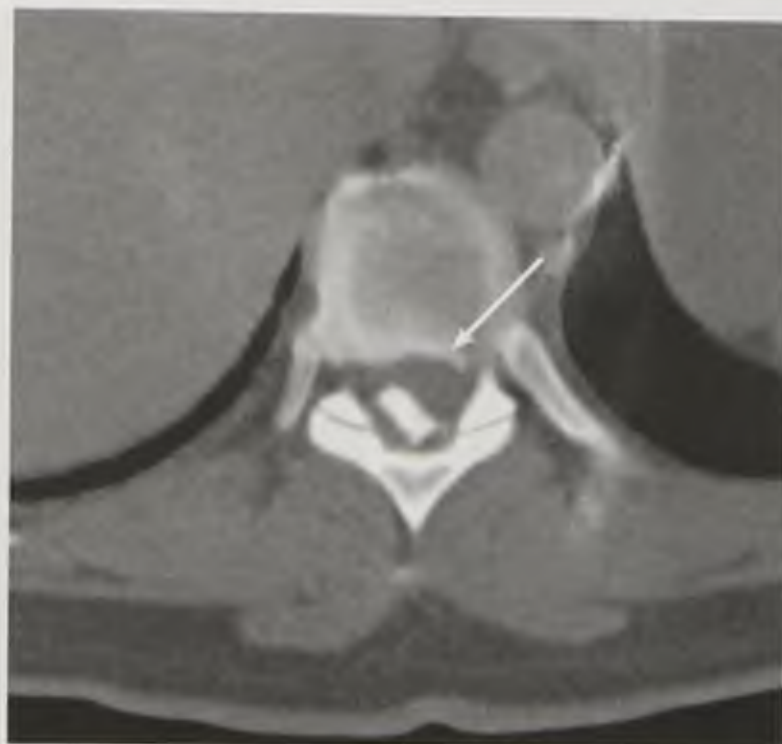


Рис. 15.8. Компьютерно-томографическая миелограмма в аксиальной плоскости на уровне позвонка Th₁₁. Менингиома (стрелка). Располагается слева экстрадурально, отодвигает дуральный мешок в противоположную сторону

15.2.2. Демиелинизирующие заболевания

Из всех демиелинизирующих заболеваний наиболее часто встречается рассеянный склероз. В острой стадии заболевания определяются все элементы воспаления и дегенерации.

Приоритетным методом лучевой диагностики является МРТ, хотя очаги демиелинизации выявляются и при КТ, но гораздо хуже. Процессы демиелинизации сопровождаются снижением рентгеновской плотности вследствие избыточной гидратации патологически измененных тканей.

КТ: I тип — очаговое снижение плотности (0...+15 НУ) без накопления РКС; II тип — накопление контрастного вещества изоплотными очагами, но усиление чаще всего отсроченное, в связи с чем КТ следует проводить не ранее чем через 10–25 мин после внутривенного введения РКС.

МРТ: патогномоничный признак — обнаружение интрамедуллярных бляшек, чаще в шейном отделе спинного мозга, реже в грудном. Бляшки рассеянного склероза лучше выявляются на Т2-ВИ, на которых они имеют вид гиперинтенсивного очага на фоне неизмененного спинного мозга. В активной стадии, помимо бляшек, определяется локальный отек спинного мозга.

МРТ контрастная позволяет установить активность процесса по накоплению контрастного вещества.

15.2.3. Воспалительные заболевания

Поперечный миелит

К интрамедуллярным воспалительным заболеваниям относят прежде всего поперечный миелит — воспалительный процесс спинного мозга, имеющий полиэтиологическое происхождение (вирусная инфекция, острый диссеминированный энцефаломиелит, саркоидоз спинного мозга).

МРТ: веретенообразное расширение спинного мозга со снижением интенсивности МР-сигнала на T1-ВИ и повышением на T2-ВИ.

МРТ контрастная: повышение интенсивности МР-сигнала на постконтрастных T1-ВИ, характерное для воспалительного процесса.

К интрадуральным экстрамедуллярным воспалительным заболеваниям относят арахноидит, острые и подострые лептоменингеальные инфекции.

Арахноидит

В классическом варианте проявляется спайками оболочек спинного мозга с вовлечением корешков спинномозговых нервов и ткани мозга.

МРТ: компрессия, деформация корешков внутри субарахноидального пространства, утолщение оболочек спинного мозга, сужение и неоднородность структуры субарахноидального пространства.

К экстрадуральным воспалительным заболеваниям относят специфический и неспецифический спондилит (остеомиелит).

Остеомиелит

Рентгенография: в начале заболевания определяются деструкция губчатого вещества тела позвонка и нечеткость контуров замыкающей пластинки. При прогрессировании процесса выявляются разрушение и деформация позвонка, образование секвестров (рис. 15.9).



Рис. 15.9. Рентгенограмма шейного отдела позвоночника. Остеомиелит позвонков Th_V и Th_{VI}. Деструкция замыкающей пластинки и тел позвонков с их деформацией (стрелка)

КТ: участки деструкции губчатого вещества позвонка; неровность (узурация) контура замыкающих пластинок; формирование секвестров; поражение паравертебральных структур вокруг пораженного позвонка или на значительном удалении от первичного очага; поражение задних отделов позвонка (дорсальная часть тела, дуги, суставные отростки). КТ позволяет выявлять минимальные изменения на ранних стадиях процесса (рис. 15.10).

МРТ: в начале воспаления усиление МР-сигнала на T2-ВИ от костного мозга вследствие его отека (рис. 15.11).

Паравертебральные мягкотканые воспалительные изменения хорошо выявляются в виде очагов с усилением МР-сигнала на T2-ВИ на фоне низкого сигнала от мышц.

Острый эпидуральный абсцесс

Редко встречающаяся патология с гематогенной диссеминацией. При хроническом эпидуральном абсцессе (эпидурите) происходит прямое распространение воспаления из позвонка в эпидуральное пространство.

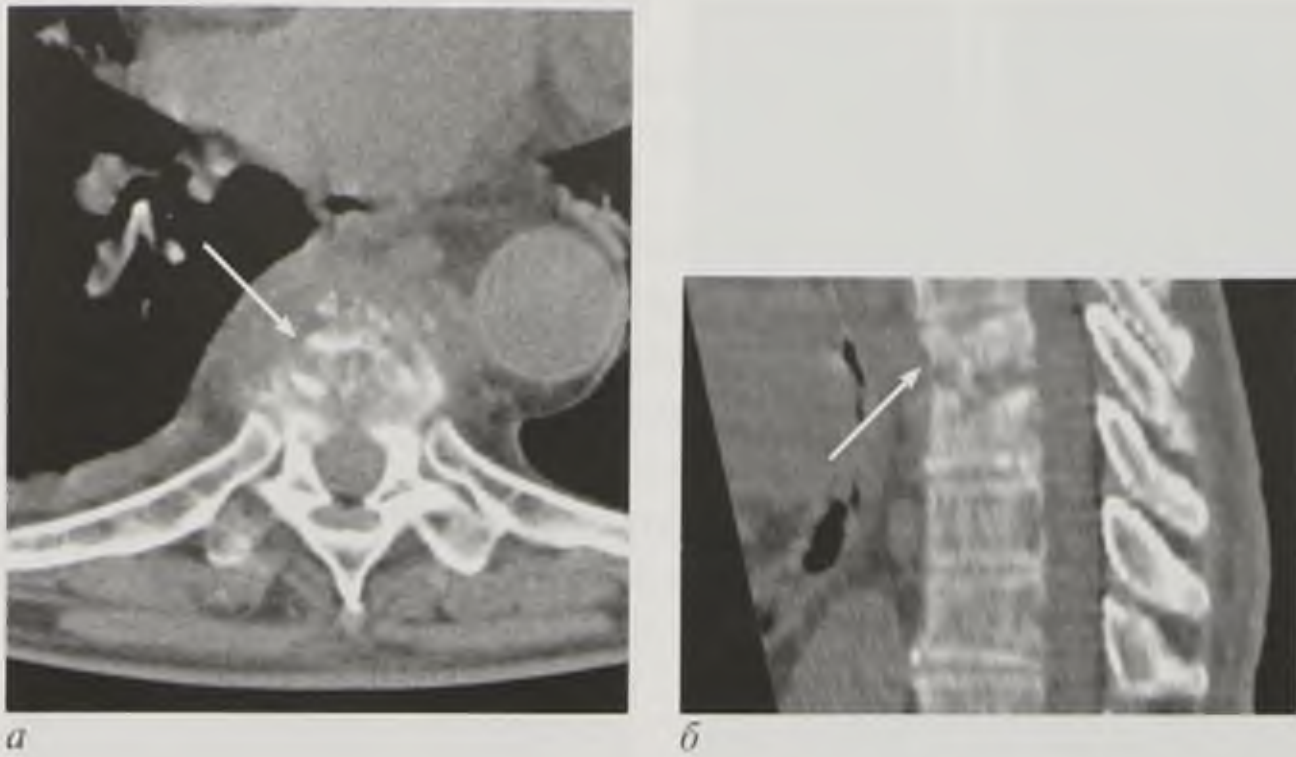


Рис. 15.10. Компьютерные томограммы грудного отдела позвоночника в аксиальной плоскости (*а*) и мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (*б*). Остеомиелит позвонков Th_{VII}–Th_{VIII}. Разрушение тел позвонков с наличием паравертебрального мягкотканного компонента (стрелки)

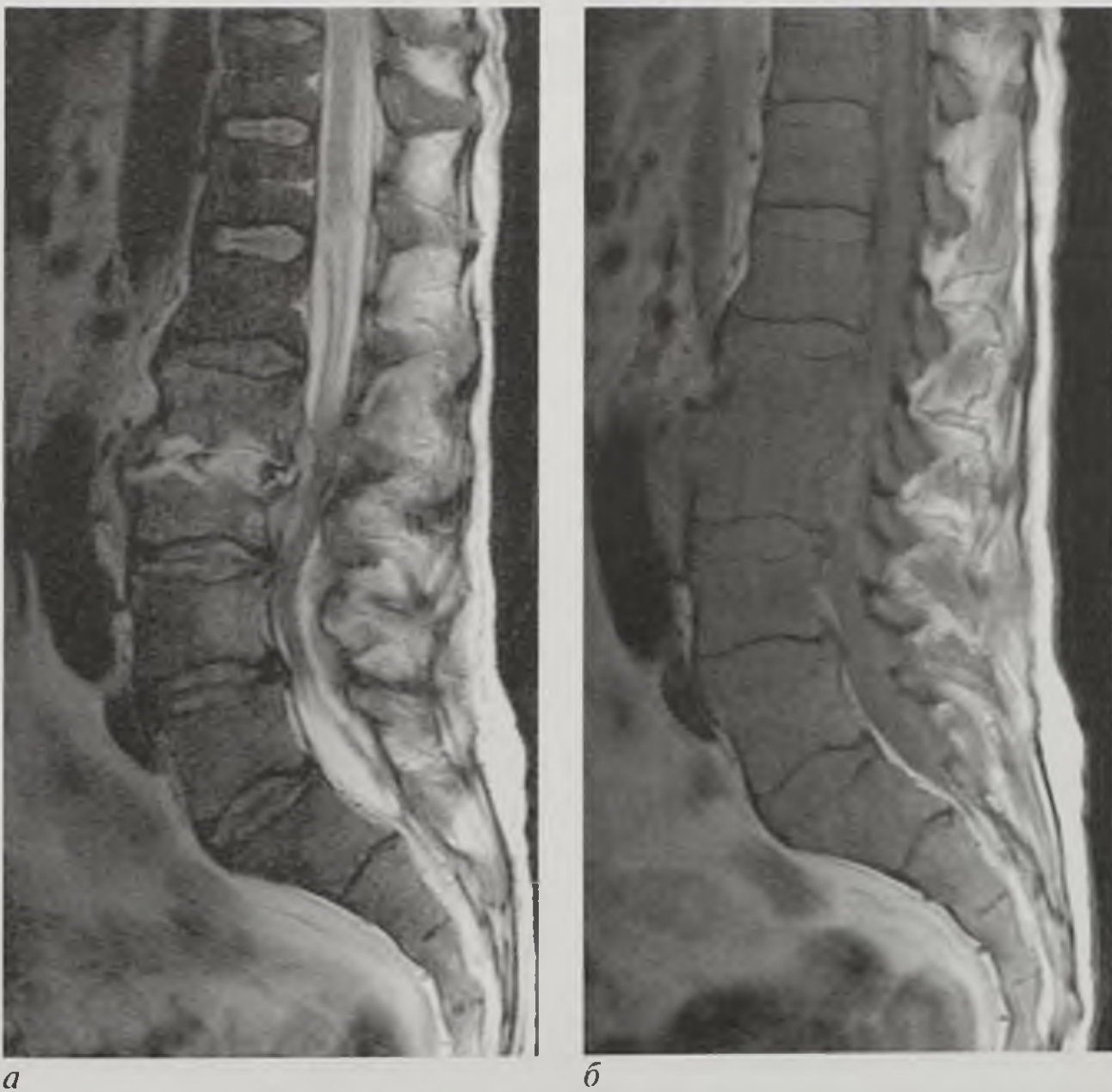


Рис. 15.11. Магнитно-резонансные миелограммы в сагиттальной плоскости (*а, б*) поясничного отдела позвоночника, T2-взвешенное изображение (*а*), T1-взвешенное изображение (*б*). Спондилит позвонков L_I, L_{III}

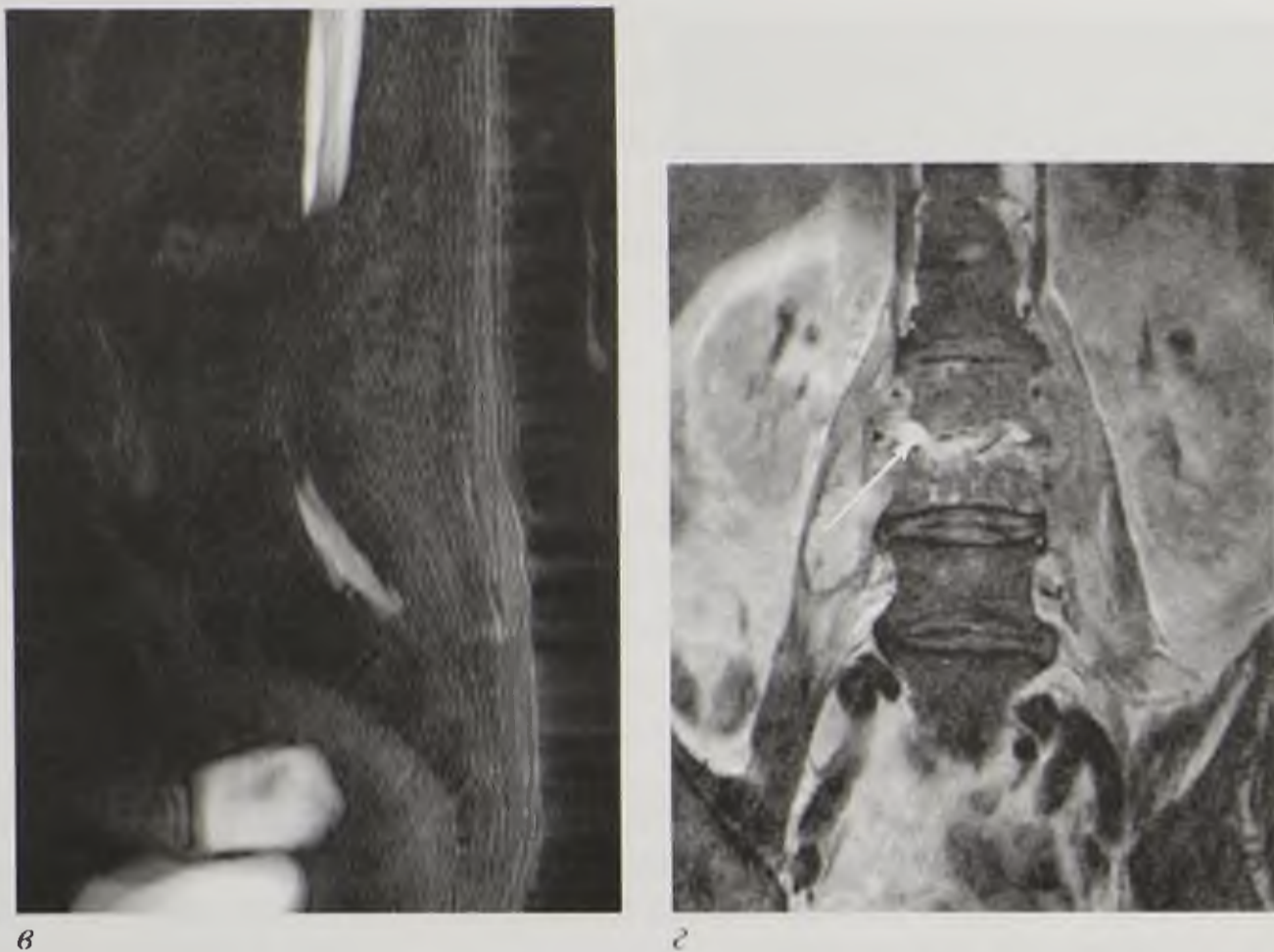


Рис. 15.11. Окончание. На T2-взвешенном изображении бесконтрастной магнитно-резонансной миелограммы в сагиттальной плоскости (а) — блок ликвородинамики. На T2-взвешенном изображении во фронтальной плоскости (б) визуализируется паравертебральный воспалительный мягкотканый компонент (стрелка)

МРТ: абсцесс имеет выпуклую форму, как правило, с гиперинтенсивным МР-сигналом на T2-ВИ (рис. 15.12).



Рис. 15.12. Магнитно-резонансные томограммы грудного отдела позвоночника, T2-взвешенное изображение в сагиттальной (а) и аксиальной (б) плоскостях. Эпидурит. Тонкая полоска твердой мозговой оболочки (стрелка), имеющая гипоинтенсивный магнитно-резонансный сигнал на фоне гиперинтенсивного магнитно-резонансного сигнала от жидкости (гноя) и изоинтенсивного магнитно-резонансного сигнала от спинного мозга

Специфический (туберкулезный) спондилит

Поражение тел позвонков, межпозвоночных дисков, формирование холодного абсцесса и паравертебрального натечника. Типично поражение нескольких позвонков.

Рентгенография: деструкция тел позвонков с распространением на межпозвоночный диск; клиновидная деформация тел позвонков.

КТ, МРТ: деструкция костной ткани в смежных позвонках; клиновидная деформация тел позвонков; вовлечение в патологический процесс паравертебральных структур с формированием натечника со слоистой структурой и включениями костной плотности; полное разрушение межпозвоночного диска. Задние структуры тел позвонков не поражаются.

15.2.4. Сосудистые заболевания

Артериовенозная мальформация спинного мозга

МРТ: интрамедуллярные АВМ проявляются извитыми расширенными сосудами, кровоснабжающими патологический узел. На T1-ВИ и T2-ВИ отмечается эффект потери МР-сигнала. Более четко узел АВМ визуализируется на T2-ВИ на фоне гиперинтенсивного МР-сигнала от спинномозговой жидкости (рис. 15.13).

Спинальная ангиография: конгломерат патологически измененных сосудов с расширенными артериями и венами.

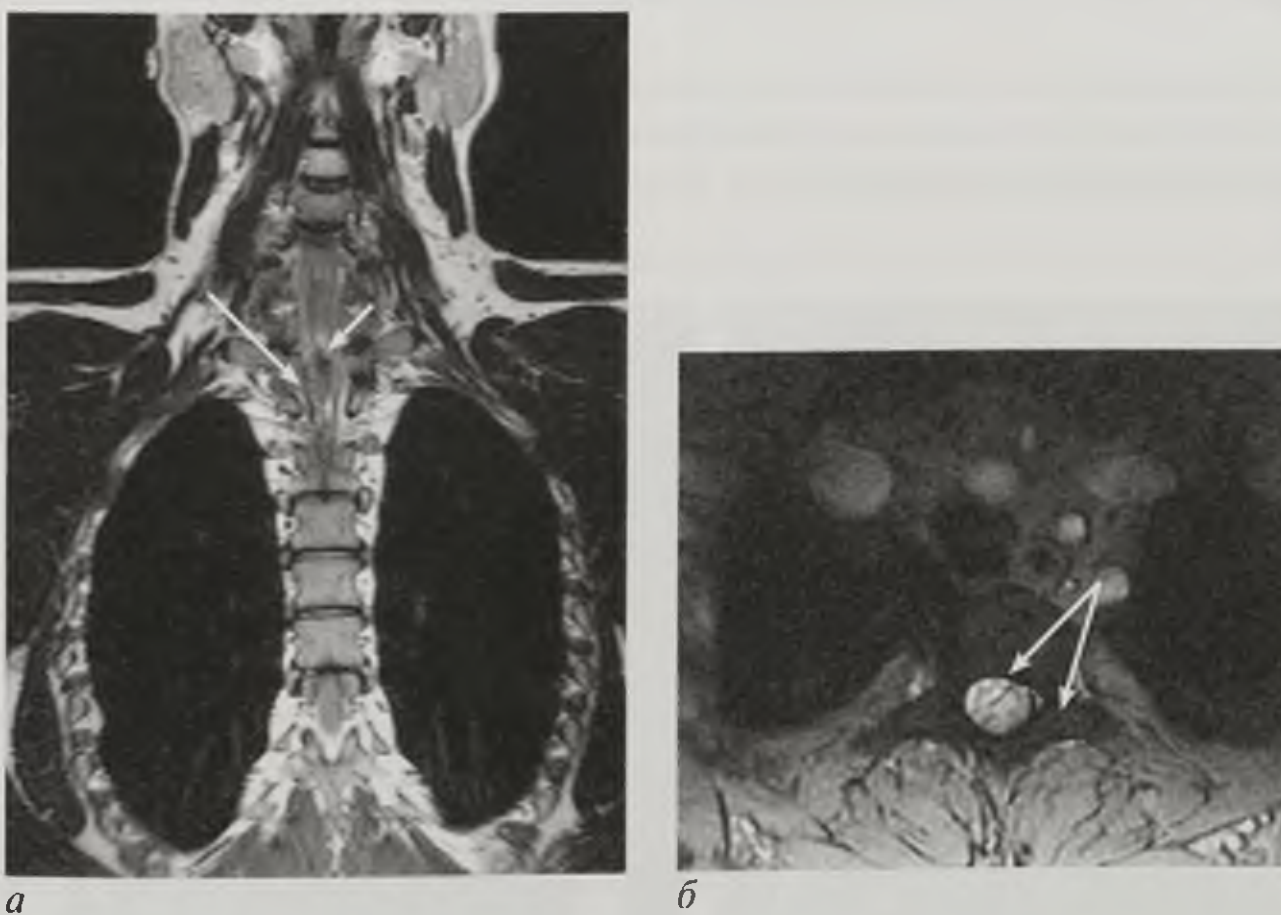


Рис. 15.13. Магнитно-резонансные томограммы грудного отдела позвоночника, T2-взвешенное изображение во фронтальной (а) и аксиальной (б) плоскостях. Узел артериовенозной мальформации (короткая стрелка) представлен в виде участка неоднородного изменения интенсивности магнитно-резонансного сигнала, визуализируются расширенные сосуды в виде линейных участков гипоинтенсивного магнитно-резонансного сигнала (длинные стрелки)

Гемангиомы позвонков

Гемангиомы позвонков — это экстрадуральные АВМ, доброкачественное поражение тел позвонков. В патологический процесс нередко вовлекается несколько позвонков.

КТ: на аксиальных срезах картина напоминает «ткань в горошек», при капиллярной форме отмечаются истончение или прорыв кортикального слоя («вздутие») (рис. 15.14).

МРТ: на T1-ВИ зона со снижением интенсивности МР-сигнала. На T2-ВИ — усиление сигнала (рис. 15.15).

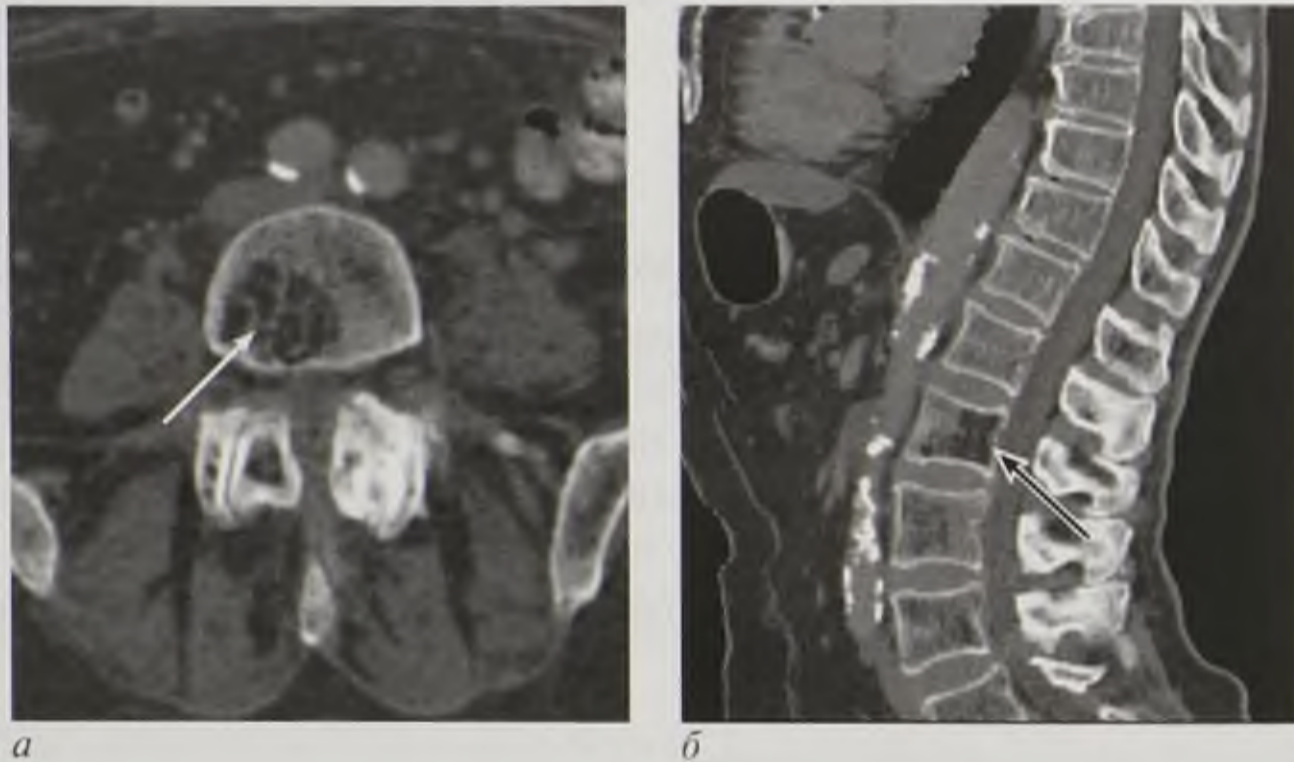


Рис. 15.14. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника в аксиальной плоскости (*а*) и мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (*б*). Гемангиома тела позвонка L₁₁ (стрелки)

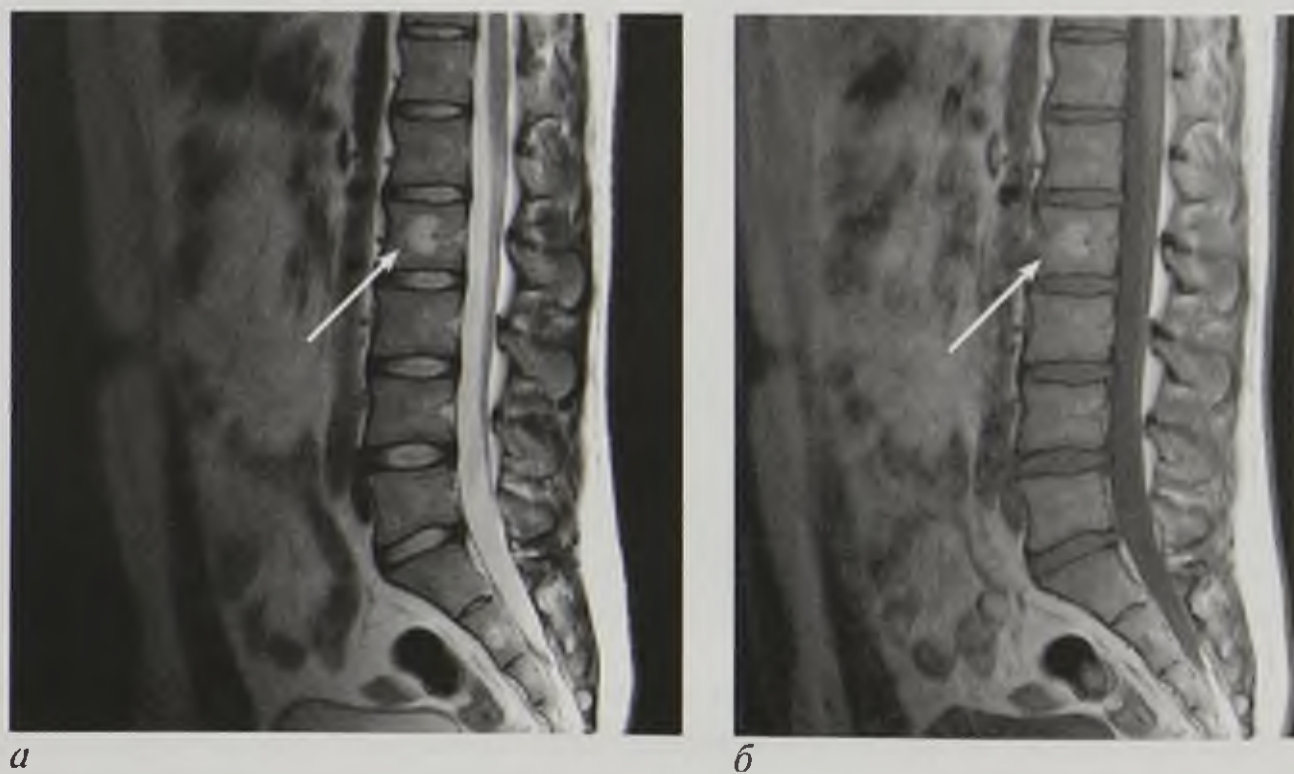


Рис. 15.15. Магнитно-резонансные томограммы поясничного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости: T2-взвешенное изображение (*а*) и T1-взвешенное изображение (*б*). Гемангиома тела позвонка L₁₁ (стрелки)

Инфаркт спинного мозга

МРТ: изменение интенсивности МР-сигнала, свойственное ишемии и отеку мозга. В острой стадии на T1-ВИ отмечается снижение интенсивности МР-сигнала, а на T2-ВИ — умеренное повышение. Локализация измененного сигнала соответствует участку кровоснабжения пораженной артерии: при передней спинальной артерии — вдоль переднего края, при задней — вдоль задней поверхности спинного мозга.

15.2.5. Интрамедуллярные кисты

Сирингомиелия — врожденное заболевание, которое представляет собой сочетание аномалий развития нескольких органов и систем и сопровождается патологическим ростом и кистозным перерождением глиальной ткани спинного мозга.

Лучевая диагностика сирингомиелии строится на выявлении сирингомиелической кисты и сопутствующих поражений костной ткани.

КТ: сирингомиелическая киста имеет пониженную плотность.

МРТ: сирингомиелическая киста на T1-ВИ дает гипоинтенсивный сигнал, а сигнал на T2-ВИ может варьировать от гипер- до изоинтенсивного. Кисты обычно сливные, имеют неполные перегородки (рис. 15.16). Изображение полостей напоминает «гаустры» толстой кишки при рентгенологическом исследовании. Многие авторы сравнивают эти изображения со «стопкой монет».

МРТ контрастная: при использовании парамагнитных контрастных веществ накопление отсутствует.

15.2.6. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника представлены остеохондрозом, деформирующим спондилезом и деформирующим спондилоартрозом, грыжами Шморля, протрузиями и грыжами межпозвоночных дисков, обызвествлением межпозвоночных дисков, фиксирующим лигаментозом (болезнь Форестье), дегенеративно-дистрофическим поражением тел позвонков (асептический некроз, дистрофия позвоночника).

Остеохондроз

Спондилография: нарушение статики в виде выпрямления уплощения поясничного лордоза, сколиоза; изменение высоты межпозвоночных дисков со склерозом замыкающих пластинок; передние, задние или заднебоковые краевые костные разрастания — остеофиты; ограничение физиологической подвижности либо смещение одного позвонка по отношению к другому (патологическая подвижность, спондилолистез). При начальных изменениях (хондрозе) на спондилограммах определяются снижение высоты межпозвоночного диска и изменение его формы.

КТ: снижение высоты межпозвоночного диска с появлением «вакуум-феномена» — очаги воздушной плотности (–800... –900 НУ) с четкими контурами;

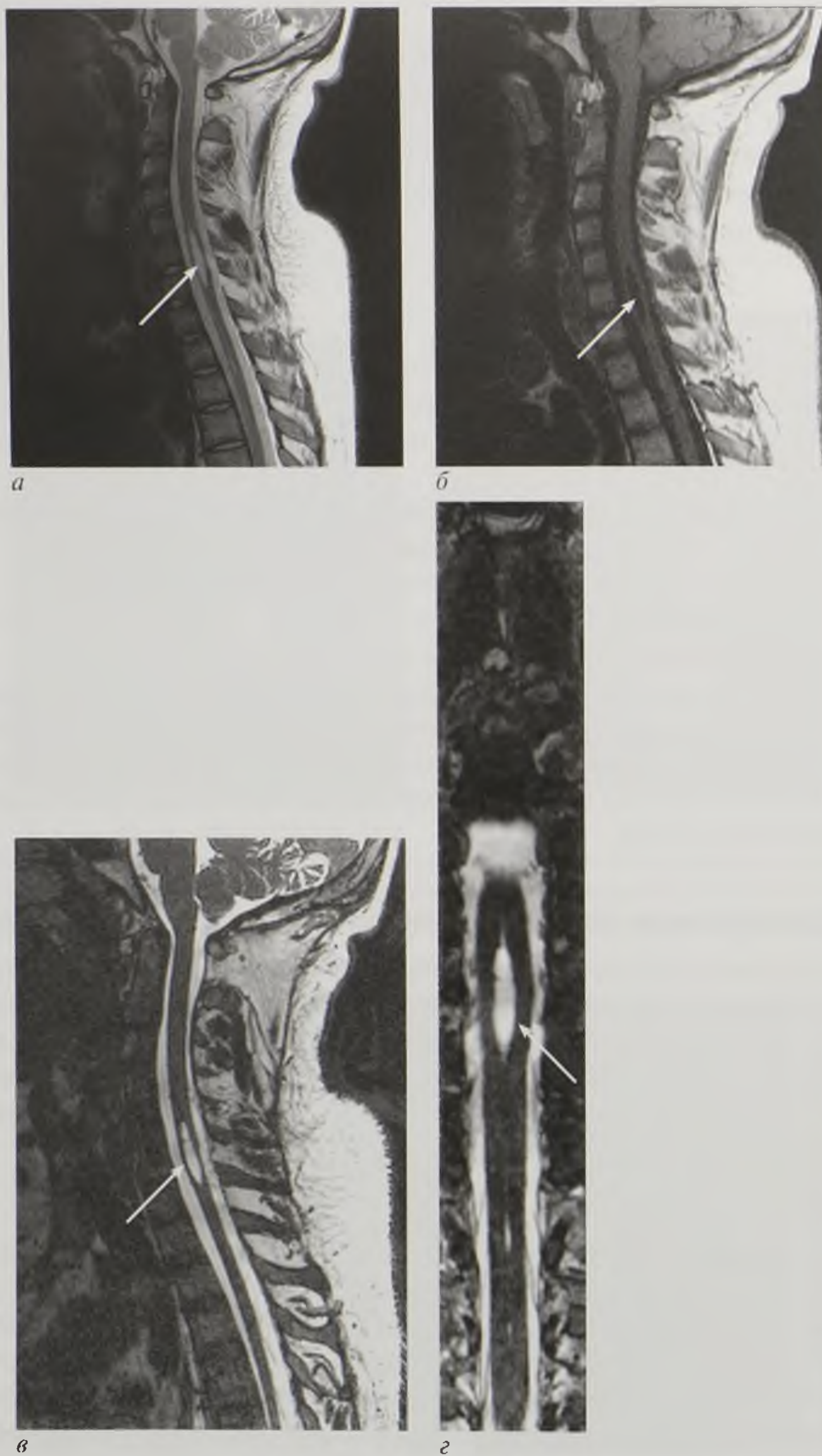


Рис. 15.16. Магнитно-резонансные томограммы шейного отдела позвоночника, T2-взвешенное изображение (а), T1-взвешенное изображение (б), T2-взвешенное изображение трехмерная ciss-последовательность (в) в сагиттальной плоскости и многоплоскостная реконструкция во фронтальной плоскости (г). Сирингомиелическая киста (стрелки)

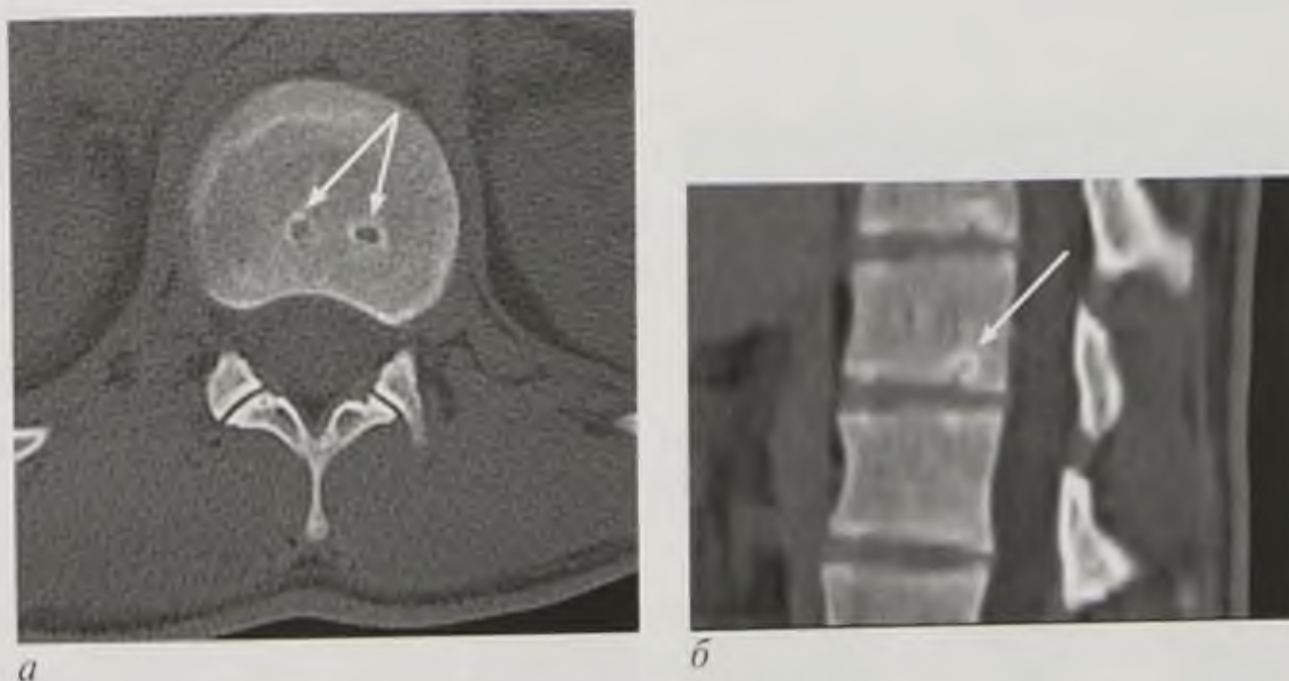


Рис. 15.17. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника в аксиальной плоскости (а) и мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (б). Грыжи Шморля. Нарушение целостности замыкающей костной пластинки тела позвонка (стрелки)

уплотнение замыкающих пластинок; склероз субхондрального слоя; грыжи Шморля и/или грыжи Поммера (образуются вследствие внедрения мелких узелков поврежденного межпозвоночного диска в тело позвонка при разрушении гиалиновых пластинок тел позвонков). На КТ они представлены неровностью контуров замыкающих пластинок.

Грыжа Шморля при КТ визуализируется как очаг в губчатом веществе тела позвонка, прилежащий к замыкающей пластинке, плотностью +50...+60 НУ, окруженный ободком повышенной до +250...+300 НУ плотности (рис. 15.17).

МРТ: снижение интенсивности МР-сигнала от межпозвоночных дисков, в большей степени выраженной на Т2-изображениях, наряду со всеми вышеперечисленными признаками (рис. 15.18).

Грыжи межпозвоночных дисков

Наиболее значимо заднее или заднебоковое смещение межпозвоночного диска, так как оно вызывает клинико-неврологическое проявление.

Спондилография позволяет оценить состояние костных структур, выявить косвенные признаки хондроза и грыж межпозвоночных дисков, уплощение физиологического



Рис. 15.18. Магнитно-резонансная томограмма груднопоясничного отдела позвоночника. Т2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Грыжа Шморля. Нарушение целостности каудальной замыкательной пластинки тела Th_х (стрелка) с пролабированием диска в тело позвонка

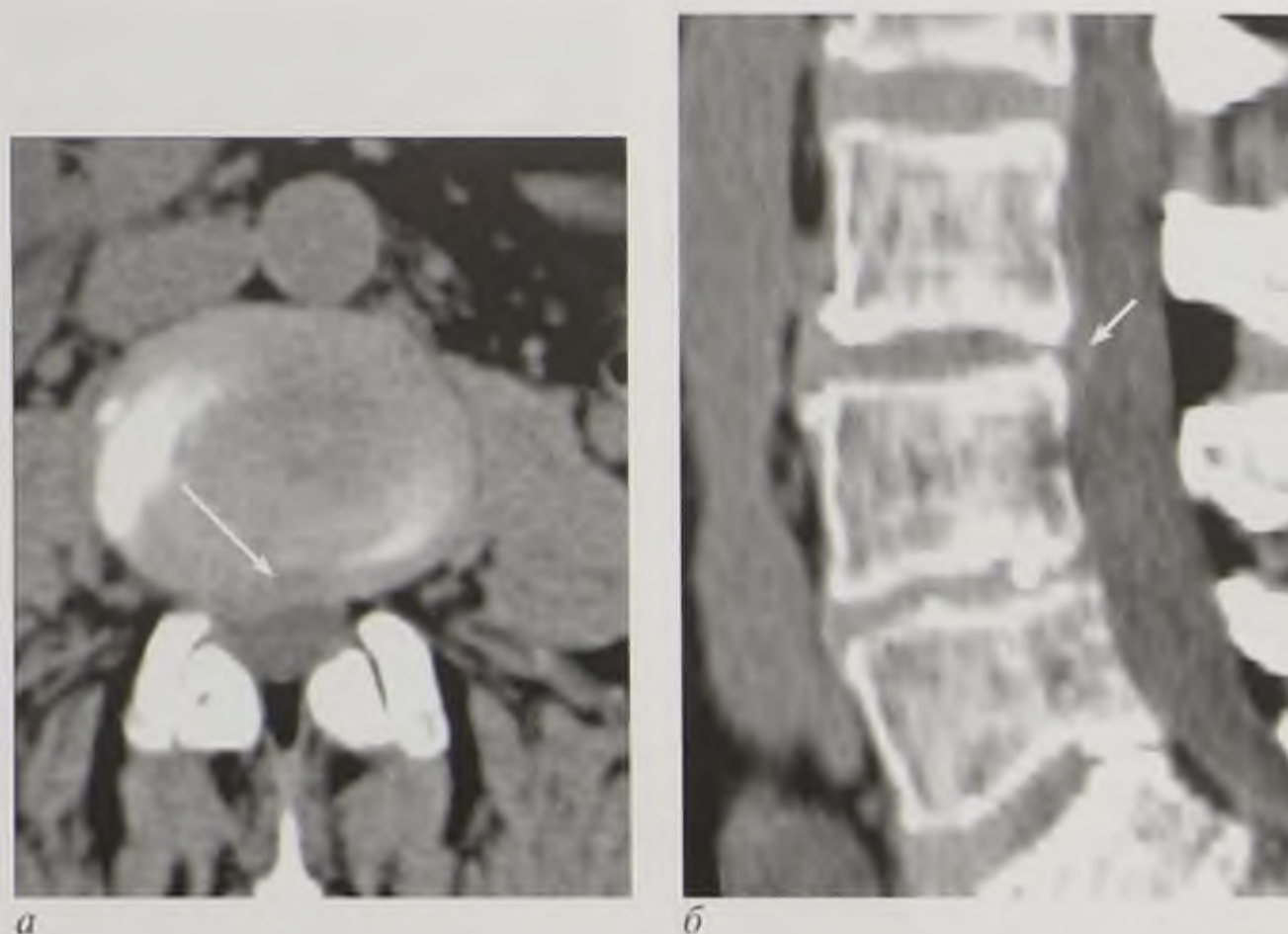


Рис. 15.19. Компьютерные томограммы поясничного отдела позвоночника в аксиальной плоскости (а) и мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (б). Правосторонняя грыжа межпозвоночного диска L_{III}–L_{IV} (стрелки)



Рис. 15.20. Магнитно-резонансная томограмма поясничного отдела позвоночника, T2-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Задние грыжи дисков L_{IV}–L_V, L_V–S_I (стрелки)

лордоза, кифоз шейного и поясничного отделов позвоночника, сколиоз, чаще выраженный на больной стороне (симптом «параллелизации» — выравнивание высоты передних и задних отделов диска вместо преобладания первого; симптом «распорки» — преобладание снижения высоты диска в переднем отделе); обнаружить остеофиты.

Позитивная миелография позволяет выявить смещение кзади передних камер субарахноидального пространства, деформацию стенок дурального мешка от незначительного вдавления до дефекта наполнения, «ампутацию» кармана корешка спинномозгового нерва, полную или частичную блокаду субарахноидального пространства.

КТ: высокоплотное образование (+70...+110 НУ), выходящее за пределы замыкающих пластинок; снижение (отсутствие) дифференцировки эпидурального жира; смещение нервного корешка и сдавление дурального мешка (рис. 15.19).

КТ-миелография расширяет диагностические возможности нативной КТ.

МРТ: грыжа дает сигнал такой же интенсивности, как и поврежденный диск (рис. 15.20). Гиперинтенсивный сигнал дает секвестр.

МРТ контрастная: контрастное усиление наблюдается в ткани послеоперационного рубца, а ткань диска становится более заметной.

МР-миелография: дефект наполнения или обрыв контрастирования на уровне поврежденного межпозвоночного диска.

Деформирующий спондилоартроз

В позвоночнике имеются суставы между телами позвонков и их отростками. Как и в любом суставе, в них могут развиваться дегенеративно-дистрофические поражения.

Рентгенография, КТ, МРТ: сужение суставной щели, утолщение замыкательной костной пластинки, субхондральный склероз костной ткани, краевые костные разрастания, кистовидные просветления в суставных концах костей.

Деформирующий спондилез

Дистрофические изменения возникают в периферических слоях фиброзного кольца и в передней продольной связке позвоночника, высота межпозвоночных дисков сохраняется. В телах позвонков какие-либо изменения не определяются.

От спондилеза следует отличать фиксирующий лигаментоз (болезнь Форестье). Он представлен резко выраженной оссификацией передней продольной связки в виде мощных клювовидных разрастаний до 10 мм и более, достигая иногда толщины тела позвонка, изменяя его форму и размеры, распространяясь на протяжении многих позвонков. Задние отделы позвоночного столба в этот патологический процесс не вовлекаются.

Рентгенография, КТ, МРТ: передние краевые костные разрастания, которые перекидываются над межпозвоночным диском, окостенение передней продольной связки.

15.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА И СПИННОГО МОЗГА

15.3.1. Повреждения шейного отдела позвоночника

Повреждения I и II шейных позвонков

Спондилография: признаком вывиха атланта считается расширение щели срединного атлантоосевого сустава (сустава Крювелье) более чем на 5 мм, подвывиха — до 3–4 мм (в норме ширина суставной щели составляет 2–2,5 мм).

При трансдентальных вывихах атланта возникают переломы основания зуба II шейного позвонка. На рентгенограммах, выполненных через открытый рот, определяются различные варианты смещения отломка зуба.

КТ: на срезах в аксиальной плоскости отчетливо визуализируются все виды переломов и вывихов позвонков. КТ обладает высокими диагностическими возможностями в определении направлений смещения костных отломков (рис. 15.21).

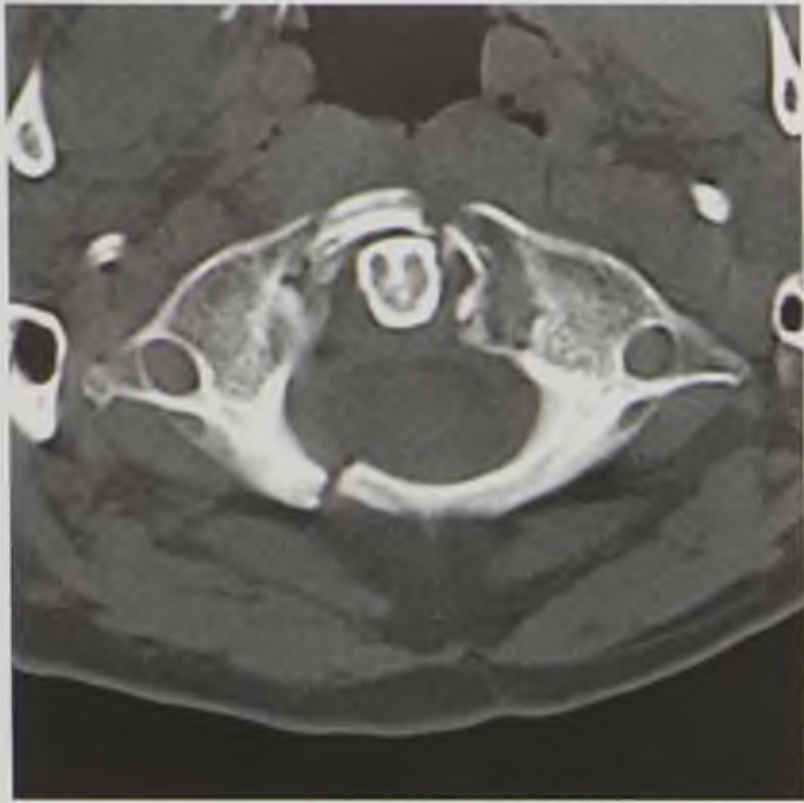


Рис. 15.21. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Переломы передней и задней дуг первого шейного позвонка (перелом Джефферсона)

Повреждения на уровне III-VII шейных позвонков

Могут наблюдаться разрывы связок, повреждения межпозвоночных дисков, вывихи и подвывихи позвонков, компрессионные переломы и др.

Спондилография: на рентгенограммах в боковой проекции определяется смещение вывихнутого вышележащего позвонка кпереди, вследствие чего образуется угловой кифоз или уступообразная деформация. Компрессионный перелом проявляется снижением высоты тела, его клиновидной деформацией и уплотнением его костной структуры.

КТ позволяет детально охарактеризовать вид повреждения, смещение костных отломков и деформацию позвоночного канала.

МРТ: преимущество метода состоит в выявлении нарушений ликвородинамики и повреждений спинного мозга (ушиб, кровоизлияние) (рис. 15.22).



a



б

Рис. 15.22. Магнитно-резонансные томограммы шейного отдела позвоночника, T2-взвешенное изображение (*a*), магнитно-резонансная миелограмма (*б*) в сагиттальной плоскости. Компрессионный перелом тела позвонка C_{VI} (стрелка). Снижение высоты тела позвонка C_{VI}, определяется блок ликвородинамики на этом уровне (*б*)

15.3.2. Повреждения грудного и поясничного отделов позвоночника

Компрессионные переломы

Спондилография: снижение высоты, клиновидная деформация тела позвонка и неравномерное уплотнение структуры тела позвонка; разрыв над- и межостистых связок диагностируют по увеличению расстояния между верхушками смежных остистых отростков или смещению верхушки одного из них в сторону от средней линии на 2 мм и более (рис. 15.23).

КТ: отчетливо определяются прямые и косвенные признаки переломов. Признаками повреждения связок являются веерообразное расхождение смежных остистых отростков и нарушение структуры поврежденных связок (рис. 15.24).

Миелография: выявляют частичную или полную блокаду подпаутинных пространств и, следовательно, наличие, происхождение и направление компрессии содержимого дурального мешка.

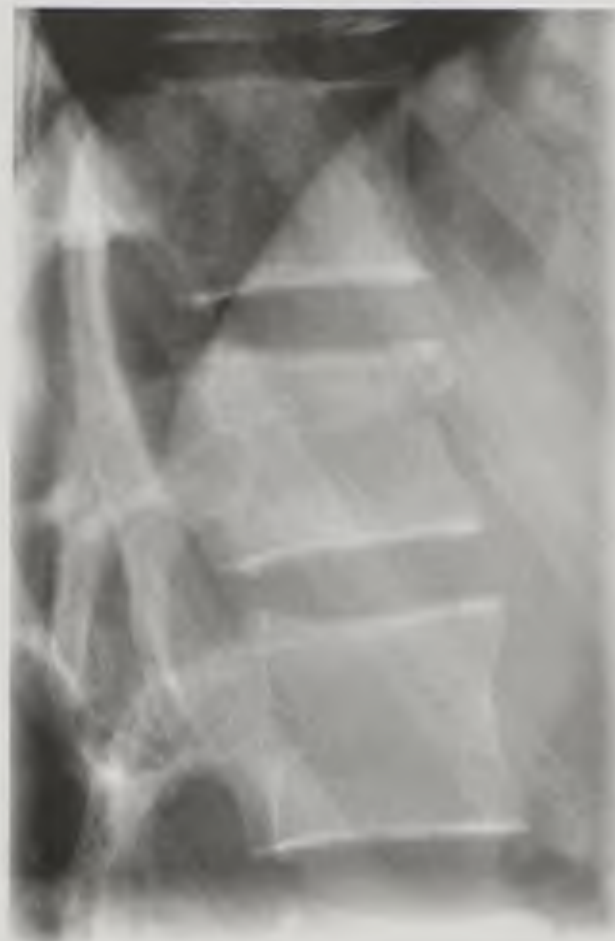


Рис. 15.23. Прицельная рентгенограмма. Компрессионный перелом позвонка Th_x



а



б

Рис. 15.24. Компьютерные томограммы нижегрудного и поясничного отделов позвоночника: мультипланарная реконструкция во фронтальной плоскости (а), 3D-реконструкция (б). Компрессионный многооскольчатый перелом тела позвонка L₁ (стрелки)



Рис. 15.25. Магнитно-резонансная томограмма грудного и поясничного отделов позвоночника в сагиттальной плоскости, T2-взвешенное изображение (*a*), магнитно-резонансная миелограмма (*б*). Компрессионный перелом тела позвонка Th_x с разрывом спинного мозга. Повышение интенсивности магнитно-резонансного сигнала от спинного мозга выше и ниже места разрыва — ушибы (стрелки), определяется блок ликвородинамики на этом уровне (*б*)

КТ-миелография: удастся более точно дифференцировать тип компрессии содержимого дурального мешка (костный или мягкотканый). При частичной блокаде субарахноидальных пространств наблюдается дефект или сужение контрастированного дурального мешка, а также его деформация. При его полной блокаде наблюдают феномен «стоп-контраста», то есть контрастное вещество не распространяется выше уровня компрессии содержимого дурального мешка.

МРТ: снижение высоты и клиновидная деформация тела позвонка, кифотическая деформация, изменение интенсивности МР-сигнала поврежденного тела позвонка, отек костного мозга поврежденного позвонка (рис. 15.25).

МР-миелография выявляет компрессию дурального мешка.

15.3.3. Повреждения спинного мозга

Наиболее информативным методом лучевой диагностики в выявлении повреждений спинного мозга является МРТ.

МРТ определяет сдавление спинного мозга и корешков конского хвоста не только костными структурами, но и участками поврежденных дисков, связок, а также эпидуральной гематомой.

Кровоизлияния в острой стадии определяются в виде участка (очага) изменения интенсивности МР-сигнала спинного мозга. На T1-ВИ кровоизлияние даст

изоинтенсивный сигнал, на T2-ВИ — гиперинтенсивный. В подострой стадии и на T1-ВИ, и на T2-ВИ кровоизлияние дает гиперинтенсивный МР-сигнал.

МРТ позволяет визуализировать разрыв спинного мозга при тяжелой спинальной травме.

КТ: гематома в острой стадии проявляет себя участком повышенной плотности.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методики рентгенологического и КТ-исследования позвоночника и спинного мозга.
2. Каковы преимущества МРТ при исследовании позвоночника и спинного мозга?
3. Каковы лучевые признаки дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника?
4. Назовите рентгенологические и МР-признаки травматических изменений шейного отдела позвоночника.
5. Каковы показания к проведению радионуклидных исследований позвоночника?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ОРГАНА ЗРЕНИЯ

Орган зрения является частью зрительного анализатора, располагается в глазнице и состоит из глаза (глазного яблока) и его вспомогательных органов (мышцы, связки, фасции, надкостница стенок глазницы, влагалище глазного яблока, жировое тело глазницы, веки, конъюнктива и слезный аппарат).

16.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Рентгенологический метод имеет большое значение в первичной диагностике патологии органа зрения. Однако основными методами лучевой диагностики в офтальмологии стали КТ, МРТ и УЗИ. Эти методы позволяют оценить состояние не только глазного яблока, но и всех вспомогательных органов глаза.

16.1.1. Рентгенологический метод

Целью рентгенологического исследования являются выявление патологических изменений глазницы, локализация рентгеноконтрастных инородных тел и оценка состояния слезного аппарата.

Рентгенологическое исследование при диагностике заболеваний и повреждений глаза и глазницы включает выполнение обзорных и специальных снимков.

Обзорные рентгенограммы глазниц

На рентгенограммах глазницы в носоподбородочной, носолобной и боковой проекциях визуализируются вход в глазницу, ее стенки, иногда — малое и большое крылья клиновидной кости, верхняя глазничная щель (рис. 16.1).

Специальные методики рентгенологического исследования глазниц

Рентгенография глазницы в передней косой проекции (снимок отверстия канала зрительного нерва по Резе). Основное назначение снимка — получение изображения зрительного канала. Снимки для сравнения обязательно производятся с обеих сторон.

На снимках отображаются отверстия канала зрительного нерва, вход в глазницу, решетчатые ячейки (рис. 16.2).

Рентгенологическое исследование глаза с протезом Комберга–Балтина выполняется для определения локализации инородных тел. Протез Комберга–Балтина представляет собой контактную линзу со свинцовыми метками по краям. Снимок



Рис. 16.1. Рентгенограммы глазниц в носолобной (а), носоподбородочной (б) и боковой (в) проекциях

производят в носоподбородочной и боковой проекциях при фиксации взора на точке, находящейся прямо перед глазами (рис. 16.3). Локализацию инородных тел по снимкам осуществляют с помощью схем-измерителей.

Контрастное исследование слезных путей (дакриоцистография) выполняется с введением РКС в слезные пути для оценки состояния слезного мешка и проходимости слезного протока. При нарушении проходимости носослезного протока четко выявляются уровень окклюзии и расширенный атоничный слезный мешок (рис. 16.4).

16.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

КТ проводится для диагностики заболеваний и повреждений глазного яблока и глазницы, зрительного нерва, экстраокулярных мышц.

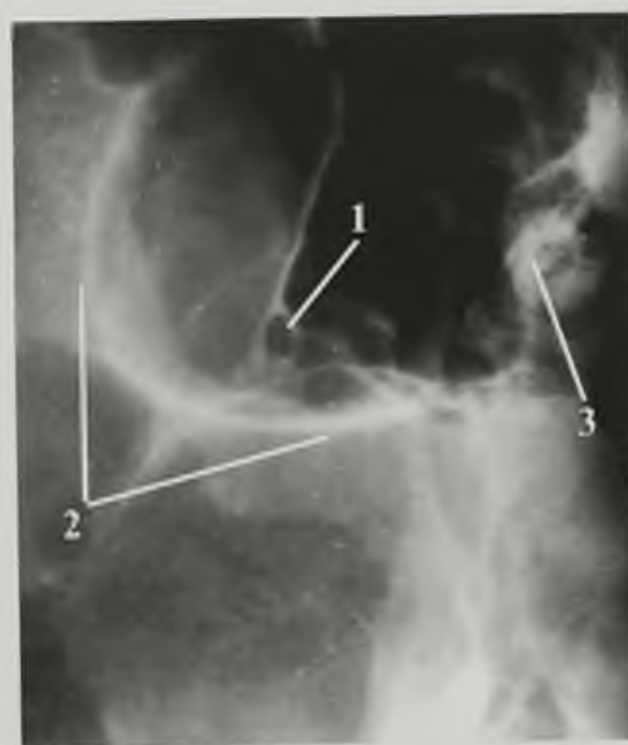


Рис. 16.2. Рентгенограмма глазниц в косой плоскости по Резе: 1 — отверстие канала зрительного нерва; 2 — латеральный контур входа в глазницу; 3 — задние ячейки решетчатого лабиринта

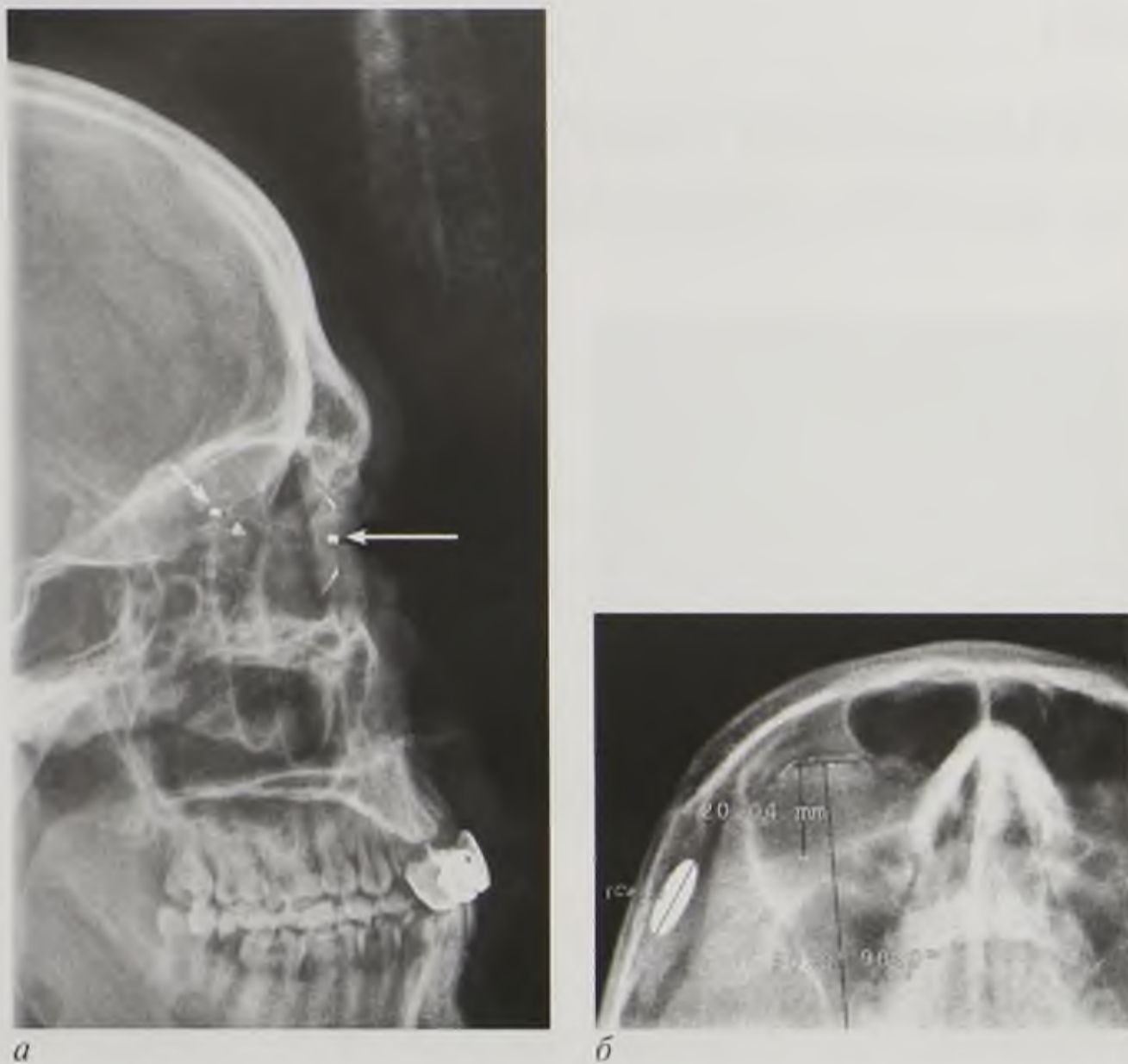


Рис. 16.3. Рентгенограммы глазного яблока с протезом Комберга–Балтина (длинная стрелка) в боковой (*a*), аксиальной (*б*) проекциях. Инородное тело глазницы (короткая стрелка)



Рис. 16.4. Дакриоцистограмма. Норма (стрелками указаны слезные ходы)

и глазницы, преимущественно рентгеноконтрастные, а также повреждения стенок глазницы. КТ позволяет не только выявлять инородные тела в любом отделе глазницы, но и определять их размеры, локализацию, внедрение в веки, мышцы глазного яблока и зрительный нерв.

При оценке состояния различных анатомических структур глаза и глазницы необходимо знать их плотностные характеристики. В норме средние значения денситометрических показателей составляют для хрусталика +110...+120 НУ, стекловидного тела — +10...+16 НУ, оболочек глаза — +50...+60 НУ, зрительного нерва — +42...+48 НУ, экстраокулярных мышц — +68...+74 НУ.

КТ позволяет выявить опухолевые поражения зрительного нерва. Отчетливо визуализируются опухоли глазницы, заболевания ретробульбарной клетчатки, инородные тела глазного яблока

16.1.3. Магнитно-резонансная томография

Костные стенки глазниц дают выраженный гипоинтенсивный сигнал на T1-ВИ и на T2-ВИ. Глазное яблоко состоит из оболочек и оптической системы. Оболочки глазного яблока (склера, сосудистая оболочка и сетчатка) визуализируются в виде четкой темной полоски на T1-ВИ и T2-ВИ, окаймляющей глазное яблоко как единое целое. МРТ позволяет оценить состояние передней камеры, хрусталика и стекловидного тела (рис. 16.5).

Передняя камера содержит водянистую влагу, вследствие чего дает выраженный гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ. Хрусталику свойствен выраженный гипоинтенсивный сигнал и на T1-ВИ, и на T2-ВИ, так как он представляет собой полутвердое бессосудистое тело. Стекловидное тело дает повышенный МР-сигнал на T2-ВИ и пониженный — на T1-ВИ. МР-сигнал рыхлой ретробульбарной клетчатки имеет высокую интенсивность на T2-ВИ и низкую — на T1-ВИ.

МРТ позволяет проследить зрительный нерв на всем протяжении. Он начинается от диска, имеет S-образный изгиб и заканчивается в хиазме. Особенно эффективны для его визуализации аксиальная и сагиттальная плоскости.

Экстраокулярные мышцы на МР-томограммах по интенсивности МР-сигнала значительно отличаются от ретробульбарной клетчатки, вследствие чего четко визуализируются на всем протяжении. Четыре прямые мышцы с однородным изоинтенсивным сигналом начинаются от сухожильного кольца и направляются по бокам от глазного яблока к склере. Верхняя косая мышца проходит через волокнисто-хрящевое колечко (*trochlea*), затем поворачивает

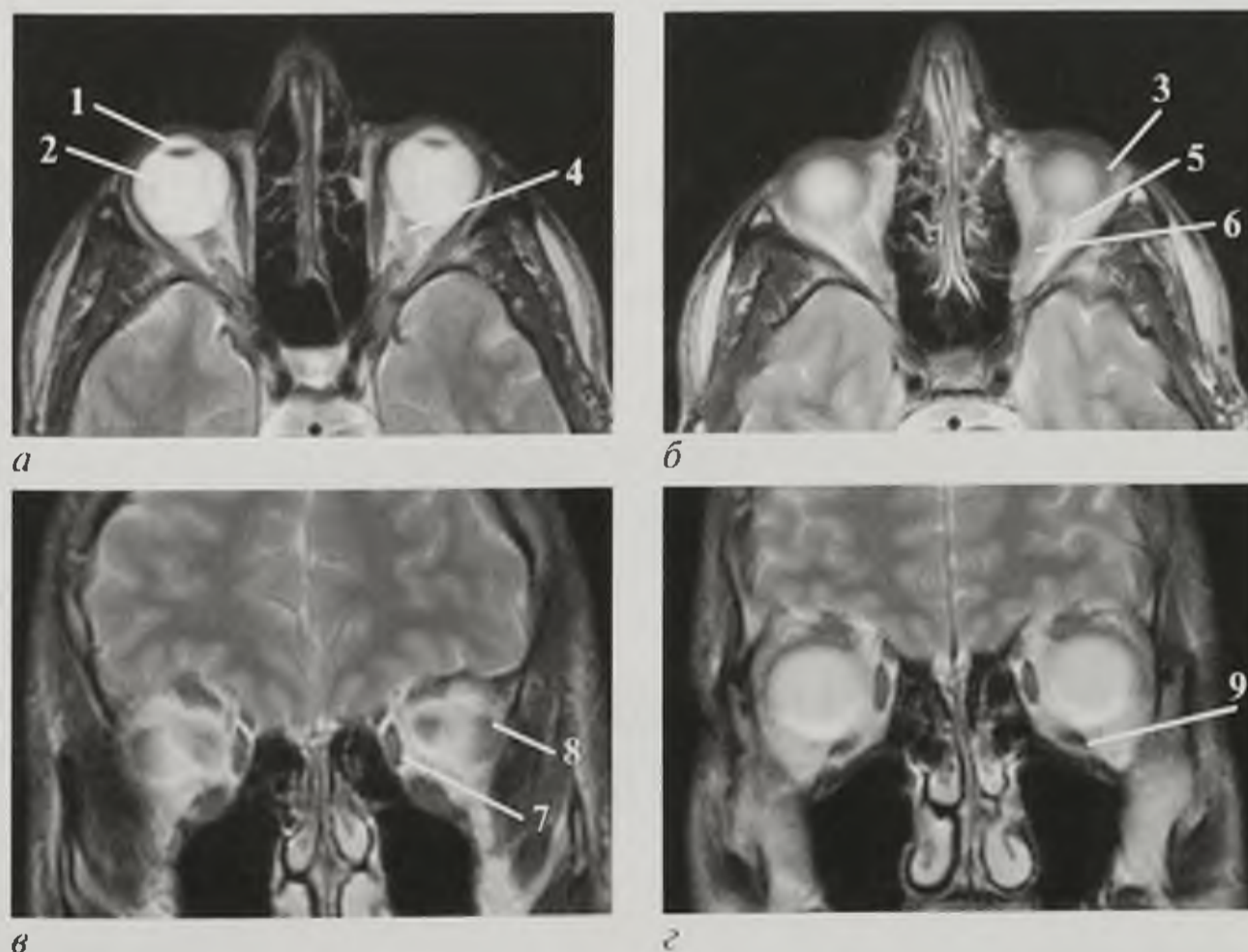


Рис. 16.5. Магнитно-резонансные томограммы, T2-взвешенное изображение в аксиальной (а, б) и фронтальной (в, г) плоскостях. Глаз в норме: 1 — хрусталик; 2 — стекловидное тело глазного яблока; 3 — слезная железа; 4 — зрительный нерв; 5 — ретробульбарное пространство; 6 — верхняя прямая мышца; 7 — внутренняя прямая мышца; 8 — наружная прямая мышца; 9 — нижняя прямая мышца

под острым углом назад и вбок и прикрепляется к глазному яблоку на его верхнелатеральной стороне позади экватора. Нижняя косая мышца берет начало от нижневнутреннего глазничного края, проходит внизу нижней прямой мышцы кнаружи и кзади и прикрепляется в районе нижненаружного квадранта глазного яблока.

Между внутренними стенками глазниц расположены решетчатые пазухи, содержащие воздух и дающие в связи с этим выраженный гипоинтенсивный сигнал с четкой дифференциацией ячеек. Латеральнее решетчатого лабиринта располагаются верхнечелюстные пазухи, также дающие гипоинтенсивный сигнал и на T1-ВИ, и на T2-ВИ.

Одним из основных преимуществ и КТ, и МРТ является возможность получения изображения внутриглазных структур в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: аксиальной, сагиттальной и фронтальной (корональной).

16.1.4. Ультразвуковой метод

Эхографическое изображение глазного яблока в норме имеет вид округлого эхонегативного образования. В передних его отделах лоцируются две эхогенные линии как отображение капсулы хрусталика. Задняя поверхность хрусталика выпуклая. При попадании в плоскость сканирования зрительный нерв виден как эхонегативная, вертикально идущая полоска сразу за глазным яблоком. Вследствие широкой эхотени от глазного яблока ретробульбарное пространство не визуализируется.

16.1.5. Радионуклидный метод

ПЭТ позволяет проводить дифференциальную диагностику злокачественных и доброкачественных опухолей органа зрения по уровню метаболизма РФП.

Этот метод используется как для первичной диагностики, так и после лечения — для определения рецидива опухолей. ПЭТ имеет большое значение для поиска отдаленных метастазов при злокачественных опухолях глаза и для определения первичного очага при метастазировании в глазные ткани. Например, первичным очагом в 65% случаев метастазирования в орган зрения является рак молочной железы.

16.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ГЛАЗА И ГЛАЗНИЦЫ

16.2.1. Переломы стенок глазницы

Рентгенография: линия перелома стенки глазницы с костными отломками (см. рис. 18.18).

КТ: дефект костной стенки глазницы, смещение костных отломков (симптом «ступени»). Косвенные признаки: кровь в околоносовых пазухах, ретробульбарная гематома и воздух в ретробульбарной клетчатке (рис. 16.6).

МРТ: переломы, особенно линейные, определяются неотчетливо. Можно выявить косвенные признаки переломов: скопления жидкости (крови) в околоносовых пазухах и воздуха — в структурах поврежденного глаза (интранальпепбральная и ретробульбарная эмфизема). При повреждении излившаяся кровь, как правило, полностью заполняет околоносовую пазуху, и интенсивность МР-сигнала зависит от сроков кровоизлияния. При оскольчатых переломах нижней стенки глазницы со смещением содержимого в верхнечелюстную пазуху появляется гипопфтальм.

Скопление воздуха в поврежденных структурах глаза при МРТ отчетливо выявляется в виде очагов выраженного гипоинтенсивного сигнала на Т1-ВИ и на Т2-ВИ на фоне обычного изображения тканей глазницы.

16.2.2. Инородные тела

Рентгенография по методике Комберга—Балтина: для определения внутри- или внеглазного расположения инородного тела проводят рентгенофункциональные исследования с выполнением снимков при взгляде вверх и вниз (см. рис. 16.3).

КТ: метод выбора для выявления рентгеноконтрастных инородных тел (рис. 16.7).

МРТ: возможна визуализация рентгеноконтрастных инородных тел (рис. 16.8).

УЗИ: инородные тела выглядят как эхопозитивные включения, дающие акустическую тень (рис. 16.9).

16.2.3. Внутриглазные кровоизлияния

УЗИ: свежие кровоизлияния отображаются при эхографии в виде небольших гиперэхогенных включений. Иногда удается выявить их свободное



Рис. 16.6. Компьютерная томограмма во фронтальной проекции. Оскольчатый перелом нижней стенки глазницы (стрелка)



Рис. 16.7. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости (а) (стрелка), мультипланарная реконструкция во фронтальной плоскости (б). Инородное тело правого глазного яблока (стрелка)



Рис. 16.8. Магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости. Пластмассовое инородное тело левого глазного яблока (стрелка)

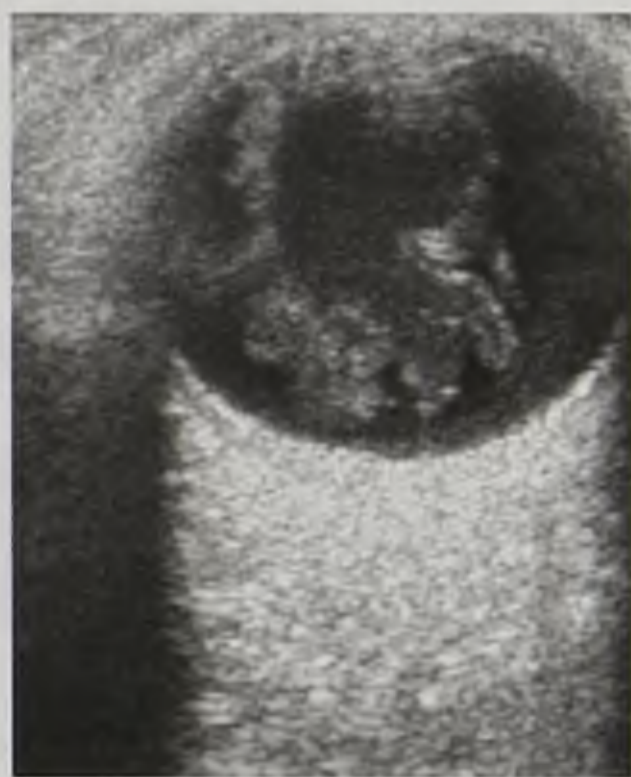


Рис. 16.9. Эхограмма глазного яблока. Ино-родное тело глазного яблока (искусственный хрусталик)

перемещение внутри глаза при смещениях глазных яблок, в более поздние сроки гемофтальма формируются плотные внутриглазные тяжи и образуются шварты (рис. 16.10).

КТ: гематомы характеризуются зонами повышенной плотности с денситометрическими показателями, составляющими +40...+75 HU (рис. 16.11).

МРТ: по информативности уступает КТ, особенно в острой стадии кровоизлияния (рис. 16.12).



а



б

Рис. 16.10. Эхограммы глазного яблока: *а* — свежее кровоизлияние в полости стекловидного тела; *б* — формирование соединительнотканых тяжей, фиброз стекловидного тела

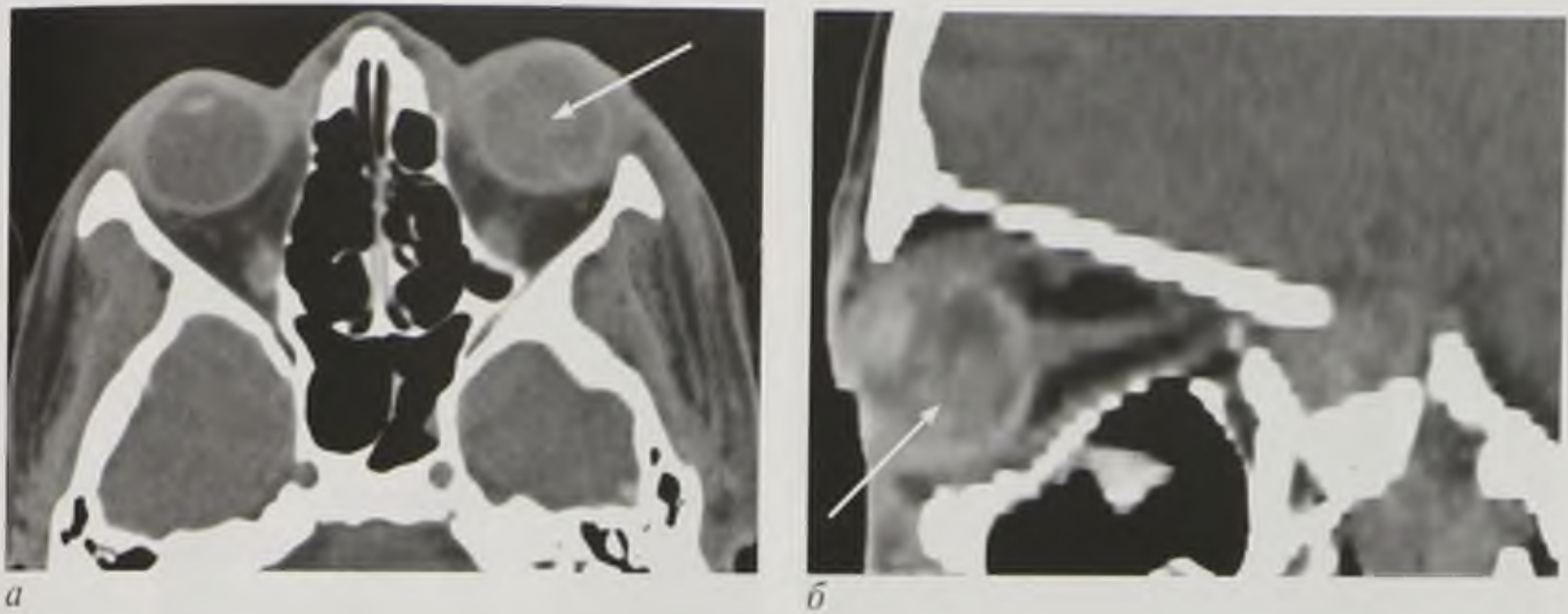


Рис. 16.11. Компьютерные томограммы в аксиальной плоскости (а), мультипланарная реконструкция в сагиттальной плоскости (б). Кровоизлияние в полости стекловидного тела (стрелки)



Рис. 16.12. Магнитно-резонансные томограммы, Т2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости (а), Т1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости (б). Кровоизлияние в полости стекловидного тела, подострая стадия (стрелки)

Распознавание гемофтальма при МРТ основывается на выявлении очагов и участков изменения интенсивности МР-сигнала на фоне однородного сигнала от стекловидного тела. Визуализация кровоизлияний зависит от давности их возникновения.

16.2.4. Травматическая отслойка сетчатки

УЗИ: отслойка сетчатки может быть неполной (частичной) и полной (тотальной). Частично отслоенная сетчатка имеет вид четкой эхогенной полосы, располагающейся у заднего полюса глаза и параллельно его оболочкам.

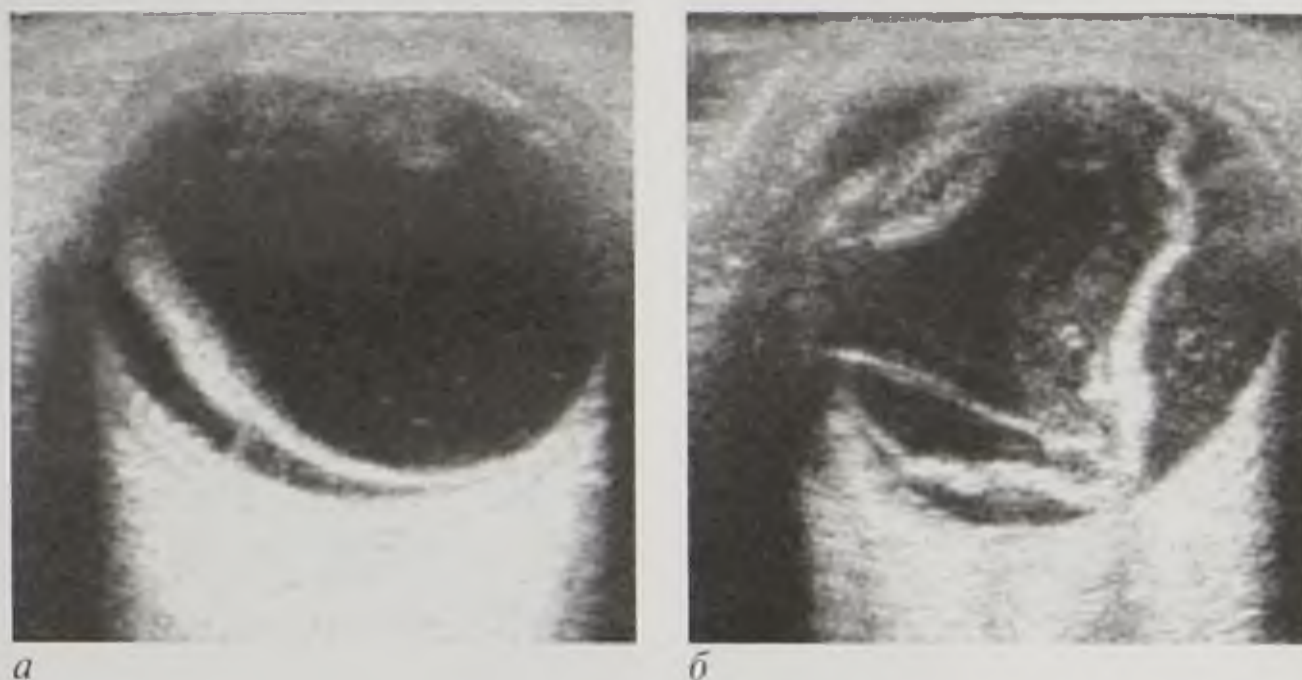


Рис. 16.13. Эхограммы глазного яблока: *а* — субтотальная отслойка сетчатки; *б* — тотальная (воронкообразная) отслойка сетчатки

Субтотальная отслойка сетчатки определяется в виде плоской линии или в форме воронки; тотальная, как правило, воронкообразная или Т-образная. Она расположена не у заднего полюса глаза, а ближе к его экватору (отслойка может достигать 18 мм и более), поперек глазного яблока (рис. 16.13).

Воронкообразная отслойка сетчатки имеет типичную форму в виде латинской буквы V с местом прикрепления у диска зрительного нерва (см. рис. 16.13).

16.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ГЛАЗА И ГЛАЗНИЦЫ

16.3.1. Опухоль сосудистой оболочки глаза (меланобластома)

УЗИ: гипоэхогенное образование неправильной формы с нечеткими контурами на фоне выраженной отслойки сетчатки (рис. 16.14).



Рис. 16.14. Эхограмма глазного яблока. Меланобластома

МРТ: меланобластома дает выраженный гипоинтенсивный МР-сигнал на T2-ВИ, который связан с сокращением релаксационных времен, свойственных меланину. Опухоль располагается, как правило, на одной из стенок глазного яблока с проминенцией в стекловидное тело. На T1-ВИ меланобластома проявляется гиперинтенсивным сигналом на фоне гипоинтенсивного сигнала от глазного яблока.

ПЭТ-КТ: образование стенки глазного яблока неоднородной мягкотканной плотности с повышенным уровнем метаболизма глюкозы.

16.3.2. Опухоли глазницы

Опухоли зрительных нервов

КТ, МРТ: определяется утолщение пораженного нерва различной формы и величины. Чаще встречается веретенообразное, цилиндрическое или округлое расширение зрительного нерва. При одностороннем поражении зрительного нерва четко определяется экзофтальм на стороне поражения. Глиома зрительного нерва может занимать практически всю полость глазницы (рис. 16.15). Более четкие данные о структуре и распространенности опухоли дают Т2-ВИ, на которых опухоль проявляется гиперинтенсивным МР-сигналом.



Рис. 16.15. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Невринома зрительного нерва (стрелка)

КТ и МРТ с контрастированием: после внутривенного усиления отмечается умеренное накопление контрастного вещества опухолевым узлом.

Сосудистые опухоли глазницы (гемангиома, лимфангиома)

КТ, МРТ: опухолям свойственна отчетливая васкуляризация, вследствие чего они интенсивно накапливают контрастное вещество.

Опухоли слезной железы

КТ, МРТ: опухоль локализуется в верхненаружном отделе глазницы и дает гиперинтенсивный МР-сигнал на Т2-ВИ и изогипоинтенсивный — на Т1-ВИ. Злокачественные формы опухоли слезной железы вовлекают в патологический процесс прилежащие кости. При этом отмечаются деструктивные изменения костей, которые визуализируются на КТ.

16.3.3. Дакриоцистит

Рентгенография, КТ, МРТ: в верхненаружном отделе глазницы визуализируется увеличенный слезный мешок с жидким содержимым, утолщенными и неровными стенками (рис. 16.16).

16.3.4. Эндокринная офтальмопатия

КТ, МРТ: различают три варианта эндокринной офтальмопатии:

- с преимущественным поражением экстраокулярных мышц;
- с преимущественным поражением ретробульбарной клетчатки;
- по смешанному типу (поражение экстраокулярных мышц и ретробульбарной клетчатки).

Патогномоничными КТ- и МРТ-признаками эндокринной офтальмопатии являются утолщение и уплотнение экстраокулярных мышц. Чаще поражаются

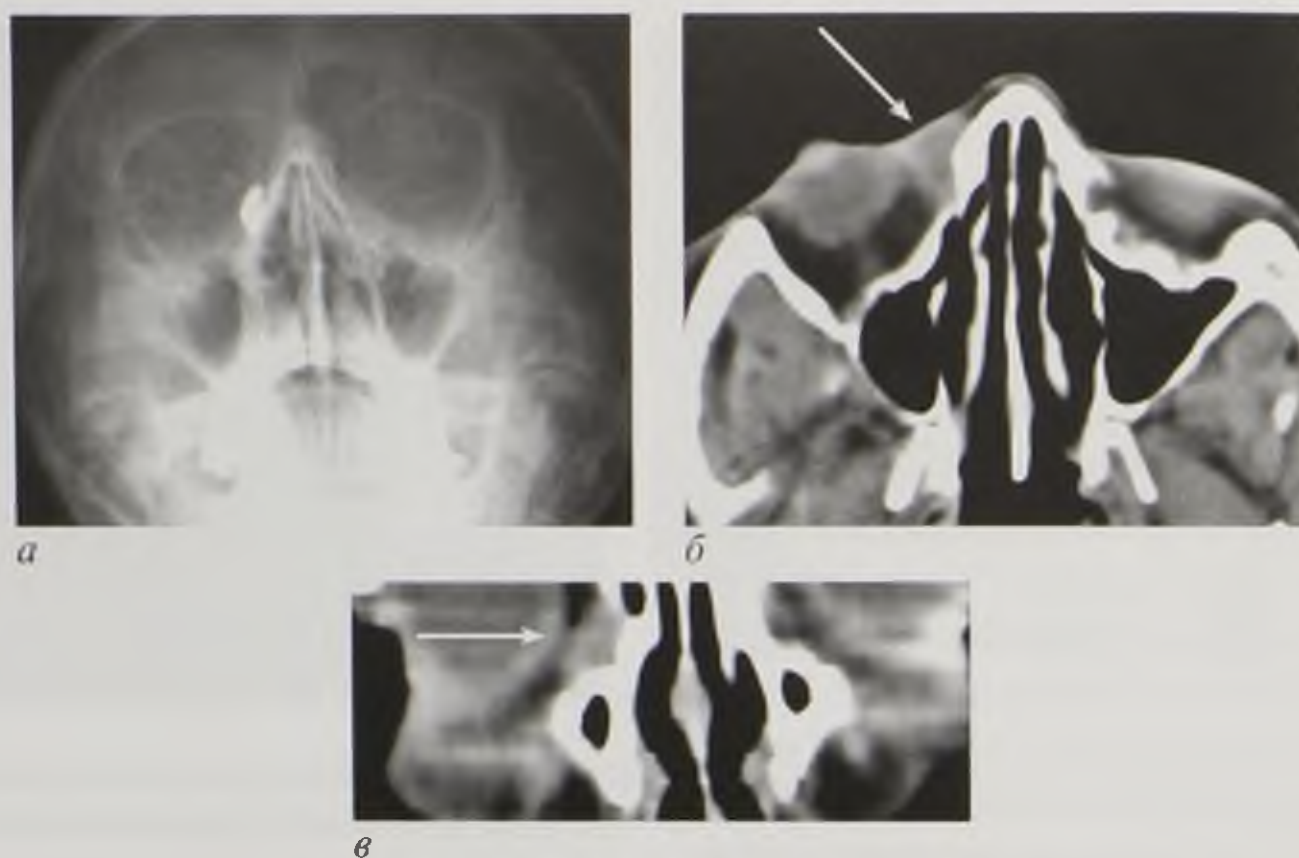


Рис. 16.16. Дакриоцистит, увеличение размеров слезного мешка (стрелки): дакриоцистограмма (а); компьютерные томограммы в аксиальной плоскости (б), мультипланарная реконструкция во фронтальной плоскости (в)

внутренняя и наружная прямые, нижняя прямая мышцы. К числу основных признаков эндокринной офтальмопатии относится и изменение ретробульбарной клетчатки в виде отека, сосудистого полнокровия, увеличения объема глазницы.

КТ и МРТ также эффективны в определении степени экзофтальма.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте диагностические возможности рентгенологического метода при подозрении на заболевание или повреждение органа зрения.
2. Каким из методов лучевой диагностики можно оценить состояние решетчатых ячеек?
3. Какой метод лучевой диагностики имеет решающее значение при повреждениях глаза и глазницы?
4. Какой метод более информативен в диагностике острой стадии внутриглазных кровоизлияний: КТ (рентгеновская) или МРТ?
5. Каковы показания к проведению УЗИ глаза?

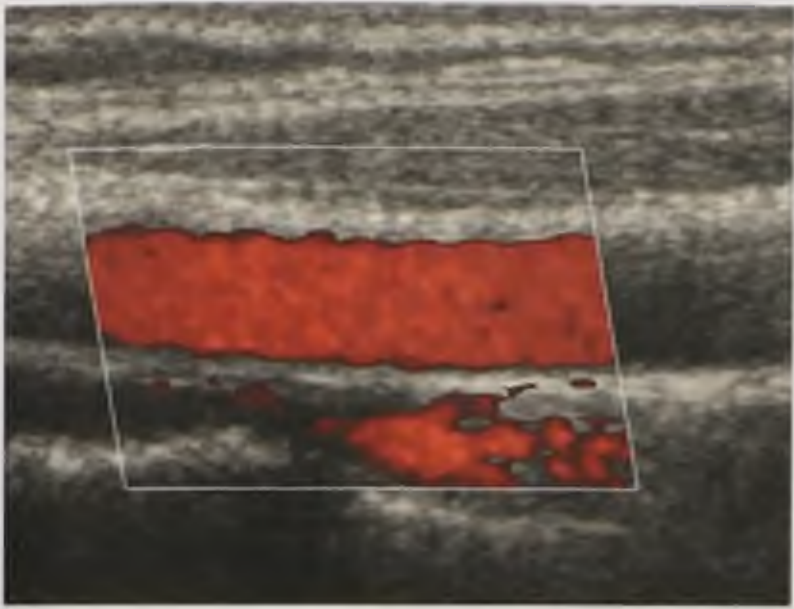


Рис. 3.4. Эхограмма бедренной артерии в режиме цветового доплеровского картирования

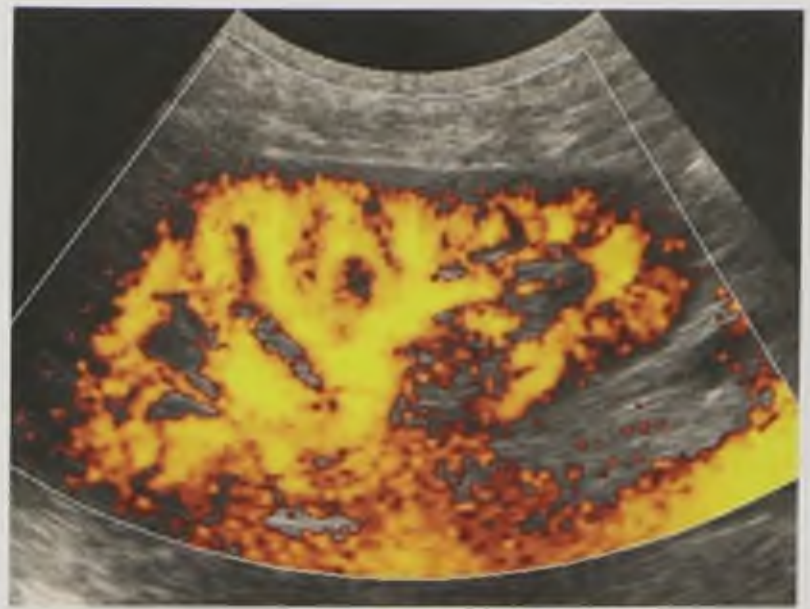
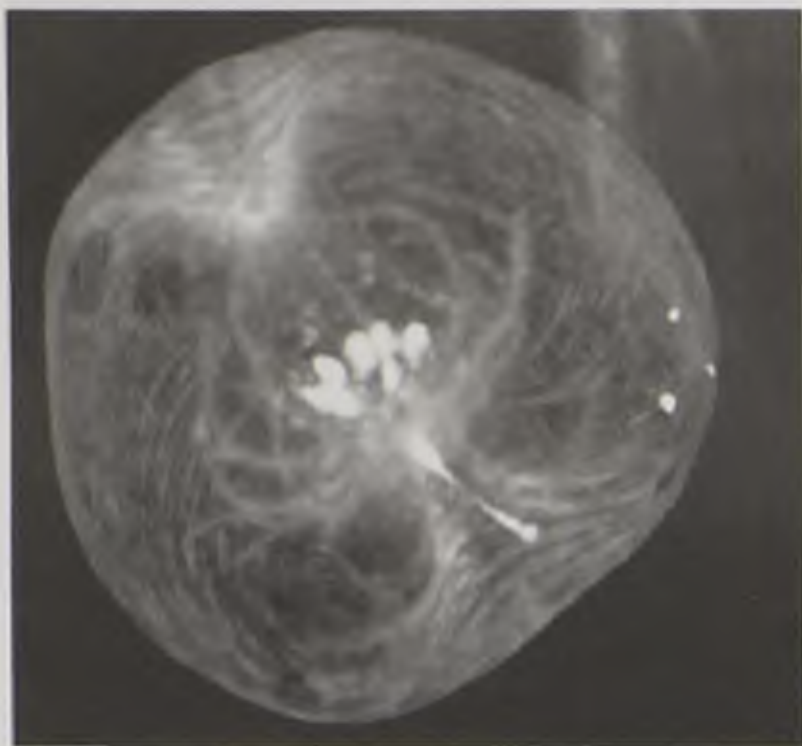


Рис. 3.5. Энергетическая доплерограмма внутрипочечных кровеносных сосудов



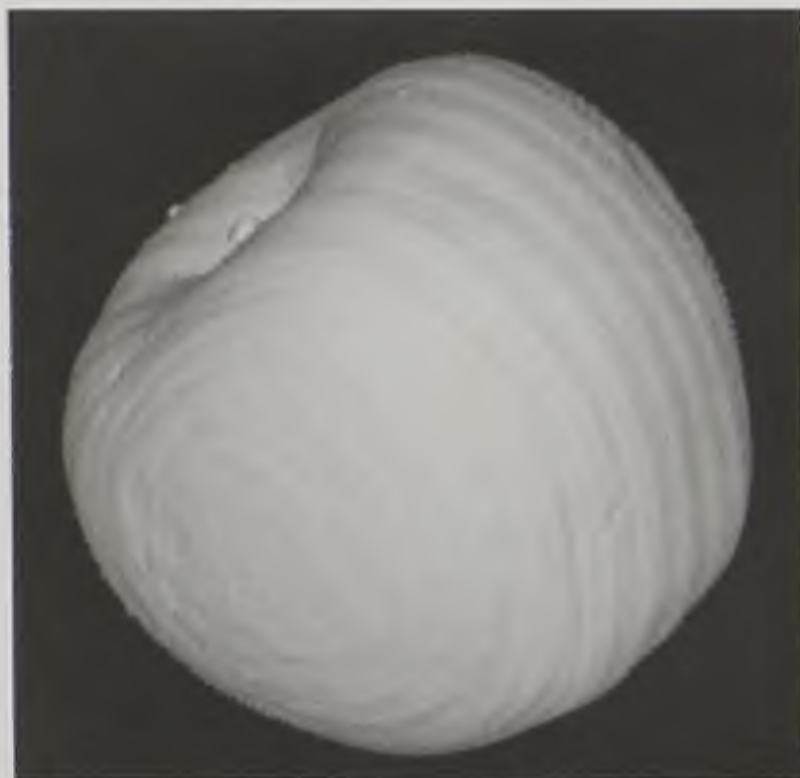
Рис. 4.2. Внешний вид процедурной отделения рентгеновской компьютерной томографии, оснащенного компьютерным томографом Somatom Volume Zoom (Siemens)



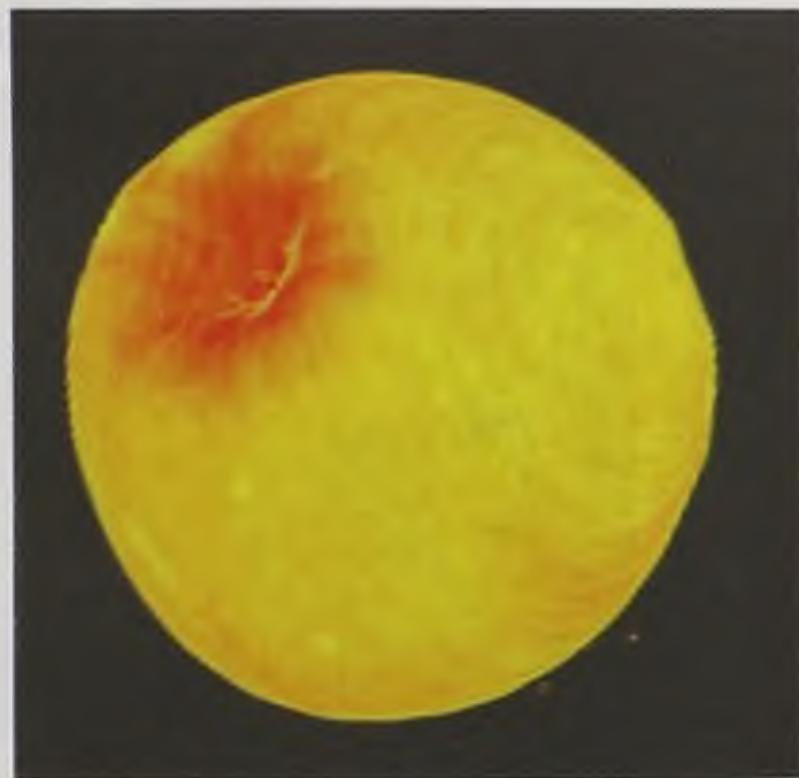
a



б

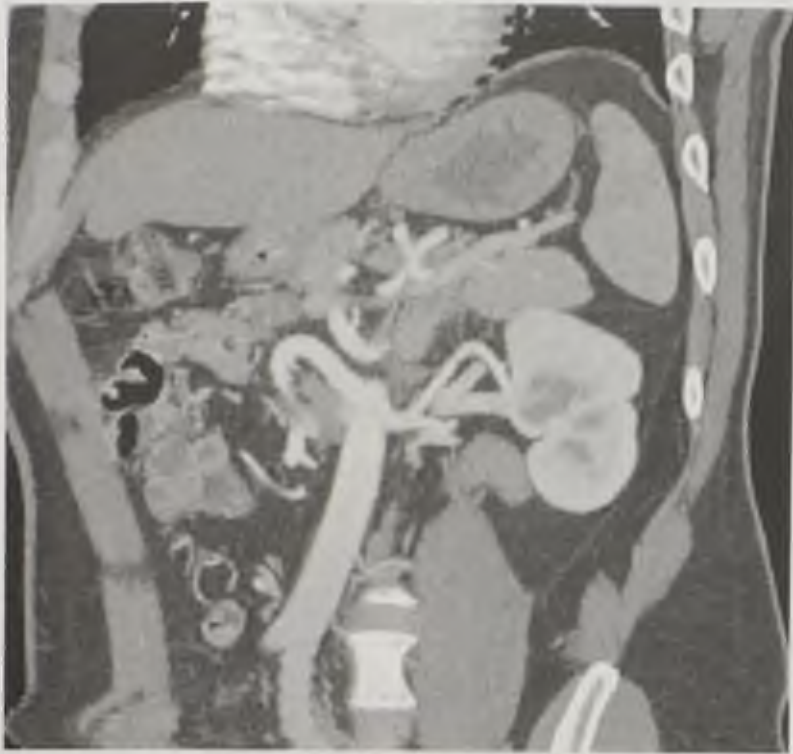


в

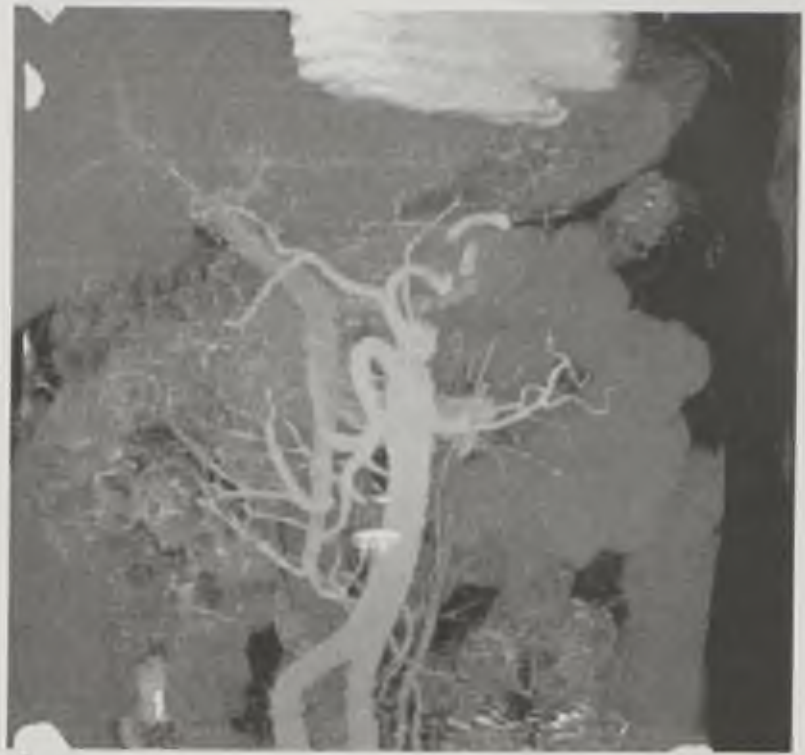


г

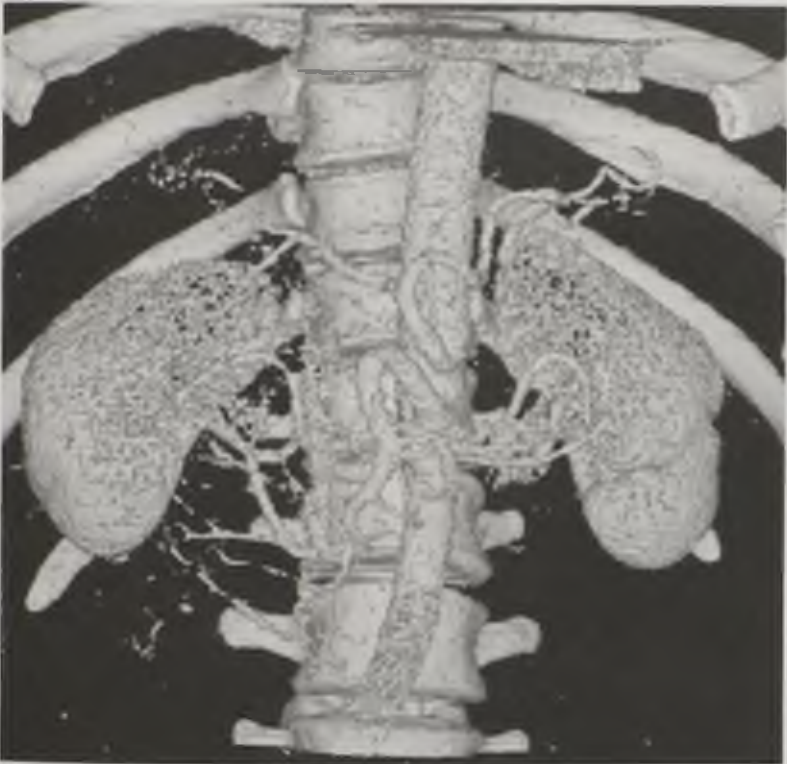
Рис. 4.7. Различные варианты двухмерных и трехмерных построений одного и того же объекта, использующихся в компьютерной томографии: *a* — мультипланарная реконструкция (MPR); *б* — изображение в проекции максимальных интенсивностей (MIP); *в* — изображение оттененных поверхностей (SSD); *г* — изображение объемного рендеринга (VRT)



a



б

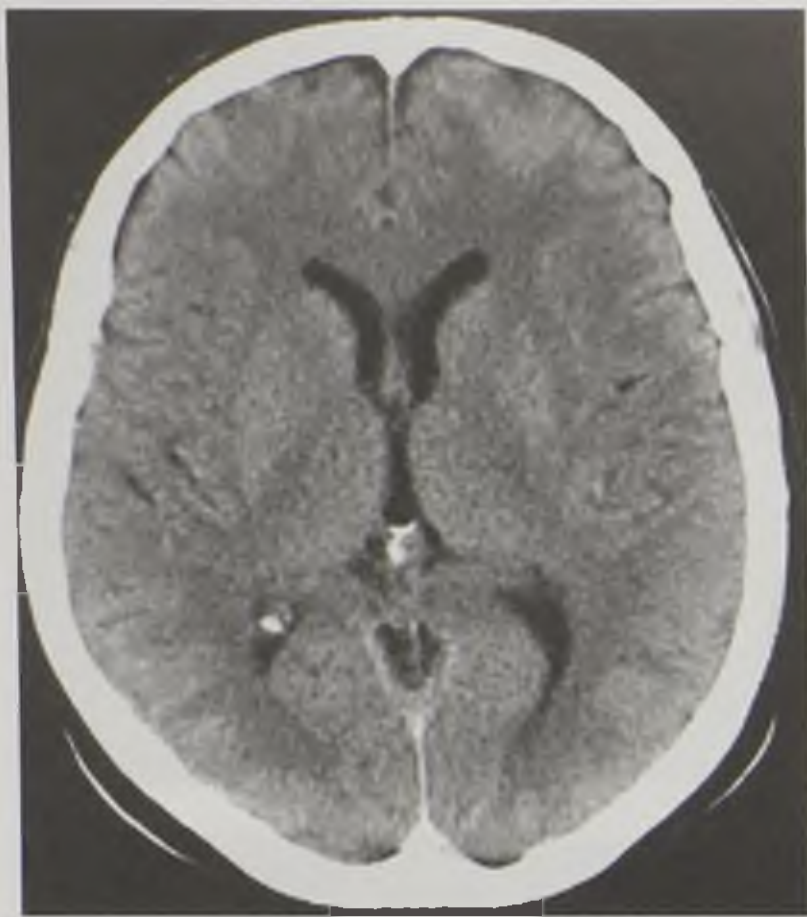


в

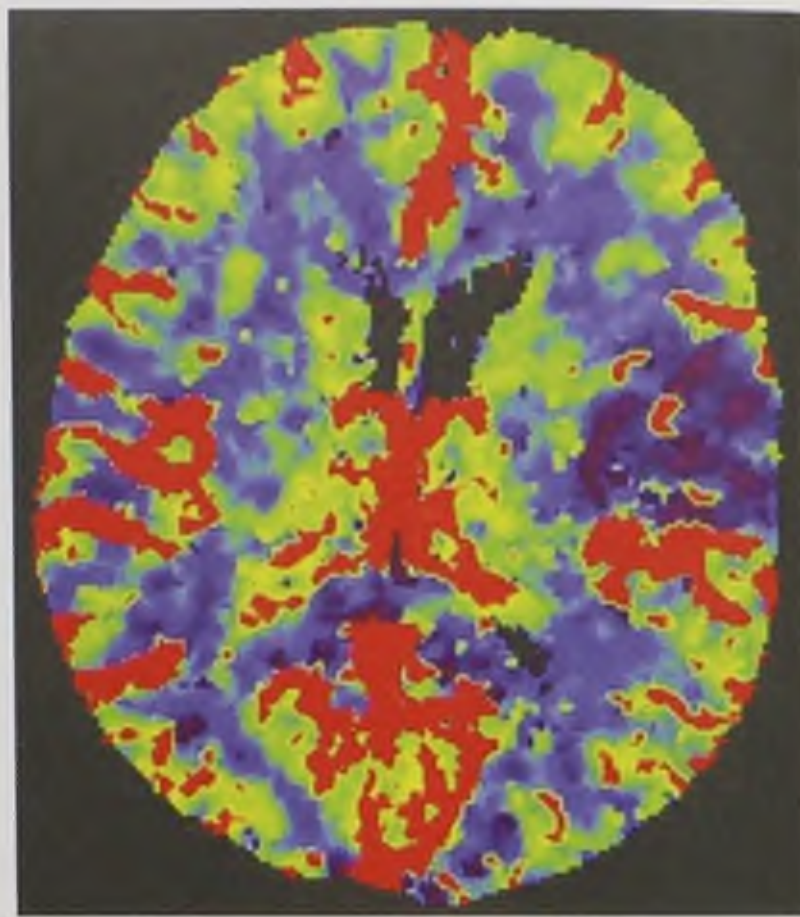


г

Рис. 4.10. Компьютерная томография при болюсном внутривенном введении контрастного вещества, артериальная фаза (компьютерно-томографическая ангиография): *a* — мультипланарная реконструкция; *б* — изображение в проекции максимальных интенсивностей; *в* — изображение оттененных поверхностей; *г* — изображение объемного рендеринга

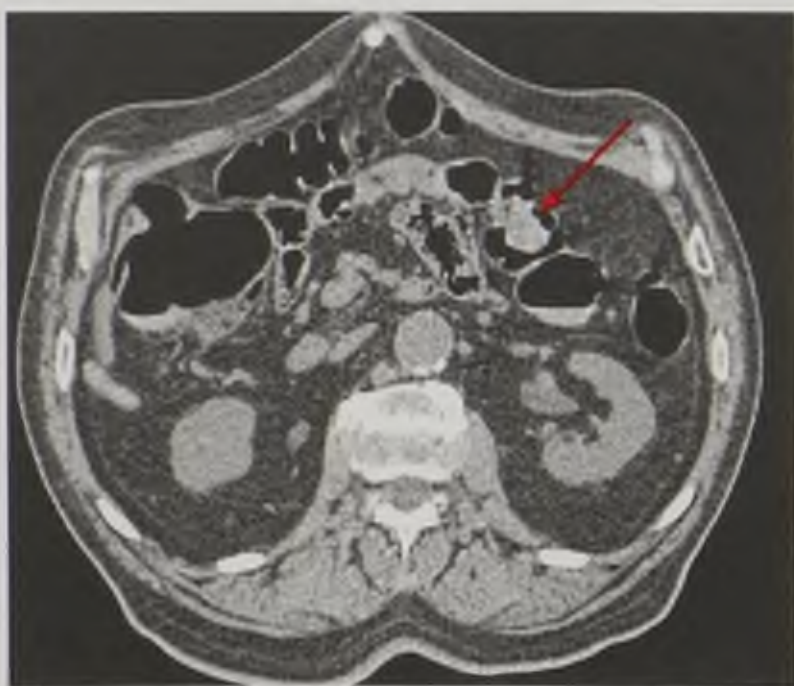


a



б

Рис. 4.11. Компьютерные томограммы: *a* — в аксиальной плоскости больного с острым ишемическим инсультом в острейшей стадии (патологических изменений не определяется); *б* — перфузионная этого же больного на том же уровне (отмечается дефект перфузии мозговой ткани в бассейне левой средней мозговой артерии)

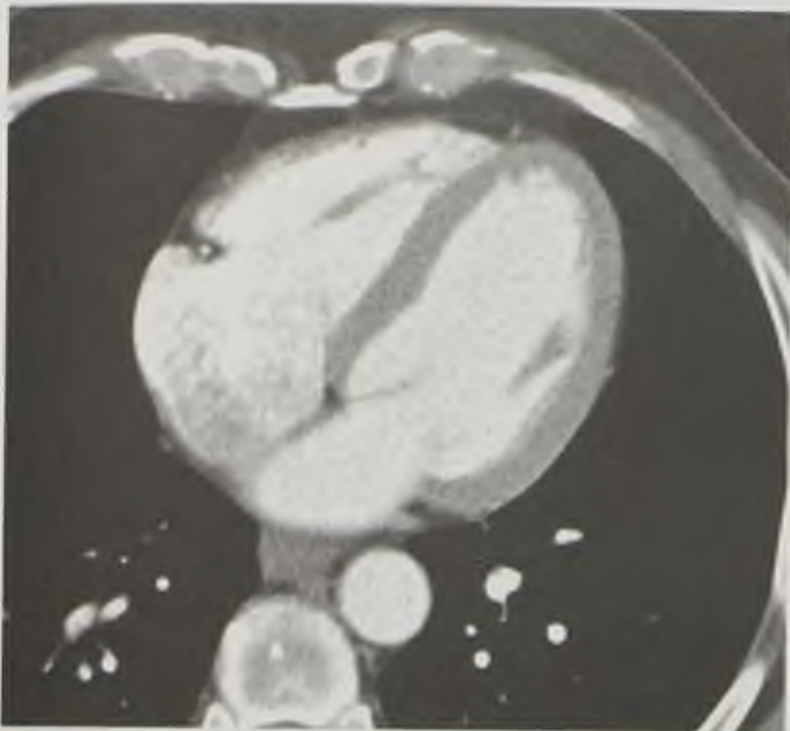


a



б

Рис. 4.14. Компьютерно-томографическая виртуальная колонография: *a* — аксиальный срез на уровне поперечной ободочной кишки, в которой определяется опухолевый узел (стрелка); *б* — объемный рендеринг в области локализации опухоли поперечной ободочной кишки

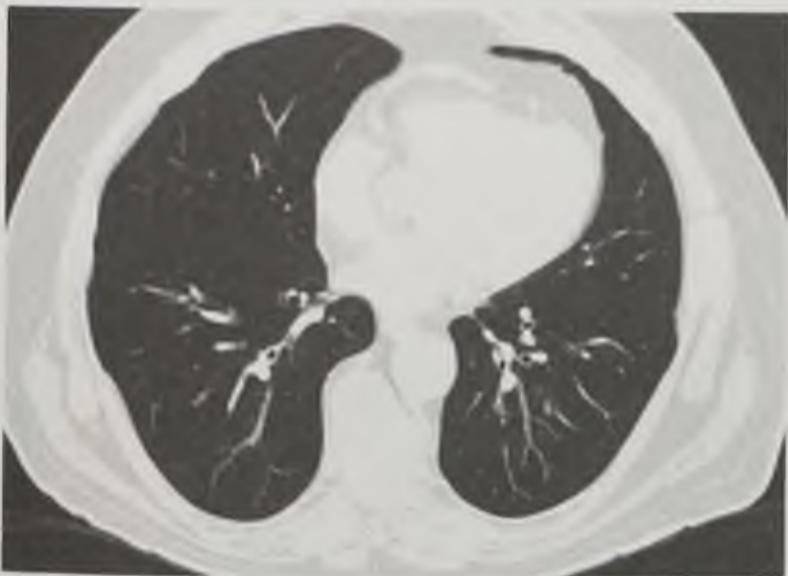


a



б

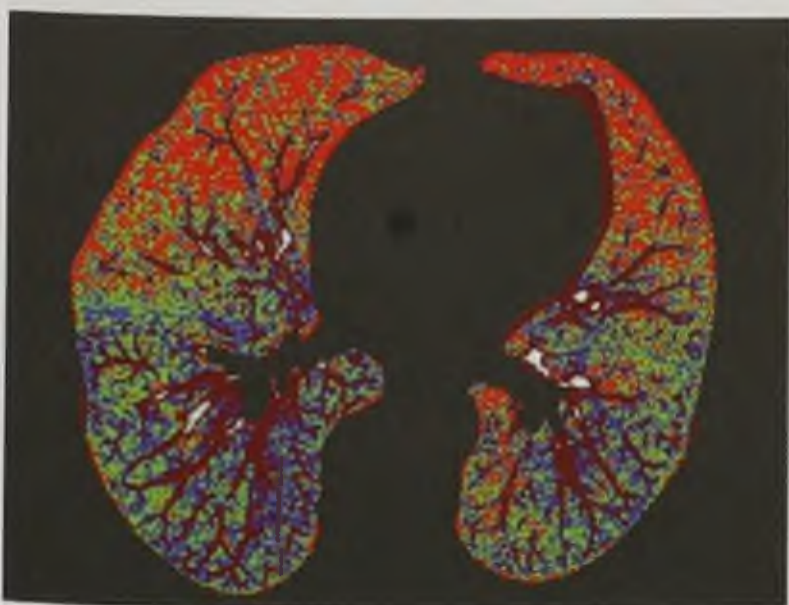
Рис. 4.15. Компьютерно-томографическая коронарография: *a* — мультипланарная реконструкция вдоль продольной оси сердца; *б* — изображение объемного рендеринга



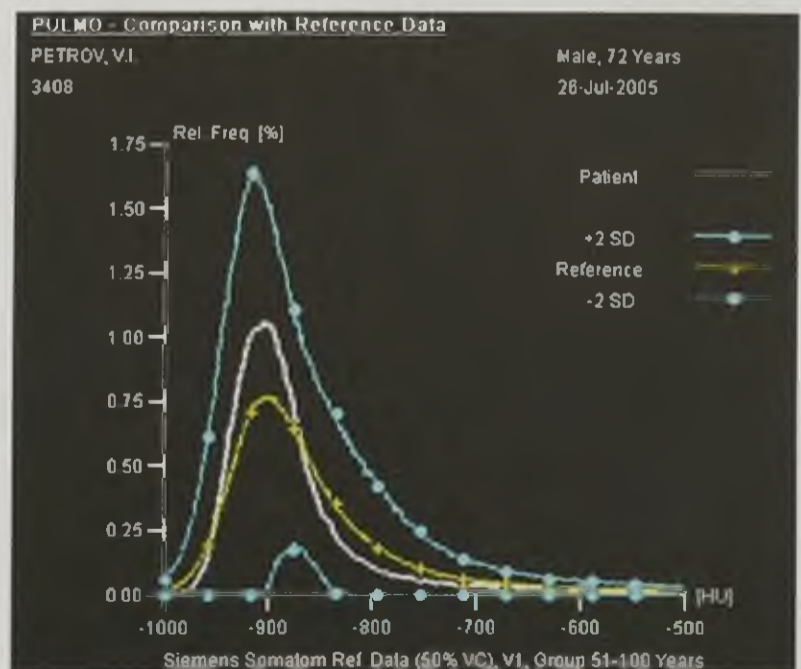
a



б

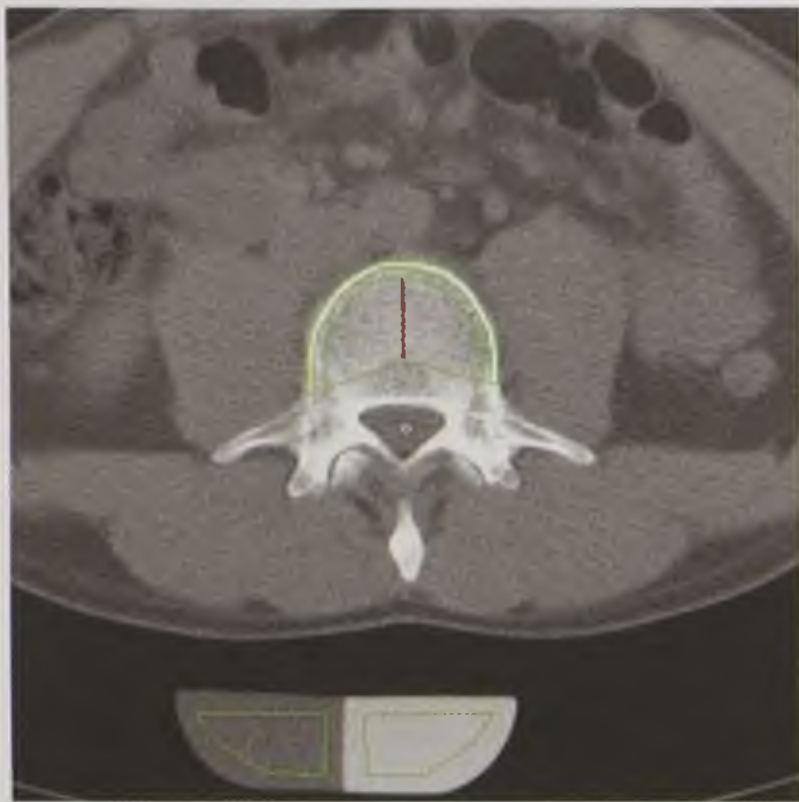


в

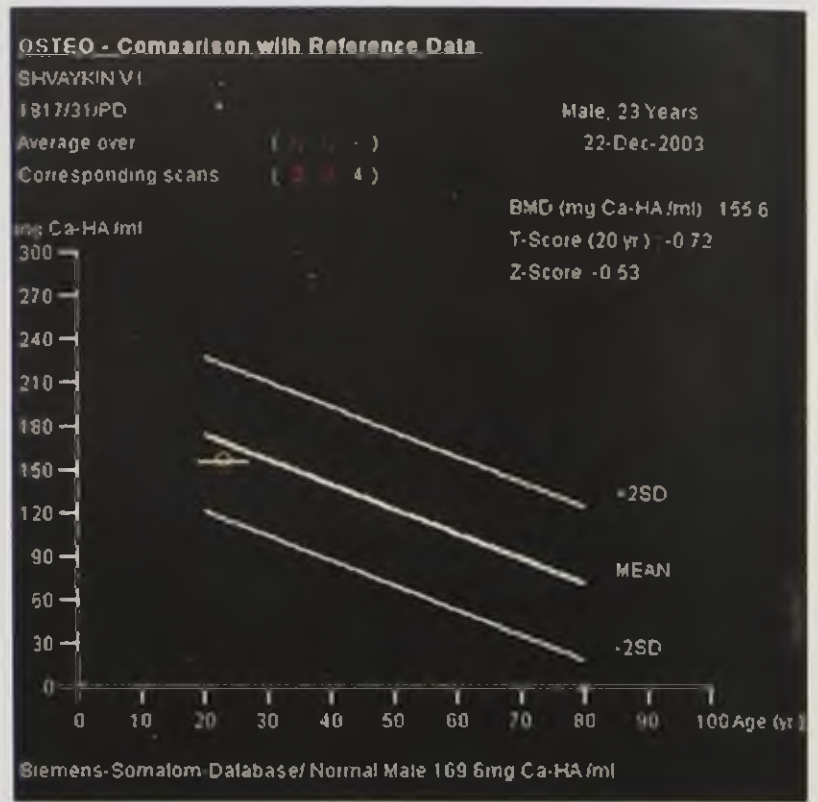


г

Рис. 4.16. Количественная компьютерная томография легких: *a* — аксиальный срез груди на вдохе; *б* — аксиальный срез на выдохе на том же уровне; *в* — картирование участков с низкой плотностью легочной ткани (участки эмфиземы обозначены красным цветом); *г* — сравнение полученных результатов измерения плотности с нормальными значениями

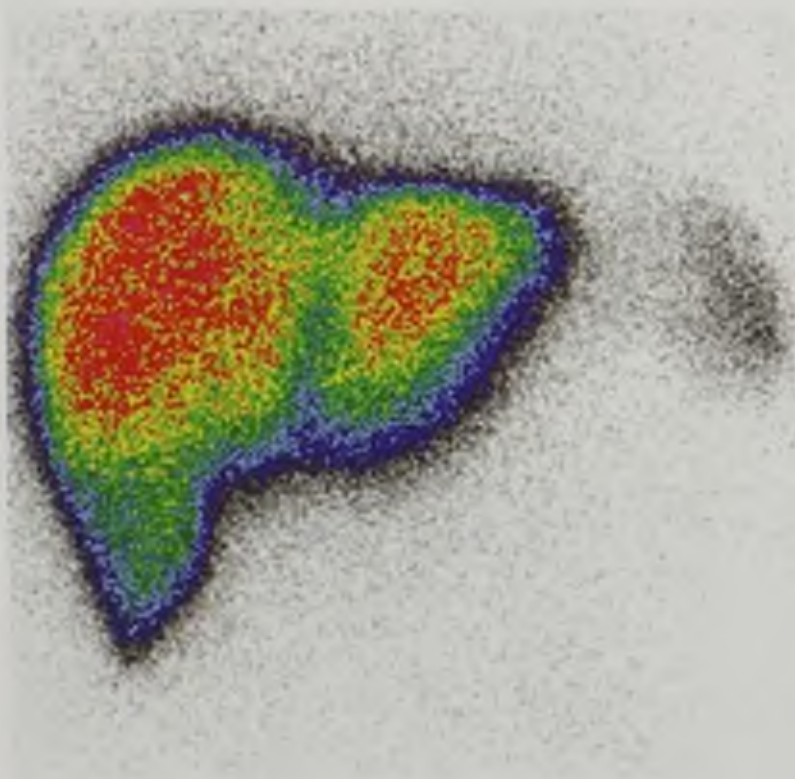


a

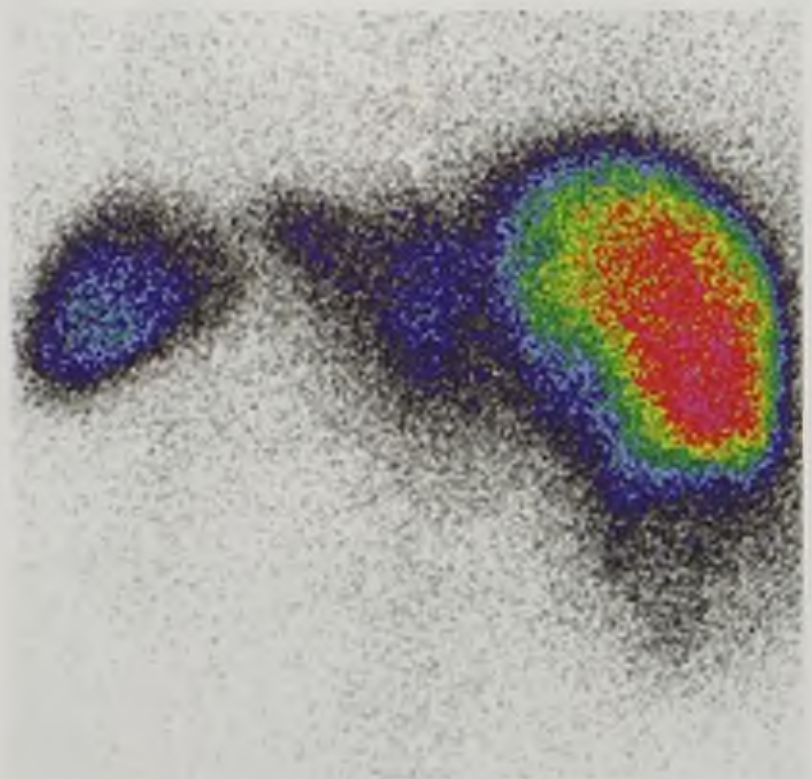


б

Рис. 4.17. Количественная компьютерная томография костной ткани: *a* — зоны измерения кортикального и губчатого вещества кости в поясничном позвонке; *б* — результаты измерения в сравнении с нормальными значениями плотности костной ткани для данного возраста и пола



a



б

Рис. 6.3. Статические сцинтиграммы печени и селезенки в передней (*a*) и задней (*б*) прямых проекциях. Норма

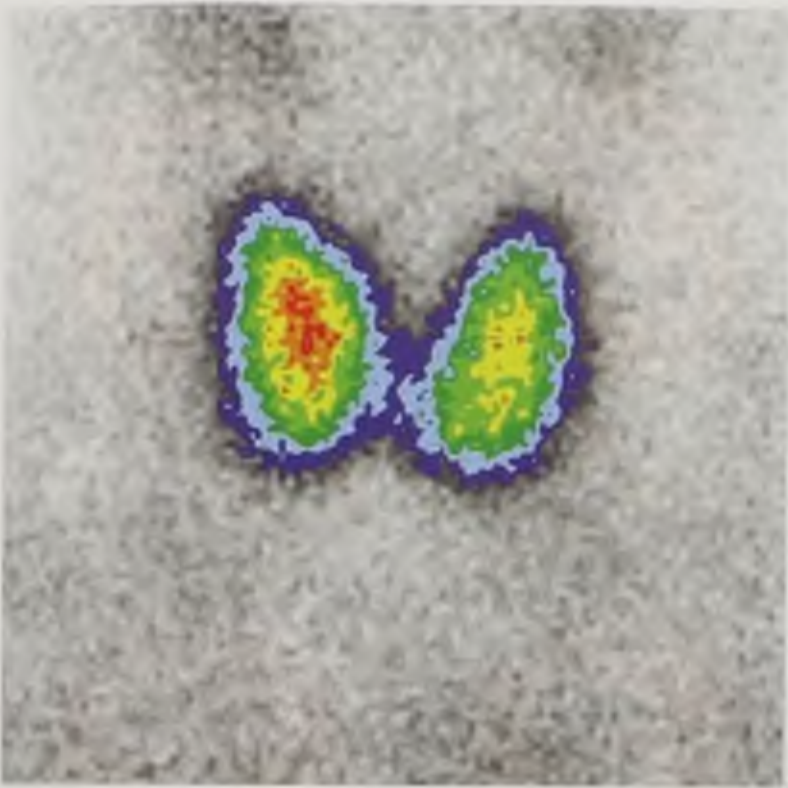


Рис. 6.5. Статическая сцинтиграмма щитовидной железы. Норма

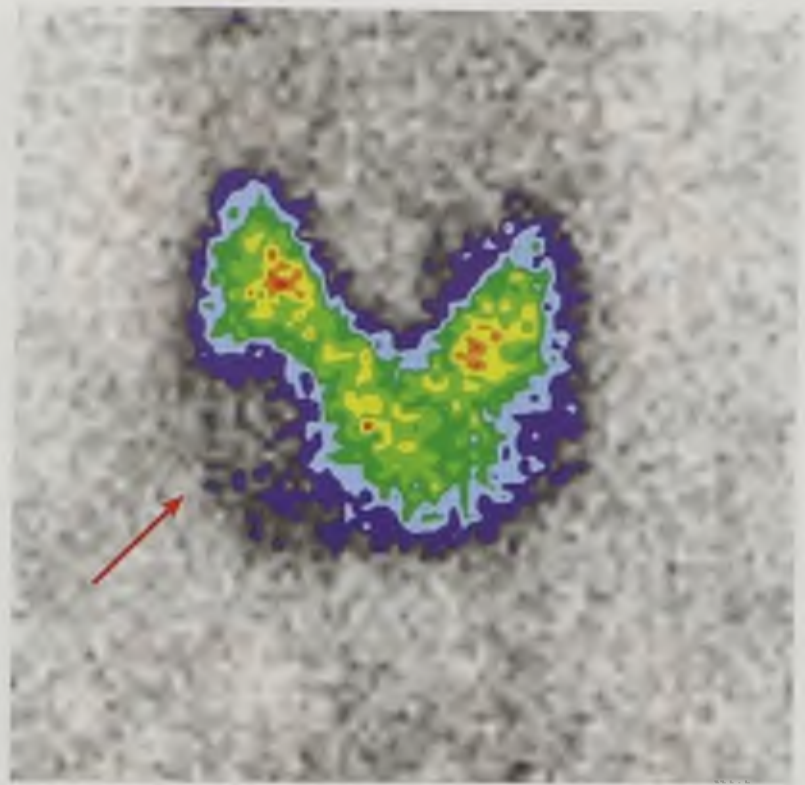


Рис. 6.6. Статическая сцинтиграмма щитовидной железы с очагом пониженного накопления радиофармацевтического препарата («холодный узел») (стрелка)

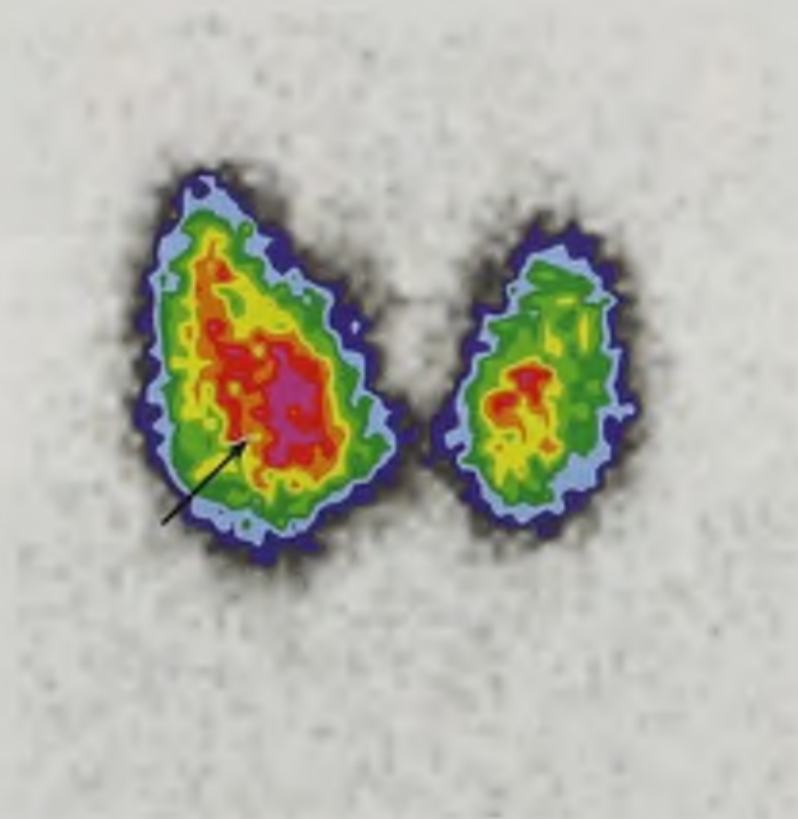


Рис. 6.7. Статическая сцинтиграмма щитовидной железы с очагом повышенного накопления радиофармацевтического препарата («горячий узел») (стрелка)

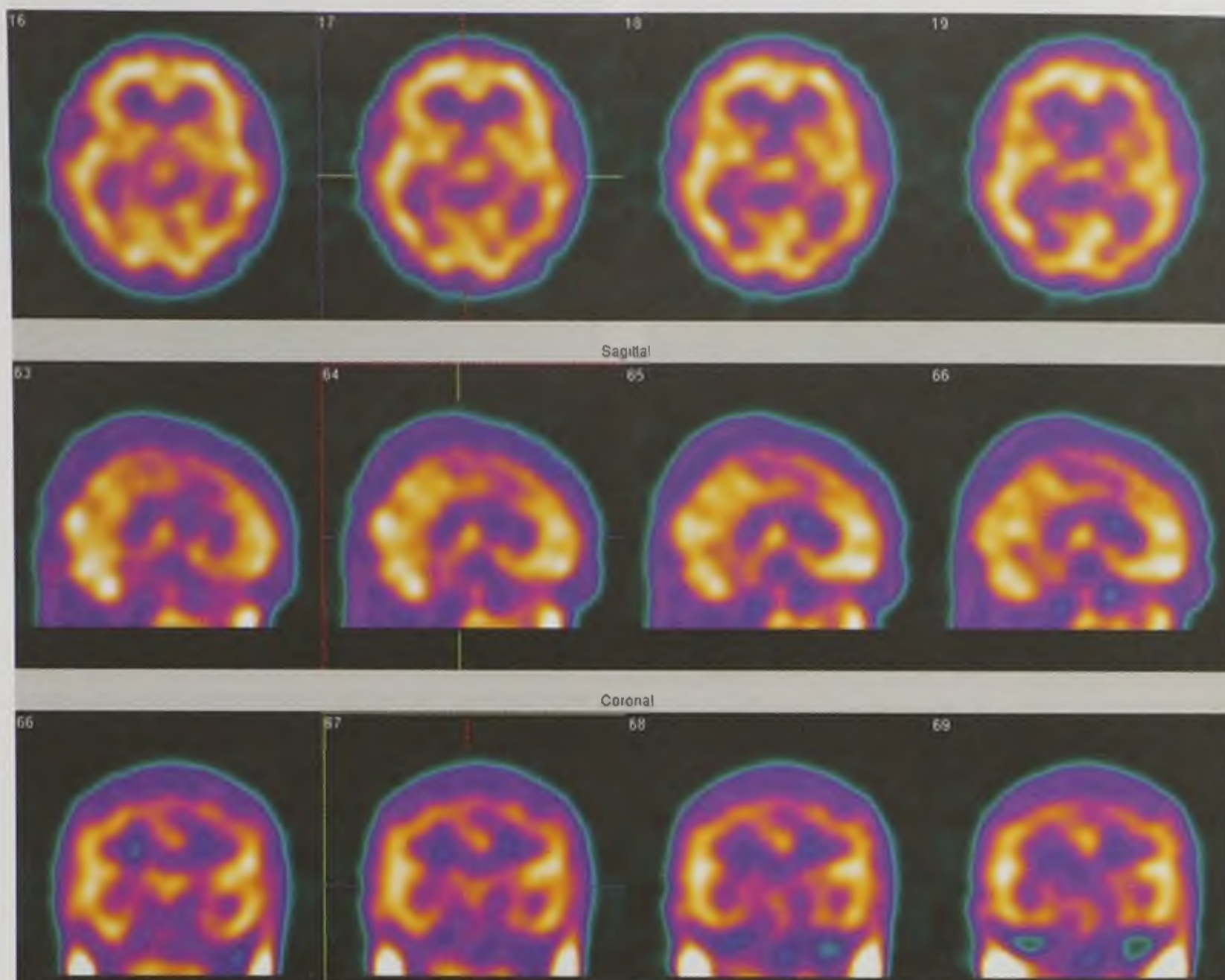


Рис. 6.8. Перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография головного мозга. Норма

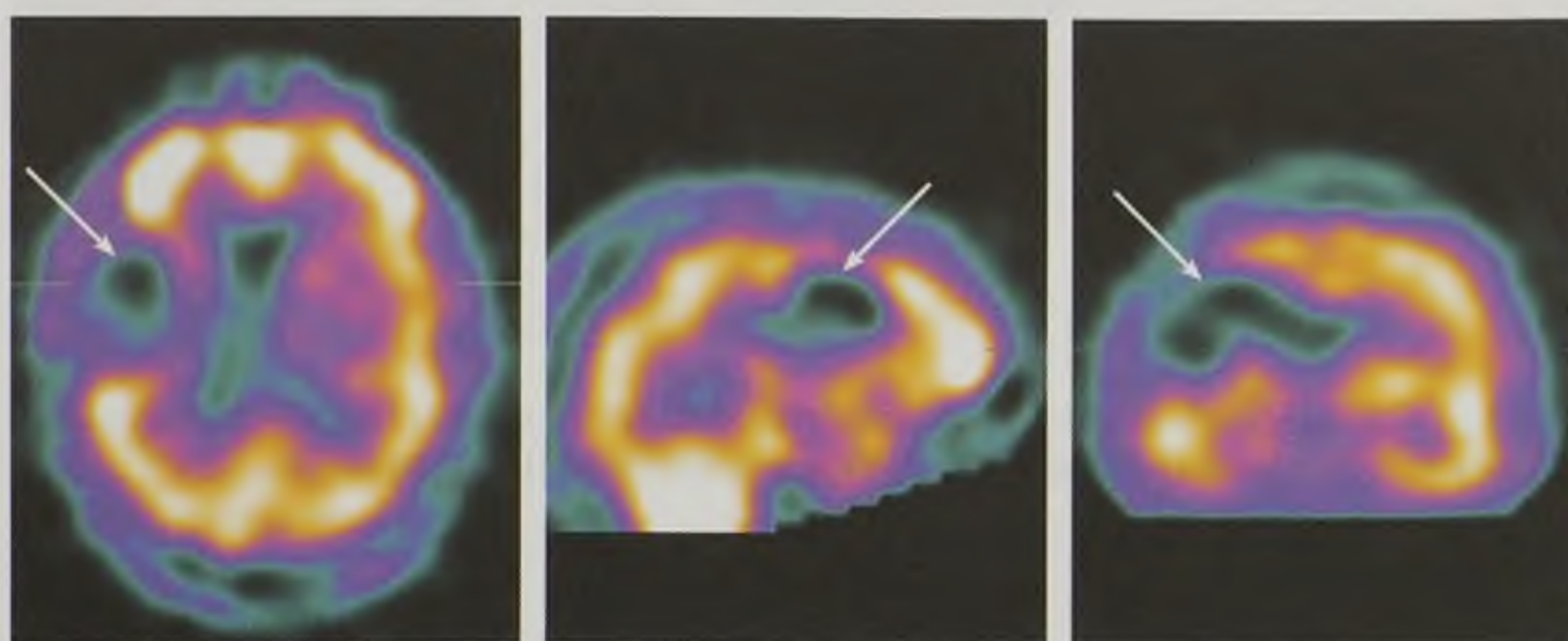


Рис. 6.9. Перфузионная однофотонная эмиссионная компьютерная томография головного мозга. Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу. В правом полушарии определяется очаг отсутствия накопления радиофармацевтического препарата (стрелки)



Рис. 6.10. Однофотонные эмиссионные компьютерные томограммы головного мозга с опухолетропным радиофармацевтическим препаратом в аксиальной (*а*), фронтальной (*б*) и сагиттальной (*в*) плоскостях. Метастаз рака легкого в левое полушарие головного мозга (стрелки)

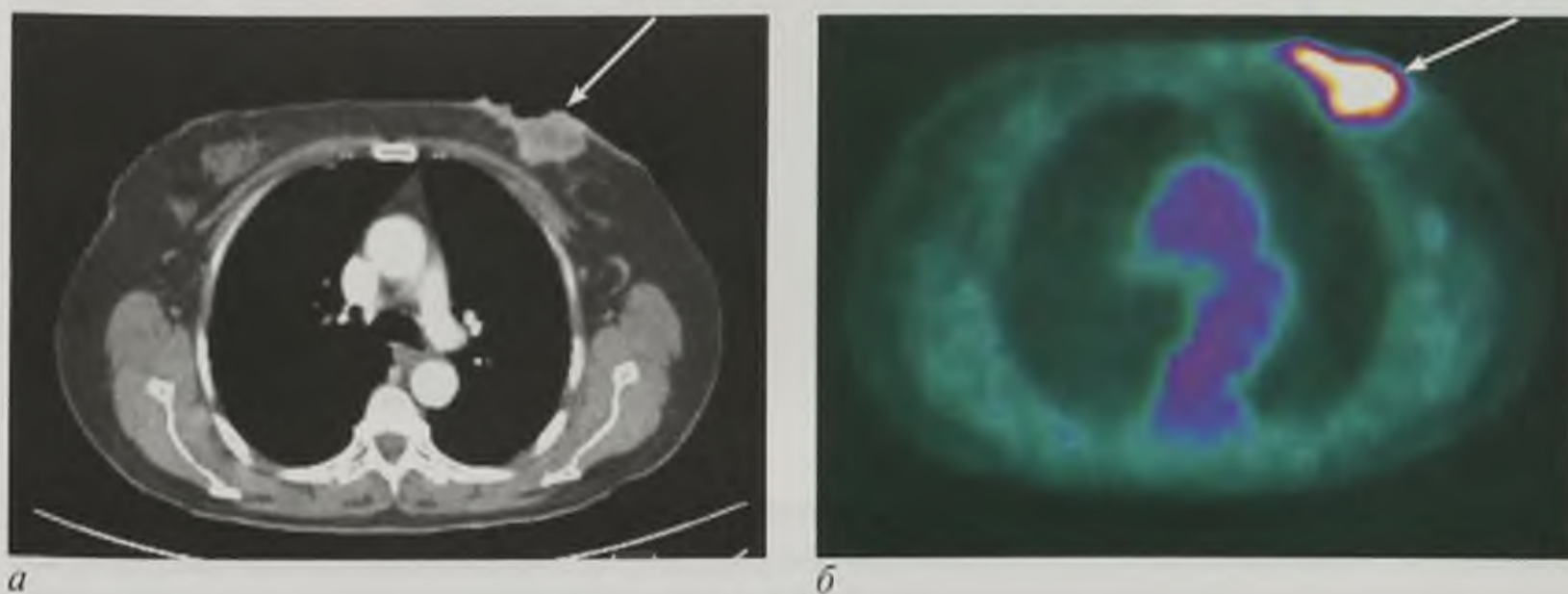
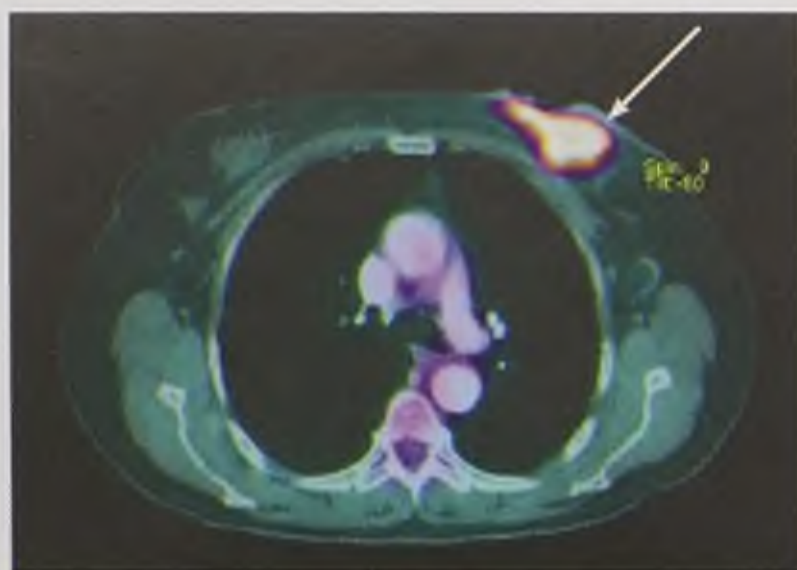
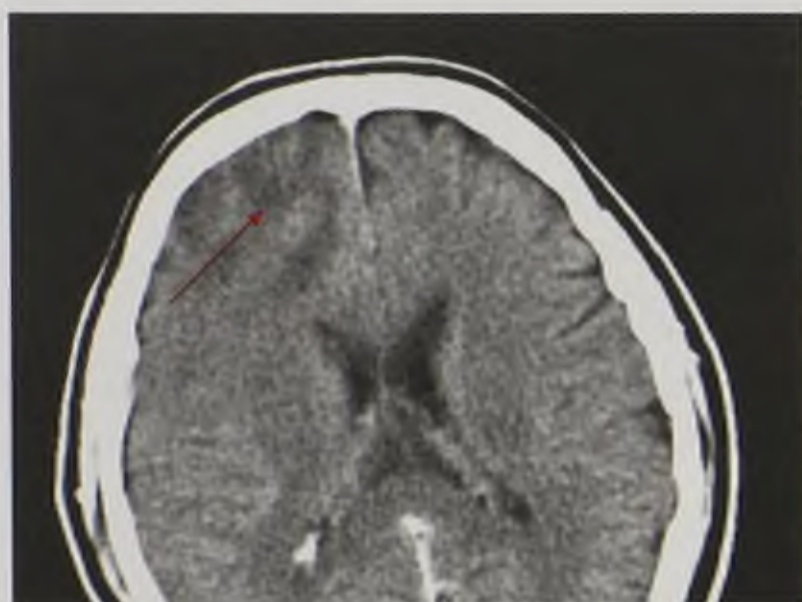


Рис. 6.14. Рак левой молочной железы: *а* — на компьютерной томограмме определяется бугристое образование, накапливающее рентгеноконтрастное вещество (стрелка); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяется очаг гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы в грудной клетке слева (стрелка)

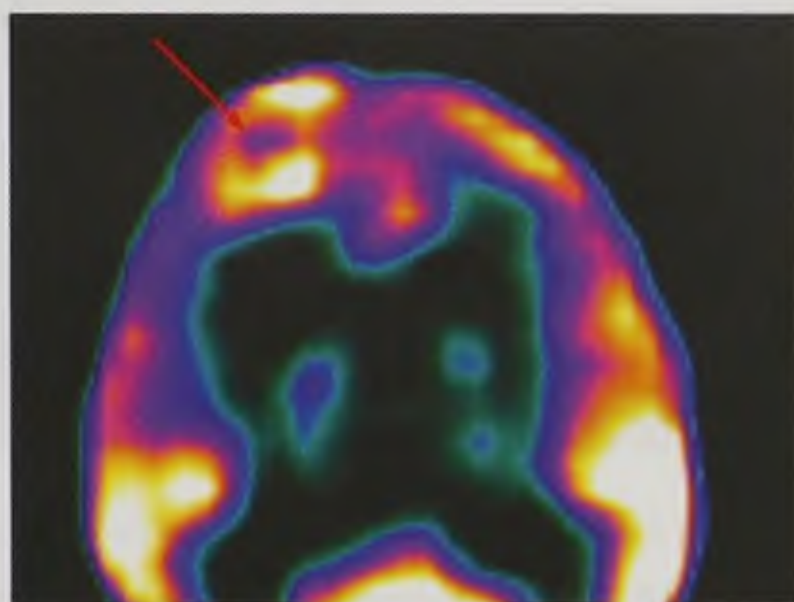


в

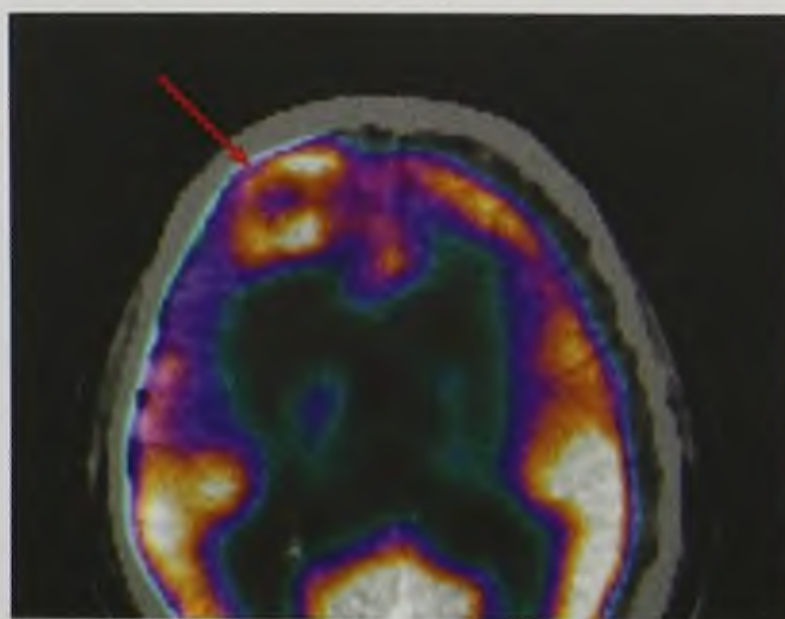
Рис. 6.14. Окончание. Рак левой молочной железы: *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяется образование молочной железы с повышенной фиксацией фтордезоксиглюкозы в нем (стрелка)



а



б

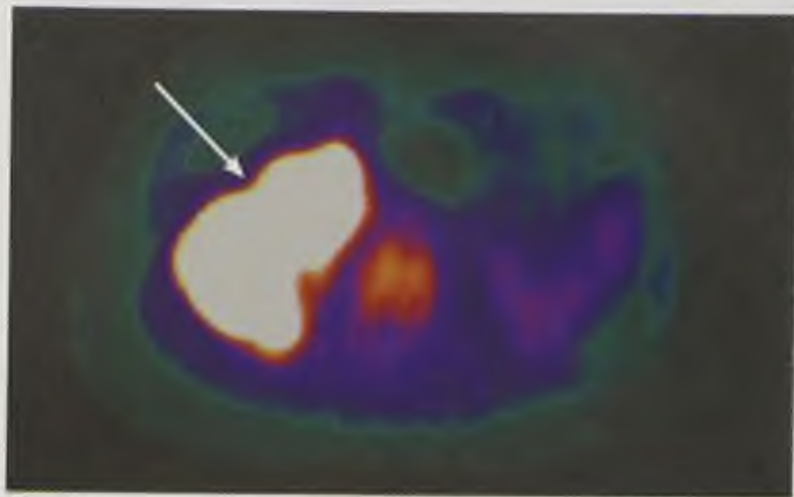


в

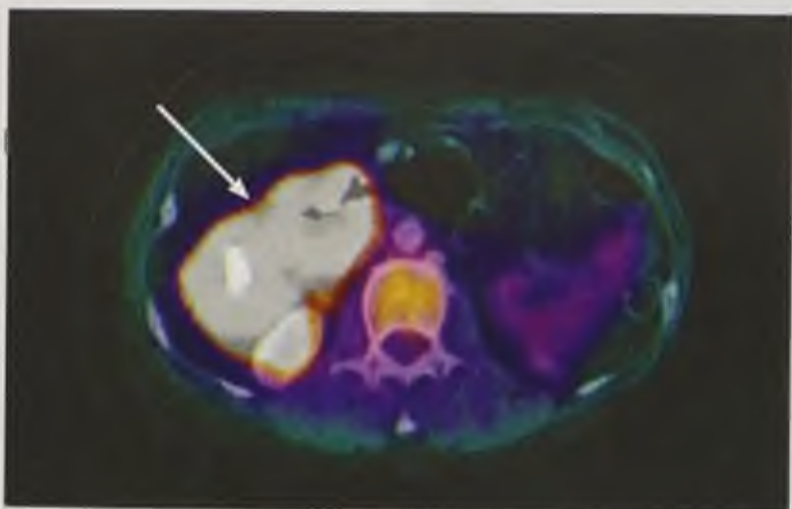
Рис. 6.15. Высокоточная внутримозговая опухоль правой лобной доли: *а* — на компьютерных томограммах в правой лобной доле определяется образование (стрелка) неоднородной плотности, накапливающее рентгеноконтрастное вещество; *б* — на позитронно-эмиссионных томограммах определяется очаг гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы (стрелка); *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяется гетерогенное образование (стрелка) правой лобной доли с неоднородно повышенной фиксацией фтордезоксиглюкозы



a



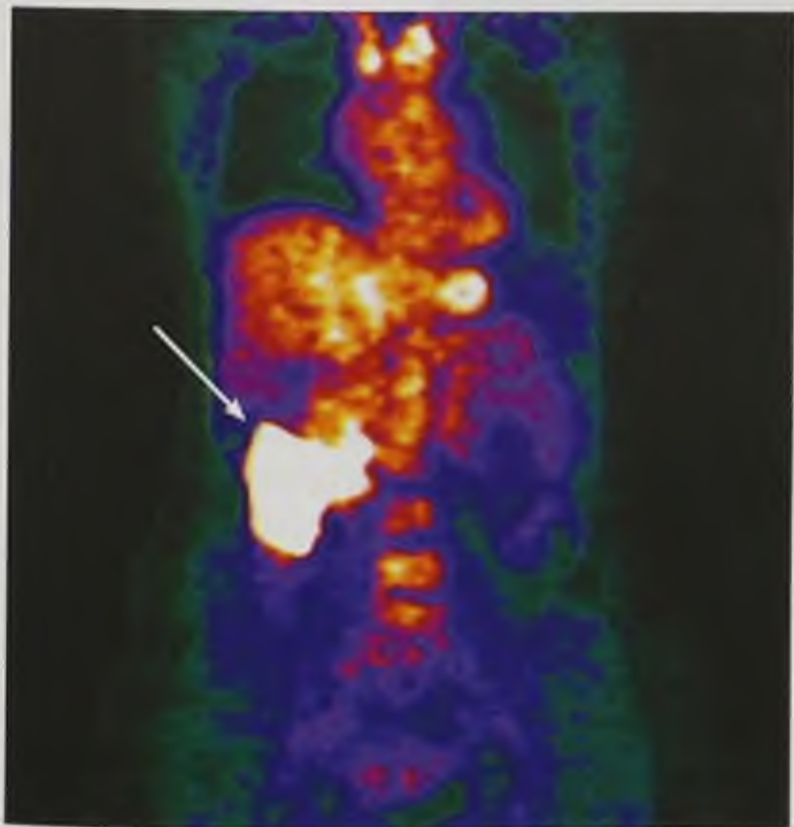
б



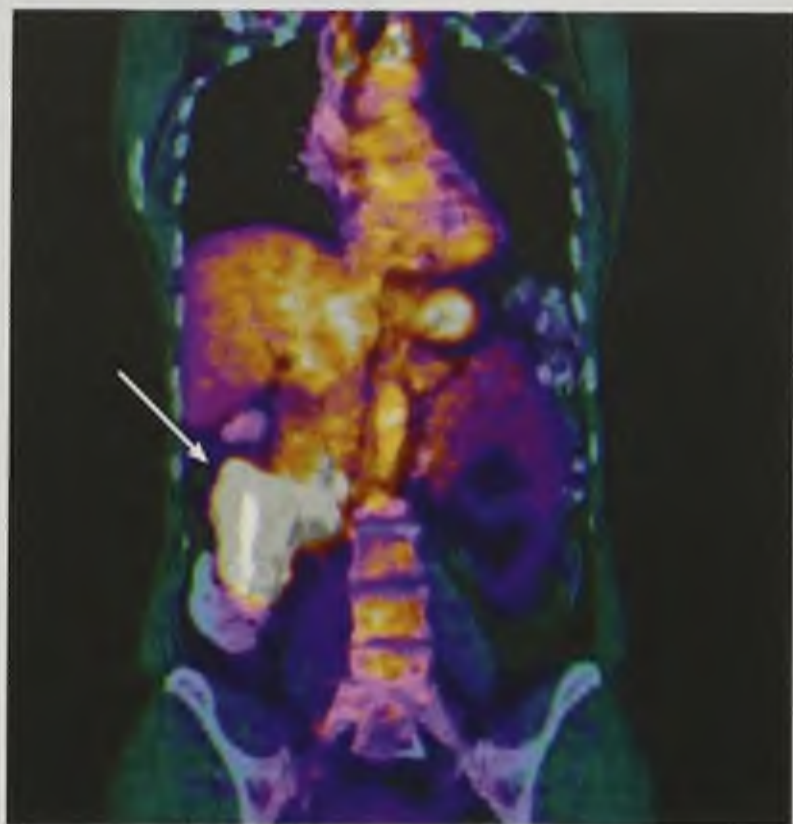
в



г

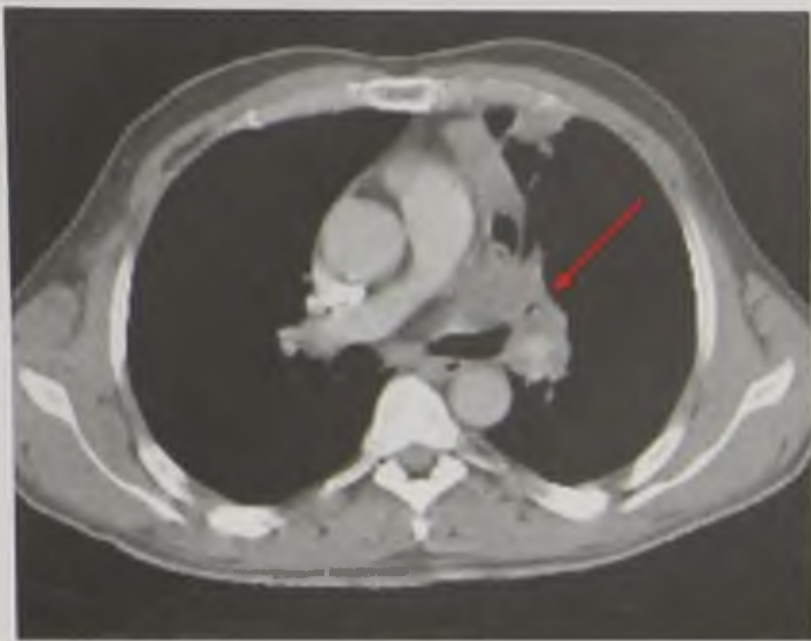


д

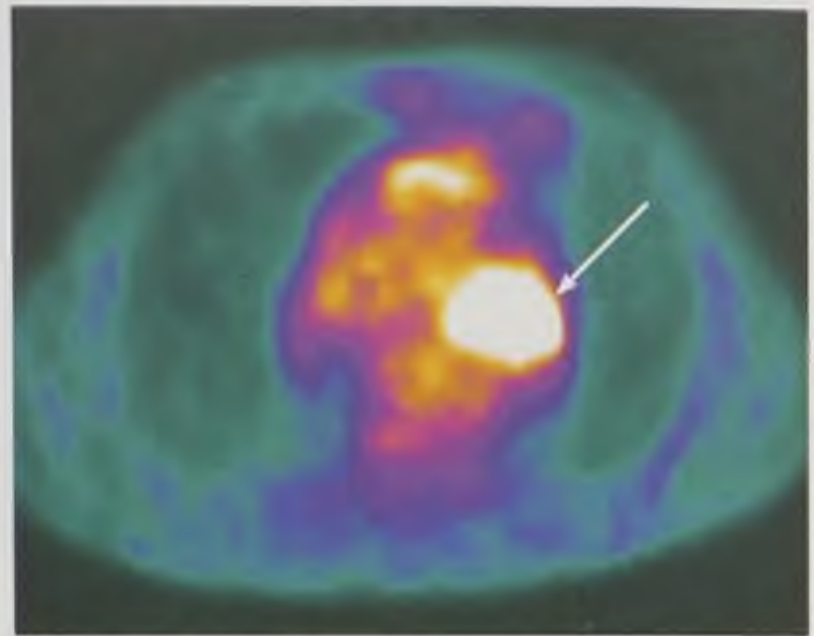


е

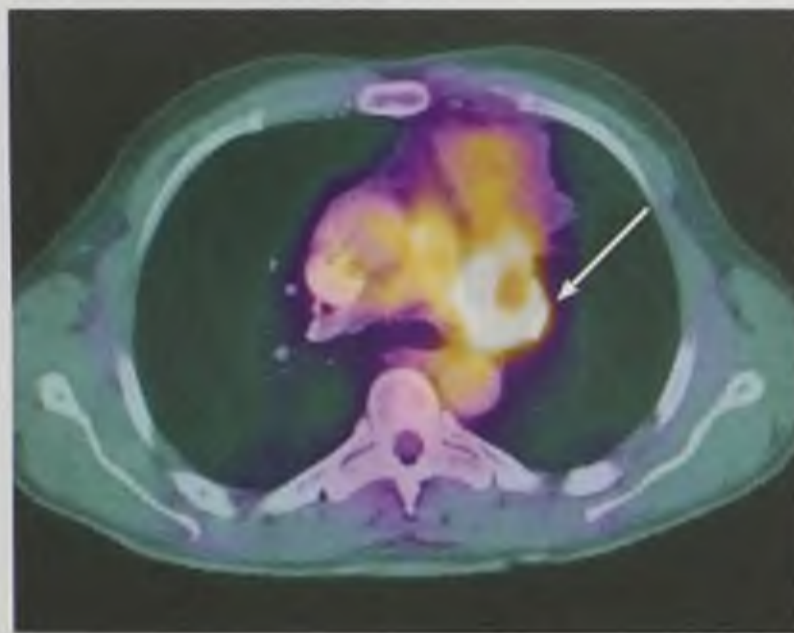
Рис. 6.16. Рак слепой кишки с прорастанием в терминальный отдел подвздошной. На компьютерных томограммах (*a, г*) определяется циркулярная опухоль слепой кишки, распространяющаяся на терминальный отдел подвздошной кишки (стрелка). На позитронно-эмиссионных томограммах (*б, д*) определяется очаг гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы в правой подвздошной области (стрелка). На позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме (*в, е*) определяется опухоль слепой кишки (стрелка) с прорастанием в терминальный отдел подвздошной кишки с повышенной фиксацией фтордезоксиглюкозы в ней



a

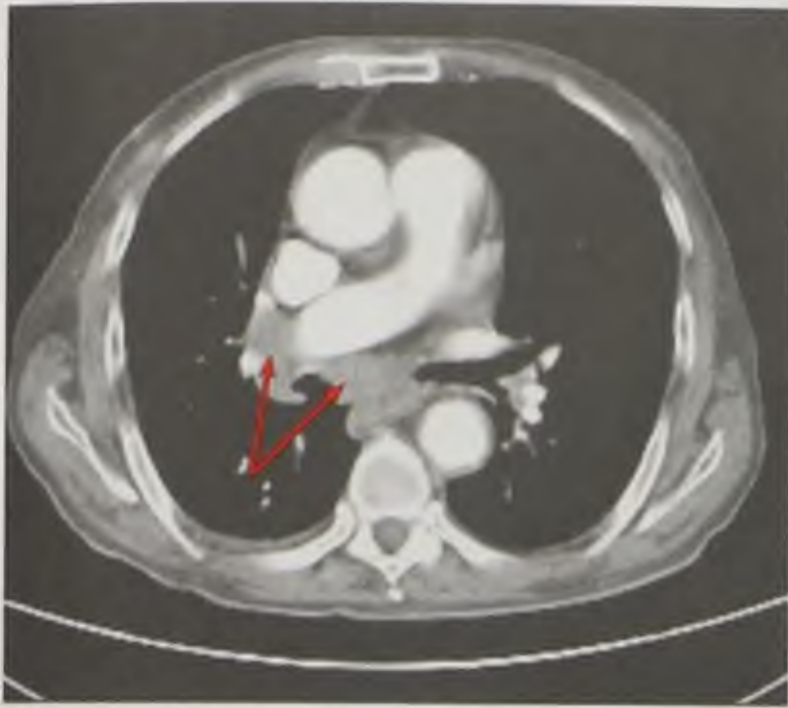


б

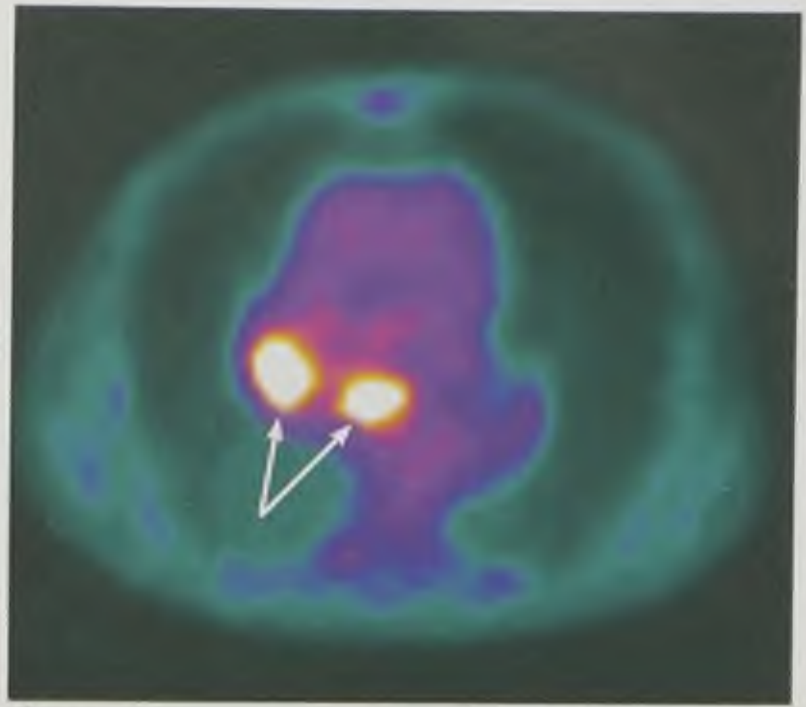


в

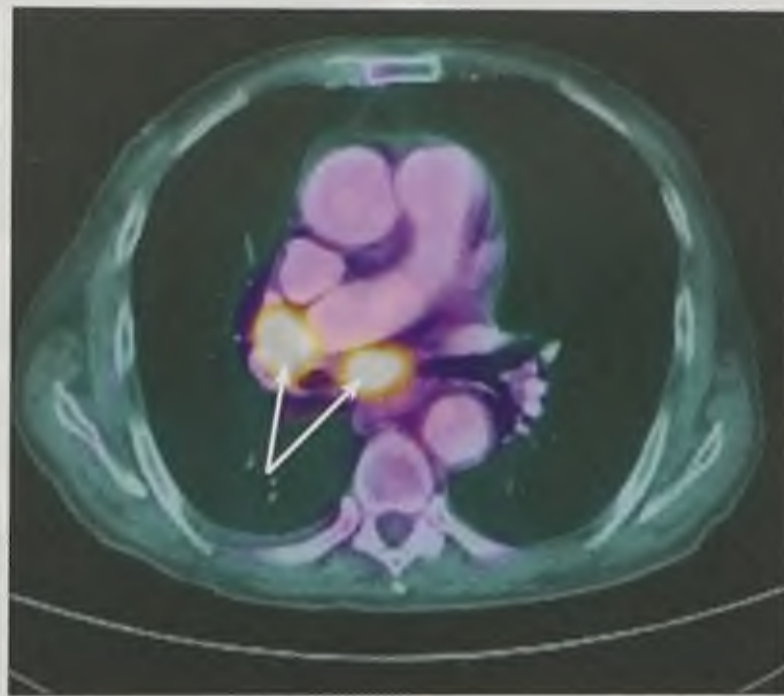
Рис. 6.17. Центральный рак левого верхнедолевого бронха: *a* — на компьютерной томограмме определяется бугристое образование, прорастающее в просвет левого верхнедолевого бронха (стрелка); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяется очаг гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы (стрелка) в средостении; *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяется образование корня левого легкого с повышенной фиксацией фтордезоксиглюкозы в нем (стрелки)



a

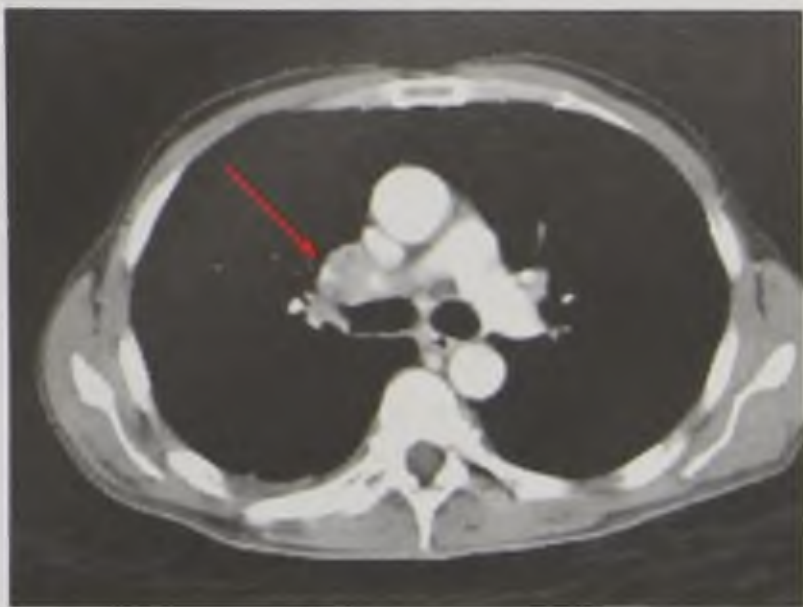


б

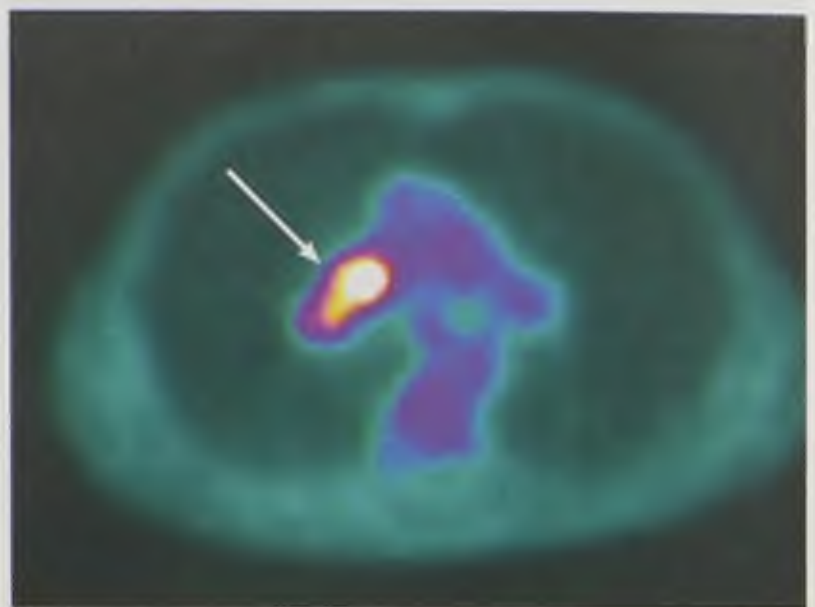


в

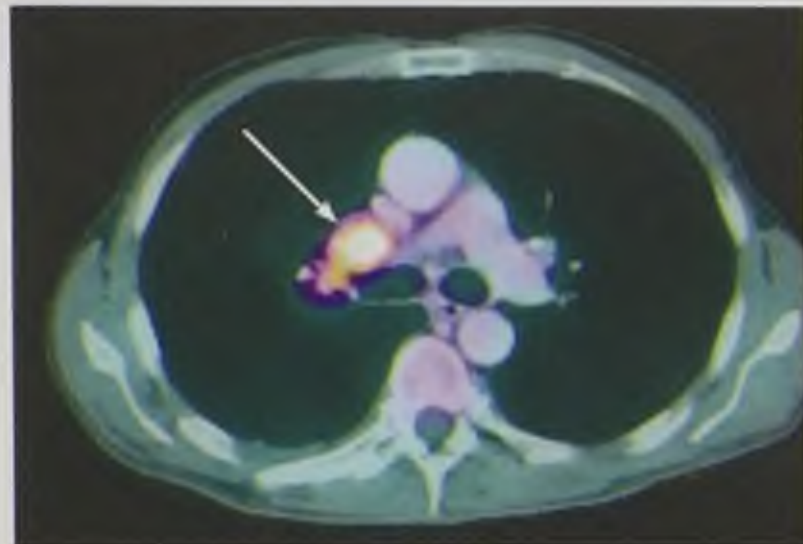
Рис. 6.18. Центральный рак правого промежуточного бронха с поражением бронхоплевональных лимфатических узлов: *a* — на компьютерной томограмме определяется бугристое образование правого промежуточного бронха и увеличение бронхоплевональных лимфатических узлов (стрелки); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяются очаги гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы в средостении (стрелки); *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяется повышенная фиксация фтордезоксиглюкозы в образовании правого промежуточного бронха и пораженных лимфатических узлах (стрелки)



a



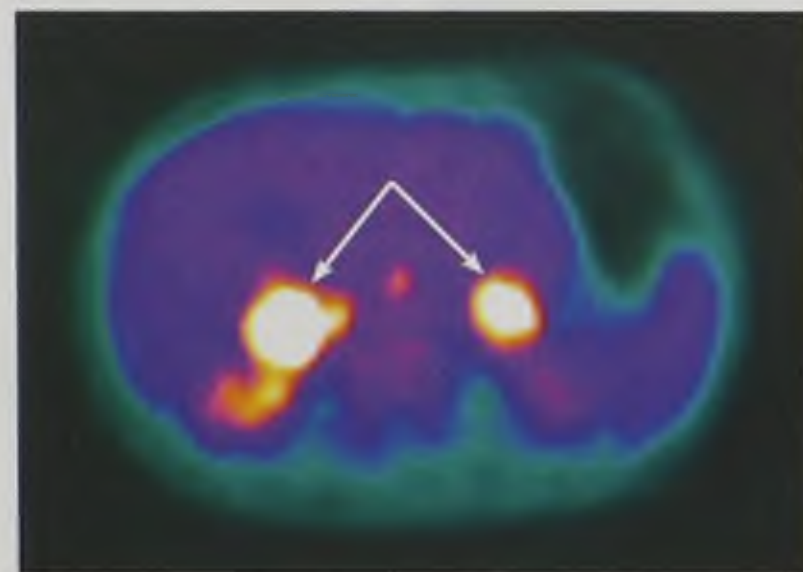
б



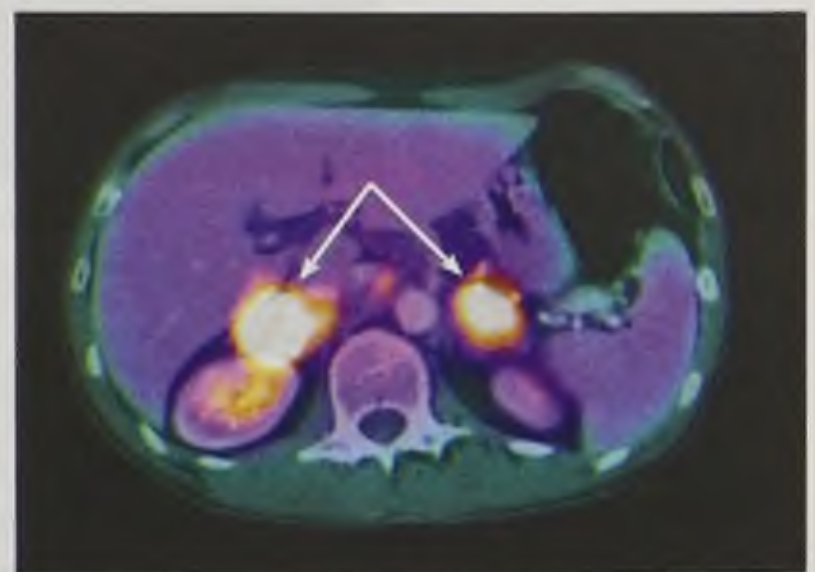
в



г

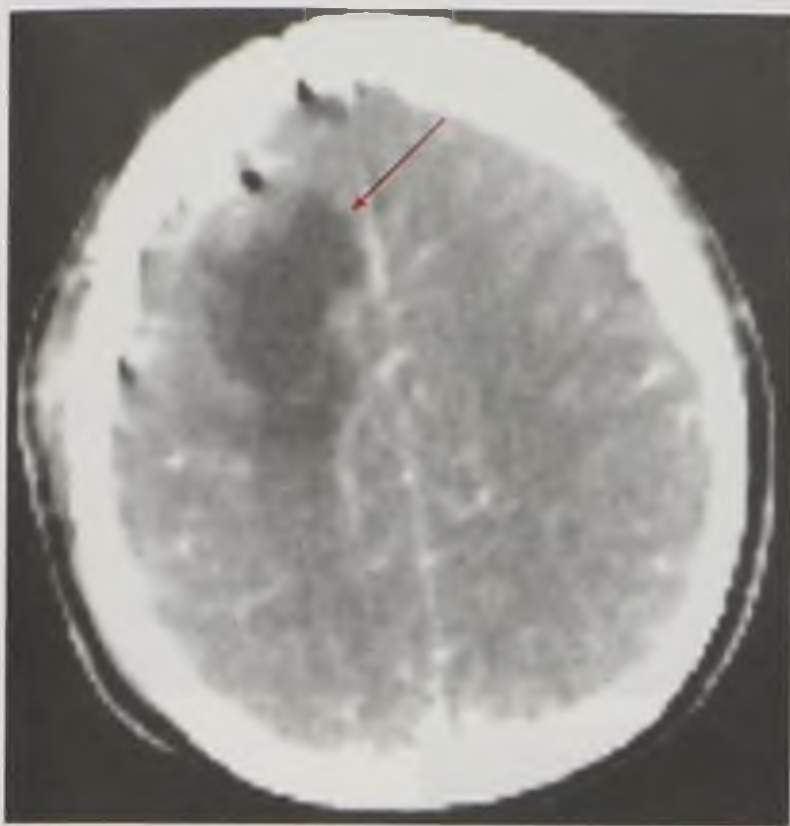


д

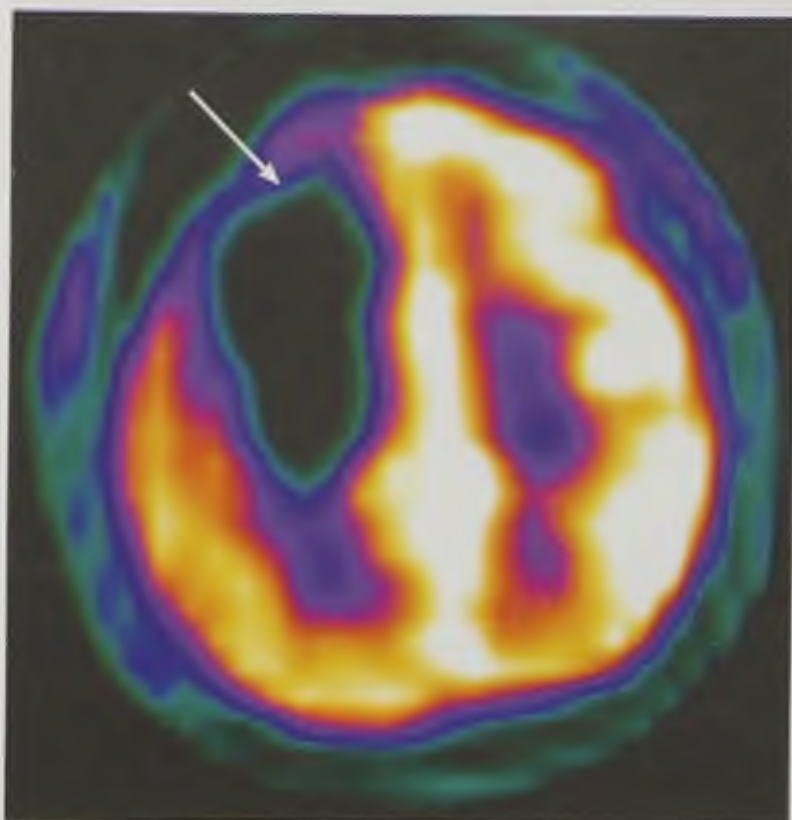


е

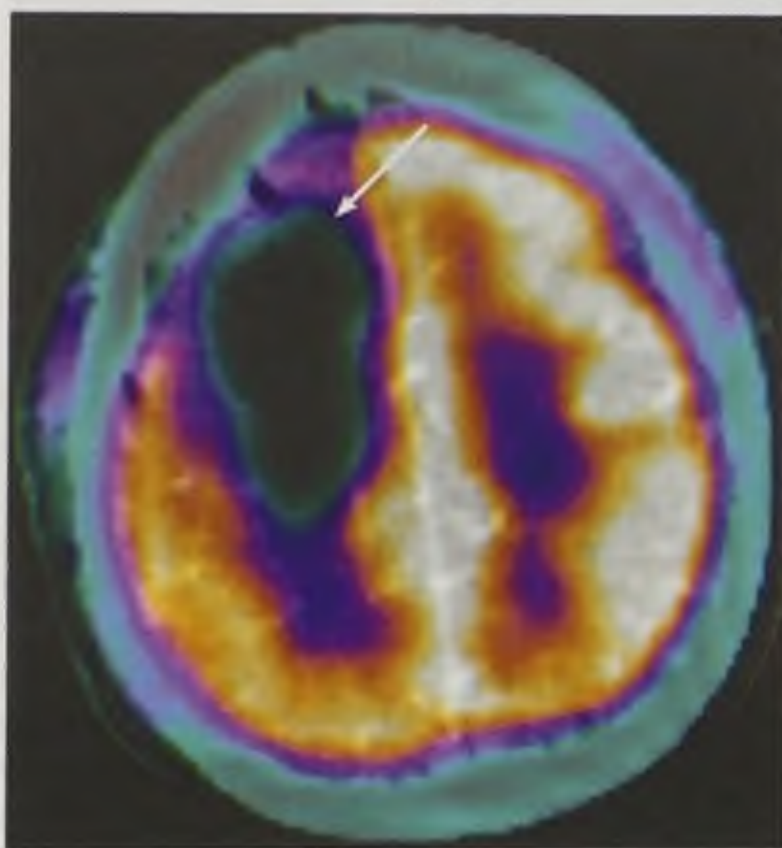
Рис. 6.19. Центральный рак правого легкого с метастазированием в оба надпочечника. На компьютерных томограммах (*a, г*) определяется образование корня правого легкого и образования обоих надпочечников (стрелки). На позитронно-эмиссионных томограммах (*б, д*) определяются очаги гиперфиксации фтордезоксиглюкозы в средостении и в области живота (стрелки). На позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме (*в, е*) определяются образования правого верхнедолевого бронха и обоих надпочечников с повышенной фиксацией фтордезоксиглюкозы в них



a

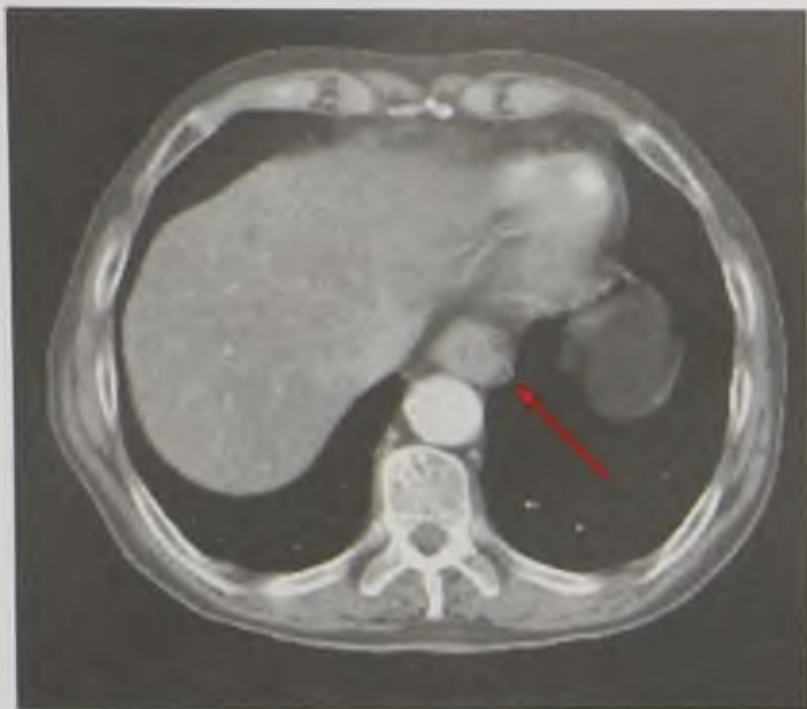


б

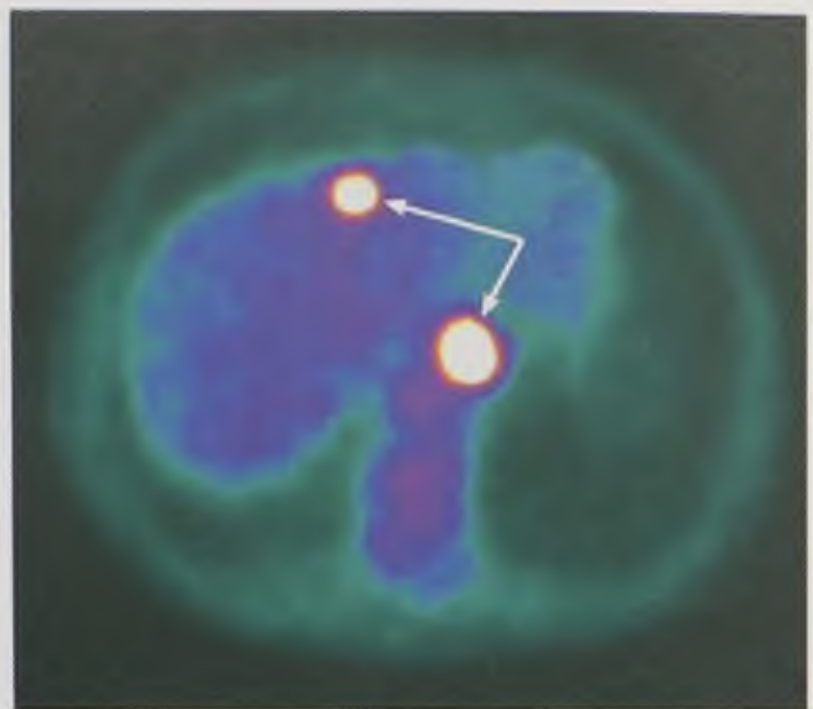


в

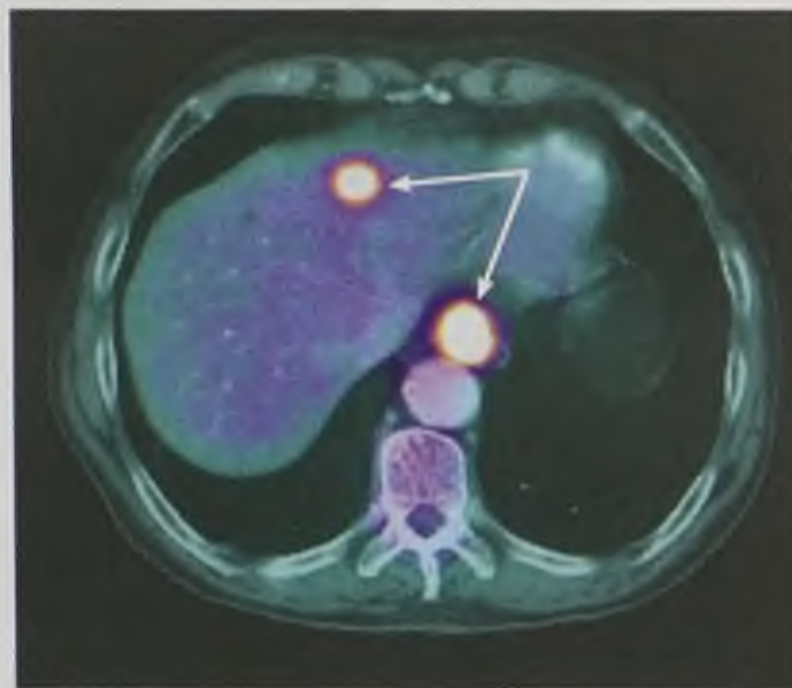
Рис. 6.21. Состояние после тотального удаления высокозлокачественной внутримозговой опухоли правой лобной доли (3 мес после операции): *a* — на компьютерной томограмме опухолевый узел в просвете послеоперационной полости не определяется (стрелка); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяется участок гипометаболизма фтордезоксиглюкозы (стрелка); *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяются послеоперационные изменения в правой лобной доле без повышения фиксации фтордезоксиглюкозы (стрелка)



a



б

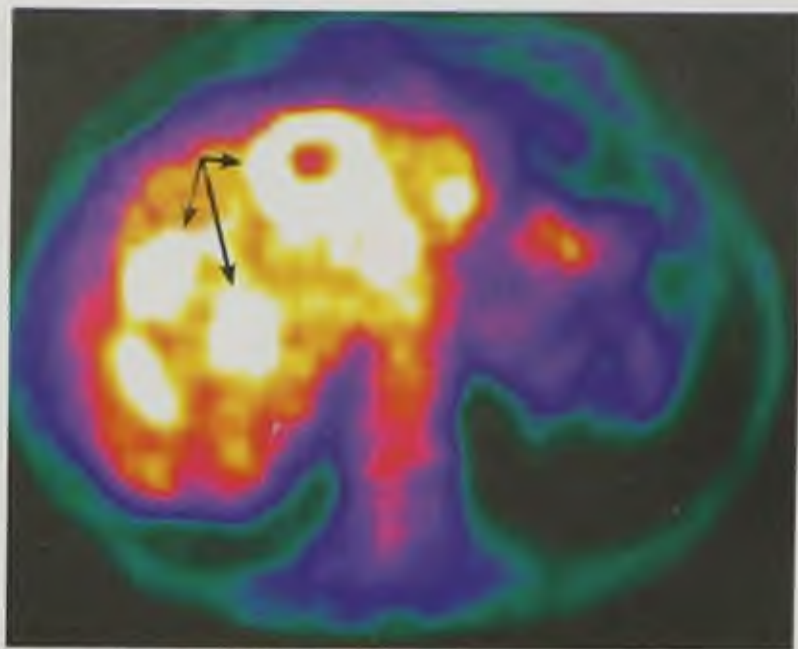


в

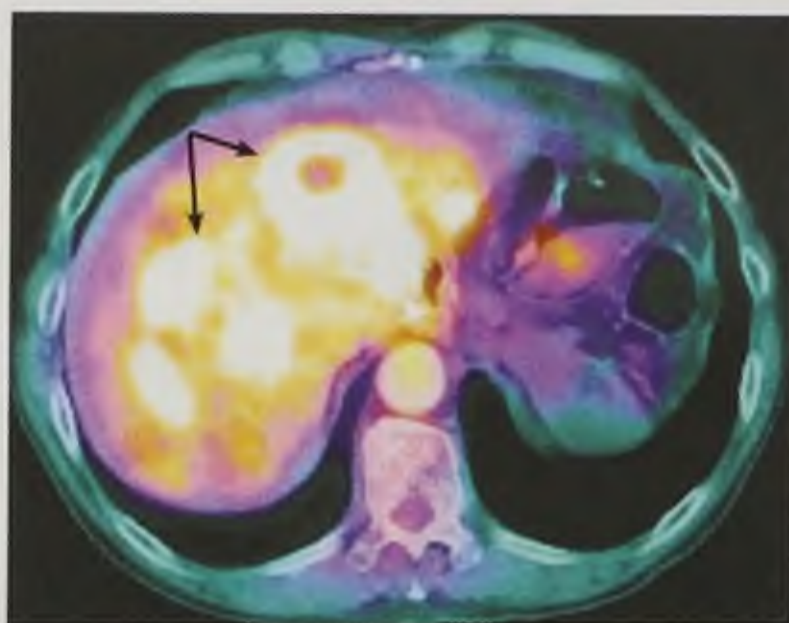
Рис. 6.22. Рак пищевода с метастазированием в печень: *a* — на компьютерной томограмме определяется образование нижней трети пищевода, в печени структурных изменений не определяется (стрелка); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяются очаги гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы в проекции пищевода и печени (стрелки); *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяется образование пищевода с гиперфиксацией радиофармацевтического препарата и очаг гиперфиксации радиофармацевтического препарата в правой доле печени без видимых структурных изменений (стрелки)



a



б



в

Рис. 6.23. Тот же больной, что и на рис. 6.22. Состояние после удаления рака пищевода. Метастазирование в печень: *a* — на компьютерной томограмме определяются множественные образования печени (стрелки); *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяются очаги гиперметаболизма фтордезоксиглюкозы в печени (стрелки); *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме определяются множественные патологические образования печени с гиперфиксацией фтордезоксиглюкозы (стрелки)

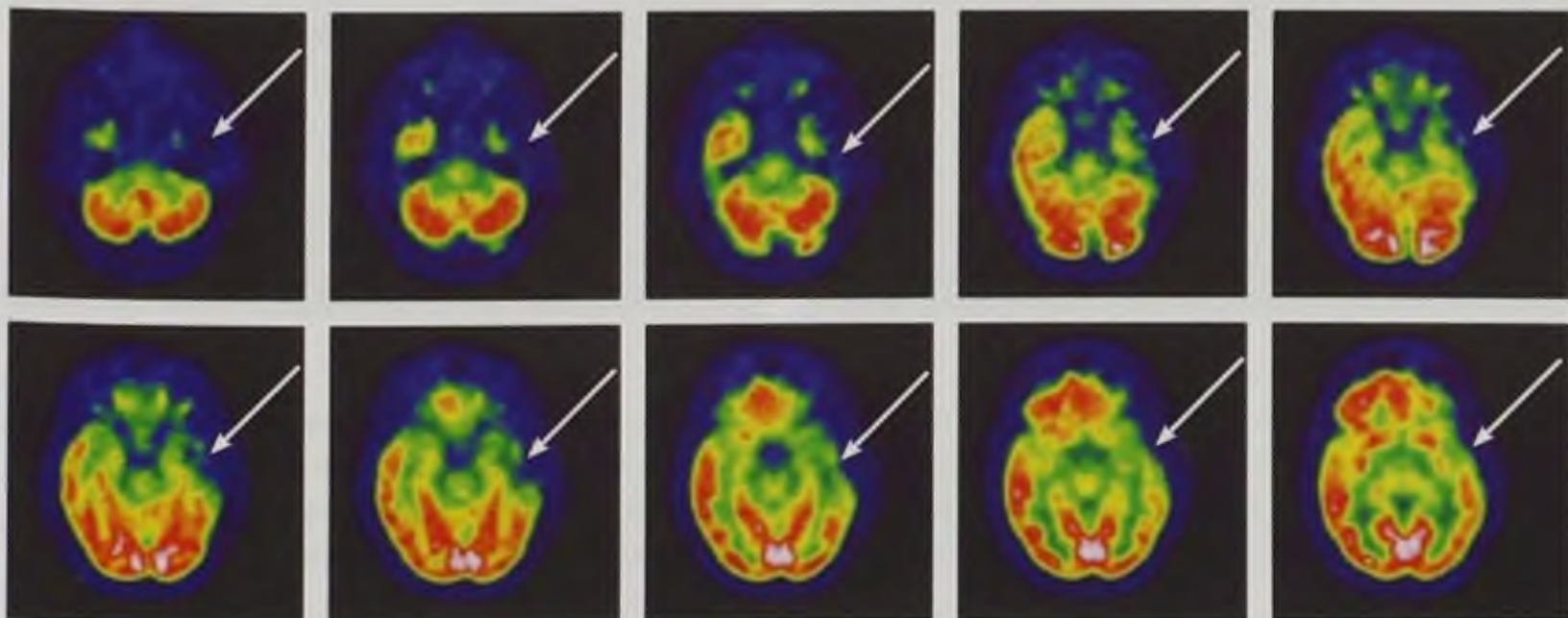


Рис. 6.24. Эпилептогенный очаг. На позитронно-эмиссионных томограммах определяется участок гипометаболизма фтордезоксиглюкозы в левой височной доле (стрелки)

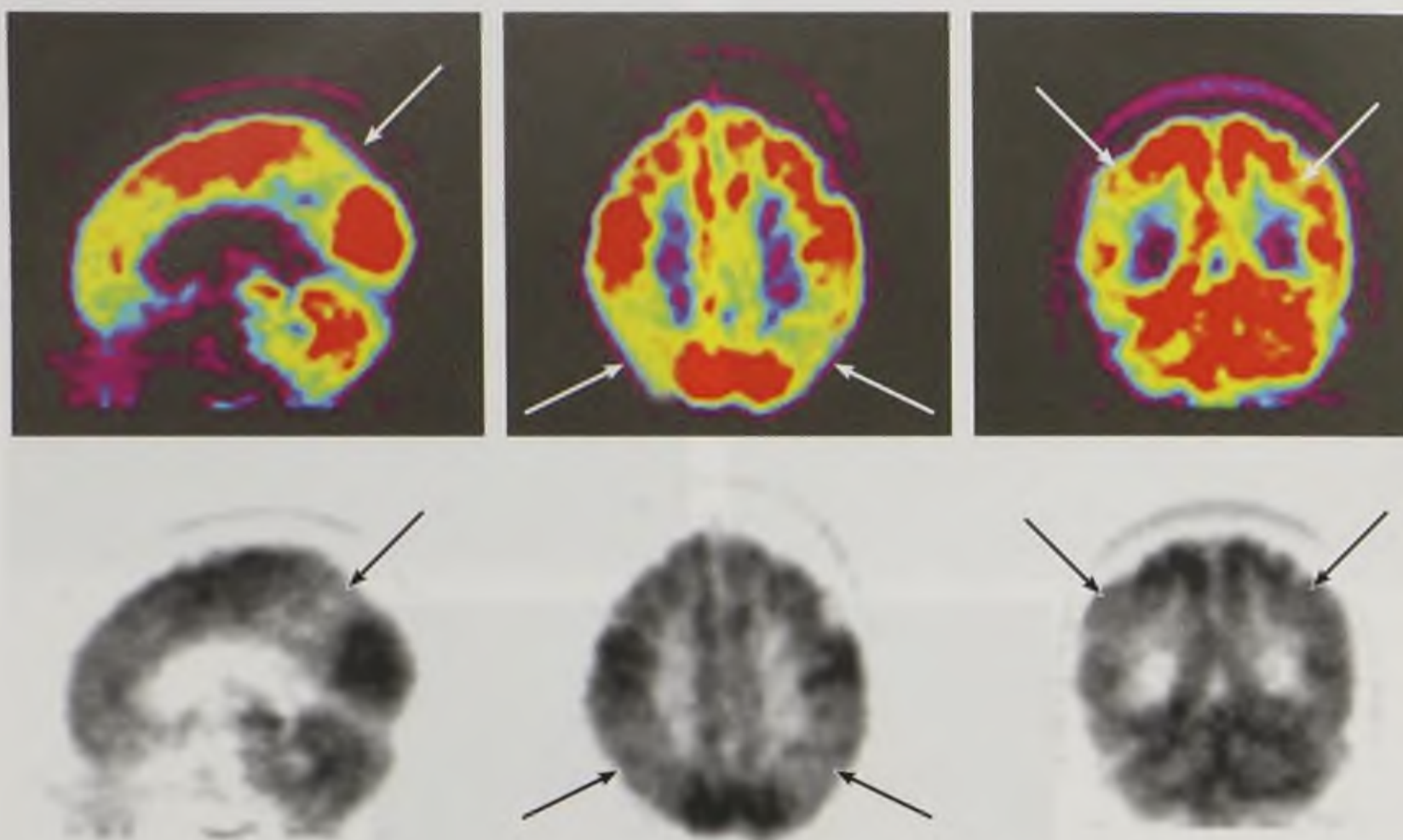


Рис. 6.25. Болезнь Альцгеймера. На позитронно-эмиссионных томограммах в сагиттальной (слева), аксиальной (в центре) и фронтальной (справа) плоскостях отмечается гипометаболизм фтордезоксиглюкозы в обеих теменных долях (стрелки)

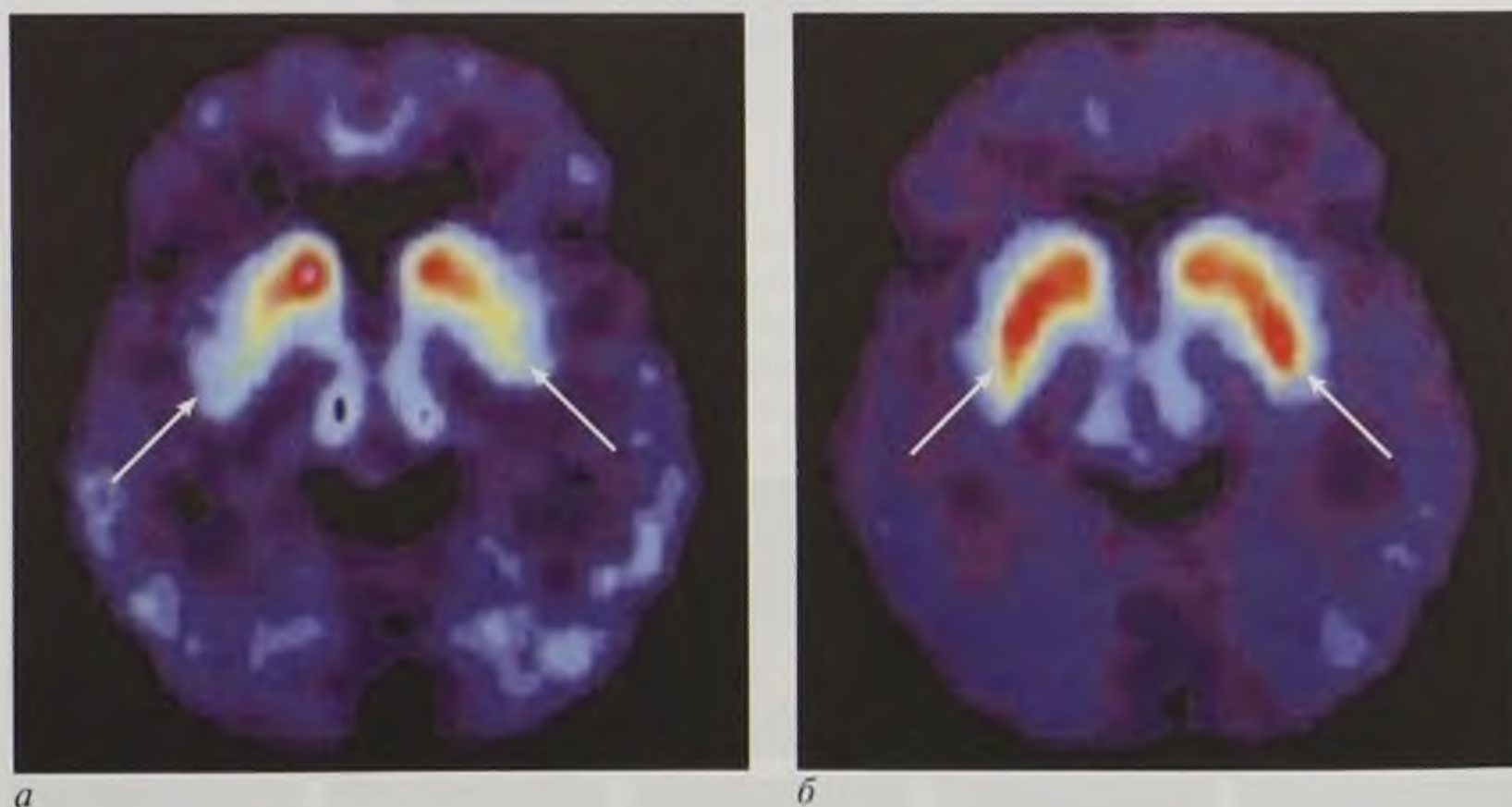
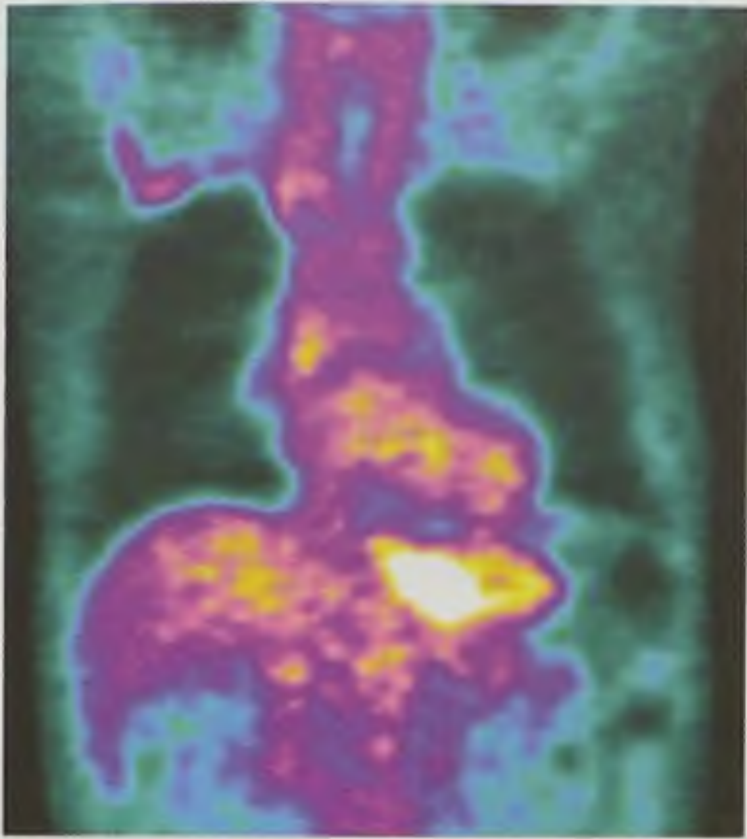
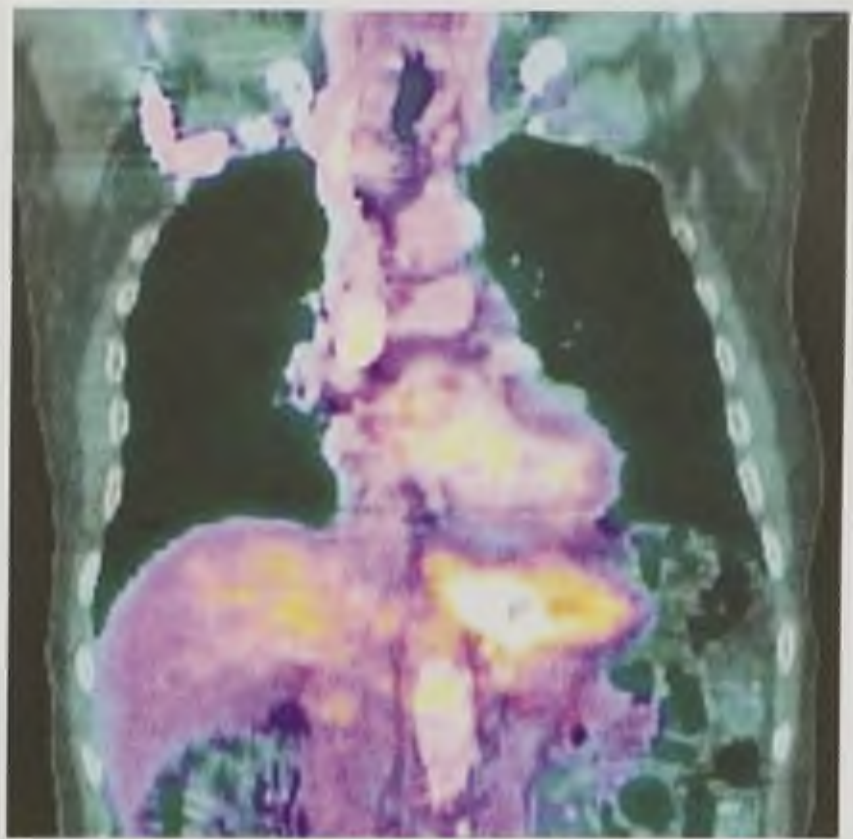


Рис. 6.26. Болезнь Паркинсона. На позитронно-эмиссионных томограммах до лечения (*а*) определяется гипометаболизм фтордезоксиглюкозы в области базальных ядер головного мозга с обеих сторон, кроме головок хвостатого ядра. После лечения (*б*) отмечается островковое восстановление метаболизма фтордезоксиглюкозы (стрелки)



a



б

Рис. 8.25. Позитронно-эмиссионная (*a*) и позитронно-эмиссионная компьютерная (*б*) томограммы органов грудной полости

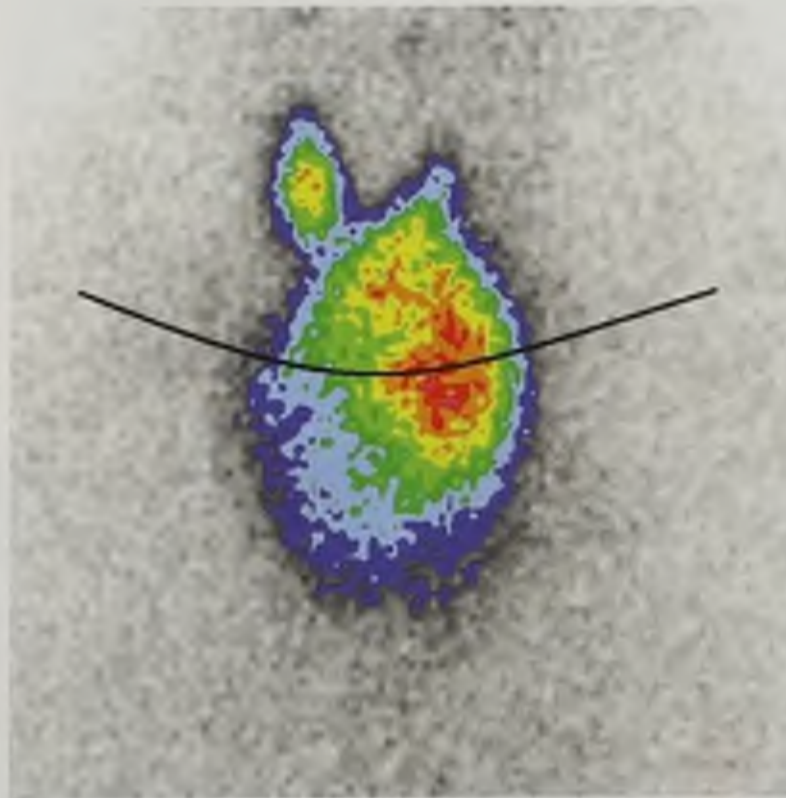
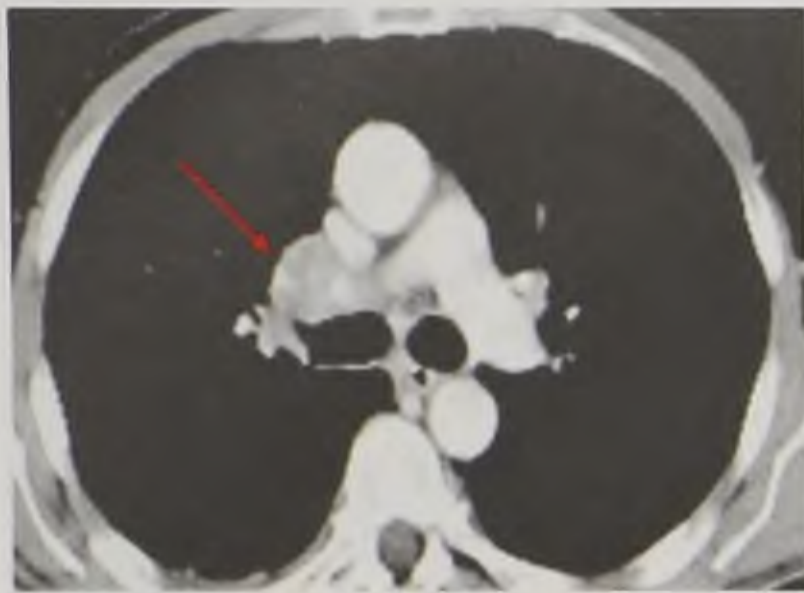
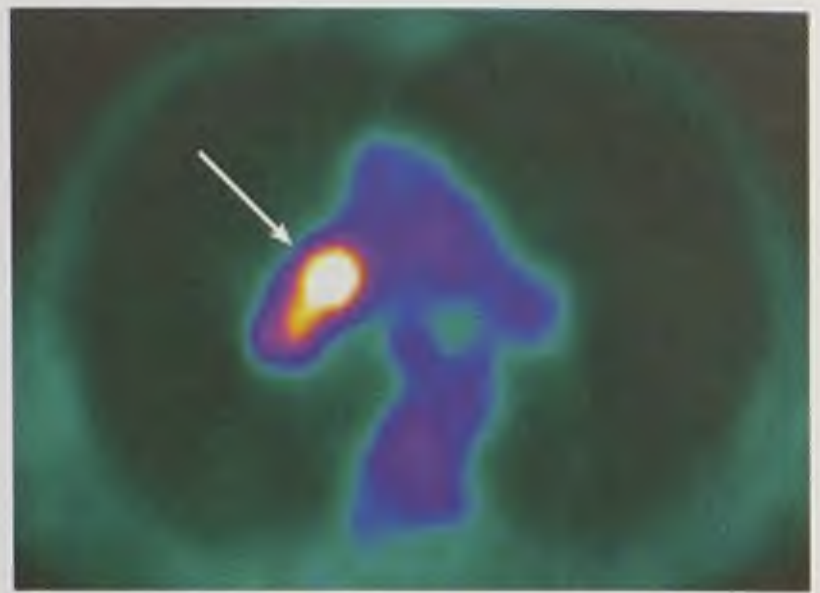


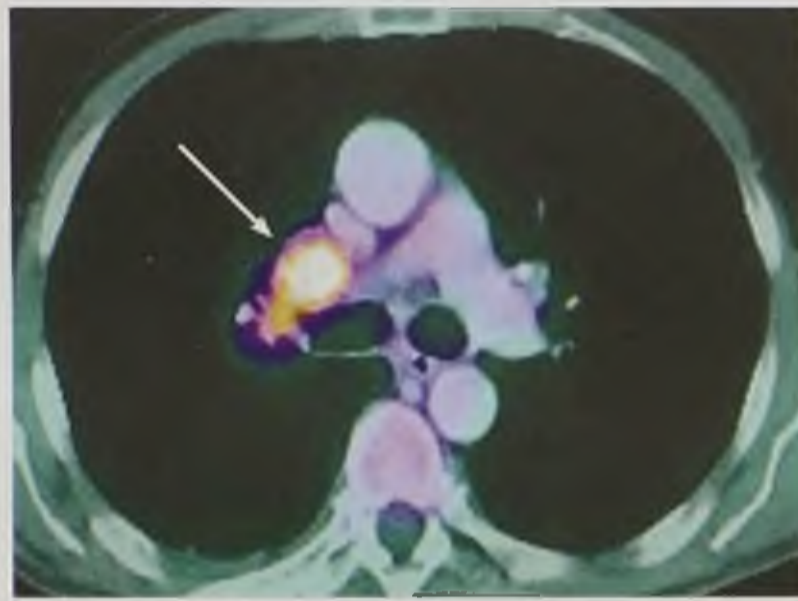
Рис. 8.26. Сцинтиграмма медиастинального зоба



a



б



в

Рис. 8.48. Центральный рак правого легкого (стрелка): *a* — компьютерно-томографическая ангиограмма; *б* — позитронно-эмиссионная томограмма; *в* — совмещенная позитронно-эмиссионная компьютерная томограмма

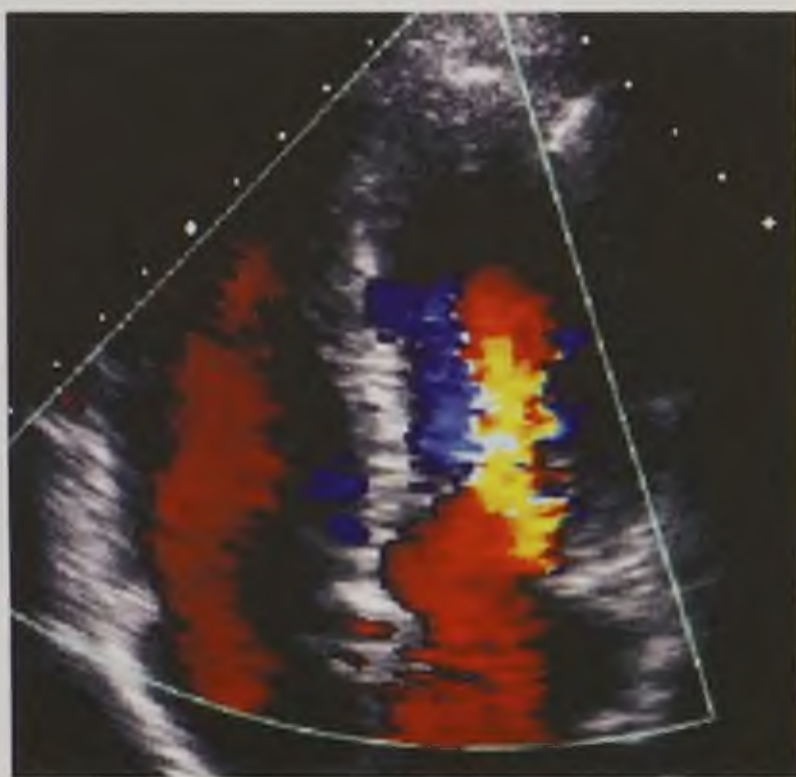


Рис. 9.34. Эхокардиограмма в четырехкамерном сечении с цветовым доплеровским картированием трансмитрального и транстрикуспидального потока крови

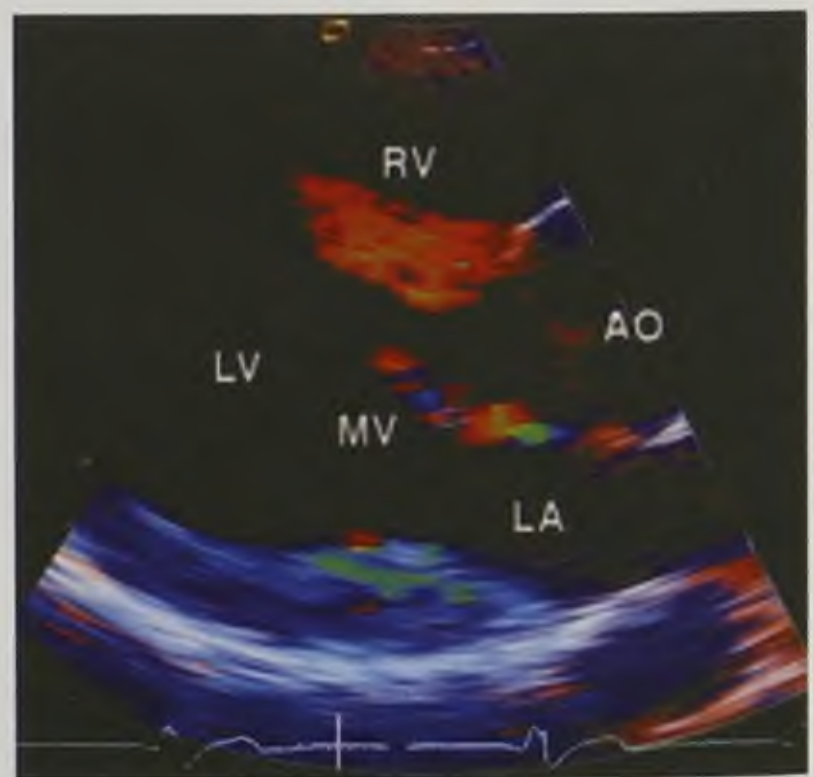


Рис. 9.35. Тканевая доплерограмма сердца из левого парастерального доступа по длинной оси левого желудочка

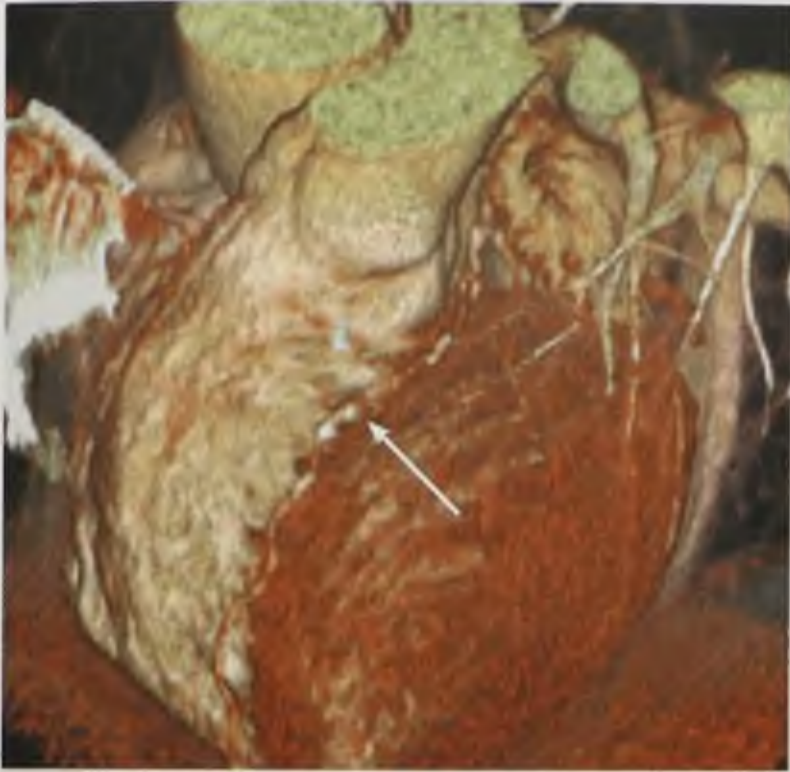


Рис. 9.38. Компьютерно-томографическая коронарограмма в режиме объемного рендеринга. Стрелкой указана коронарная артерия

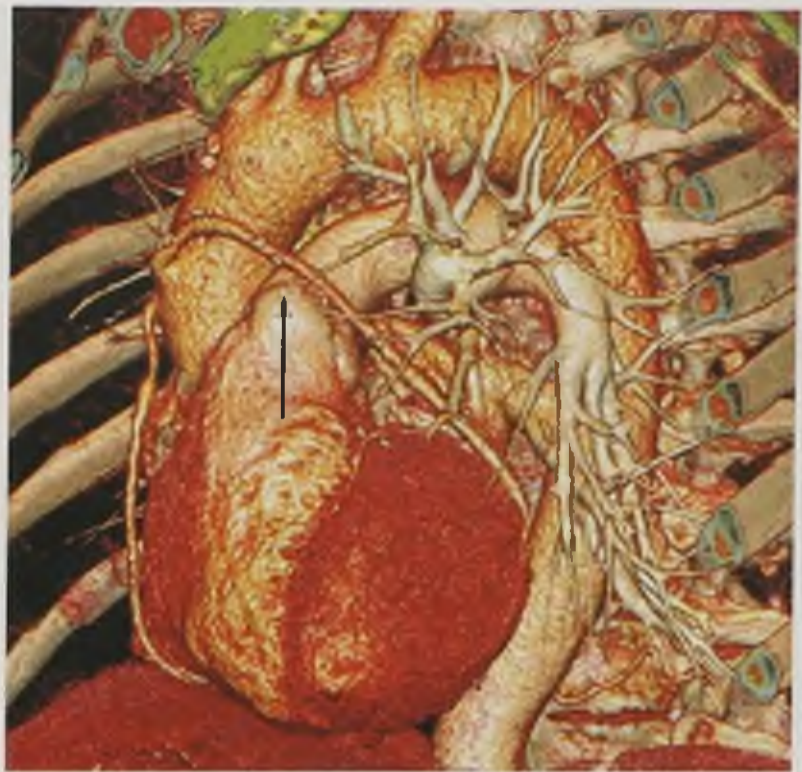


Рис. 9.39. Компьютерная томограмма аортокоронарных шунтов (стрелка) в режиме объемного рендеринга



Рис. 9.40. Компьютерно-томографические аортограммы в режиме объемного рендеринга

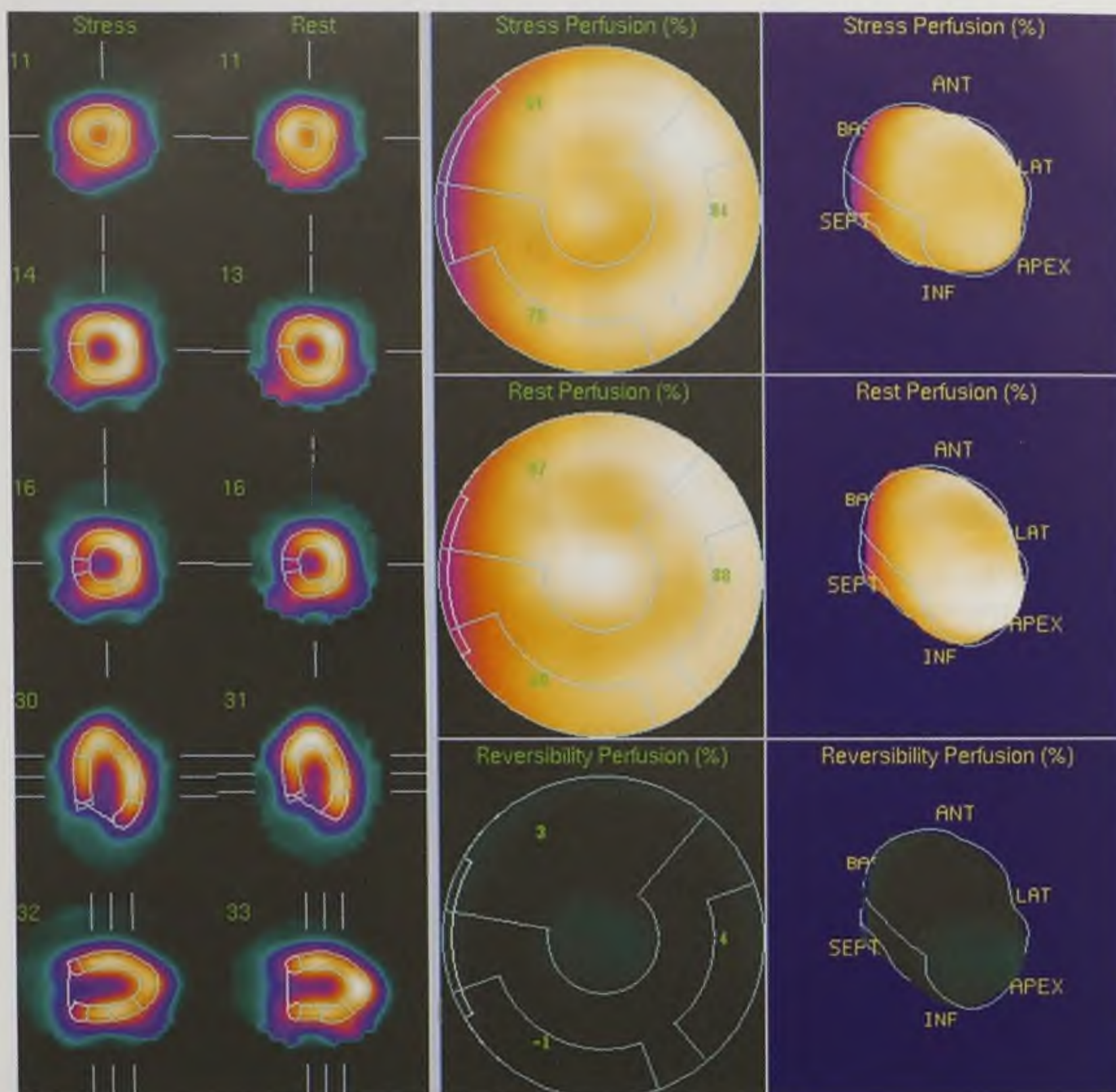


Рис. 9.42. Перфузионная однофотонная эмиссионная томография миокарда левого желудочка в норме

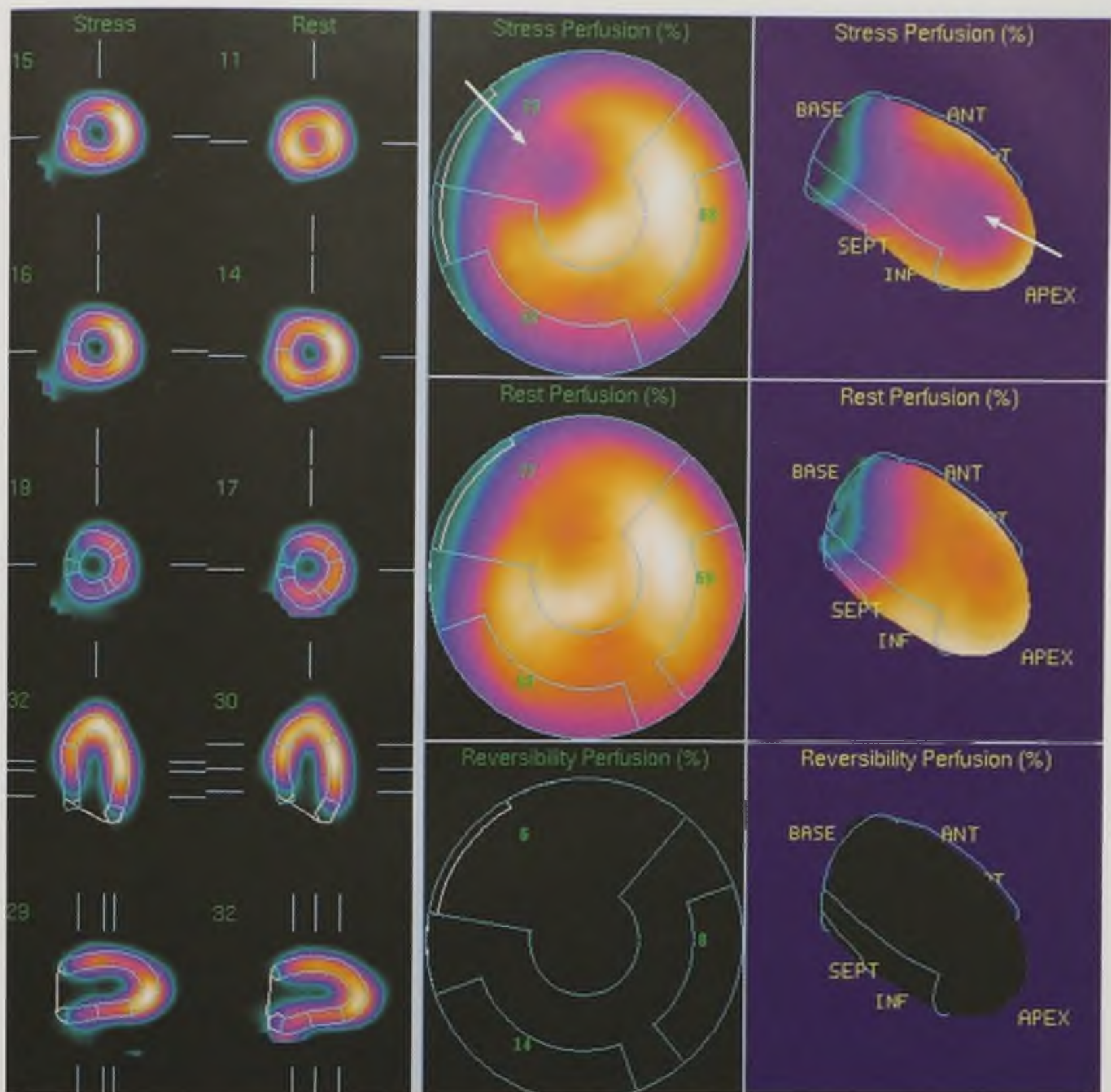


Рис. 9.43. Перфузионная однофотонная эмиссионная томография миокарда левого желудочка. Преходящее стресс-индуцированное снижение накопления радиофармацевтического препарата в области межжелудочковой перегородки (ишемия миокарда) (стрелки)

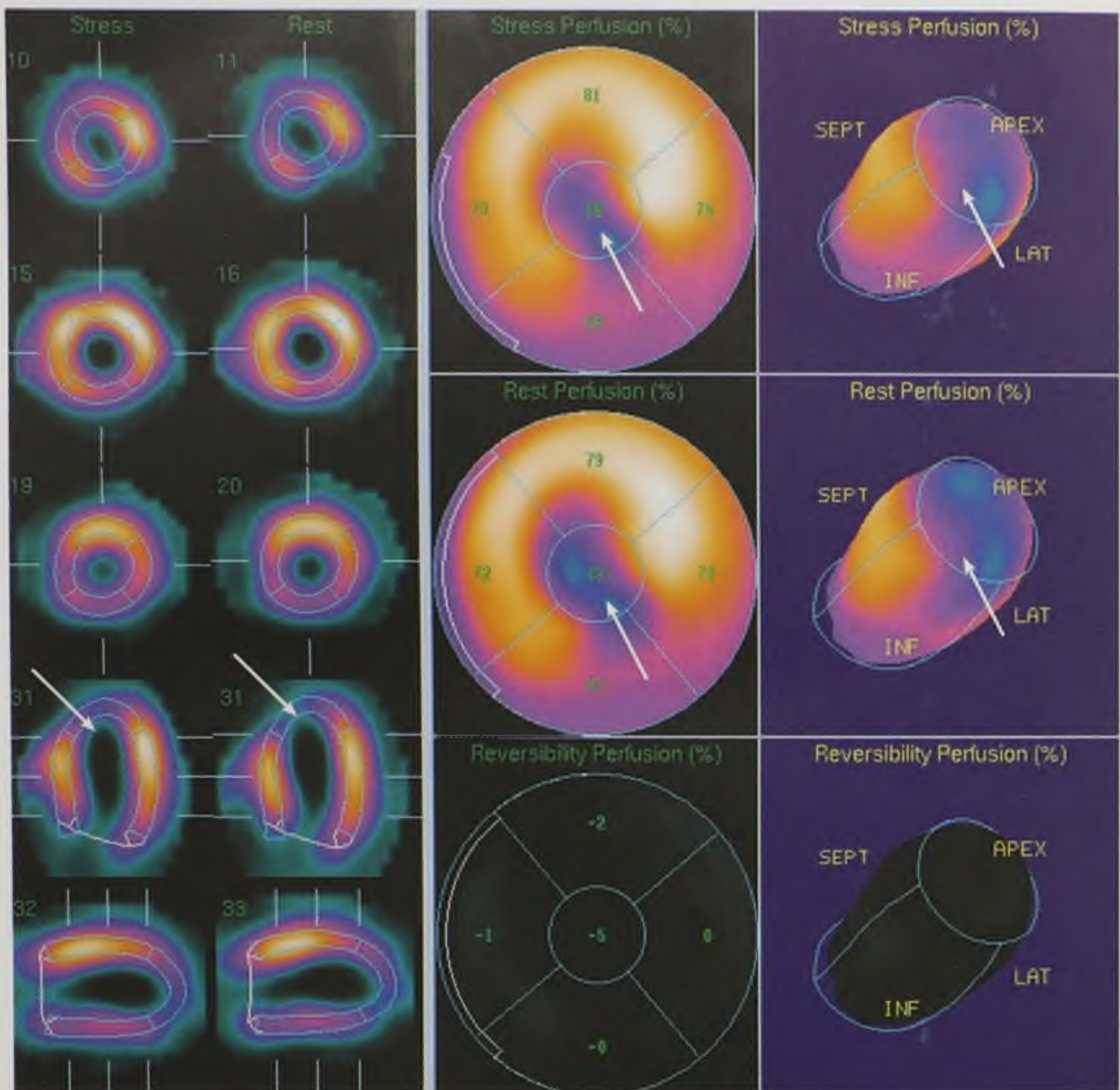


Рис. 9.45. Перфузионная однофотонная эмиссионная томография миокарда левого желудочка. Дефект накопления радиофармацевтического препарата в области вершины (инфаркт миокарда) (стрелки)

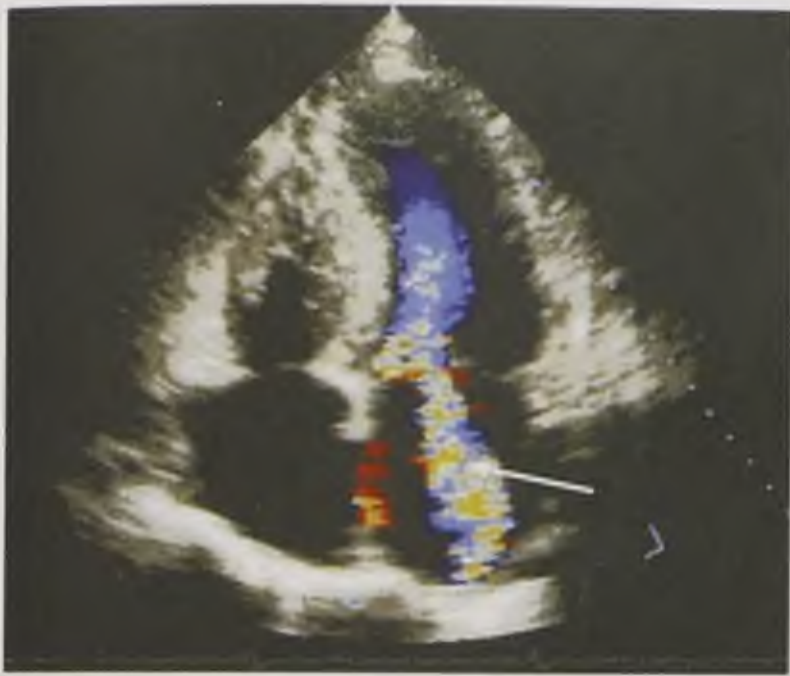


Рис. 9.51. Эхокардиограмма с цветовым доплеровским картированием. Недостаточность митрального клапана (стрелка)

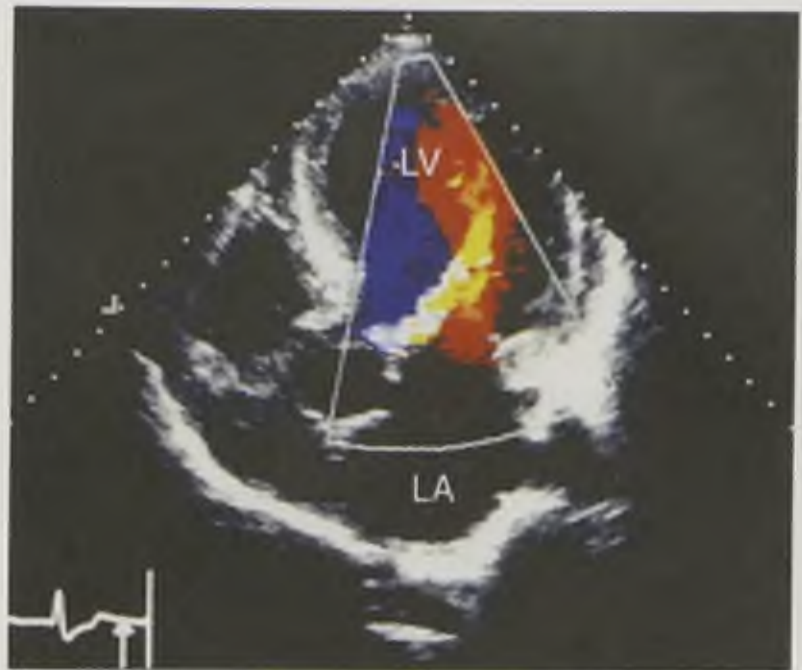
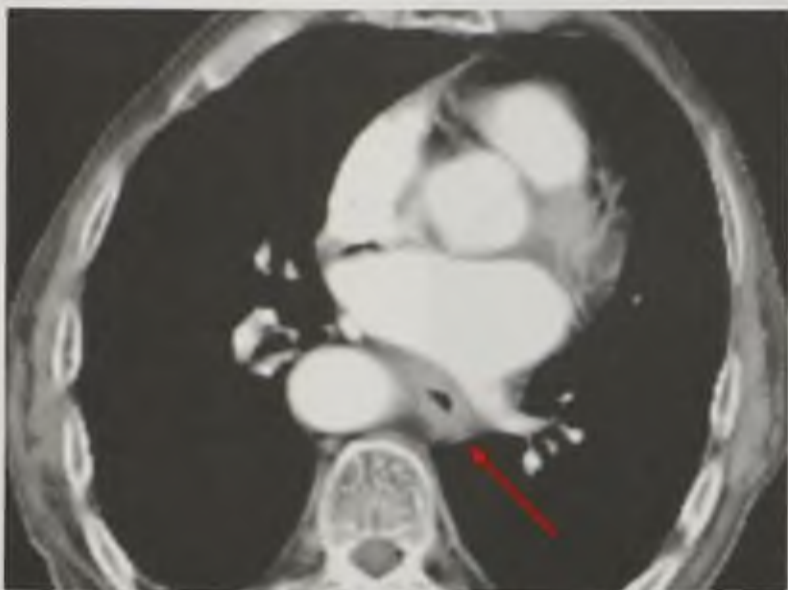
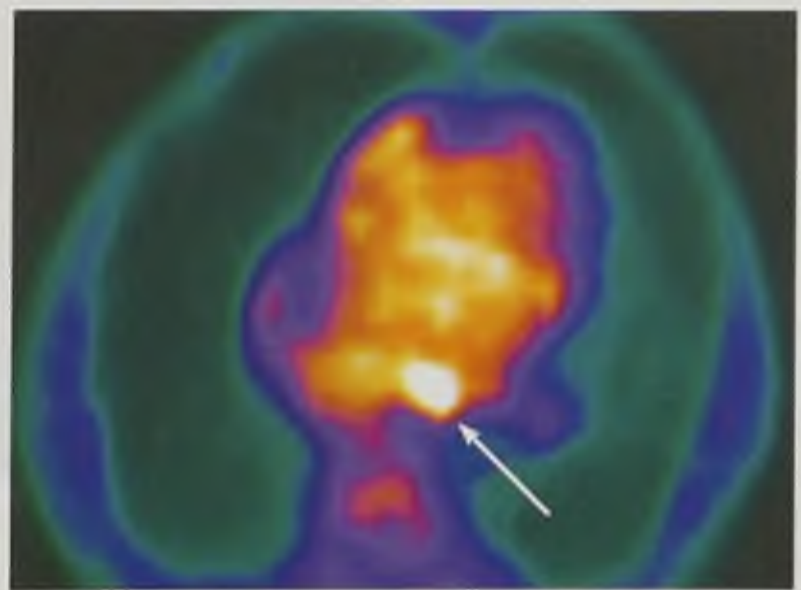


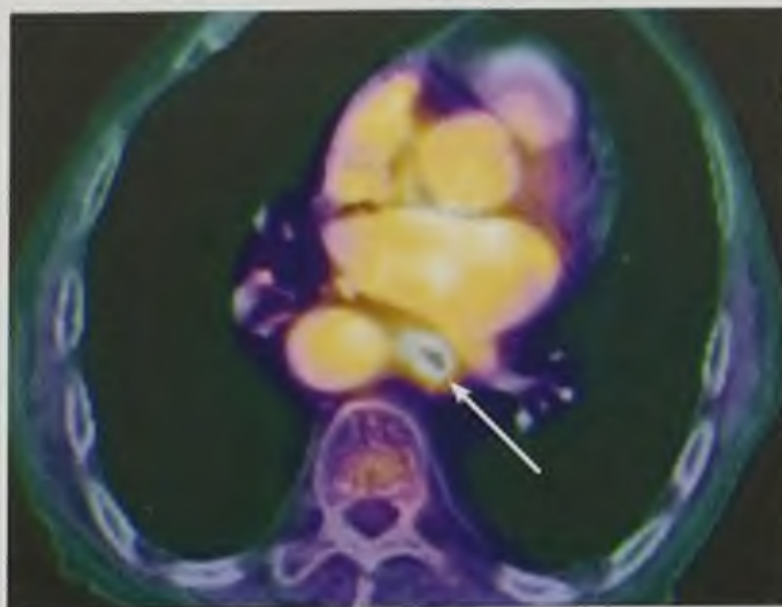
Рис. 9.54. Эхокардиограмма с цветовым доплеровским картированием. Недостаточность аортального клапана: LV — левый желудочек; LA — левое предсердие



a



б

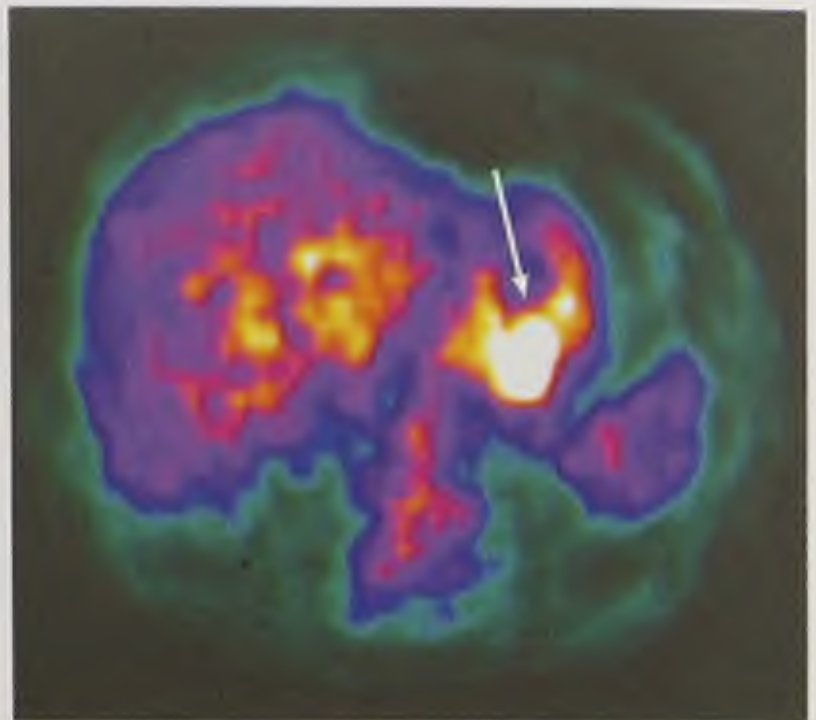


в

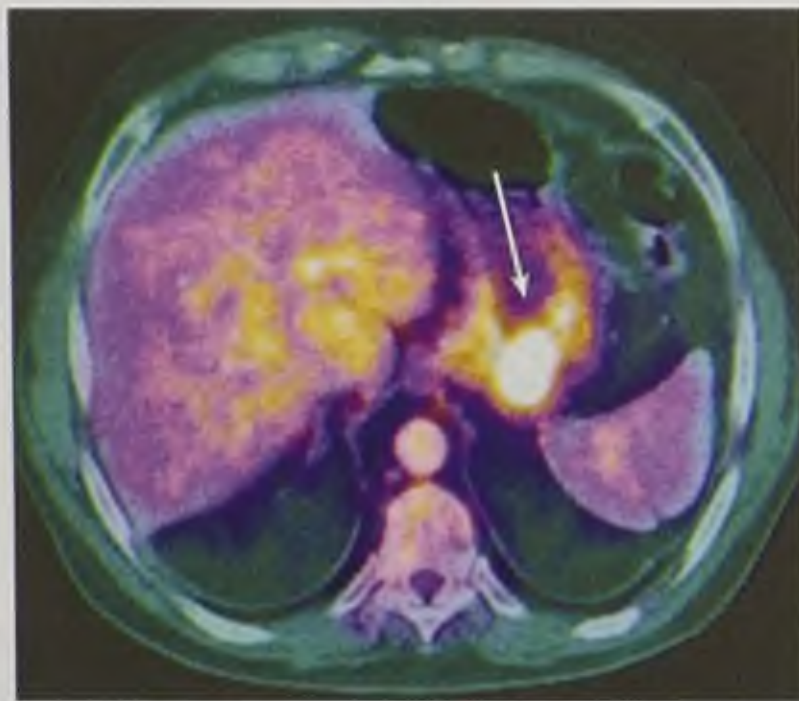
Рис. 10.30. Совмещенная позитронно-эмиссионная и компьютерная томография — плоскоклеточный рак пищевода: *a* — на компьютерной томограмме определяется сужение просвета и утолщение стенок пищевода; *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяется локальный гиперметаболизм фтордезоксиглюкозы; *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме метаболические изменения соответствуют структурным (стрелки)



a



б

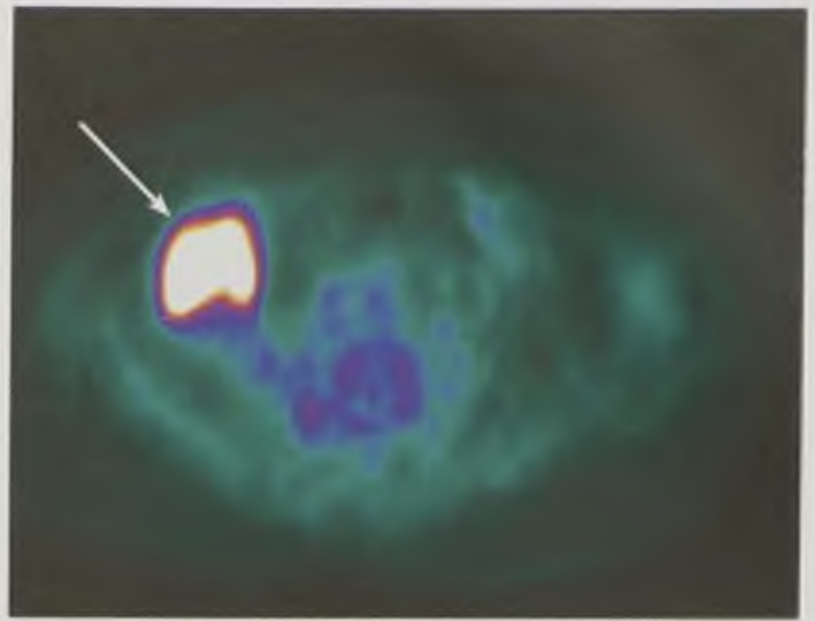


в

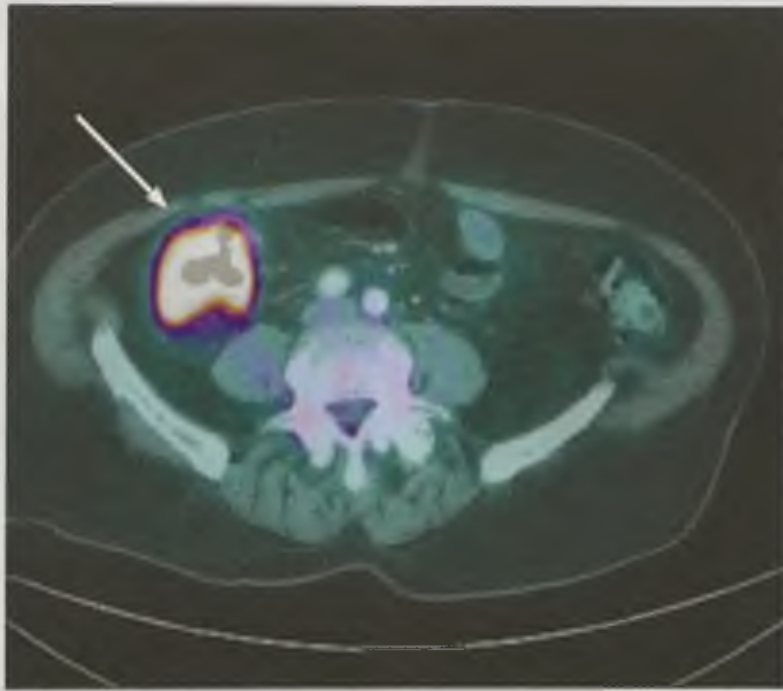
Рис. 10.49. Совмещенная позитронно-эмиссионная и компьютерная томография — рак тела желудка: *a* — на компьютерной томограмме определяется локальное утолщение стенки желудка; *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяется гиперметаболизм фтордезоксиглюкозы; *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме метаболические изменения соответствуют структурным (стрелки)



a



б



в

Рис. 10.70. Совмещенная позитронно-эмиссионная и компьютерная томография — рак слепой кишки: *a* — на компьютерной томограмме определяется циркулярное утолщение стенки кишки; *б* — на позитронно-эмиссионной томограмме определяется гиперметаболизм фтордезоксиглюкозы; *в* — на позитронно-эмиссионной компьютерной томограмме метаболические изменения соответствуют структурным (стрелки)

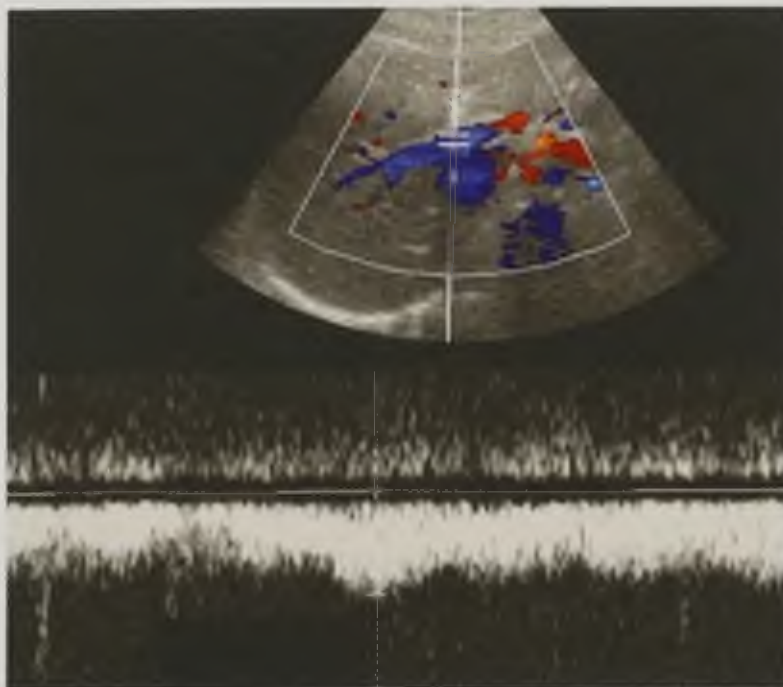
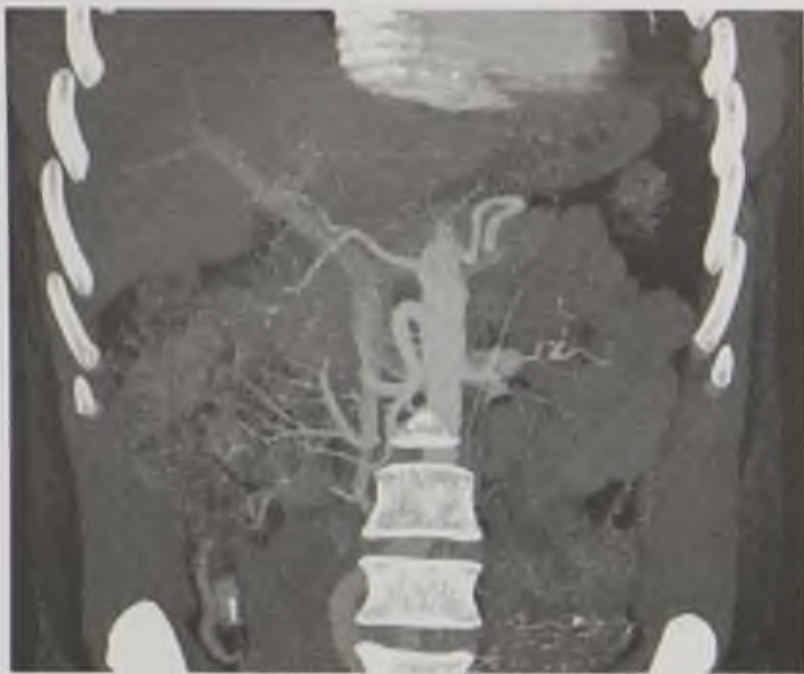


Рис. 11.7. Эхограмма с цветовым доплеровским картированием кровотока в воротной вене

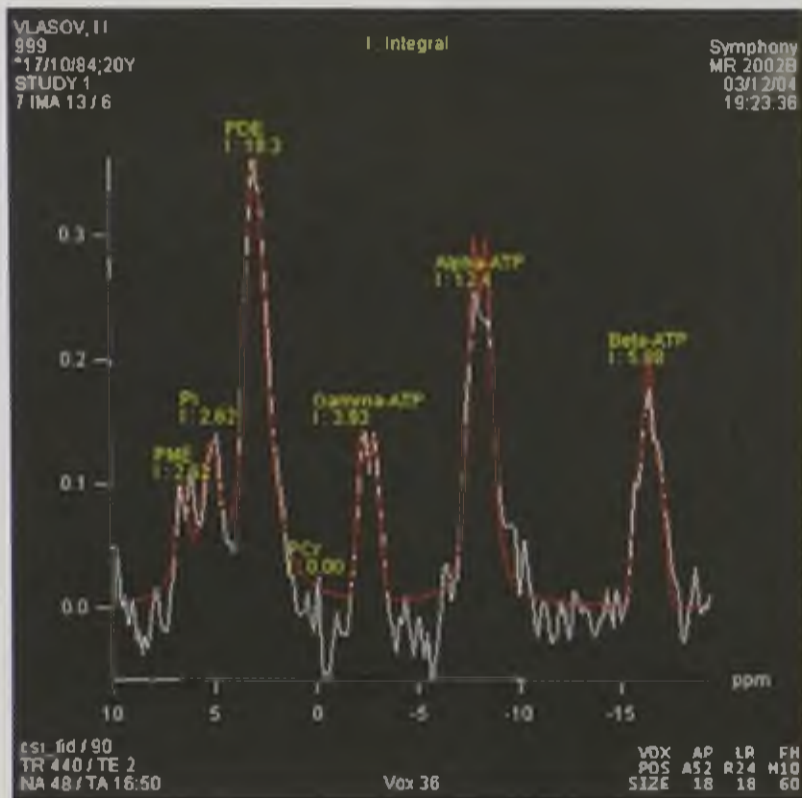


a

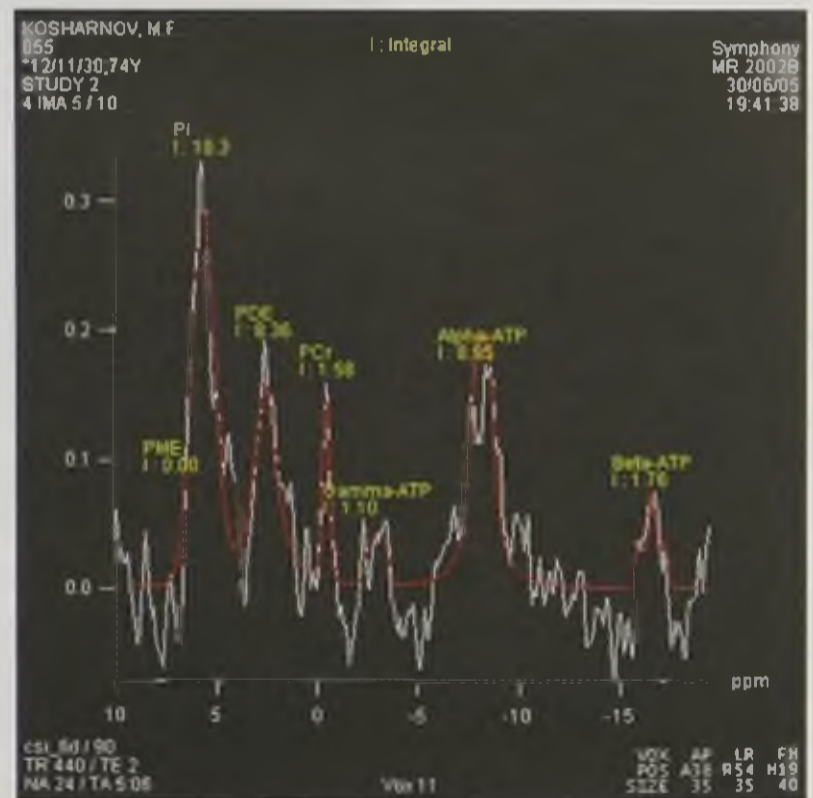


б

Рис. 11.8. Спиральная компьютерно-томографическая ангиография: реконструкции в проекции максимальных интенсивностей (*a*) и режиме объемного рендеринга (*б*). Норма

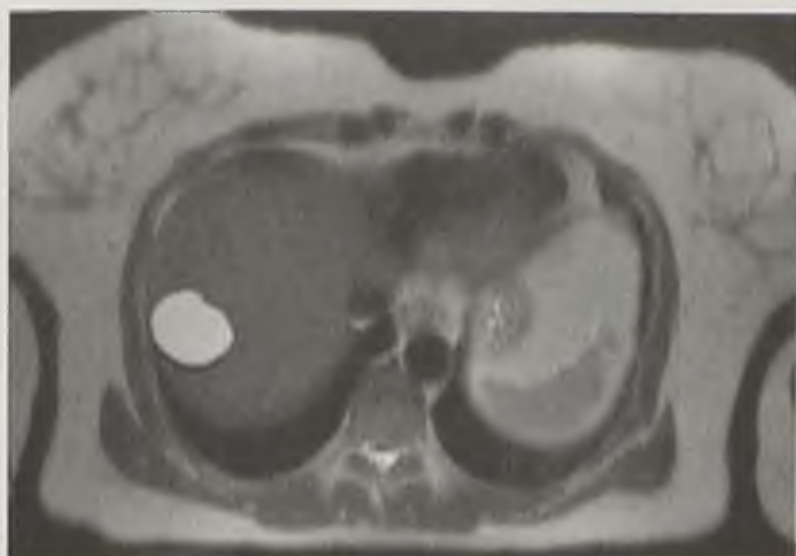


a

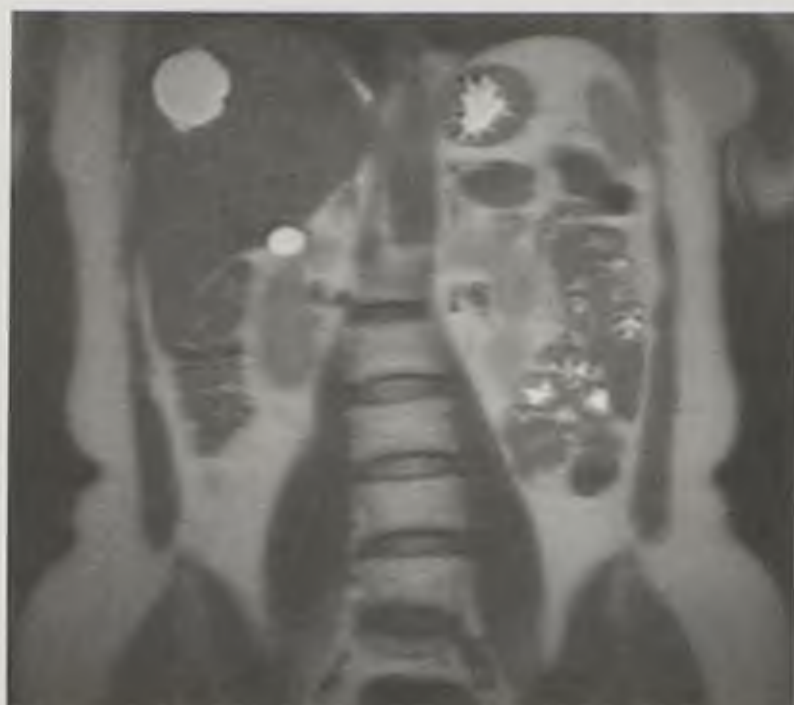


б

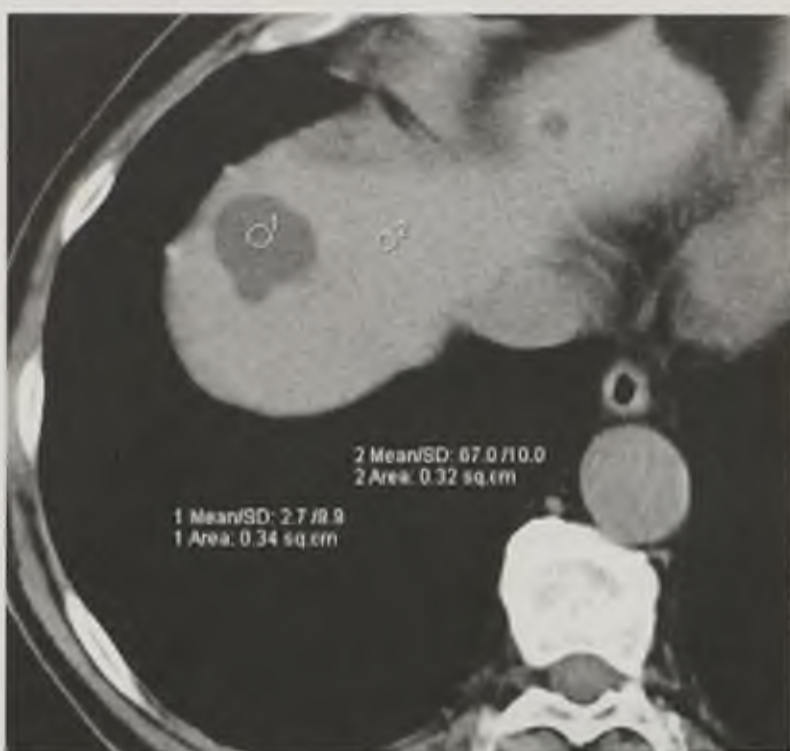
Рис. 11.10. Магнитно-резонансная спектроскопия печени по фосфору: *a* — спектр нормальной печени; *б* — спектр больного с циррозом печени



a



б



в



г

Рис. 11.14. Кисты печени: *a, б* — магнитно-резонансные томограммы; *в* — компьютерная томограмма; *г* — эхограмма. Визуализируются округлые тонкостенные образования, заполненные жидкостью



Рис. 11.16. Эхограмма с цветовым доплеровским картированием. Гемангиома печени

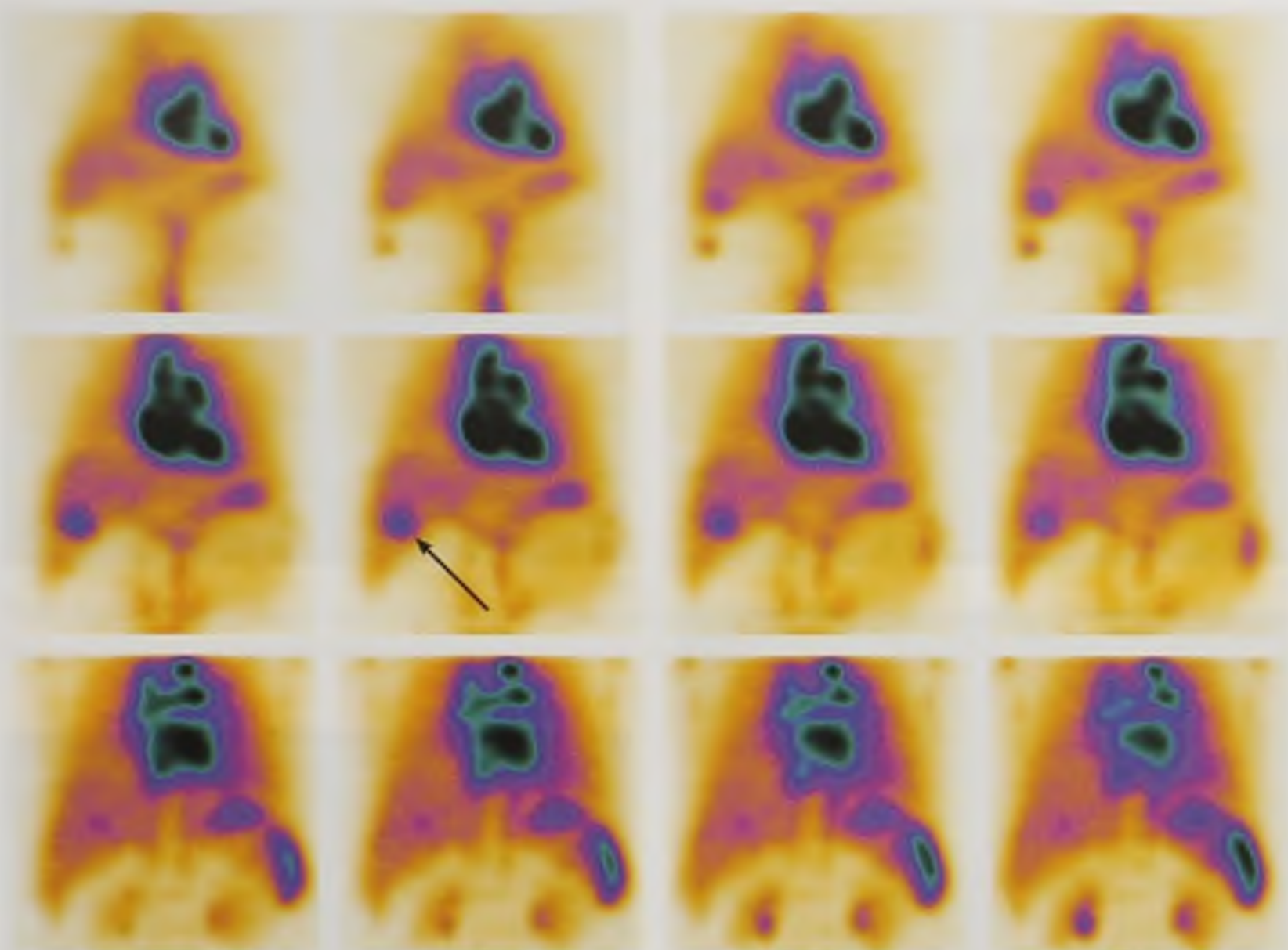


Рис. 11.17. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография печени с мечеными эритроцитами во фронтальной плоскости. Гемангиома печени (стрелка)



Рис. 12.15. Эхограмма почки с цветовым доплеровским картированием интрапаренхиматозных кровеносных сосудов



Рис. 12.16. Эхограмма почки с изображением интрапаренхиматозных кровеносных сосудов в режиме энергетической доплерографии

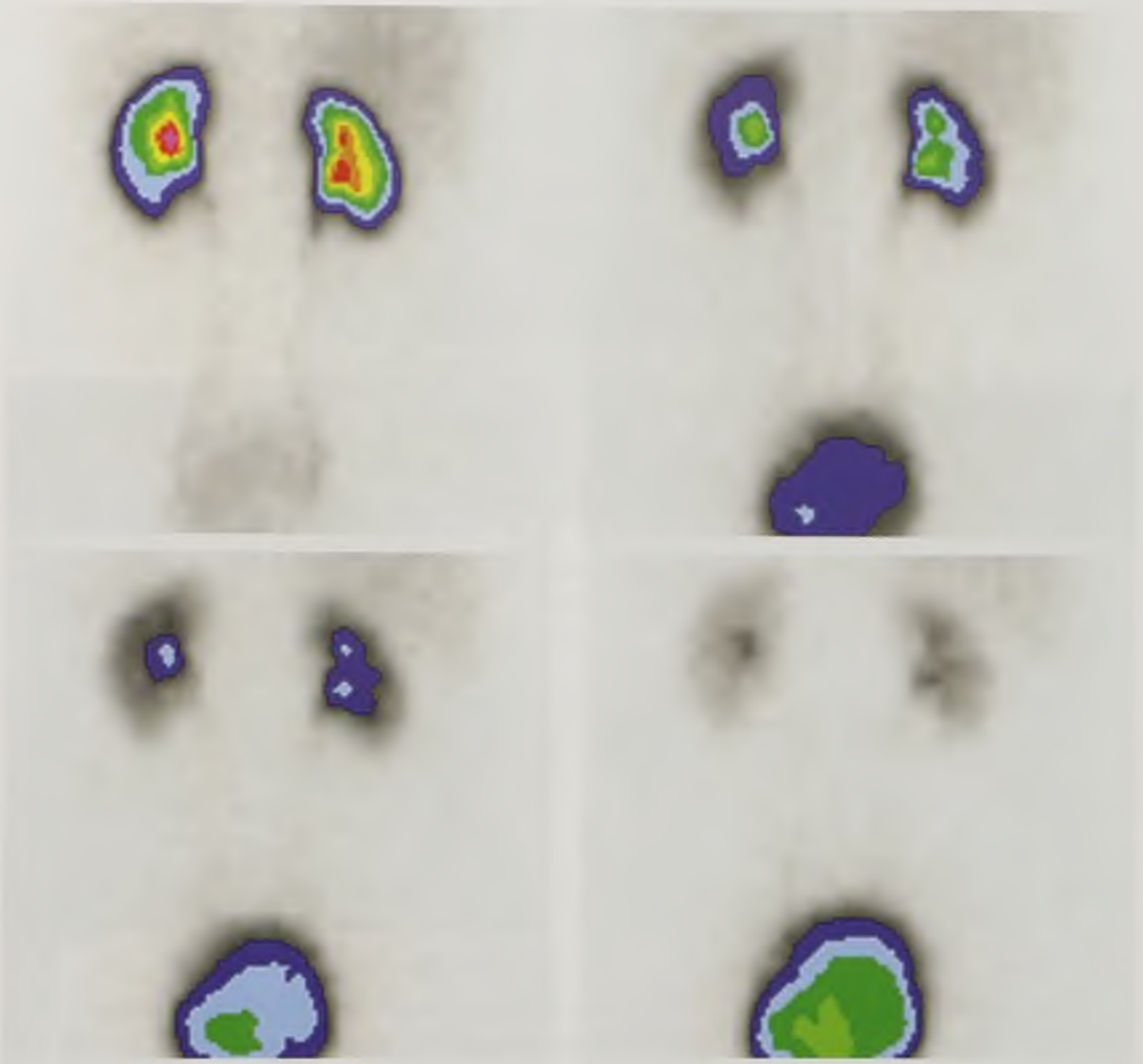


Рис. 12.28. Серия динамических сцинтиграмм почек

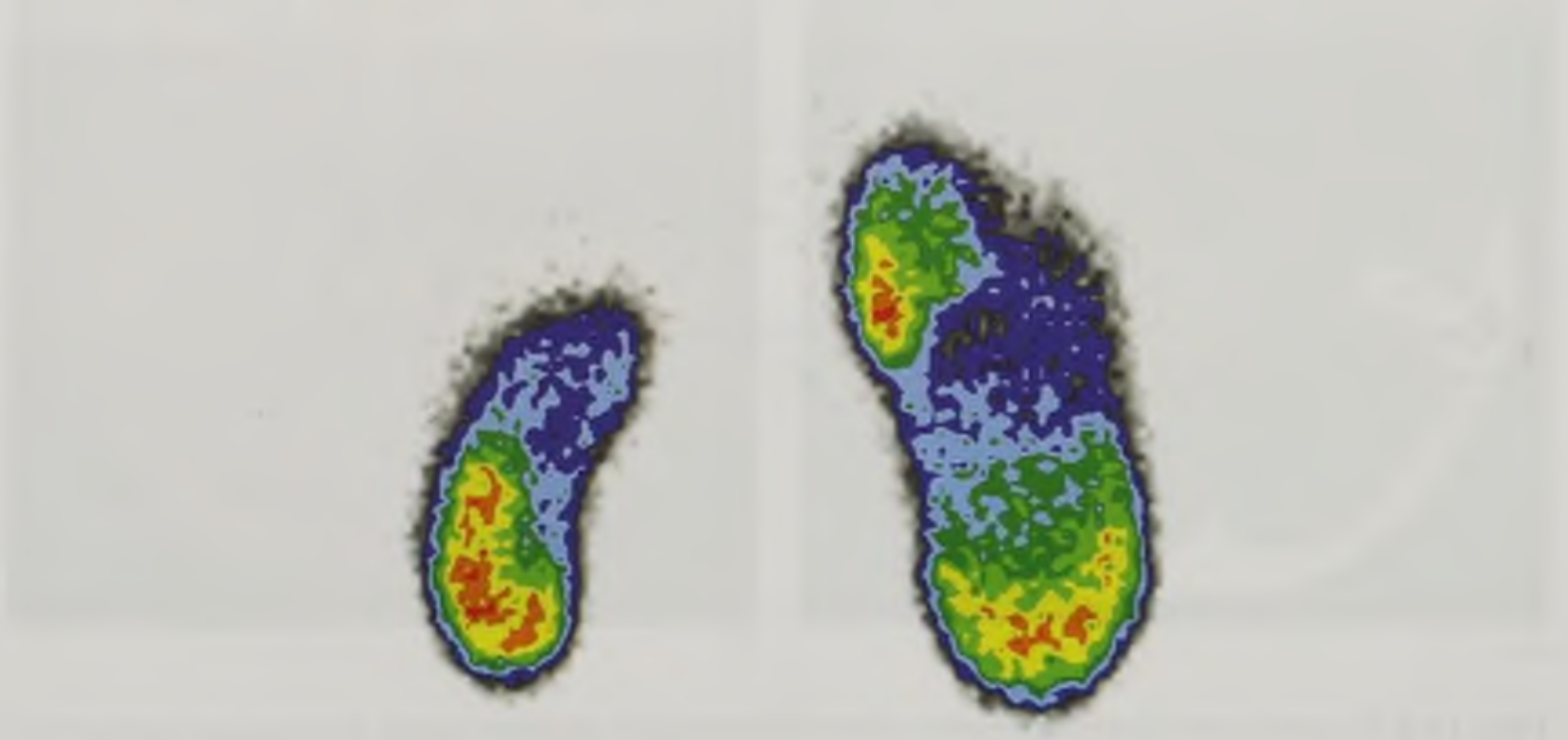
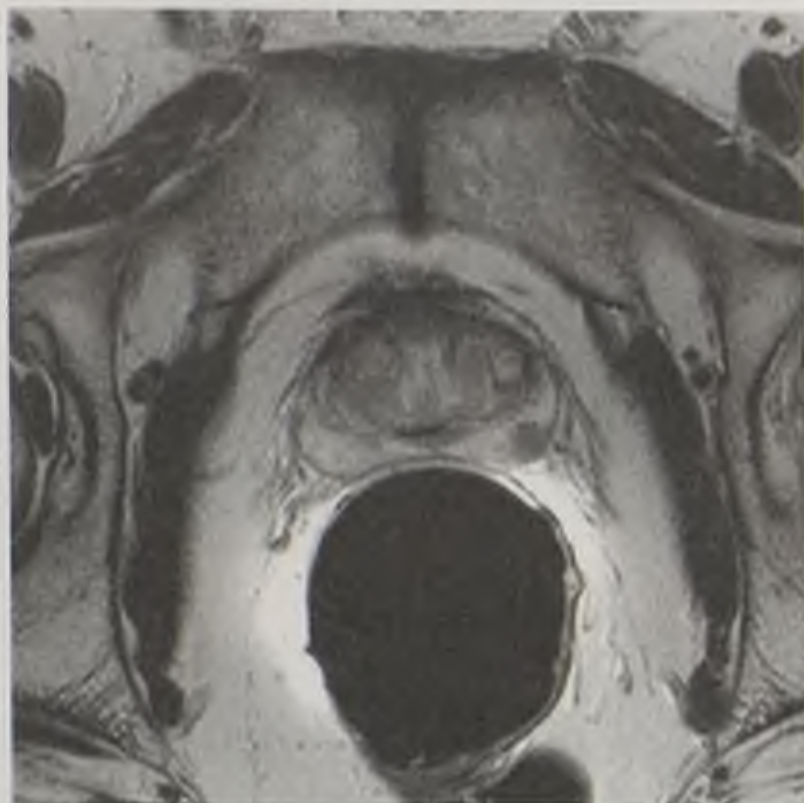


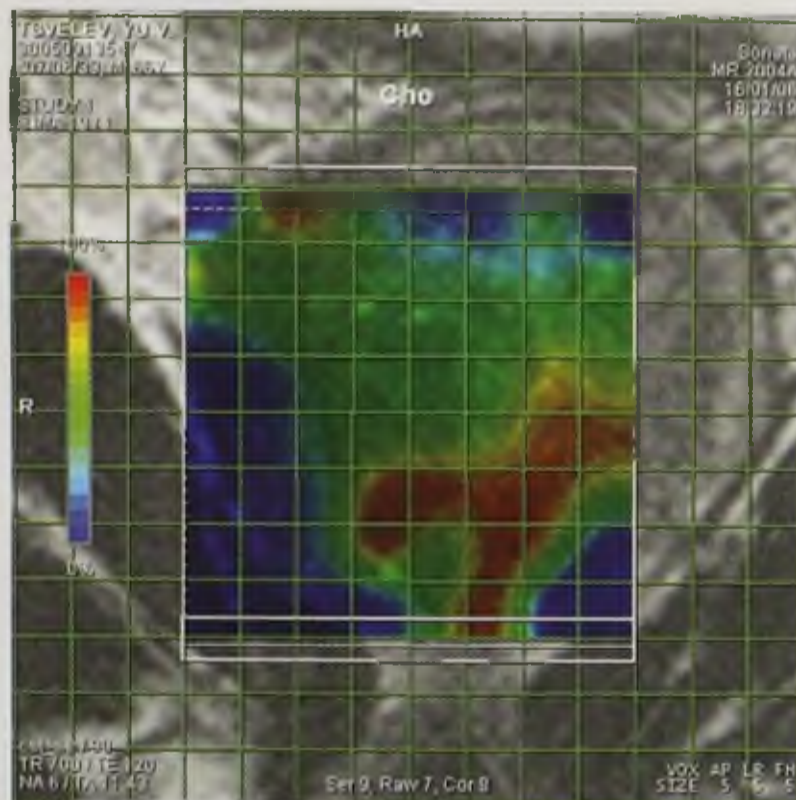
Рис. 12.30. Статическая сцинтиграмма почек. Множественные кисты почек, гипоплазия левой почки



a

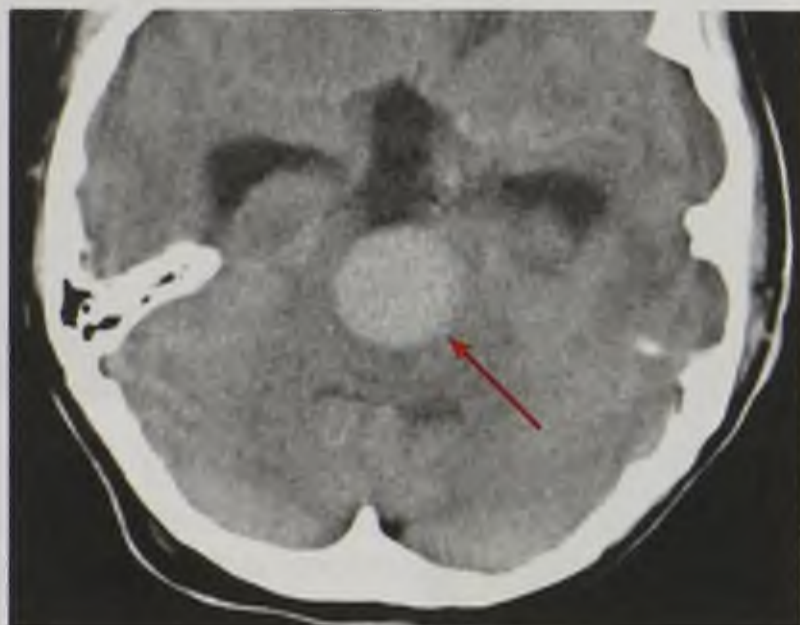


б

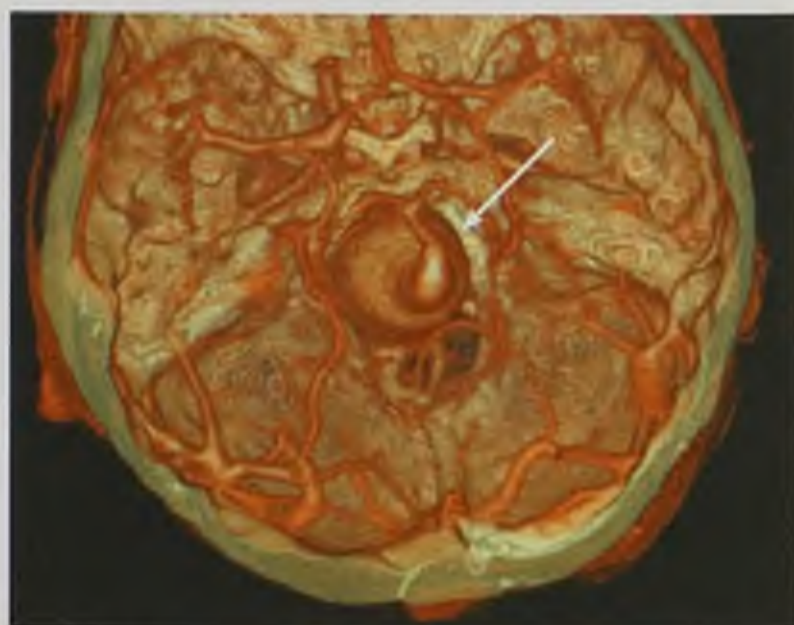


в

Рис. 13.7. Рак предстательной железы: *a* — трансректальная эхограмма (стрелки); *б* — магнитно-резонансная томограмма с использованием эндоректальной катушки; *в* — магнитно-резонансная спектроскопия



a



б

Рис. 14.6. Спиральная компьютерно-томографическая ангиография: исходные данные (*a*) и с использованием режима объемного рендеринга (*б*). Аневризма основной артерии. В просвете сосудов и аневризме (стрелки) отмечается увеличение рентгеновской плотности вследствие внутривенно введенного контрастного вещества

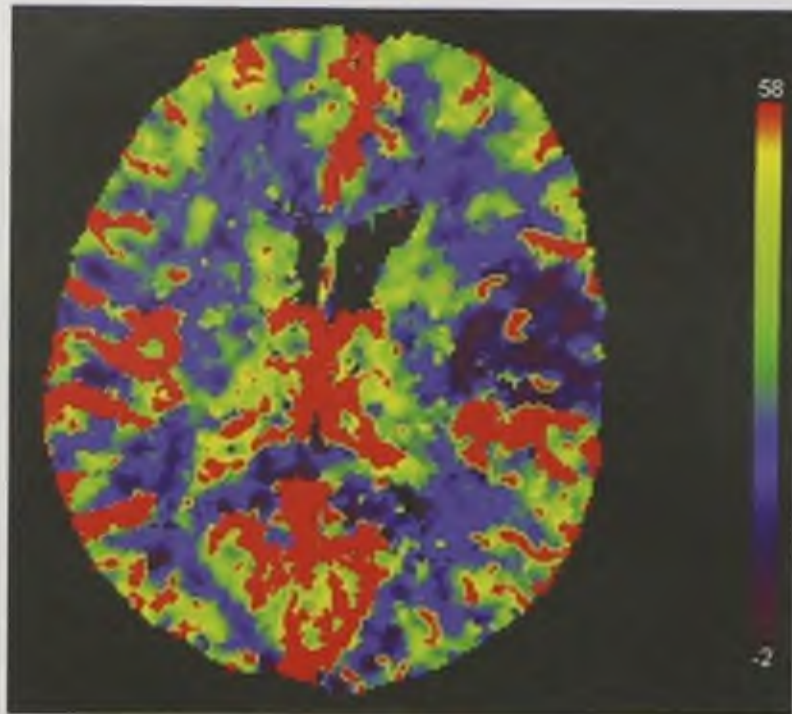
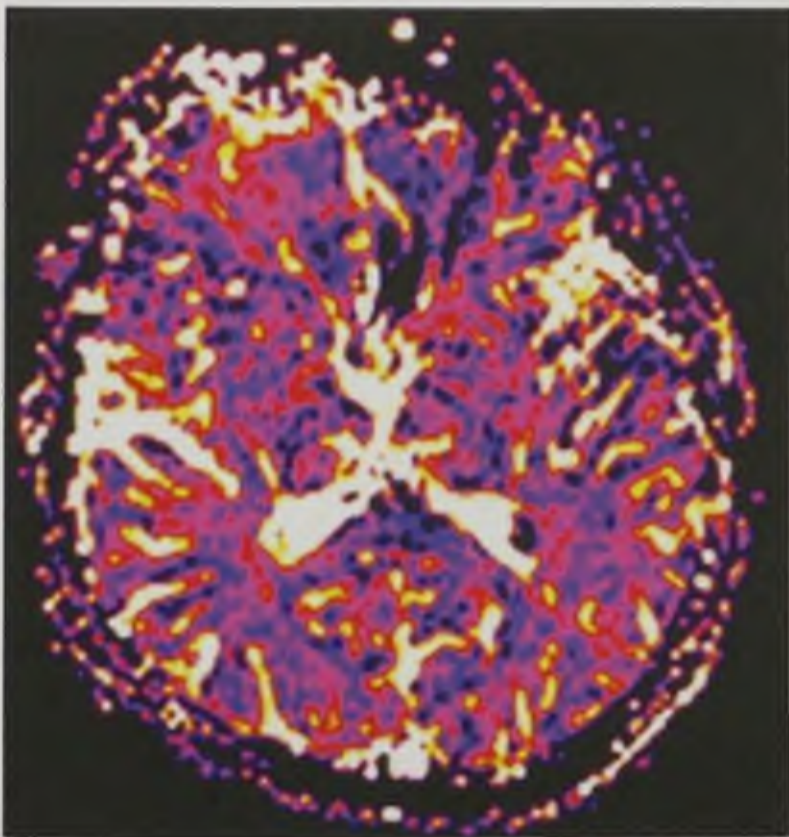
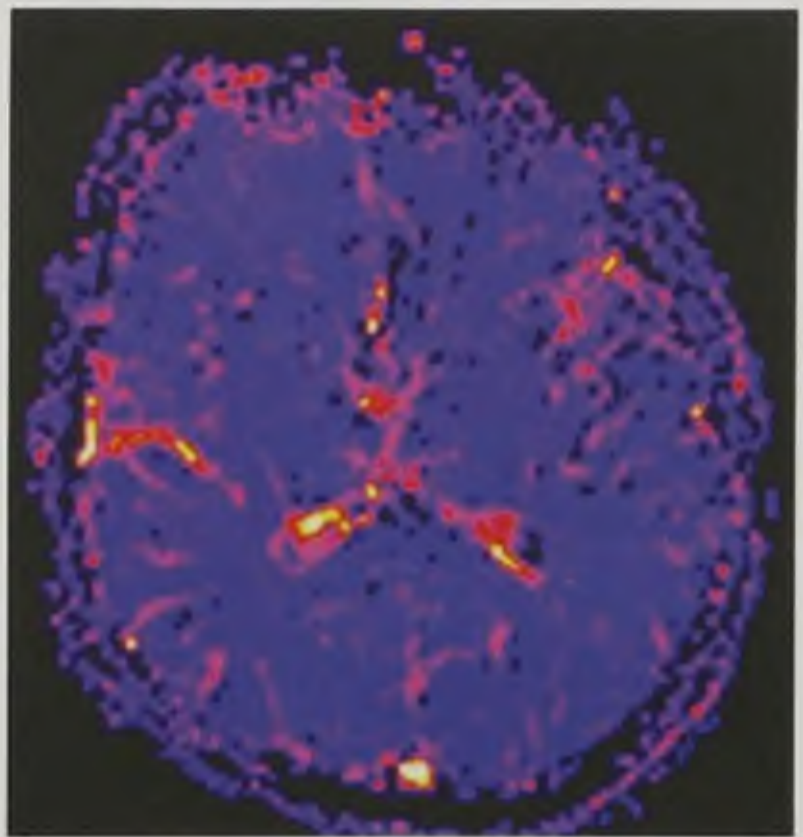


Рис. 14.7. Перфузионная компьютерная томограмма. Участок снижения мозгового кровотока, характерный для острых нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу в бассейне левой средней мозговой артерии

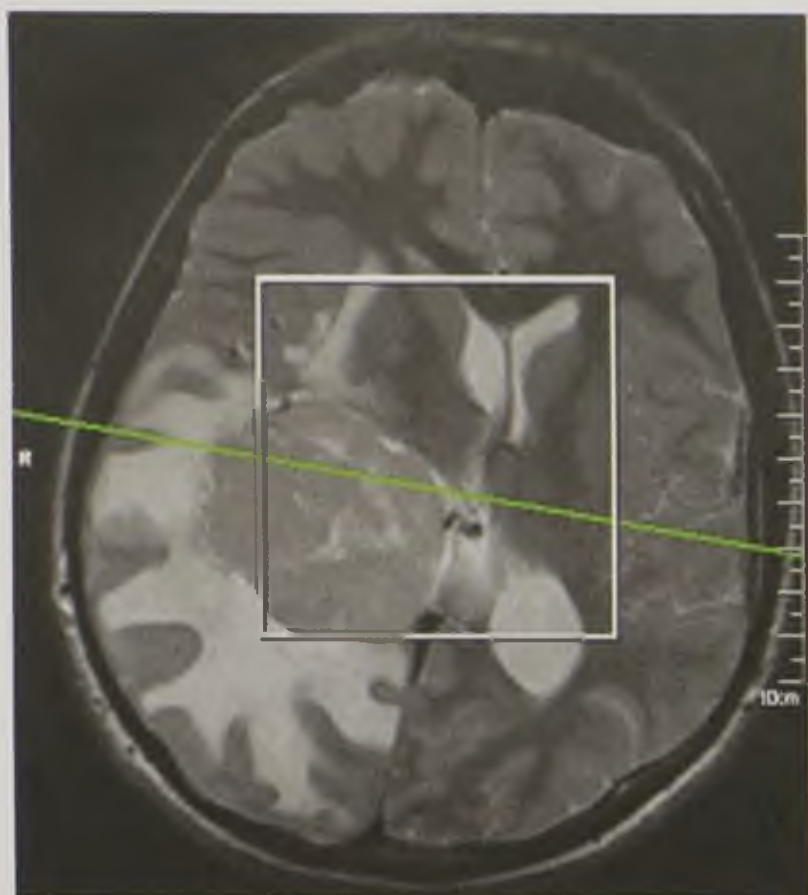


a

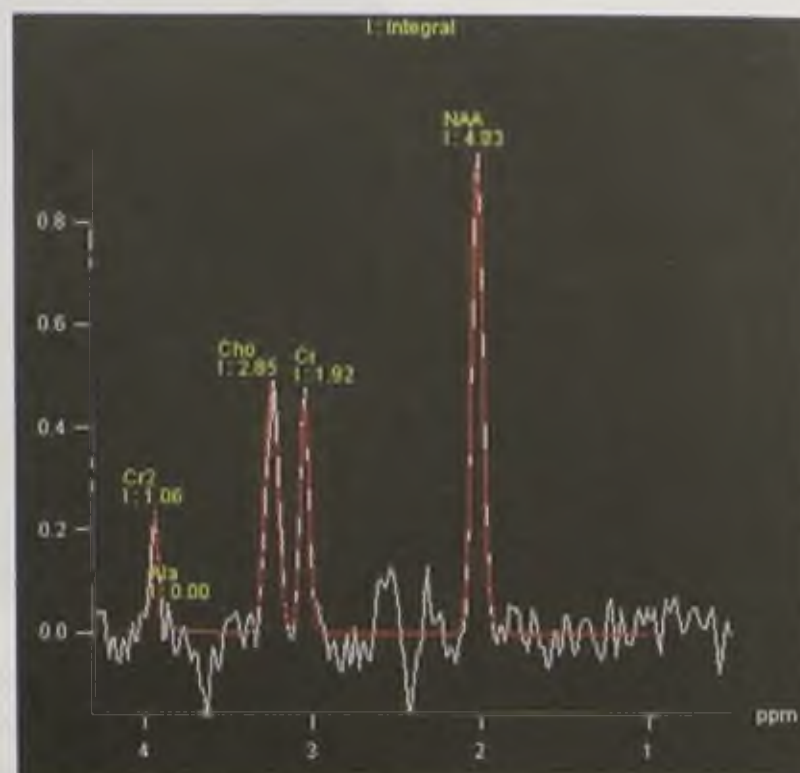


б

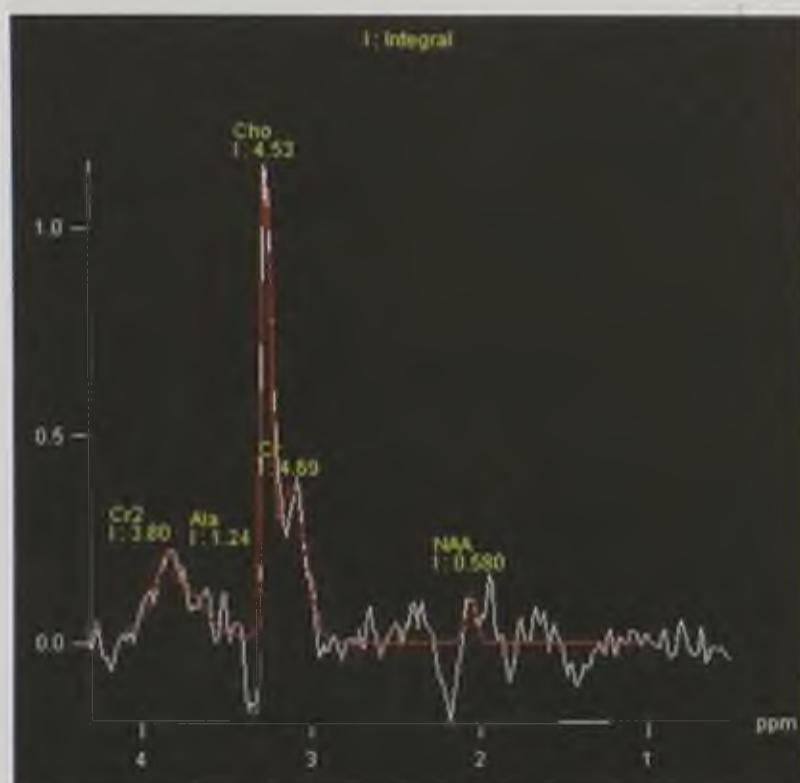
Рис. 14.11. Перфузионно-взвешенные магнитно-резонансные томограммы. Норма. Показатели мозгового кровотока в обоих полушариях симметричные: *a* — объем мозгового кровотока (cerebral blood volume, CBV); *б* — мозговой кровоток (cerebral blood flow, CBF)



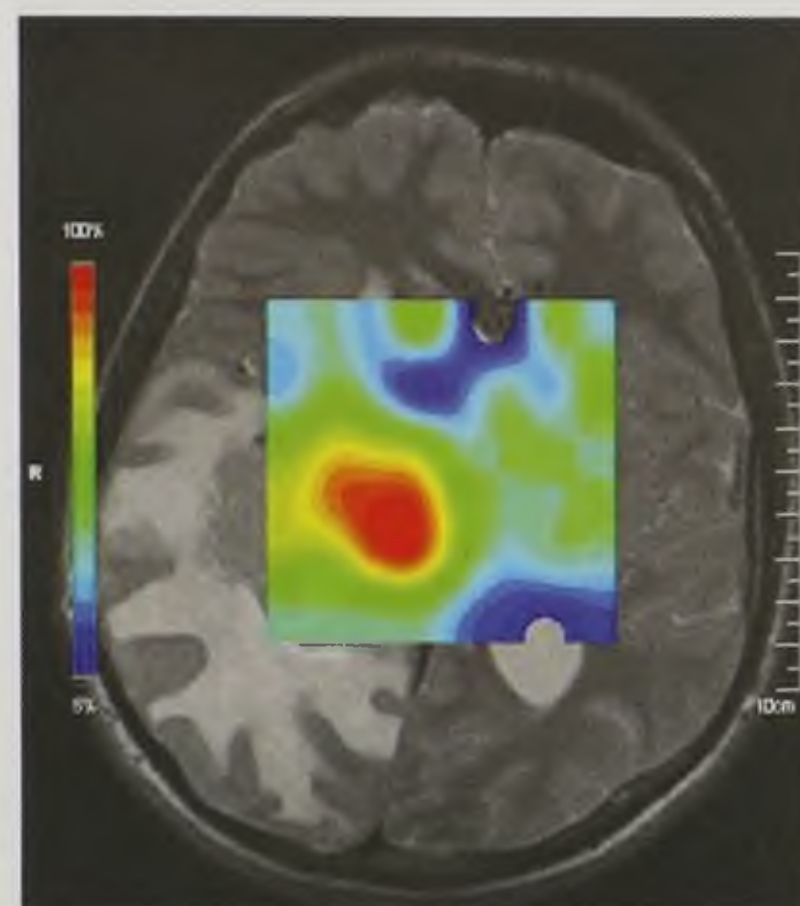
a



б



в



г

Рис. 14.13. Протонная (^1H) магнитно-резонансная спектроскопия. Снижение содержания N-ацетиласпартата (NAA) (*в*) в менингиоме (*a*) по сравнению с нормальным спектром с противоположной стороны (*б*). На изображениях цветного картирования распределения метаболитов выявлено увеличение содержания холина (*г*)

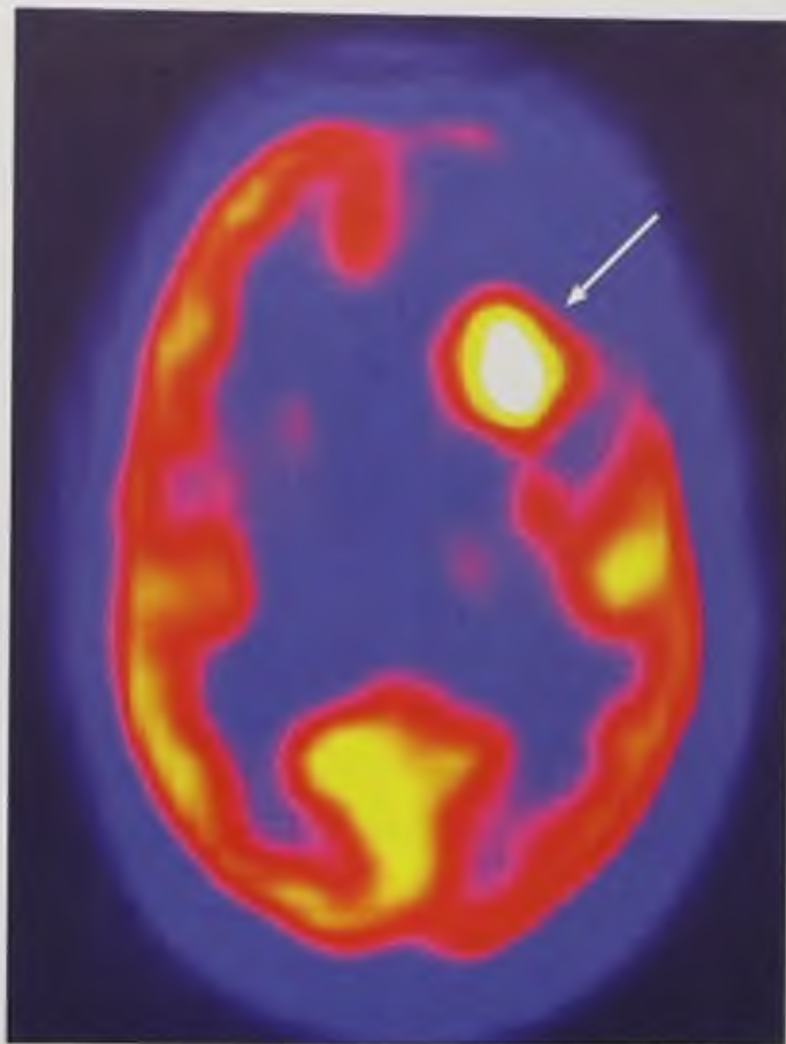
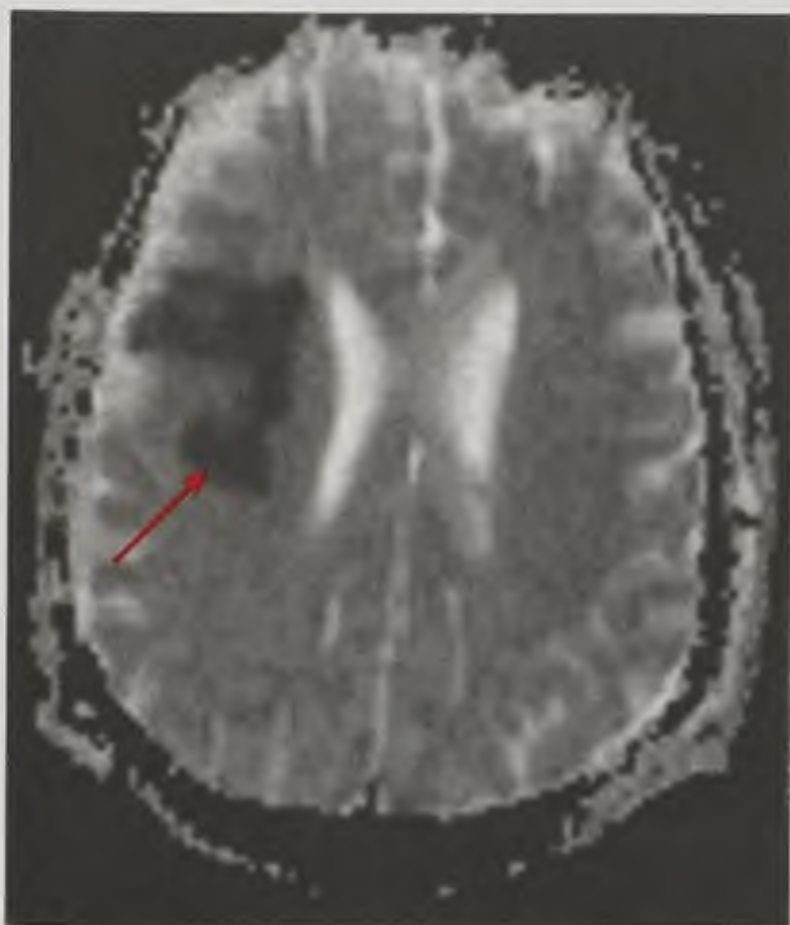
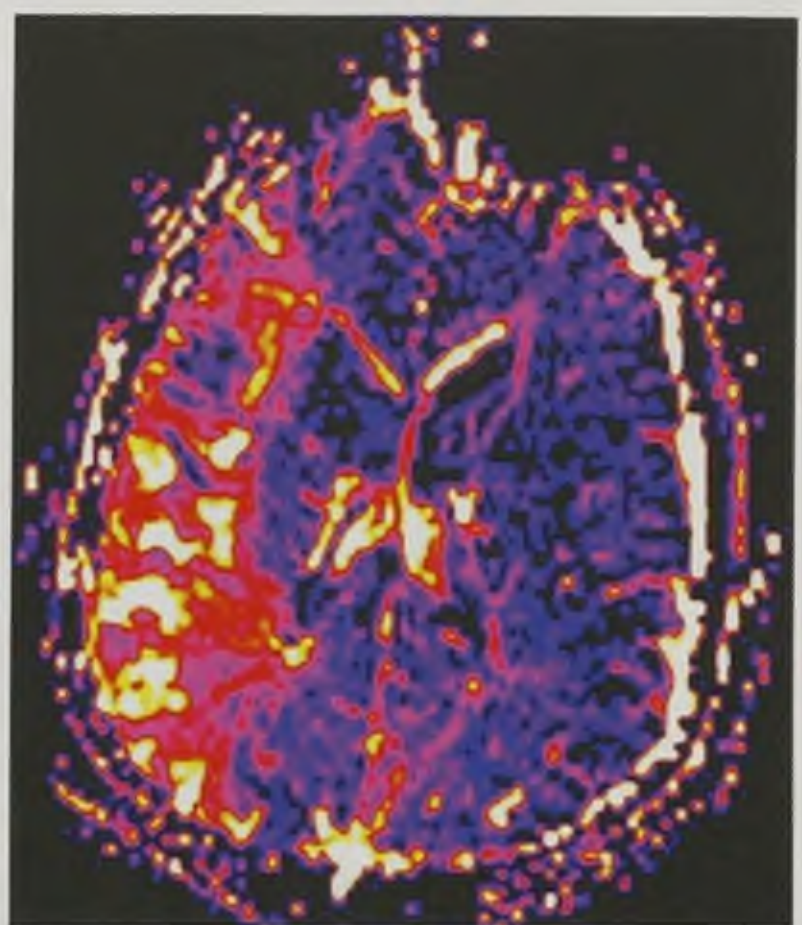


Рис. 14.18. Позитронно-эмиссионная томограмма головного мозга. Опухоль левой лобной доли с гиперметаболизмом фтордезоксиглюкозы (стрелка)



a



б

Рис. 14.27. Диффузионная (а) и перфузионная (б) магнитно-резонансные томограммы. Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу. Участок снижения измеряемого коэффициента диффузии (стрелка). При магнитно-резонансной перфузии (б) — зона снижения объемного мозгового кровотока в этом же бассейне, которая по площади превосходит зону сформировавшейся ишемии, выявленной на магнитно-резонансной диффузии

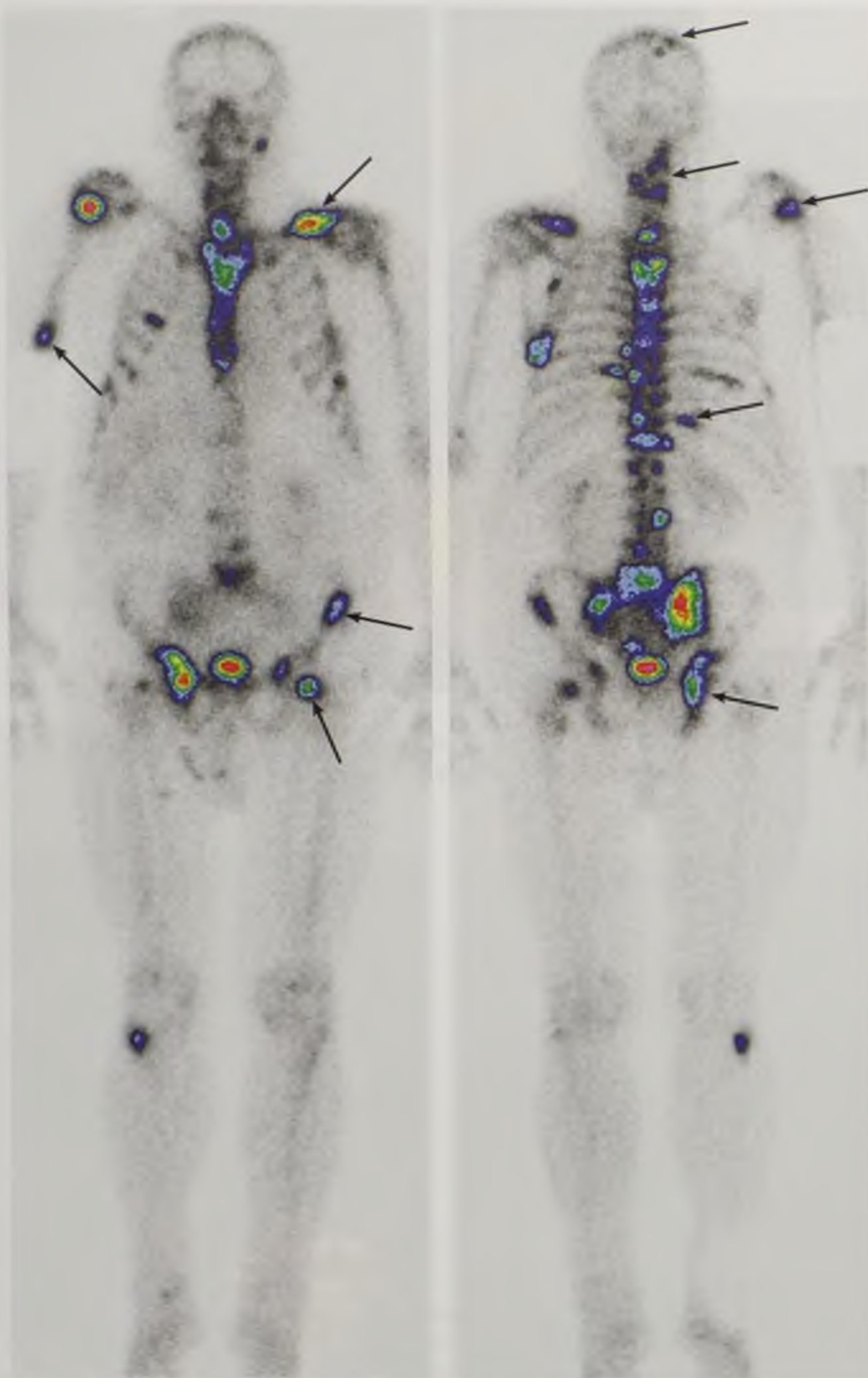


Рис. 15.5. Статическая сцинтиграмма скелета. Множественные метастазы — участки повышенного накопления радиофармпрепарата (стрелки) в костях таза, черепе, позвоночнике, конечностях

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОР-ОРГАНОВ

17.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Лучевое исследование в большинстве случаев является необходимым в диагностике заболеваний и травм ЛОР-органов, а также в оценке результатов лечения.

17.1.1. Рентгенологический метод

В оториноларингологии наиболее часто в клинической практике используются следующие методики.

- Рентгенография носа и околоносовых пазух (рис. 17.1):
 - в подбородочной укладке;
 - в прямой передней укладке головы (пирамиды височных костей в проекции глазниц);
 - в боковой проекции головы;
 - ортопантомография на уровне верхнечелюстных пазух.
- Прицельная рентгенография височной кости, которая заключается в визуализации пирамиды и ее структур в основных и дополнительных проекциях. Оптимальными проекциями для визуализации пирамид являются задняя обзорная, задняя затылочная, а также специальные проекции, которые выполняются узким тубусом. Снимки в этих проекциях требуют особой точности укладки:
 - косой снимок пирамиды по Шюллеру;
 - поперечный снимок пирамиды по Стенверсу;
 - продольный снимок пирамиды по Майеру (см. рис. 14.2).
- Линейная томография лицевого скелета (рис. 17.2) и гортани.
- Контрастная гайморография (рентгеновская или КТ), которая выполняется по показаниям.



Рис. 17.1. Рентгенограмма носа и околоносовых пазух. Норма

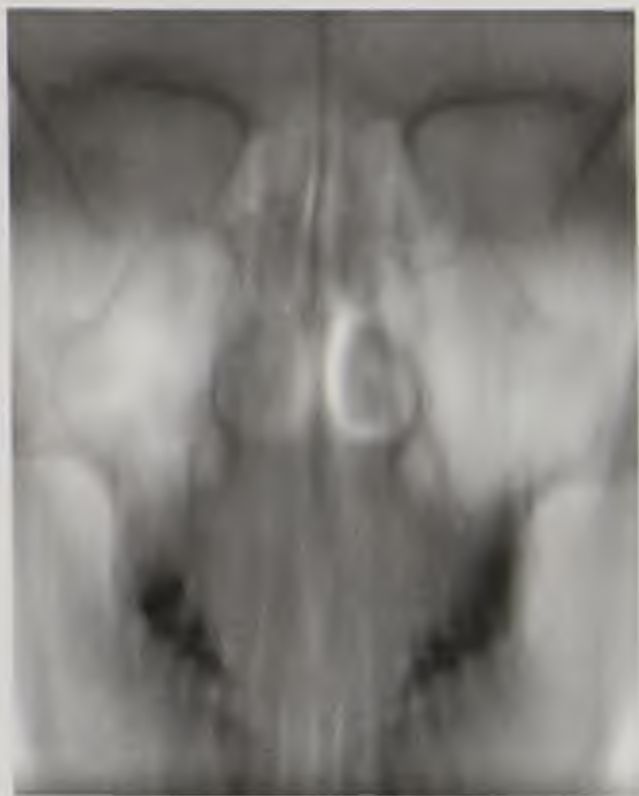


Рис. 17.2. Линейная томограмма околоносовых пазух. Полипы верхнечелюстных пазух

Нормальная рентгеноанатомия ЛОР-органов. На рентгенограммах околоносовых пазух полость носа имеет вид треугольного просветления, разделенного костной перегородкой на две симметричные половины. На фоне каждой половины заметны тени носовых раковин, а между ними — узкие светлые промежутки, соответствующие носовым ходам. По бокам от полости носа визуализируются верхнечелюстные пазухи в виде просветления, имеющие треугольную форму с четкими границами. Решетчатая кость визуализируется между глазницами и полостью носа в виде клеток, разграниченных тонкими перегородками. На рентгенограмме в подбородочной укладке решетчатая кость просцируется под углом к приемнику изображения. Вследствие этого на снимке передние клетки решетчатой кости определяются выше, а задние — ниже. В прямой передней проекции

в проекции глазниц определяются пирамиды височных костей. Хорошо виден внутренний слуховой проход. Лобная пазуха видна как просветление различной величины и формы над и между глазницами, в глубине лобной кости. Часто она разделена перегородками. На снимке черепа в боковой проекции оцениваются глубина и стенки лобной, а также верхнечелюстных пазух. Кроме того, на снимке в этой проекции хорошо визуализируется клиновидная пазуха.

Отропантомограмма позволяет визуализировать верхнечелюстные пазухи, особенно хорошо определяются альвеолярный отросток верхней челюсти и соотношение корней зубов с пазухой.

На рентгенограммах височной кости по Шюллеру выявляются структура сосцевидного отростка, крыша барабанной полости, передняя стенка сигмовидного синуса.

На рентгенограммах по Майеру определяются костные стенки наружного слухового прохода, надбарабанное углубление и сосцевидная пещера.

На рентгенограммах височной кости по Стенверсу видны вершины пирамиды, лабиринт, внутренний слуховой проход.

На рентгенограммах и линейных томограммах гортани отчетливо виден заполненный воздухом просвет глотки и гортани. Дифференцируются истинные и ложные голосовые складки, желудочки гортани (морганиевы), подголосовая полость.

На рентгеновских снимках и томограммах можно выявлять расширение или сужение глотки и гортани, а также определять различные образования, вдающиеся в их просвет.

17.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

Рентгеновская КТ является наиболее информативным методом лучевой диагностики заболеваний и повреждений ЛОР-органов. КТ-исследование

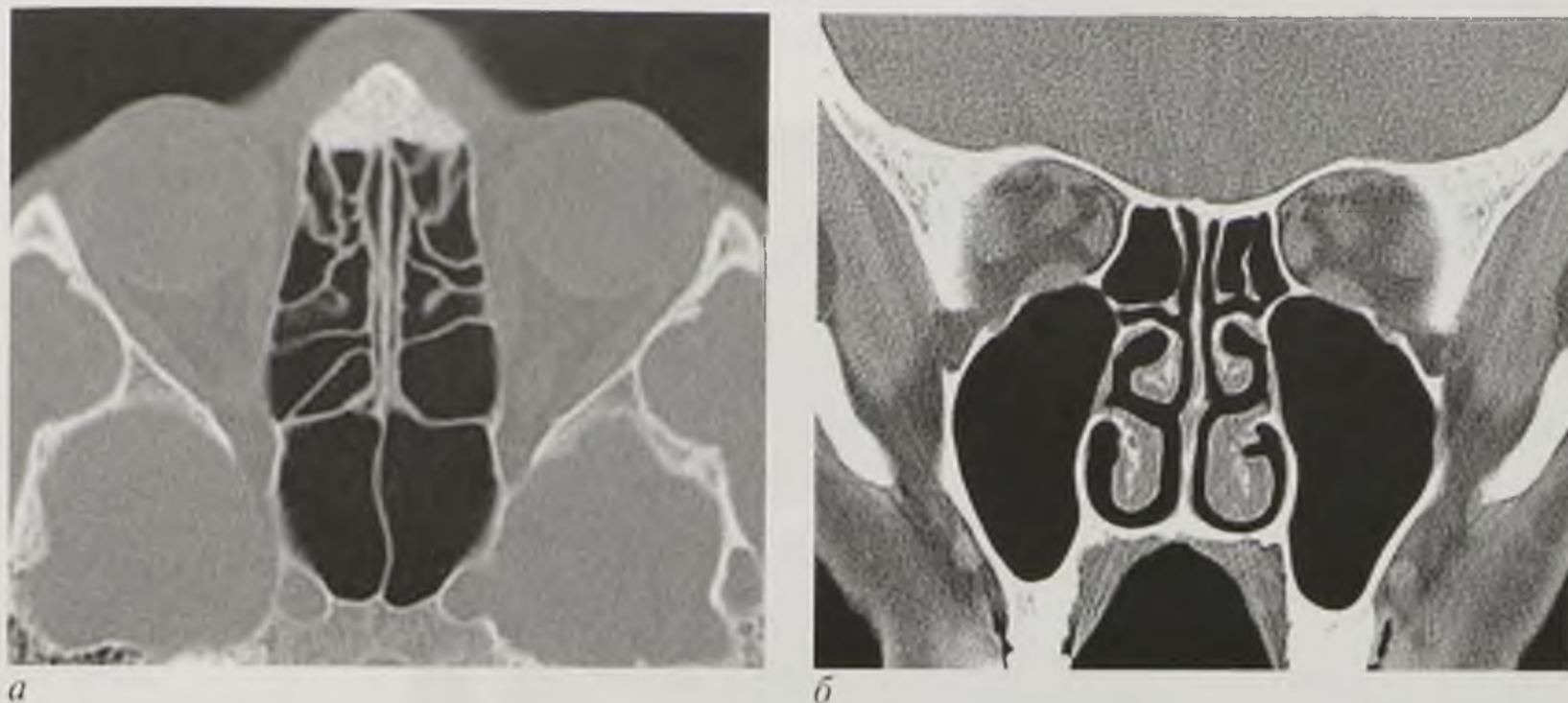


Рис. 17.3. Компьютерные томограммы носа и околоносовых пазух в аксиальной (а) и фронтальной (б) плоскостях. Норма

заключается в получении серии томографических срезов с последующим построением многоплоскостных реконструкций.

КТ полости носа и околоносовых пазух обычно выполняется в коронарной (фронтальной) и в аксиальной плоскостях с толщиной среза и томографическим шагом до 0,5 мм (рис. 17.3).

КТ височной кости выполняется обязательно с прицельной реконструкцией зоны интереса. Для этого КТ-исследование проводят как можно более тонкими срезами и выбирают высоко разрешающие алгоритмы реконструкции изображения (рис. 17.4).

При КТ гортани сканирование начинают снизу вверх — от вырезки щитовидного хряща до подъязычной кости. Для определения поражения голосовых связок выполняют функциональную пробу — сканирование с фонацией звука «и», позволяющее выявить нарушение подвижности голосовой складки на стороне поражения.

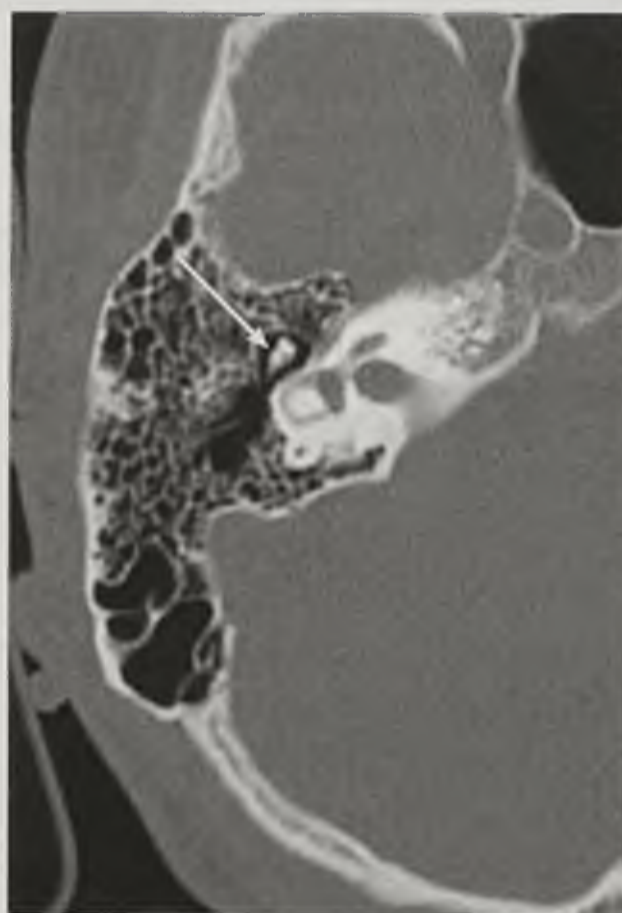


Рис. 17.4. Компьютерная томограмма височной кости в аксиальной плоскости на уровне барабанной полости. Визуализируются слуховые косточки (стрелка)

17.1.3. Магнитно-резонансная томография

МРТ проводится для дифференциальной диагностики опухолевых и неопухолевых заболеваний ЛОР-органов. При МРТ можно более четко оценить состояние мягких тканей (рис. 17.5). МРТ позволяет визуализировать слуховой нерв и полукружные каналы.

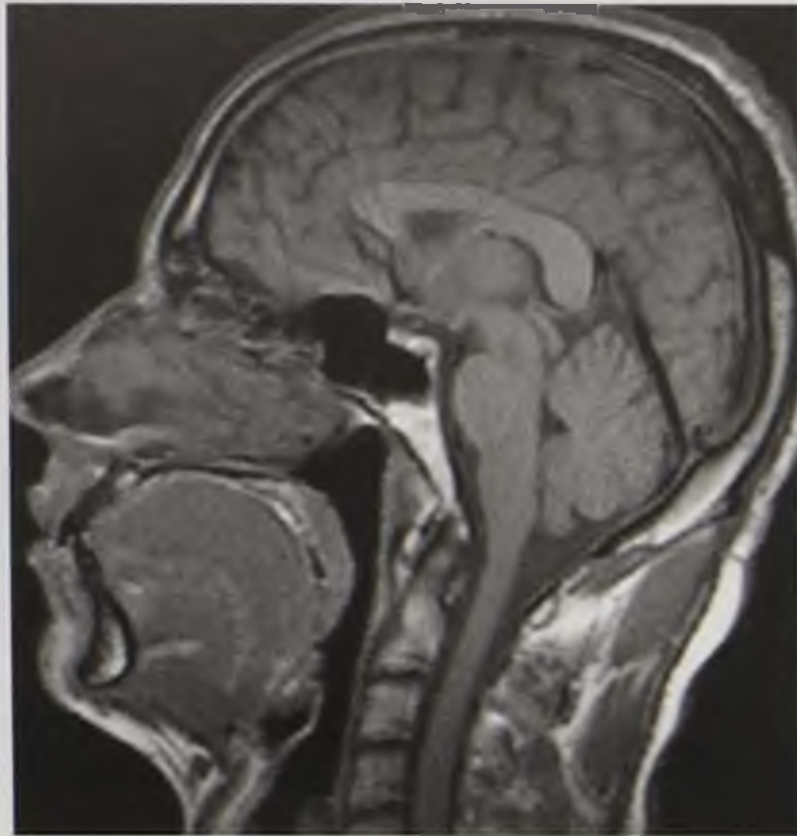


Рис. 17.5. Магнитно-резонансная томограмма носоглотки, T1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости. Норма

17.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛОР-ОРГАНОВ

17.2.1. Лучевая семиотика заболеваний уха

Острый средний отит

Рентгенография, КТ: понижение воздушности барабанной полости, антральной клетки и других ячеек, иногда с появлением воспалительного экссудата. При КТ дополнительно можно выявить отек слизистой оболочки слуховой трубы и перфорацию барабанной перепонки (рис. 17.6).

Хронический средний отит

Рентгенография, КТ: равномерное снижение воздушности ячеек, истончение и разрушение перегородок между ними, склеротические изменения костной ткани (рис. 17.7).

Можно определить деструкцию слуховых косточек, а также тяжи и грануляционную ткань в барабанной полости.

Мастоидит

Рентгенография, КТ: уменьшение или отсутствие воздушности клеток сосцевидного

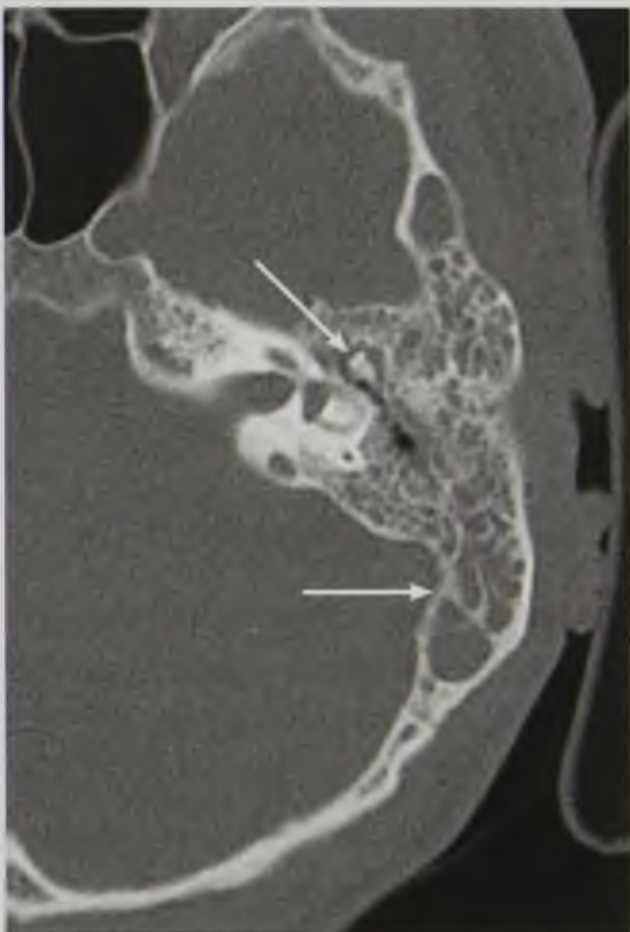


Рис. 17.6. Компьютерная томограмма височной кости. Отек слизистой оболочки, жидкость в барабанной полости и ячейках сосцевидного отростка (стрелки)

отростка и нарушение целостности костных перегородок, то есть образование очагов костной деструкции (рис. 17.8).

Отосклероз

КТ: участки снижения плотности в энхондральном слое улитки или капсуле лабиринта, отек мягких тканей, очаги остеосклероза пирамиды (рис. 17.9).

Ложная холестеатома

Рентгенография: увеличение надбарабанного углубления с истончением его костных стенок.

КТ и МРТ: округлое мягкотканное образование в надбарабанном углублении между боковой стенкой и слуховыми косточками, обязательно выявляются признаки хронического отита.

Истинная или первичная холестеатома (жемчужная опухоль)

Рентгенография, КТ и МРТ: округлое мягкотканное образование в надбарабанном пространстве или в барабанной полости (иногда в костях свода черепа), нередко с деструкцией костной ткани (рис. 17.10).

Невринома вестибулокохлеарного нерва

Рентгенография: расширение внутреннего слухового прохода.

КТ, МРТ: опухоль в расширенном внутреннем слуховом проходе и в мостомозжечковом углу. МРТ с контрастированием позволяет определить опухоли размером от 2 мм даже при нерасширенном внутреннем слуховом проходе.

Параганглиома (гломусная опухоль)

КТ контрастная, МРТ: хорошо васкуляризованное, правильной округлой формы образование. По локализации делятся на *glomus jugulare* — прилежат к луковице яремной вены, *glomus tympanicum* — над мысом в полости среднего уха, *glomus vagale* — по ходу ушной ветви блуждающего нерва.

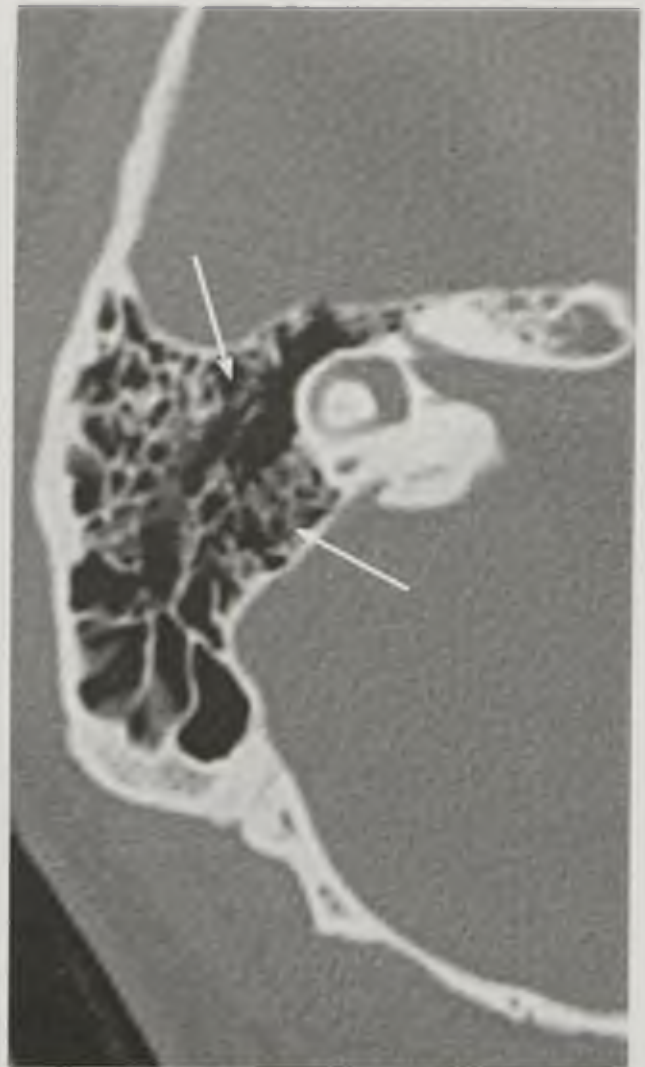


Рис. 17.7. Компьютерная томограмма височной кости. Снижение воздушности ячеек, истончение и разрушение перегородок (стрелки)

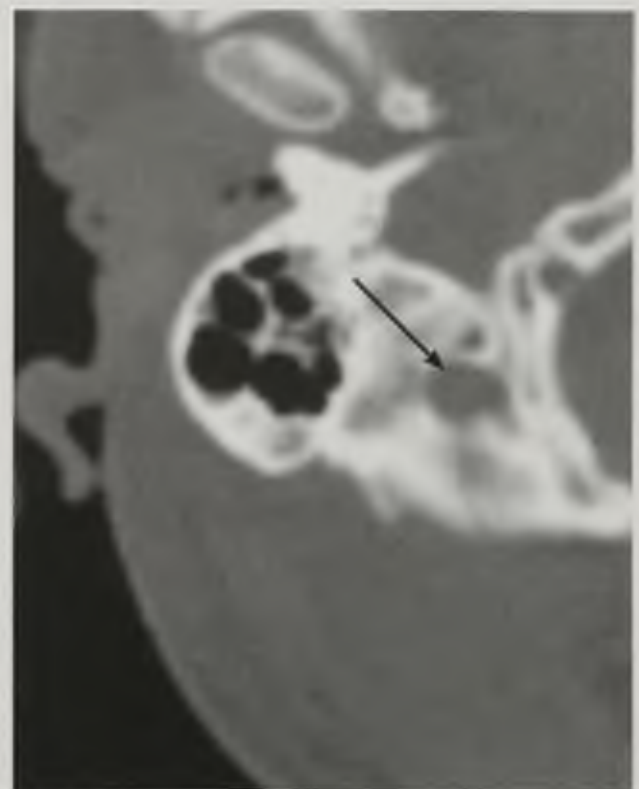


Рис. 17.8. Компьютерная томограмма височной кости. Снижение воздушности ячеек сосцевидного отростка, отсутствие костных перегородок, наличие жидкости (стрелка)

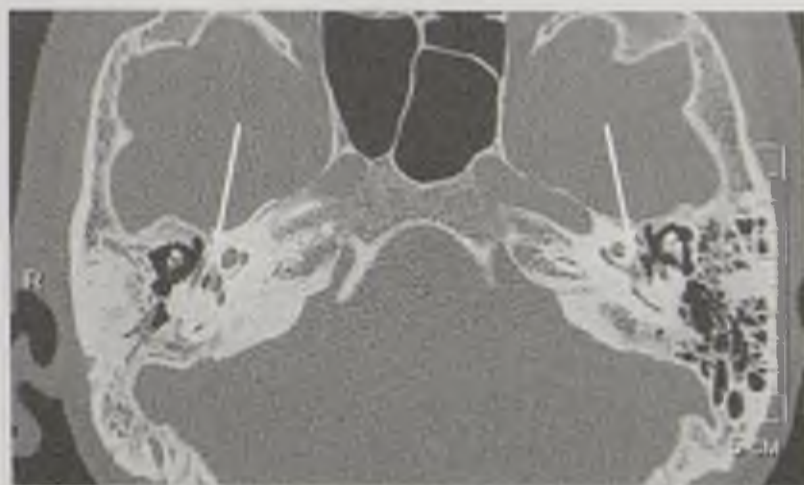


Рис. 17.9. Компьютерная томограмма височной кости в аксиальной плоскости. Остеосклероз. Визуализируются участки разрежения костной структуры капсулы лабиринта кпереди от ниши окна преддверия с распространением на стенки задних отделов средних завитков улиток с деформацией и нечеткостью контуров (стрелки)

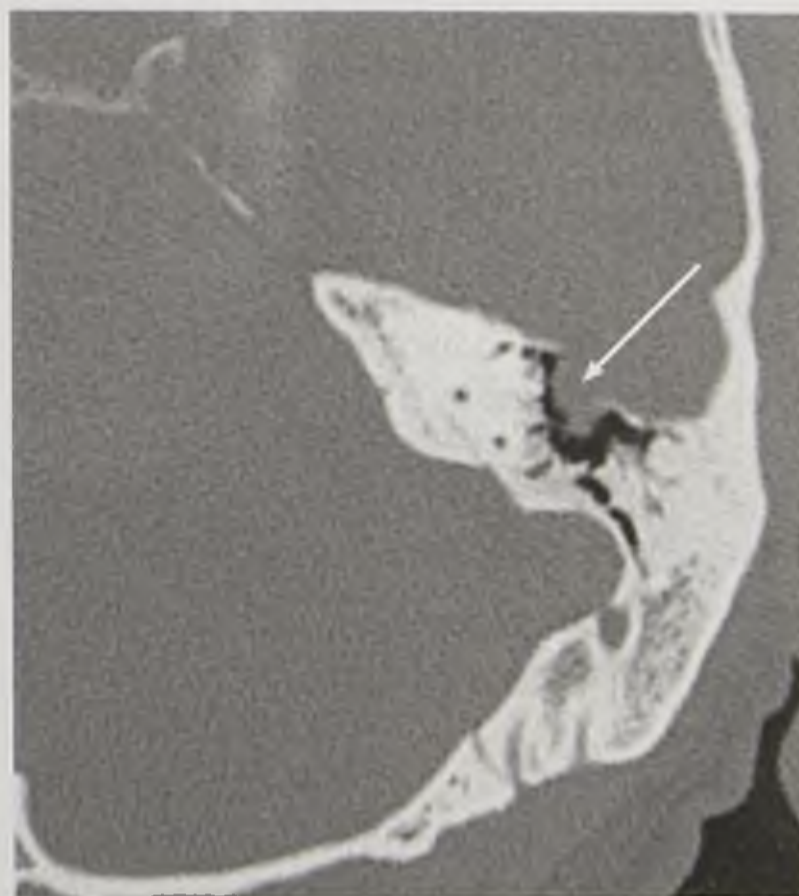


Рис. 17.10. Компьютерная томограмма височной кости. Мягкотканное образование с деструкцией костной стенки (стрелка)

17.2.2. Лучевая семиотика заболеваний носа и околоносовых пазух



Рис. 17.11. Рентгенограмма носа и околоносовых пазух. Снижение воздушности левой верхнечелюстной пазухи, уровень жидкости (стрелка)

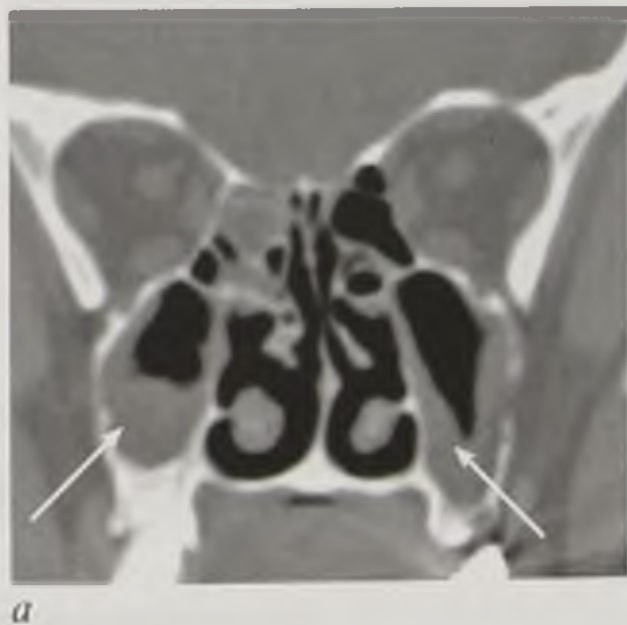
Острый синусит

Рентгенография, КТ: снижение воздушности околоносовых пазух в результате отека слизистой оболочки и/или экссудата в полости пазухи. Горизонтальный уровень жидкости свидетельствует об экссудате в полости пазухи (рис. 17.11).

Острый воспалительный процесс может распространяться на лобные пазухи. Клетки решетчатой кости и клиновидную пазуху. Наличие жидкости должно быть подтверждено на снимке в боковой проекции.

Хронический синусит

Рентгенография, КТ и МРТ: снижение воздушности околоносовых пазух со значительным и неравномерным утолщением слизистой оболочки из-за грануляций и полипозных разрастаний (рис. 17.12).



а



б

Рис. 17.12. Снижение воздушности околоносовых пазух с утолщением слизистой оболочки (стрелки): *а* — компьютерная томограмма во фронтальной проекции; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости

Гранулематозные воспаления (туберкулез, гранулематоз Вегенера)

Рентгенография, КТ и МРТ: очаговое или диффузное утолщение носовой перегородки с костными эрозиями или позже — с перфорацией, вторичной воспалительной реакцией околоносовых пазух, утолщение и остеосклероз костных стенок и перегородок.

Мукоцеле околоносовых пазух

Рентгенография, КТ и МРТ: однородное равномерное снижение воздушности пазухи, увеличение ее размеров и изменение формы (округлая форма) с истончением стенок. При КТ — содержимое плотностью +20...+30 НУ. При МРТ — гиперинтенсивный МР-сигнал на T2-ВИ, характерный для жидкости (рис. 17.13).

Полипы полости носа

Рентгенография, КТ и МРТ: одно- и двусторонние патологические массы мягкотканной плотности, неоднородной структуры (иногда

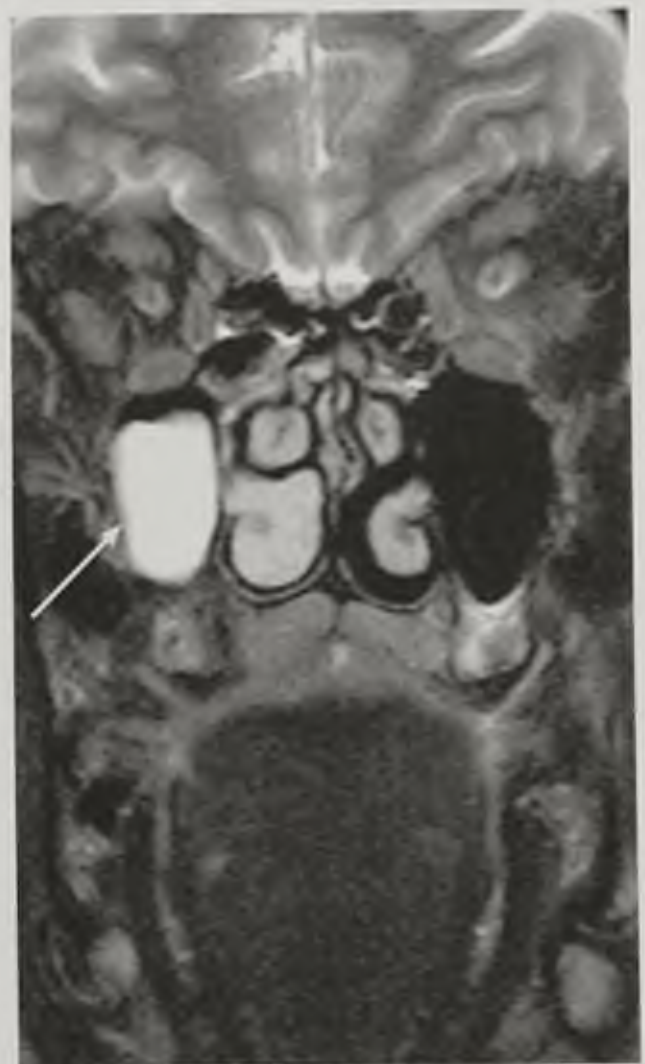


Рис. 17.13. Магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости. Мукоцеле (стрелка)

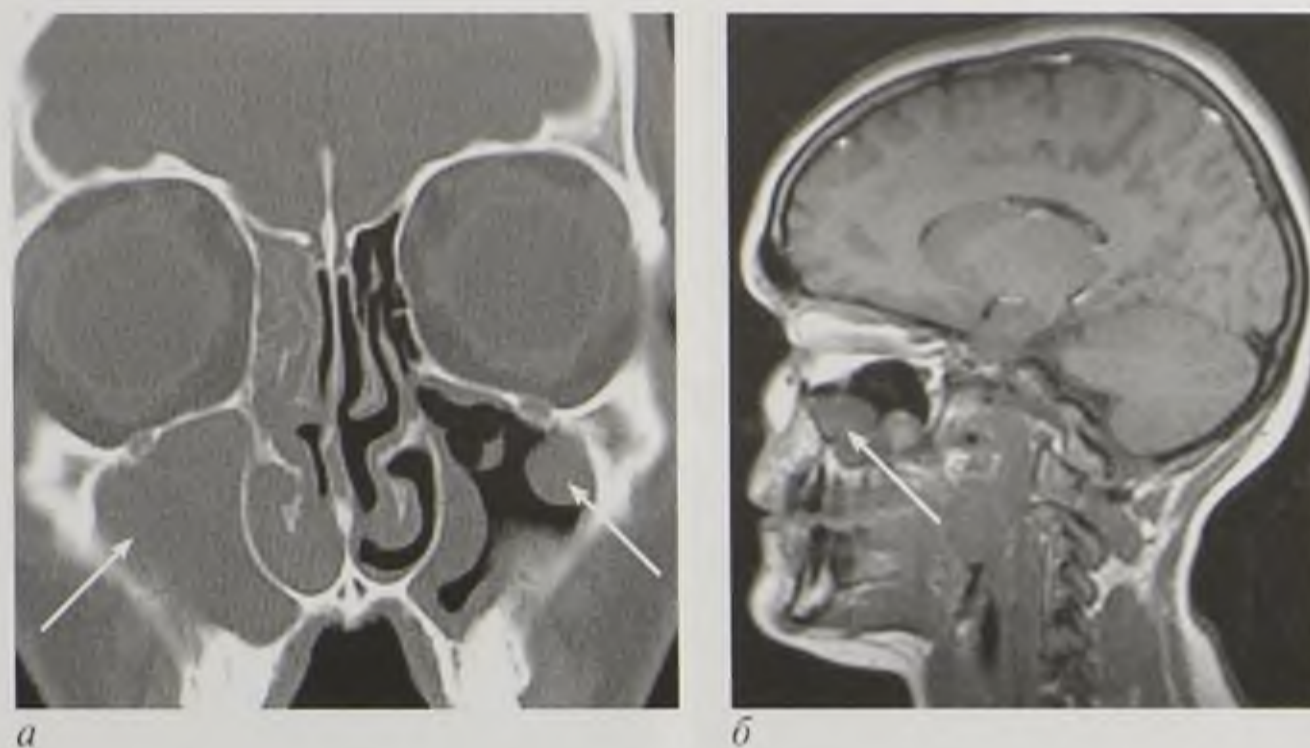


Рис. 17.14. Полипы околоносовых пазух (стрелки): *а* — компьютерная томограмма во фронтальной проекции; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T1-взвешенное изображение в сагиттальной плоскости

с участками хрящевой плотности). Возможно их распространение в околоносовые пазухи (рис. 17.14).

Одонтогенные опухоли и кисты

Рентгенография, КТ и МРТ: полиповидное образование в альвеолярной бухте верхнечелюстной пазухи, перфорация и дефект костной ткани в области альвеолярной бухты с вовлечением корней зубов (рис. 17.15).

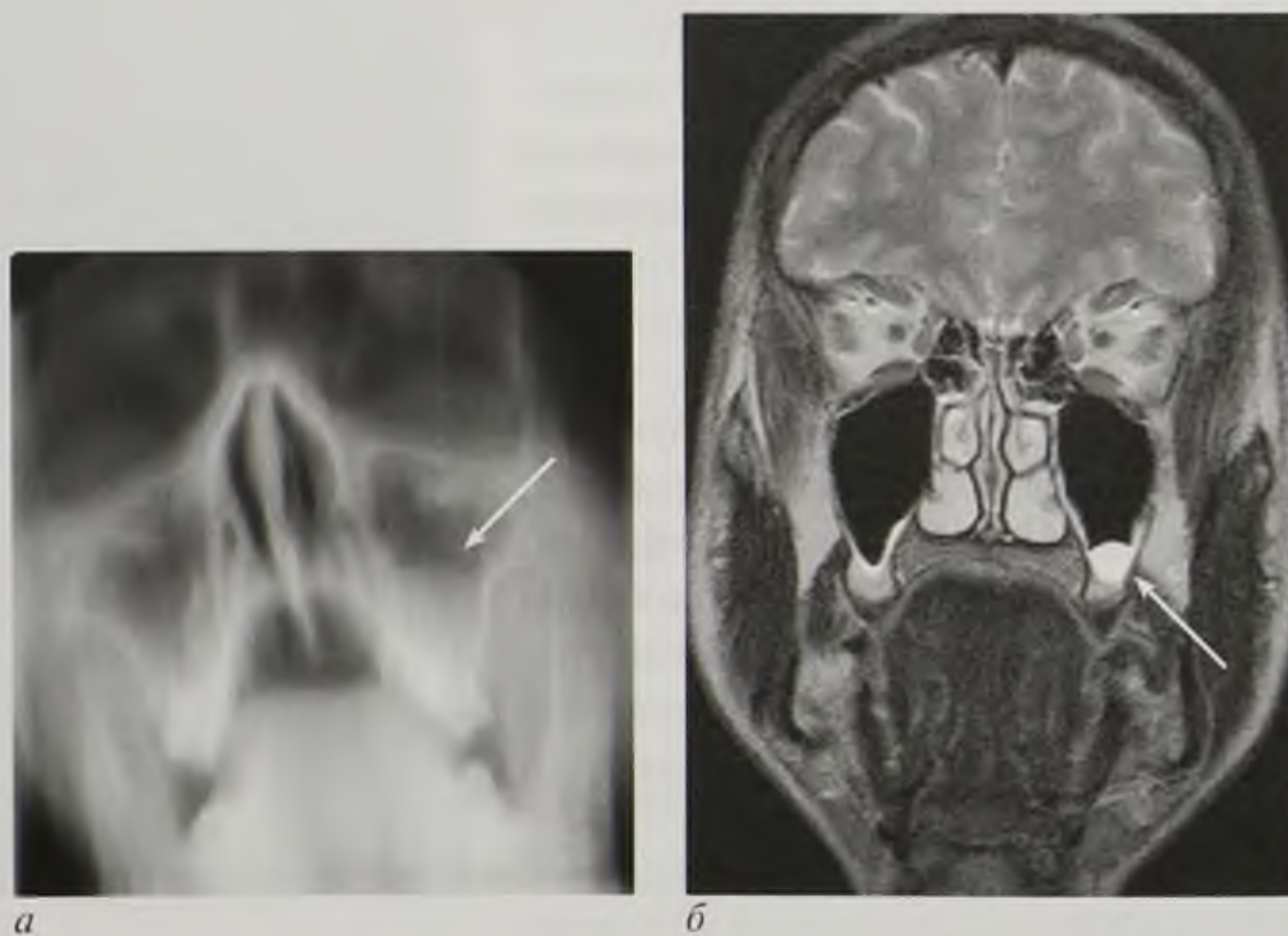


Рис. 17.15. Одонтогенная киста верхнечелюстной пазухи (стрелки): *а* — линейная томограмма; *б* — магнитно-резонансная томограмма, T2-взвешенное изображение во фронтальной плоскости

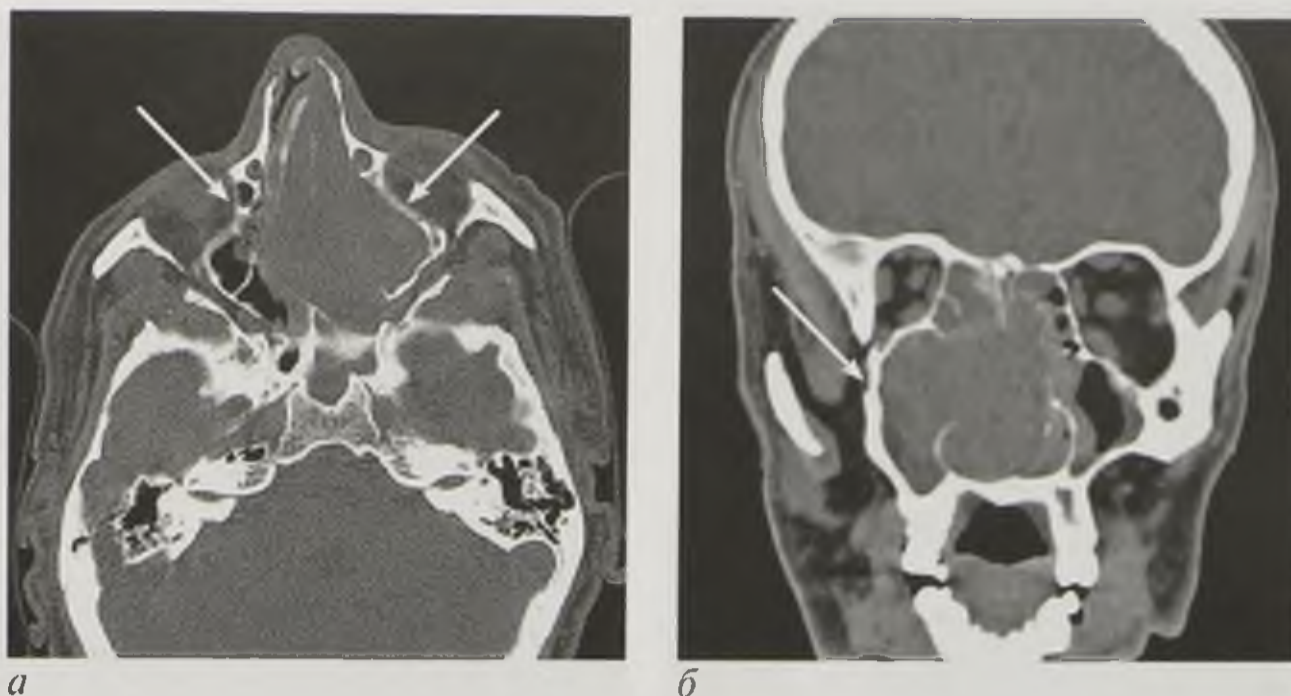


Рис. 17.16. Компьютерные томограммы: *а* — в аксиальной плоскости; *б* — мультипланарная реконструкция во фронтальной плоскости. Опухоль верхнечелюстной пазухи с разрушением костных структур (стрелки)

Рак околоносовых пазух

Рентгенография и ортопантомография, КТ и МРТ: мягкотканная опухоль в полости пазухи, неравномерной плотности, с участками некроза. Разрушение костных структур пазух (рис. 17.16). При контрастировании более отчетливо определяются структура и распространенность опухоли.

17.2.3. Лучевая семиотика заболеваний глотки и гортани

Аденоиды носоглотки

Рентгенография (томография), КТ и МРТ: мягкотканые образования, расположенные поверхностнее глоточно-базиллярной фасции. Широким основанием прилежат к задней стенке глотки.

Юношеская ангиофиброма глотки

Рентгенография, КТ и МРТ с контрастированием: экспансивно растущая опухоль, интенсивно накапливающая контрастное вещество (богато васкуляризованная). Рост опухоли сопровождается деформацией и смещением прилегающих костных структур.

Ангиография: визуализируются собственно сосудистая сеть и питающие артерии опухоли.

Рак глотки

Рентгенография, КТ и МРТ: патологическое образование преимущественно с подслизистым ростом и прорастанием глубоких тканей (рис. 17.17).

Деструкция костных структур (рис. 17.18). Сужение воздухоносных путей и верхнечелюстных пазух в результате инвазивного роста. Увеличение регионарных лимфатических узлов.

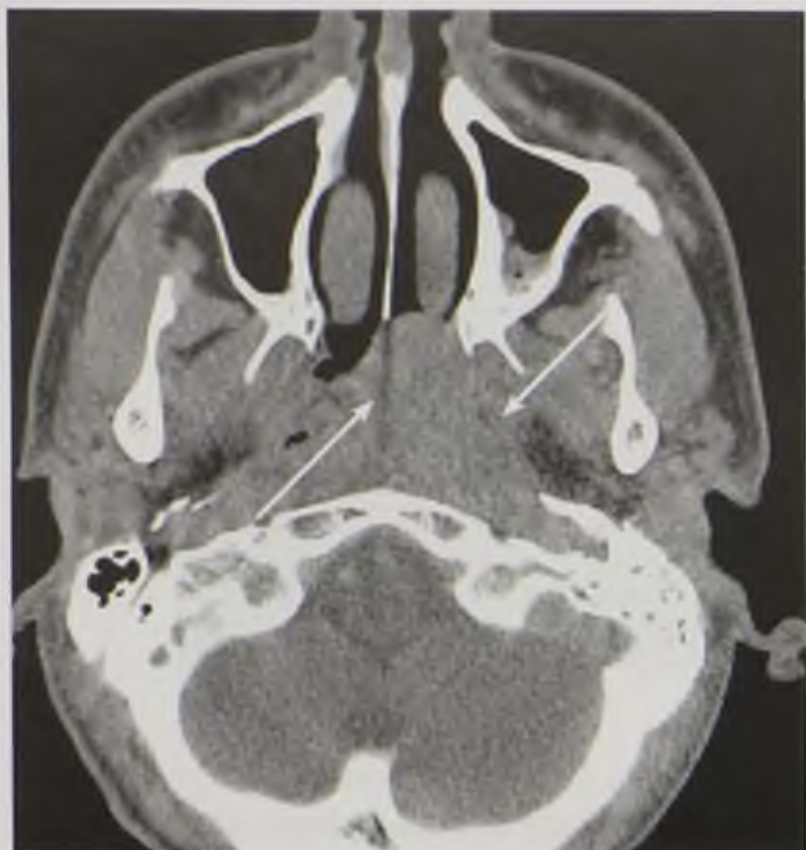


Рис. 17.17. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Опухоль носоглотки (стрелки)

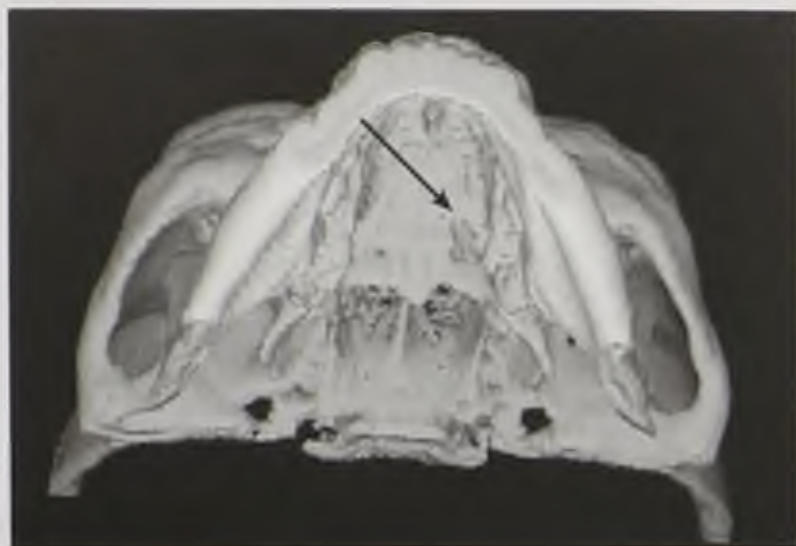


Рис. 17.18. Компьютерная томограмма (3D-реконструкция). Деструкция твердого неба (стрелка)

17.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОР-ОРГАНОВ

17.3.1. Повреждения и инородные тела височных костей

В зависимости от плоскости перелома по отношению к длинной оси пирамиды различают продольные и поперечные (косые) переломы височной кости.

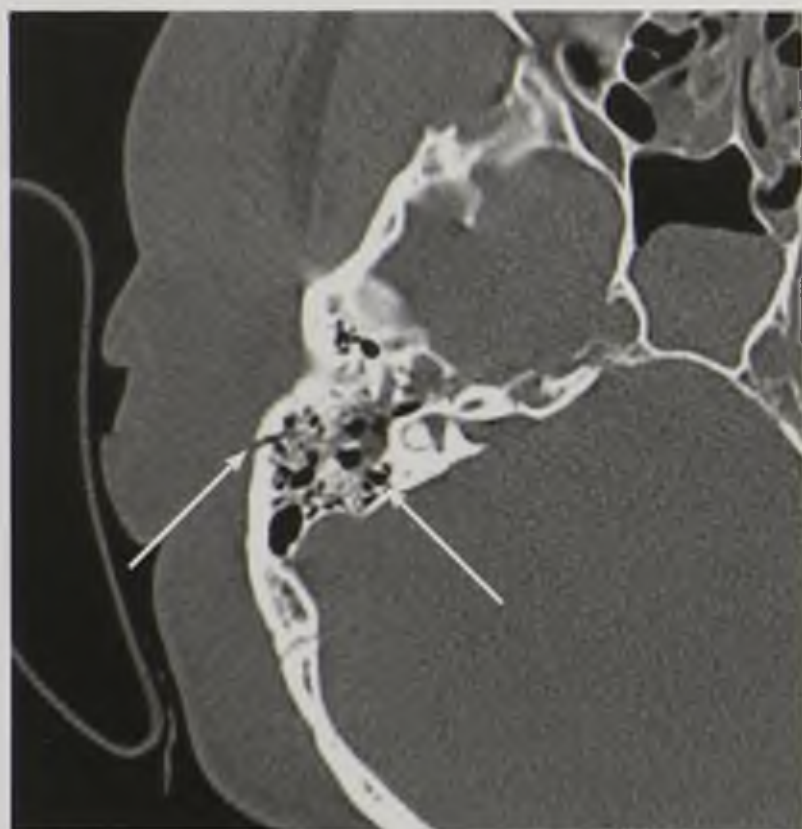


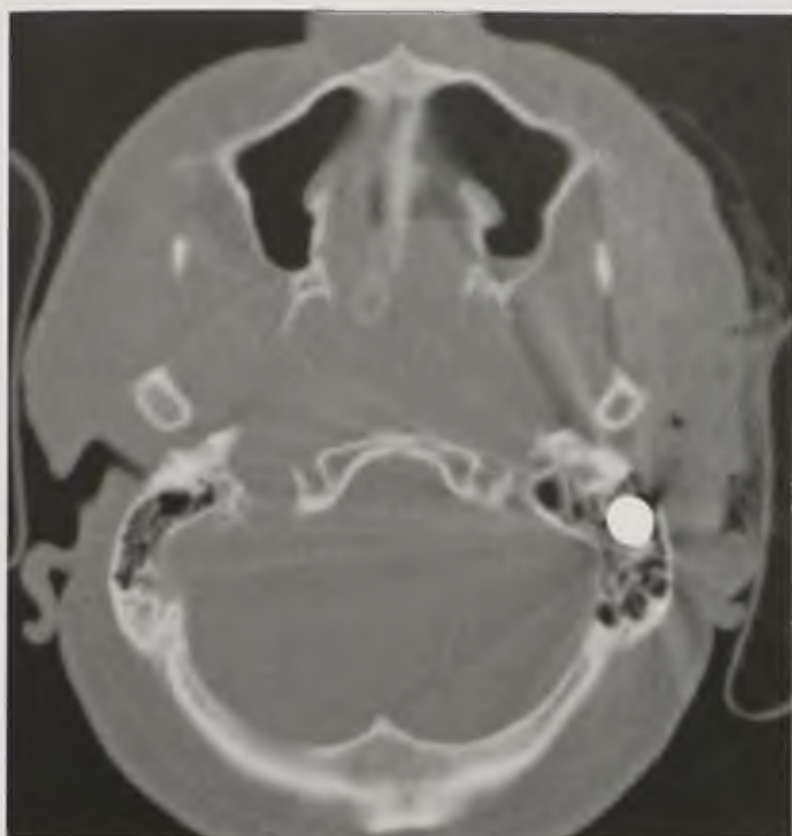
Рис. 17.19. Компьютерная томограмма в аксиальной плоскости. Перелом пирамиды височной кости, кровь в ячейках сосцевидного отростка (стрелки)

Продольные переломы чаще являются продолжением линейных переломов свода черепа, спускающихся через чешуйчатую часть кости, а поперечные могут пересекать продольную ось пирамиды от вершины до латерального конца ее верхнего края.

Рентгенография, КТ: визуализируются линия перелома, дислокация слуховых косточек, рентгеноконтрастные инородные тела (рис. 17.19, 17.20).

17.3.2. Повреждения и инородные тела околоносовых пазух

Рентгенография, КТ: визуализируются линии переломов стенки, снижение воздушности пазухи из-за гемосинуса, рентгеноконтрастные инородные тела (рис. 17.21, 17.22).



а



б

Рис. 17.20. Компьютерные томограммы височной кости в аксиальной плоскости (а), мультипланарная реконструкция (б). Инородное тело в полости сосцевидного отростка (пуля)



Рис. 17.21. Компьютерная томограмма околоносовых пазух в аксиальной плоскости. Переломы стенок пазухи, гемосинус и подкожная эмфизема (стрелки)



Рис. 17.22. Компьютерная томограмма во фронтальной проекции. Инородное тело левой верхнечелюстной пазухи (стрелка)

17.3.3. Повреждение гортани

Рентгенография, КТ и МРТ: визуализируются переломы хрящей, протрузия хрящевых фрагментов через слизистую оболочку с хондритом или дальнейшим некрозом с сужением воздушного столба гортани. Повреждения мягких тканей, гематомы в преднадгортанниковом пространстве. Асимметрия связок.

Контрольные вопросы

1. В какой проекции необходимо выполнить снимок черепа при подозрении на наличие жидкости в верхнечелюстных пазухах?
2. Какой метод лучевой диагностики наиболее информативен при обследовании больного с подозрением на отосклероз?
3. Перечислите основные лучевые признаки аденоидов носоглотки.
4. В каких случаях выполняются контрастные лучевые исследования при заболеваниях и повреждениях ЛОР-органов?
5. Какие виды переломов пирамиды височной кости выявляются при КТ?

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

К челюстно-лицевой области относят зубочелюстной аппарат, включающий нижнюю и верхнюю челюсти, зубы и весь комплекс околозубных тканей, называемый амфодонтом (пародонтом). Пародонт состоит из корневой оболочки зуба — периодонта, луночки, или альвеолы, и круговой связки. Кроме этого к челюстно-лицевой области относят полость рта с окружающими ее мягкими тканями, верхнюю часть шеи с тремя парами слюнных желез: подъязычной, поднижнечелюстной и околоушной и височно-нижнечелюстные суставы.

18.1. МЕТОДЫ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным методом лучевой диагностики заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области в стоматологии остается рентгенологический метод. Наиболее часто применяют внутриротовую и внеротовую рентгенографию в зависимости от расположения рентгеновской пленки по отношению к зубам, панорамную томографию (ортопантомографию), рентгенографию челюстей, рентгено- и томографию височно-нижнечелюстных суставов, рентгенографию костей носа, а также сиалографию.

Дополняющими методами в исследовании заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области являются КТ, МРТ и УЗИ.

18.1.1. Рентгенологические методы

Рентгенография зубов

Рентгенограммы зубов подразделяются на внутриротовые и внеротовые. В свою очередь внутриротовые делятся на контактные (рис. 18.1) и «на прикус». Контактные снимки дают более четкое изображение, но в отличие от снимков «на прикус» не всегда позволяют получить изображение околоальвеолярной зоны. Внеротовые (экстраоральные) снимки применяют в основном при исследовании жевательных зубов нижней челюсти. На рентгенограммах хорошо визуализируются поверхности и шейки зубов, альвеолярные края и межзубные перегородки. Обязательным условием качества снимка является направление центрального пучка излучения перпендикулярно биссектрисе угла, образованного осью зуба и плоскостью рентгенографической пленки, через его верхушку.

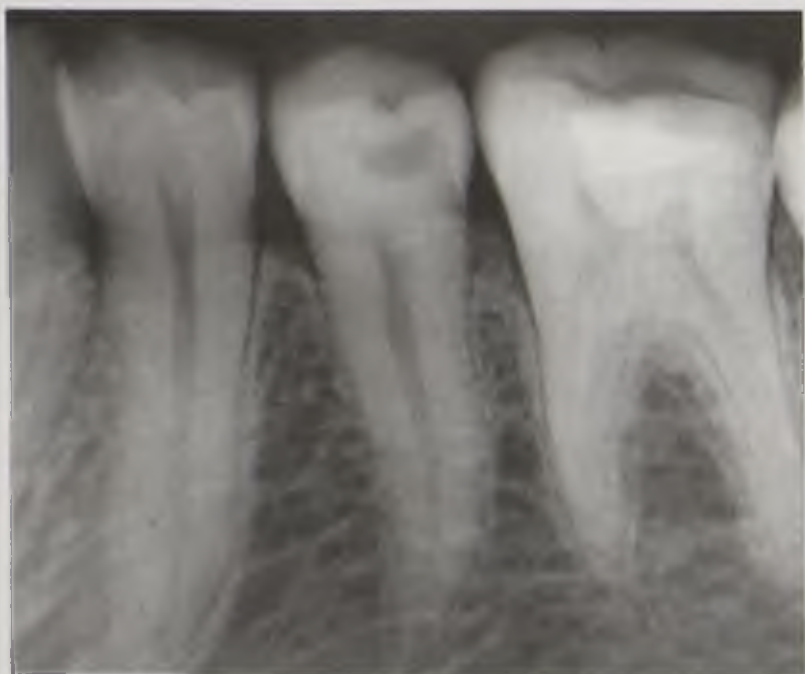


Рис. 18.1. Контактная рентгенограмма зубов. Норма

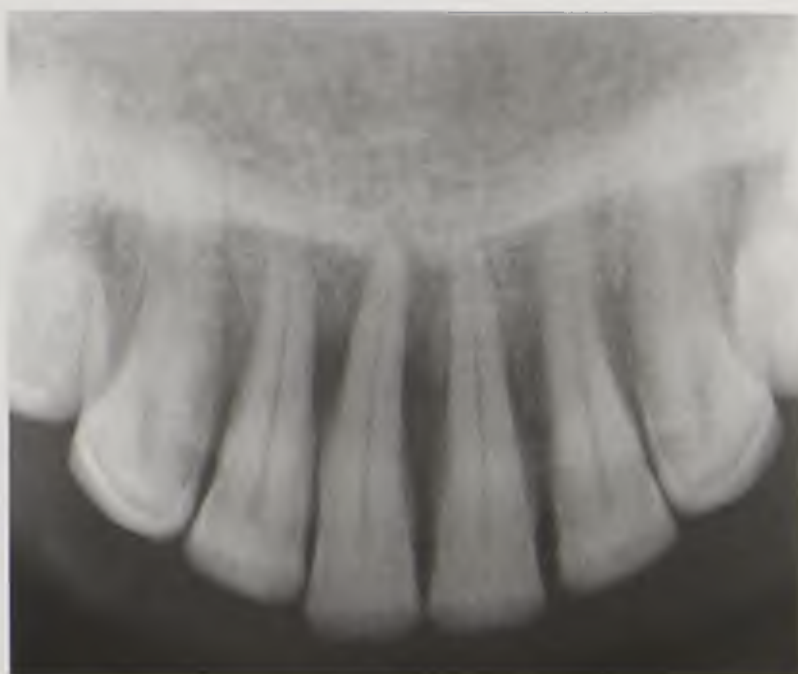


Рис. 18.2. Рентгенограмма зубов «на прикус». Норма



a



б

Рис. 18.3. Рентгенограммы нижней челюсти в прямой (*a*) и боковой (*б*) проекциях. Норма

Рентгенограмма свода ротовой полости («на прикус»)

Позволяет изучить структуру костного нёба и фронтальных зубов верхней челюсти. Хорошо визуализируются структура костного нёба, передний участок альвеолярного отростка верхних челюстей и резцы (рис. 18.2).

Рентгенограмма нижней челюсти в прямой и косой проекциях

Выполняется для изучения тела и ветвей нижней челюсти и зубов нижней челюсти (рис. 18.3).

Рентгенограмма подбородочного отдела нижней челюсти

Выполняется для изучения контуров и костной структуры центрального отдела нижней челюсти (рис. 18.4).



Рис. 18.4. Рентгенограмма нижней челюсти в подбородочной проекции. Норма



Рис. 18.5. Рентгенограмма височно-нижнечелюстного сустава. Норма

Рентгенограмма височно-нижнечелюстного сустава

Выполняется для изучения сустава, ветви нижней челюсти, ее венечного и мышечкового отростков (рис. 18.5).

Томография челюстно-лицевой области

Послойное исследование целесообразно выполнять для уточнения характера и распространенности изменений, выявленных на обычных рентгенограммах.

Сиалогграфия

Исследование проводится для визуализации протоков слюнных желез после введения в них водорастворимого РКС. Выполняются рентгенограммы в прямой и боковой проекциях, и при необходимости — томограммы с шагом в 0,5 см. На рентгеновских снимках визуализируются протоки и паренхима железы (рис. 18.6).



Рис. 18.6. Сиалогграмма. Норма

18.1.2. Рентгеновская компьютерная томография

КТ проводится в целях визуализации не только костных структур, но и мягких тканей.

Этот метод расширяет диагностические возможности при повреждениях, воспалительных и опухолевых заболеваниях. Однако интерпретация результатов в «мягкотканном окне» часто затруднена из-за артефактов, вызванных материалами, применяемыми в стоматологии: металлические зубы, протезы, плотная пломбирочная масса. В режиме «костного окна» КТ позволяет более четко визуализировать костные изменения, так как артефакты от металлических протезов и инородных тел минимально искажают изображения (рис. 18.7).

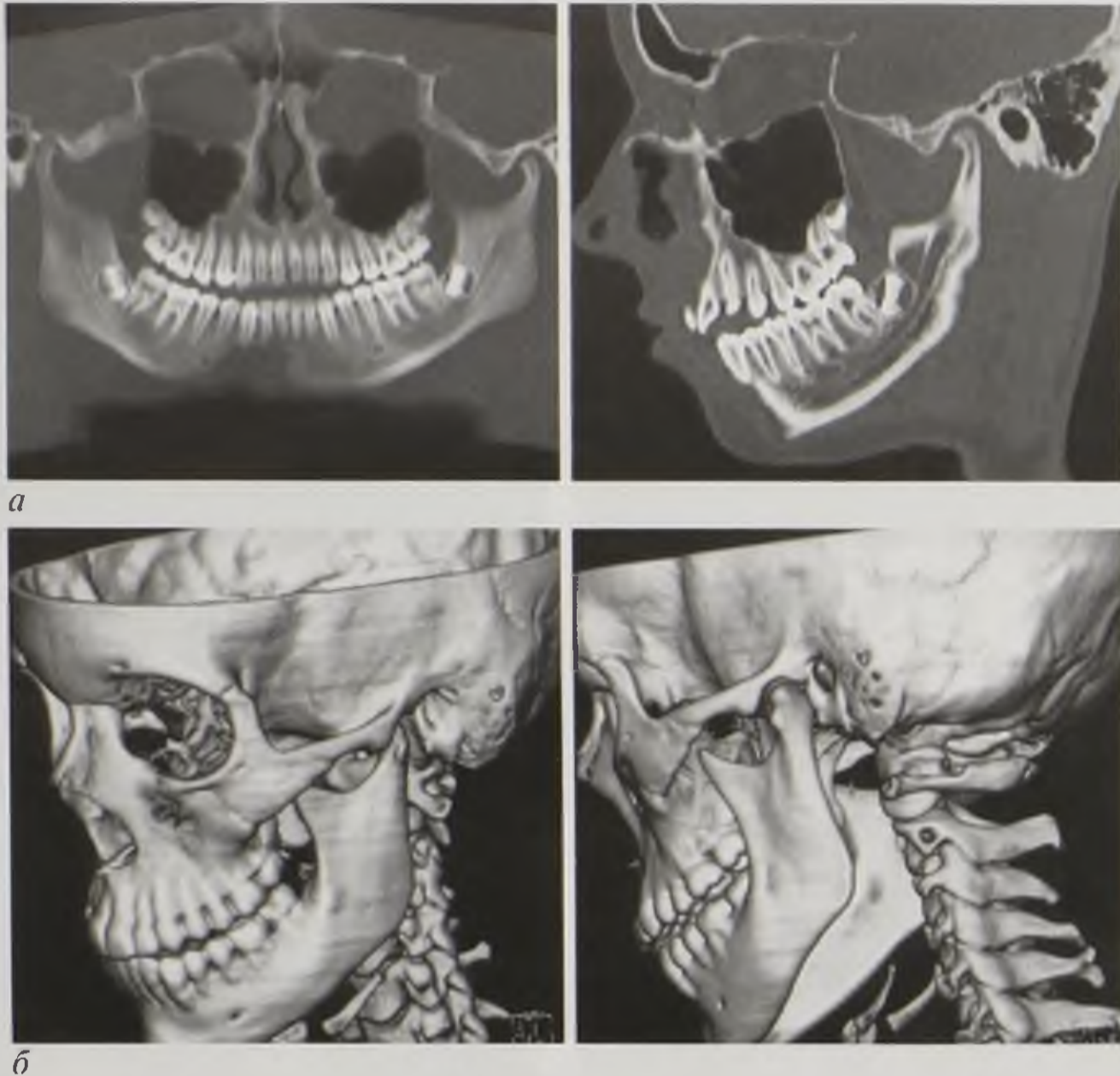


Рис. 18.7. Компьютерные томограммы: *а* — мультипланарная реконструкции; *б* — 3D-реконструкции

В настоящее время пользуется популярностью **дентальная компьютерная томография (ДКТ)** — это современная методика, узко специализирующаяся на визуализации внутренней структуры челюстно-лицевой зоны. ДКТ позволяет получить детальное трехмерное изображение (3D) челюстно-лицевой области при достаточно низкой лучевой нагрузке на пациента.

18.1.3. Магнитно-резонансная томография

МРТ позволяет исследовать мягкие ткани челюстно-лицевой области, а также отличить опухолевую ткань от отечной и воспалительной, определить воспалительную природу изменений. МРТ высокоинформативна при исследовании височно-нижнечелюстных суставов, где можно визуализировать хрящевые суставные поверхности, внутрисуставной диск и связочный аппарат.

18.1.4. Ультразвуковой метод

Ультразвуковой метод в последнее время часто применяют для исследования мягких тканей челюстно-лицевой области, и особенно слюнных желез и протоковой системы.

18.2. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

18.2.1. Кариес

Рентгенография: определяются участки зуба с поверхностными или глубокими, проникающими в камеру зуба деструктивными полостями в виде просветлений (рис. 18.8).

18.2.2. Флюороз, гипоплазия эмали и дентина, эрозия коронок, клиновидные дефекты шеек зубов

Рентгенография: визуализируются декальцинированные участки зубов, чаще с поверхностными дефектами, изменением контуров и иногда — формы зубов.

18.2.3. Пульпит, периодонтит

Рентгенография, КТ: полость кариозной деструкции в коронке сообщается с каналом зуба, расширение периодонтальной щели (рис. 18.9).

18.2.4. Гранулирующий остит, гранулематозный остит, фиброзный остит, периостит челюсти

Рентгенография, КТ: все перечисленные процессы переходят один в другой от фиброзного до гранулематозного периодонтита и периостита челюсти как следствие одонтогенного распространения инфекции, начиная с зуба и продолжаясь до поверхностных отделов челюстей. Визуализируются расширение периодонтальной щели, формирование гранулемы в виде локального просветления у корня зуба (рис. 18.10). Этот процесс заканчивается либо излечением в виде участка повышения интенсивности тени — фиброзный остит, либо переходит в периостит с зоной деструкции поднадкостничных отделов челюсти или остеомиелит с характерной зоной деструкции костной ткани.

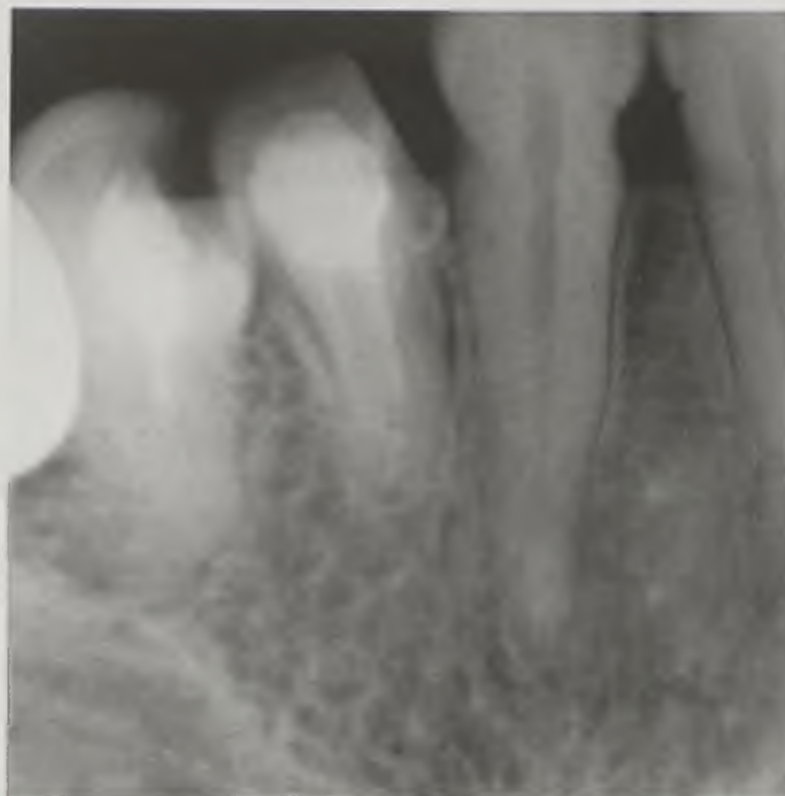


Рис. 18.8. Контактная рентгенограмма зубов — кариес



Рис. 18.9. Контактная рентгенограмма зубов — периодонтит (стрелка)

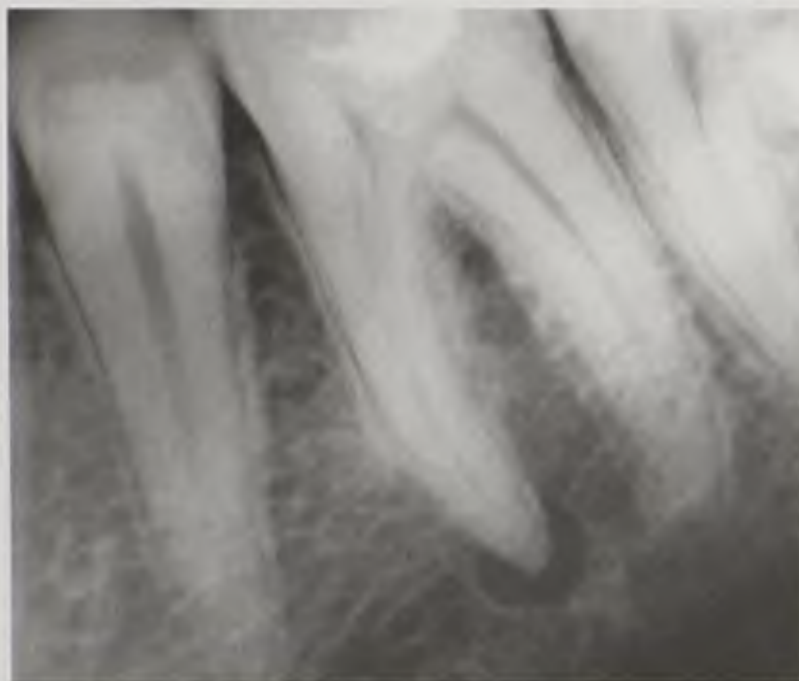
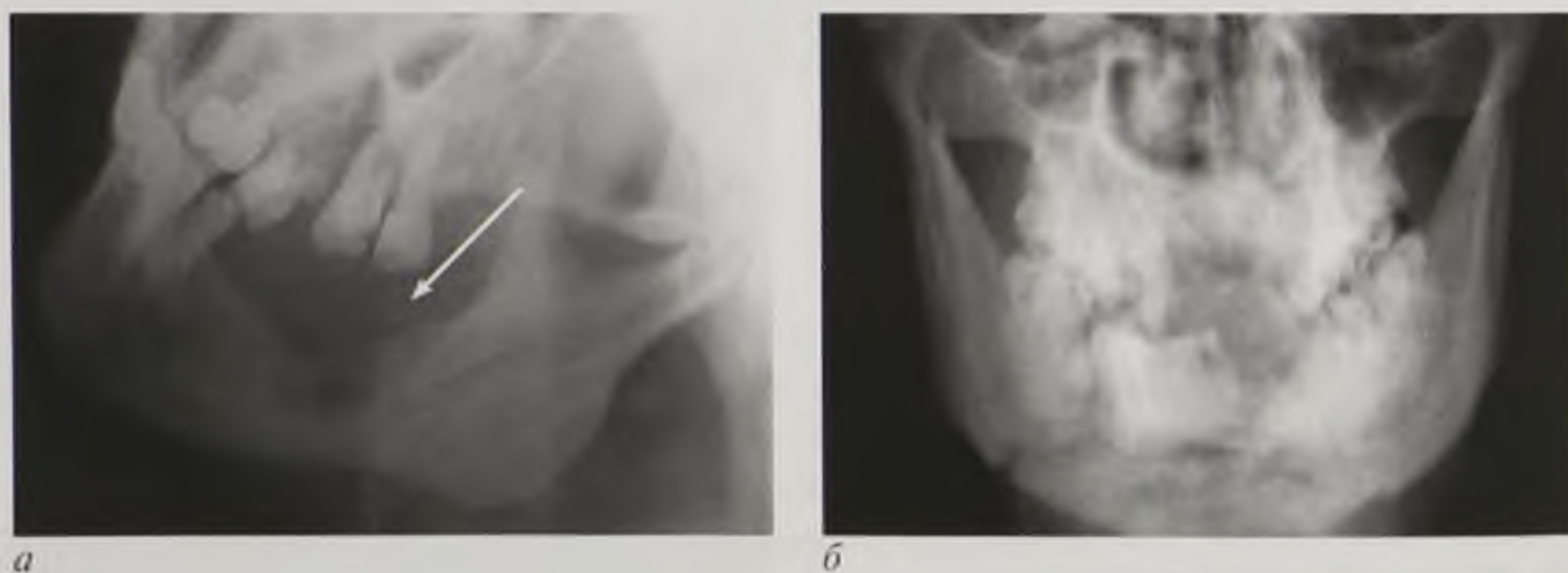


Рис. 18.10. Контактная рентгенограмма зубов — грануляции

18.2.5. Остеомиелит челюстей

Рентгенография, КТ: единичные или многоочаговые просветления с неровными, изъеденными краями или без четких границ, что обусловлено расплавлением костных балок. В ряде случаев определяются омертвевшие некротизированные участки кости — секвестры (рис. 18.11).



a

б

Рис. 18.11. Рентгенограммы: *a* — остеомиелит нижней челюсти (стрелка); *б* — остеомиелит верхней и нижней челюстей, множественные патологические переломы

18.2.6. Воспалительно-дистрофические и идиопатические изменения в пародонте — гингивит

Рентгенография, КТ: расширение периодонтальной щели с очаговым остеопорозом вершин межальвеолярных гребней.

18.2.7. Пародонтит и пародонтоз, пародонтолиз

Рентгенография, КТ: заболевания сопровождаются рассасыванием костных стенок зубных альвеол и воспалительным поражением ткани десен при интактных

зубах. Визуализируются заметная убыль (резорбция) костной ткани альвеолярных гребней до исчезновения альвеолярных гребней, оголение корней разной степени и смещение зубов, истончение и остеопороз костной ткани челюстей.

18.2.8. Кисты и мягкотканые опухоли челюстей

Рентгенография, КТ, МРТ, УЗИ: округлая или приближенная к таковой форма очага просветления (на рентгенограммах и КТ) в кости с распространением в мягкие ткани, чаще округлая, однородной структуры, с четкими границами, со склеротическим ободком вокруг очага (рис. 18.12). При злокачественных образованиях могут визуализироваться очаги деструкции неправильной формы с нечеткими границами, с распространением на смежные кости и мягкие ткани.

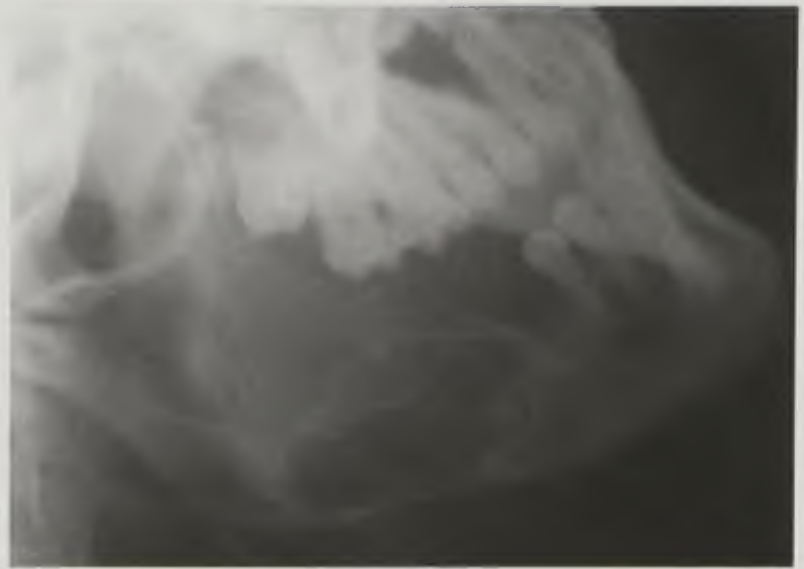


Рис. 18.12. Рентгенограмма нижней челюсти. Фиброзная дисплазия

18.2.9. Метастазы и рак челюсти

Рентгенография, КТ, МРТ, УЗИ: участок просветления (на рентгенограммах и КТ) в кости неоднородной структуры, неравномерной консистенции, без четкой границы со здоровыми тканями. Очаги деструкции могут распространяться на смежные кости и мягкие ткани. Метастазы в большинстве случаев поражают нижнюю челюсть, а рак — верхнюю (рис. 18.13).

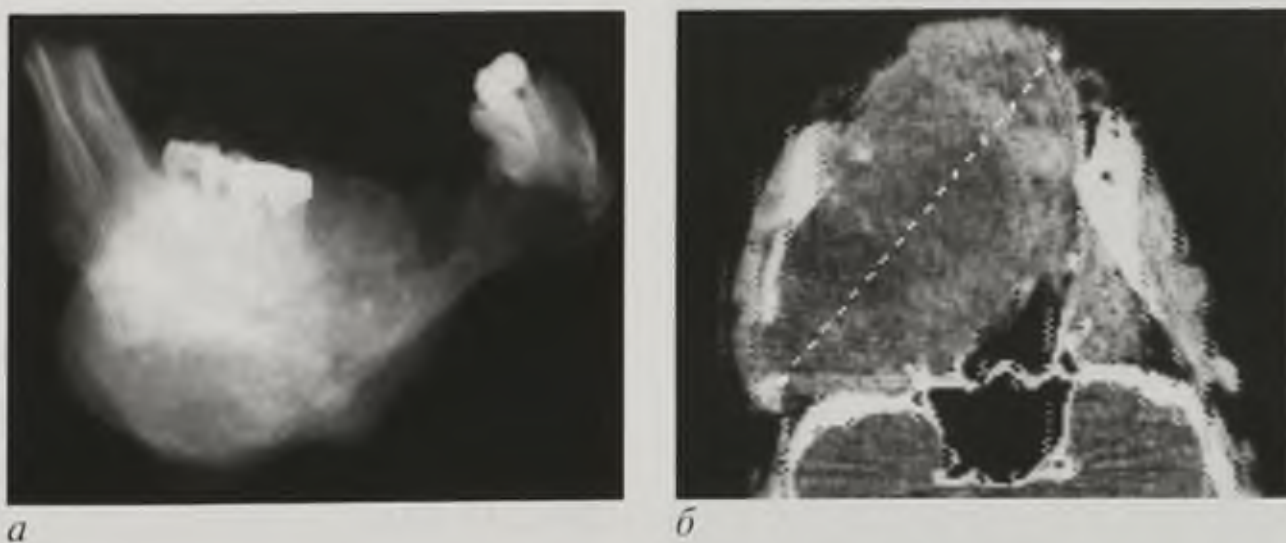


Рис. 18.13. Злокачественная опухоль: а — нижней челюсти, рентгенограмма; б — мягкого неба с поражением верхней челюсти, компьютерная томограмма

18.2.10. Ретенированные зубы, фрагменты корней зубов

Рентгенография, КТ, УЗИ: плотные аномально расположенные тени вытянутой или неправильной формы с четкими, ровными краями в толще костной массы челюстей (рис. 18.14).



Рис. 18.14. Ортопантограмма. Аномально расположенный зуб в толще нижней челюсти

18.2.11. Кальцинаты, слюнные камни на зубах

Рентгенография, КТ: плотные включения вокруг зубов или в толще кости, округлой либо овальной формы, с четкими, ровными краями.

18.2.12. Плотные одонтогенные опухоли, плотные остеогенные опухоли



Рис. 18.15. Рентгенограмма. Остеосаркома нижней челюсти

Рентгенография, КТ, УЗИ: плотные, расположенные у корней одного или нескольких зубов в толще кости тени округлой или — чаще — неправильной формы с четкими, ровными или бугристыми краями. Рядом определяются отдельные участки просветления — деструкция или затенения — остеосклероз. Нередко при остеогенных опухолях надкостница многократно уплотняется и сливается с корковым слоем кости (рис. 18.15).

18.2.13. Деформирующий артроз, артрит височно-нижнечелюстного сустава

Рентгенография, КТ, МРТ: изменение просвета суставной щели, склероз суставных поверхностей, краевые остеофиты. При КТ и МРТ визуализируется жидкость в полости сустава. При МРТ лучше видны форма и положение измененного суставного диска, изменения в связочном аппарате (рис. 18.16).

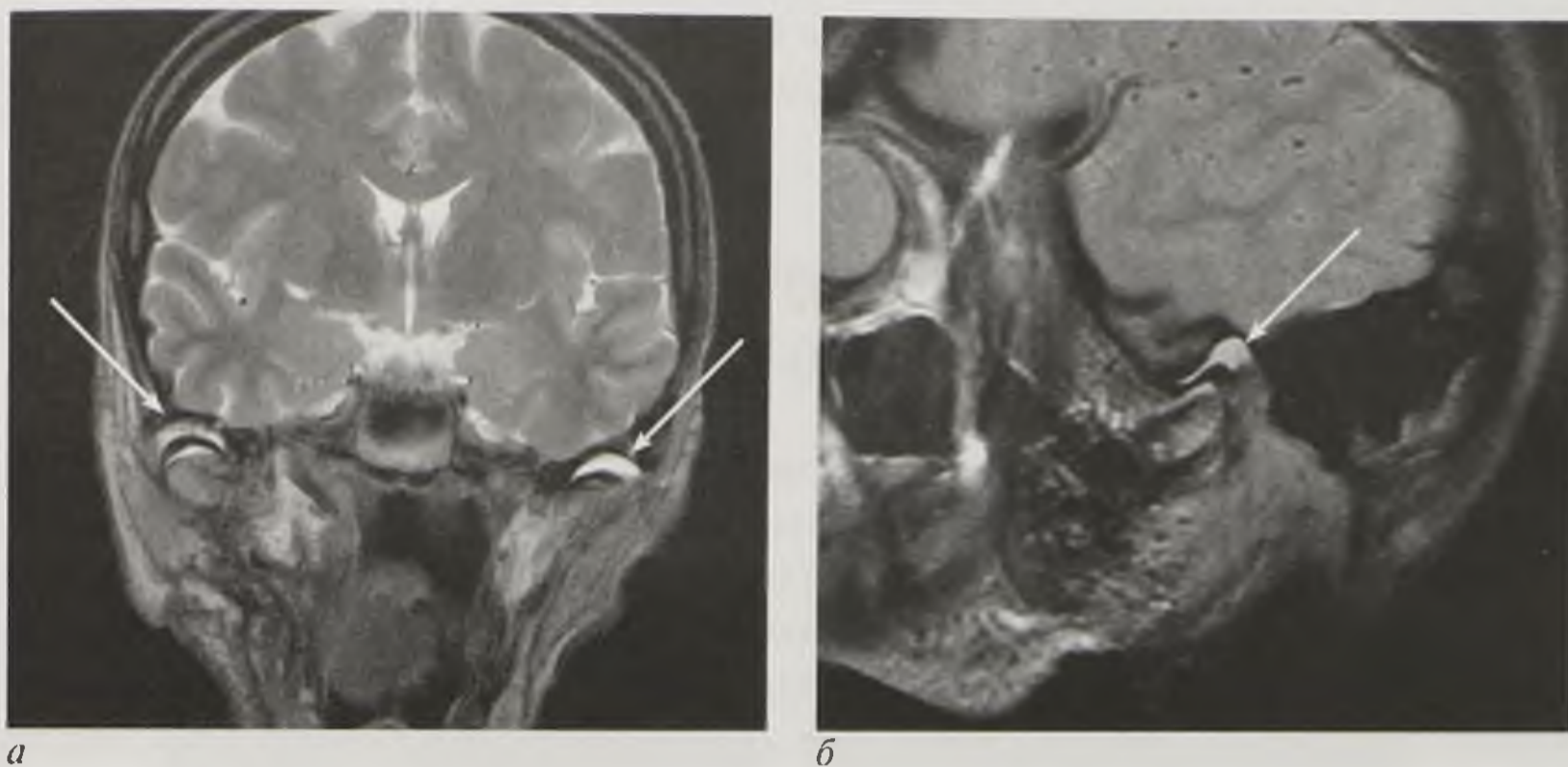


Рис. 18.16. Магнитно-резонансные томограммы: *а* — во фронтальной плоскости; *б* — в косой плоскости. Жидкость в полости суставов — артрит (стрелки)

18.2.14. Анкилоз, контрактура височно-нижнечелюстного сустава

Рентгенография, КТ, МРТ: резкое сужение просвета суставной щели (до полного исчезновения при анкилозе), склероз суставных поверхностей, красные остеофиты. При МРТ визуализируются деформация суставного диска, отек, фиброзные и келоидные рубцы.

18.2.15. Пороки развития слюнных желез, сиалоаденит, слюннокаменная болезнь, свищи протоков слюнных желез

Рентгенография, сиалография, КТ, УЗИ позволяют визуализировать дистопию, изменение объема и числа желез, удвоение протоков при пороках развития, изменение плотности и абсцедирование при сиалоадените, конкременты как в железе, так и в протоках, а также направление, ширину и длину свищевых ходов (рис. 18.17).

18.2.16. Кисты и опухоли слюнных желез

Сиалография, КТ, УЗИ: изменение формы, размеров и структуры слюнных желез при кистах и опухолях наиболее наглядно отображают ультразвуковой метод и КТ, при которых кисты



Рис. 18.17. Сиалограмма. Конкременты околоушной слюнной железы, сиалоаденит (стрелка)

выглядят как полости с жидкостью, а опухоли — в виде узлов, окруженных паренхимой железы. На сиалограммах слюнные протоки в железе дугообразно обрамляют новообразование.

18.3. ЛУЧЕВАЯ СЕМИОТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ КОСТЕЙ ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА И ЗУБОВ

Рентгенография, линейная томография и КТ являются методами выбора в визуализации повреждений лицевого скелета и зубов.

Нарушение целостности лицевых костей определяют чаще всего не классической «линией перелома», а изменением гладкости очертаний, нарушением правильности конфигурации линий (скулолобного шва, скулоальвеолярного гребня, нижнеглазничного края, скуловой дуги, края нижней челюсти), отображающих стенки соответствующих полостей или поверхности лицевых костей. Возможны валикообразные, ступенеобразные или угловатые деформации соответствующих линий или их разрывы и фрагментация.

Признаками переломов лицевых костей являются нарушения обычных соотношений отдельных структурных элементов (линий, полосок), обусловленные смещением костных отломков.

Скиалогическая картина костей лицевого скелета на рентгенограммах достаточно сложная. Для более точной интерпретации данных пользуются разделением лицевого скелета на три основные зоны:

- верхняя — края лобных отростков скуловых дуг, надглазничные края лобной кости, кости носа, решетчатая кость, малые крылья клиновидной кости;
- средняя — скуловые кости, верхняя челюсть, скуловые отростки височных костей;
- нижняя — нижняя челюсть и височно-нижнечелюстные суставы.



Рис. 18.18. Обзорная краниограмма. Оскольчатый перелом надглазничного края лобной кости (стрелка)

18.3.1. Переломы костей верхней зоны лицевого скелета

Рентгенография, КТ: визуализируются оскольчатые или неоскольчатые переломы лобной, решетчатой кости с потерей воздушности пазух — затенением вследствие гемосинуса; деформацией и смещением носовых костей; ступенеобразной деформацией или фрагментацией надглазничного края лобной пазухи. Могут сопровождаться нарушением целостности передней черепной ямки вследствие переломов клиновидной кости (рис. 18.18, 18.19).

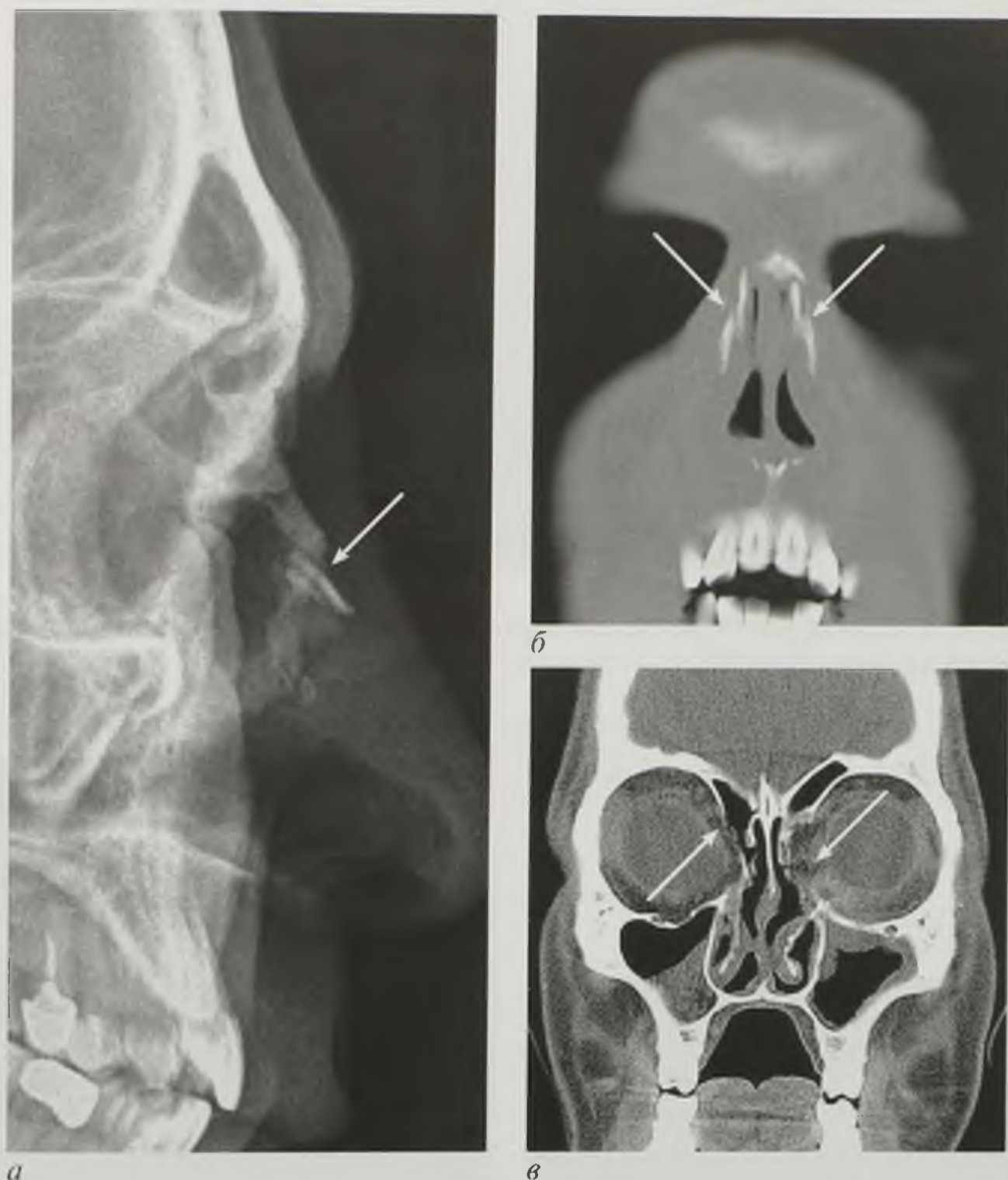


Рис. 18.19. Множественные оскольчатые переломы спинки носа, носовой и решетчатой костей (стрелки): *а* — рентгенограмма черепа; *б* — компьютерная томограмма во фронтальной плоскости; *в* — мультипланарная реконструкция

18.3.2. Переломы костей средней зоны лицевого скелета

Рентгенография, КТ: различают изолированные и комплексные переломы средней зоны лица. Изолированные переломы средней зоны выглядят как линейные дефекты костной ткани на ограниченном участке, нередко с переломами и вывихами зубов (рис. 18.20). Переломы скуловой кости часто сопровождаются повреждением костей носа, скулового отростка височной кости, глазниц с гемофтальмом и нарушением целостности верхнечелюстных пазухи повреждением ячеек решетчатой кости с гемосинусом (рис. 18.21).

Центральные комплексные переломы средней зоны лицевого скелета подразделяются на три типа, по имени автора, впервые их описавшего: Лефор I, II, III — соответственно нижний, средний и верхний (рис. 18.22).

- Лефор I: плоскость перелома проходит через альвеолярные отростки (отлом альвеолярного отростка), верхнечелюстные бугры и нижние отделы

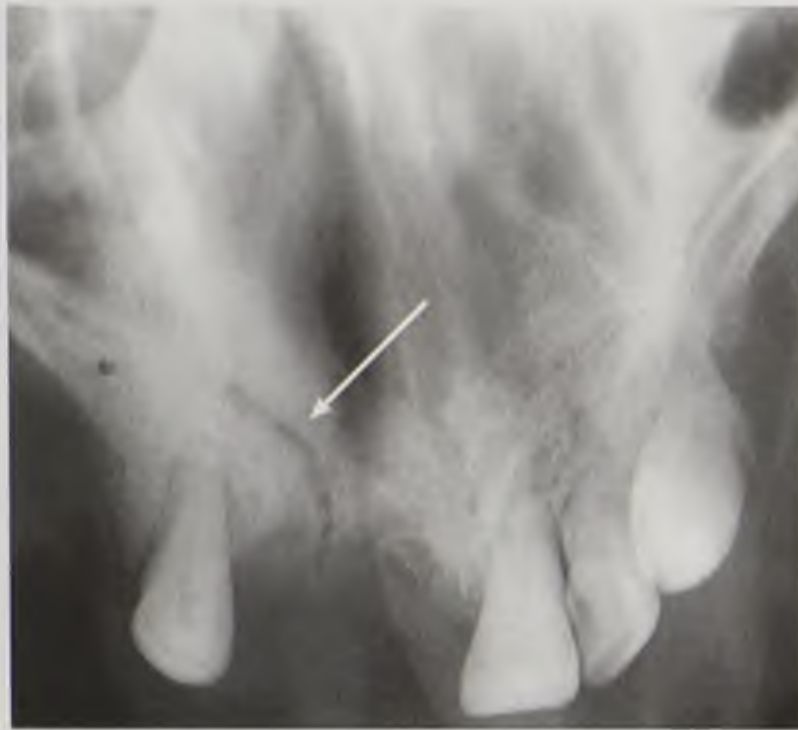


Рис. 18.20. Прицельная рентгенограмма верхней челюсти. Изолитированный перелом альвеолярной части верхней челюсти (стрелка)



а



б

Рис. 18.21. Переломы скуловой кости (стрелки): *а* — рентгенограмма; *б* — компьютерная томограмма в аксиальной плоскости

крыловидных отростков основной кости. Этот перелом сопровождается нарушением прикуса.

- Лефор II: плоскость перелома идет через носовые, слезные кости, дно глазницы, челюстно-скуловой шов, наблюдается отлом верхней челюсти от основания черепа и скуловой кости (рис. 18.23).
- Лефор III: линия перелома проходит через носовые и слезные кости, дно глазницы по направлению к крыловидному отростку основной кости, происходит отрыв скуловой кости и верхней челюсти с носовыми костями от основания черепа.

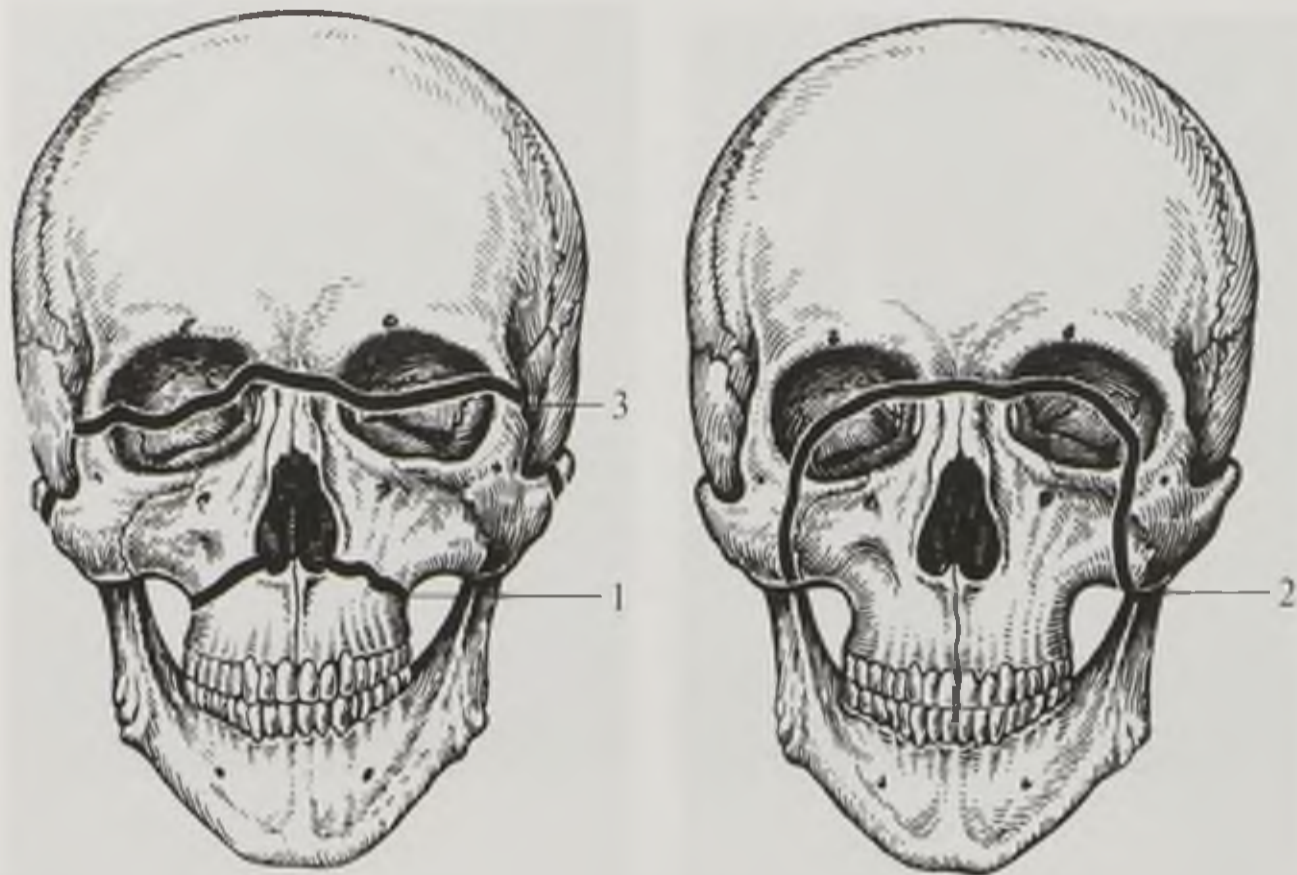


Рис. 18.22. Схема переломов костей лицевого скелета по типу: 1 — Лефор I; 2 — Лефор II; 3 — Лефор III

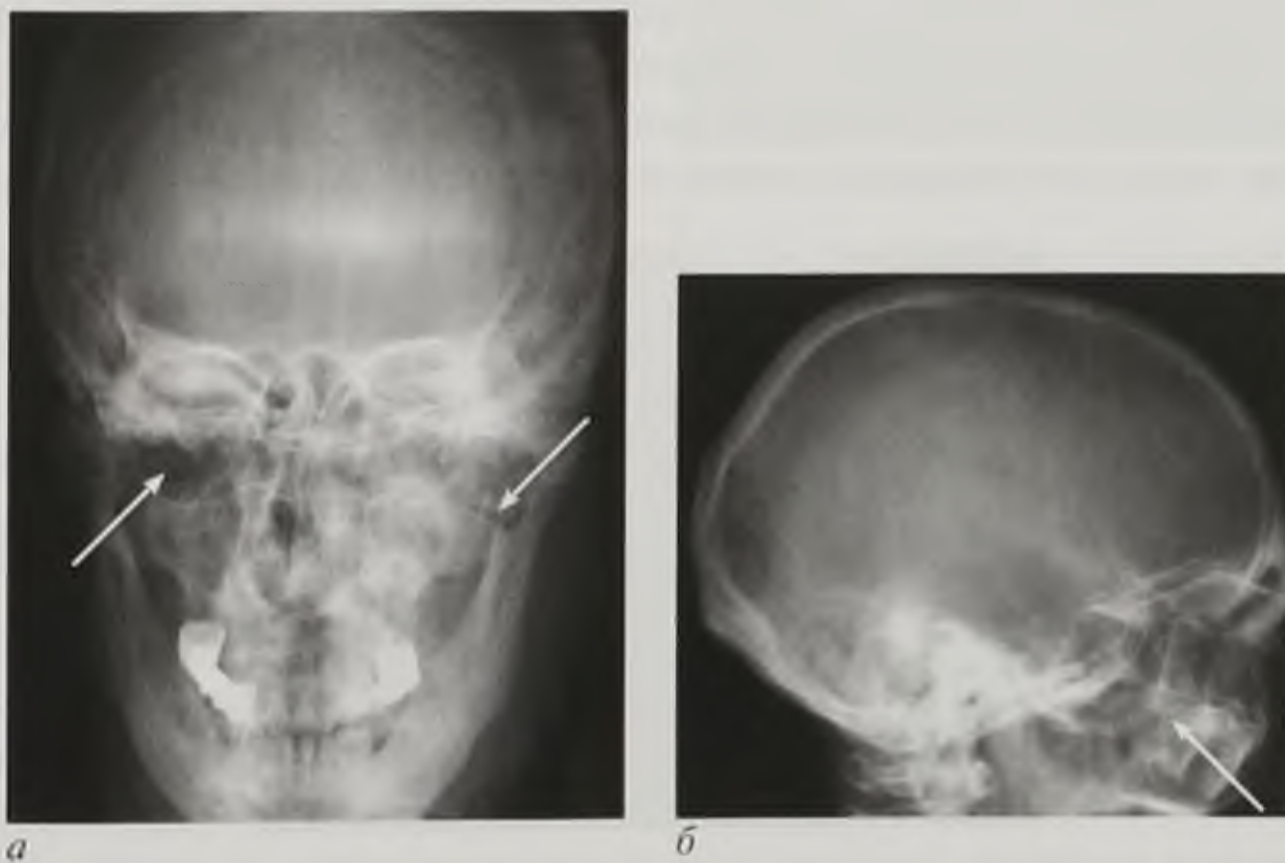


Рис. 18.23. Рентгенограммы черепа в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Перелом скуло-челюстного комплекса по типу Лефор II (стрелки)

18.3.3. Переломы нижней челюсти

Рентгенография, КТ: рентгенологически различают срединный, подбородочный, передне-, средне- и заднеугловые переломы ветвей нижней челюсти, ее шейки или основания мышечкового отростка. Переломы проявляются линией просветления, дефектом костной ткани, изменением высоты стояния зубов, смещением в виде ступени, изменением положения нижней челюсти (рис. 18.24).

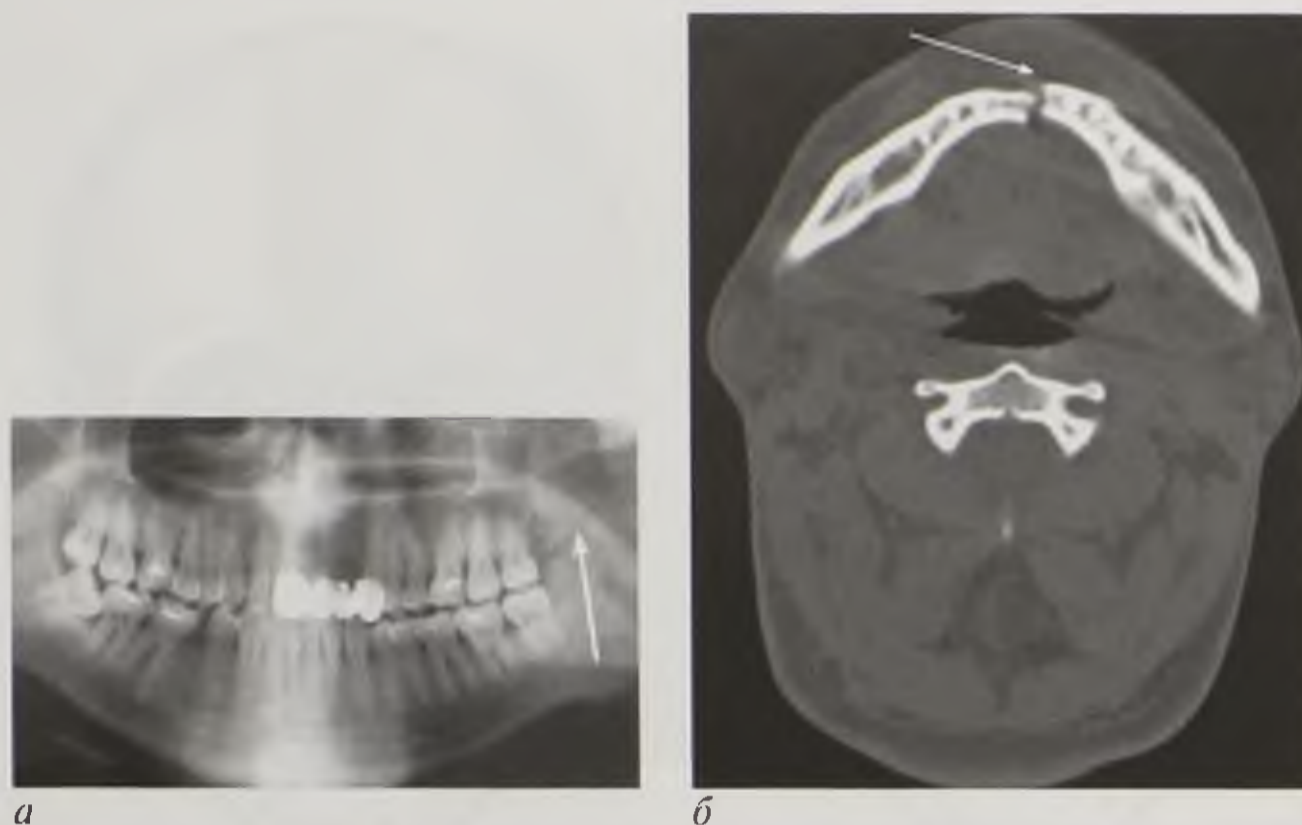


Рис. 18.24. Перелом нижней челюсти (стрелки): *а* — рентгенограмма; *б* — компьютерная томограмма в аксиальной плоскости

18.3.4. Переломы и вывихи зубов

Рентгенография, КТ: на рентгенограммах определяется линия перелома. В зависимости от направления различают поперечные, продольные, косые и оскольчатые переломы зубов. При вывихах зубов нарушается нормальное соотношение между очертаниями стенок луночки и тенью самого зуба (рис. 18.25).

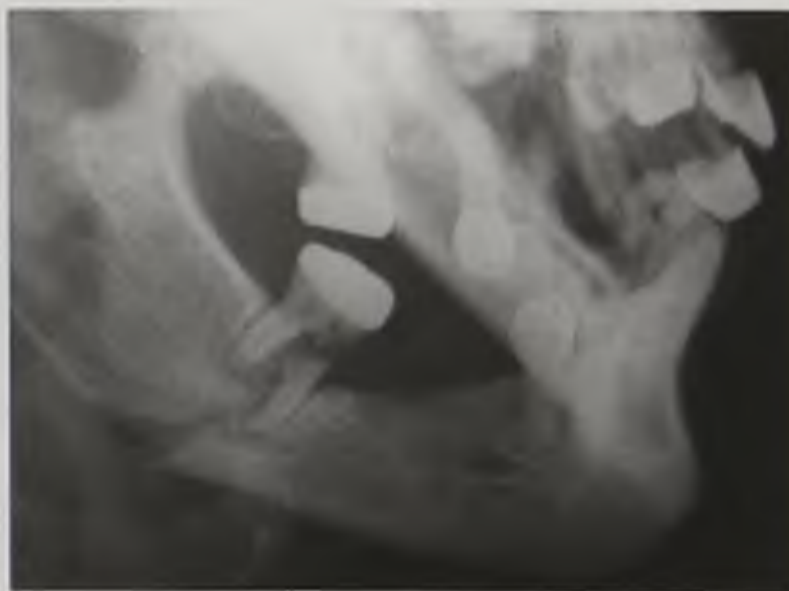


Рис. 18.25. Рентгенограмма нижней челюсти. Перелом тела нижней челюсти с переломовывихом зуба

18.3.5. Вывих нижней челюсти

Рентгенография, КТ, МРТ: визуализируется смещение головки нижней челюсти с нарушением конгруентности суставных поверхностей. КТ и МРТ позволяют визуализировать суставы с обеих сторон, оценить их симметричность, выявить жидкость в полости сустава. МРТ также позволяет визуализировать разрывы связок (рис. 18.26).

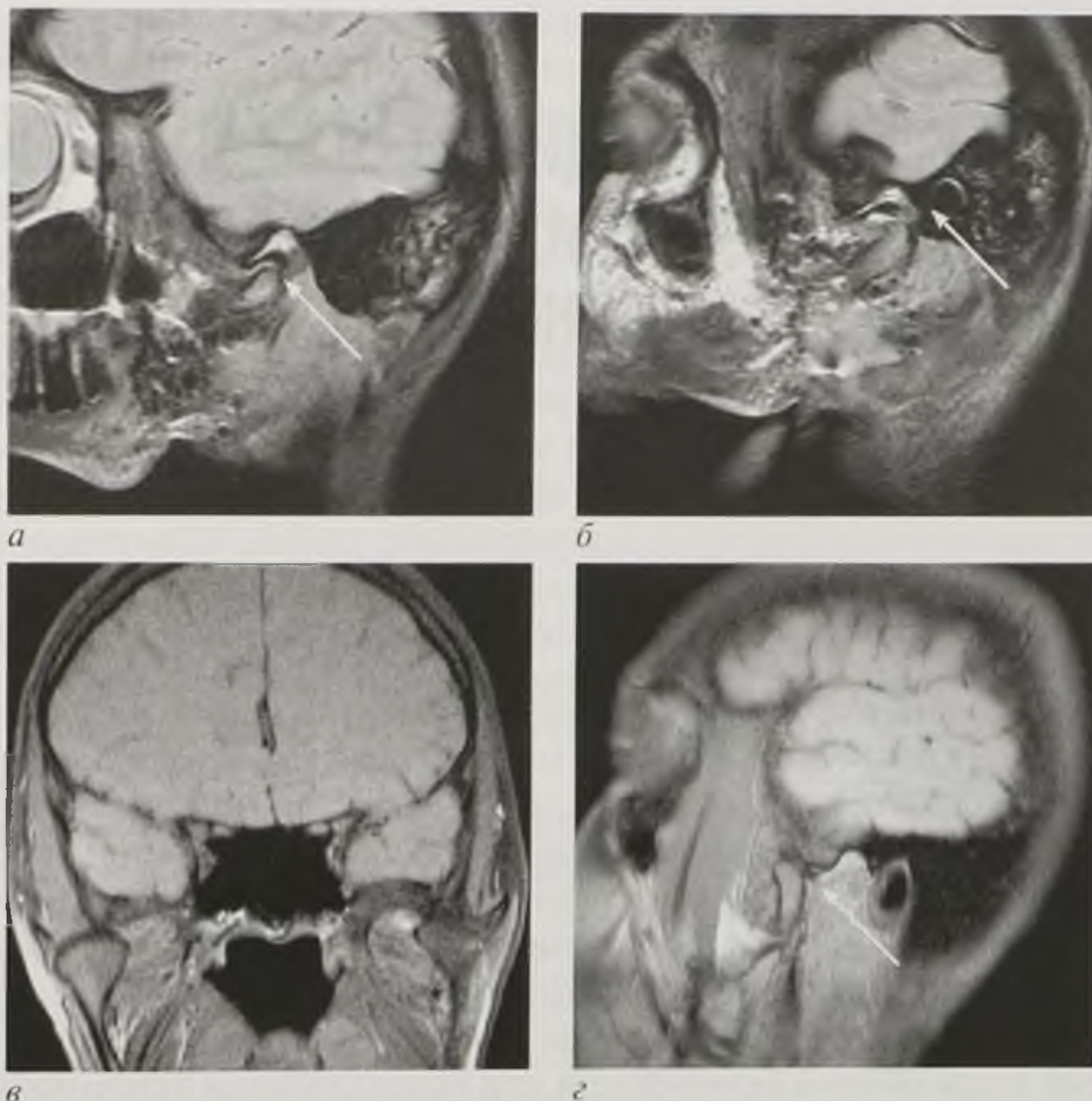


Рис. 18.26. Магнитно-резонансные томограммы при различных вывихах в височно-нижнечелюстном суставе. Смещение суставного отростка нижней челюсти книзу (*а*), кзади (*б*), кнаружи (*в*), кпереди (*г*) (стрелки)

Контрольные вопросы

1. Какое лучевое исследование целесообразно выполнить при подозрении на периодонтит?
2. Как называется рентгенологическое исследование протоков слюнных желез, и как оно выполняется?
3. В чем состоит принципиальное отличие линейной томографии лицевого скелета от ортопантомографии?
4. Каковы прямые и косвенные рентгенологические признаки переломов костей лицевого скелета?
5. Опишите особенности переломов средней зоны лицевого скелета по Лефору.

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ И РАДИОНУКЛИДНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении рентгенологических и радионуклидных диагностических исследований на пациента и персонал могут воздействовать вредные факторы радиационной природы: рентгеновское, γ - и β -излучение от внешних и внутренних (при инкорпорации радионуклидов) источников. Соблюдение требований радиационной безопасности — обязательное условие проведения рентгенорадиологических исследований. Для обеспечения радиационной безопасности во время таких диагностических исследований выполняются мероприятия радиационной защиты пациентов и персонала, входящие в систему радиационной безопасности.

Система радиационной безопасности при использовании источников ионизирующих излучений — это совокупность научных подходов и практических мероприятий, имеющих целью обеспечение достаточной защищенности людей от техногенного радиационного воздействия, включая его ограничение установленными пределами.

Администрация учреждения отвечает за обеспечение безопасности использования подведомственных ей источников излучения при медицинских облучениях пациентов, производственных облучениях персонала и техногенных облучениях населения. Неподконтрольные администрации облучения — от природного фона, атомных испытаний, последствий Чернобыльской аварии и др., — рассматриваются как внешние риски, аналогичные транспортным, эпидемическим, бытовым и т.п. Именно поэтому их дозы не учитываются в радиационной защите персонала и населения, а в случае необходимости рассматриваются отдельно соответствующими государственными органами.

19.1. ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

19.1.1. Физические понятия и дозиметрические величины

Ионизирующее излучение — поток квантов или частиц, вызывающий ионизацию атомов и молекул вещества, разрывы химических связей и образование активных свободных радикалов. Это ведет к прямому повреждению биомолекул излучением и опосредованному — химическим воздействием свободных

радикалов. Критические для организма молекулярные повреждения — однонитевые и двунитевые разрывы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Электромагнитные (фотонные) излучения включают γ - и рентгеновское излучения. Фотоны γ -излучения вылетают из ядра атома при ядерных превращениях (девозбуждении ядра) или при аннигиляции античастиц. Фотоны рентгеновского излучения вылетают из атома при «торможении» ускоренных электронов в кулоновском поле ядра мишени (тормозное излучение) при заполнении места «выбитых» из нижних оболочек атома мишени электронами с верхних уровней. Таким образом, γ - и рентгеновское излучения имеют общую природу, характеризуются энергией фотонов выше 100 эВ, но имеют разное происхождение.

Корпускулярные излучения — потоки заряженных или нейтральных частиц. При радиоактивном распаде радионуклидов излучаются следующие частицы.

α -Частицы — ядра атомов гелия с массой 4 и зарядом +2. В связи с большой массой скорость α -частицы относительно невелика, поэтому они интенсивно взаимодействуют с электронами атомов, и длина их пробега мала, в воздухе — 7–12 см, а в тканях она < 50 мкм (толщина ороговевшего эпителия или нескольких клеток).

β -Частицы (e^- или e^+) — это электроны или аналогичные частицы с положительным зарядом. Поскольку при β -распаде энергия распада распределяется еще с одной частицей — нейтрино, спектр электронов получается сплошным — от нуля до некоторой граничной энергии E_{\max} , максимальной для данного изотопа, от единиц килоэлектронвольт (кэВ; 2,5 кэВ — ^{187}Re и 18,6 кэВ — тритий ^3H) до более 10 МэВ (13,43 МэВ — ^{12}B). Вследствие большой скорости проникающая способность β -частиц выше, чем у α -частиц, их пробег в воздухе — до порядка 10 м, в тканях — 10 мм. Античастицы позитрон и электрон при столкновении аннигилируют (исчезают) с образованием двух γ -квантов аннигиляционного излучения с энергией 0,511 МэВ каждый, которые разлетаются в строго противоположных направлениях. Именно поэтому позитрон-активные радионуклиды используются в ПЭТ.

Радиоактивный распад — спонтанное изменение неустойчивого энергетического состояния ядер атомов элемента (радионуклида), часто с испусканием заряженных и нейтральных частиц (в том числе фотонов γ -излучения) и превращением в атомы другого элемента. Постоянная распада λ для радионуклида — вероятность распада атома в единицу времени.

Период полураспада — время, за которое число атомов радионуклида уменьшится в 2 раза. Часто используется вместо постоянной распада λ :

$$T = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda,$$

где \ln — натуральный логарифм.

Закон радиоактивного распада — спонтанное экспоненциальное уменьшение числа атомов радионуклида (и его активности) во времени:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-(0,693/T)t},$$

где N_0 и N — исходное и текущее число атомов радионуклида; t — время; λ — постоянная распада; T — период полураспада; e — основание натурального логарифма, 2,71828.

Источники ионизирующего излучения, применяемые в радиодиагностике, подразделяются на **радионуклидные**, в которых излучение возникает в результате радиоактивного распада атомов радионуклидов, и **генерирующие** — электрофизические устройства (рентгеновский аппарат, ускоритель и т.д.), в которых ускоряются потоки заряженных частиц. Радионуклидные источники подразделяются на закрытые и открытые. Закрытым называется источник излучения, устройство которого исключает поступление радионуклидов в окружающую среду при его использовании (например, в установке для дистанционной радиотерапии). Открытым называют источник, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду. Диагностические РФП относятся к открытым источникам. С генерирующими источниками излучения не следует смешивать радионуклидный генератор — систему, в основе которой лежит родственная связь двух радионуклидов — долгоживущего материнского и короткоживущего дочернего. Распад первого из них постоянно приводит к образованию второго, который и используется для приготовления РФП в клинике. Количество радионуклида характеризуется его активностью.

Активность радионуклида — число распадов радиоактивных ядер, происходящих в препарате за единицу времени; мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени.

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N,$$

где N — число атомов радионуклида; t — время. Единицей активности является беккерель (Бк), 1 Бк соответствует 1 распаду в секунду. Используемая ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \times 10^{10}$ Бк. Активность пропорциональна количеству атомов и весовому количеству имеющегося радионуклида. Активность радионуклида уменьшается со временем по закону распада (вдвое за период полураспада):

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{0,693}{T} t},$$

где λ — константа распада радионуклида; T — период полураспада; e — основание натурального логарифма, 2,71828.

Формула позволяет рассчитывать изменение активности со временем.

Активность удельная A_m (объемная A_V ; поверхностная A_S) — отношение активности A к массе вещества m (объему V , площади поверхности S):

$$A_m = \frac{A}{m}; A_V = \frac{A}{V}; A_S = \frac{A}{S}.$$

Единица удельной активности — Бк/кг; объемной активности — Бк/м³, поверхностной активности — Бк/м². Синоним термина «объемная активность» — концентрация активности.

Плотность потока частиц (мощность флюенса) ϕ — число частиц, падающих на единицу поверхности за единицу времени:

$$\phi = d\Phi/dt.$$

Единица плотности потока — частица в секунду на квадратный метр [$1/(с \cdot м^2)$]. Эта величина часто применяется для нормирования корпускулярных излучений и для расчета создаваемой ими мощности дозы.

Уровень радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей и кожи — число β -частиц, излучаемых за единицу времени с единицы поверхности, например: част/($см^2 \cdot мин$).

Годовое поступление радионуклида — величина активности радионуклида, поступившего в организм за год по различным путям (пищевому, ингаляционному, парентеральному и т.п.).

Мерой воздействия ионизирующего излучения на физические и биологические объекты является доза. В радиационной защите слово «доза» входит в состав терминов, обозначающих принципиально различные величины, и всегда требует точного определения.

Доза поглощенная D — количество поглощенной энергии излучения на единицу массы вещества, что выражается формулой:

$$D = d_e/d_m \text{ (Дж/кг)},$$

где d_e — энергия, переданная элементарному объему вещества; d_m — масса вещества в этом объеме.

Часть излучения, прошедшая сквозь тело наружу без взаимодействия (и регистрируемая в диагностических исследованиях), не производит в нем никаких эффектов. Радиационные эффекты обусловлены поглощением энергии в тканях тела.

Поглощенная доза — основополагающая дозиметрическая величина. Ее единица — 1 джоуль на килограмм — имеет специальное наименование **грей (Гр)**. Часто употребляются дольные единицы: сантигрей (сГр), миллигрей (мГр), микрогрей (мкГр), а также внесистемная единица поглощенной дозы рад (100 эрг на грамм). 1 рад = 1 сантигрей (10^{-2} Гр). Понятие «доза» в равной степени относится к внешнему и внутреннему облучению.

Доза поглощенная в органе или ткани D_T — средняя поглощенная доза в органе. Рассчитывается путем усреднения поглощенных доз в точках ткани (органа):

$$D_T = \frac{1}{M_T} \sum_{M_T} (D_m \cdot d_m) = \frac{1}{M_T} \int_{M_T} D_m \cdot d_m \text{ (Гр)},$$

где M_T — масса ткани или органа; D_m — поглощенная доза в элементе массы органа d_m .

Поглощенные дозы в органах могут быть измерены датчиками в физических фантомах тела человека. Поглощенные дозы в органах также могут быть рассчитаны методом Монте-Карло применительно к облучению математического фантома человека. Поглощенные дозы в органе от внутреннего облучения определяются исходя из накопления и выведения (в том числе распада) радионуклида, что требует проведения радиометрических измерений и расчетов с учетом распада и выведения радионуклида и массы органов.

Излучения различаются по их относительной биологической эффективности (ОБЭ). Повышение биологической эффективности излучения проявляется снижением дозы, вызывающей заданный эффект, например ЛД₅₀. Коэффициент

$K_{\text{ОБЭ}}$ равен отношению дозы стандартного излучения (γ или рентгеновского) $D_{\text{ст}}$ к дозе равного по эффекту оцениваемого излучения D :

$$K_{\text{ОБЭ}} = D_{\text{ст}}/D.$$

Массивные нерепарируемые повреждения молекулы ДНК связаны с передаваемой в микрообъеме энергией, поэтому ОБЭ плотнoионизирующих излучений выше 1. ОБЭ сильно зависит от многих переменных (уровня доз, ткани, регистрируемого эффекта), поэтому это понятие применяется в научных исследованиях, а не в нормировании облучения.

Основные способы защиты от ионизирующих излучений известны со времен открытия рентгеновских лучей, но остаются актуальными и широко применяются на практике, в том числе и в рентгенорадиологических отделениях.

- **Защита расстоянием:** мощность дозы обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника. Для уменьшения дозы облучения каждую операцию необходимо выполнять на максимальном удалении от источника излучения.
- **Защита временем:** доза пропорциональна времени облучения. Для уменьшения дозы надо уменьшать время нахождения в поле излучения, сокращать время выполнения процедуры.
- **Защита экранированием.** Защитные экраны обеспечивают значительное снижение доз от фотонных излучений и частиц. Необходимо не пренебрегать обязательным использованием индивидуальных и коллективных средств защиты.

19.1.2. Медицинские эффекты облучения человека

Медицинские эффекты облучения подразделяют на две группы: детерминированные (пороговые) и стохастические (вероятностные) эффекты.

Детерминированные эффекты обусловлены радиационным поражением (обычно гибелью) массы клеток. Они характеризуются наличием дозового порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше — клиническая выраженность проявления зависит от дозы (*детерминирована дозой*, например, некрозы кожи). Это объясняется тем, что число пораженных клеток возрастает с дозой и, по достижении порога, превышает компенсаторный резерв ткани. К дефициту клеток присоединяются воспалительные и патофизиологические реакции, ведущие к нарушению функции органа. Именно поэтому Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) предлагает называть такие эффекты **тканевыми реакциями** на облучение. Примеры детерминированных эффектов: первичная реакция, эритема, лучевая болезнь, бесплодие, катаракта, общие и местные лучевые поражения (некрозы, фиброз органов), основные эффекты радиотерапевтических облучений пациентов — контроль опухоли и лучевые реакции и осложнения со стороны здоровых тканей. Врожденные аномалии и дефекты развития при внутриутробном облучении также определяются повреждением и гибелью многих клеток и относятся к детерминированным эффектам.

В зависимости от того, является ли облучение однократным или протяженным (в течение ряда лет), определяют **порог дозы** или **порог мощности дозы** возникновения детерминированного эффекта (табл. 19.1). Порог не абсолютен (индивидуально варьирует).

Как видно из табл. 19.1, порог минимален для пороков развития плода при облучении беременных (в период органогенеза плода), с чем связано введение специальных ограничений для лиц этой категории. Пороговая доза для возможного легкого поражения кожи (в том числе выпадения волос) составляет около 2 Гр.

При работе в штатном режиме пороговые эффекты у персонала практически не возникают, так как установленные пределы облучения значительно ниже порогов их возникновения. Именно поэтому для нормирования профессиональных облучений используются оценки риска от стохастических эффектов.

Стохастические (то есть вероятностные) эффекты облучения обусловлены не-летальным повреждением ДНК отдельных клеток. Именно поэтому они не имеют дозового порога (возможны при любых малых дозах); с дозой прямо связана их частота; выраженность эффекта от дозы не зависит (по принципу «все или ничего»). Это обусловлено квантовым характером взаимодействия излучения с биомолекулами: даже один квант может случайным образом повредить молекулу ДНК клетки, характер повреждения определяет вид эффекта. Измененная соматическая клетка может положить начало клональному росту — опухолевому заболеванию, неотличимому от нерадиационного. Измененная половая клетка может вызвать наследственное заболевание. Именно поэтому отдаленные эффекты облучения возникают на фоне, казалось бы, полного здоровья.

Проявление лучевых неопластических заболеваний происходит на протяжении всей жизни после истечения латентного периода (составляющего от единиц лет для лейкозов до десятков лет для солидных раков). Длительность латентного периода обнаруживает обратную зависимость от дозы. При дозах однократного облучения менее 1 Гр (и вдвое больших дозах протяженного облучения) возможное сокращение продолжительности жизни людей практически обусловлено смертностью от неопластических заболеваний (по терминологии радиационной защиты — «раков»). Именно поэтому связь стохастических эффектов с дозой занимает центральное место в оценке и регламентации радиационного риска. Радиация относится к относительно слабым канцерогенам: так, лишь 700 из 12 000 случаев рака, возникших у переживших атомные бомбардировки за 50 лет, можно объяснить воздействием радиации. Некоторые неоплазии (опухоли предстательной железы, матки и шейки матки, лимфомы, хронический лимфоидный лейкоз) практически не инициируются облучением.

Риск наследственных эффектов оценивается по результатам экспериментов на животных, так как выявить и доказать их наличие у потомков облученных людей в первом и втором поколениях не удалось.

Стохастические эффекты иногда не совсем точно называют *«отдаленными последствиями»* облучения: некоторые детерминированные эффекты также могут проявляться в отдаленном периоде.

Облучение человека, как профессиональное, так и медицинское, часто бывает неравномерным и неоднородным по виду излучения. Именно поэтому для его характеристики в радиационной защите используют специальные величины дозы, учитывающие биологический эффект.

Линейная беспороговая гипотеза. Как показали эпидемиологические и экспериментальные исследования, радиационный риск и возможный ущерб здоровью

Таблица 19.1. Пороги некоторых детерминированных эффектов фотонного облучения (по данным Международной комиссии по радиационной защите)

Орган, ткань, организм	Эффект	Пороговая поглощенная доза, Гр	
		кратковременная экспозиция (однократное облучение)	длительная экспозиция (многолетняя)
Тестикулы	Временная стерильность	0,15	0,4
	Постоянная стерильность	3,5–6,0	2,0
Яичники	Стерильность	2,5–6,0	>0,2
Хрусталик	Обнаружимое помутнение	0,5–2,0	>0,1
	Катаракта с ухудшением зрения	5,0	>0,15
Костный мозг	Нарушение гемопоэза	0,5	>0,4
Кожа	Эритема (сухая десквамация)	2	—
	Влажная десквамация	18	—
	Некроз кожи (эпидермальный или глубокий)	25	—
	Атрофия кожи с осложнениями и телеангиоэктазиями	10–12	1,0
Все тело	Острая лучевая болезнь I (легкой) степени тяжести	1,0	—
Плод	Пороки развития плода при облучении в период органогенеза, в том числе — умственная отсталость ребенка в результате облучения женщины на 8–15-й неделе беременности	~0,3 ~0,1 (практический порог)	Пороки развития плода при облучении в период органогенеза. Умственная отсталость ребенка в результате облучения женщины на 8–15-й неделе беременности

от малых доз излучения определяется лишь стохастическими эффектами. Гипотеза о сохранении пропорциональной связи их частоты с дозой при ее уменьшении получила название линейной беспороговой гипотезы (ЛБГ). ЛБГ наилучшим образом соответствует всей массе накопленных научных данных об облучениях людей и экспериментальных животных. ЛБГ лежит в основе оценки радиационных рисков и норм радиационной безопасности. Из ЛБГ вытекает аддитивность (суммация) радиационных рисков при малых дозах облучения, что лежит в основе понятий эквивалентной и эффективной доз облучения.

19.1.3. Дозы, учитывающие биологический эффект

Для количественной характеристики облучения человека в радиационной защите конвенционально введены дозиметрические величины, которые, в отличие от физических доз излучения, включают биологические параметры и допущения. Они применимы исключительно к внешнему и внутреннему облучению человека в малых дозах. К ним относятся эквивалентная и эффективная дозы облучения.

Эквивалентная доза облучения органа (ткани) H_T — поглощенная доза в органе (ткани), умноженная на взвешивающий коэффициент для данного вида излучения w_R , учитывающий его относительную биологическую эффективность в отношении стохастических эффектов облучения человека. Вычисляется как сумма доз компонентов смешанного облучения органа, умноженных на взвешивающие коэффициенты w_R для соответствующих видов излучения:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \text{ (Зв)},$$

где H_T — эквивалентная доза в ткани T ; $D_{T,R}$ — поглощенная доза в органе (ткани) вида T , создаваемая излучением вида R ; w_R — весовой множитель для излучения R , отражающий конвенционно принятые значения ОБЭ излучения вида R . w_R считают безразмерной величиной; можно принять размерность w_R — Зв/Гр. Единица эквивалентной дозы — зиверт (Зв), размерность — Дж/кг. Эквивалентная доза H_T позволяет учесть биологическую эффективность разных излучений; она равна дозе «стандартного» γ -излучения в органе, равноэффективного по отдаленным эффектам. Взвешивающие коэффициенты w_R для различных видов излучения узаконены в МКРЗ (табл. 19.2). Для фотонных излучений $w_R = 1$, поэтому эквивалентная доза, Зв, равна поглощенной дозе, Гр.

Эквивалентная доза неприменима для оценки детерминированных эффектов (тяжести лучевых осложнений); в этих целях следует использовать поглощенную дозу.

Таблица 19.2. Взвешивающие коэффициенты w_R для видов излучения (Международная комиссия по радиационной защите, 2007)

Вид излучения	Взвешивающий коэффициент
Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1

Окончание табл. 19.2

Вид излучения	Взвешивающий коэффициент
Протоны и заряженные пионы	2
α -частицы, осколки деления, тяжелые ионы	20
Нейтроны	От 2 до 20 (дана непрерывная функция энергии нейтронов с максимумом около 1 МэВ)

Эффективная доза облучения человека E — величина, введенная как интегральная мера ущерба для здоровья человека от отдаленных эффектов в результате общих или местных облучений. Она учитывает вклад различных органов в радиационный ущерб и равна дозе равномерного γ -облучения человека, создающего такой же риск, как и рассматриваемое облучение. Эффективная доза — это сумма эквивалентных доз в органах человека, умноженных на взвешивающие на коэффициенты w_T для соответствующих органов (тканей):

$$E = \sum_T w_T H_T \text{ (Зв)},$$

где E — эффективная доза облучения; H_T — эквивалентная доза в органе или ткани T ; w_T — весовой множитель для ткани T . Единица E — зиверт (Зв), размерность — Дж/кг.

Эффективная доза отличается от эквивалентной тем, что относится к организму в целом, а не к органу. При определении взвешивающих коэффициентов w_T использованы эпидемиологические данные о частоте радиогенных раков разных локализаций (табл. 19.3).

Таблица 19.3. Взвешивающие коэффициенты w_T для тканей и органов (Международная комиссия по радиационной защите, 2007*)

Органы	Взвешивающий коэффициент
Половые железы	0,08
Красный костный мозг	0,12
Толстый кишечник (ободочная, сигмовидная, прямая кишка)	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Молочные железы	0,12
Мочевой пузырь	0,04
Печень	0,04
Пищевод	0,04

Окончание табл. 19.3

Органы	Взвешивающий коэффициент
Щитовидная железа	0,04
Кожа	0,01
Поверхность костей	0,01
Головной мозг	0,01
Слюнные железы	0,01
Остальные органы**	0,12

Примечание: * — изменения по сравнению с НРБ-99/2009 не отразились на рекомендациях по радиационной защите; ** — надпочечники, экстраторакальная часть органов дыхания, желчный пузырь, сердце, почки, лимфатические узлы, мышечная ткань, слизистая оболочка рта, поджелудочная железа, предстательная железа, тонкий кишечник, селезенка, вилочковая железа и матка (всего 14, то есть на один орган $w_T \sim 0,12/14$).

Эффективная доза неприменима для оценки риска местных и общих лучевых поражений. В этих целях надо пользоваться поглощенной дозой.

Ожидаемая доза — эффективная (в применении к органу — эквивалентная) доза от инкорпорированных радионуклидов за все время их нахождения в организме человека.

Измерение и вычисление эффективной дозы. Эффективная доза в принципе не поддается прямому измерению. Для вычисления эффективной дозы E необходимо знать распределение дозы в организме — эквивалентные дозы в различных органах. Их определяют путем фантомных измерений и вычислений с использованием физической или математической модели тела человека (фантома). В случае внутреннего облучения используются кинетические модели перераспределения радионуклида в организме (фантоме) с учетом его распада и выведения.

19.1.4. Операционные дозиметрические величины

Эффективная (как и эквивалентная) доза не может быть прямо измерена для использования при контроле облучения персонала и населения. С этой целью используются *операционные величины*, то есть измеряемые дозиметром величины, позволяющие получить консервативную (верхнюю) оценку эффективной (эквивалентной) дозы.

При внутреннем облучении это оценки внутреннего поступления радионуклида в организм, пересчитываемые в (консервативные) оценки эффективной дозы за жизнь при помощи дозовых коэффициентов (Зв/Бк).

При внешнем облучении вводятся *операционные дозы*, которые измеряются специальными дозиметрами в точке и для типовых вариантов облучения персонала и населения прямо дают (консервативную) оценку эффективной

(эквивалентной) дозы в зивертах (Зв). Они различаются для контроля (1) поля излучений в помещениях и на рабочих местах и (2) — облучения тела человека.

1. Для контроля поля используется операционная величина — *амбиентный эквивалент дозы*, или *амбиентная доза*, $H^*(d)$, Зв. Это эквивалент дозы, которая создавалась бы данным полем излучения, в точке на глубине d мм от поверхности по диаметру шарового фантома (диаметром 30 см), если бы все фотоны поля падали на фантом параллельно этому диаметру. Калибруются чаще в микрозивертах, мкЗв (или в микрозивертах в час — мкЗв/ч). Параметр d зависит от цели контроля.

- $H^*(10)$ характеризует эффективную дозу E (мощность дозы E') облучения человека. Дозиметры для измерения амбиентного дозового эквивалента $H^*(10)$ размещаются на месте расположения человека, в воздухе, имеют анизотропную чувствительность и тканеэквивалентный экран толщиной 10 мм со всех сторон.
- $H^*(3)$ и $H^*(0,07)$ определяются аналогично для точек на глубине 3 и 0,07 мм. $H^*(3)$ характеризует создаваемую полем эквивалентную дозу в хрусталике (на глубине 3 мм); $H^*(0,07)$ — эквивалентную дозу в коже (на глубине 0,07 мм).

2. Для контроля облучения человека используется величина — *индивидуальный эквивалент дозы* $H_p(d)$. Это эквивалент дозы в ткани на глубине d мм от поверхности тела человека. Дозиметры для измерения $H_p(d)$ размещаются на теле человека, в месте размещения индивидуального дозиметра; также калибруются в зивертах, Зв (или в микрозивертах, мкЗв), измеряют величину *эквивалентной дозы* в точке ткани на глубине d мм.

- $H_p(10)$ характеризует эквивалентную дозу на глубине 10 мм, дает консервативную оценку эффективной дозы облучения всего человека.
- $H_p(3)$ и $H_p(0,07)$ определяются аналогично для точек на глубине 3 и 0,07 мм. $H_p(3)$ характеризует создаваемую полем эквивалентную дозу в хрусталике (на глубине 3 мм); $H_p(0,07)$ — эквивалентную дозу в коже (на глубине 0,07 мм).

Консервативные допущения, использованные при калибровке дозиметров операционных доз, гарантируют непревышение нормативов при типовых облучениях.

19.2. ПРИНЦИПЫ И НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

19.2.1. Общие принципы радиационной безопасности

Система радиационной безопасности (радиационной защиты) базируется на следующих трех основных принципах радиационной защиты.

- **Принцип нормирования** радиационного воздействия — непревышение установленных пределов индивидуальных доз облучения человека от техногенных источников. Предел доз устанавливается так, чтобы радиационные риски не превышали риски, с которыми люди встречаются при обычной работе и жизни без дополнительного облучения (концепция приемлемого риска).

- **Принцип обоснования:** применение излучения разрешается в случае, если польза от него для человека и общества превышает радиационный ущерб.
- **Принцип оптимизации** радиационной защиты — поддержание индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц на наиболее низком уровне, достижимом с учетом экономических и социальных факторов (принцип ALARA — as low as reasonable achievable).

Эти принципы относятся к радиационной защите человека от излучения подконтрольных администрации источников. Именно поэтому устанавливаемые в соответствии с принципом нормирования пределы дозы облучения персонала и населения не включают дозы от природного фона и не связанных с учреждением загрязнений среды. Нормирование не используется при медицинских облучениях пациентов, когда ограничение дозы установленным пределом может нанести ущерб здоровью пациента из-за ухудшения качества диагностики или терапии.

Защита пациентов обеспечивается применением двух принципов: **обоснования и оптимизации.**

- **Принцип обоснования** требует, чтобы польза от ожидаемой диагностической информации для пациента превосходила ожидаемый вред от полученной дозы облучения. Для врача обоснование лучевого исследования пациента сводится к проверке наличия медицинских показаний для исследования, включая сравнение с информативностью альтернативных диагностических методов (например, УЗИ). Исследование проводится только по направлению лечащего врача при наличии клинических показаний, когда нельзя применить альтернативные методы диагностики либо они недостаточно информативны.
- **Принцип оптимизации** (максимума разности польза–вред) применительно к диагностическим исследованиям пациента требует снижения дозы облучения до минимального уровня, при котором технически еще обеспечивается получение качественной диагностической информации.

Поскольку доза облучения персонала обычно пропорциональна дозе пациента, те же мероприятия служат и оптимизации защиты персонала. Однако для защиты персонала существуют и отдельные мероприятия (организация работы, выбор места, применение средств защиты и др.), рассматриваемые ниже.

Для защиты персонала и лиц из населения одновременно применяются все три принципа радиационной защиты. Применение **принципа нормирования** обеспечивается введением дозовых пределов для разных категорий облучаемых лиц (см. ниже). Принципы **обоснования и оптимизации** применяются в области параметров воздействия ниже допустимых уровней, установленных нормированием.

Принципы обоснования и оптимизации применяются на всех уровнях организации лучевой диагностики, начиная от решений о допустимости и целесообразности использования данного метода в медицине и для каких заболеваний, организации и укомплектования отделения лучевой диагностики, при проектировании и строительстве установок, выборе методик и режима проведения исследований, для предупреждения радиационных аварий, вплоть до текущей эксплуатации установки и обоснования и оптимизации исследования данного пациента. Последнее и осуществляется персоналом диагностического подразделения.

Поскольку оптимизация защиты основана на максимизации разности польза—вред, она требует повышения качества диагностики. Именно поэтому оптимизация защиты тесно связана с контролем качества аппаратуры и результатов исследования. Элементом оптимизации является и установление администрацией контрольных уровней облучения пациентов и персонала, отражающих достигнутые технические возможности по снижению доз облучения при обеспечении информативности диагностики.

19.2.2. Нормы радиационной безопасности

Нормы радиационной безопасности (НРБ) при техногенных облучениях людей обоснованы путем сравнительного анализа бытовых, профессиональных и радиационных рисков на базе концепции приемлемого риска, то есть риска, принятого в обычных профессиях и быту. При этом принят усредненный коэффициент риска стохастических облучений $\sim 0,05 \text{ Зв}^{-1}$, что приблизительно соответствует 5% пожизненной вероятности рака на дозу 1 Зв (НРБ-99/2009). Основными нормируемыми величинами являются пределы дозы облучения человека за год, производными нормативами — допустимые уровни мощности дозы (или плотности потока частиц) на рабочих местах и в помещениях.

Пределы дозы — установленные на государственном уровне величины годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения для лиц данной категории, которая не должна превышать в условиях нормальной работы (табл. 19.4).

Соблюдение предела дозы с запасом защищает от возникновения детерминированных эффектов облучения. Предел дозы не обозначает границы между безопасным и опасным облучением, или резкого изменения радиационного риска, тем более границы, при превышении которой наступает радиационное поражение. Его смысл — в директивном ограничении облучения приемлемым на данном этапе уровнем риска и в предотвращении неконтролируемого роста коллективной дозы техногенного облучения населения. Таким образом, дозовый предел является не рекомендованным безопасным уровнем, а узаконенной верхней границей техногенного облучения персонала и населения и соответствующего радиационного риска и ущерба здоровью. В соответствии с принципом оптимизации, работа по снижению дозы активно проводится ниже уровня установленного годового предела. Исследования в промышленности показали, что с учетом разброса индивидуальных доз дозовые пределы у наиболее облучаемой части персонала обычно соблюдаются в случае, если средняя доза облучения персонала на порядок меньше установленного предела.

Таблица 19.4. Основные пределы доз техногенного облучения (по НРБ-99/2009)

Нормируемые величины*	Пределы доз, мЗв	
	персонал группы А**	население
Годовая эффективная доза внешнего и внутреннего облучения, мЗв	20 мЗв в год в среднем за любые 5 лет, но не более 50 в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 в год

Окончание табл. 19.4

Нормируемые величины*	Пределы доз, мЗв	
	персонал группы А**	население
Годовая эквивалентная доза, мЗв:		
• на хрусталик глаза***	150	15
• на кожу****	500	50
• на кисти и стопы	500	50

Примечания: * — допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам; ** — пределы доз для персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А; *** — относится к дозе на глубине 300 мкг/см²; **** — относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя 40 мг/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от β-частиц.

В НРБ-99/2009 дополнительно установлены пределы и ограничения дозы для различных групп населения и видов и условий облучения (табл. 19.5).

Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных (см. табл. 19.4) пределов доз при ликвидации последствий аварии разрешается органом Роспотребнадзора (в дозах до 100 мЗв — территориальным, до 200 мЗв — федеральным).

Таблица 19.5. Дополнительные пределы дозы техногенного облучения, установленные в России для различных групп населения и видов облучения (НРБ-99/2009)

Критерий назначения дополнительного дозового предела	Характеристика дозового предела техногенного облучения
За 50 лет профессиональной работы	Эффективная доза для персонала не должна превышать 1000 мЗв
За 70 лет жизни лица из населения	Эффективная доза для населения не должна превышать 70 мЗв
Для женщин в возрасте до 45 лет	Месячная эквивалентная доза на поверхности нижней части живота не должна превышать 1 мЗв, а поступление радионуклидов в организм за год не должно превышать 1/20 предела годового поступления для персонала. В этих условиях эквивалентная доза облучения плода за 2 мес невыявленной беременности не превысит 1 мЗв
Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение в подразделениях лучевой диагностики и терапии	Годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б (1/4 величины основного предела)

Окончание табл. 19.5

Критерий назначения дополнительного дозового предела	Характеристика дозового предела техногенного облучения
Для беременных и кормящих грудью женщин	Предел дозы не устанавливается, так как администрация переводит этих лиц на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения на весь соответствующий период
При проведении обоснованных медицинских рентгенорадиологических обследований в связи с профессиональной деятельностью или в рамках медико-юридических процедур, а также рентгенорадиологических профилактических медицинских и научных исследований практически здоровых лиц (последнее — при письменном информированном согласии человека и с разрешения федерального органа здравоохранения, ОСПОРБ-99/2010)	Годовая эффективная доза не должна превышать 1 мЗв
При планируемом повышенном облучении персонала группы А (мужчин) выше установленных пределов доз в случае необходимости спасения людей и (или) предотвращения их облучения	До 100 мЗв в год допускается органами ГСЭН, до 200 мЗв в год допускается федеральными органами ГСЭН
Для лиц, оказывающих помощь в поддержке пациентов (тяжелобольных, детей и др.) при выполнении рентгенорадиологических процедур (не из персонала)	Доза не должна превышать 5 мЗв в год
Для взрослых лиц, проживающих вместе с пациентами, после введения им РФП или имплантации источников при брахитерапии; для детей в тех же условиях и остальных взрослых	Доза не должна превышать 5 мЗв в год Доза не должна превышать 1 мЗв в год

19.2.3. Допустимые и контрольные уровни и уровни вмешательства

Допустимые уровни (ДУ) радиационного воздействия (мощности дозы облучения, годового поступления нуклида в определенных соединениях и пути поступления; плотности потока частиц, объемной активности воздуха и т.п.) являются производными от основных пределов доз персонала и населения. **Допустимый уровень** — это уровень воздействия, которое в течение года привело бы к достижению дозового предела.

Допустимый уровень монофакторного воздействия ограничивает уровень воздействия одного радионуклида, одного пути поступления или одного вида внешнего облучения.

При многофакторном воздействии (например, внешнего и внутреннего облучения) допустимый уровень сочетанного воздействия определяется выполнением условия

$$\sum \frac{A_i}{ДУ_i} \leq 1,$$

где A_i — фактический уровень воздействия i -го фактора; $ДУ_i$ — допустимый уровень воздействия i -го фактора. Выполнение этого условия гарантирует не превышение годового предела эффективной дозы.

Основой нормирования являются не уровни радиационного воздействия, а дозы, так как они определяют ожидаемые биологические эффекты. В «Нормах радиационной безопасности» ДУ трактуются как среднегодовые допустимые уровни воздействия (то есть в отличие от дозовых пределов, в ряде ситуаций результат однократного измерения может превышать ДУ). Это обусловлено тем, что при кратковременных воздействиях и при не превышении дозовых пределов безопасны даже высокие уровни воздействия.

Допустимые уровни рассчитываются при консервативных допущениях (непрерывное воздействие фактора, максимальные облучаемые объемы и т.п.) и обычно обеспечивают не превышение пределов дозы с запасом. Используются, в частности, следующие допустимые уровни монофакторного воздействия:

- пределы годового поступления отдельных радионуклидов с воздухом для персонала, в зависимости от соединения, в состав которого входит радионуклид;
- пределы годового поступления отдельных радионуклидов с воздухом и пищей для населения;
- допустимая среднегодовая мощность дозы излучения на рабочем месте;
- допустимая для персонала среднегодовая объемная активность отдельных радионуклидов в воздухе;
- допустимые уровни радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- допустимые плотности потока частиц.

Эти допустимые уровни установлены в руководящих документах (нормах радиационной безопасности, санитарных нормах и правилах, методических указаниях и рекомендациях), действующих независимо от ведомственной принадлежности учреждения.

Контрольные уровни (КУ) — значения контролируемой величины (дозы, мощности дозы, плотности потока частиц, поступления активности и др.), устанавливаемые ниже ДУ и, в отличие от ДУ, не на государственном уровне, а на уровнях ведомства и организации, отражая достигнутый на имеющемся парке аппаратуры уровень безопасности. Используются для оперативного радиационного контроля, с целью закрепления достигнутого уровня радиационной безопасности и дальнейшего снижения облучения персонала и населения.

Они могут применяться и при медицинских облучениях. Контрольные уровни определяются в соответствии с условиями работы и согласовываются с органом государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Уровни вмешательства (УВ) — уровни радиационного фактора, при превышении которого следует проводить те или иные мероприятия (разным уровням соответствуют мероприятия: от просто исследования ситуации, ее мониторинга до конкретных мер защиты, вплоть до изменения деятельности или условий проживания людей). УВ могут применяться в ситуациях существующего и аварийного облучения.

19.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕНТГЕНОРАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ

Состав, размещение, комплектация, набор помещений, штат, должностные обязанности и нагрузка персонала планируемых рентгено- и радиологических подразделений с учетом оптимизации радиационной защиты определяются на основе отраслевых стандартов, строительных норм и правил, приказов Минздрава, структуры и опыта существующих организаций соответствующего профиля, санитарных норм и правил, методических указаний по радиационной безопасности, и рекомендаций фирмы, выпускающей оборудование.

При проектировании и оснащении помещений с целью радиационной защиты персонала, пациентов и населения и недопущения загрязнения внешней среды предусматривается использование системы стационарных (оборудование, стены и перекрытия помещений) и динамических (вентиляция и канализация) барьеров. Проектирование и строительство помещений подразделений рентгено- и радионуклидной диагностики, изготовление и сервисное обслуживание рентгено- и радиодиагностической аппаратуры, технологического оборудования и средств радиационной защиты осуществляются только организациями, имеющими специальное разрешение (лицензию) на осуществление указанной деятельности. Размещение радиационного объекта с учетом категории его опасности согласуется с органами Роспотребнадзора. Как правило, диагностические рентгено- и радиологические подразделения относятся к объектам IV категории опасности (в случае аварии радиационное воздействие ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения). Санитарно-защитная зона для радиационных объектов III категории ограничивается территорией объекта, для радиационных объектов IV категории установления зон не предусмотрено. Размещение, отделка и оборудование помещений, в которых производятся работы с РФП, определяются классом этих работ (в блоке радионуклидного обеспечения подразделений *in vivo* диагностики и ПЭТ — обычно II класс работ, в лабораториях радиоиммунного анализа *in vitro*, реже и для *in vivo* диагностики, — III класс).

На проектирование и организацию работы подразделений рентгено- и радионуклидной диагностики, прежде всего, распространяются требования общегосударственных руководящих документов по радиационной безопасности, такие как нормы радиационной безопасности, основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.

При выполнении работ важнейшее значение имеет строгое соблюдение технологии исследования, учитывающей требования радиационной безопасности при выполнении каждой операции.

При организации работы администрация медицинского учреждения обеспечивает:

- планирование и осуществление мероприятий по обеспечению радиационной безопасности;
- учет и контроль источников ионизирующих излучений, в том числе радиоактивных отходов;
- производственный контроль, включая контроль качества, контроль радиационной обстановки на рабочих местах, в помещениях, на территории;
- контроль и учет индивидуальных доз персонала и пациентов в рамках единой государственной системы контроля и учета доз облучения;
- обучение, регулярную переподготовку и аттестацию руководителей и исполнителей работ, специалистов, осуществляющих производственный контроль, других лиц, постоянно или временно выполняющих работы с источниками излучения, по вопросам обеспечения радиационной безопасности;
- проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медосмотров персонала;
- регулярное информирование персонала об уровнях ионизирующего излучения на рабочих местах и величине полученных индивидуальных доз облучения; информирование пациентов по их просьбе о дозах при проведении процедур;
- своевременное информирование органов, осуществляющих государственное управление, надзор и контроль в области радиационной безопасности, об аварийных ситуациях и выполнении их заключений и предписаний;
- реализацию прав граждан в области обеспечения радиационной безопасности.

К числу основных руководящих документов по радиационной безопасности относятся: нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009; основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010, а также санитарные правила, методические указания и рекомендации по радиационной безопасности при выполнении отдельных видов лучевых исследований, по дозиметрическому контролю радиационной обстановки, контролю и учету доз облучения пациентов и персонала и по обращению с радиоактивными отходами.

Действующие руководящие документы по обеспечению радиационной безопасности при организации рентгено- и радиодиагностических подразделений, а также при проведении соответствующих диагностических исследований можно найти и скачать в Интернете с использованием обычных поисковиков, в том числе на сайтах:

<http://www.consultant.ru/>,

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=home>,

<http://www.consultant.ru/about/software/systems/medpharm/>,

<http://www.garant.ru/search/>,

<http://www.rospotrebnadzor.ru/>, <http://www.niirg.ru/index.php>.

19.4. ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ И ПЕРСОНАЛА

Радиационный производственный контроль включает контроль радиационной обстановки на рабочих местах и в помещениях и индивидуальный контроль облучения пациентов и персонала. Контроль организуется лицом, ответственным за радиационную безопасность в учреждении. Методики контроля изложены в приведенных выше руководящих документах. Считывание показаний индивидуальных дозиметров персонала производится ежеквартально (по согласованию с Госсанэпиднадзором не реже чем раз в полгода), для женщин до 45 лет — ежемесячно. Определение доз облучения пациентов входит в обязанности лиц, проводящих исследование.

Характерные дозы облучения пациентов при рентгенодиагностических исследованиях зависят от области исследования и используемого оборудования (табл. 19.6).

По современному законодательству, врач по просьбе больного обязан предоставить ему информацию о дозе и риске диагностического облучения. Эти оценки приведены ниже для доз облучения как пациентов, так и персонала.

Таблица 19.6. Характерные эффективные дозы облучения пациентов при рентгенодиагностических исследованиях

Область и вид исследований	Старые аппараты, мЗв	Современные цифровые аппараты, мЗв
Единичные рентгенограммы		
• легких, черепа, конечностей	0,1–0,25	0,02–0,06
• позвоночника, живота, таза	0,7–2,2	0,4–0,7
Полные рентгенологические исследования		
• рентгеноскопия легких, желудка, кишечника	2,6–0,4	—
• холецистография, урография, цистография	0,5–1,0	—
• внутривенная пиелография (почки, 6 снимков)	—	2,5
КТ грудной клетки, живота, коронарная ангиография	—	5–13
Радионуклидные исследования		
• мозга с препаратами $^{99m}\text{Tc}/^{15}\text{O}$	6–7/1,5–2	
• легких, почек с препаратами ^{99m}Tc	1,5–5,5	
• опухоли с препаратом ^{67}Ga	12	
• сердца с препаратами $^{99m}\text{Tc}/^{199}\text{Tl}$	10–15/17	
ПЭТ-КТ с ^{18}F -ФДГ (сумма доз от ПЭТ + КТ)	~8 + 7 и более	

Характерные дозы облучения персонала приведены в табл. 19.7.

Таблица 19.7. Характерные эффективные дозы облучения персонала при медицинских облучениях, мЗв/год (по литературным источникам)

Направление работы	Испания	ОЭСР	НКДАР ООН
Рентгенодиагностика	0,64	0,9	1,4
Радиотерапия	0,61	0,65	1,38
Ядерная медицина	1,84	1,23	1,68
Все направления	0,75	1,1	1,3

Примечание: ОЭСР — Организация экономического сотрудничества и развития; НКДАР ООН — Научный комитет по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций.

Ионизирующие излучения невидимы и не ощущаются, поэтому люди не сознают, что внутреннее и внешнее облучение от природных источников — неотъемлемая часть повседневной жизни. Между тем, годовая доза облучения людей от естественного фона в мире лежит в пределах 1–10 мЗв/год (в США — 3, в России — 3,7 мЗв в год). Таким образом, годовые дозы от фона — того же порядка, что и дозы пациентов и годовые дозы персонала. Продолжительность жизни в странах, отличающихся высоким фоном (Дании, Ирландии, Норвегии, Швеции, Финляндии, Германии, Австрии и др.), не уступает показателям стран с низким радиационным фоном. Сходные данные получены для ряда контингентов людей, подвергающихся профессиональному облучению в малых дозах. Это свидетельствует о том, что риски от малых доз облучения находятся в ряду обычных бытовых рисков и могут компенсироваться другими условиями жизни, в том числе выигрышем от применения, в том числе диагностического, ионизирующих излучений. Облучение людей от природного фона всем понятно и никого не пугает. Это навело специалистов на мысль о возможности выражения доз диагностических облучений в виде времени эквивалентного дополнительного обычного фонового облучения (ЭВФО), широко применяемом при информации пациентов в США и Европе.

Для информации пациентов и персонала о радиационном риске можно использовать следующие выражения и оценки.

При E до 3 мЗв риск характеризуется как минимальный, сравнивается с риском от эквивалентного времени естественного фонового облучения (ЭВФО, из расчета 1 мЗв ~ 100 дней фонового облучения, 3 мЗв ~ 1 году).

При E до 5 мЗв (ЭВФО 5 мЗв ~ 500 дней) риск характеризуется также как минимальный, сравнивается с риском от эквивалентного времени естественного фонового облучения (с интенсивностью около ~0,01 мЗв в день). Могут использоваться и другие сравнительные оценки.

При E , превышающих 5 мЗв, риск, с учетом важности полученных диагностических данных, характеризуется как приемлемый. Желательно рассмотреть поглощенные дозы в отдельных органах.

Обоснование необходимости исследования должно быть конкретно и понятно.

Таким образом, пациенту может быть предоставлена примерно следующая информация о дозе.

При дозах $\sim 1-5$ мЗв: «Предлагаемое (проведенное) радионуклидное исследование связано с воздействием на организм ионизирующего излучения в результате сканирования (легких, головы и др.) в дозе $E \sim 1,8$ мЗв. Это исследование используется для принятия решений об оказании Вам медицинской помощи. Хотя отдельные органы получили различные дозы, облучение организма в целом эквивалентно облучению от естественного радиационного фона за ~ 180 дней. Оно связано с минимальным риском и необходимо для получения желаемой диагностической информации».

При дозах ≥ 5 мЗв сообщение о дозе аналогично по форме, изменяются лишь величины дозы и эквивалентного времени фонового облучения. «Предлагаемое (проведенное) радионуклидное исследование связано с воздействием на организм ионизирующего излучения в результате сканирования (печени, почек и др.) в дозе $E \sim 5,8$ мЗв. Это исследование используется для принятия решений об оказании Вам медицинской помощи. Хотя отдельные органы получили различные дозы, облучение организма в целом эквивалентно облучению от естественного радиационного фона за ~ 580 дней. Оно связано с приемлемым риском и необходимо для получения желаемой диагностической информации».

При дозах ≥ 10 мЗв формулировка немного меняется. «Предлагаемое (проведенное) радионуклидное исследование связано с воздействием на организм ионизирующего излучения в результате сканирования (опухоли, сердца и др.) в дозе $E \sim 10$ мЗв. Это исследование используется для принятия решений об оказании Вам медицинской помощи. Хотя отдельные органы получили различные дозы, облучение организма в целом эквивалентно облучению от естественного радиационного фона за ~ 3 года. Оно связано с приемлемым разумным риском и необходимо для получения важной диагностической информации». Объяснение риска в виде эквивалентного времени фонового облучения можно дополнить сравнением с риском от курения (для 10 мЗв соответствует пожизненному риску от курения в течение 2 лет) и с другими приведенными выше рисками.

Эти наши рекомендации не имеют обязывающего характера; врач может выбрать более подходящую форму предоставления информации о дозе.

Для информирования работника также нужно предоставить ему информацию о зарегистрированной индивидуальной дозе облучения по данным дозиметрии (например, 0,5–6 мЗв), указать, что она взята с запасом (за счет консервативной оценки по дозиметру индивидуального эквивалента). Она (обычно) соответствует облучению от природного фона в течение 2 мес — 2 лет и часто меньше дозы облучения пациента при исследовании опухоли или сердца. Обычно облучение в несколько раз ниже допустимого предела и не влечет за собой выявляемых ухудшения здоровья или повышения вероятности появления отдаленных эффектов.

Контрольные вопросы

1. Как называется величина, характеризующая отношением поглощенной энергии излучения к массе вещества?
2. Какая величина характеризует дозу стандартного рентгеновского облучения при воздействии на орган различного вида излучений, вызывающих отдаленные последствия?

3. Какая величина нормируется при регламентации профессиональных и медицинских облучений?
4. Как учитывается риск облучения различных органов при определении эффективной дозы облучения организма человека?
5. Чем отличаются детерминированные эффекты от стохастических эффектов облучения?
6. Назовите три основных способа защиты человека от воздействия ионизирующего излучения.
7. Назовите три принципа, на применении которых основана система радиационной защиты населения.
8. Какие два вида радиационного контроля вы знаете?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амосов В.И., Сперанская А.А. Лучевая диагностика интерстициальных заболеваний легких. СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2015. 176 с.
- Атлас секционной анатомии человека на примере КТ- и МРТ-срезов. Голова и шея / Т.Б. Мёллер, Э. Райф : пер. с англ. под общ. ред. Г.Е Труфанова. М. : МЕДпресс-информ, 2008. 256 с.
- Беленков Ю.Н., Терновой С.К., Сеницин В.Е. Магнитно-резонансная томография сердца и сосудов. М. : Видар, 1997. 144 с.
- Брюханов А.В., Васильев А.Ю. Магнитно-резонансная томография в остеологии. М. : Медицина, 2006. 200 с.
- Васильев А.Ю., Лежнев Д.А. Лучевая диагностика повреждений челюстно-лицевой области. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 84 с.
- Грей М., Эйлинэни Д. Патология при КТ и МРТ : пер. с англ. М. : МЕДпресс-информ, 2013. 456 с.
- Зеликман М.И. Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике. М. : Медицина, 2007. 208 с.
- Илясова Е.Б., Чехонацкая М.Л., Приезжева В.Н. Лучевая диагностика : учебное пособие. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. 280 с.
- Ищенко Б.И. Клиническая рентгенодиагностика в урологии. СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2010. 80 с.
- Ищенко Б.И., Бисенков Л.Н., Тюрин И.Е. Лучевая диагностика для торакальных хирургов. СПб. : ДЕАН, 2001. 346 с.
- Календер В.А. Компьютерная томография: Основы, техника, качество изображений и области клинического использования : пер. с англ. А.В. Кирюшина, А.Е. Соловченко; под ред. В.Е. Сеницына // Мир биологии и медицины. М. : Техносфера, 2006. 344 с.
- Кармазановский Г.Г., Косова И.А. Рентгенологическая семиотика хронического остеомиелита длинных костей. М. : Видар-М., 2013. 200 с.
- Кишковский А.Н., Тютин Л.А. Неотложная рентгенодиагностика. М. : Медицина, 1989. 238 с.
- Коновалов А.Н., Корниенко В.Н., Озерова В.И. и др. Нейрорентгенология детского возраста. М. : Антидор, 2001. 456 с.
- Королюк И.П., Линденбратен Л.Д. Лучевая диагностика. 3-е изд. М. : БИНОМ, 2015. 496 с.
- Лучевая анатомия человека / под ред. Р.П. Самусева. М. : МЕДпресс-информ, 2011. 448 с.
- Лучевая диагностика заболеваний костей и суставов : национальное руководство. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 832 с.
- Лучевая диагностика заболеваний костно-мышечной системы / под ред. Ф.Г. Конагана, Ф.Дж. О'Коннора, Д.А. Изенберга. М. : Издательство Панфилова; Бином, 2014. 464 с.
- Лучевая диагностика и терапия. Общая лучевая диагностика : учебник : в 2 т. / С.К. Терновой и др. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. Т. 1. 232 с.; Т. 2. 356 с.
- Лучевая диагностика : учебное пособие. Ч. 1 / под ред. В.Д. Завадовской. М. : Видар-М, 2009. 374 с.

Магнитный резонанс в медицине. Основной учебник Европейского Форума по магнитному резонансу / под ред. П.А. Ринка. 3-е изд., перераб. Oxford : Blackwell Scientific Publications, 1993. 234 с.

Меллер Т.Б., Райф Э. Норма при КТ- и МРТ-исследованиях : пер с англ. М. : МЕДпресс-информ, 2016. 256 с.

Неотложная лучевая диагностика механических повреждений : руководство для врачей / под ред. В.М. Черемисина, Б.И. Ищенко. СПб. : Гиппократ, 2003. 448 с.

Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» (вместе с «СП 2.6.1.2612-10. ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы...») [Электронный ресурс] : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 (ред. от 16.09.2013) (зарегистрировано в Минюсте России 11.08.2010 № 18115). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Остман И.В., Уальд К. Основы лучевой диагностики. М. : Медицинская литература, 2012. 368 с.

Позитронная эмиссионная томография : руководство для врачей / под ред. А.М. Гранова, А.А. Тютина. СПб. : Фолиант, 2008. 368 с.

Практическая нейрохирургия : руководство для врачей / под ред. Б.В. Гайдара. СПб. : Гиппократ, 2002. 648 с.

Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография. М. : МЕДпресс-информ, 2009. Т. 1. 414 с. Т. 2. 712 с.

Путеводитель по лучевой диагностике органов брюшной полости / под ред. Г.Е. Труфанова, В.В. Рязанова, А.С. Грищенко. СПб. : Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2014. 432 с.

Путеводитель по лучевой диагностике органов грудной полости / под ред. Г.Е. Труфанова, Г.М. Митусовой, А.С. Грищенко. СПб. : Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2013. 400 с.

Рабухина Н.А. Спирально-компьютерная томография при заболеваниях челюстно-лицевой области. М. : МЕДпресс-информ, 2006. 182 с.

Райн С., МакНиколас М., Юстейс С. Анатомия человека при лучевых исследованиях : пер. с англ. под ред. Г.Е. Труфанова. М. : МЕДпресс-информ, 2009. 328 с.

Рентгенология : учебное пособие / под ред. А.Ю. Васильева. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2007. 128 с.

Ринк П.А. Магнитный резонанс в медицине. Основной учебник Европейского форума по магнитному резонансу : пер. с англ.

Руммени Э.И., Раймер П., Хайндель В. МРТ тела : пер. с англ. М. : МЕДпресс-информ, 2017. 848 с.

СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» [Электронный ресурс] : приложение к постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 7.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Синицын В.Е., Терновой С.К. Лучевая диагностика и терапия. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 304 с.

Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной клетки. СПб. : ЭЛБИ-СПб., 2003. 371 с.

Хамм Б., Асбах П., Бейерсдорф Д. и др. Лучевая диагностика. Болезни мочеполовой системы : пер. с англ. под общ. ред. Л.М. Гумина. М. : МЕДпресс-информ, 2010. 280 с.

Хитрова А.Н., Митьков В.В., Митькова М.Д. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. В.В. Митькова. М. : Видар, 2005. 720 с.

Хофер М. Компьютерная томография : базовое руководство : пер. с англ. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Медицинская литература, 2011. 232 с.

Хофер М., Абанадор Н., Кампер Л. и др. Рентгенологическое исследование грудной клетки : практическое руководство : пер. с англ. М. : Медицинская литература, 2008. 224 с.

Хофер М. Ультразвуковая диагностика. Базовый курс : пер с англ. 2-е изд. М. : Медицинская литература, 2013. 128 с.

Цифровые технологии в отделении лучевой диагностики / под ред. Г.Г. Кармазановского, А.И. Левченко. М. : Видар-М, 2007. 200 с.

Яковец В.В. Рентгенодиагностика заболеваний органов головы, шеи и груди. СПб. : Гиппократ, 2002. 576 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Анатомия органов опоры и движения нормальная лучевая 117
- Ангио(вено)графия рентгеновская 333
- Ангиография 274
 - компьютерно-томографическая 73, 116, 355
 - – спиральная 74, 276
 - печени сцинтиграфическая 280
 - поджелудочной железы и селезенки 290
 - почечная 306
 - суперселективная 275
 - церебральная 353
 - цифровая субтракционная 353
- Ангиокардиография 213
- Ангионевросцинтиграфия 315
- Ангиопульмонография 45, 172
- Аортография 44, 214
- Артериография 45
- Артрит ревматоидный 138
- Артрография компьютерно-томографическая 75, 116

Б

- Бронхография 42, 172

В

- Величина дозиметрическая 451
 - операционная 453
- Вентрикулография 353
 - радионуклидная равновесная 223
- Вещество контрастное парамагнитное 87
- Вульнерография 45, 267

Г

- Гайморография 42
- Галактография 340
- Гамма-камера 25, 279, 313
 - с функцией томографии 100
 - сцинтилляционная 99
- Гамма-квант 19
 - регистрация 109
- Гепатобилисцинтиграфия 279
- Гепатосцинтиграфия 279
- Гипотеза линейная беспороговая 449

- Гистеросальпингография 44
 - рентгеновская 339
- Гистограмма 26

Д

- Дакриоцистография 42
- Диагностика
 - в акушерстве 346
 - в андрологии 332
 - в вертебологии 382
 - в гинекологии 339
 - в неврологии и нейрохирургии 349
 - заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области в стоматологии 429
 - заболеваний и травм ЛОР-органов 417
 - лучевая 18
 - патологии органа зрения 406
 - рентгеноэндоваскулярная 27
 - ультразвуковая 27, 52
- Доза
 - облучения человека эффективная 452
 - ожидаемая 453
 - операционная 453
 - поглощенная 447
 - эквивалентная 451
- Допплерография 52
 - импульсная 55
 - картирование
 - – трехмерное 56
 - – цветовое 55
 - конвергентная цветовая 56
 - непрерывная 55
 - потоковая спектральная 55
 - тканевая 55, 217
 - транскраниальная 361
 - трехмерная энергетическая 56
 - энергетическая 56
- Допплер тканевый. См. Допплерография тканевая
- Допплер-эхокардиография 217
- Дуктография 45
 - рентгеновская 340
- Дуоденография релаксационная 237

З

Зонография 38, 301

И

Излучение

- α 19, 96
- β 19, 96
- γ 96
- детектор 22
- инфракрасное («тепловое») 20
- ионизирующее 18, 408
- источник 19, 20, 21
- лазерное 20
- неионизирующее 19
- тормозное рентгеновское 19
- характеристическое рентгеновское 19
- электромагнитное (фотонное) 445

Изображение

- аналоговое 23
- анэхогенное 57
- радиологическое 21
- реконструкция 68, 109, 220
- рентгеновское
- – негативное 35
- – позитивное 35
- T1-взвешенное 84
- T2-взвешенное 84
- цифровое 23

Ирригоскопия 43, 238

Исследование

- радионуклидное
- – динамическое 100, 110
- – показания к проведению 106
- – статическое 100, 110
- ультразвуковое 22
- – показания к проведению 59
- – чреспищеводное сердца 217

К

Кавернозография 332

Кардиография 45

Кистография 45

Колебания электромагнитные резонансные 20

Колонография компьютерно-томографическая 75

Компьютерная томография. См. Томография компьютерная

Коронарография 214

– компьютерно-томографическая 75

Коэффициент

- Винтера 316
- Гудвина 210
- диффузии 90
- кардиоторакальный 209
- Мура 212

Краниограмма

- аксиальная 351
- задняя полуаксиальная 351

Кровоизлияние внутримозговое 370

Л

Лимфография 45

Лучи

- вторичные (характеристические) 32
- первичные 32
- рентгеновские 30
- – действие фотохимическое 31
- – дифракция и интерференция 31
- – ионизация вещества 31
- – поляризация 31
- – свойства 30
- – способность проникающая 30
- – флюоресценция (свечение) 31

М

Маммография 33, 39

– рентгеновская 339

Метод

- диагностики лучевой 18
- радионуклидный 148, 279
- рентгенологический 29, 273
- ультразвуковой 50, 116, 275
- – 3D-режим 56
- – 4D-режим 56
- – А-режим 54
- – В-режим 54, 215
- – D-режим 54
- – М-режим 54, 215

Методика

- жироподавления 89
- компьютерно-томографического исследования 71
- – специальная 73
- контрастного усиления изображения 72
- магнитно-резонансного томографического исследования
- – специальная 89
- – стандартная 88

Миелография

- компьютерно-томографическая 75, 385
- магнитно-резонансная 89
- – бесконтактная 387
- позитивная 44

Н

Нормы радиационной безопасности 456

О

Органы опоры и движения, изменения возрастные 122

Ортопантомография 39

Оценка доз облучения пациентов и персонала 462

П

Пиелография антеградная 304

Плеврография 42, 173

Плотность потока частиц (мощность флюенса) 446

Пневмоартрография 42

Пневмомедиастинография 41, 173

Пневмомиелография 42

Пневмоперитонеум диагностический 41

Пневмопиелография 42

Пневморенография 41

Пневморетроперитонеум 41

Пневмоторакс диагностический 41

Пневмоцистернография 353

Пневмоэнцефалография 42, 353

Портография 275

– возвратная 290

Предел дозы 456

Препарат радиофармацевтический 26, 97

– диффундирующий 98

– для ПЭТ 110

– недиффундирующий 98

– требования основные 98

Принципы радиационной безопасности общие 454

Пьезоэлемент 19

Р

Радиология 27

– интервенционная 275

Радионуклид

– долгоживущий 98

– короткоживущий 98

– среднеживущий 98

– ультракороткоживущий 98

Резонанс ядерный магнитный 20, 81

Релаксация 83

– спин-решетчатая 84

– спин-спиновая 84

Ренография радионуклидная 315

Рентгеноанатомия

– ЛОР-органов 418

– печени 271

– сердца и грудной аорты 203

Рентгенография 34, 115, 167

– височной кости 351

– затылочной кости 351

– основания черепа 351

– позвоночника 382

– с прямым увеличением изображения 36

– черепа (краниография) 349

Рентгенология 27

Рентгеносемиотика патологических изменений органов опоры и движения общая

– кости 123

– изменения мягких тканей 126

– надкостница 124

– суставы 124

Рентгеноскопия 33, 115, 168

– двенадцатиперстной кишки 42, 289

– желудка 42, 289

– пищевода 42

С

Семиотика заболеваний глаза и глазницы лучевая 414

– дакриоцистит 415

– опухоль

– – глазницы сосудистая (гемангиома, лимфангиома) 415

– – зрительных нервов 415

– – слезной железы 415

– – сосудистой оболочки глаза (меланобластома) 414

– офтальмопатия эндокринная 415

Семиотика заболеваний глотки и гортани лучевая 425

– аденоиды носоглотки 425

– ангиофиброма глотки юношеская 425

– рак глотки 425

- Семиотика заболеваний головного мозга лучевая 361
- абсцессы головного мозга 370
 - аневризмы артериальные 367
 - заболевания
 - – демиелинизирующие 365
 - – паразитарные 372
 - инсульт ишемический (инфаркт мозга) 369
 - кровоизлияния внутримозговые 370
 - мальформации артериовенозные 367
 - менингиты 370
 - недостаточность вертебробазилярная 368
 - опухоли головного мозга 361
 - токсоплазмоз 372
 - цистицеркоз 372
 - эмпиемы 372
 - энцефалиты 372
 - энцефалопатия дисциркуляторная 368
- Семиотика заболеваний женских половых органов лучевая 341
- заболевания молочной железы воспалительные (мастит, абсцесс) 345
 - миома матки 343
 - рак
 - – молочных желез 345
 - – эндометрия 343
 - – яичников 343
 - сальпингоофорит 342
 - удвоение матки 341
 - эндометриоз 344
- Семиотика заболеваний легких, плевры и средостения лучевая
- абсцесс легких острый 186
 - болезнь бронхоэктатическая 186
 - заболевания легких диффузные интерстициальные диссеминированные 188
 - метастазы злокачественных опухолей в легких, гематогенные 193
 - новообразования средостения 199
 - отек легких 191
 - плеврит экссудативный 197
 - пневмокониозы 189
 - пневмония острая 185
 - пневмосклероз ограниченный 188
 - пневмоторакс спонтанный 198
 - рак легкого
 - – периферический 192
 - – центральный 191
 - тромбоэмболия легочной артерии 189
 - туберкулез легких 193
 - эмфизема легких 187
- Семиотика заболеваний мочевых органов лучевая 317
- абсцесс почки 319
 - болезнь мочекаменная 320
 - гидронефроз 322
 - дистопия почки 317
 - киста почки 323
 - нефроптоз 319
 - опухоль
 - – мочевого пузыря 326
 - – почки 323
 - пиелонефрит хронический 319
 - поликистоз 323
 - туберкулез почки 320
 - удвоение почки 317
- Семиотика заболеваний мужских половых органов лучевая 334
- варикоцеле рецидивирующее 335
 - гиперплазия предстательной железы доброкачественная 337
 - дисфункция эректильная 338
 - крипторхизм 334
 - опухоль яичка 338
 - перекрут семенного канатика и яичка 335
 - простатит
 - – острый 336
 - – хронический 336
 - рак предстательной железы 337
 - стриктура уретры 335
- Семиотика заболеваний мягких тканей лучевая 149
- абсцесс 149
 - бурсит 150
 - опухоли
 - – доброкачественные 152
 - – злокачественные 152
 - тендинит 150
 - тендиоз 150
 - тендовагинит 150
 - флегмона 149
- Семиотика заболеваний носа и околоносовых пазух лучевая 422
- гранулематоз Вегенера 423

- мукоцеле околоносовых пазух 423
- опухоли и кисты одонтогенные 424
- полипы полости носа 423
- рак околоносовых пазух 425
- синусит
 - – острый 422
 - – хронический 422
- туберкулез 423
- Семиотика заболеваний опорно-двигательной системы лучевая 131
- аденома гипофиза 149
- артрит
 - – острый инфекционный гнойный 137
 - – ревматоидный 138
- гиперкортицизм 149
- гиперпаратиреоидизм 149
- гистиоцитома фиброзная 140
- дефект фиброзный кортикальный 143
- дисплазии
 - – внутрикостные хрящевые 145
 - – костные 146
 - – фиброзные 145
 - – хрящевые 145
- заболевания дегенеративно-дистрофические 146
- интоксикации экзогенные 149
- киста солитарная фиброзная 143
- миеломная болезнь 140
- опухоли
 - – вторичные злокачественные 141
 - – доброкачественные 142
- остеоартроз деформирующий 146
- остеомиелит острый гематогенный 131
- остеонекроз асептический 146
- остеосаркома 139
- панариций 134
- рахит 149
- ретикулосаркома 140
- туберкулез костей и суставов 136
- фибросаркома 140
- хондросаркома 140
- Семиотика заболеваний печени и желчных путей лучевая 280
- абсцессы печени 282
- аденома 283
- болезнь желчекаменная 284
- гемангиома печени 283
- гепатит 280
- гепатоз печени жировой 282
- гелатоцеллюлярный рак 283
- камни во внепеченочных протоках 285
- кисты печени 282
- метастазы злокачественных новообразований в печень 283
- холецистит
 - – острый 286
 - – хронический некалькулезный 286
- цирроз печени 280
- Семиотика заболеваний пищевода, желудка и кишечника лучевая
- аганглиоз (болезнь Гиршпрунга) 259
- аномалии формы, положения и подвижности двенадцатиперстной кишки 258
- атония желудка 251
- болезнь Крона 262
- гастрит
 - – острый 252
 - – хронический 252
- гипертония пищевода 245
- гипотония
 - – желудка 251
 - – пищевода 245
- грыжи пищеводного отверстия диафрагмы
 - – паразофагеальные 247
 - – скользящие 247
- дивертикулез кишечника 259
- дивертикулы пищевода 243
- дискинезия и дистония кишечника 260
- долихосигма 259
- дуоденит 261
- кардиоспазм (ахалазия пищевода) 246
- кисты пищевода врожденные 243
- колит 263
 - – хронический неспецифический язвенный 263
- Меккелев дивертикул подвздошной кишки 258
- нарушение желудочной секреции 252
- ожоги пищевода 246
- опухоли желудка злокачественные
 - – экзофитные 256
 - – эндофитные 256

- опухоли желудка неэпителиальные 255
- опухоли кишечника
 - — доброкачественные 263
 - — экзофитные 264
 - — эндофитные 264
- опухоли пищевода
 - — внутрипросветные доброкачественные 247
 - — внутривенные доброкачественные 249
- пищевод врожденный короткий 243
- подвижная слепая кишка 259
- полипы желудка 255
- рак пищевода 249
- расширение вен пищевода варикозное 247
- смещения пищевода 244
- стеноз
 - — желудка 255
 - — пищевода 243
- тонус желудка повышенный 251
- туберкулез кишечника 263
- формы рака желудка смешанные 257
- эзофагит 246
- энтерит 261
- язва
 - — желудка 252
 - — луковицы двенадцатиперстной кишки 261
- Семиотика заболеваний поджелудочной железы лучевая 293
 - опухоли поджелудочной железы 296
 - панкреатит
 - — острый 293
 - — хронический 294
- Семиотика заболеваний селезенки лучевая 297
 - инфаркт селезенки 297
 - спленомегалия 297
- Семиотика заболеваний сердца и грудной аорты лучевая
 - аневризмы грудной аорты 229
 - инфаркт миокарда острый 225
 - ишемическая болезнь сердца 225
 - недостаточность
 - — аортального клапана 227
 - — митрального клапана 227
 - перикардит
 - — адгезивный констриктивный 229
 - — экссудативный 228
 - стеноз
 - — митральный 225
 - — устья аорты 227
- Семиотика заболеваний спинного мозга лучевая 389
 - абсцесс острый эпидуральный 392
 - гемангиомы позвонков 396
 - грыжи межпозвоночных дисков 399
 - заболевания демиелинизирующие 391
 - инфаркт спинного мозга 397
 - кисты интрамедуллярные 397
 - мальформация спинного мозга артериовенозная 395
 - миелит поперечный 391
 - опухоли
 - — интрамедуллярные 389
 - — экстрамедуллярные 390
 - остеомиелит 392
 - остеохондроз 397
 - спондилез деформирующий 401
 - спондилоартроз деформирующий 401
- Семиотика заболеваний уха лучевая 420
 - мастоидит 420
 - невринома вестибулокохлеарного нерва 421
 - отит
 - — острый средний 420
 - — хронический средний 420
 - отосклероз 421
 - параганглиома (гломусная опухоль) 421
 - холестеатома
 - — истинная или первичная (жемчужная опухоль) 421
 - — ложная 421
- Семиотика заболеваний челюстно-лицевой области лучевая 433
 - анкилоз 437
 - артрит височно-нижнечелюстного сустава 436
 - артроз деформирующий 436
 - болезнь слюннокаменная 437
 - гингивит 434
 - зубы ретернированные 435
 - кальцинат 436
 - камни на зубах слюнные 436
 - кариес 433

- киста
- — слюнных желез 437
- — челюсти 435
- контрактура височно-нижнечелюстного сустава 437
- метастазы 435
- опухоль
- — одонтогенная плотная 436
- — остеогенная плотная 436
- — слюнных желез 437
- — челюсти мягкотканная 435
- остеомиелит челюстей 434
- остит
- — гранулематозный 433
- — гранулирующий 433
- — фиброзный остит 433
- пародонтит 434
- пародонтоз 434
- пародонтолиз 434
- периодонтит 433
- периостит челюсти 433
- пороки развития слюнных желез 437
- пульпит 433
- рак челюсти 435
- свищи протоков слюнных желез 437
- сиалоаденит 437
- флюороз, гипоплазия эмали и дентина, эрозия коронок, клиновидные дефекты шеек зубов 433
- фрагменты корней зубов 435
- Семиотика патологии беременности
- лучевая 347
- беременность
- — внематочная 347
- — неразвивающаяся (замершая) 347
- занос пузырьный 347
- отслойка плаценты 347
- Семиотика патологических изменений органов опоры и движения
- магнитно-резонансная общая
- — кости 130
- — мышцы 130
- — сухожилия, связки, фиброзно-хрящевые структуры, мениски 129
- при радионуклидном исследовании
- — общая, кости 131
- ультразвуковая общая
- — мышцы 128
- — надкостница 127
- — синовиальные полости (суставов, синовиальных влагалищ сухожилий, околоуставных сумок) 128
- — сухожилия, связки 127
- Семиотика повреждений глаза и глазницы лучевая 410
- инородное тело 411
- кровоизлияние внутриглазное 411
- отслойка сетчатки травматическая 413
- переломы стенок глазницы 410
- Семиотика повреждений глотки, пищевода, желудка и кишечника лучевая
- непроходимость кишечная острая 268
- перфорация
- — желудка и кишечника 268
- — пищевода 267
- Семиотика повреждений женских половых органов лучевая 346
- перфорация матки 346
- Семиотика повреждений костей лицевого скелета и зубов лучевая 438
- вывих зуба 442
- вывих нижней челюсти 442
- Лефор I 439
- Лефор II 440
- Лефор III 440
- перелом зуба 442
- перелом костей
- — верхней зоны лицевого скелета 438
- — средней зоны лицевого скелета 439
- перелом нижней челюсти 441
- Семиотика повреждений легких и плевры лучевая 201
- гемопневмоторакс 201
- гемоторакс 201
- пневмоторакс 201
- разрыв легкого 202
- ушиб легкого 201
- Семиотика повреждений ЛОР-органов лучевая 426
- повреждение гортани 391
- повреждения и инородные тела
- — височных костей 426
- — околоносовых пазух 426

- Семиотика повреждений мочевого пузыря лучевая 327
- гематома подкапсульная 327
 - повреждения
 - мочевого пузыря 329
 - мочеиспускательного канала 330
 - мочеточников 329
 - почек 327
 - разможнение почки 328
 - разрыв
 - паренхимы 328
 - почки 328
- Семиотика повреждений мужских половых органов лучевая 339
- травма мошонки и яичка, придатка яичка 339
- Семиотика повреждений опорно-двигательной системы лучевая 153
- вывихи 159
 - гематома внутримышечная 162
 - переломы
 - костей 153
 - патологические 159
 - перегрузочные 159
 - разрывы мышц, фасций, сухожилий и связок 164
 - ушиб надкостницы 161
- Семиотика повреждений печени и желчных путей лучевая 286
- повреждения
 - желчного пузыря при травмах живота 288
 - печени закрытые 286
 - печени открытые 288
 - протоков внепеченочных желчных 287
- Семиотика повреждений поджелудочной железы лучевая 298
- Семиотика повреждений позвоночника и спинного мозга лучевая 401
- повреждения
 - I и II шейных позвонков 401
 - грудного и поясничного отделов позвоночника 403
 - на уровне III—VII шейных позвонков 402
 - спинного мозга 404
- Семиотика повреждений селезенки лучевая 298
- Семиотика повреждений сердца и грудной аорты лучевая 230
- разрыв
 - грудной аорты 230
 - наружных стенок сердца 230
 - ушиб сердца 230
- Семиотика повреждений черепа и головного мозга лучевая 372
- переломы
 - костей свода черепа 372
 - основания черепа 375
- Семиотика повреждения головного мозга лучевая
- гематомы
 - внутримозговые 381
 - субдуральные 379
 - эпидуральные 378
 - кровоизлияния субарахноидальные 379
 - сдавление головного мозга 378
 - сотрясение головного мозга 377
 - ушиб головного мозга 377
- Сиалография 42
- Синдром болезней глотки, пищевода, желудка и кишечника рентгенологический
- дислокация 238
 - дисфункция желудочно-кишечного тракта 241
 - изменение рельефа слизистой оболочки 238
 - расширение
 - диффузное 240
 - локальное 240
 - сужение
 - диффузное 240
 - локальное 241
- Синдром заболевания легких
- диссеминации обширной очаговой 177
 - затенение легочного поля 174
 - обширное 175
 - затенение ограниченное 176
 - изменение
 - корней легких 174, 179
 - легочного рисунка 174, 179
 - круглой тени 177
 - очаги и ограниченные очаговые диссеминации 177

- просветление
- – легочного поля 174
- – легочного поля обширное 178
- – ограниченное (кольцевидная тень) 178
- Синтезатор изображения 22
- Сканирование дуплексное 361
- Снимок
 - обзорный 34
 - прицельный 35
- Спектроскопия магнитно-резонансная 279
 - водородная (^1H) 89
 - протонная 359
 - фосфорная (^{31}P) 89
- Спленопортография 290
 - возвратная 275
- Спондилография 382
- Способ защиты от ионизирующих излучений 448
 - временем 448
 - расстоянием 448
 - экранированием 448
- Стресс-эхокардиография 218
- Сцинтиграфия 243
 - миокарда перфузионная 222
 - очага инфаркта миокарда 223
 - почек
 - – динамическая 313
 - – статическая 316
- Сцинтилляция 100
- Т**
- Тепловидение 20
- Термография 22
- Технология сканирования
 - последовательная 66
 - спиральная 66
- Томография
 - когерентная оптическая 20
 - компьютерная 64
 - – высокоразрешающая 75
 - – денальная 468
 - – динамическая 74, 181
 - – костной ткани количественная 76
 - – легких количественная 76
 - – однофотонная эмиссионная 100
 - – перфузионная 74, 356
 - – показания к проведению 76
 - – полипозиционная 182

- – принцип 65
- – рентгеновская 276
- – с контрастным усилением 355
- – экспираторная 182
- линейная 37, 115, 168
- магнитно-резонансная 81, 277
 - – динамическая 89
 - – диффузионная 89
 - – кинематическая (в движении) 90
 - – перфузионная 89, 90
 - – показания к проведению 91
 - – преимущества 91
 - – противопоказания к проведению 90
 - – физические основы 82
- оптическая 20
- позитронно-эмиссионная 108, 316
 - – показания к проведению 114
 - – физические основы 108
- функциональная головного мозга 89
- Трубка рентгеновская 31

У

- Ультразвук 19, 51
- Уретеропиелография ретроградная 44, 304
- Уретрография 44, 305, 332
- Уровень
 - вмешательства 460
 - допустимый 458
 - контрольный 459
- Урография
 - магнитно-резонансная 89
 - экскреторная 44, 302
- Устройство сцинтилляционно-детектирующее 99

Ф

- Фистулография 45, 172, 173
 - компьютерно-томографическая 74, 116
- Флебография 45
- Флюорография 36, 167
 - диагностическая 36
 - профилактическая 36

Х

- Хаунсфилда
 - единицы 67, 85
 - шкала 68, 354

- Холангиография 43, 274
- компьютерно-томографическая 75
- магнитно-резонансная 89
- операционная 287
- чрескожная чреспеченочная 290

- Холангиопанкреатография
- магнитно-резонансная 279
- – бесконтрастная 292
- ретроградная 44
- – эндоскопическая 289

Холеграфия 274

- выделительная 43

Холецистография 43, 274

Ц

Целиакография 275

Цистернография компьютерно-томографическая 75, 356

Цистография 44, 304

Э

Электрорентгенография 37

Эмиссия позитрона 108

Энтерография 43

Эффект

- облучения человека медицинский 448

- – детерминированный 448

- – стохастический 449

- прямой пьезоэлектрический 19

Эхография 52

Эхоконтрастирование 56

Эхоэнцефалоскопия 361

ГДЕ И КАК КУПИТЬ КНИГИ

115035, Москва, ул. Садовническая, д. 11, стр. 12

Отдел оптовых продаж (вузы + опт)

Тел.: (495) 921-39-07 (доб. 112, 113, 152, 192, 290);
моб.: (916) 876-90-59;

e-mail: opt@geotar.ru, iragor@geotar.ru, sitnikova@geotar.ru, sa@geotar.ru

Отдел продаж медицинским училищам и колледжам

Тел./факс: (495) 228-09-74, 921-39-07 (доб. 138, 207, 252);
моб.: (926) 817-51-50, (985) 339-53-01;

e-mail: sales2@geotar.ru, zhernova@geotar.ru

Отдел розничных продаж и выставок

Тел./факс: (495) 921-39-07 (доб. 255, 280); моб.: (926) 168-42-16;
e-mail: bobyleva@geotar.ru, gnezdilov@geotar.ru

Интернет-магазин «Медкнигасервис»

Тел.: 8 (800) 555-99-92; www.medknigaservis.ru;
e-mail: bookpost@medknigaservis.ru;
доставка по всей России

Фирменные магазины (Москва)

М. «Фрунзенская»,
Комсомольский пр-т, д. 28
(здание Московского дворца
молодежи, вход в магазин
со стороны Комсомольского
проспекта).

Ежедневно с 9 до 20 ч.

Тел.: (499) 685-12-47;

моб.: (916) 877-06-84



М. «Новокузнецкая»,
«Третьяковская»,
ул. Садовническая, д. 13, стр. 11.
Будни с 10 до 19 ч.

Тел.: (495) 921-39-07

(доб. 602, 603)



Фирменный магазин «Медкнига» (Республика Татарстан)

г. Казань, ул. Бутлерова, 31. Тел.: +7 (843) 238-8-239, +7 (950) 312-80-27;
e-mail: gafurovan@mail.ru, kazanmedkniga@mail.ru

Время работы: ежедневно с 09.00 до 19.00.

г. Набережные Челны. «Медкнига»: Набережночелнинский пр-т, 10А
(ост-ка «4-я поликлиника»). Тел.: (908) 348-84-41

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В СНГ
(ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ИЗДАТЕЛЬСТВА, ФИЛИАЛЫ,
ДИДЕРЫ, МАГАЗИНЫ)**

Представительство Издательской группы «ГЭОТАР-КазМедиа» ТОО «ГЭОТАР-КазМедиа»

Республика Казахстан,
010000, г. Астана, ул. Бейбитшилик, 54, кв. 3.

Тел.: (7172) 39-82-62;

e-mail: yuliya_borisenko@list.ru

Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа» в Украине

Винница. Интернет-магазин «Медкнига»

г. Винница, ул. Блока, 14/2.

Тел.: +38 (068) 834-73-89,

+38 (095) 337-12-25,

+38 (063) 351-03-02, +38 (043) 266-05-10;

www.medkniga.com.ua;

e-mail: info@medkniga.com.ua;

Viber & WhatsApp: +380635210302;

Skype: medkniga_max@outlook.com

Киев. Интернет-магазин «Librabook»

(доставка курьером по Киеву,
почтой по Украине).

Тел.: +38 (044) 383-20-95,

+38 (093) 204-33-66, +38 (094) 927-90-95;

www.librabook.com.ua;

e-mail: info@librabook.com.ua;

ICQ: 570-251-870

Дилер Издательской группы «ГЭОТАР-Медиа» в Республике Беларусь ЧПТУП «Дар-Ника»

Республика Беларусь, 247760, г. Мозырь,
ул. Ленинская, 9/10.

Тел.: (37529) 662-46-51,

(37529) 730-13-66

Дилер Издательской группы «ГЭОТАР-Медиа» в Республике Беларусь ООО «Лебенскрафт»

Республика Беларусь, 210024, г. Витебск,
пр-т Победы, 7/1, комн. 112.

Тел.: (37529) 718-41-51

ПРИГЛАШЕНИЕ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа» приглашает к сотрудничеству авторов и редакторов медицинской литературы.

ИЗДАТЕЛЬСТВО СПЕЦИАЛИЗИРУЕТСЯ НА ВЫПУСКЕ учебной литературы для вузов и колледжей, атласов, руководств для врачей, переводных изданий.

По вопросам издания рукописей обращайтесь в отдел по работе с авторами.
Тел. (495) 921-39-07.

Учебное издание

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

Под редакцией Геннадия Евгеньевича **Труфанова**

3-е издание, переработанное и дополненное

Главный редактор издательства *Т.А. Андреева*

Зав. редакцией *А.В. Андреева*

Менеджер проекта *Т.Б. Макарова*

Выпускающий редактор *Т.Б. Макарова*

Редактор *А.С. Кузьмина*

Корректор *Л.Н. Образцова*

Компьютерная верстка *Д.А. Дервенева*

Дизайн обложки *Д.Т. Халмурзина*

Технолог *О.А. Ильина*