

Лучевая диагностика  
**ЗАБОЛЕВАНИЙ**  
**ОРГАНОВ ГРУДНОЙ**  
**КЛЕТКИ**

# Problem Solving in **CHEST IMAGING**

**Subba R. Digumarthy, MD**

Radiologist

Massachusetts General Hospital;

Assistant Professor of Radiology

Harvard Medical School

Boston, Massachusetts

**Suhny Abbara, MD**

Chief, Cardiothoracic Imaging Division

Professor, Department of Radiology

UT Southwestern Medical Center

Dallas, Texas

**Jonathan H. Chung, MD**

Section Chief, Thoracic Radiology

Associate Professor

The University of Chicago Medicine

Chicago, Illinois



Лучевая диагностика

# ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Субба Р. Дигумарти, Сухни Аббара и Джонатан Х. Чанг

Перевод с английского  
М.П. Дружинин



Москва, 2023

УДК 616-073.75  
ББК 54.10+54.12+54.17  
Д44

**Лучевая** диагностика заболеваний органов грудной клетки /  
Д44 С.Р. Дигумарти, С. А. и Дж. Х. Чанг; перев. с англ. — М.: Издательство  
Панфилова, 2023, — 738 с.: илл.

ISBN 978-5-91839-122-8

В книге представлены практические аспекты лучевой визуализации органов грудной клетки: анатомия и патологические изменения, дифференциальная диагностика и стратегия лечения заболеваний легких, плевры, сердца, средостения, сосудов, диафрагмы и грудной стенки.

Подробно описаны такие новейшие внедрения в клиническую практику, как двухэнергетическая компьютерная томография и экспресс-МРТ, эндолюминальная имплантация аортального стента, изоляция легочной вены, транскатетерная имплантация аортального и митрального клапанов и установка бронхиального клапана, а также компьютерная томография сердца в условиях неотложной помощи. Особое внимание уделено диагностическому сопровождению пациентов с интерстициальными заболеваниями и новообразованиями легких, а также современным особенностям визуализации сердца, средостения и магистральных сосудов.

Издание содержит более 1500 высококачественных, тщательно подобранных иллюстраций.

Книга предназначена для врачей лучевой диагностики.

УДК 616-073.75  
ББК 54.10+54.12+54.17

#### Предупреждение

Этот перевод выполнен ООО «Издательство Панфилова», которое несет за него полную ответственность. Практики и исследователи всегда должны полагаться на свои собственные знания и опыт при оценке и использовании любой информации, методов и результатов, описанных в этой книге. Из-за быстрых изменений в медицинской практике и науке необходима независимая проверка диагнозов и дозировок лекарственных средств. В рамках, определенных действующими законами Elsevier, авторы, редакторы или распространители не несут ответственности за любые повреждения и/или ущерб, нанесенный людям или соб-

ственности в результате небрежности или иных обстоятельств, или из-за применения или действия любых идей, инструкций, процедур или продуктов, описанных в этой книге.

Каждый раздел данной книги защищен авторскими правами. Любое ее использование вне положений закона об авторском праве при отсутствии письменного согласия издательства недопустимо и наказуемо. Ни одна из частей данной книги не может быть воспроизведена в какой-либо форме без письменного разрешения издательства.

This edition of *Problem Solving in Chest Imaging by Subba R. Digumarthy, Suhny Abbara and Jonathan H. Chung* is published by arrangement with Elsevier Inc.

Это издание *Problem Solving in Chest Imaging by Subba R. Digumarthy, Suhny Abbara and Jonathan H. Chung* публикуется на русском языке по соглашению с Elsevier Inc.

Copyright © 2020 by Elsevier. All rights reserved.  
ISBN 978-0-323-04132-4

ISBN 978-5-91839-122-8

© 2023 Перевод на русский язык, подготовка оригинал-макета, верстка, оформление  
ООО «Издательство Панфилова»

# Содержание

Список аббревиатур, viii

## РАЗДЕЛ 1 Анатомия

- 1 **Нормальная анатомия легких, 2**  
*Kiran Batra*  
*Kirk Jordan*  
*Stephen Fisher*  
*Suhny Abbara*
- 2 **Средостение, грудная стенка и диафрагма, 19**  
*Mohammad Sarwar*  
*Jared Isaacson*  
*Suhny Abbara*
- 3 **Лучевая анатомия сердца и крупных сосудов грудной полости, 33**  
*Sachin S. Saboo*  
*Prabhakar Rajiah*  
*Prashant Nagpal*  
*Suhny Abbara*
- 4 **Пошаговый анализ компьютерных томограмм камер сердца, 57**  
*Ahmed H. El-Sherief*  
*Michael Bolen*  
*Carlos A. Rojas*

## РАЗДЕЛ 2 Методы визуализации

- 5 **Рентгенологические методы, 68**  
*Dhiraj Baruah*  
*Kaushik Shahir*  
*Lawrence R. Goodman*
- 6 **КТ легких: сканер, протокол, дозы, 77**  
*Venkatesh Arumugam Murugan*  
*Atul Padole*  
*Azadeh Tabari*  
*Mannudeep K. Kalra*
- 7 **КТ сердечно-сосудистой системы, 93**  
*Rachel Edwards*  
*Gregory A. Kicska*  
*Guatham P. Reddy*
- 8 **МРТ легких, средостения, сосудов и грудной стенки, 104**  
*Daniel Jeong*  
*Scott K. Nagle*  
*Christopher J. François*

- 9 **МРТ сердца, 122**

*Rachel Edwards*  
*Gregory A. Kicska*  
*Guatham P. Reddy*

- 10 **Ангиография и сосудистые вмешательства, 133**

*Anil K. Pillai*  
*Jerry Kovoov*  
*Sanjeeva P. Kalva*

- 11 **Проблемно-ориентированное радионуклидное перфузионное исследование миокарда, 147**

*Vikas Veeranna*  
*Sharmila Dorbala*

- 12 **Радиоизотопные исследования органов грудной клетки, 166**

*Yingbing Wang*

## РАЗДЕЛ 3 Особенности визуализации

- 13 **Введение в терминологию, 186**

*Sachin S. Saboo*  
*Mukta D. Agrawal*  
*Sandeep S. Hedgire*  
*Robert Joodi*  
*Suhny Abbara*

- 14 **Дифференциально-диагностическое значение рентгенологических данных, 218**

*Adam Bernheim*  
*Carol C. Wu*  
*Subba R. Digumarthy*

## РАЗДЕЛ 4 Частные вопросы лучевой диагностики

- 15 **Врожденные заболевания и аномалии развития легких и дыхательных путей, 234**

*Matthew Gilman*

- 16 **Инфекции, 253**

*Christopher M. Walker*  
*Subba R. Digumarthy*

- 17** Новообразования легких и дыхательных путей, 274  
*Brett W. Carter*  
*Girish S. Shroff*  
*Carol C. Wu*
- 18** Заболевания легких, связанные с курением, 289  
*Lindsay E. Wright*  
*Paul von Herrmann*  
*Stephen B. Hobbs*
- 19** Интерстициальные болезни легких, 303  
*Christopher Lee*  
*Jonathan H. Chung*
- 20** Профессиональные и ингаляционные заболевания легких, 318  
*Christian W. Cox*  
*Lara A. Walkoff*
- 21** Гиперчувствительный пневмонит, 331  
*Sudhakar Pipavath*  
*Jay Champlin*
- 22** Эозинофильная болезнь легких, 338  
*Arlene Sirajuddin*  
*Jeffrey P. Kanne*
- 23** Коллагеновые заболевания сосудов и васкулит, 347  
*Julia Capobianco*  
*Bruno Hochhegger*  
*Jeffrey P. Kanne*  
*Gustavo Meirelles*
- 24** Кистозная болезнь легких, 360  
*Rachna Madan*  
*Thanissara Chansakul*
- 25** Радиационные, лекарственные и наркотически-индуцированные болезни легких, 372  
*Travis S. Henry*
- 26** Диффузная болезнь легких с депозитами кальция и липидов, 385  
*Hsiang-Jer Tseng*  
*Brent P. Little*
- 27** Заболевания сосудов легких, 404  
*Michael T. Lu*  
*Pedro Vinícius Staziaki*  
*Evan James Zucker*
- 28** Врожденные аномалии развития сердца и сосудов, 423  
*Carlos A. Rojas*  
*Tony Hany Fattouch*
- 29** Приобретенные заболевания аорты, 439  
*Jonathan H. Chung*  
*Suhny Abbara*  
*Tami J. Bang*
- 30** Ишемическая болезнь сердца, 457  
*Julian L. Wichmann*  
*Akos Varga-Szemes*  
*Pal Spruill Suranyi*  
*U. Joseph Schoepf*
- 31** Кардиомиопатия и миокардит, 471  
*Brian B. Ghoshhajra*  
*Pedro Vinícius Staziaki*  
*Marie-Helene Levesque*
- 32** Опухоли сердца и сосудов, 492  
*Nagina Malguria*  
*Attila Tóth*  
*Suhny Abbara*
- РАЗДЕЛ 5** Отдельные анатомические области грудной клетки
- 33** Диафрагма и грудная стенка, 522  
*Cameron Hassani*  
*Christopher Lee*
- 34** Проблемы и решения: средостение, 542  
*Jeanne B. Ackman*
- 35** Плевра, 570  
*Matthew P. Moy*  
*Gerald F. Abbott*  
*Subba R. Digumarthy*
- 36** Трахея и бронхи, 584  
*Pierluigi Ciet*  
*Benedikt H. Heidinger*  
*Nihara Chakrala*  
*Diana Litmanovich*
- 37** Сердечные клапаны, 612  
*Ahmed H. El-Sherief*  
*Rahul Renapurkar*  
*Michael Bolen*
- 38** Визуализация перикарда, 619  
*Seth Kligerman*
- РАЗДЕЛ 6** Особые клинические ситуации
- 39** Лучевая диагностика у пациентов отделений интенсивной терапии, 644  
*Steven Zangan*  
*Rishi Ramakrishna*



- 40** КТ сердца в диагностике острого коронарного синдрома в условиях оказания неотложной помощи, 656  
*Christopher G. Brown*  
*Charles S. White*
- 41** Трансплантация легких и сердца, 669  
*Brett M. Elicker*  
*Karen Ordovas*
- 42** Внутригрудные вмешательства, 685  
*Florian J. Fintelmann*  
*Jo-Anne O. Shepard*  
*Amita Sharma*
- 43** Диагностическая визуализация при травме грудной клетки, 697  
*Saurabh Agarwal*  
*Constantine Raptis*  
*Sanjeev Bhalla*

# Список аббревиатур

- 133Xe — ксенон-133  
18ФДГ-ПЭТ — позитронно-эмиссионная томография с 18-фтордезоксиглюкозой  
2D — двухмерный  
3D — трехмерный  
3D-КЛТ — трехмерная конформная лучевая терапия  
99mTc — технеций-99m  
ABIM (American Board of Internal Medicine) — Американский Совет по внутренним болезням  
ACLS — неотложная помощь при заболеваниях сердца  
ALCAPA — аномальное начало левой коронарной артерии  
ALK — киназа анапластической лимфомы  
AMBER — улучшенная многолучевая выравнивающая рентгенография  
ANCA — антимиелопероксидазные антинейтрофильные цитоплазматические антитела  
ARCAPA — аномальное начало правой коронарной артерии от легочной артерии  
ASL — маркировка артериального спина  
ATS — Американское торакальное общество  
ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) — Агентство по токсинам и профессиональным заболеваниям  
BNP — натрий-уретический пептид В-типа  
bSSFP — динамическое равновесие в режиме реального времени  
CAD — компьютер-ассистированное обнаружение  
CADx — компьютер-ассистированная диагностика  
CCD — устройство с зарядовой связью  
CEMRA — трехмерная контрастная МР-ангиография  
CMOS — комплементарные металлоксидные полупроводящие камеры  
CSR — отношение химического сдвига  
CTDIvol — средний томографический индекс дозы  
DCE — динамическое контрастное усиление  
DCE — отсроченное контрастное усиление  
EGFR — рецептор эпидермального фактора роста  
ERS — Европейское респираторное общество  
FSE — быстрое спин-эхо  
GRACE — (Global Registry of Acute Coronary Events) — глобальный регистр острых коронарных событий  
IASLC — Международная ассоциация изучения рака легкого  
IASLC — Международная ассоциация изучения рака легкого (International Association for the Study of Lung Cancer)  
KRAS — вирус саркомы крыс Кирстен  
MPR — многоплоскостная реконструкция  
NCRP (National Council for Radiation Protection) — Национальный Совет по защите от радиации  
NLST (National Lung Screening Trial) — Национальное исследование по скринингу легких  
PIOPED — Проспективное исследование диагностики легочной эмболии  
PIOPED II — Проспективное исследование диагностики легочной эмболии II  
PSIR — магнитудная или фазово-чувствительная инверсия-восстановление  
SE — спин-эхо  
SSFP — последовательность балансирующей свободной прецессии в стабильном состоянии  
STIR — инверсия-восстановление спинного эха  
TIMI — тромболитический при инфаркте миокарда  
TSE — турбо спин-эхо  
USPSTF — рабочая группа службы профилактики заболеваний США  
VEC — динамическое фазово-контрастное исследование с кодированием скорости  
VEGF — сосудистый эндотелиальный фактор роста  
AAB — ANCA-ассоциированные васкулиты  
AAG — атипичная аденоматозная гиперплазия  
АБЛА — аллергический бронхолегочный аспергиллез  
AB — атриовентрикулярный  
ABM — артериовенозные мальформации  
AIC — аденокарцинома *in situ*  
AKK — аденоидно-кистозная карцинома  
AKK — аневризальная костная киста  
AKTG — адренокортикотропный гормон  
AKШ — аортокоронарное шунтирование  
АО — аортальный стеноз  
АОО — антител-опосредованное отторжение  
АПЖД — аритмогенная правожелудочковая дисплазия  
АПЖК — аритмогенная правожелудочковая кардиомиопатия  
АПЖК/Д — аритмогенная правожелудочковая кардиомиопатия или дисплазия  
AP — аортальная регургитация  
АУЭ — режим автоматического управления экспозицией  
БАК — бронхоальвеолярная карцинома  
БАЛ — бронхоальвеолярный лаваж  
БАФ — бронхиальный антракофиброз  
БВВ — болезнь вспомогательных веществ  
БКА — болезнь коронарных артерий  
БОЛЦ — болезнь отложения легких цепей  
БСВ — большая сердечная вена  
БТПХ — болезнь «трансплантат против хозяина»  
БХГ — синдром Бёрта-Хогга-Дюбе  
ВАП — вентилятор-ассоциированная пневмония  
ВБК — воспалительная болезнь кишечника  
ВБС — врожденная болезнь сердца  
ВГП — внегоспитальная пневмония  
ВДГ — врожденные диафрагмальные грыжи  
ВДЛЖ — внутренний диаметр левого желудочка  
ВДЭ — врожденная долевая эмфизема  
ВКАМ — врожденные кистозные аденоматоидные мальформации  
ВЛД — вторичная легочная доля  
ВМДП — врожденные мальформации дыхательных путей  
ВОТ — Всемирная организация труда  
ВПВ — верхняя полая вена  
ВСВИ — воспалительный синдром восстановления иммунитета  
ВСС — внезапная сердечная смерть  
ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование  
ВТЛЖ — выходной тракт левого желудочка



- ВТПЖ — выходной тракт правого желудочка  
 ВТС — васкулопатия трансплантированного сердца  
 ГБ — грыжа Бохдалека  
 ГКМ — гипертрофическая кардиомиопатия  
 ГЛА — главная легочная артерия  
 ГМ — грыжа Морганьи  
 ГМ-КСФ — гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор  
 ГП — гиперчувствительный пневмонит  
 ГП — госпитальная пневмония  
 ГПА — гранулематоз с полиангиитом (гранулематоз Вегенера)  
 ГПОД — грыжи пищеводного отверстия диафрагмы  
 ДАК — двустворчатый аортальный клапан  
 ДАП — диффузное альвеолярное повреждение  
 ДИП — десквамативная интерстициальная пневмония  
 ДКМ — дилатационная кардиомиопатия  
 ДКПК — дубликационная киста передней кишки  
 ДМ — дерматомиозит  
 ДМЖП — дефект межжелудочковой перегородки  
 ДМПП дефект(ы) межпредсердной перегородки  
 ДСБ — добавочный сердечный бронх  
 ДТКА — декстротранспозиция крупных артерий  
 ДТПА — диэтилентриаминпентацетат  
 ДЭКТ — двухэнергетическое сканирование  
 ЗВЛЖ — задняя вена левого желудочка  
 ЗИ — зона интереса  
 ЗЛВ — задне-латеральные ветви  
 ЗМС — затемнение по типу матового стекла  
 ЗНА — задняя нисходящая артерия  
 ЗСПБ — задняя стенка промежуточного бронха  
 ЗФГ — злокачественная фиброзная гистиоцитома  
 ИБЛ — интерстициальная болезнь легких  
 ИБС — ишемическая болезнь сердца  
 ИГ — индекс Галлера  
 ИДКДП — избыточный динамический коллапс дыхательных путей  
 ИИП — идиопатическая интерстициальная пневмония  
 ИИС — индекс интенсивности сигнала  
 ИКАГ — инвазивная коронароангиография  
 ИКД — измеряемый коэффициент диффузии  
 ИКД — имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы  
 ИМ — инфаркт миокарда  
 ИМБПСТ — инфаркт миокарда без подъема сегмента ST  
 ИМГ — интрамуральная гематома  
 ИМСПСТ — инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST  
 ИПАП — интерстициальная пневмония с аутоиммунными признаками  
 ИПФ — идиопатический пневмофиброз  
 ИСК — интрамуральное скопление крови  
 ИССЛЭ — изолированная субсегментарная легочная эмболия  
 КДДЛЖ — конечный диастолический диаметр левого желудочка  
 КЗС — коллагеновые заболевания сосудов  
 КИКА — кальциевый индекс коронарных артерий  
 ККА — кальцификация коронарных артерий  
 КККЛ — крупноклеточная карцинома легкого  
 ККНЭЖ — крупноклеточная нейроэндокринная карцинома  
 кМПП — криволинейные многоплоскостные реконструкции  
 КМРТ — кардиальная магнитно-резонансная томография  
 КНП — критерии надлежащего применения  
 КП — констриктивный перикардит  
 КР — коронарный резерв  
 КС — коронарный синус  
 КТ — компьютерная томография  
 КТА — контрастная КТ-ангиография  
 КТА — КТ-ангиография  
 КТАПГ — КТ-ангиопульмонография  
 КТВ — КТ-венография  
 КТВР — КТ высокого разрешения  
 КТКАГ — КТ-коронароангиография  
 ЛА — легочные артерии  
 ЛАВВ — легочный аномальный венозный возврат  
 ЛАВМ — легочная артериовенозная мальформация  
 ЛАГ — легочная артериальная гипертензия  
 ЛАМ — легочная артериовенозная мальформация  
 ЛАМ — лимфангиолейомиоматоз  
 ЛВГА — левая внутренняя грудная артерия  
 ЛВД — левая верхняя доля  
 ЛВЛВ — левая верхняя легочная вена  
 ЛГ — легочная гипертензия  
 ЛГКА — левая главная коронарная артерия  
 ЛЖ — левый желудочек  
 ЛЖВУ — левожелудочковое вспомогательное устройство  
 ЛЖНК — левожелудочковая некомпактная кардиомиопатия  
 ЛИП — лимфоцитарная интерстициальная пневмония  
 ЛКА — левая коронарная артерия  
 ЛКГ — лангергансоподобный гистиоцитоз  
 ЛЛА — левая легочная артерия  
 ЛЛКГ — легочный лангергансоподобный гистиоцитоз  
 ЛМ — лимфатические мальформации  
 ЛМВ — левая маргинальная вена  
 ЛНГ — лихорадка неясного генеза  
 ЛНД — левая нижняя доля  
 ЛНЛВ — левая нижняя легочная вена  
 ЛОА — левая огибающая коронарная артерия  
 ЛП — левое предсердие  
 ЛПНА — левая передняя нисходящая артерия  
 ЛР — легочная регургитация  
 ЛС — легочный ствол  
 ЛС — легочный стеноз  
 ЛЭ — легочная эмболия  
 МАА — макроагрегат альбумина  
 МАЛТ — мукозо-ассоциированная лимфоидная ткань  
 МБ — мостовидный бронх  
 МВА — микроволновая абляция  
 МДКТ — мультidetекторная компьютерная томография  
 МЕТ — метаболический эквивалент работы (метаболический эквивалент)  
 МЖП — межжелудочковая перегородка  
 МИА — минимально инвазивная аденокарцинома  
 МКРЛ — мелкоклеточный рак легкого  
 МПА — микроскопический полиангиит  
 МПП — межпредсердная перегородка  
 МПР — многоплоскостные реконструкции  
 МР — митральная регургитация  
 МРА — магнитно-резонансная ангиография  
 МРБС — межреберно-бронхиальный ствол  
 МРТ — магнитно-резонансная томография  
 МС — митральный стеноз  
 МЭК — мукоэпидермоидная карцинома  
 НГТ — наследственная геморрагическая телеангиоэктазия  
 НМКРЛ — немелкоклеточный рак легкого  
 НПВ — нижняя полая вена  
 НСИП — неспецифическая интерстициальная пневмония  
 НСФ — нефрогенный системный фиброз  
 ОАП — открытый артериальный проток  
 ОБ — облитерирующий бронхит

- ОБИП — обычная интерстициальная пневмония  
 ОДКТ — одноклеточные КТ-сканеры  
 ОДП — однонуклеотидный полиморфизм  
 ОЕЛ — общая емкость легких  
 ОИ — область интереса  
 ОИП — обычная интерстициальная пневмония  
 ОИП — острая интерстициальная пневмония  
 ОКО — острое клеточное отторжение  
 ОКС — острый коронарный синдром  
 ОНП — отделение неотложной помощи  
 ООПН — опухоль оболочки периферического нерва  
 ОП — организующаяся пневмония  
 ОРДС — острый респираторный дистресс-синдром  
 ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии  
 ОсИП — острая интерстициальная пневмония  
 ОТП — остеохондропластическая трахеобронхопатия  
 ОФВ1 — объем форсированного выдоха за одну секунду  
 ОФОП — острая фибринозная и организующаяся пневмония  
 ОФЭКТ — однофотонная эмиссионная компьютерная томография  
 ОЭП — острая эозинофильная пневмония  
 ПБ — промежуточный бронх  
 ПВД — правая верхняя доля  
 ПВЛВ — правая верхняя легочная вена  
 ПДТ — первичная дисфункция трансплантата  
 ПЖ — правый желудочек  
 ПИМ — перфузионное исследование миокарда  
 ПКА — правая коронарная артерия  
 ПКГ — позднее контрастирование гадолинием  
 ПЛА — правая легочная артерия  
 ПМ — полимиозит  
 ПНД — правая нижняя доля  
 ПНЛВ — правая нижняя легочная вена  
 ПОМП — пневмония, связанная с оказанием медицинской помощи  
 ПП — правое предсердие  
 ППКМ — перипаретальная кардиомиопатия  
 ППС — площадь поперечного сечения  
 ППФЭ — плевропаренхимальный фиброэластоз  
 ПСД — правая средняя доля  
 ПСС — прогрессирующий системный склероз  
 ПТЛР — посттрансплантационное лимфопролиферативное расстройство  
 ПУ — пневмококиоз угольчиков  
 ПЦП — пневмоцистная пневмония  
 ПЭ — подкожная эмфизема  
 ПЭП — простая эозинофильная пневмония  
 ПЭТ — позитронная эмиссионная томография  
 ПЯА — пенетрирующая язва аорты  
 РА — ревматоидный артрит  
 РБ — респираторный бронхиолит  
 РБ-ИБЛ — респираторный бронхиолит-интерстициальная болезнь легких  
 РКИ — рандомизированные клинические исследования  
 РОГК — рентгенография органов грудной клетки  
 РП — рецидивирующий полихондрит  
 РСВ — респираторный синцитиальный вирус  
 РЧ — радиочастотный  
 РЧА — радиочастотная абляция  
 СА — синоатриальный  
 СВР — сканирующая выравнивающая рентгенография  
 СЗСТ — смешанное заболевание соединительной ткани  
 СКВ — системная красная волчанка  
 СКК — сквамозноклеточная карцинома  
 СКПЭ — комбинированный пневмофиброз и эмфизема  
 СКПЭ — синдром комбинированных пневмофиброза и эмфиземы  
 СКТ — селективный катетерный тромболизис  
 СЛАД — среднее легочное артериальное давление  
 СЛТ — стереотаксическая лучевая терапия  
 СЛУ — солитарный легочный узелок  
 СОБ — синдром облитерирующего бронхиолита  
 СПД — систолическое переднее движение  
 СРАР — терапия постоянным положительным давлением  
 СЧС — синдром Чарг-Стросса  
 СШ — синдром Шегрена  
 тАП — тканевой активатор плазминогена  
 ТБА — трахеобронхиальный амилоидоз  
 ТБМ — трахеобронхомаляция  
 ТГВ — тромбоз глубоких вен  
 ТЕ — временное эхо  
 ТИД — транзиторная ишемическая дилатация  
 ТК — трикуспидальный клапан  
 ТКМ — трансплантация костного мозга  
 ТПС — трахеопищеводные свищи  
 ТР — трикуспидальная регургитация  
 ТТН — тест толерантности к нагрузке  
 УЛП — ушко левого предсердия  
 УМС — уплотнения по типу матового стекла  
 УПП — ушко правого предсердия  
 ФВ — фракция выброса  
 ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка  
 ФД — фиброзная дисплазия  
 ФДГ — фтордезоксиглюкоза  
 ФИЛ — функциональное исследование легких  
 ФРК — фракционный резерв кровотока  
 ФРК-КТ — КТ фракционного резерва кровотока  
 ХБ — хронический бериллиоз  
 ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких  
 ХРЛО — хирургическая редукция легочного объема  
 ХТЭЛГ — хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия  
 ХЭП — хроническая эозинофильная пневмония  
 ЦМВ — цитомегаловирус  
 ЦНС — центральная нервная система  
 ЦТ — цифровой томосинтез  
 ЧАЛВВ — частичный аномальный легочный венозный возврат  
 ЧСС — частота сердечных сокращений  
 ЭБА — эмболизация бронхиальной артерии  
 ЭБТВ — эндобронхиальный туберкулез  
 ЭГПА — эозинофильный гранулематоз с полиангиитом  
 ЭКГ — электрокардиография  
 ЭПП — экстраплевральное пространство  
 ЯПД — язвенноподобный дефект

## Соавторы

### **Suhny Abbara, MD**

Chief, Cardiothoracic Imaging Division, Professor,  
Department of Radiology, UT Southwestern Medical Center,  
Dallas, TX

*Normal Anatomy of the Lungs*  
*Mediastinum, Chest Wall, and Diaphragm*  
*Imaging Anatomy of the Heart and Thoracic Great Vessels*  
*Introduction to Terminology*  
*Acquired Diseases of the Aorta*  
*Cardiac and Vascular Tumors*

### **Gerald F. Abbott, MD**

Associate Radiologist, Department of Imaging, Massachusetts  
General Hospital, Boston, MA

*The Pleura*

### **Jeanne B. Ackman, AB, MD, FACR**

Assistant Professor, Harvard Medical School; Radiologist,  
Massachusetts General Hospital, Boston, MA

*Problem Solving in the Mediastinum*

### **Saurabh Agarwal, MD**

Assistant Professor, Department of Diagnostic Imaging,  
The Warren Alpert Medical School of Brown University,  
Providence, RI

*Imaging of Thoracic Trauma*

### **Mukta D. Agrawal, MD**

Assistant Professor of Radiology, Oklahoma University  
Hospital Medical Sciences, Oklahoma City, OK

*Introduction to Terminology*

### **Tami J. Bang, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, University of  
Colorado School of Medicine,  
Aurora, CO

*Acquired Diseases of the Aorta*

### **Dhiraj Baruah, MD**

Assistant Professor and Chief, Cardiothoracic Radiology;  
Program Director, Scanlon Cardiothoracic Fellowship;  
Co-Director, Cardiac MRI; Medical Director, Emergency  
Radiology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI

*Radiographic Techniques*

### **Kiran Batra, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, UT  
Southwestern Medical Center, Dallas, TX

*Normal Anatomy of the Lungs*

### **Adam Bernheim, MD**

Assistant Professor of Radiology, Icahn School of Medicine at  
Mount Sinai, New York, NY; Adjunct Assistant Professor of  
Radiology, Emory University School of Medicine, Atlanta, GA

*Differential Diagnosis Based on Imaging Findings*

### **Sanjeev Bhalla, MD**

Professor of Radiology, Mallinckrodt Institute of Radiology, St.  
Louis, MO

*Imaging of Thoracic Trauma*

### **Michael Bolen, MD**

Cardiothoracic Radiology, Cleveland Clinic,  
Cleveland, OH

*Step-by-Step Analysis of Cardiac Chambers in CT*  
*Cardiac Valves*

### **Christopher G. Brown, MD**

Research Analyst, Department of Diagnostic Radiology,  
University of Maryland Medical Center, Baltimore, MD

*Cardiac CT for the Evaluation of Acute Coronary Syndrome in*  
*the Emergency Department*

### **Julia Capobianco, MD**

Chest Radiologist, Fleury Group, São Paulo, Brazil

*Collagen Vascular Diseases and Vasculitis*

### **Brett W. Carter, MD**

Diagnostic Radiology, University of Texas MD Anderson  
Cancer Center, Houston, TX

*Neoplasms of the Lung and Airways*

### **Nihara Chakrala, MD**

Formerly of the Department of Radiology, Beth Israel  
Deaconess Medical Center, Boston, MA

*Trachea and Bronchi*

### **Jay Champlin, MD**

Resident, Department of Radiology, University of Washington,  
Seattle, WA

*Hypersensitivity Pneumonitis*

### **Thanissara Chansakul, MD**

Neuroradiology Fellow, Radiology, Brigham and Women's  
Hospital/Harvard Medical School,

Boston, MA

*Cystic Lung Disease*

### **Jonathan H. Chung, MD**

Section Chief, Thoracic Radiology, Associate Professor, The  
University of Chicago Medicine, Chicago, IL

*Interstitial Lung Disease*

*Acquired Diseases of the Aorta*

### **Pierluigi Ciet, MD, PhD**

Thoracic Radiologist and Postdoc at Radiology-Nuclear  
Medicine and Pediatric Pulmonology Departments of the

Erasmus Medical Center, Rotterdam, Netherlands

*Trachea and Bronchi*

**Christian W. Cox, MD**

Department of Radiology, Mayo Clinic, Rochester, MN  
*Occupational and Inhalational Lung Diseases*

**Subba R. Digumarthy, MD**

Radiologist, Massachusetts General Hospital; Assistant Professor of Radiology, Harvard Medical School, Boston, MA  
*Differential Diagnosis Based on Imaging Findings*  
*Infection*  
*The Pleura*

**Sharmila Dorbala, MD, MPH, FACC, FASNC**

Associate Professor, Radiology, Harvard Medical School; Director, Nuclear Cardiology, Division of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, Department of Radiology, Division of Cardiology, Department of Medicine, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA  
*Problem-Oriented Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging*

**Rachel Edwards, MD**

Assistant Professor, Diagnostic Radiology, University of Washington, Seattle, WA  
*Cardiovascular CT*  
*Cardiac MRI*

**Brett M. Elicker, MD**

Professor of Clinical Radiology, Department of Radiology and Biomedical Imaging, University of California, San Francisco, San Francisco, CA  
*Lung and Heart Transplantation*

**Ahmed H. El-Sherief, MD**

Health Sciences Associate Clinical Professor, David Geffen School of Medicine at UCLA; Division of Cardiothoracic Imaging, Veterans Administration Greater Los Angeles Healthcare System, Los Angeles, CA  
*Step-by-Step Analysis of Cardiac Chambers in CT*  
*Cardiac Valves*

**Tony Hany Fattouch, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, University of Cincinnati, Cincinnati, OH  
*Congenital Heart and Vascular Disease*

**Florian J. Fintelmann, MD, Dr. med.**

Assistant Professor of Radiology, Harvard Medical School; Staff Radiologist, Department of Radiology, Division of Thoracic Imaging and Intervention, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Thoracic Interventions*

**Stephen Fisher, MD**

Fellow, Department of Radiology, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX  
*Normal Anatomy of the Lungs*  
*Mediastinum, Chest Wall, and Diaphragm*

**Christopher J. François, MD**

Professor, Department of Radiology, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI  
*Pulmonary, Mediastinal, Vascular, and Chest Wall MRI*

**Brian B. Ghoshhajra, MD, MBA**

Service Chief, Cardiovascular Imaging, Department of Radiology, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA  
*Imaging of Cardiomyopathy and Myocarditis*

**Matthew Gilman, MD**

Division of Thoracic Imaging and Intervention, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Congenital and Developmental Diseases of the Lungs and Airways*

**Lawrence R. Goodman, MD, FACR**

Professor, Department of Radiology, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI  
*Radiographic Techniques*

**Cameron Hassani, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, Keck Hospital of the University of Southern California, Los Angeles, CA  
*Diaphragm and Chest Wall*

**Sandeep S. Hedgire, MD**

Instructor of Radiology, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Introduction to Terminology*

**Benedikt H. Heidinger, MD**

Resident in Radiology, Department of Biomedical Imaging and Image-guided Therapy, Vienna General Hospital, Medical University of Vienna, Vienna, Austria  
*Trachea and Bronchi*

**Travis S. Henry, MD**

Associate Professor of Clinical Radiology, Department of Radiology and Biomedical Imaging, University of California San Francisco, San Francisco, CA  
*Radiation, Medication, and Illicit Drug-Related Lung Disease*

**Stephen B. Hobbs, MD, FSCCT**

Assistant Professor, Department of Radiology, University of Kentucky, Lexington, KY  
*Smoking-Related Lung Diseases*

**Bruno Hochhegger, MD, PhD**

Thoracic Radiologist and Professor of Radiology, Pontifical Catholic University, Rio de Janeiro, Brazil  
*Collagen Vascular Diseases and Vasculitis*

**Jared Isaacson, MD**

Resident, Department of Radiology, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX  
*Mediastinum, Chest Wall, and Diaphragm*

**Daniel Jeong, MD, MS**

Assistant Member, Department of Radiology, Moffitt Cancer Center, Tampa, FL  
*Pulmonary, Mediastinal, Vascular, and Chest Wall MRI*



**Robert Joodi, MD**

Faculty Radiologist, M&S Radiology Associates Pa, San Antonio, TX  
*Introduction to Terminology*

**Kirk Jordan, MS, MD**

Department of Radiology, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX  
*Normal Anatomy of the Lungs*

**Mannudeep K. Kalra, MBBS, MD, DNB**

Radiologist, Division of Thoracic and Cardiac Imaging, Massachusetts General Hospital; Professor, Harvard Medical School, Boston, MA  
*Pulmonary CT: The Scanner, the Protocol, and the Dose*

**Sanjeeva P. Kalva, MD, RPVI, FSIR**

Chief, Interventional Radiology; Professor, Department of Radiology, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX  
*Angiography and Interventions*

**Jeffrey P. Kanne, MD**

Professor, Department of Radiology, University of Wisconsin School of Medicine and Public Health, Madison, WI  
*Eosinophilic Lung Disease*  
*Collagen Vascular Diseases and Vasculitis*

**Gregory A. Kicska, MD, PhD**

Associate Professor, Department of Radiology, University of Washington, Seattle, WA  
*Cardiovascular CT*  
*Cardiac MRI*

**Seth Kligerman, MD**

Associate Professor, Division Chief of Cardiothoracic Imaging, Department of Diagnostic Radiology, University of California, San Diego, La Jolla, CA  
*Imaging of the Pericardium*

**Jerry Kovoov, MD**

Associate Professor of Clinical Radiology, Indiana University, Indianapolis, IN  
*Angiography and Interventions*

**Christopher Lee, MD**

Associate Professor, Department of Radiology, Keck School of Medicine of USC, Los Angeles, CA  
*Interstitial Lung Disease*  
*Diaphragm and Chest Wall*

**Marie-Helene Levesque, MD, FRCP**

Clinical Fellow in Cardiothoracic Imaging, Department of Radiology, Division of Cardiac Imaging, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA  
*Imaging of Cardiomyopathy and Myocarditis*

**Diana Litmanovich, MD**

Associate Professor, Radiology, Harvard Medical School; Attending, Department of Radiology, Beth Israel Deaconess Medical Center, Boston, MA  
*Trachea and Bronchi*

**Brent P. Little, MD**

Radiologist, Department of Radiology, Division of Thoracic Imaging and Intervention, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Diffuse Lung Disease With Calcification and Lipid*

**Michael T. Lu, MD, MPH**

Assistant Professor of Radiology, Harvard Medical School; Director of Research, Division of Cardiovascular Imaging, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Pulmonary Vascular Diseases*

**Rachna Madan, MD**

Associate Radiologist and Instructor, Radiology, Harvard Medical School; Thoracic Imaging, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA  
*Cystic Lung Disease*

**Nagina Malguria, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, Johns Hopkins University, Baltimore, MD  
*Cardiac and Vascular Tumors*

**Gustavo Meirelles, MD, PhD**

Medical Manager and Head of Thoracic Imaging, Radiology, Fleury Group, São Paulo, Brazil  
*Collagen Vascular Diseases and Vasculitis*

**Matthew P. Moy, MD**

Clinical Assistant, Department of Radiology, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*The Pleura*

**Venkatesh Arumugam Murugan, MD**

Radiology Resident, University of Massachusetts Medical School, Worcester, MA  
*Pulmonary CT: The Scanner, the Protocol, and the Dose*

**Scott K. Nagle, MD, PhD**

Associate Professor, Department of Radiology, University of Wisconsin–Madison, Madison, WI  
*Pulmonary, Mediastinal, Vascular, and Chest Wall MRI*

**Prashant Nagpal, MD**

Clinical Assistant Professor, Co-Director Cardiac CT, Department of Radiology, Division of Cardiovascular and Thoracic Radiology, University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa City, IA  
*Imaging Anatomy of the Heart and Thoracic Great Vessels*

**Karen Ordovas, MD, MAS**

Professor in Residence, Department of Radiology and Biomedical Imaging, University of California, San Francisco, San Francisco, CA  
*Lung and Heart Transplantation*

**Atul Padole, MD**

Research Fellow, Department of Radiology, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Pulmonary CT: The Scanner, the Protocol, and the Dose*

**Anil K. Pillai, MD, FRCR**

Associate Professor of Radiology, University of Texas Health Science Center, Houston, TX  
*Angiography and Interventions*

**Sudhakar Pipavath, MBBS, MD**

Professor of Radiology, Cardiothoracic Imaging Section, Department of Radiology, University of Washington Medical Center, Seattle, WA  
*Hypersensitivity Pneumonitis*

**Prabhakar Rajiah, MBBS, MD, FRCR**

Associate Professor of Radiology, Associate Director of Cardiac CT and MRI, Department of Radiology, Division of Cardiothoracic Imaging, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX  
*Mediastinum, Chest Wall, and Diaphragm*  
*Imaging Anatomy of the Heart and Thoracic Great Vessels*

**Rishi Ramakrishna, MD**

McHenry Radiologists and Imaging Associates, S.C., McHenry, IL  
*Intensive Care Imaging*

**Constantine Raptis, MD**

Associate Professor of Radiology, Mallinckrodt Institute of Radiology, St. Louis, MO  
*Imaging of Thoracic Trauma*

**Guatham P. Reddy, MD, MPH**

Professor of Radiology and Vice Chair for Education, Department of Radiology, University of Washington School of Medicine, Seattle, WA  
*Cardiovascular CT*  
*Cardiac MRI*

**Rahul Renapurkar, MD**

Cardiothoracic Radiology, Cleveland Clinic, Cleveland, Ohio  
*Cardiac Valves*

**Carlos A. Rojas, MD**

Cardiothoracic Section, Department of Radiology, Mayo Clinic Florida, Jacksonville, FL  
*Step-by-Step Analysis of Cardiac Chambers in CT*  
*Congenital Heart and Vascular Disease*

**Sachin S. Saboo, MD, FRCR**

Associate Professor of Radiology, UT Health Science Center, San Antonio, TX  
*Imaging Anatomy of the Heart and Thoracic Great Vessels*  
*Introduction to Terminology*

**Mohammad Sarwar, MD, FACR**

Associate Professor of Radiology, Cardiothoracic Division, UT Southwestern Medical Center, Dallas, TX  
*Mediastinum, Chest Wall, and Diaphragm*

**U. Joseph Schoepf, MD, FACR, FAHA, FNASCI, FSCBT-MR, FSCCT**

Professor of Radiology, Medicine, and Pediatrics, Director, Division of Cardiovascular Imaging, Vice Chair for Research Development, Department of Radiology and Radiological Science, Medical University of South Carolina, Charleston, SC  
*Ischemic Cardiac Disease*

**Kaushik Shahir, MD**

Associate Professor, Cardiothoracic Radiology, University of South Florida, Tampa, FL  
*Radiographic Techniques*

**Amita Sharma, MD**

Assistant Professor of Radiology, Harvard Medical School; Staff Radiologist, Department of Radiology, Division of Thoracic Imaging and Intervention, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Thoracic Interventions*

**Jo-Anne O. Shepard, MD**

Professor of Radiology, Harvard Medical School; Director, Thoracic Imaging and Intervention, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Thoracic Interventions*

**Girish S. Shroff, MD**

Diagnostic Radiology, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX  
*Neoplasms of the Lung and Airways*

**Arlene Sirajuddin, MD**

National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute, Bethesda, MD  
*Eosinophilic Lung Disease*

**Pedro Vinícius Staziaki, MD**

Research Fellow, Department of Radiology, Cardiac MR PET CT Program, Massachusetts General Hospital, Harvard University; Radiology Resident, Department of Radiology, Boston Medical Center, Boston University School of Medicine, Boston, MA  
*Pulmonary Vascular Diseases*  
*Imaging of Cardiomyopathy and Myocarditis*

**Pal Spruill Suranyi, MD, PhD**

Associate Professor of Radiology and Medicine/Cardiology, Department of Radiology and Radiological Science, Division of Cardiovascular Imaging and Department of Medicine, Division of Cardiology, Medical University of South Carolina, Charleston, SC  
*Ischemic Cardiac Disease*

**Azadeh Tabari, MD**

Research Fellow, Department of Radiology, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Pulmonary CT: The Scanner, the Protocol, and the Dose*

**Attila Tóth, MD**

Radiologist and Cardiac MR Specialist, Heart and Vascular Center, Semmelweis University, Budapest, Hungary  
*Cardiac and Vascular Tumors*



**Hsiang-Jer Tseng, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, Advent Health Medical Group, University of Central Florida College of Medicine, Orlando, FL  
*Diffuse Lung Disease With Calcification and Lipid*

**Akos Varga-Szemes, MD, PhD**

Assistant Professor, Division of Cardiovascular Imaging, Department of Radiology and Radiological Science, Medical University of South Carolina, Charleston, SC  
*Ischemic Cardiac Disease*

**Vikas Veeranna, MD**

Director of Cardiac Imaging, Division of Cardiology, Department of Medicine, Berkshire Health Systems, Pittsfield, MA  
*Problem-Oriented Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging*

**Paul von Herrmann, MD**

Lauderdale Radiology Group, Florence, AL  
*Smoking-Related Lung Diseases*

**Christopher M. Walker, MD**

Associate Professor of Radiology, Department of Radiology, The University of Kansas Medical Center, Kansas City, KS  
*Infection*

**Lara A. Walkoff, MD**

Department of Radiology, Mayo Clinic, Rochester, MN  
*Occupational and Inhalational Lung Diseases*

**Yingbing Wang, MD**

Radiologist, Department of Radiology, Massachusetts General Hospital, Boston, MA  
*Thoracic Nuclear Imaging*

**Charles S. White, MD**

Department of Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine, University of Maryland School of Medicine, Baltimore, MD  
*Cardiac CT for the Evaluation of Acute Coronary Syndrome in the Emergency Department*

**Julian L. Wichmann, MD**

Visiting Instructor, Division of Cardiovascular Imaging, Medical University of South Carolina, Charleston, SC, United States; Resident, Department of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Frankfurt, Frankfurt, Germany  
*Ischemic Cardiac Disease*

**Lindsay E. Wright, MD**

Assistant Professor, Department of Radiology, The Ohio State University Wexner Medical Center, Columbus, OH  
*Smoking-Related Lung Diseases*

**Carol C. Wu, MD**

Associate Professor, Diagnostic Radiology, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX  
*Differential Diagnosis Based on Imaging Findings  
Neoplasms of the Lung and Airways*

**Steven Zangan, MD**

Associate Professor of Radiology, University of Chicago, Chicago, IL  
*Intensive Care Imaging*

**Evan James Zucker, MD**

Clinical Assistant Professor of Radiology, Department of Radiology, Stanford University School of Medicine, Stanford, CA  
*Pulmonary Vascular Diseases*



## ГЛАВА 3

# Лучевая анатомия сердца и крупных сосудов грудной полости

Sachin S. Saboo, Prabhakar Rajiah, Prashant Nagpal, Suhny Abbara

### ОГЛАВЛЕНИЕ

#### Введение, 33

Анатомия сердца на стандартных рентгенограммах, 33  
Плоскости визуализации сердца, 34  
Камеры сердца, 35  
Сердечные клапаны, 41  
Коронарные артерии, 24  
Доминантные коронарные артерии, 43  
Сердечные вены, 46

Перикард, 46  
Грудная аорта, 49  
Легочные артерии, 50  
Бронхиальные артерии, 51  
Верхняя полая вена, 52  
Системы непарной, полунепарной и добавочной полунепарной вен, 53  
Заключение, 55

### ■ Введение

Для оценки нормальной анатомии и диагностики патологии сердца и крупных сосудов используются различные методы визуализации. Наиболее распространенным и иногда первым методом исследования у пациентов с подозрением на заболевание сердечно-сосудистой системы является рентгенография органов грудной клетки. Появление таких современных методов исследования как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) обеспечило возможность более полной и точной оценки морфологии и функции сердца, визуализации сердечных камер, коронарных сосудов и клапанов сердца. Применение ретроспективного электрокардиографического (ЭКГ) гейтинга или проспективного триггеринга и расширенных постпроцессинговых методов позволяет увидеть сердечные структуры в различных плоскостях и без артефактов движения.

### Анатомия сердца на стандартных рентгенограммах

Стандартная рентгенография органов грудной клетки в задне-передней и боковой проекциях позволяет оценить нормальную и патологическую анатомию частей сердечно-сосудистой системы, контактирующих с легкими. На рентгенограмме в задне-передней проекции правая граница кардиомедиастинальной тени образована (в направлении сверху вниз) правой безымянной веной, верхней полой веной (ВПВ), ушком правого предсердия (УПП), правым предсердием (ПП) и нижней полой веной (НПВ, рис. 3.1, А). Левая граница кардиомедиастинальной тени образована (в направлении сверху вниз) левой подключичной артерией, дугой аорты, аортолегочным окном, главной легочной артерией (ГЛА), ушком левого предсердия (УЛП) и левым желудочком (ЛЖ).

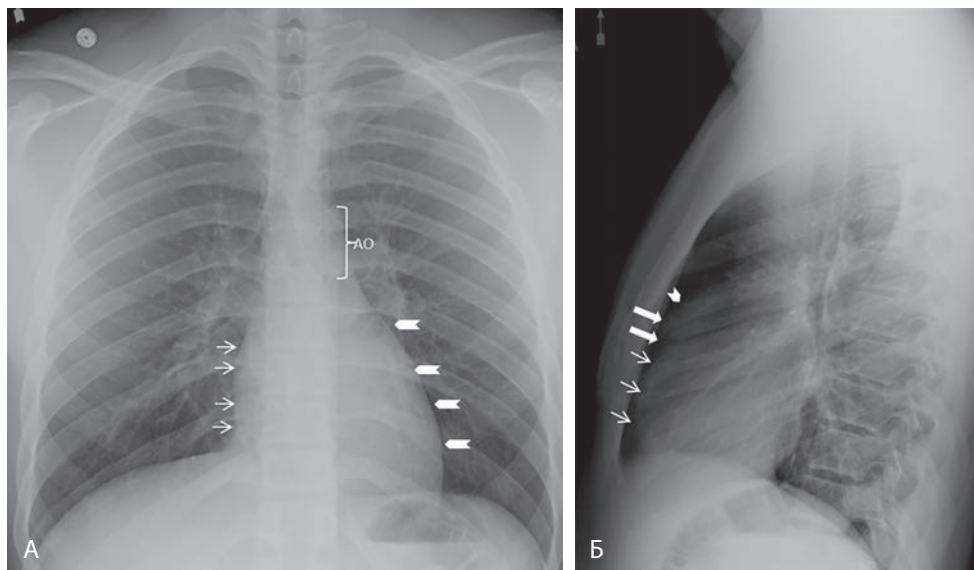
На рентгенограмме в боковой проекции передняя граница сердечной тени образована правым желудочком (ПЖ), вы-

ходным трактом правого желудочка (ВПЖ) и ГЛА. Верхняя половина задней границы сердечной тени образована левым предсердием (ЛП), а нижняя половина — задней стенкой ЛЖ. На рентгенограмме в боковой проекции правая легочная артерия (ПЛА) визуализируется как овальная тень, расположенная сразу же спереди от правого верхнедолевого бронха, а левая легочная артерия (ЛЛА) визуализируется над левым верхнедолевым бронхом (см. рис. 3.1, Б).

### Технические аспекты визуализации сердца и плоскости визуализации

#### ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЙ ГЕЙТИНГ

Сокращения сердца ведут к тому, что границы сердца при КТ и МРТ оказываются смазанными. При использовании ЭКГ-гейтинга сканирование выполняется в определенные фазы сердечного цикла, обеспечивая возможность получения изображений, практически лишенных артефактов движения. ЭКГ-гейтинг может осуществляться ретроспективно или проспективно. Ретроспективный ЭКГ-гейтинг — это «перемотка назад», в ходе которой сканирование проводится на протяжении всего сердечного цикла, а реконструкция лучше всего получившихся изображений выполняется позже. При проспективном триггеринге сканирование проводится только в определенные фазы цикла, обычно в конце диастолы, поскольку именно в эту фазу сердце максимально неподвижно. Доза облучения, получаемая пациентом при проспективном ЭКГ-триггеринге, ниже, однако если необходимы динамические изображения для оценки движения стенки левого желудочка (ЛЖ) или клапанов сердца, предпочтение отдается ретроспективному ЭКГ-гейтингу. Для динамической визуализации изображения реконструируются в определенные моменты сердечного цикла. Динамическая визуализация также необходима для определения толщины стенки ЛЖ и вычисления количественных функциональных параметров его работы (например, объема желудочка, ударного объема, фракции выброса).



**Рисунок 3.1** Рентгенография органов грудной клетки. (А) На рентгенограмме в задне-передней проекции показаны правая и левая граница кардио-медиастинальной тени. Правая граница образована правой безымянной веной, верхней полой веной, правым предсердием (ПП) и нижней полой веной (в направлении сверху вниз). Дилатация ПП (маленькие стрелки) и нижней полой вены приводит к расширению правой границы сердечной тени. Левая граница кардио-медиастинальной тени образована левой подключичной артерией, дугой аорты (АО), аортолегочным окном, главной легочной артерией (ГЛА), ушком левого предсердия и левым желудочком (ЛЖ) (треугольные стрелки). Расширение аортолегочного (АЛ) окна и расширение ГЛА — основные причины появления выпуклости АЛ окна на рентгенограмме, расширение ЛЖ приводит к смещению левой границы сердца влево, вниз и назад. (Б) На рентгенограмме в боковой проекции показана передняя граница сердечной тени, образованная правым желудочком (ПЖ, тонкие белые стрелки), выходным трактом правого желудочка (ВТПЖ, толстые белые стрелки) и ГЛА (треугольная стрелка). Расширение ВТПЖ и ПЖ сопровождается исчезновением ретростернального пространства на рентгенограмме в боковой проекции. Верхняя половина задней границы сердечной тени образована левым предсердием, нижняя половина — задней стенкой ЛЖ. Расширение левого предсердия приводит к смещению левого главного бронха кзади и появлению выпуклой задне-верхней границы сердечной тени на рентгенограмме в боковой проекции.

### Плоскости визуализации сердца

Для исследования сердца применяются различные методы визуализации, в т. ч. эхокардиография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), КТ и МРТ. Чтобы стандартизировать данные, получаемые различными методами визуализации, предложено использовать стандартные плоскости сканирования: короткая ось, вертикальная длинная ось, две камеры и горизонтальная длинная ось, четыре камеры. Эти плоскости также помогают соотнести различные сегменты миокарда с их кровоснабжением. Короткая ось, горизонтальная и вертикальная длинная оси строятся под углом  $90^\circ$  к длинной оси ЛЖ (ось, проведенная через верхушку ЛЖ и центр митрального клапана [МК]).

Сканирование при КТ выполняется перпендикулярно длинной оси тела, однако волюметрические данные благодаря изотропному разрешению изображений, получаемых сканерами нового поколения, позволяют реконструировать изображения сердца в четырехкамерной, трехкамерной и двухкамерной плоскостях. Трехмерные (3D) рабочие станции с функцией анализа изображений сердца выводят изображения этого органа в стандартных плоскостях. Об этих плоскостях мы вкратце расскажем ниже.

#### Двухкамерный вид (парасептальный вид)

Двухкамерный вид или проекции в вертикальной длинной оси — это вид в косо-сагитальной плоскости вдоль оси по-

лости ЛЖ. В этой плоскости лучше всего видны полости левого предсердия (ЛП) и ЛЖ, МК, передняя и нижняя стенки ЛЖ (рис. 3.2, А).

#### Трехкамерный вид

Трехкамерный вид — это косая проекция, позволяющая визуализировать митральный и аортальный клапаны, полости ЛП и ЛЖ, корень аорты. Эту плоскость можно построить вручную путем выбора трех точек — центр МК, верхушка ЛЖ и центр аортального клапана. Другими структурами, которые будут видны в этой проекции, являются ниже-латеральный и передне-перегородочный сегменты ЛЖ и задне-медиальные сосочковые мышцы вместе с их сухожильными хордами (см. рис. 3.2, Б).

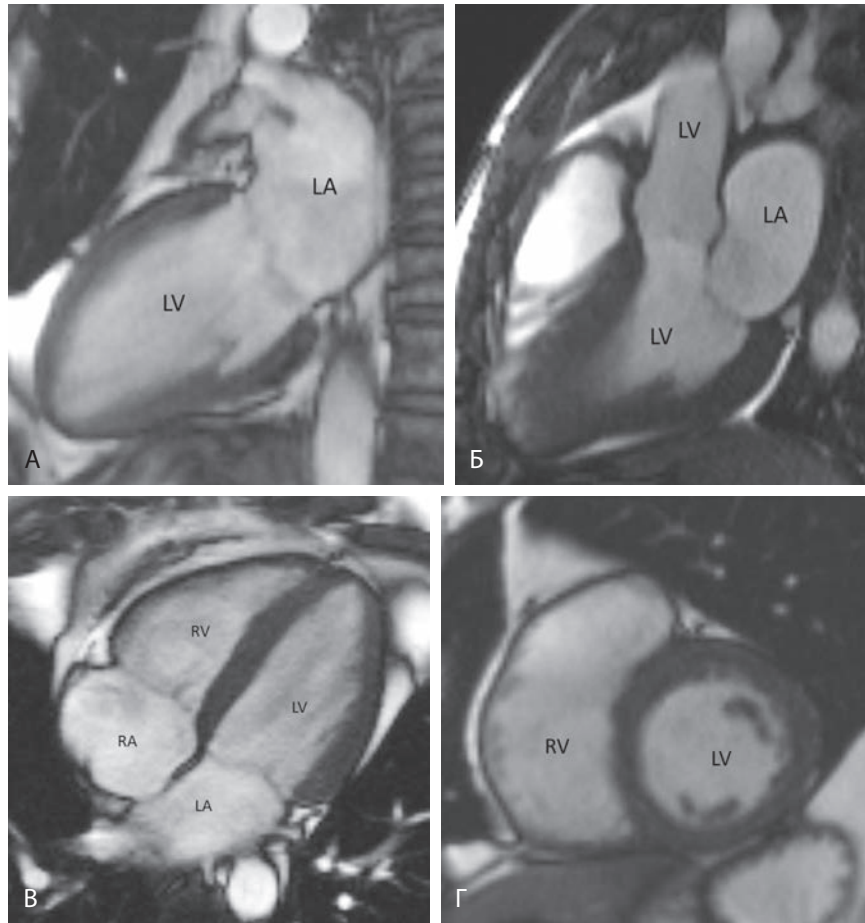
#### Четырехкамерный вид

Четырехкамерный вид — это косая проекция, на которой видны все четыре камеры сердца. Эта плоскость строится вручную на основании трех точек: центр МК, верхушка ЛЖ и центр трикуспидального клапана (ТК). Полученное изображение используется для измерения размеров камер сердца, оценки состояния МК и ТК, ниже-перегородочного, передне-латерального сегментов и верхушки ЛЖ (см. рис. 3.2, В).

#### Проекция короткой оси

Проекция короткой оси — это несколько косых срезов в плоскости, перпендикулярной длинной оси полости ЛЖ в четырехкамерной проекции и проекции парасептальной

**Рисунок 3.2** Плоскости визуализации сердца. (А) Двухкамерная стационарная беспрецессионная (SSFP) проекция сердца, на которой визуализируются левый желудочек (ЛЖ), левое предсердие (ЛП) и митральный клапан (МК). Эта проекция позволяет выявить патологические изменения верхушки ЛЖ, передней и нижней стенок ЛЖ, в т.ч. постинфарктные изменения и аневризмы. (Б) Трехкамерная SSFP-проекция, видны ЛП, ЛЖ и выходной тракт левого желудочка. МК и аортальный клапан также видны в этой проекции. Эта проекция информативна для диагностики расширения ЛП и систолического переднего смещения МК при гипертрофической кардиомиопатии, а также патологии передне-перегородочной и нижнебоковой стенки ЛЖ. (В) На четырехкамерной SSFP проекции видны все четыре камеры сердца, митральный и трикуспидальный клапаны. Эта проекция информативна для диагностики заболеваний предсердно-желудочковых клапанов, камер сердца и изменений в подвижности стенок сердца, в т.ч. дискинезии свободной стенки правого желудочка при аритмогенной правожелудочковой дисплазии и аневризме ЛЖ. ЛПП, правое предсердие, ЛПЖ, правый желудочек. (Г) SSFP-проекция в короткой оси, видны ЛЖ и ПЖ, отделенные межжелудочковой перегородкой. Это стандартная проекция динамической визуализации для диагностики патологических изменений движений стенок сердца и оценки его функциональных параметров.



длинной оси (см. рис. 3.2, Г). Миокард ЛЖ в этой плоскости делится на базальный, средний и верхушечный сегменты. Эти проекции используются для визуализации полости ЛЖ, регионарной подвижности стенки и анатомии сердца на основании 17-сегментной модели (см. рис. 3.2, Д).

### Аортальный клапан: проекция короткой оси

Эта проекция используется для оценки морфологии аортального клапана, диагностики стеноза, регургитации, функции протезов или выявления новообразований. Плоскость короткой оси аортального клапана — это плоскость, перпендикулярная длинной оси выходного тракта ЛЖ (ВТЛЖ) и корню аорты на трехкамерной проекции.

### Плоскость входа-выхода правого желудочка

Эта плоскость используется для визуализации правых камер сердца, трикуспидального и легочного клапанов. Она строится вручную по трем точкам: центр ТК, верхушка ПЖ и центр легочного клапана (рис. 3.3, А–В).

### Бикавальная проекция

Бикавальная проекция — это стандартная проекция при эхокардиографии, позволяющая визуализировать устья ВПВ и НПВ и верхнюю часть межпредсердной перегородки (МПП), и используемая главным образом для диагностики и определения тактики лечения дефектов межпредсердной перегородки (ДМПП) типа *ostium secundum* (см. рис. 3.3, Г).

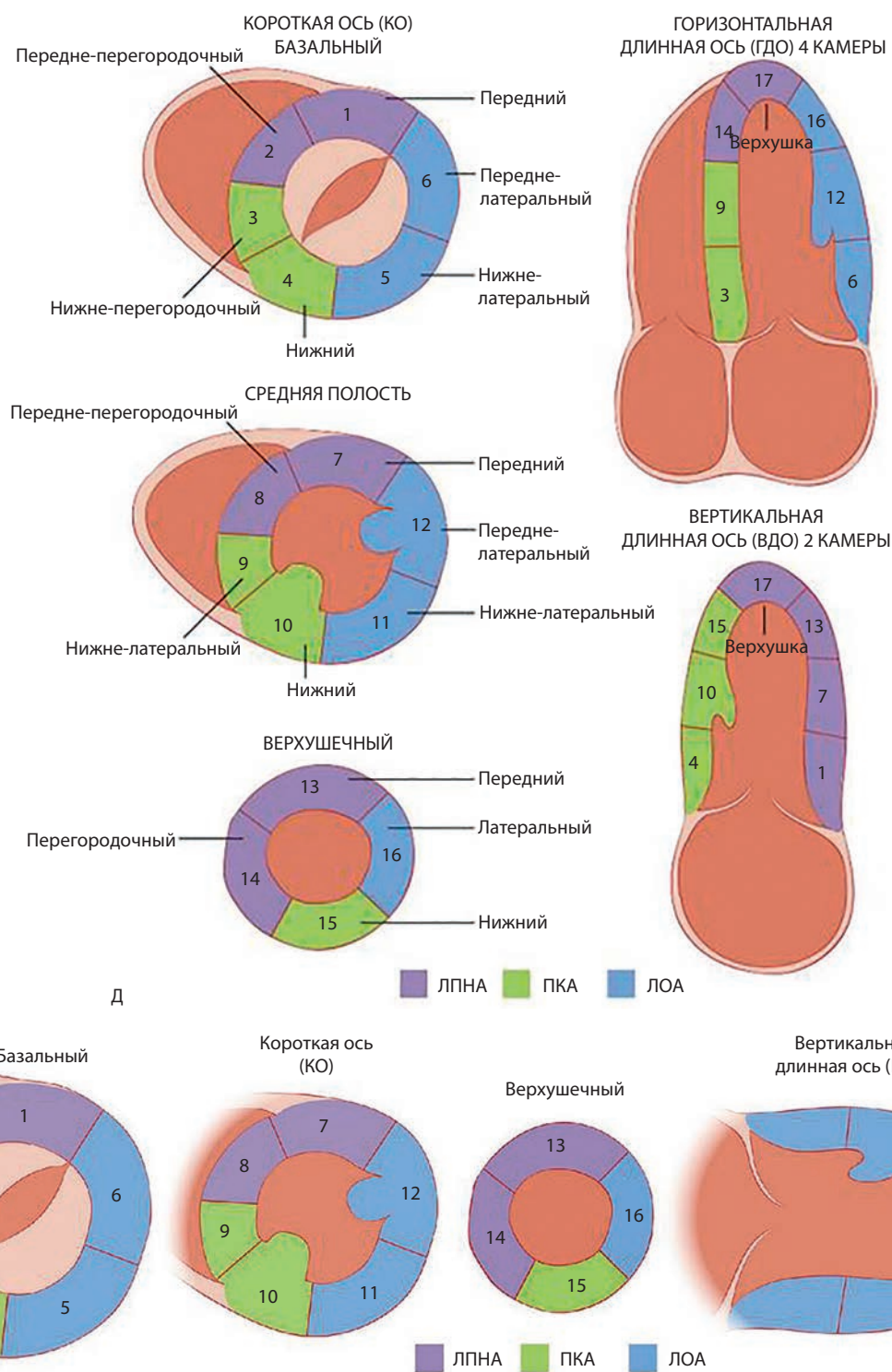
КТ с использованием разноплоскостных реконструкций позволяет построить эту проекцию вручную.

## Камеры сердца

### Правое предсердие

ПП образует большую часть правой границы на рентгенограмме органов грудной клетки. Венозно-предсердные устья образуют проксимальную границу ПП, а заканчивается ПП фиброзно-жировой границей на уровне предсердно-желудочкового (атриовентрикулярного, АВ) соединения. ПП делится на три отдела: (1) венозный, (2) ушко и (3) преддверие. ПП собирает деоксигенированную кровь из ВПВ и НПВ, коронарного синуса (КС), тебезиевых вен и передней сердечной вены. Морфологически ПП больше левого, однако толщина его стенки меньше и составляет 2 мм. Отличительной особенностью ПП является наличие внутреннего гребешка, называемого *терминальным гребнем* (снаружи ему соответствует терминальная борозда). Этот гребень отделяет венозную часть ПП, имеющую гладкие стенки, от ушка, стенки которого отличаются неровной поверхностью. Терминальный гребень начинается от устья ВПВ и продолжается до переднего края устья НПВ. Синоатриальный (СА) узел,водитель сердечного ритма, обычно располагается в области соединения терминального гребня с ВПВ. Наиболее точная оценка латерализации камер сердца для определения их местоположения основывается на протяженности гребенчатой мышцы от АВ соединения. Преддверие представляет собой





**Рисунок 3.2**, продолжение. (Д) 17-сегментная модель для двухмерной трансторакальной эхокардиографии. Желудочек в направлении от основания к верхушке делится на трети, а затем на каждом уровне выделяются радиальные сегменты, которым присваивается название и номер. Базальная треть соответствует участку между митральным кольцом и верхушками сосочковых мышц в конце диастолы, средняя треть располагается на уровне сосочковых мышц, верхушечная треть соответствует остальной части ЛЖ дистальнее сосочковых мышц, истинная верхушка ЛЖ выделяется как отдельный сегмент. ЛПНА, левая передняя нисходящая артерия, ЛОА, левая огибающая артерия, ПКА, правая коронарная артерия. (Е) 17-сегментная модель для ядерного стресс-теста (из Abbara S, Kalva S. *Problem Solving in Cardiovascular Imaging*. St. Louis: Elsevier; 2012.)

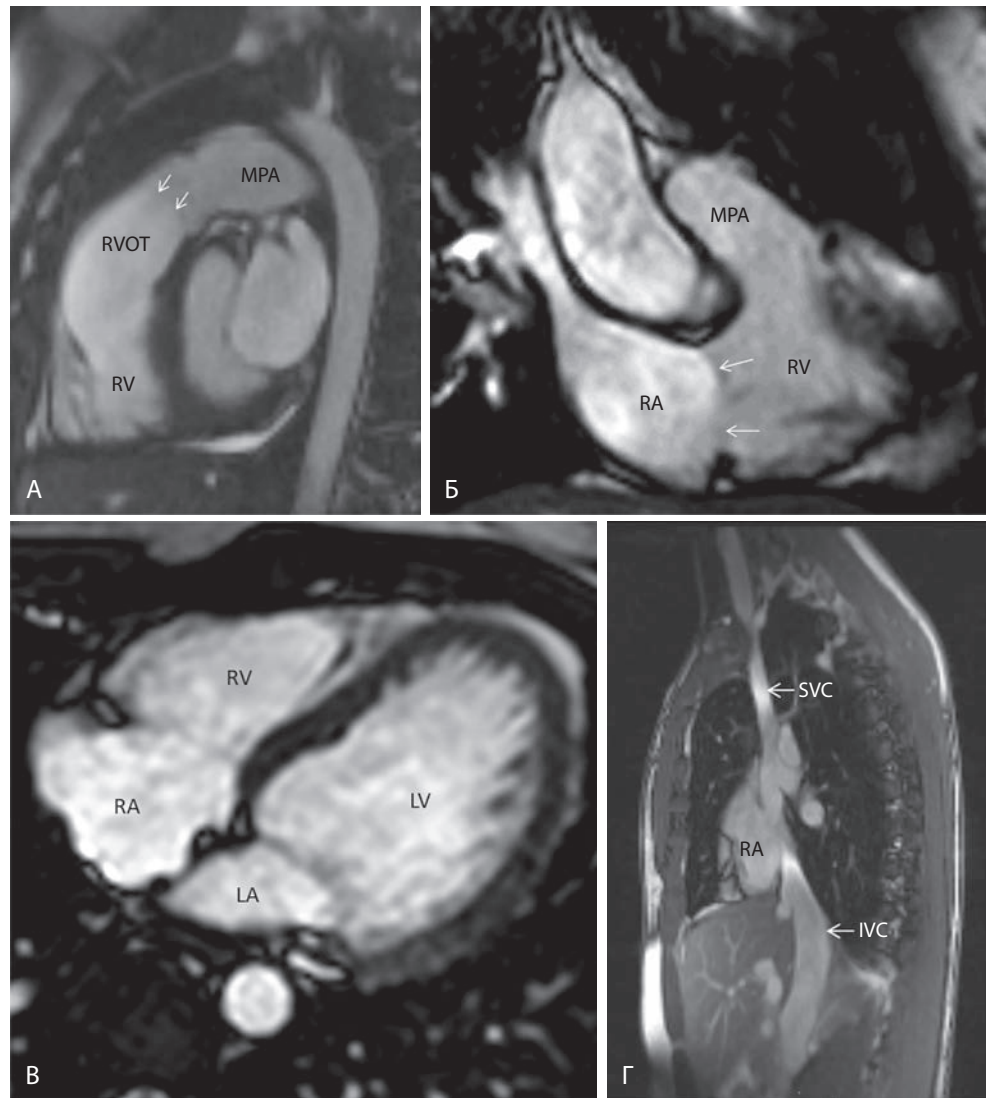
гладкое мышечное кольцо, расположенное рядом с кольцом трикуспидального клапана.

Другими важными анатомическими ориентирами в ПП, которые визуализируются при сканировании сердца, явля-

ются кавотрикуспидальный перешеек и треугольник Коха. Первый лучше всего виден на фронтальном срезе и представляет собой участок между кольцом трикуспидального клапана и НПВ. Эта зона используется в качестве мишени



**Рисунок 3.3** Визуализация правых камер сердца. (А) SSFP-проекция выхода из правого желудочка: видны выходной тракт правого желудочка (ВТПЖ), легочный клапан (стрелки) и главная легочная артерия (ГЛА). Эта проекция информативна для диагностики стеноза ВТПЖ, патологии легочного клапана, дилатации и сужения легочной артерии. (Б) В плоскости входа в ПЖ видны правое предсердие (ПП), трикуспидальный клапан (стрелки), ПЖ, легочный клапан и ГЛА. (В) ПЖ, горизонтальная длинная ось, видны все четыре камеры сердца и передняя свободная стенка ПЖ. ЛП, левое предсердие, ЛЖ, левый желудочек. (Г) В бикавальной проекции видны верхняя (ВПВ) и нижняя (НПВ) полые вены, впадающие в ПП. Эта проекция информативна для оценки характера опорожнения вен и выявления дефектов наполнения.



при радиочастотной абляции, поскольку помогает сохранить пути обратного входа. Треугольник Коха представляет собой анатомическую локализацию АВ-узла, он определяется как участок между сухожилием Тодаро (фиброзное продолжение евстахиевой заслонки), перегородочной створкой ТК и устьем КС. Морфологические характеристики ЛП и ПП представлены в таблице 3.1.

### Правый желудочек

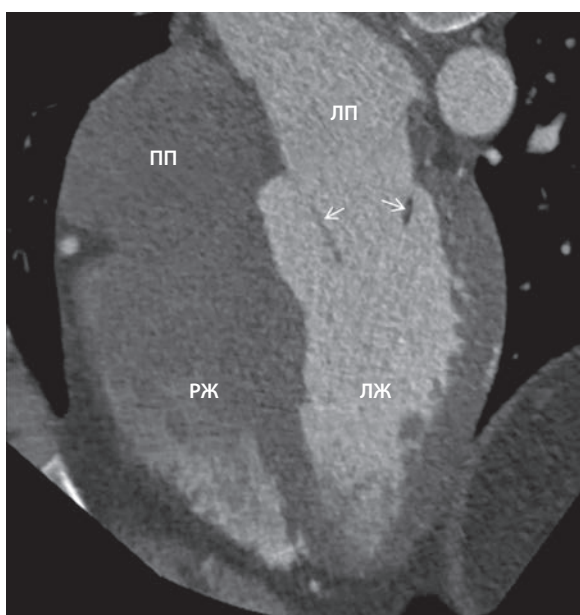
ПЖ — это наиболее передняя камера сердца. По сравнению с ЛЖ он отличается более сложной геометрией и ориентацией. Анатомически он делится на три отдела: (1) вход, включающий ТК, сухожильные хорды и сосочковые мышцы, (2) трабекулярный верхушечный миокард и (3) гладкостенную воронку — артериальный конус (называемый также ВТПЖ). По сравнению с ЛЖ правый имеет более тонкую стенку (толщина которой составляет 3–4 мм), которая, однако, характеризуется более выраженной сетью трабекул. Еще одной отличительной особенностью ПЖ является наличие модераторной полосы, представляющей собой мышечное продолжение от межжелудочковой перегородки

**ТАБЛИЦА 3.1** Морфологические особенности правого и левого предсердий.

ПРАВОЕ ПРЕДСЕРДИЕ	ЛЕВОЕ ПРЕДСЕРДИЕ
1. Более крупное и более треугольное ушко, более широкое соединение с гладкой частью ПП	1. Заостренное, напоминающее палец, ушко с узким устьевидным сообщением с основной полостью ЛП
2. Выраженный терминальный гребень между ушком и гладкой венозной частью	2. Обычно располагается с той же стороны, что и легкое, состоящее из двух долей
3. Обычно располагается с той же стороны, что и легкое, состоящее из трех долей	
4. Правило венозно-предсердного соответствия: камера, принимающая в себя кровь из НПВ практически всегда является ПП	

НПВ, нижняя полая вена; ЛП, левое предсердие; ПП, правое предсердие

к свободной стенке ПЖ в области верхушки ПЖ. Модераторная полоса препятствует перерастяжению ПЖ и содержит ветвь правого пучка. ПЖ имеет три, иногда больше, сосочковые мышцы (переднюю, заднюю и перегородочную),



**Рисунок 3.4** Томограмма камер сердца. На этой четырехкамерной реконструкции показано ожидаемо минимальное контрастирование правого предсердия (ПП) и правого желудочка (ПЖ), тогда как левое предсердие (ЛП), левый желудочек (ЛЖ), аорта и коронарные артерии хорошо контрастированы. Обратите внимание, что хорошо видны створки митрального клапана (стрелки), тогда как створки трикуспидального клапана, как в этом случае, могут не визуализироваться.

которые прикрепляются к соответствующим створкам ТК (передней, задней и перегородочной). Передняя сосочковая мышца самая крупная и начинается от передней свободной стенки ПЖ. Перегородочная сосочковая мышца — наименее постоянная мышца, которую часто невозможно дифференцировать от стенки желудочка. Легочная артерия начинается от конуса ПЖ и располагается спереди и слева от аорты. Еще одна особенность, позволяющая морфологически отличить ПЖ, состоит в том, что трикуспидальный и легочный клапаны отделены друг от друга мышечной воронкой и не имеют общего фиброзного продолжения между собой (рис. 3.4). Морфологические особенности ЛЖ и ПЖ представлены в таблице 3.2.

### Левое предсердие

ЛП — наиболее задняя камера сердца, расположенная выше ПП за счет косоого расположения МПП. ЛП отделено от правого предсердия МПП, представляющей собой тонкую стенку, плохо различимую на МРТ. Более высокое пространственное разрешение современных мультidetекторных КТ (МДКТ) сканеров обеспечивает возможность улучшенной визуализации МПП, особенно если в ее толще появляются депозиты жира. Важно отличать относительно доброкачественную липоматозную гипертрофию МПП от других содержащих жировую ткань образований сердца. Липоматозная гипертрофия МПП сопровождается утолщением МПП, которая может превышать 1,5 см, однако при этом всегда сохраняется овальная ямка, что придает МПП типичную форму гантели или песочных часов. Глубокое понимание анатомии ЛП и его ушка очень важно при таких процедурах,

**ТАБЛИЦА 3.2** Морфологические особенности правого и левого желудочков.

ПРАВЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК	ЛЕВЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК
1. Перегородочная створка трикуспидального клапана прикрепляется апикальнее соответствующей перегородочной створке митрального клапана	1. Трабекулы тонкие и нежные, перегородочная стенка более гладкая
2. Камера, включая верхушку, имеет хорошо выраженные трабекулы и содержит moderatorную полосу	2. Сосочковые мышцы (обычно две) прикрепляются только к свободным стенкам
3. Сосочковые мышцы (обычно их три) прикрепляются к свободной стенке и межжелудочковой перегородке	3. Имеется фиброзное растяжение между митральным и аортальными клапанами
4. Трикуспидальный и легочный клапаны отделены мышечной воронкой	

как катетерная абляция ЛП, которая все чаще применяется у пациентов с фибрилляцией предсердий.

Поперечный перикардиальный синус и корень аорты располагаются непосредственно спереди от ЛП, а бифуркация трахеи, пищевод и нисходящая грудная аорта — позади перикардиального листка, покрывающего заднюю стенку ЛП. Стенка ЛП образована мышечной тканью, однако внутренняя ее поверхность гладкая. Толщина стенки ЛП варьирует, наиболее тонкая она в передней части, сразу же позади корня аорты. Этот участок считается незащищенным и риск его перфорации наиболее высок. Интервенционным электрофизиологам наиболее интересны задняя стенка ЛП и взаимоотношения пищевода с устьями легочным вен (ЛВ), поскольку при абляционных вмешательствах в этой области существует риск повреждения пищевода. Ушко ЛП по форме напоминает палец и начинается от передне-латеральной части основной полости ЛП вблизи левых верхних ЛВ (ЛВЛВ). Основную полость ЛП анатомически можно разделить на легочный венозный отдел, перегородочный отдел и преддверие — часть ЛП, расположенная близи кольца МК.

Клиническое значение размеров ЛП являлось предметом ряда научных исследований. Было показано, что увеличение размеров ЛП коррелирует с негативным прогнозом у пациентов с острым инфарктом миокарда, также большие размеры ЛП коррелируют с более высокой частотой развития фибрилляции предсердий в пожилой популяции пациентов. Размеры ЛП измеряются в конце фазы диастолы желудочков, площадь и объем ЛП можно вычислить вручную на трехмерных рабочих станциях путем выделения эндокардиальной границы ЛП вблизи МК и в верхней части ЛП. Рабочая станция построит эндокардиальную границу между этими двумя линиями, которая не должна включать ЛВ и УЛП. Референсные размеры ЛП представлены в таблице 3.3.

### УШКО ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ

УЛП с эмбриологической точки зрения самостоятельная часть ЛП, развивающаяся из примитивного трабекулярного ЛП, тогда как гладкостенная часть ЛП развивается из легочного венозного ростка. УЛП начинается от верхне-латеральной части ЛП и образует часть левой границы сердца

**ТАБЛИЦА 3.3** Референсные предельные значения площадей левого и правого предсердий.

ПРЕДЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ (см <sup>2</sup> )	КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
<20	Норма
20–30	Легкое отклонение
30–40	Умеренное выраженное отклонение
>40	Выраженное отклонение

<sup>a</sup>для мужчин и женщин

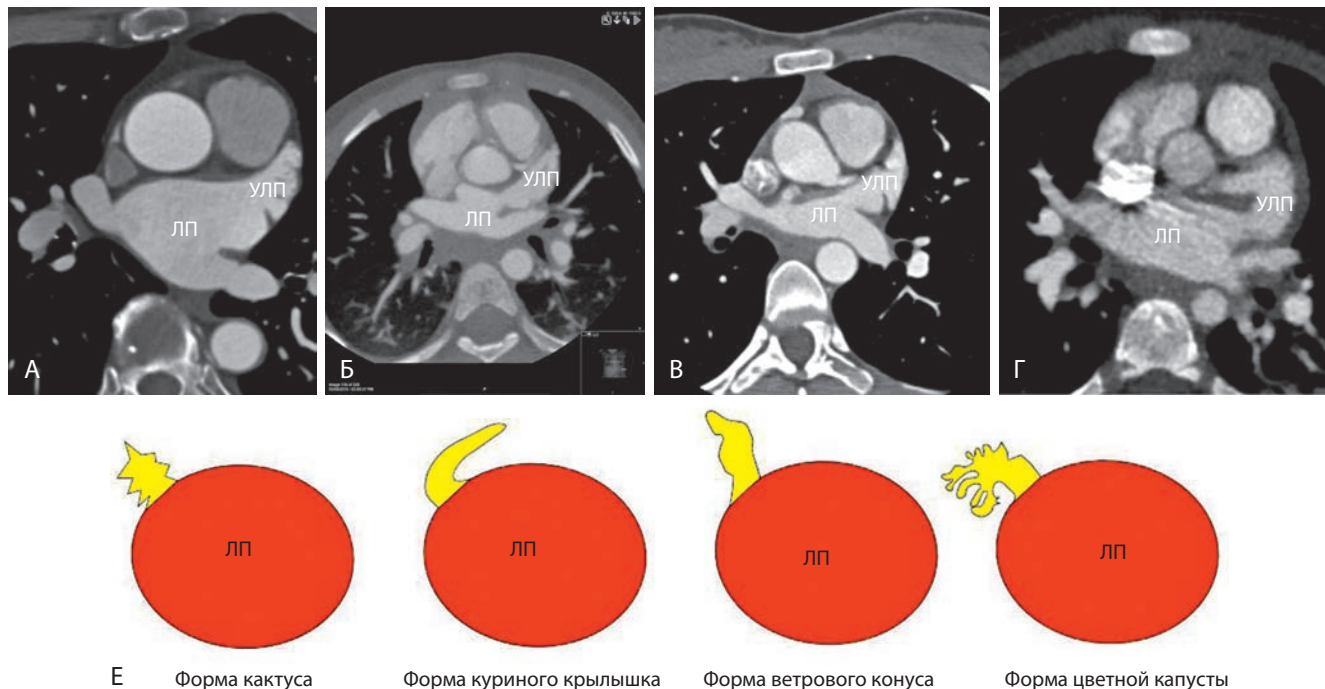
на рентгенограмме. УЛП сверху интимно прилежит к легочному стволу, внизу в непосредственной близости проходит левая коронарная артерия (ЛКА), расположенная в АВ-борозде и на свободной стенке ЛЖ. УЛП обычно направлено вперед и вверх. УЛП является одним из наиболее частых мест образования тромбов, ответственных за кардиоэмболические эффекты. Внутри УЛП располагаются гребенчатые мышцы, которые с возрастом утолщаются. Более, чем у 90% лиц старше 20 лет толщина гребенчатых мышц превышает 1 мм. Вид этих мышц во время лучевых и ультразвуковых методов визуализации может быть ошибочно интерпретирован как картина тромбоза. Анатомически УЛП можно разделить на (1) устье, (2) шейку и (3) тело. На основании внешней формы УЛП выделяют четыре типа ушка — кактус, куриное крылышко, ветровой конус и цветная капуста (рис. 3.5). Наиболее частым подтипом является УЛП в форме куриного крылышка, при этом частота кардиоэмболических заболеваний у пациентов с тромбозом УЛП такой формы наименьшая. Важность понимания различных анатомических параметров УЛП и их вариантов состоит в том, что это необходимое условие при интервенционных вме-

шательствах, направленных на облитерацию УЛП для профилактики тромбоэмболий. В отличие от УЛП УПП имеет более широкое устье и более треугольную и пирамидальную форму. Это отличие может оказаться решающим для определения точной локализации у пациентов со сложными врожденными пороками сердца.

**ЛЕГОЧНЫЕ ВЕНЫ**

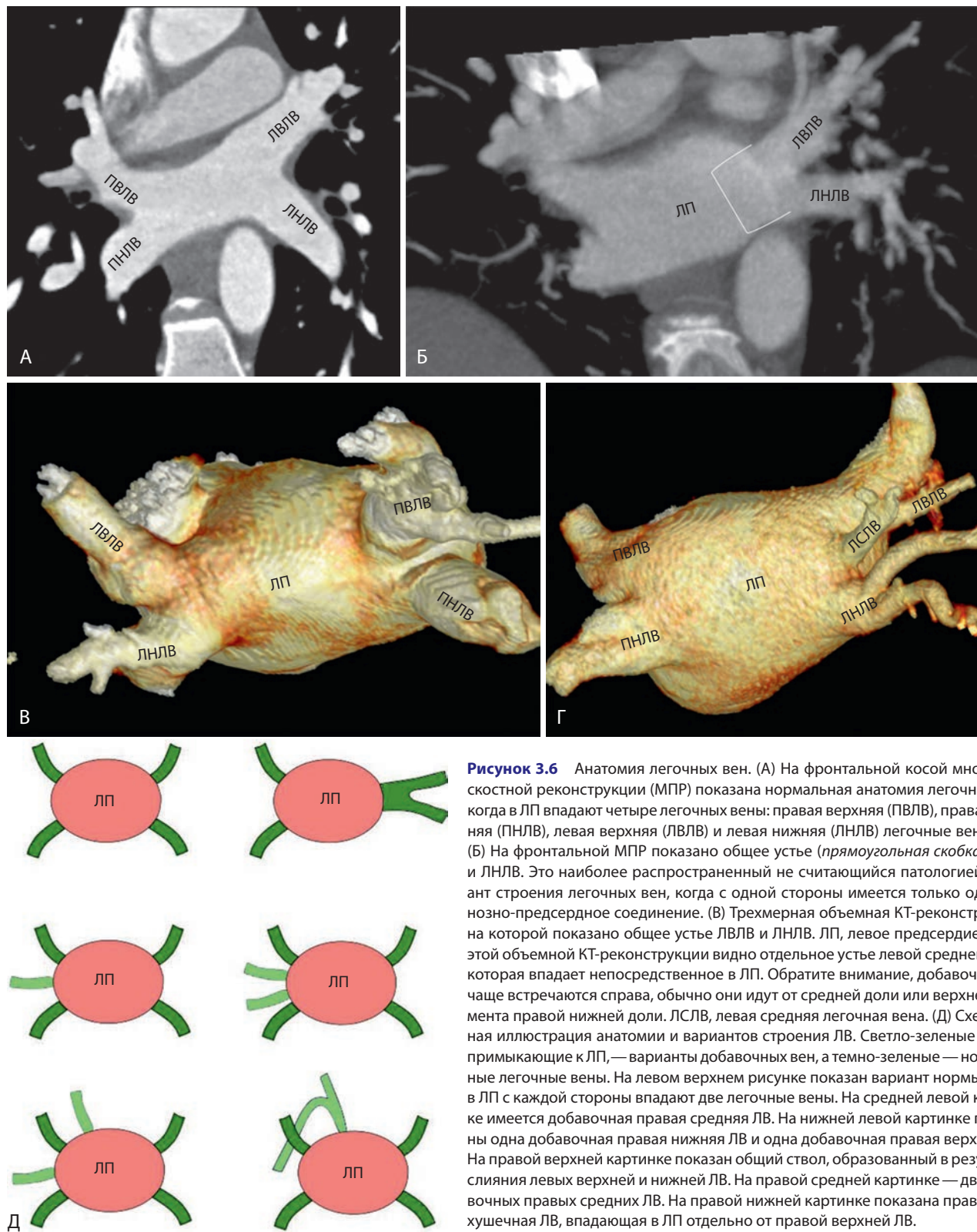
Обычно у человека четыре ЛВ, по две с каждой стороны, которые несут оксигенированную кровь от каждого из легких в ЛП. Важность понимания анатомии ЛВ и их вариаций состоит в том, что те или иные вариации венозного оттока могут иметь клиническое значение, а устья ЛВ часто являются мишенями для катетерной абляции. Нормальная конфигурация ЛВ и их устьев наблюдается примерно у 60–70% людей (рис. 3.6, А). Анатомические варианты левых ЛВ встречаются чаще, при этом наиболее распространенным из таких вариантов является конвергенция верхней и нижней ЛВ с образованием общего ствола (короткого или длинного, см. рис. 3.6, Б и В). Анатомические варианты правых легочных вен встречаются реже и включают следующие: (1) одна добавочная правая средняя ЛВ (см. рис. 3.6Г), (2) две добавочные правые средние ЛВ и (3) одна добавочная правая средняя ЛВ и одна добавочная правая верхняя ЛВ (см. рис. 3.6Д).

Мышечный слой ЛП продолжается в стенку дистальных участков ЛВ. Протяженность этого продолжения коррелирует с протяженностью перикарда, покрывающего ЛВ. ЛВЛВ имеет наиболее протяженный интраперикардиальный участок (11–13 мм) и является источником фибрилляции предсердий у большинства пациентов. ЛВЛВ отделена от устья УЛП складкой латеральной стенки предсердия, известной



**Рисунок 3.5** Морфологические типы ушка левого предсердия (УЛП). (А–Д) У пациентов с УЛП в форме куриного крылышка реже развиваются тромбоэмболии по сравнению с пациентами, у которых УЛП имеет другую форму. ЛП, левое предсердие.





**Рисунок 3.6** Анатомия легочных вен. (А) На фронтальной косой многоплоскостной реконструкции (МПР) показана нормальная анатомия легочных вен, когда в ЛП впадают четыре легочных вены: правая верхняя (ПВЛВ), правая нижняя (ПНЛВ), левая верхняя (ЛВЛВ) и левая нижняя (ЛНЛВ) легочные вены (ЛВ). (Б) На фронтальной МПР показано общее устье (прямоугольная скобка) ЛВЛВ и ЛНЛВ. Это наиболее распространенный не считающийся патологией вариант строения легочных вен, когда с одной стороны имеется только одно венозно-предсердное соединение. (В) Трехмерная объемная КТ-реконструкция, на которой показано общее устье ЛВЛВ и ЛНЛВ. ЛП, левое предсердие. (Г) На этой объемной КТ-реконструкции видно отдельное устье левой средней вены, которая впадает непосредственно в ЛП. Обратите внимание, добавочные ЛВ чаще встречаются справа, обычно они идут от средней доли или верхнего сегмента правой нижней доли. ЛСЛВ, левая средняя легочная вена. (Д) Схематичная иллюстрация анатомии и вариантов строения ЛВ. Светло-зеленые линии, примыкающие к ЛП, — варианты добавочных вен, а темно-зеленые — нормальные легочные вены. На левом верхнем рисунке показан вариант нормы, когда в ЛП с каждой стороны впадают две легочные вены. На средней левой картинке имеется добавочная правая средняя ЛВ. На нижней левой картинке показаны одна добавочная правая нижняя ЛВ и одна добавочная правая верхняя ЛВ. На правой верхней картинке показан общий ствол, образованный в результате слияния левых верхней и нижней ЛВ. На правой средней картинке — две добавочных правых средних ЛВ. На правой нижней картинке показана правая верхушечная ЛВ, впадающая в ЛП отдельно от правой верхней ЛВ.

как левый латеральный гребень, левая терминальная линия или кумадиновый гребень. Когда этот гребень выражен, его ошибочно можно принять за тромб или объемное образование. Также необходимо выделять аномальное дренирование ЛВ, которое может обнаруживаться только во взрослом возрасте, когда начинает проявляться прогресси-

рующей одышкой. Дренирование легочных вен считается аномальным, если легочная вена впадает не в левое предсердие, а в какую-либо другую сосудистую структуру. Если хотя бы одна легочная вена впадает в ЛП, такое состояние называется *частичным аномальным легочным венозным сообщением*, в противном случае оно называется *тотальным*

# ГЛАВА 16

## Инфекции

Christopher M. Walker и Subba R. Digumarthy

### ОГЛАВЛЕНИЕ

#### Введение, 253

Эпидемиология, 253

Симптомы, 253

Патогенез, 253

Диагностика, 254

Определения, 254

#### Типы инфекционных поражений, 255

Долевая пневмония, 255

Бронхопневмония, 256

Интерстициальная пневмония и бронхиолит, 257

Трахеобронхит, 258

Гематогенный путь инфицирования, 258

Изменения характерные для инфекций, позволяющие заподозрить специфического возбудителя или сузить круг дифференциальной диагностики, 260

#### Осложнения инфекций, 263

Некроз и абсцесс легкого, 263

Парапневмонический плеврит и эмпиема, 264

Псевдоаневризма и дилатация бронхиальной артерии, 265

Инвазия грудной стенки или диафрагмы, 267

#### Инфекции у пациентов с иммунодефицитами, 267

### ■ Введение

Визуализационные методы диагностики применяются для диагностики инфекционных заболеваний органов грудной клетки, выявления осложнений, связанных с инфекциями, и дифференциальной диагностики инфекционных и неинфекционных заболеваний. Рентгенография и компьютерная томография органов грудной клетки представляют собой первичные диагностические методы, а УЗИ, радиоизотопные методы и магнитно-резонансная томография (МРТ) — методы, используемые по отдельным показаниям. Предположить, какой именно микроорганизм вызвал то или иное инфекционное заболевание у пациента с нормальной иммунной системой, обычно невозможно, тем не менее рентгенологические методы диагностики обычно позволяют заподозрить конкретный патоген у пациентов с ВИЧ-инфекцией или другими формами иммунодефицитов, например пациентов, перенесших трансплантацию костного мозга (ТКМ). Внутригрудная инфекция в широком смысле подразделяется на три категории:

1. Инфекция у иммунокомпетентного пациента
2. Инфекция у пациента с иммунодефицитом на фоне ВИЧ
3. Инфекция у пациента с иммунодефицитом, не имеющего ВИЧ

### Эпидемиология

Пневмония и грипп находятся на восьмом месте среди ведущих причин смертности в США. Примерно 1,23 млн. госпитализаций в стационары в год связаны с пневмонией. Пневмония встречается во всех возрастных группах и у пациентов

обоих полов, однако наиболее тяжело она протекает у детей раннего возраста и пожилых пациентов. Причинами пневмонии могут быть бактерии, вирусы, грибы, паразиты, а также вдыхание некоторых компонентов пищи, определенных жидкостей, газов и пыли.

### Симптомы

Бактериальная пневмония может начинаться быстро и внезапно такими симптомами, как высокая лихорадка, продуктивный кашель, потоотделение и потрясающие ознобы. Иногда бактериальная пневмония характеризуется постепенным развитием и менее выраженными симптомами. Симптомы гриппа и вирусной пневмонии похожи и включают лихорадку, сухой кашель, головную боль, слабость и миалгии.

### Патогенез

Патогены могут проникать в дыхательную систему различными путями, вызывая инфекционное заболевание. Наиболее часто они попадают в легкие через трахеобронхиальное дерево при вдыхании содержащего микроорганизмы аэрозоля или, реже, путем аспирации инфицированного секрета. Реже инфекция распространяется напрямую из очага в средостении или воротных лимфоузлах, либо из соседнего органа, например, при абсцессе печени или перфорации пищевода. Патогены также могут попадать в легкие с током крови, что бывает при инфекционном эндокардите, бактериемии или инфицировании центральных венозных катетеров.

Большинство госпитальных пневмоний связаны с аспирацией патогенов из ротоглотки или их проникновением через негерметичную манжету эндотрахеальной трубки. Инфицированная биопленка, образующаяся вокруг эндотрахеальной

трубки, также может иметь важное значение в патогенезе ИВЛ-ассоциированных пневмоний. Ингаляция или прямая инокуляция возбудителя в легкие, гематогенная диссеминация и транслокация бактерий из желудочно-кишечного тракта считаются менее распространенными путями внутрибольничного инфицирования пациентов.

### Диагностика

Клинический диагноз пневмонии подтверждается при выявлении на рентгенограмме новых или увеличившихся зон консолидации и клинических признаков того, что эта консолидация имеет инфекционное происхождение. Клинические признаки, предполагающие инфекционные причины консолидации, включают лихорадку ( $\geq 38^\circ\text{C}$ ), гнойное отделяемое и лейкоцитоз или лейкопению. Пациентам рекомендуется этиотропное лечение, которое основывается на результатах окрашивания по Граму и культурального исследования мокроты, культуры крови, исследования мочи на антигены легионеллы и пневмококка, исследования методом ПЦР на *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae* и респираторные вирусы, а также другие патогены в зависимости от эпидемиологического анамнеза и специфических факторов риска у конкретного пациента. Прокальцитонин представляет собой пептидный прекурсор, продуцируемый клетками кишечника и легких и являющийся информативным маркером, позволяющим дифференцировать бактериальные и небактериальные инфекции, а также другие, неинфекционные причины воспаления. Уровень прокальцитонина у пациентов с вирусными и неинфекционными причинами воспаления обычно не повышается. Концентрация прокальцитонина в сыворотке крови — важный маркер бактериального сепсиса, а низкая его концентрация ( $<0,1$  мкг/л) может говорить о необходимости приостановки или отмены антибактериальной терапии.

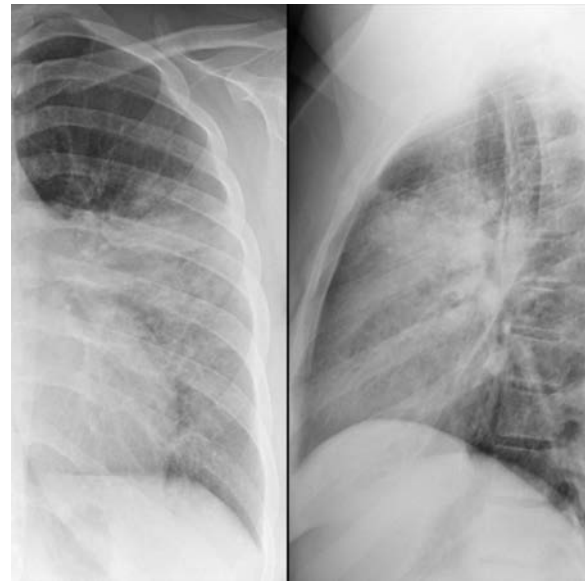
В одном крупном исследовании с участием 2706 взрослых пациентов с пневмониями практически у трети из них данные рентгенографии органов грудной клетки исходно оказались нормальными. В таких случаях отсутствие консолидации на рентгенограмме не должно превалировать над клиническими симптомами и не может служить основанием для отказа от эмпирической антибактериальной терапии, поскольку у многих таких пациентов впоследствии развивается бактериемия с сопутствующей ей высокой летальностью.

### Определения

Пневмонии в широком смысле подразделяются на инфекции, полученные вне госпитальных учреждений, и инфекции, приобретенные в госпитальных учреждениях или учреждениях ухода. Госпитальные пневмонии и пневмонии, связанные с оказанием медицинской помощи, чаще вызываются мультирезистентными штаммами микроорганизмов.

#### Внегоспитальная пневмония

Внегоспитальная пневмония (ВГП) — это пневмония, развивающаяся у пациента, не проходившего в ближайшее время стационарного лечения и не имеющего регулярных контактов с учреждениями системы здравоохранения (рис. 16.1). Наиболее распространенным возбудителем ВГП является



**Рисунок 16.1** Внегоспитальная пневмококковая пневмония. На рентгенограммах в задне-передней (слева) и боковой (справа) отмечается консолидация язычковой доли, перекрывающая левую границу сердца (симптом силуэта).

*Pneumococcus*, однако с введением вакцинации против пневмококка и уменьшением числа курящих частота заболеваний, вызванных этим возбудителем, снижается. Другими возбудителями ВГП являются *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *Moraxella catarrhalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, вирусы, а также другая грам-отрицательная флора. Несмотря на современные диагностические возможности примерно в 50% случаев не удается выявить конкретный микроорганизм, вызвавший заболевание.

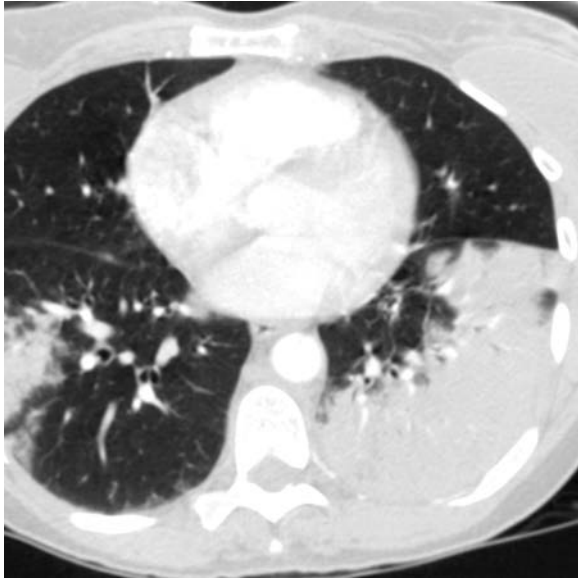
#### Госпитальная пневмония

Госпитальная пневмония (ГП) — это пневмония, манифестирующая через 48 часов или более после поступления в стационар и обычно вызываемая бактериальными патогенами (рис. 16.2). ГП сопровождается высокой заболеваемостью и смертностью и является второй по частоте нозокомиальной инфекцией в США, чаще которой встречаются только инфекции мочевыводящих путей. ГП увеличивают сроки стационарного лечения на 7–9 дней и общую стоимость лечения примерно на \$40000 на пациента. Наиболее распространенными возбудителями ГП являются грам-положительные кокки, например *S. aureus*, и грам-отрицательная флора, в т.ч. *P. aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* и *Actinobacter spp.* Растет и частота инфекций полимикробной этиологии, особенно у пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС).

#### Пневмония, связанная с оказанием медицинской помощи

Пневмония, связанная с оказанием медицинской помощи (ПОМП), — это пневмония, проявляющаяся у пациента, проходившего в предшествующие 90 дней стационарное лечение в течение 20 и более дней, находящегося в доме престарелых или учреждении длительного ухода, получавшего





**Рисунок 16.2** Госпитальная пневмония, вызванная *Klebsiella*. На аксиальной томограмме с контрастным усилением видны зоны консолидации, наиболее выраженные в левой нижней доле, что соответствует пневмонии. Госпитальная пневмония развивается через 48 часов или позднее после поступления пациента в стационар и является второй по частоте нозокомиальной инфекцией.



**Рисунок 16.3** Пневмония, связанная с оказанием медицинской помощи. На рентгенограмме в задне-передней проекции у пациента дома престарелых с клиникой лихорадки и кашля видны множественные очаги консолидации.

в предшествующие 30 дней внутривенную антибактериальную терапию, химиотерапию или местное лечение ран, либо регулярно посещающего госпитальные учреждения или отделение гемодиализа (рис. 16.3).

### Вентилятор-ассоциированная пневмония

Вентилятор-ассоциированная пневмония (ВАП) — это пневмония, проявляющаяся через 48–72 часа после эндотрахеальной интубации (рис. 16.4). ВАП развивается у 9–27% интубированных пациентов, при этом около 50% случаев проявляются в ближайшие четыре дня вентилиации.

#### ■ Типы инфекционных поражений

Инфекции легких могут сопровождаться поражением легочной паренхимы (пневмония), мелких дыхательных путей (бронхиолит) и центральных дыхательных путей (трахеобронхит). Пневмонии часто подразделяют на долевыми, бронхопневмонии и интерстициальные пневмонии, хотя отличить эти типы поражений зачастую бывает непросто, а предположить вызывающий их патоген и вовсе невозможно.

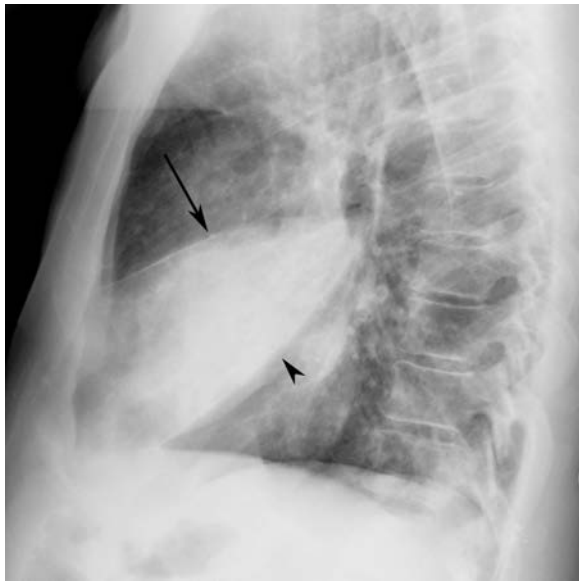
### Долевая пневмония

Долевая пневмония обычно начинается с появления одностороннего периферического затемнения, которое прогрессирует с формированием гомогенной консолидации, обычно ограниченной междолевой бороздой (рис. 16.5) или куполом диафрагмы. Долевая пневмония чаще всего встречается при инфекциях, вызванных *Streptococcus pneumoniae*, *K. pneumoniae* и *Legionella pneumophila*. Нижнедолевая пневмония при рентгенографии может проявляться позвоночным симптомом, представляющим собой усиление плотности нижне-грудных позвонков (рис. 16.6). На фоне участков

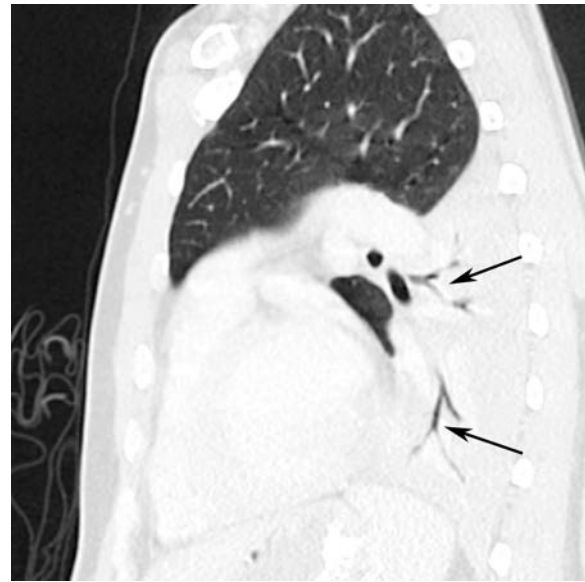


**Рисунок 16.4** Вентилятор-ассоциированная пневмония. На аксиальной томограмме с контрастным усилением видны множественные очаги консолидации в правой средней, правой нижней и левой нижней долях. Обратите внимание на неоднородность консолидации правой нижней доли и низкую плотность участка консолидации правой средней доли (стрелка).

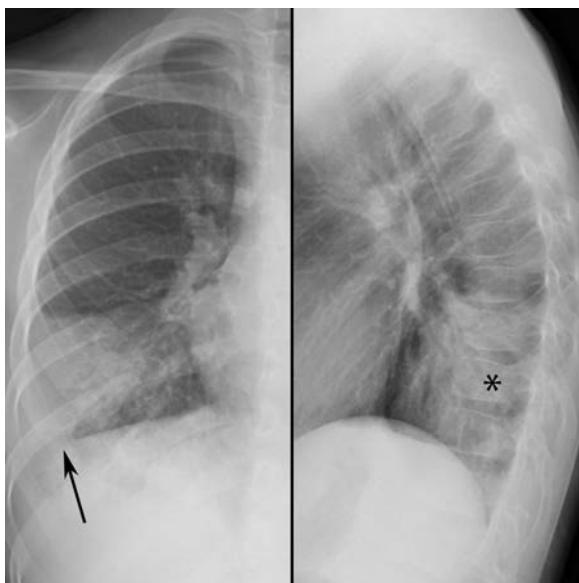
консолидации часто можно видеть воздушные бронхограммы (рис. 16.7), при этом инфекция характеризуется тенденцией распространения по бронхолегочным сегментам. Инфекция редко поражает всю долю целиком, поскольку антибактериальная терапия в таких случаях начинается достаточно рано. Иногда в плевральной полости накапливается значительное количество воспалительного экссудата, вызывающего деформацию или смещение междолевых борозд (симптом выпячивающейся борозды, рис. 16.8). Последний



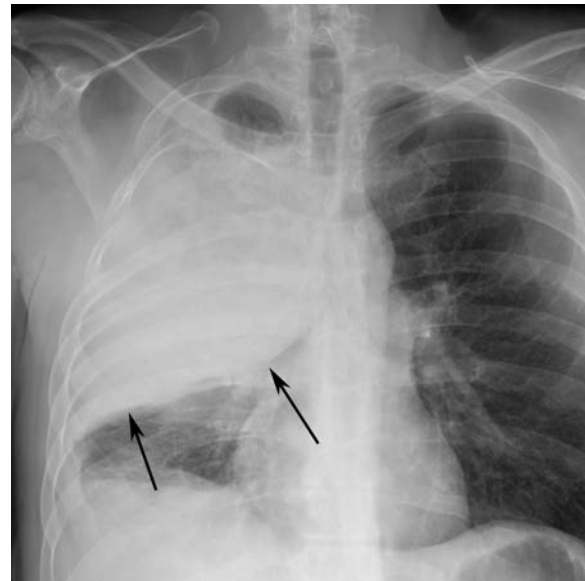
**Рисунок 16.5** Правосторонняя среднедолевая пневмококковая пневмония. На рентгенограмме органов грудной клетки в боковой проекции отмечается консолидация правой средней доли, ограниченная малой бороздой сверху (стрелка) и большой бороздой снизу (треугольная стрелка).



**Рисунок 16.7** Воздушная бронхограмма при левосторонней нижнедолевой пневмонии. На сагиттальной томограмме с контрастным усилением определяется консолидация левой нижней доли и множественные ветвящиеся заполненные воздухом трубчатые бронхи (стрелки). Заполненные воздухом бронхи становятся видимыми на томограммах (симптом воздушной бронхограммы) в случае консолидации окружающей их легочной ткани.



**Рисунок 16.6** Позвоночный симптом при правосторонней нижнедолевой пневмонии. На рентгенограммах в задне-передней (слева) и боковой (справа) проекциях отмечается консолидация правой нижней доли, затемняющая боковую и заднюю границы правого купола диафрагмы (стрелка). Обратите внимание на усиление плотности нижнегрудных позвонков (звездочка) на боковой рентгенограмме, называемое позвоночным симптомом.



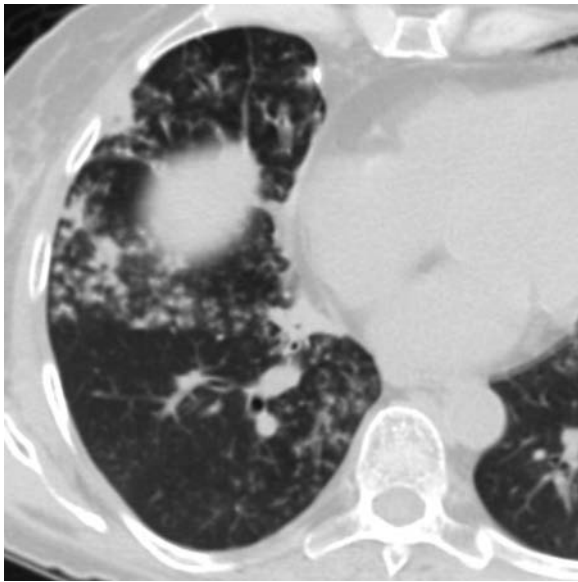
**Рисунок 16.8** Симптом выпячивающейся борозды при пневмонии, вызванной *Klebsiella*. На рентгенограмме в задне-передней проекции отмечается консолидация правой верхней доли, вызывающее смещение большой и малой борозд вниз (стрелки).

описан при пневмониях, вызванных *K. pneumoniae*, однако он обычно наблюдается и при стрептококковых пневмониях ввиду того, что они встречаются чаще.

### Бронхопневмония

Бронхопневмония начинается с развития инфекции в дистальных дыхательных путях и постепенным распространением на соседние альвеолы (рис. 16.9). Обычно сначала

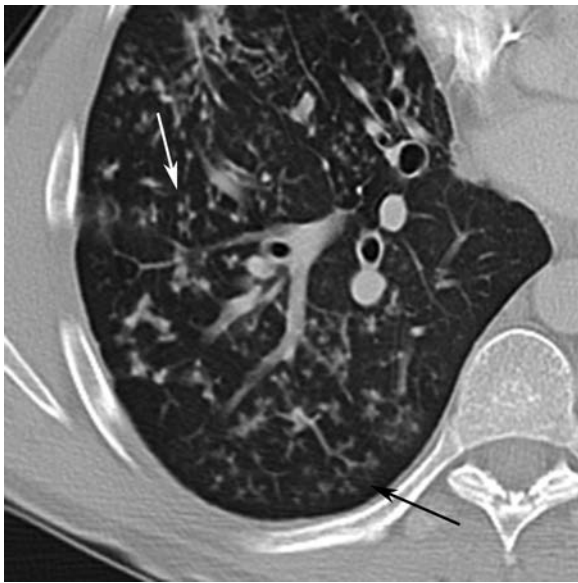
отмечается пятнистое поражение вторичных легочных долек, которое может быть ограничено одним или несколькими бронхолегочными сегментами, а затем изменения прогрессируют до многоочаговой двусторонней консолидации. Узелковые изменения воздушных пространств и ацинарные узелки представляют собой поражение дистальных бронхиол и окружающих альвеол и выглядят как 5–10 мм нечеткие центрилобулярные узелки. Нередко можно видеть ветвящи-



**Рисунок 16.9** Бронхопневмония, вызванная *Staphylococcus aureus*. На аксиальной бесконтрастной томограмме видны множественные пятнистые узелковые затемнения и затемнения в виде цветущего дерева в правых нижней и средней долях.



**Рисунок 16.11** Вирусный бронхиолит, вызванный инфекцией респираторного синцитиального вируса. На рентгенограмме в передне-задней проекции определяются двустороннее прикорневое утолщение бронхиальных стенок и ретикуляции, типичные для вирусной инфекции или реактивной болезни дыхательных путей.



**Рисунок 16.10** Симптом «цветущего дерева» у пациента с муковисцидозом. КТ, аксиальная проекция, без контрастирования: визуализируются множественные ветвящиеся V- и Y-образные зоны уплотнения (стрелки), имеющие вид признак дерева с бутонами, такая картина чаще всего наблюдается при инфекционном бронхиолите или аспирации. Обратите внимание на легкую бронхоэктазию и утолщение бронхиальной стенки, типичные для муковисцидоза.



**Рисунок 16.12** Пневмония, вызванная вирусом ветряной оспы. На рентгенограмме органов грудной клетки в задне-передней проекции визуализируются множественные двусторонние узелковые затемнения и утолщение бронхиальных стенок, типичные для интерстициальной пневмонии. Интерстициальные пневмонии чаще всего вызываются атипичными микроорганизмами, в т.ч. вирусами, микоплазмами и пневмоцистами.

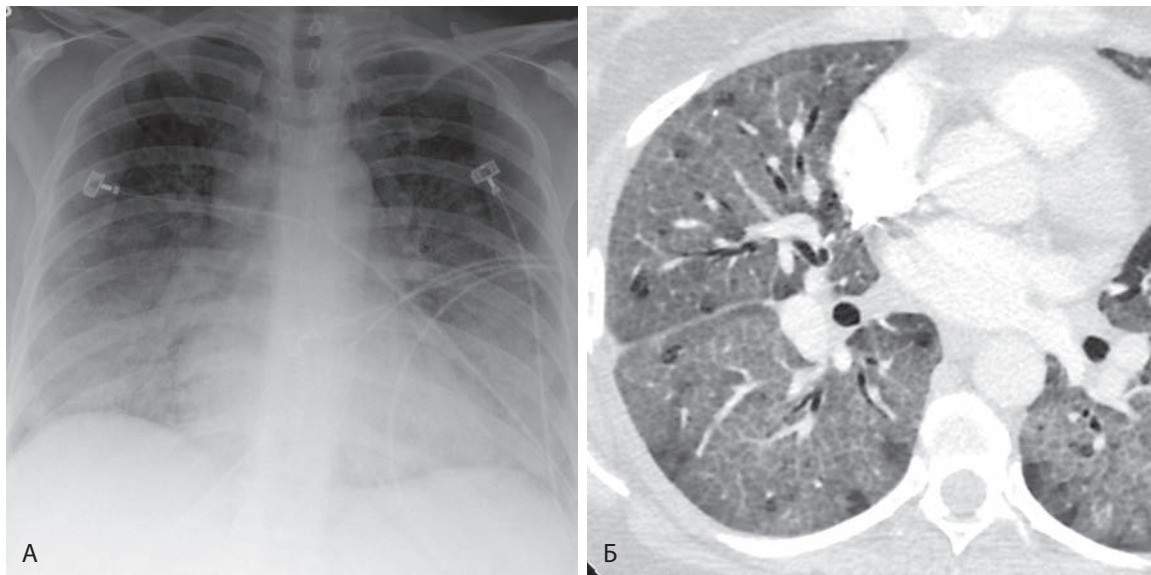
еся V- и Y-образные затемнения, называемые *симптомом цветущего дерева* (рис. 16.10). Наиболее частыми возбудителями бронхопневмонии являются *S. aureus*, грам-отрицательная флора, анаэробы и *L. pneumophila*.

### Интерстициальная пневмония и бронхиолит

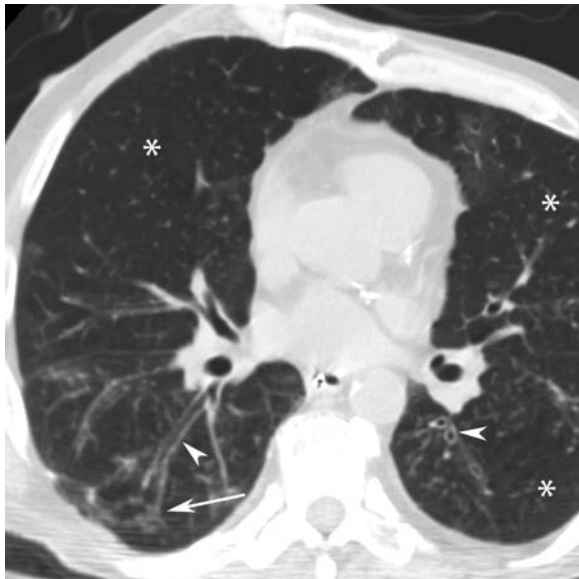
Ретикуло-узелковые и узелковые затемнения являются наиболее частыми интерстициальными проявлениями пневмонии и обычно представляют собой рентгенологические

проявления утолщения бронхиальных стенок (рис. 16.11) и клеточного бронхиолита при КТ. Отдельные такие узелки слишком малы, чтоб их увидеть на рентгенограммах, однако за счет суммации ослабления от множества таких узелков возникают небольшие узелковые затемнения (рис. 16.12). Рентгенологическая картина может напоминать интерстициальный отек (рис. 16.13, А). При КТ интерстициальная пневмония проявляется клеточным бронхиолитом





**Рисунок 16.13** Микоплазменная пневмония у пациентки 47 лет. (А) На рентгенограмме органов грудной клетки в передне-задней проекции отмечается диффузное прикорневое и преимущественно базальное затемнение со смазыванием сосудистого рисунка. Подобная картина может быть ошибочно принята за отек легких. (Б) Пли КТ с контрастным усилением видны множественные уплотнения типа матового стекла, утолщение междолькового и внутридолькового интерстиция (симптом булыжной мостовой). Затемнения типа матового стекла встречаются при широком круге заболеваний, в т.ч. при инфекциях, вызванных атипичными микроорганизмами — микоплазмами, пневмоцистами и вирусами.



**Рисунок 16.14** Пневмония, вызванная вирусом парагриппа. На аксиальной бесконтрастной томограмме видны двустороннее утолщение бронхиальных стенок (треугольные стрелки), пятнистые уплотнения типа матового стекла и затемнения в виде цветущего дерева (стрелка). Обратите внимание на участки сниженной плотности легочной ткани (звездочки), представляющие собой мозаичные изменения легочного рисунка, связанные с инфекцией мелких дыхательных путей и вторичным усилением воздушности легочной ткани.

с формированием затемнений типа цветущего дерева, центрилобулярными узелками, утолщением бронхиальных стенок и уплотнениями типа матового стекла (рис. 16.14, см. рис. 16.13, Б). Консолидация встречается реже. Мозаичные изменения легочного рисунка (см. рис. 16.14) встречаются часто и представляют собой участки повышенной воздушности, вызванной воспалением и обструкцией мелких

дыхательных путей. Интерстициальная пневмония обычно вызывается атипичными микроорганизмами, в т.ч. вирусами, микоплазмой и *Pneumocystis jirovecii*.

### Трахеобронхит

Первичные инфекции трахеи и центральных бронхов обычно вызываются вирусами и чаще встречаются у детей младшего возраста. Главной причиной является круп, проявляющийся при рентгенографии шеи в передне-задней проекции симптомом шпилья за счет сужения подскладочного пространства гортани (рис. 16.15). Вирусный трахеобронхит у взрослых редко бывает виден на рентгенограммах и очень редко сопровождается присоединением бактериальной суперинфекции.

Наиболее частыми проявлениями бронхита при рентгенографии являются линейные или напоминающие рельсы затемнения, следующие от корня легкого. Первичные КТ-признаки включают утолщение бронхиальных стенок, мозаичные изменения, связанные с задержкой воздуха, и бронхиальные пробки. При отсутствии признаков консолидации легочной ткани лечение обычно консервативное.

У пациентов с иммунодефицитами поражение трахеи и центральных бронхов изредка вызывается грибами *Aspergillus*, *Candida* или возбудителем туберкулеза. Наиболее частыми проявлениями таких инфекций являются очаговое утолщение стенки или бляшки, которые могут отличаться высокой плотностью. Иногда утолщение стенки носит диффузный или циркулярный характер (рис. 16.16), напоминая другие заболевания, например амилоидоз и полиангиит с гранулематозом (ранее назывался гранулематозом Вегенера).

### Гематогенный путь инфицирования

Гематогенный путь распространения бактериальной инфекции характерен для внутривенных наркоманов и па-

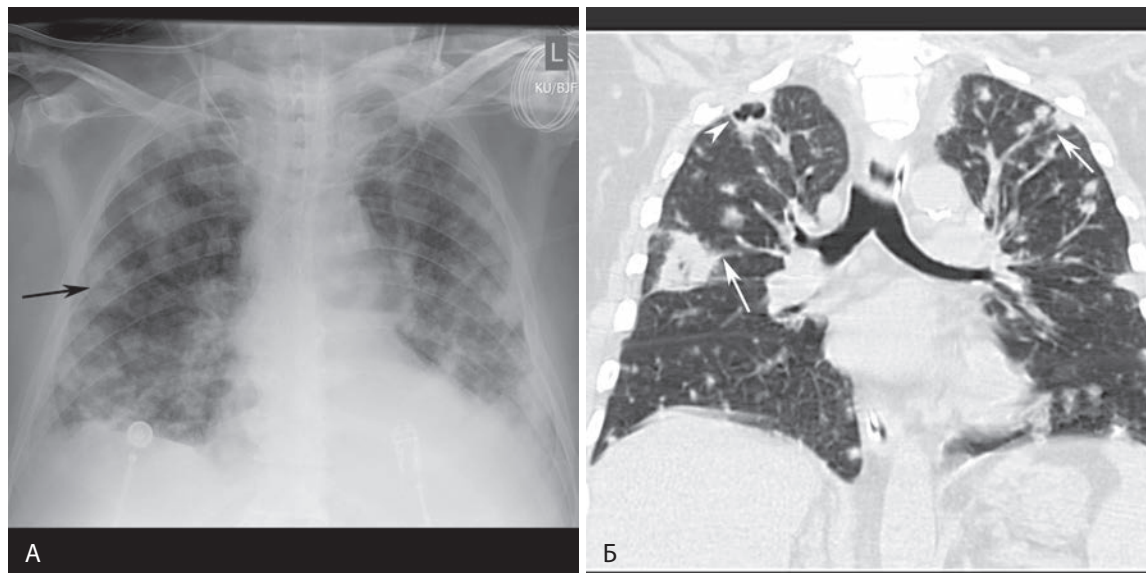




**Рисунок 16.15** Вирусный круп и симптом шпильки. На рентгенограмме шеи в передне-задней проекции отмечается сужение подскладочного пространства гортани в виде перевернутой буквы V (стрелки). (материалы д-ра Sherwin Chan, Kansas City, MO.)



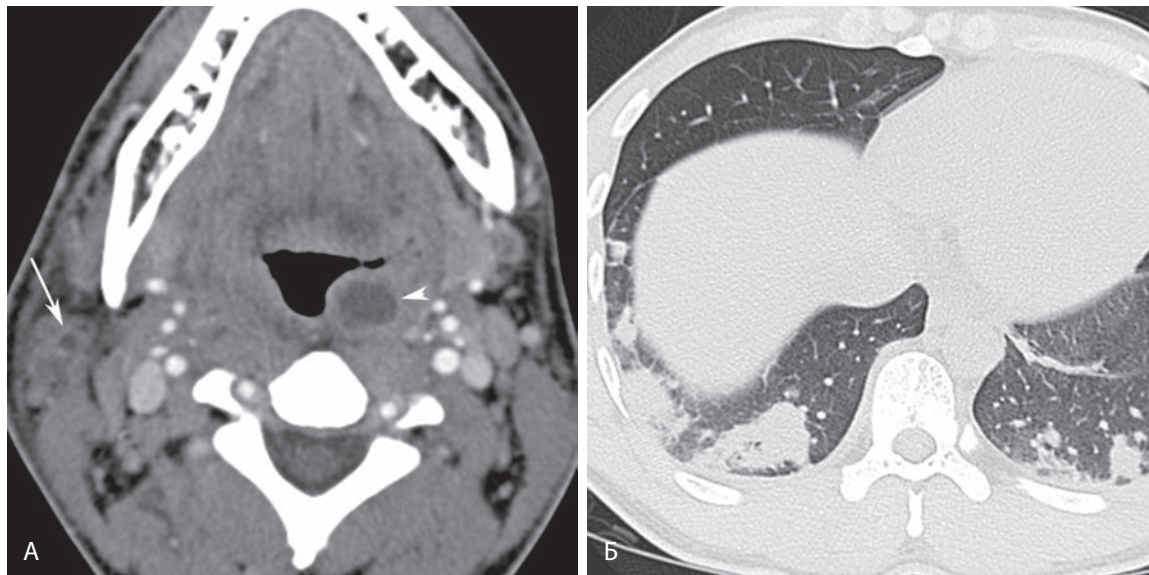
**Рисунок 16.16** Кандидозный трахеит у пациента с иммунодефицитом. На аксиальной (слева) и сагиттальной (справа) томограммах с контрастным усилением отмечается диффузное циркулярное утолщение стенки трахеи (стрелки). Круг дифференциальной диагностики для такой картины достаточно широк, однако у пациентов с иммунодефицитами всегда следует помнить об инфекционных причинах, таких как грибы или туберкулез.



**Рисунок 16.17** Септическая эмболия, связанная с внутривенным употреблением наркотиков. (А) На рентгенограмме органов грудной клетки в передне-задней проекции видны множественные двусторонние узелковые затемнения, некоторых из которых имеют внутреннее просветление (стрелка), напоминающее кавитацию. (Б) На фронтальной бесконтрастной томограмме визуализируются множественные двусторонние узелки, многие из которых сопровождаются симптомом питающего сосуда (стрелки). Обратите внимание на узелок с полостью внутри в правой верхней доле (треугольная стрелка).

циентов с инфицированными центральными катетерами. Наиболее частым проявлением при таком пути инфицирования являются множественные нечеткие узелки и клиновидные участки консолидации в средней и нижней зонах легких (рис. 16.17). Узелки обычно располагаются в периферических частях легких и в центральной части многих из них спустя несколько дней появляется кавитация. Узелки нередко интимно связаны с легочными сосудами, что но-

сит название *симптома питающего сосуда* (см. рис. 16.17, Б). Такой путь распространения инфекции характерен для стафилококковых инфекций, чаще всего *S. aureus*. Изредка источником септических эмболов является тромбофлебит внутренней или наружной яремных вен при инфекциях ротоглотки, вызванных *Fusobacterium necrophorum*. Такое сочетание признаков объединяется термином *синдром Лемьера* (рис. 16.18).



**Рисунок 16.18** Синдром Лембера. (А) На аксиальной томограмме шеи с контрастным усилением показаны левосторонний паратонзиллярный абсцесс (треугольная стрелка) и тромбоз наружной яремной вены (стрелка). (Б) На аксиальной бесконтрастной томограмме определяются клиновидные периферические зоны консолидации в нижней доле и узелковые затемнения, представляющие собой проявления септической эмболии с инфарктами.

Гематогенный путь распространения при грибковых инфекциях встречается нечасто и обычно только у пациентов с иммунодефицитом. При рентгенографии и КТ для таких инфекций характерна картина милиарного поражения с формированием множественных мелких (<3 мм) случайным образом расположенных узелков, рассеянных по всем легочным полям, нередко с преимущественным поражением средней и нижней легочных зон (рис. 16.19). Милиарное поражение чаще всего встречается при инфекции *Mycobacterium tuberculosis*, а также при эндемичных грибковых инфекциях, вызванных *Histoplasma capsulatum* и *Coccidioides immitis*.

### Изменения характерные для инфекций, позволяющие заподозрить специфического возбудителя или сузить круг дифференциальной диагностики

#### Кавитация

Кавитация в толще очаговой или диффузной консолидации обычно свидетельствует о наличии некротизирующей инфекции. Дифференциально-диагностический ряд строится на основании характера распределения очагов и наличия или отсутствия у пациента иммунодефицита. Кавитация на фоне исходно диагностированной пневмонии характерна для инфекции, вызванной *S. aureus* (рис. 16.20), грам-отрицательной флорой и анаэробами. Вновь формирующаяся кавитация предрасполагает к развитию пневмоторакса.

Полостное образование верхней доли, часто с уменьшением объема легочной ткани, у пациентов с симптомами инфекционного процесса считается признаком инфекции *M. tuberculosis*, пока не будет доказана другая причина (рис. 16.21). При КТ этим изменениям часто сопутствуют затемнения типа цветущего дерева и другие мелкие центрилобулярные узелки, являющиеся следствием эндобронхиального распространения инфекции (рис. 16.22). Атипичная микобактериальная инфекция может проявляться аналогичным образом и обыч-

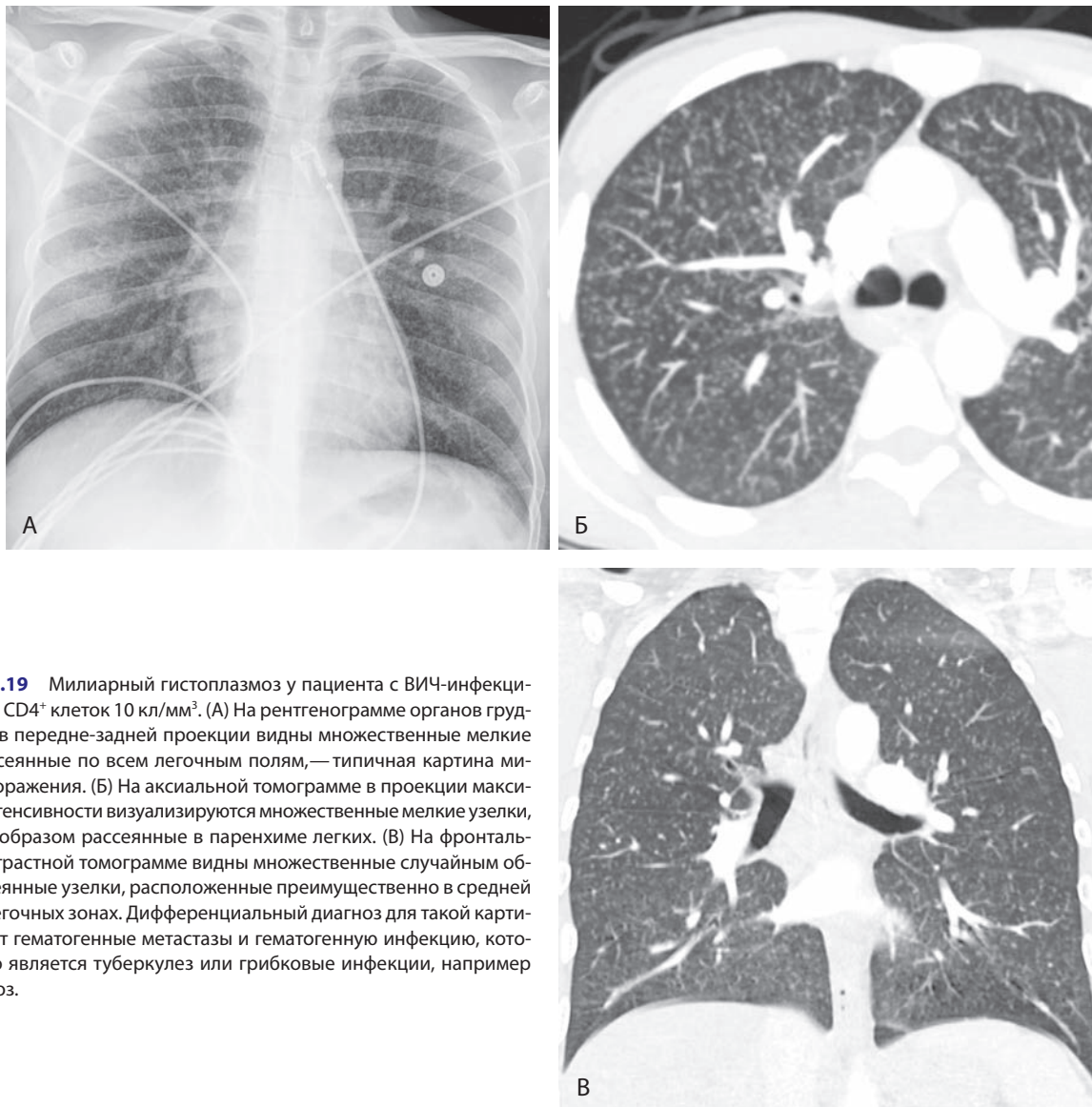
но наблюдается у алкоголиков и пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ; рис. 16.23). Инфекционное поражение правой верхней доли с формированием очагов кавитации, развивающееся в течение нескольких недель или месяцев, может быть первичным проявлением полуинвазивной инфекции *Aspergillus* (известной также, как *хронический некротизирующий аспергиллез*). Эта инфекция часто встречается у пациентов с относительным иммунодефицитом, например алкоголиков, пациентов на низкодозовой терапии глюкокортикоидами, диабетиков и пациентов с ХОБЛ. Поначалу инфекция манифестирует как консолидация верхней доли, которая затем прогрессирует с формированием кавитации и постепенной, в течение недель или месяцев, деструкцией легкого (рис. 16.24). Зона консолидации обычно прилежит к утолщенной плевре, а в кавитационной полости нередко можно видеть плотные грибковые нити.

Если кавитация обнаруживается у пациентов с иммунодефицитом, дифференциальный диагноз будет другим. Полостные узелки у пациента с недавно перенесенной нейтропенией обычно свидетельствуют о грибковой инфекции, чаще всего — об аспергиллезе (рис. 16.25). Менее распространенные причины кавитации включают мукормикоз, инфекции *Cryptococcus* и *Nocardia*. Полостные узелки у пациентов, внутривенно употребляющих наркотики, и пациентов с инфицированным центральным катетером, обычно представляют собой септические легочные эмболы (рис. 16.26).

#### Узелки и объемные образования

Узелки и/или объемные образования у пациентов с нормальным иммунным статусом редко становятся проявлениями инфекций. Чаще всего подобные проявления могут быть при грибковых инфекциях, например при гистоплазмозе или кокцидиомикозе. Рентгенологические проявления этих инфекций напоминают и нередко поначалу интерпретируются как первичный рак легкого (рис. 16.27). Важные





**Рисунок 16.19** Милиарный гистоплазмоз у пациента с ВИЧ-инфекцией и числом CD4<sup>+</sup> клеток 10 кл/мм<sup>3</sup>. (А) На рентгенограмме органов грудной клетки в передне-задней проекции видны множественные мелкие узелки, рассеянные по всем легочным полям, — типичная картина милиарного поражения. (Б) На аксиальной томограмме в проекции максимальной интенсивности визуализируются множественные мелкие узелки, случайным образом рассеянные в паренхиме легких. (В) На фронтальной бесконтрастной томограмме видны множественные случайным образом рассеянные узелки, расположенные преимущественно в средней и нижней легочных зонах. Дифференциальный диагноз для такой картины включает гематогенные метастазы и гематогенную инфекцию, которой обычно является туберкулез или грибковые инфекции, например гистоплазмоз.

признаки, свидетельствующие в пользу грибковой инфекции, включают наличие мелких сателлитных узелков вокруг более крупного доминирующего узла или образования, эпидемиологический анамнез и одностороннюю (со стороны образования) лимфаденопатию корня/средостения, непропорциональную размерам узелка или образования.

Узелки и/или объемные образования часто могут быть проявлением инфекций у пациентов с иммунодефицитом, особенно у пациентов с нейтропенией. Одиночный или множественные легочные узелки у пациента с нейтропенией обычно считаются признаком грибковой инфекции, пока не будет доказана другая причина. Чаще всего такой инфекцией является ангиоинвазивный аспергиллез. Менее распространенные инфекционные причины подобных изменений в легких у пациентов с иммунодефицитами включают мукормикоз, *Cryptococcus*, туберкулез и *Nocardia* (рис. 16.28).

#### КТ-симптомы гало и обратного гало

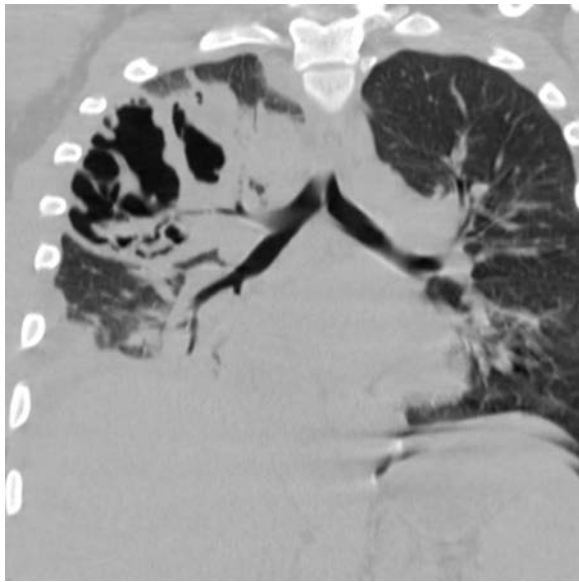
КТ-симптом гало представляет собой уплотнение по типу матового стекла, окружающее центральный узелок или об-

разование. У пациентов с фебрильной нейтропенией этот признак с высокой долей вероятности позволяет заподозрить ангиоинвазивный аспергиллез (рис. 16.29). В этих условиях уплотнение по типу матового стекла представляет собой кровоизлияния, окружающие зону инфаркта легкого.

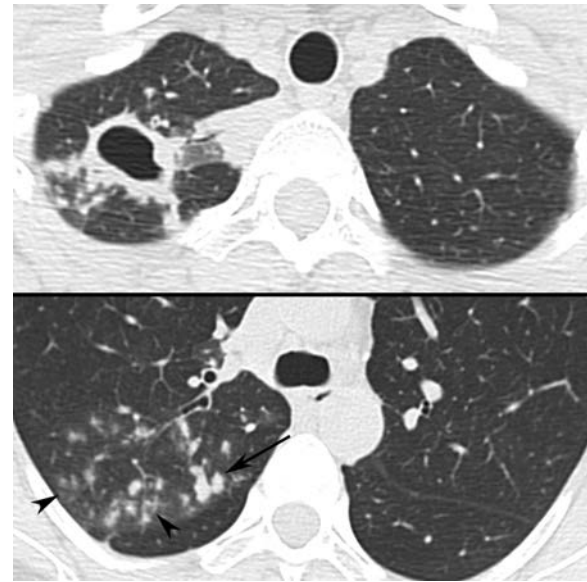
Симптом обратного гало представляет центральную зону матового стекла, окруженную кольцом консолидации. Симптом впервые был описан при организуемой пневмонии, однако затем был обнаружен при многих других состояниях. У пациентов с фебрильной нейтропенией или другими формами иммуносупрессии симптом обратного гало может свидетельствовать об инвазивной грибковой инфекции, например, вызванной грибами *Mucor* или *Aspergillus* (рис. 16.30).

#### Лимфаденопатия

Лимфаденопатию при рентгенографии органов грудной клетки удастся увидеть редко, обычно только при некоторых инфекциях. Наиболее распространенными возбудителями таких инфекций являются *M.tuberculosis* (рис. 16.31), а также эндемические грибковые инфекции — гистоплазмоз



**Рисунок 16.20** Некротизирующая правосторонняя верхнедолевая пневмония, вызванная метициллин-резистентным *Staphylococcus aureus*. На фронтальной бесконтрастной томограмме определяется очаг консолидации в правой верхней доле с зоной кавитации внутри, что соответствует диагнозу некротизирующей пневмонии.



**Рисунок 16.22** Реактивация туберкулеза с эндобронхиальным распространением инфекции. На аксиальных бесконтрастных томограммах на уровне вершечек легких (верхняя картинка) и карины (нижняя картинка) определяется кавитационный узел в правой верхней доле. Обратите внимание на расположенные на некотором расстоянии от него более мелкие солидные узелки (стрелка), нечетко очерченные уплотнения типа матового стекла, центрилобулярные микроузелки и уплотнения типа цветущего дерева (треугольные стрелки), свидетельствующие об эндобронхиальном распространении инфекции.



**Рисунок 16.21** Реактивация туберкулеза. На рентгенограмме органов грудной клетки в задне-передней проекции видны узелковые образования в левой верхней доле (треугольная стрелка), кавитация (стрелка) и уменьшение объема легкого. Подобные изменения считаются признаком туберкулезной инфекции до тех пор, пока не будут доказаны другие причины.

и кокцидиоидомикоз. Менее частыми причинами лимфаденопатии, видимой на рентгенограммах органов грудной клетки, могут быть *Pasteurella tularensis* (туляремия), *Yersinia pestis* (чума) и *Bacillus anthracis* (легочная форма сибирской язвы).

Небольшое увеличение лимфоузлов (>1 см в наименьшем диаметре) часто можно видеть при КТ у пациентов с бактериальной пневмонией, например, более чем у 50% пациентов с пневмококковой пневмонией или эмпиемой. Увели-

ченные лимфоузлы с просветлением в центре (например, вследствие некроза) встречаются реже и обычно при микобактериальной инфекции (в т.ч. вызванной атипичными микобактериями), а также при инфекциях эндемичными грибами (рис. 16.32). Уплотнение лимфоузлов отражает кровоизлияния в них и описано при легочной форме сибирской язвы.

### Симптом «цветущего дерева»

Мелкие бронхиолы при стандартной КТ обычно не видны ввиду их малого размера и тонких стенок. Если эти бронхиолы заполняются слизью, гноем или дебрисом, они визуализируются как ветвящиеся V- или Y-образные структуры, напоминающие дерево с набухшими почками (симптом «цветущего дерева»). Для подобных изменений характерно сохранение субплевральной части легких, в т.ч. легочной паренхимы вблизи междолевых борозд (рис. 16.33). Симптом «цветущего дерева» практически всегда указывает на наличие инфекции или, реже, аспирации. Он может встречаться при различных инфекциях, чаще — при бактериальных и вирусных. Если затемнения по типу «цветущего дерева» сопровождаются бронхоэктазией с преимущественной среднедолевой и язычковой локализацией, причиной скорее всего является атипичная микобактериальная инфекция. Затемнения по типу «цветущего дерева» в сочетании с диффузной бронхоэктазией часто встречаются у пациентов с муковисцидозом, иммунодефицитами, аллергическим бронхолегочным аспергиллезом и первичной цилиарной дискинезией. Консолидацию и затемнения типа «цветущего дерева» часто можно видеть при бактериальных пневмо-



## ГЛАВА 32

# Опухоли сердца и сосудов

Nagina Malguria, Attila Tyth, Suhny Abbara

### ОГЛАВЛЕНИЕ

**Введение, 492**

**Доброкачественные опухоли сердца, 493**

Миксома, 493

Липома, 495

Фиброма, 497

Рабдомиома, 497

Гемангиома, 498

Параганглиома, 500

Папиллярная фиброэластома, 500

**Злокачественные опухоли сердца, 500**

Метастазы, 500

Первичные злокачественные опухоли сердца, 500

Саркомы, 500

Лимфома, 503

**Анатомические варианты и опухолеподобные состояния, 507**

Анатомические варианты, 507

Тромбоз, 509

Казеозная кальцификация митрального кольца, 509

Гипертрофическая кардиомиопатия, 512

Болезнь Эрдгейма–Честера, 512

**Новообразования перикарда, 514**

Перикардальные кисты, 514

Мезотелиома перикарда, 514

Метастазы, 515

**Новообразования сосудов, 515**

Лимфангиома (лимфатические мальформации), 516

Интравенозный лейомиоматоз, 516

Интравенозная лейомиосаркома, 518

### ■ Введение

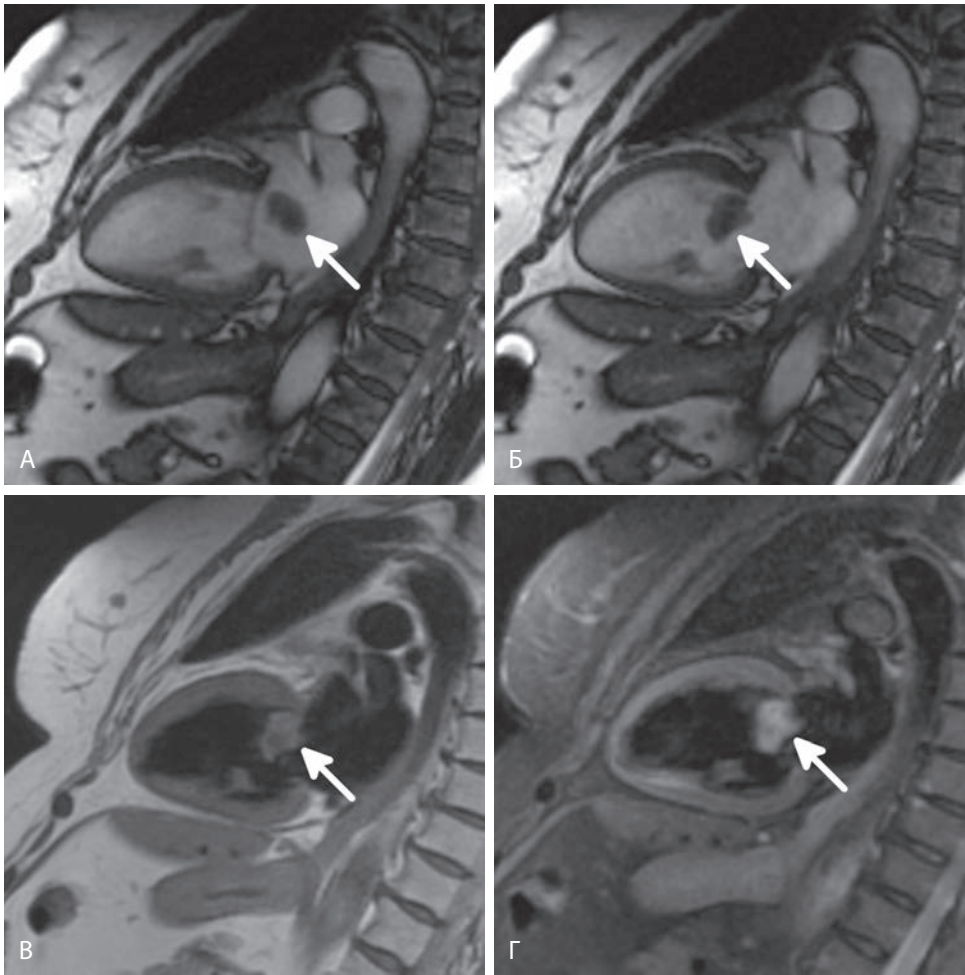
Доброкачественные и злокачественные опухоли сердца встречаются редко, частота их, согласно данным аутопсий, составляет 0,002–0,3%. Однако даже доброкачественные опухоли сердца могут приводить к значительной обструкции кровотока или становиться причиной развития аритмий. Опухоли левых отделов сердца могут стать причиной кардиоэмболических феноменов в системном или мозговом кровотоке. Задачи лучевой диагностики в отношении объемных образований сердца, следующие:

1. Анатомическая локализация новообразования, которая в некоторых случаях может быть ключом к диагнозу
2. Характеристика ткани опухоли
3. Дифференциальный диагноз с тромбозом, другими объемными процессами неопухолевой этиологии и анатомическими вариантами строения

Стандартная рентгенография редко бывает полезной при диагностике опухолей сердца, она позволяет обнаружить их разве что в случаях, когда опухоль имеет большие размеры и приводит к кардиомегалии. Обследование пациентов с опухолями сердца обычно начинается с эхокардиографии, и благодаря широкому распространению этого метода такие опухоли нередко становятся случайной находкой при обследовании пациентов по другим показаниям. Однако эхокардиография обладает рядом ограничений — это оператор-зависимый метод и его информативность может быть ограничена акустическим окном, например, у тучных

пациентов и пациентов с хронической обструктивной болезнью легких.

Компьютерная томография (КТ) ввиду своего высокого пространственного разрешения и возможности быстрого получения данных во всех возможных плоскостях играет значимую роль в диагностике опухолей сердца. Возможности КТ давать точную характеристику жировому компоненту и депозитам кальция помогает в некоторых случаях сузить круг дифференциальной диагностики. МРТ, отличающаяся высоким контрастным разрешением и возможностями многоплоскостной визуализации, часто становится еще одним методом диагностики новообразований сердца. Плоскости сканирования при МРТ могут выбираться в зависимости от конкретной локализации новообразования. Стандартный протокол диагностики при опухолях сердца начинается со скаут-сканирования, вслед за которым получают изображения в режиме свободной прецессии в стабильном состоянии (SSFP) в стандартных плоскостях (парасептальная или вертикальная длинная ось, горизонтальная длинная ось, серия срезов в короткой оси, трехкамерные проекции). Для описания сложных новообразований лучше всего подходят аксиальные T1-изображения в режиме быстрого спин-эхо без или, при необходимости, с подавлением жира. Для выявления отека и оценки характеристик T2-сигнала новообразования используются T2-ВИ. При опухолях, инфильтрирующих миокард или распространяющихся на перикард может быть полезна установка меток. Перфузионные изо-



**Рисунок 32.1** Подвижная миксома левого предсердия (стрелки). (А) Раннее систолическое изображение из динамической серии в режиме свободной прецессии в стабильном состоянии (SSFP) в двухкамерной проекции (2К) или проекции вертикальной длинной оси. На томограмме показано объемное образование в левом предсердии. (Б) Позднее диастолическое изображение из этой же серии. Образование левого предсердия в эту фазу сердечного цикла проникает в левый желудочек. (В) На T1-изображении в режиме «черная кровь» отмечается неоднородность T1-сигнала образования по сравнению с соседним миокардом. (Г) В режиме тройной инверсии-восстановления (темная кровь, подавление жира) отмечается неоднородное усиление T2-сигнала от опухоли.

бражения первого прохождения, получаемые после введения гадолиния, позволяют оценить васкуляризацию новообразования. Для выявления новообразования иногда необходимо и отсроченное контрастирование, определяемое через 8–15 минут и оцениваемое в проекции короткой оси левого желудочка либо в любых других дополнительных плоскостях. Между перфузионным сканированием и отсроченным контрастированием можно получить постконтрастные T1-изображения в режиме быстрого спин-эхо в оптимальных с точки зрения визуализации образования плоскостях.

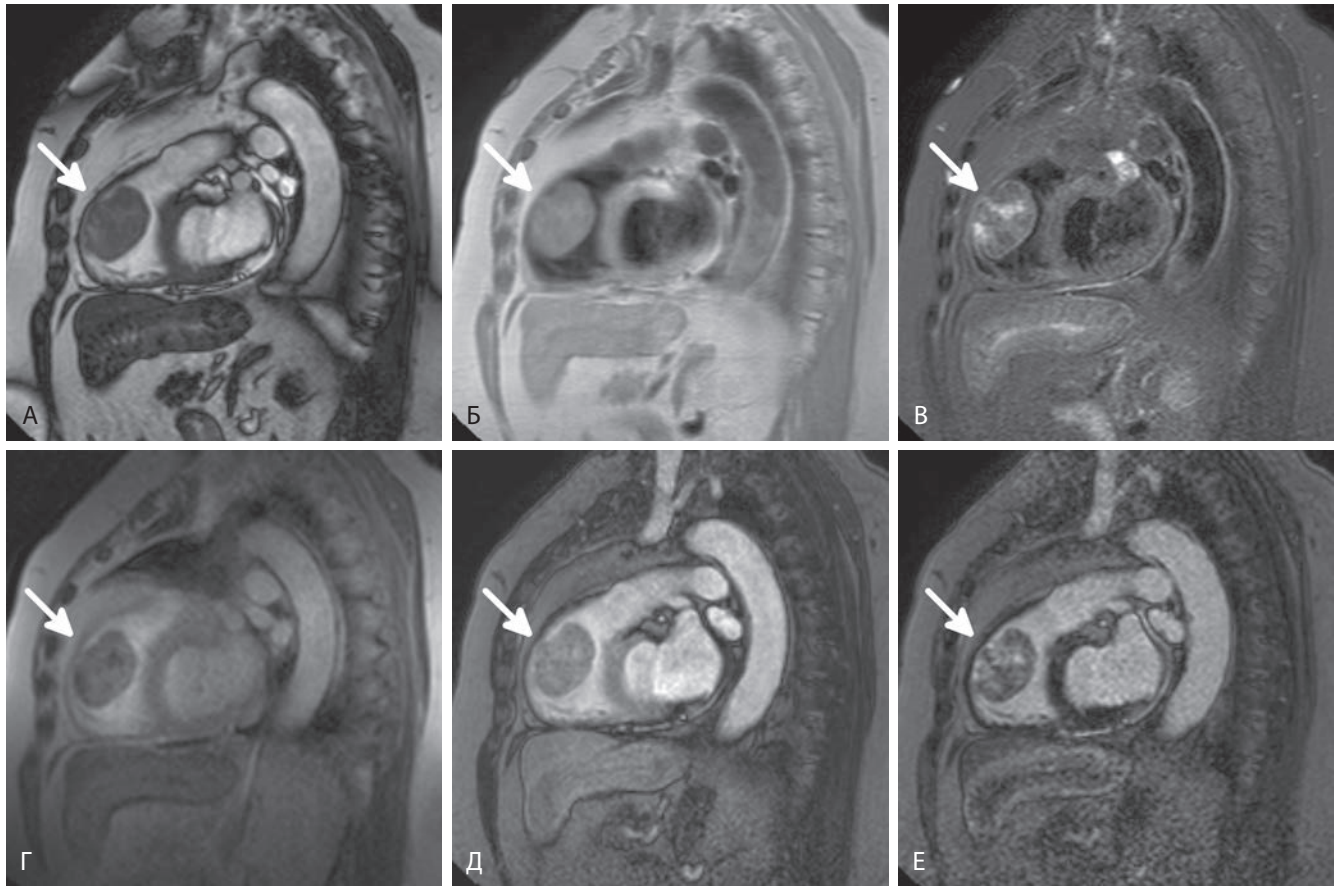
### ■ Доброкачественные опухоли сердца

#### Миксома

90% первичных опухолей сердца — доброкачественные, и самыми частыми из таких опухолей являются миксомы (50–80%). Эти опухоли в три раза чаще обнаруживаются у женщин, обычно в 4–6 десятилетия жизни. В 60–80% случаев миксома локализуется в левом предсердии (рис. 32.1) в области межпредсердной перегородки и овальной ямки, вслед за которым следуют такие локализации, как правое предсердие (15–28%), правый желудочек (8%, рис. 32.2), левый желудочек (3–5%) и, изредка, клапаны сердца. Примерно в 10% случаев опухоль занимает оба предсердия, распространяясь через овальную ямку из левого предсердия в правое.

Большинство миксом — это спорадические случаи, однако около 7% из них являются частью синдромов, например комплекса Карни, X-сцепленного аутосомно-доминантного заболевания, характеризующегося кардиальными и экстракардиальными миксомами, пятнистой пигментацией кожи, гиперактивностью эндокринных желез и шванномами. Миксомы, связанные с комплексом Карни, развиваются в более молодом возрасте, чаще у мужчин, и имеют тенденцию рецидивировать после резекции. Недавние исследования показали, что и спорадические миксомы, и миксомы, связанные с комплексом Карни, могут иметь мутацию гена *PRKARIA*, что говорит в пользу генетической природы по крайней мере некоторых из этих опухолей.

Примерно 10–15% миксом на момент обнаружения никак себя не проявляют клинически. Они могут проявлять себя системными конституциональными симптомами, связанными с продукцией интерлейкинов, или симптомами обструкции кровотока с недостаточностью левых или правых отделов сердца. Крупные мобильные миксомы левого предсердия могут пролабировать в митральный клапан и вызывать его функциональную обструкцию, или т.н. эффект стального ядра, связанный возвратным и поступательным движением опухоли через митральный клапан. Эмболические проявления встречаются в 30–50% случаев миксом и обычно



**Рисунок 32.2** Миксома (стрелки) выходного тракта правого желудочка. (А) Томограмма правого желудочка в режиме свободной прецессии в стабильном состоянии. Несколько неоднородный T2/T1 сигнал практически идентичен сигналу от миокарда. (Б) Черная кровь, T1-взвешенное турбо спин-эхо (TSE) изображение в такой же проекции: образование имеет неоднородный сигнал промежуточной интенсивности. (В) T2-взвешенное TSE изображение: неоднородность сигнала вызывает появление участков повышенной и сниженной интенсивности. Миксоматозные компоненты и присутствие некоторого количества продуктов деградации крови вызывает усиление интенсивности сигнала, тогда как кальцинаты и гемосидерин либо (но в меньшей степени) фиброзный компонент вызывают снижение интенсивности сигнала. (Г) При перфузионном сканировании первого прохождения отмечается неоднородное накопление внеклеточного контраста (Gd-DO3A-бутрол). (Д) Изображение с ранним контрастированием, полученное в режиме инверсии-восстановления турбо филд-эхо через 2–7 минут после введения контраста с использованием увеличенного времени инверсии: отмечается несколько неоднородное контрастное усиление. (Е) Изображение с отсроченным контрастированием, полученное в том же режиме через 10–20 минут после введения контраста с использованием времени инверсии, необходимого для обнуления миокарда. Новообразование характеризуется неоднородным контрастным усилением, свидетельствующим о неоднородной гистологической структуре.

сопровожаются нарушениями мозгового кровообращения и кровоснабжения сетчатки глаза.

Внешне миксомы представляют собой дольчатые образования с бугристой поверхностью. Описаны кистозные формы миксом. В трети случаев миксомы подвергаются кальцификации, в некоторых случаях в их толще наблюдаются кровоизлияния. Макроскопически треть миксом представляют собой папиллярные опухоли, оставшиеся две трети имеют полипоидное строение. Папиллярные миксомы чаще становятся источником церебральных и системных кардиоэмболических событий, связанных с отделением фрагментов опухоли и попаданием их в системный кровоток, тогда как полипоидные опухоли чаще проявляются обструктивными симптомами. Миксомы правого предсердия кальцифицируются чаще, чем миксомы левого предсердия.

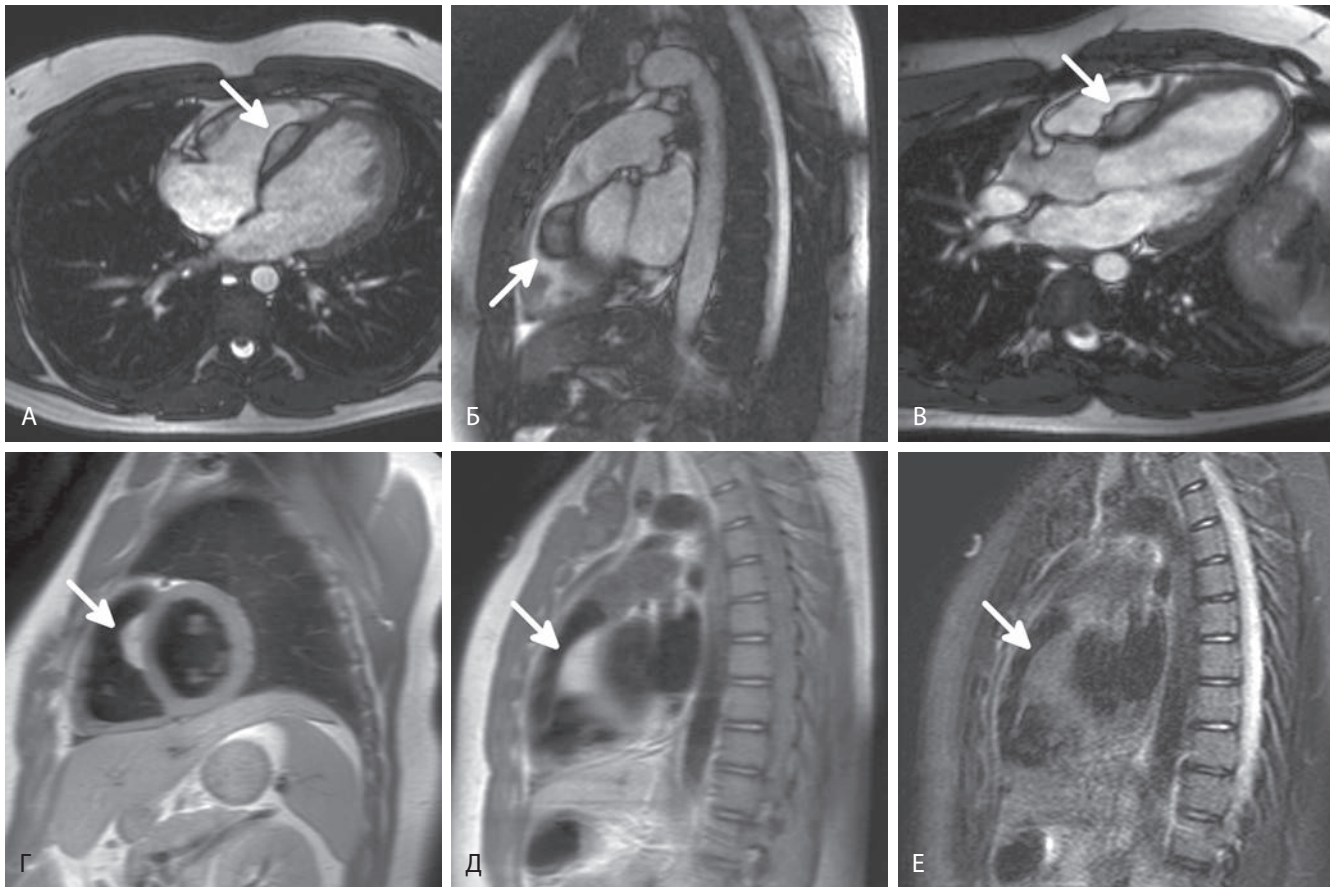
### Визуализация

При КТ миксомы представляют собой неоднородные образования низкой плотности, характеризующиеся более

низким или, реже, аналогичным окружающему миокарду контрастным усилением. Кальцинаты, если они есть в составе опухоли, хорошо видны на КТ и обычно выглядят как грубые или точечные включения. Чаще кальцинаты встречаются при миксомах правого предсердия, реже — левого. Миксомы предсердий имеют узкую зону прикрепления к межпредсердной перегородке.

При МРТ миксомы обычно имеют изоинтенсивный сигнал на T1-ВИ и гиперинтенсивный сигнал в T2-взвешенных последовательностях. Изображения в режиме балансирующей SSFP позволяют увидеть подвижность опухоли (см. рис. 32.1), которая может пролабирывать через атриовентрикулярные клапаны, вызывая временную обструкцию кровотока. На SSFP изображениях миксомы обычно имеют менее интенсивный сигнал по сравнению с кровяным пулом и гиперинтенсивный сигнал по сравнению с нормальным миокардом. На ранних постконтрастных изображениях первого прохождения контрастного усиления сигнала не происходит либо оно оказывается минимальным. Более вы-





**Рисунок 32.3** Липома (стрелки) межжелудочковой перегородки. (А) На аксиальной томограмме в режиме свободной прецессии в стабильном состоянии (SSFP) показано образование межжелудочковой перегородки с темным ободком, выступающее в полость правого желудочка. (Б) SSFP-изображение на уровне выходного тракта правого желудочка. (В) Трехкамерная проекция в режиме SSFP этого же пациента. (Г) Проекция короткой оси в режиме T1 быстрого спин-эхо (FSE), черная кровь. Характеристики сигнала образования аналогичны сигналу подкожной жировой клетчатки. (Д) На T1-взвешенном FSE изображении на уровне выходного тракта правого желудочка показано это же образование в другой плоскости. (Е) Падение сигнала образования при применении T2-взвешенной последовательности FSE тройной инверсии-восстановления с жироподавлением.

раженное и неоднородное контрастное усиление наблюдается в режиме позднего контрастирования гадолинием, которое регистрируется через 10–15 минут после введения контраста. Неоднородность на постконтрастных изображениях связана с наличием в составе опухоли участков некроза, кровоизлияний, фиброза и кальцификации (см. рис. 32.2).

## Липома

### Описание

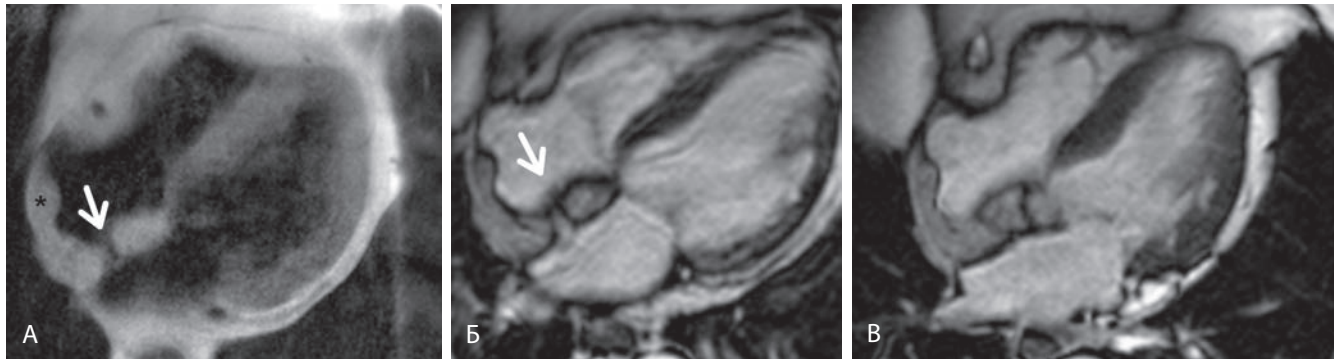
Липомы — вторые по частоте первичные опухоли сердца. Они могут иметь любую локализацию и обычно встречаются в молодом возрасте. Это инкапсулированные опухоли, образованные зрелыми адипоцитами. Примерно 50% из них имеют субэпикардальное и интрамуральное происхождение, другие располагаются субэндокардиально. Липомы сердца могут быть спорадическими либо развиваться в составе комплекса туберозного склероза. Обычно липомы обнаруживаются случайно, никак себя не проявляя клинически, однако с увеличением размеров они могут вызывать сдавление коронарной артерии или перикарда (субэпикардальные липомы), аритмии (интрамуральные липомы) или обструкцию кровотока (субэндокардиальные липомы).

### Визуализация

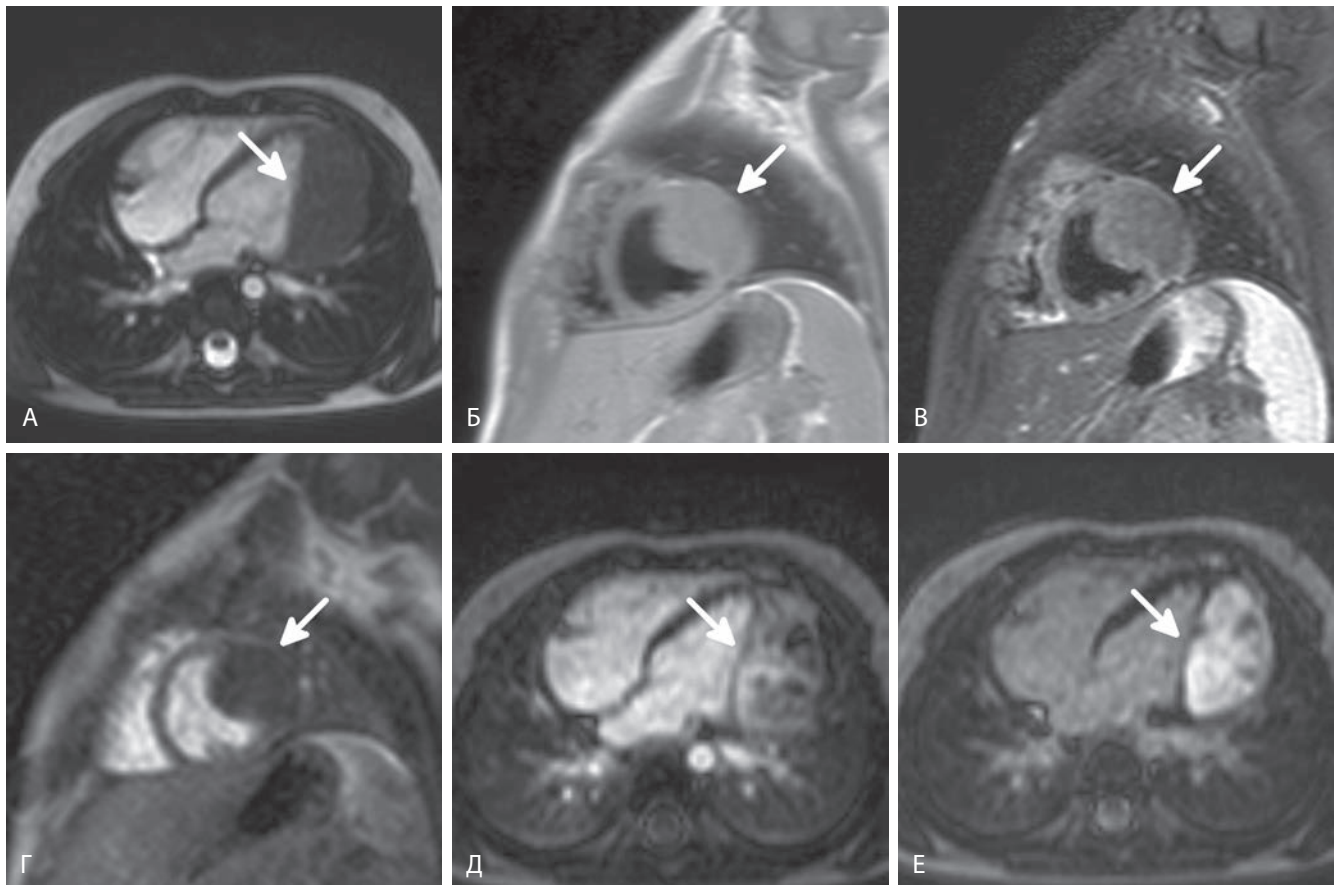
При КТ и МРТ липомы выглядят как типичные жиросодержащие образования, т.е. они имеют низкую плотность на КТ изображениях и выглядят яркими в T1 МР-последовательностях, становясь более темными при применении импульсов жиронасыщения (или подавления). Дополнительным информативным признаком является интенсивность сигнала, аналогичная сигналу окружающей клетчатки средостения и грудной стенки при КТ, а также на T1- и T2-взвешенных МР-томограммах. Липомы — бессосудистые образования, которые не накапливают контраст (рис. 32.3).

Липомы сердца необходимо отличать от липоматозной гипертрофии межпредсердной перегородки, которая нередко наблюдается у пациентов старшего возраста с избыточной массой тела. В отличие от липом гипертрофия обычно затрагивает межпредсердную перегородку и не затрагивает овальную ямку, в результате чего имеет типичный вид гантели (рис. 32.4). Присутствие метаболически активной бурой клетчатки при этом состоянии может делать ее видимой при позитронно-эмиссионной томографии.

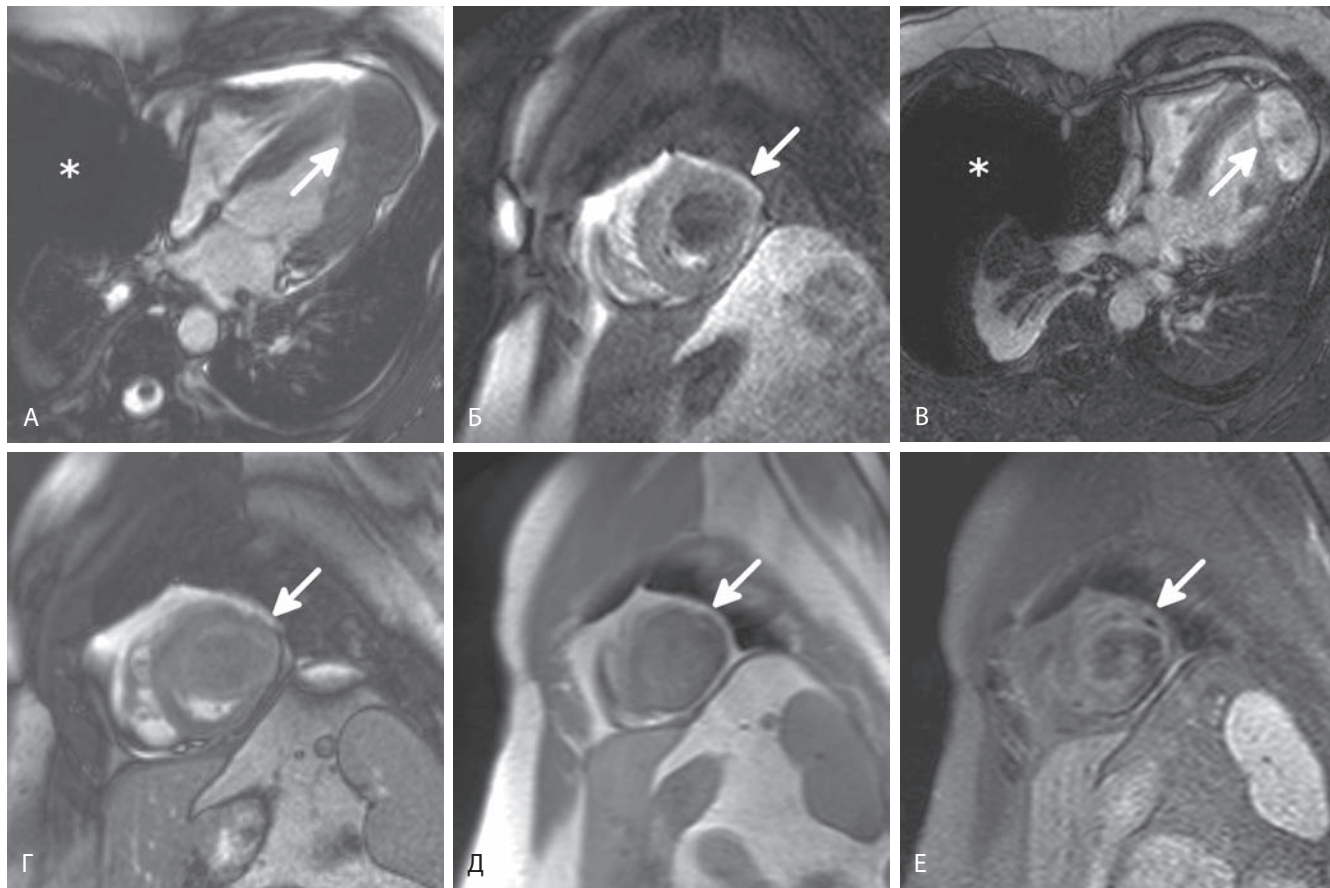




**Рисунок 32.4** Липоматозная гипертрофия межпредсердной перегородки. (А) На аксиальной томограмме полученной в режиме двойной инверсии-восстановления определяется высокая интенсивность сигнала межпредсердной перегородки, имеющая форму гантели, с сохранением овальной ямки (стрелка). Обратите внимание на то, что интенсивность сигнала перегородки соответствует интенсивности сигнала эпикардиальной клетчатки. В этом случае также наблюдается жировая инфильтрация вдоль задней стенки правого предсердия, продолжающаяся в терминальный гребень. На диастолических аксиальном (Б) и четырехкамерном (В) изображениях в режиме свободной прецессии в стабильном состоянии виден артефакт травления на границе жировой клетчатки и жидкости в межпредсердной перегородке, с сохранением при этом овальной ямки (стрелка, В).



**Рисунок 32.5** Фиброма (стрелки) левого желудочка у четырехлетнего ребенка, являющаяся причиной желудочковых аритмий, по поводу которых был установлен имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор. (А) В четырехкамерной проекции в режиме свободной прецессии в стабильном состоянии видно изоинтенсивное образование боковой стенки левого желудочка. (Б) T1-ВИ в проекции короткой оси (КО), полученное в режиме турбо спин-эхо с подавлением крови. Образование имеет промежуточную интенсивность сигнала. (В) T2-ВИ в проекции КО с насыщением жира. Фиброма выглядит несколько более темной по сравнению с миокардом. (Г) Перфузионное изображение первого прохождения в проекции КО, внеклеточное контрастирование. Опухоль не накапливает контраст. (Д) Раннее постконтрастное изображение в четырехкамерной проекции, полученное через 2–3 минуты после введения контраста с обнулением сигнала миокарда. Образование имеет неоднородное контрастное усиление. (Е) Отсроченное постконтрастное изображение в четырехкамерной проекции, полученное с использованием последовательности инверсии-восстановления через две минуты после введения контраста. Опухоль имеет выраженное позднее контрастное усиление. Хорошо видны границы опухоли.



**Рисунок 32.6** Фиброма левого желудочка (стрелки). Неожиданной находкой в ходе исследования стал спонтанный пневмоторакс (ПТ). (А) Четырехкамерное (4К) изображение в режиме балансирующей свободной прецессии в стабильном состоянии (b-SSFP). Опухоль выглядит изоинтенсивно по сравнению с миокардом (звездочка, ПТ). (Б) Перфузионное изображение первого прохождения в проекции короткой оси. Образование характеризуется слабой васкуляризацией. (В) 4К изображение с отсроченным контрастированием (инверсия-восстановление турбо филд-эхо). Через 10 минут после введения контраста фиброма демонстрирует яркое контрастное усиление (звездочка, ПТ). Спереди и сбоку от позвоночника видно коллабированное легкое (позади звездочки). (Г) b-SSFP изображение в проекции короткой оси после введения контраста: периферическое контрастное усиление опухоли. (Д) T1-ВИ в проекции короткой оси, полученное в режиме турбо спин-эхо с подавлением крови. Образование характеризуется некоторой неоднородностью сигнала. (Е) T2-ВИ в проекции короткой оси, полученное в режиме спектральной инверсии-восстановления с подавлением крови. В центральной части фибромы отмечается неоднородное снижение интенсивности сигнала.

## Фиброма

### Описание

Кардиальные фибромы — вторые по частоте врожденные опухоли сердца, обычно обнаруживаемые в детском или молодом возрасте. Они преимущественно поражают желудочки сердца, чаще левый. Обычно это хорошо отграниченное образование, в центре которого могут образовываться кальцинаты. Это наиболее часто резецируемая в детском возрасте опухоль сердца и вторая по частоте доброкачественная первичная опухоль сердца у детей, обнаруживаемая на аутопсиях. Опухоль с равной частотой встречается у мужчин и женщин. Синдромальные сердечные фибромы входят в состав синдрома Горлина, аутосомно-доминантного заболевания, характеризующегося множественными базально-клеточными карциномами, кистами нижней челюсти, аномалиями скелета и тенденцией к развитию новообразований в ряде органов.

### Визуализация

Большинство кардиальных фибром — это одиночные образования, обычно локализующиеся в межжелудочковой перегородке или свободной стенке желудочка. Центральная дистрофическая кальцификация лучше всего видна на КТ. При МРТ эти опухоли выглядят изоинтенсивно или гиперинтенсивно в T1 последовательностях и несколько гипоинтенсивно в T2 последовательностях. На отсроченных постконтрастных изображениях опухоль может демонстрировать интенсивное контрастное усиление или выглядеть как центральная гипоинтенсивная зона, окруженная хорошо выраженной изоинтенсивной оболочкой (рис. 32.5 и 32.6).

## Рабдомиома

### Описание

Рабдомиомы — самые частые первичные опухоли у детей. Обычно они манифестируют в первый год жизни. Развитие рабдомиом связывается с туберозным склерозом: с ним связаны около 60–80% случаев кардиальных рабдомиом, эти опухоли обнаруживаются у половины пациентов с туберозным



склерозом. Множественные опухоли характеризуются еще более тесной связью с туберозным склерозом. Это четко ограниченные от нормальных тканей образования размерами от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Гистологически они представляют собой гамартомы. Опухоли располагаются интрамурально в стенке желудочка. Большинство рабдомиом подвергаются спонтанному регрессу и исчезают к четырехлетнему возрасту. Хирургическая резекция показана только при клинически значимых опухолях, вызывающих обструкцию кровотока.

### Визуализация

Рабдомиомы нередко обнаруживаются в ходе антенатального ультразвукового скрининга — они являются гиперэхогенными образованиями. На T1-ВИ рабдомиомы обычно изоинтенсивны окружающему миокарду, на T2-взвешенных томограммах они в отличие от фибром гиперинтенсивны. На ранних постконтрастных изображениях рабдомиомы обычно не накапливают контраст либо контрастируются лишь

в минимальной степени, на отсроченных постконтрастных изображениях они изоинтенсивны миокарду.

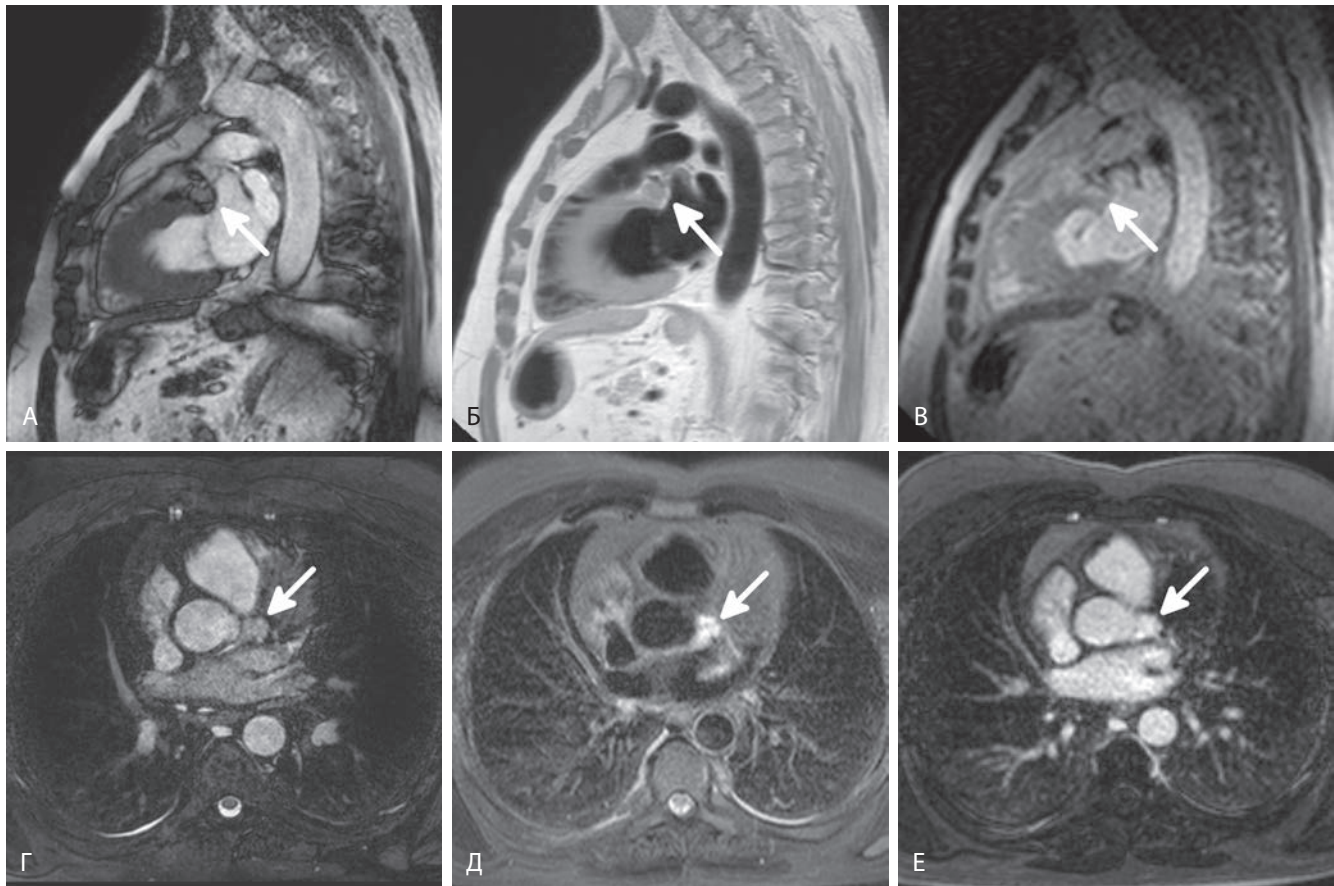
### Гемангиома

#### Описание

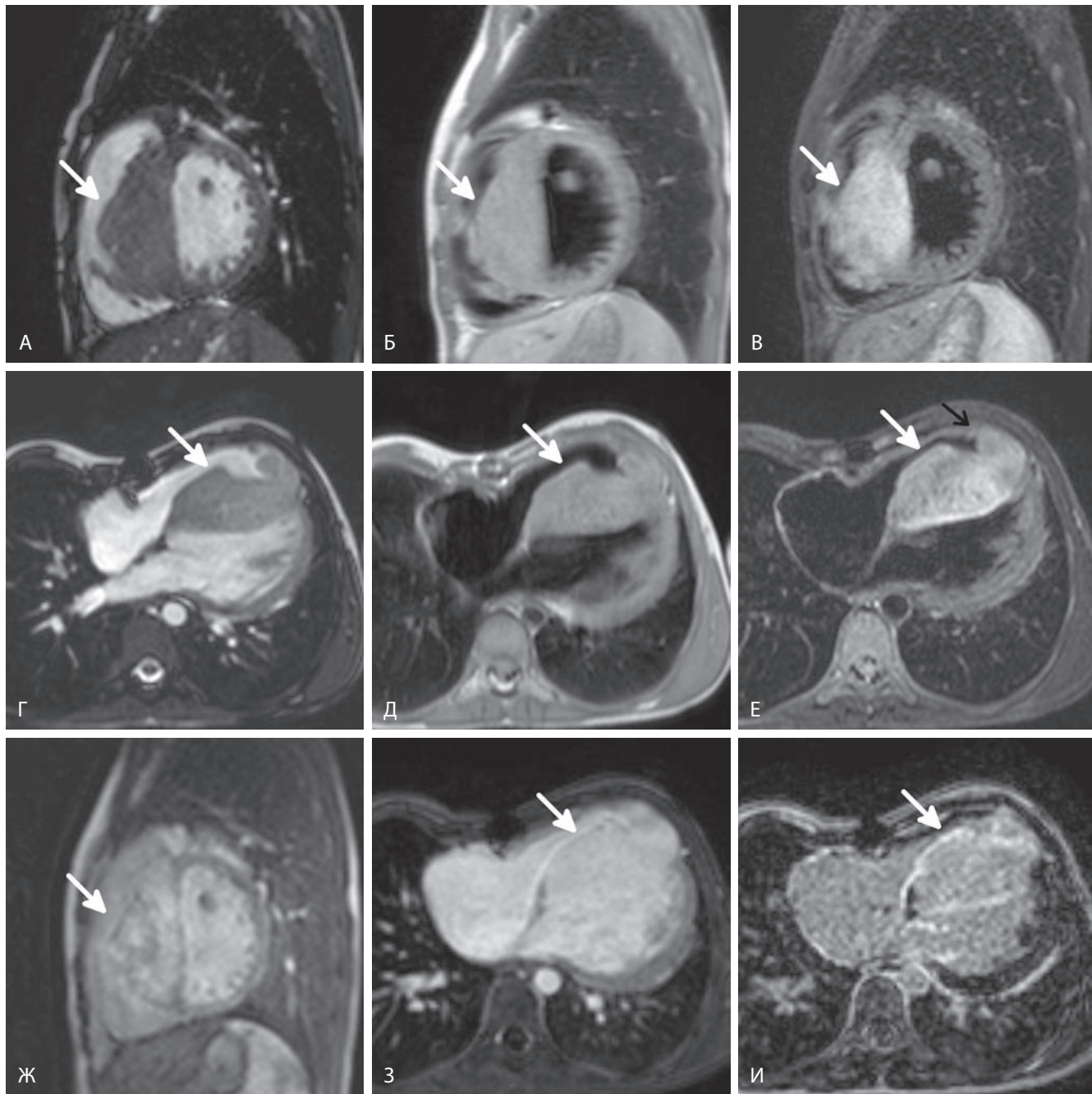
Гемангиомы — сосудистые опухоли, составляющие 5–10% всех опухолей сердца. Гистологически это могут быть кавернозные, капиллярные или артериовенозные гемангиомы, однако чаще они имеют смешанное строение.

#### Визуализация

На МР-томограммах гемангиомы обычно имеют неоднородное строение и гиперинтенсивны в T1- и T2-последовательностях в связи с медленным кровотоком в опухоли. Благодаря выраженному сосудистому компоненту гемангиомы демонстрируют интенсивное постконтрастное усиление. Кальцинаты и фиброзные перегородки в опухоли могут быть причиной неоднородности сигнала (рис. 32.7 и 32.8).



**Рисунок 32.7** Гемангиома. В ходе КТ-коронароангиографии, назначенной по поводу боли в груди, поражения коронарных артерий не выявлено, однако обнаружено объемное образование, расположенное под бифуркацией левой главной коронарной артерии рядом с корнем аорты (стрелки). Это относительно частая локализация паракардиальных гемангиом. Для более точной характеристики обнаруженной находки пациенту назначена МРТ. (А) Сагитальное изображение в режиме балансированной свободной прецессии в стабильном состоянии, полученное в конце диастолы. Выявленное четко ограниченное образование имеет более интенсивный по сравнению с миокардом T1/T2-сигнал. (Б) Сагитальное T1-взвешенное турбо спин-эхо (TSE) изображение в режиме «черная кровь». Опухоль характеризуется аналогичной миокарду промежуточной интенсивностью сигнала. (В) Сагитальное перфузионное изображение при первом прохождении контраста. Выраженное контрастирование при первом прохождении контраста говорит о высокой васкуляризации образования. (Г) Аксиальная реконструкция трехмерной изотропной высокоразрешающей навигационно-управляемой последовательности с T2-подготовкой в режиме балансированного быстрого филд-эхо с жироподавлением. Признаки вовлечения соседних с опухолью структур отсутствуют. (Д) Аксиальное T2-взвешенное TSE изображение «черная кровь». По сравнению с миокардом опухоль имеет более интенсивный сигнал. (Е) Отсроченное постконтрастное аксиальное изображение. Характер контрастного усиления аналогичен таковому у кровяного пула.



**Рисунок 32.8** Гемангиома. Гемангиома у этой пациентки обнаружена в раннем детстве во время операции по поводу дефекта межпредсердной перегородки. Через несколько лет наблюдения у пациентки развивалась желудочковая аритмия и для более точной характеристики гемангиомы (белые стрелки) была назначена кардиальная МРТ. (А) Сагиттальное изображение в режиме балансирующей свободной прецессии в стабильном состоянии (b-SSFP) в конце диастолы. Видны утолщенные межжелудочковая перегородка и трабекулы правого желудочка. Интенсивность T2-/T1-сигнала примерно соответствует сигналу миокарда. (Б) Сагиттальное T1-взвешенное турбо спин-эхо (TSE) изображение «черная кровь». Опухоль имеет промежуточную интенсивность сигнала, аналогичную миокарду. (В) Сагиттальное T2-взвешенное TSE изображение «черная кровь». Гемангиома захватывает всю межжелудочковую перегородку и распространяется на некоторые трабекулы правого желудочка. (Г) Аксиальное b-SSFP изображение в конце диастолы после введения контраста. Опухоль имеет более высокую по сравнению с миокардом интенсивность T1/T2 сигнала. (Д) Аксиальное T1-взвешенное TSE изображение «черная кровь». Опухоль характеризуется аналогичной миокарду промежуточной интенсивностью сигнала. (Е) Аксиальное T2-взвешенное TSE изображение «черная кровь». Гемангиома занимает всю межжелудочковую перегородку и распространяется на часть трабекул и верхушку правого желудочка (черная стрелка). (Ж) Сагиттальное раннее постконтрастное изображение при внеклеточном расположении контраста. Контрастирование образования негетомогенное, но в целом аналогичное контрастированию кровяного пула. (З) Аксиальное раннее постконтрастное изображение. Характер контрастирования напоминает кровяной пул. (И) Аксиальное отсроченное постконтрастное изображение. Внешний контур опухоли демонстрирует выраженное усиление, тогда как интенсивность сигнала большей части опухоли аналогична сигналу кровяного пула.