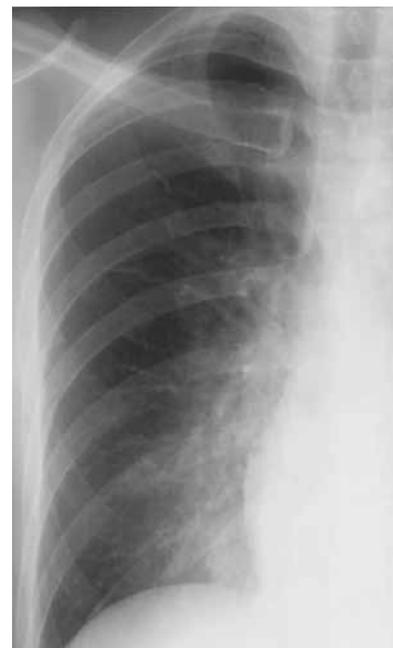


Э. Айзенхубер, К. Шёфер-Прокоп, Х. Прош, Э. Кайндл

Грудная клетка



Визуализация

Около 40 % всех рентгенологических исследований проводятся для выявления патологий грудной клетки. Для диагностики используются следующие методы визуализации:

- рентгенологическое исследование органов грудной клетки;
- рентгеноскопия;
- компьютерная томография (КТ);
- ультразвуковое исследование (УЗИ);
- магнитно-резонансная томография (МРТ).

Органы грудной клетки (сердце и легкие)

Рентгенологическое исследование органов грудной клетки неизменно остается первичным методом исследования при заболеваниях сердца и легких. К настоящему моменту пленка уже практически не используется – ее заменили цифровые детекторы в виде комбинированной системы запоминающих пластин или цифровых твердотельных детекторов.

Лучевая нагрузка, получаемая в ходе традиционном рентгенологическом исследовании легких, незначительна. Доза облучения при рентгенологическом исследовании грудной клетки в двух проекциях в оптимальных условиях составляет 0,02 мЗв, что соответствует одной сотой природной годовой лучевой нагрузки.

Рентгенологическое исследование грудной клетки в положении стоя

Снимок органов грудной клетки делается на глубоком вдохе. Рентгенограмма производится в переднезадней и боковой проекции (пациент прижимается левой стороной грудной клетки). Фокусное расстояние (расстояние от фокусного пятна до пленки) устанавливается равным двум метрам, чтобы проекционное увеличение отображаемых структур (особенно теней сердца) было минимальным. В цифровой рентгенографии, также как в аналоговой, используется жесткое излучение (напряжение около 120 кВ), чтобы максимально снизить эффект наслаивания других изображений на изображение ребер. Хотя обобщение результатов различных исследований показало, что при низком напряжении без увеличения эффективной дозы достигается лучшая контрастность легочной паренхимы, эта методика не вошла в широкую практику.

Органы грудной клетки (сердце и легкие):

- » исходное исследование;
- » незначительная лучевая нагрузка



Условия получения рентгенограммы:

- глубокий вдох;
- переднезадняя/боковая проекция;
- фокусное расстояние 2 м.

Рис. 1. Рентгенограмма органов грудной клетки (сердце и легкие) в положении стоя

Рентгенологическое исследование органов грудной клетки в положении лежа

Рентгенологическое исследование лежачих пациентов производится в положении лежа при помощи мобильного рентгеновского аппарата. Рентгенограмма производится в переднезадней проекции. Рентгенограмма в боковой проекции в положении лежа невозможна. Нужно учитывать, что из-за переднезадней проекции и малого фокусного расстояния в 1 м изображение сердца будет увеличенным. Плевральные выпоты в положении лежа распределяются вдоль задней поверхности грудной клетки и могут быть обнаружены, только начиная с определенного количества, равного примерно 500 мл.

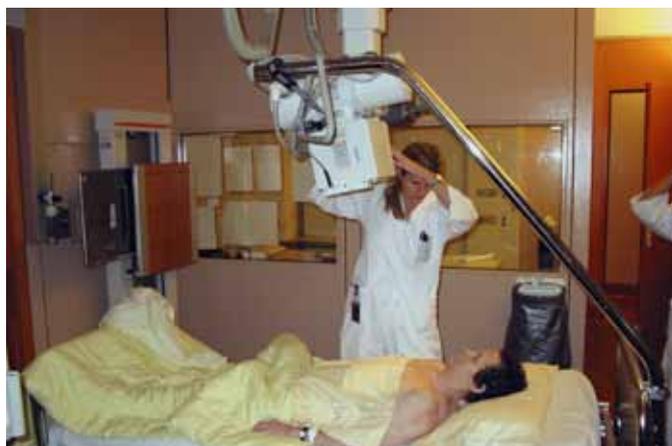


Рис. 2. Рентгенограмма органов грудной клетки в положении лежа, переднезадняя проекция (рентгенологическое исследование у постели больного)

Рентгеноскопия

В отдельных случаях дополнительно проводится рентгеноскопия. Лучевая нагрузка при рентгеноскопии зависит от длительности процедуры и зачастую значительно превышает нагрузку при обычном рентгенологическом исследовании, поэтому ее применение должно быть ограничено строго определенными показаниями.

Показания к рентгеноскопии:

- оценка подвижности диафрагмы;
- контроль зонда-электростимулятора (свободное колебание кончика зонда).

Рентгеноскопия:

» применяется только в некоторых случаях

Компьютерная томография

Компьютерная томография – это самый чувствительный метод исследования для диагностики процессов в легких и средостении, обладающий широким спектром показаний.

К основным показаниям относятся:

- круглые очаги и уплотнения, выявленные при стандартной рентгенографии;
- диффузные заболевания легких;
- стадирование легочных опухолей;
- выявление другой патологии легких и средостения;
- биопсия патологических изменений под контролем КТ;
- поиск метастазов при стадировании опухолей;
- поиск острых очагов инфекции (у пациентов с подавленным иммунитетом, проходящих химиотерапию, ВИЧ-инфицированных);
- легочная тромбоэмболия;
- расслоение аорты;
- бронхоэктазия;
- травма грудной клетки;
- осложнения при пневмонии;
- уточнение неоднозначных данных рентгенологического исследования грудной клетки.

При исследовании легких стандартом является спиралеобразный, последовательный метод получения данных, который в настоящее время осуществляется исключительно при помощи мультidetекторных систем.

Исследование проводится, как правило, на вдохе.

Для оценки средостения необходимо контрастирование сосудов средостения с применением йодсодержащего контрастного средства для внутривенного введения.

Лучевая нагрузка при КТ грудной клетки в зависимости от объема исследования и метода может более чем в сто раз превышать нагрузку при рентгенологическом исследовании грудной клетки.

Все современные аппараты мультidetекторной КТ позволяют исследовать объем всего легкого послойно при толщине слоя в 1 мм. В зависимости от цели полученные наборы данных реконструируются дважды: с тонкими, толщиной 1 мм, слоями для коронарной и сагиттальной реконструкции (т. н. мультипланарные реконструкции – МПР) и более широкими аксиальными слоями (например, толщиной 5 мм) с лучшим соотношением сигнал-шум для диагностического анализа. В принципе, современную КТ грудной клетки можно называть КТВР (КТ высокого разрешения), так как она позволяет исследовать тонкие слои (1 – 1,5 мм).

Однако нужно заметить, что чем тоньше слой, тем больше шума содержится в изображении. Для анализа очень мелких деталей паренхимы в исключительных случаях может потребоваться получить изображение отдельных, не следующих друг за другом КТВР-слоев толщиной 1 мм с повышенной дозой.

Так как легкие в целом представляют собой „высококонтрастный орган“ (благодаря сильному контрасту между воздухосодержащими структурами и его паренхимой), легочную паренхиму можно в целом хорошо проанализировать также при низкой дозе. Этот принцип лежит также в основе скрининга заболеваний легких, при котором КТ проводится со сверхнизкой дозой, чтобы подтвердить или исключить опухоль у пациентов высокого риска.

КТ → важнейший метод дальнейшего исследования

Показания к КТ органов грудной клетки

Методика КТ-исследования органов грудной клетки

Для отображения захвата воздуха (air trapping) как признака обструкции малых дыхательных путей или для исследования бронхомаляции может оказаться полезным дополнительное исследование при выдохе, которое обычно проводится при сильно сниженной дозе.

Биопсия под контролем КТ

Благодаря трансторакальной биопсии под контролем КТ стал возможен гистологический анализ торакальных объемных образований. Процедура проводится, как правило, при местной анестезии и хорошо переносится большинством пациентов. В качестве осложнения может возникнуть пневмоторакс, который обычно незначителен и не нуждается в дальнейшем лечении. Пневмотораксы большого объема следует лечить при помощи дренажа плевральной полости.

Сонография/ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование применяется для выявления и количественной оценки плевральных выпотов, а также для определения оптимального места для дренирования и пункции плевральных выпотов. При эмпиеме плевры перед дренированием могут быть выявлены некоторые спайки. Тогда как точная локализация и распространение разделенного на камеры выпота лучше распознается КТ, осумкованная жидкость лучше видна при ультразвуковом исследовании. У лежачих пациентов (например, в отделении интенсивной терапии) ультразвуковое исследование может применяться также для выявления пневмоторакса.

Магнитно-резонансная томография

МРТ в настоящее время играет вспомогательную роль при уточнении заболеваний легких. Однако существуют важные показания для МРТ:

- проблемы при стадировании карциномы легкого (процессы грудной стенки, например опухоль Панкоста);
- классификация опухолей средостения (жиросодержащая – кистозная – твердая);
- исследование пациентов с аллергией на йод.

Нормальная рентгеноанатомия

Грудная стенка

Грудная стенка состоит из мягкой части, ребер и позвонков. Мышцы, особенно большая грудная мышца (m. pectoralis major), и молочные железы приводят к симметричному снижению проникновения лучей над нижними легочными полями.

Предварительная оценка костного скелета возможна также при использовании жесткого излучения (недостаточный контраст костных структур) (например, смещенные переломы ребер, метастатическая деструкция, компрессия позвонка в грудном отделе).

В результате физиологических причин с возрастом все более обызвествляются хрящевые части ребер передней поверхности; их нельзя путать с внутрилегочными поражениями.

Диафрагма

Диафрагма проецируется в верхней точке на полном вдохе на переднезаднем снимке на V–VI ребра передней поверхности и на X–XI ребра задней поверхности. Правый купол диафрагмы из-за печени должен находиться немного выше, чем левый.

УЗИ → диагностика
выпотов

МРТ:
» определенные
показания,
предположение о
наличии заболеваний
грудной стенки и
средостения

Плевра

Плевра состоит из висцерального (pleura visceralis) и парнетального (pleura parietalis) листков. Pleura visceralis покрывает легкие, плотно к ним прилегая, тогда как pleura parietalis выстилает внутреннее пространство грудной полости (p. diaphragmatica/costalis/mediastinalis).

Щели: В результате вдавления висцеральной плевры возникают (междолевые) щели, которые окружают справа три, а слева две легочные доли. На рентгенограмме грудной клетки междолевые щели видны в виде легких линий, но только тогда, когда они по касательной задеты ходом лучей.

При КТ тонкие плевральные линии междолевых щелей распознаются очень четко.

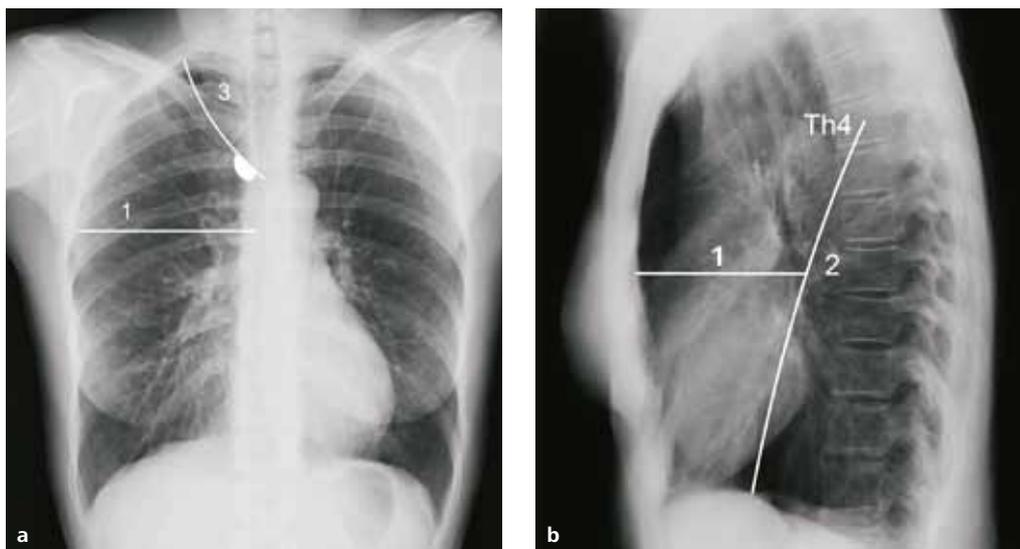


Рис. 3. Схематичное изображение междолевых щелей на переднезаднем и боковом снимке грудной клетки. Малая междолевая щель (1), которая разделяет верхнюю и среднюю доли, видна на переднезаднем (а) и боковом (b) снимке, большие междолевые щели (2) обычно видны только на боковом снимке. В 0,5–1% случаев в результате нарушения развития возникает добавочная долевая щель v. azugos (3). Типичная „слеза“ в конце щели включает в себя v. azugos, медиально расположена lobus venae azugos.

Междолевые щели

Сосуды

Легочный ствол (Tr. Pulmonalis) делится на правую и левую легочные артерии. Центральные легочные артерии вместе с бронхами делятся на долевые, сегментарные и субсегментарные артерии и распознаются на рентгеновском снимке на расстоянии 2 см от стенки грудной клетки.

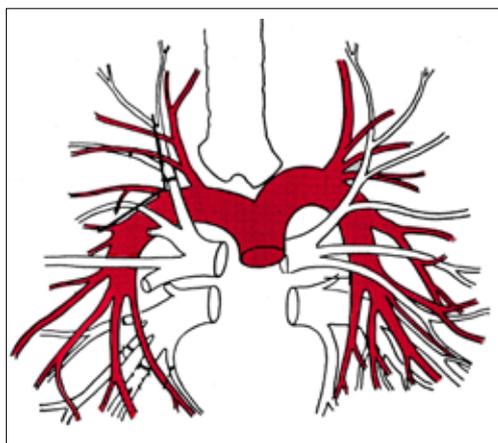


Рис. 4. Схематичное изображение центральных легочных сосудов. Легочные артерии (красные) доминируют по сравнению с легочными венами (белые), причем различить их на рентгеновском снимке трудно. Различить их можно только по их направлению хода на уровне ворот легкого.

На рентгеновском снимке здорового человека видны только легочные сосуды → легочная паренхима не имеет патогномичной картины

Сосудистый рисунок здоровых легких

Легочные сосуды в рентгенологическом исследовании грудной клетки:

При традиционном рентгенологическом исследовании у здорового человека видимая паренхимная структура образуется благодаря легочным артериям и венам. Ворота легких у здорового человека также отображается практически только посредством легочных сосудов. Лимфоузлы становятся видны, только если они сильно увеличены. Ворота левого легкого находятся физиологически примерно на 1–2 см выше ворот правого легкого. Артерии и вены различаются – если вообще различаются – только в области предсердий по причине их различного расположения (легочные вены входят в левое предсердие горизонтально, легочные артерии выходят из ворот легкого радиально).

У здорового человека диаметр вен зависит, прежде всего, от гидростатического давления: в положении стоя калибр вен в нижних легочных полях больше, чем в верхних легочных полях, а в положении лежа калибр одинаков.

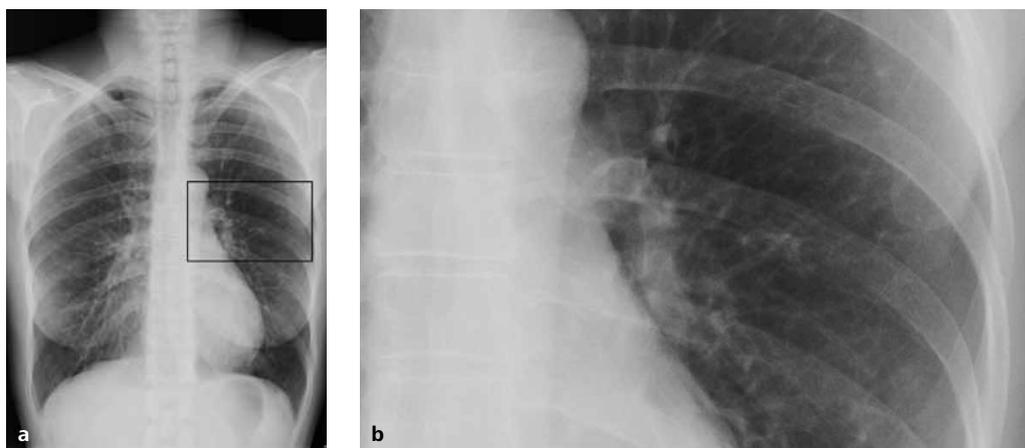
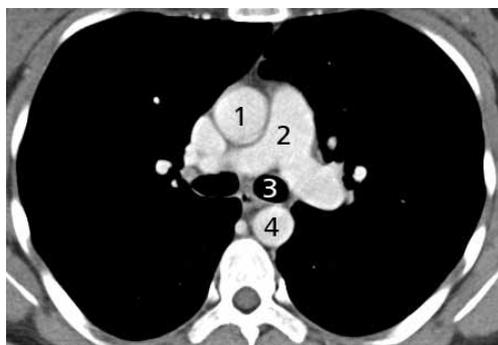


Рис. 5. Легочные сосуды: рентгеновский снимок нормальных легких (а), фрагмент части а: сосудистый рисунок, ворота левого легкого (b).

Легочные сосуды в компьютерной томографии

Как центральные, так и периферические артериальные и венозные сосуды в контрастной КТ грудной клетки хорошо отличимы друг от друга по причине их различного анатомического расположения (артерия сопровождает соответствующий бронх). У здорового человека сосудистые структуры размером до 1–2 см идентифицируются субплеврально (см. ниже строение легкого).



- 1 Восходящая аорта (Aorta ascendens)
- 2 Легочный ствол (Tr. pulmonaris)
- 3 Левый главный бронх (li. Hauptbronchus)
- 4 Нисходящая аорта (Aorta descendens)

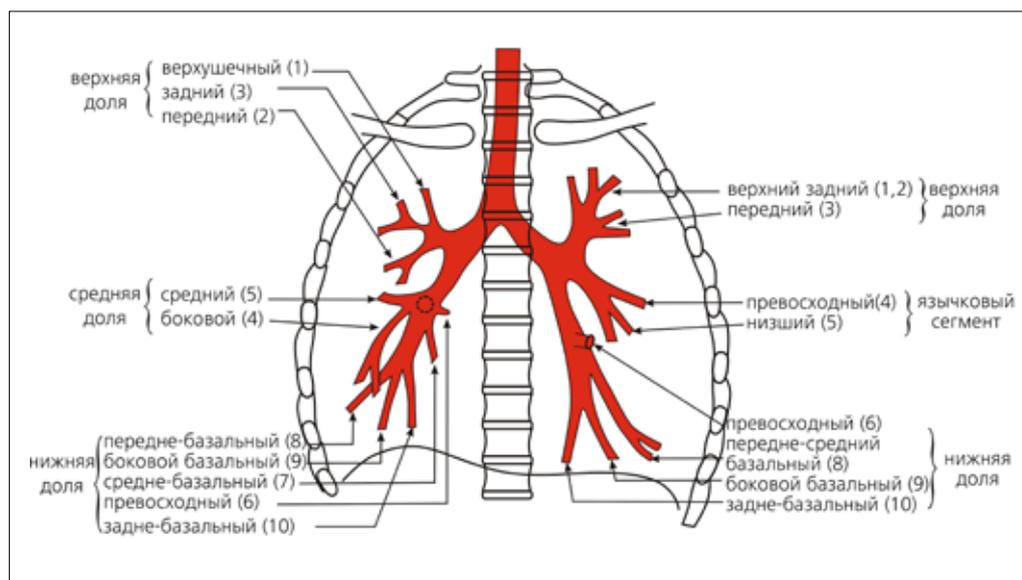
Рис. 6. Фрагмент КТ грудной клетки – центральные сосуды, разрез проходит через truncus pulmonalis и бифуркацию легочного ствола

Центральные сосуды

Строение легкого

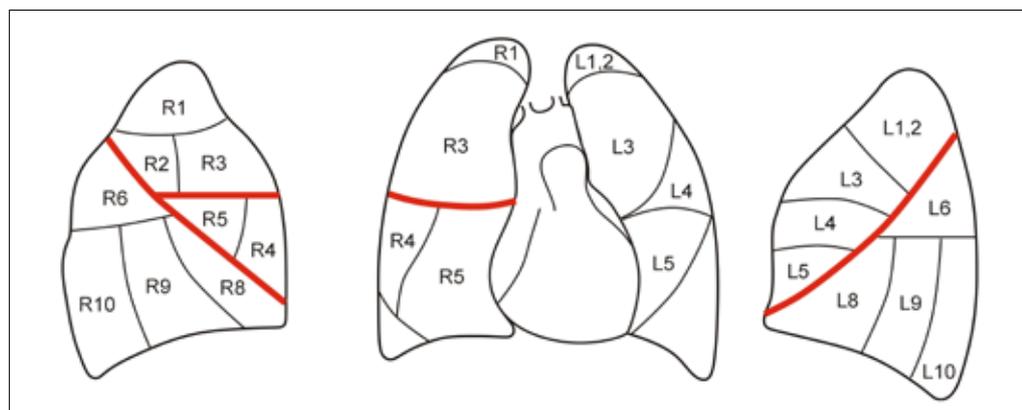
Трахея начинается от нижнего края крикоидного хряща. Нет анатомической границы между цервикальной и интраторакальной частями трахеи.

На уровне IV–V позвонков трахея разделяется на два главных бронха, которые разветвляются на две равные части – долевыми и сегментными бронхи.



Трахеобронхиальное
дерево

Рис. 7. Схематичное изображение разветвления бронхиального дерева. Правое легкое имеет три доли и десять сегментов. Левое легкое имеет только две доли и восемь сегментов. Язычок левого легкого является частью верхней доли.



Легочные сегменты

Рис. 8. Схематичное изображение легочных сегментов (R – справа, L – слева). Обратите внимание, как в переднезадней проекции проецируются поверх друг друга верхние и нижние, а также нижние и средние доли и как в боковой проекции проецируются поверх друг друга правое и левое легкое. Анатомическое соотношение на рентгеновском снимке легких возможно только при изучении обеих плоскостей.

Строение легких определяется разветвлением бронхиального дерева. Различают доли, сегменты и субсегменты, а также вторичную легочную дольку, которая соответствует самой мелкой функциональной единице.

В то время как доли отделены друг от друга плеврой, сегменты, субсегменты и вторичные дольки отделяются друг от друга соединительной тканью (интерстицием). Различают различные компоненты интерстиция, который следует понимать как соединительнотканый, перекрывающийся в своей структуре опорный каркас легочной паренхимы:

- центральный **перибронховаскулярный** интерстиций;
- периферический **субплевральный** интерстиций, который обволакивает легкие и образует междольковые перегородки;
- интерстиций, который образует сеть вокруг альвеол и обеспечивает соединение между центральной и периферической тканью.

Интерстиций

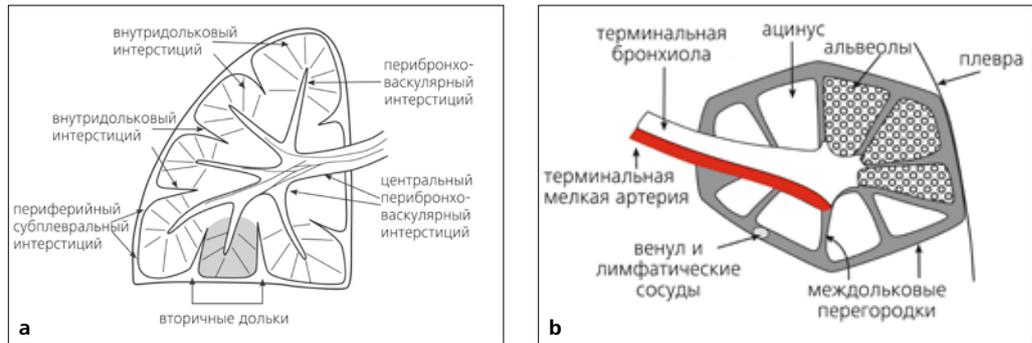


Рис. 9. Схематическое изображение интерстиция легкого (a) и вторичной долики (b). Вторичная доляка состоит в среднем из 12 ацинусов (6–8 мм в диаметре), в которых находится до 4000 альвеол. Ацинус определяется как часть легочной паренхимы дистальнее терминальной бронхиолы и снабжается через дыхательную бронхиолу (*bronchiolus respiratorius*).

Вторичная доляка – мельчайшая функциональная структурная единица легких, ограниченная подвижными перегородками. Она имеет форму многоугольника и диаметр от 1 до 1,5 см. Посередине проходит терминальная бронхиола и легочная артерия с разветвлениями (терминальная артериола). Вены и лимфатические сосуды проходят внутри соединительнотканых перегородок.

Структура легких в рентгенографии грудной клетки

Трахею на традиционном рентгеновском снимке можно распознать как срединное воздушное просветление шириной около 2 см. С возрастом хрящевые кольца трахеи и центральных бронхов обызвествляются и становятся видимыми на рентгеновском снимке.

Бронхи у здорового человека видны только в центральных фрагментах бронхиального дерева. Большие бронхиальные ветви вблизи ворот легкого – если они задеты по касательной – могут быть видны как полосчатые просветления, ограниченные тонкими линейными тенями. На традиционном изображении можно увидеть тонкие кругообразные структуры с просветлением в центре. Дальнейшие периферийные структуры интерстиция у здорового человека не видны.

Центральный бронх

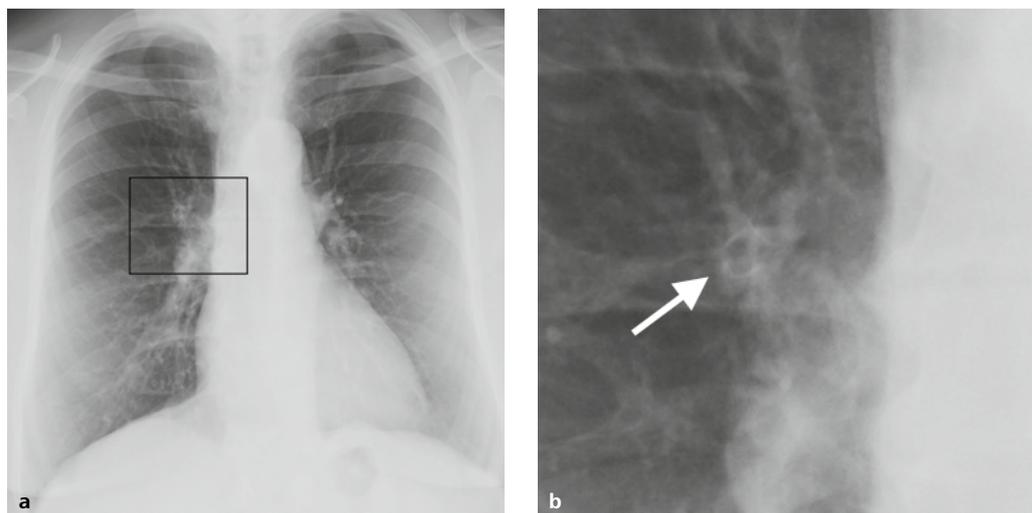


Рис. 10. Легкое в переднезадней проекции (a), фрагмент средостения (трахея), центральный бронх, пораженный бронх в ортоградной проекции (стрелка) (b).

Структура легких в КТ

В стандартной КТ (толщина слоя 5–8 мм) бронхи могут идентифицироваться до 4-го порядка, в КТ высокого разрешения (толщина слоя 1 мм) – до 8-го порядка.

Если бронхиальные структуры распознаются и далее в легочной периферии (< 2 в субплевральной области), это говорит о патологическом утолщении бронхиальной стенки или расширении малых дыхательных путей.

Бронхиальное раз-
ветвление в КТ

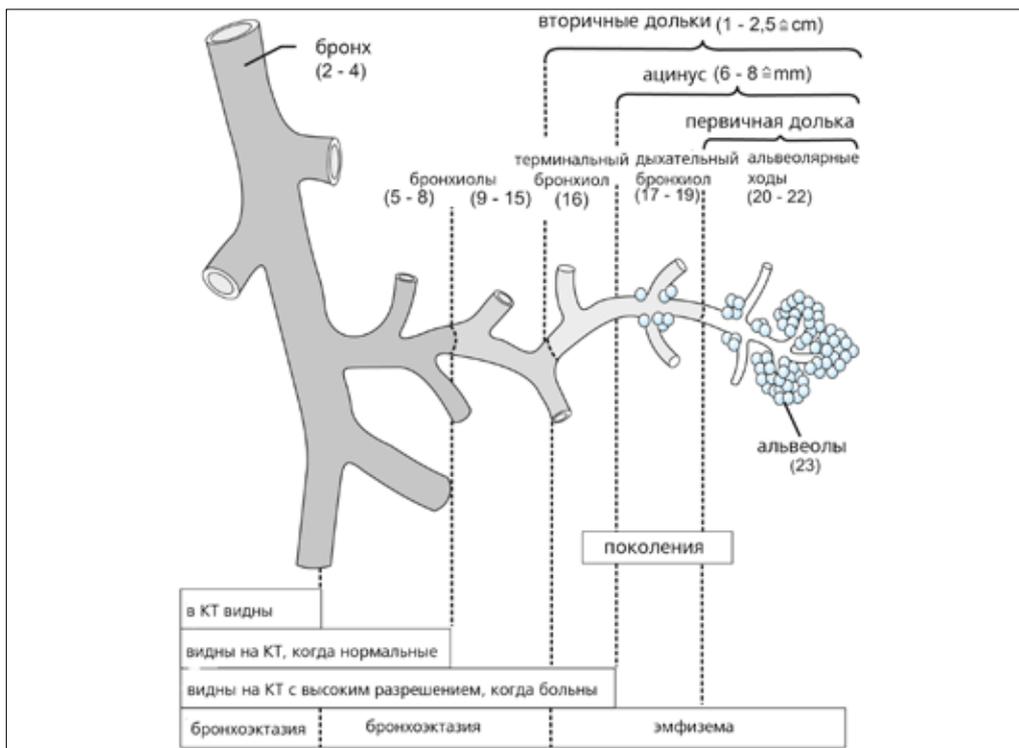


Рис. 11. Схематичное изображение бронхиального разветвления с границами пространственного разрешения в КТ.



Рис. 12. КТ-фрагмент центральных бронхов

КТ центральных
бронхов

Вторичная долялка – это мельчайшая покрытая оболочкой соединительной ткани видимая структура, которая отчетливо распознается при КТ высокого разрешения и представляет собой в диагностическом плане основную структуру при интерстициальных изменениях. Артериолы распознаются от 5 до 10 мм субплеврально. Вены проходят между долялками и видны только местами в периферической субплевральной зоне шириной 2 см. Это означает, что в субплевральной зоне шириной от 5 до 10 мм обычно обнаруживаются лишь немногие сосудистые и не отображаются бронхиальные структуры.

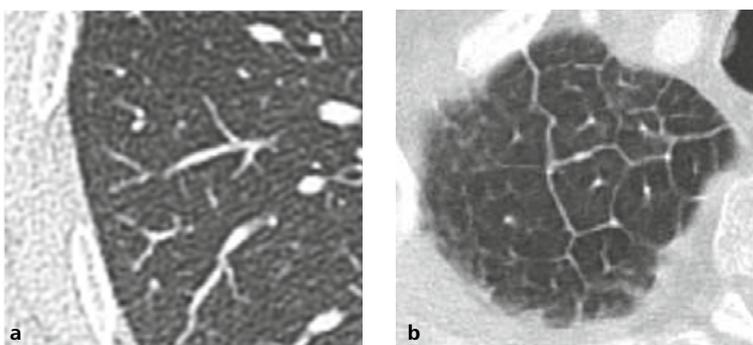


Рис. 13. КТ высокого разрешения легочной периферии. Вторичная легочная долялка, как правило, идентифицируется только при утолщении междолевых перегородок (a). Утолщенные междолевые перегородки у пациента с кардиальным отеком легкого (b).

КТ интерстиция
норма – патология