

Лучевая диагностика

Учебник

Под редакцией профессора Г.Е. Труфанова

3-е издание, переработанное и дополненное

Министерство образования и науки РФ

Рекомендовано ФГАУ «Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования в образовательном
процессе образовательных организаций, реализующих программы
высшего образования по специальностям 31.05.01 «Лечебное дело»,
31.05.02 «Педиатрия», 31.05.03 «Стоматология»,
32.05.01 «Медико-профилактическое дело»

Регистрационный номер рецензии 229 от 26 июня 2017 года



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2018

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. Размозжение 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. Ретенционные 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

Глава 2

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.

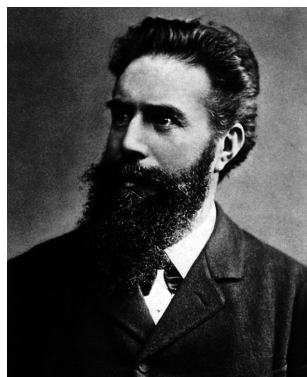


Рис. 2.1. Вильгельм Конрад Рентген (1845–1923)

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. 2.2. 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

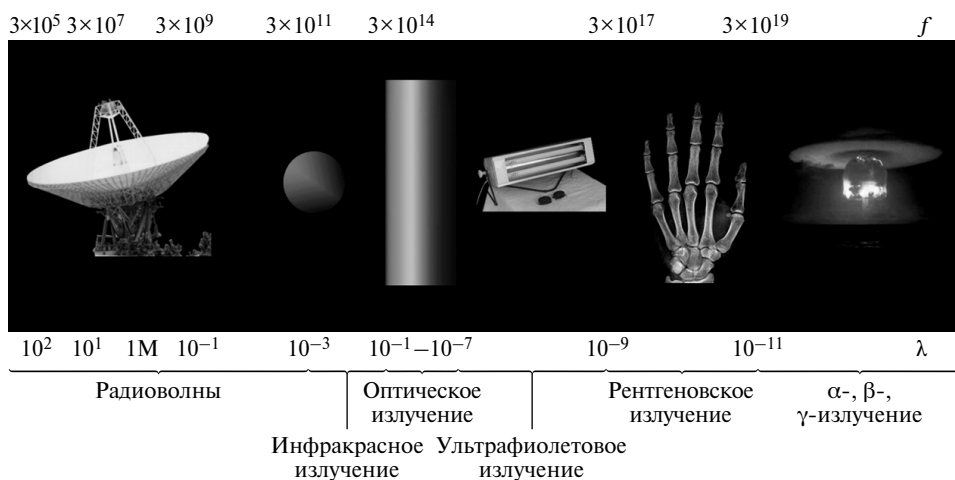


Рис. 2.3. Спектр электромагнитных излучений

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

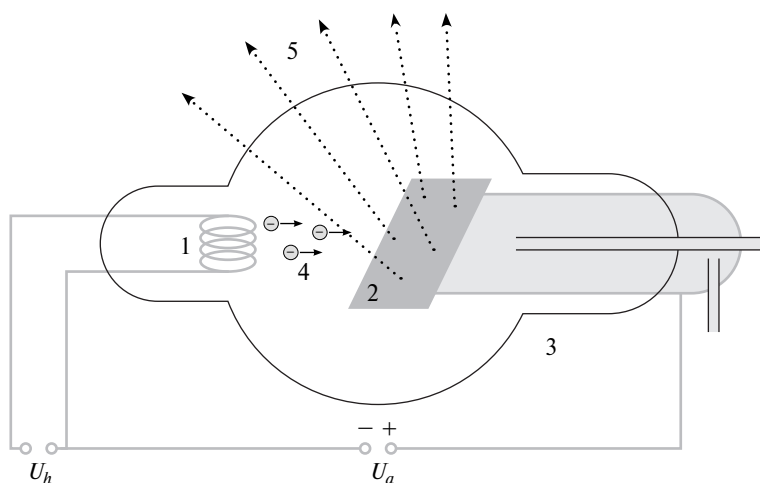


Рис. 2.4. Принципиальная схема рентгеновской трубки: 1 — катод; 2 — анод; 3 — стеклянная колба; 4 — поток электронов; 5 — пучок рентгеновских лучей

(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 укладывают (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

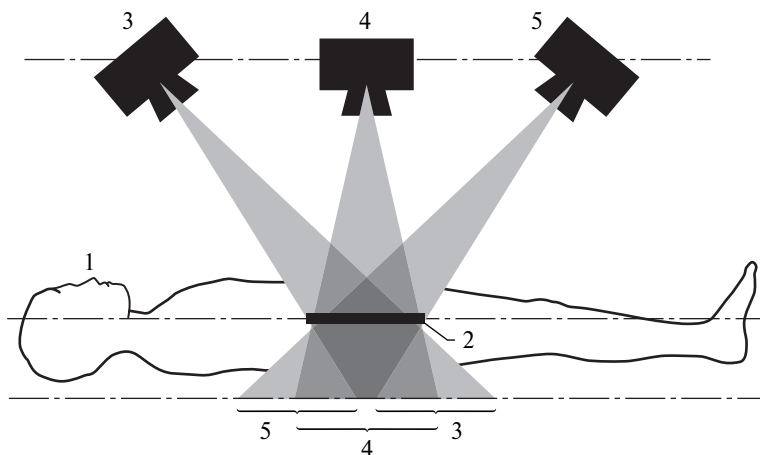


Рис. 2.10. Схема получения томографического изображения: 1 — исследуемый объект; 2 — томографический слой; 3–5 — последовательные положения рентгеновской трубки и приемника излучения в процессе исследования

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).

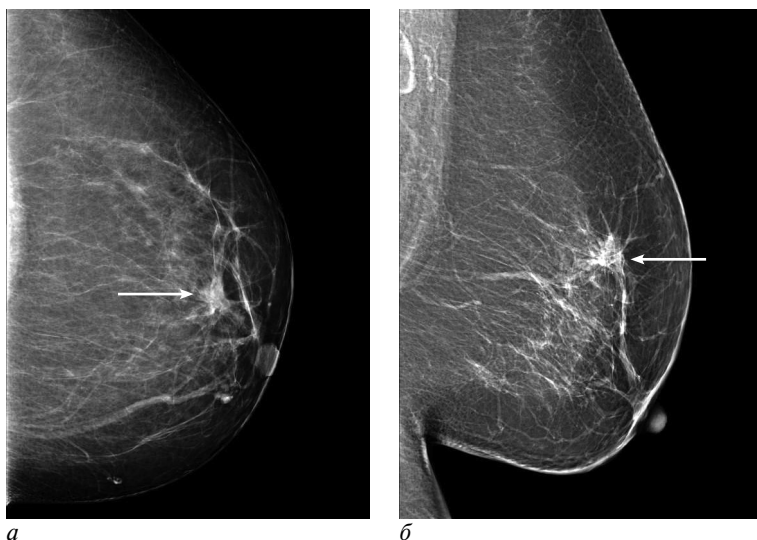


Рис. 2.13. Рентгенограммы молочной железы в краниокаудальной (а) и косой (б) проекциях. Рак молочной железы (стрелки)

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, мочевой пузырь.

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.

Пневмомиелография — рентгенологическое исследование подпаутинного 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.

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).



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

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



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).

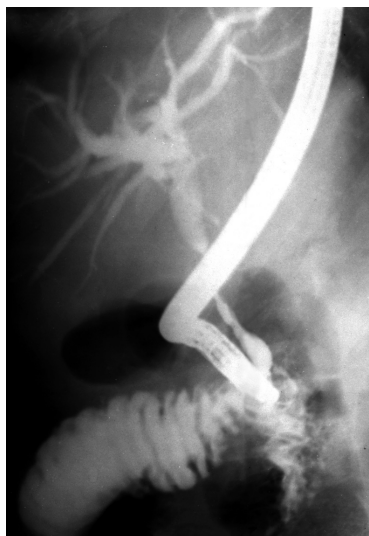


Рис. 2.18. Ретроградная холангиопанкреатограмма. Норма

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 уретеропиелография — 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

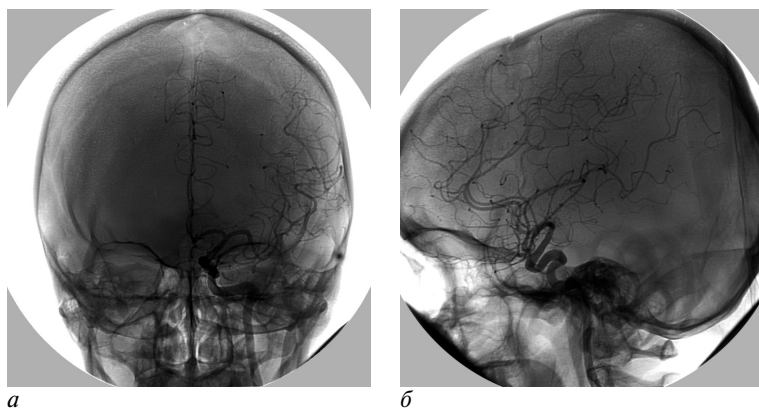


Рис. 2.21. Каротидные ангиограммы в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Норма

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 остеоидистрофии.
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 остеоидистрофии; 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?