

# Дыхательная система

Анатомия и физиология процесса газообмена

**Дыхание** – это процесс поступления кислорода в клетки организма, участие кислорода в реакциях окисления, удаление продуктов распада.

## У человека газообмен состоит из четырех этапов:

- Обмен газов между воздушной средой и легкими.
- Обмен газов между легкими и кровью.
- Транспортировка газов кровью.
- **Газообмен в тканях**

- **Легочное дыхание** – обеспечивает газообмен между воздухом и кровью
- **Тканевое дыхание** – осуществляет газообмен между кровью и клетками тканей.
- Органы дыхания участвуют в **теплорегуляции** и **голосοοбразовании**.

# Этапы дыхания

- \* Внешнее дыхание.
- \* Диффузия кислорода и его транспортировка к тканям.
- \* Тканевое дыхание.

# Первый этап дыхания - внешнее дыхание

Осуществление легочного дыхания возможно лишь при условии постоянного поступления в лёгкие из окружающей атмосферы свежего воздуха и выведения воздуха, находящегося в альвеолах. Такой процесс называется легочной вентиляцией.

- \* В процессе внешнего дыхания кислород из внешней среды доставляется в альвеолы лёгких. На адекватность внешнего дыхания влияют многие факторы. Процесс внешнего дыхания начинается с верхних дыхательных путей, которые очищают, согревают и увлажняют вдыхаемый воздух. Эффективность очищения вдыхаемого воздуха зависит от количества и качественного состояния макрофагов, которые содержатся в слизистых оболочках дыхательных путей. Изнутри поверхность верхних дыхательных путей выстлана реснитчатым псевдомногослойным эпителием, который эвакуирует мокроту из верхних дыхательных путей. В норме из трахеи и бронхов за сутки удаляется до 100 мл мокроты.

## Второй этап дыхания - диффузия и транспортировка кислорода к тканям

- \* Диффузия кислорода осуществляется через ацинус - структурную единицу лёгкого, который состоит из дыхательной бронхиолы и альвеол. Диффузия кислорода осуществляется за счёт парциальной разности содержания кислорода в альвеолярном воздухе и венозной крови, после чего незначительная часть кислорода растворяется в плазме, а основная часть кислорода связывается с гемоглобином, и транспортируется с током крови к органам и тканям организма. Соседние альвеолы сообщаются между собой порами межальвеолярных перегородок, через которые возможна незначительная вентиляция альвеол с закупоренными слизью ходами .

## Третий этап дыхания - утилизация кислорода в тканях

- \* Кислород утилизируется в процессе биологического окисления белков, жиров и углеводов, с целью выработки энергии. Молекулярной основой клеточного дыхания является окисление углерода до углекислого газа и перенос атома водорода на атом кислорода с образованием молекулы воды. Это аэробный путь получения энергии, который в организме человека является ведущим (примерно 98% всей энергии, которую получает организм, образуется в условиях аэробного окисления; остальное приходится на анаэробное окисление).

# Биологическое значение дыхания:

1. Обеспечение организма кислородом.
2. Удаление углекислого газа.
3. Окисление органических соединений БЖУ с выделением энергии, необходимой человеку для жизнедеятельности.

# Функции лёгких

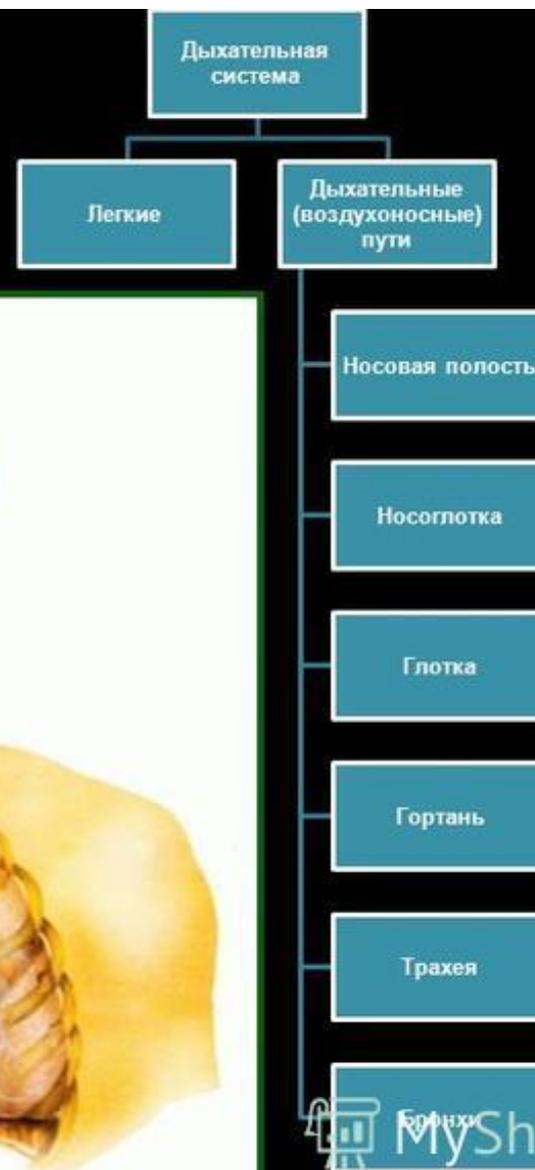
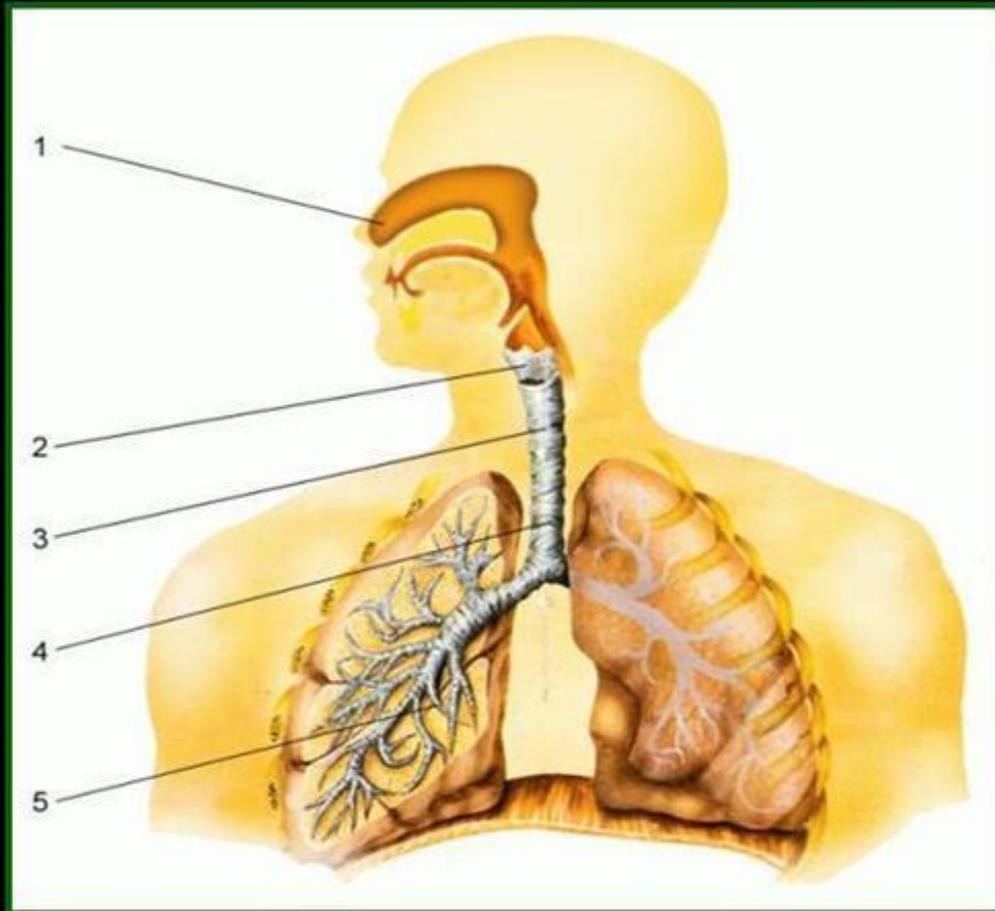
- \* Важнейшая функция легких — обеспечение газообмена между альвеолярным воздухом и кровью — достигается благодаря большой газообменной поверхности легких (у взрослого человека в среднем  $90 \text{ м}^2$ ) и большой площади кровеносных капилляров [малого круга кровообращения](#) ( $70\text{-}90 \text{ м}^2$ ).
- \* **Экскреторная функция легких** - удаление более 200 летучих веществ, образовавшихся в организме или попадающих в него извне. В частности, образующиеся в организме углекислый газ, метан, ацетон, экзогенные вещества (этиловый спирт, этиловый эфир), наркотические газообразные вещества (фторотан, закись азота) в различной степени удаляются из крови через легкие. С поверхности альвеол испаряется также вода.
- \* Кроме кондиционирования воздуха легкие участвуют в защите организма от инфекций. Осевшие на стенки альвеол микроорганизмы захватываются и уничтожаются альвеолярными макрофагами. Активированные макрофаги вырабатывают хемотаксические факторы, привлекающие нейтрофильные и эозинофильные гранулоциты, которые выходят из капилляров и участвуют в фагоцитозе. Макрофаги с поглощенными микроорганизмами способны мигрировать в лимфатические капилляры и узлы, в которых может развиваться воспалительная реакция. В защите организма от инфекционных агентов, попадающих в легкие с воздухом, имеют значение образующиеся в легких лизоцим, интерферон, иммуноглобулины (IgA, IgG, IgM), специфические лейкоцитарные антитела.
- \* **Фильтрационная и гемостатическая функция легких** — при прохождении крови через малый круг в легких задерживаются и удаляются из крови мелкие тромбы и эмболы.
- \* Тромбы разрушаются фибринолитической системой легких. Легкими синтезируется до 90% гепарина, который, попадая в кровь, препятствует ее свертыванию и улучшает реологические свойства.
- \* **Депонирование крови** в легких может достигать до 15% объема циркулирующей крови. При этом не происходит выключения крови, поступившей в легкие из циркуляции. Наблюдается увеличение кровенаполнения сосудов микроциркуляторного русла и вен легких и «депонированная» кровь продолжает участвовать в газообмене с альвеолярным воздухом.
- \* **Метаболическая функция** включает: образование фосфолипидов и белков сурфактанта, синтез белков, входящих в состав коллагена и эластических волокон, выработку мукополисахаридов, входящих в состав бронхиальной слизи, синтез гепарина, участие в образовании и разрушении биологически активных и других веществ.
- \* В легких ангиотензин I превращается в высокоактивный сосудосуживающий фактор — ангиотензин II, на 80% инактивируется брадикинин, захватывается и депонируется серотонин, а также 30-40% норадреналина. В них инактивируется и накапливается гистамин, инактивируется до 25% инсулина, 90-95% простагландинов группы E и F; образуются простагландин (сосудорасширяющий простанин) и оксид азота (NO). Депонированные биологически активные вещества в условиях стресса могут выбрасываться из легких в кровь и способствовать развитию шоковых реакций.

# Не дыхательные функции лёгких

| функция                                | характеристика   |
|--|--|
| Защитная                               | Очищение воздуха (клетки мерцательного эпителия. реологические свойства), клеточный (альвеолярные макрофаги, нейтрофилы, лимфоциты), гуморальный (иммуноглобулины, комплемент, лактоферрин, антипротеазы, интерферон) иммунитет, лизоцим (серозные клетки, альвеолярные макрофаги) |
| Детоксикационная                       | Оксидазная система   |
| Синтез физиологически активных веществ | Брадикинин, серотонин, лейкотриены, тромбоксан A <sub>2</sub> , кинины, простагландины, NO   |
| Метаболизм различных веществ           | В малом круге инактивируется до 80 % брадикинина, до 98 % серотонина, до 60 % каликреина   |
| Липидный обмен                         | Синтез поверхностно-активных веществ (сурфактант), синтез собственных клеточных структур   |
| Белковый обмен                         | Синтез коллагена и эластина («каркас» легкого)   |
| Углеводный обмен                       | При гипоксии до 1/3 потребляемого С <sub>6</sub> на окисление глюкозы  |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Гемостатическая               | Синтез простаглицлина, NO, АДФ, фибринолиз                        |
| Кондиционирующая              | Увлажнение воздуха  |
| Выделительная                 | Удаление продуктов метаболизма                                    |
| Водный баланс                 | Испарение воды с поверхности, трансапиллярный обмен (перспирация) |
| Терморегуляция                | Теплообмен в верхних дыхательных путях                            |
| Депонирующая                  | До 500 мл крови   |
| Гипоксическая вазоконструкция | Сужение сосудов легкого при снижении O <sub>2</sub> в альвеолах   |

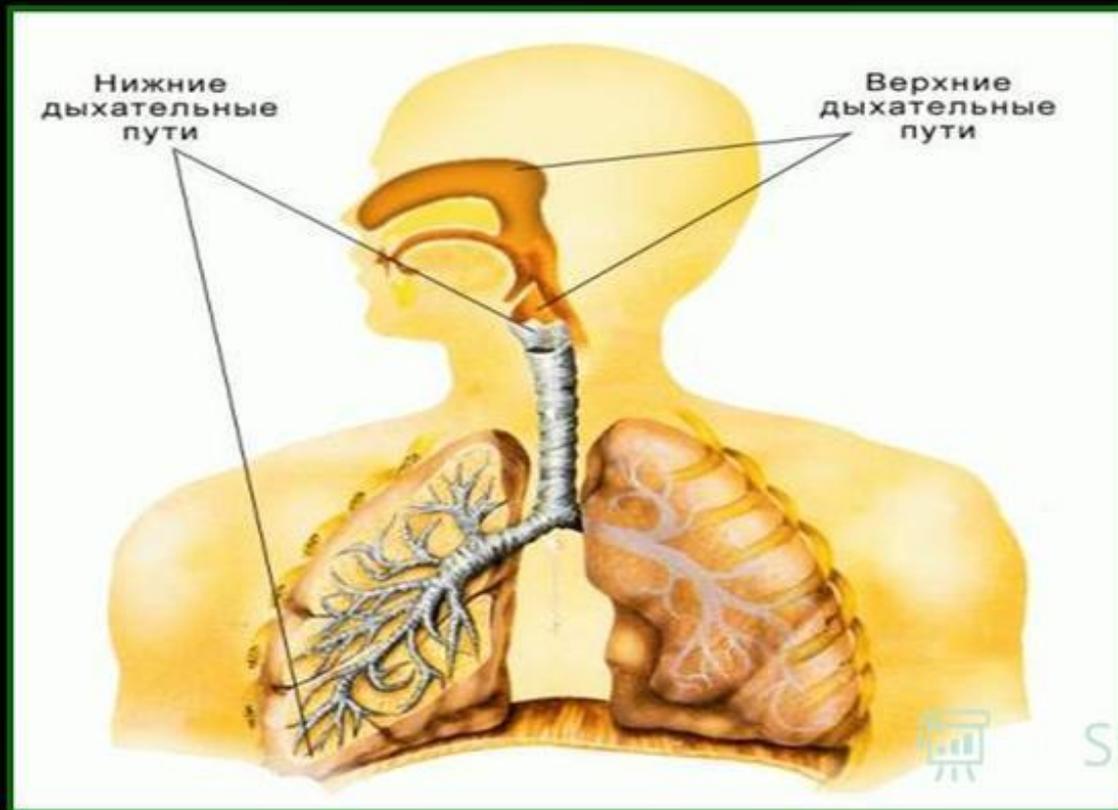
# Рисунок 2- Дыхательная система человека



MyShared

\* В дыхательном аппарате лёгкие выполняют газообменную функцию. А полость носа, носоглотка, трахея и бронхи – воздухопроводящую.

# Рисунок 3- Дыхательные пути



\* Проходя через воздухоносные пути воздух согревается, очищается и увлажняется.

# Дыхательная система

## Дыхательные пути

### Верхний отдел:

*Полость носа*

*Носовая часть глотки*

*Ротовая часть глотки*

### Нижний отдел:

*Гортань*

*Трахея*

*Бронхи*

## Дыхательные органы

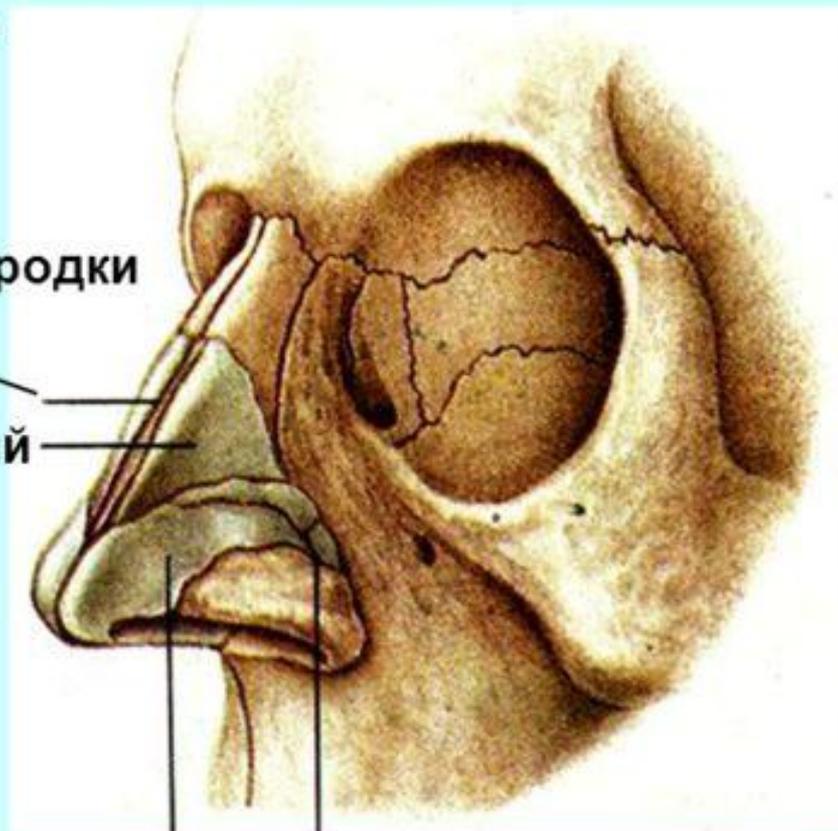
***Правое и левое легкое*** – главные органы дыхательной системы, именно в них происходит газообмен между воздухом и кровью

Дыхательные пути состоят из трубок, просвет которых сохраняется вследствие наличия в их стенках костного или хрящевого скелета.

Проходя через дыхательные пути воздух очищается, согревается, увлажняется

# Наружный нос

Область носа, regio nasalis, включает наружный нос, внутри которого находится полость носа.



Хрящ перегородки  
носа

Латеральный  
хрящ носа

Большой хрящ  
крыла носа

Малые хрящи  
крыла носа

- **корень:** отделен от лба переносьем
- **спинка носа:** образована боковыми сторонами наружного носа
- **крылья носа:** нижние части боковых сторон
- **верхушка носа**

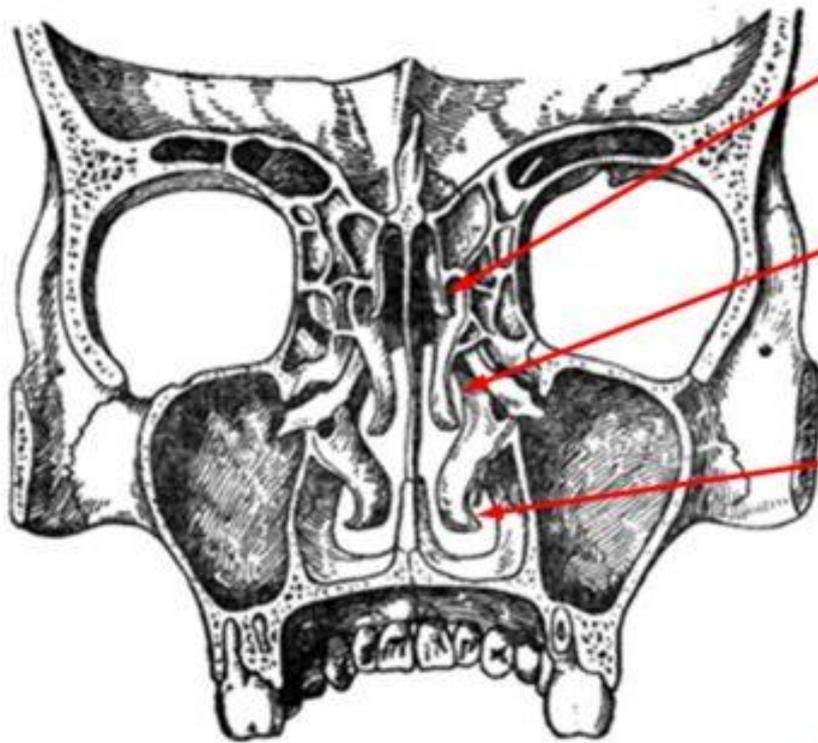
## Скелет:

- **костный скелет:** носовые кости и лобные отростки верхних челюстей
- **хрящевой скелет:** латеральный хрящ, большой и малый хрящи крыла (все парные) и хрящ перегородки носа (непарный)



# Полость носа

## Носовые ходы:

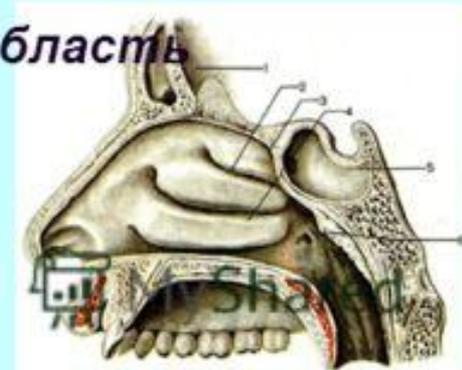


- **верхний:** открываются задние ячейки решетчатой кости, пазухи клиновидной кости
- **средний:** открываются лобная пазуха, средние и передние ячейки решетчатой кости, верхнечелюстная пазуха
- **нижний:** открывается носослезный проток

## Слизистая:

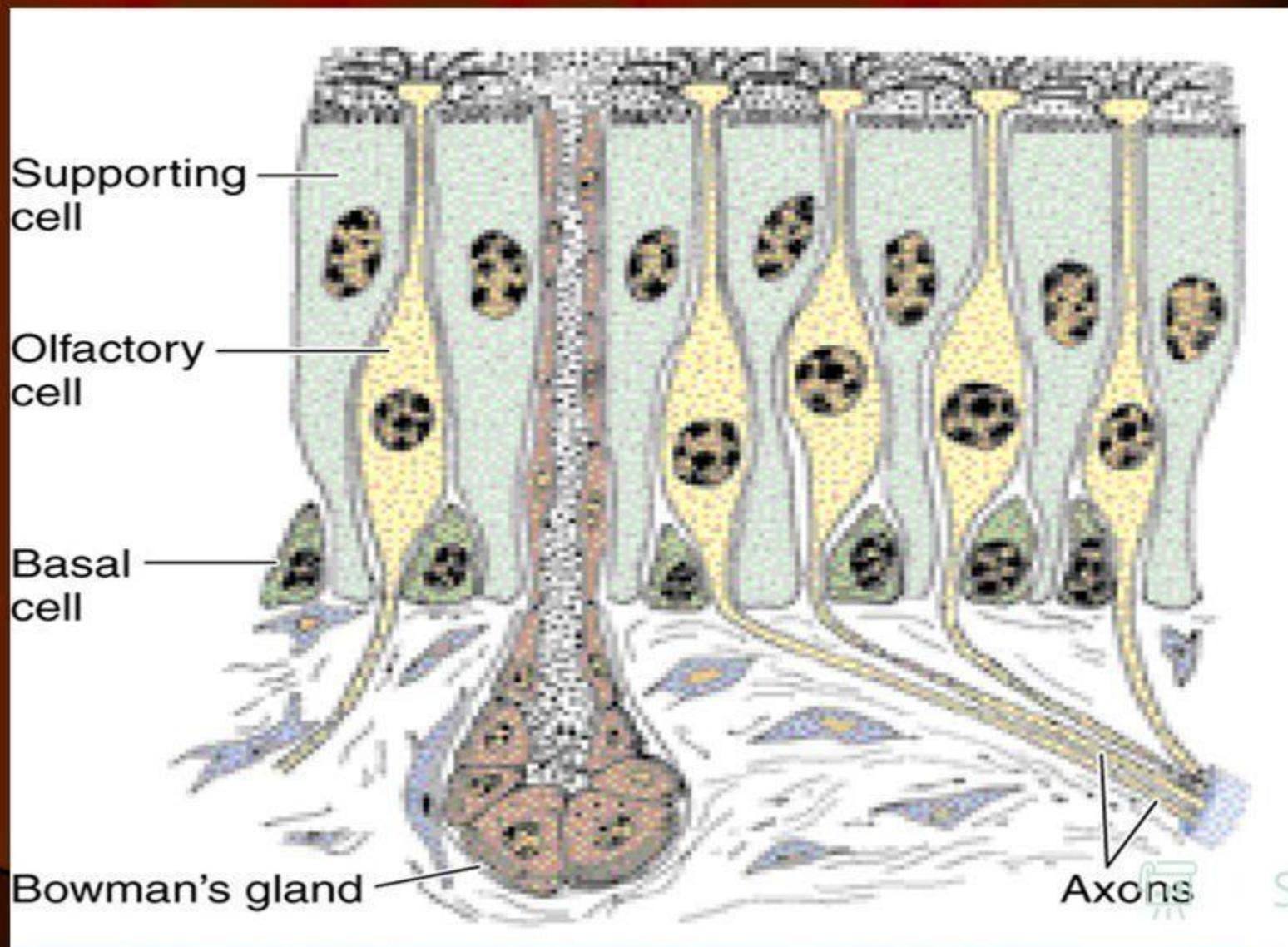
- **обонятельная область**
- **дыхательная область**

Распил полости носа во фронтальной плоскости  
в сагиттальной плоскости



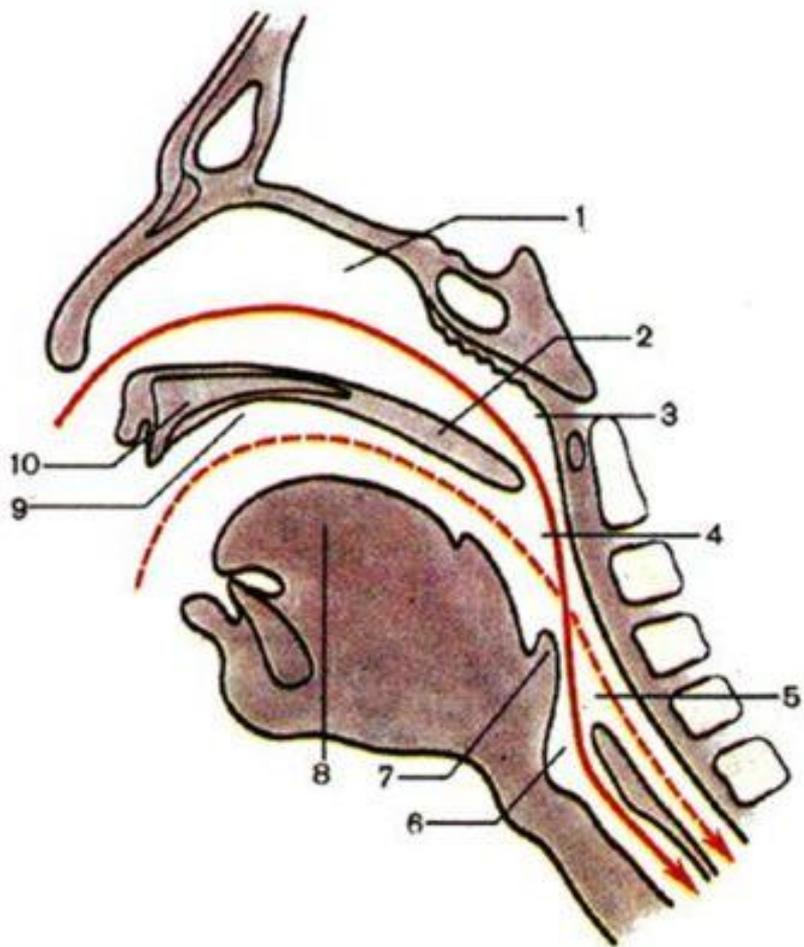
\* Полость носа (*cavitas nasi*) – начальный отдел дыхательного анализатора. Она включает в себя наружный нос, который также является периферическим отделом обонятельного анализатора, и систему носовых ходов. Снабжена входными отверстиями – ноздри (*nares*) и разделяется на 2 практически равные половины перегородкой (*septum nasi*), образованной вертикальной пластинкой решётчатой кости, сошником и хрящами носа. Нижняя стенка представляет из себя твёрдое и мягкое нёбо и отделяет носовую полость от полости рта. В заднем отделе есть носоглоточные отверстия – хоаны, которые открываются в носоглотку. Каждая половина носа делится на сообщающиеся друг с другом носовые ходы при помощи изогнутых костных пластинок- раковин. В верхний носовой ход открываются задние клетки решётчатой кости, у заднего края верхней носовой раковины – пазуха клиновидной кости, в средний носовой ход – передние и средние клетки решётчатой кости, лобная пазуха и верхнечелюстная (гайморова) пазуха.

# Обонятельный участок



Обонятельный эпителий (*epithelium olfactorium*) располагается в верхней части носового прохода и задне-верхнем отделе перегородки носа, в слизистой оболочке. Этот отдел носит название обонятельной области и имеет обонятельные железы. Обонятельный эпителий включает в себя 3 вида клеток: обонятельные, опорные и базальные. Обонятельные клетки имеют форму веретена, на одном конце которого на поверхности слизистой оболочки располагаются обонятельные пузырьки, покрытые ресничками. Другой конец переходит в нервное волокно, а те, собираясь в пучки, образуют обонятельные нервы.

**Дыхательный и пищеварительный пути в области глотки образуют перекрест**

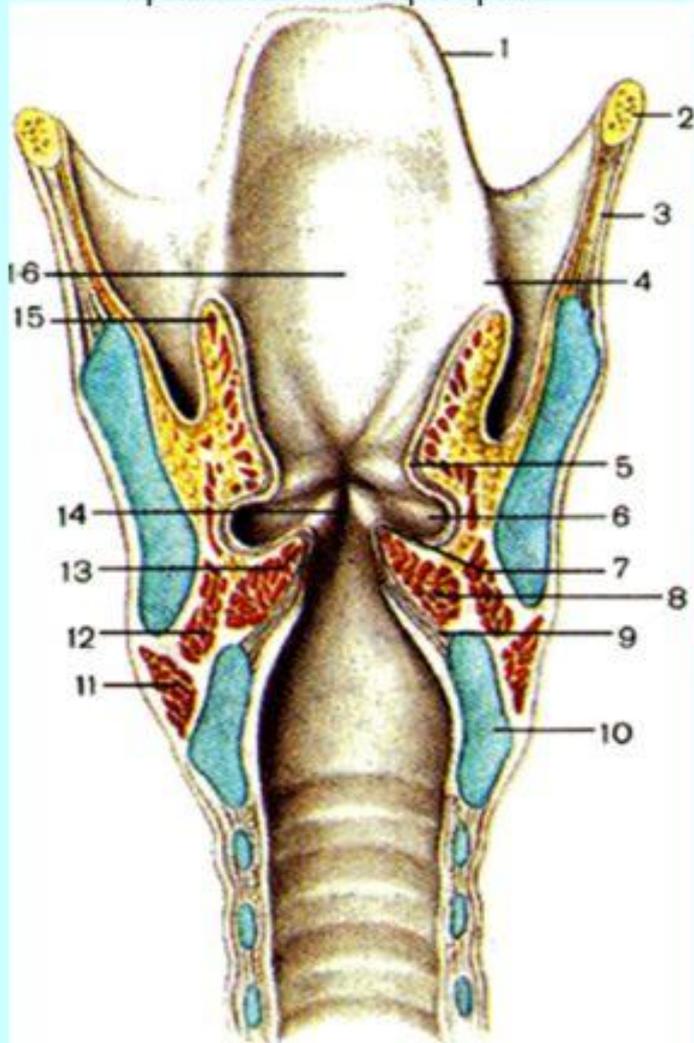


## Глотка

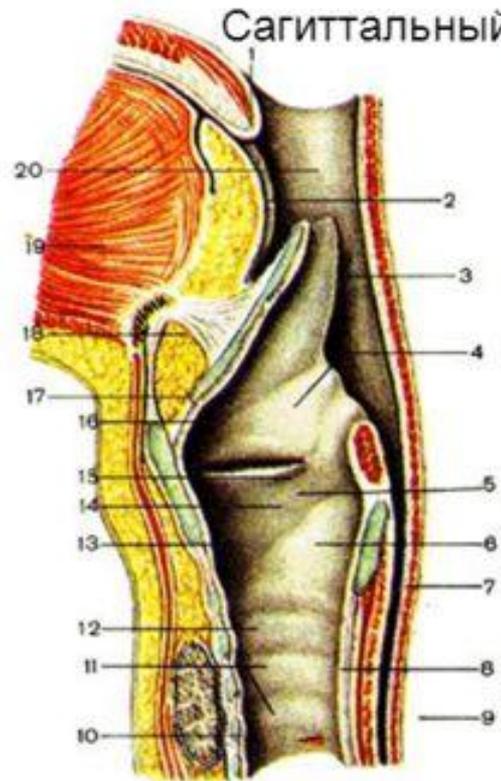
На уровне хоан на боковых стенках глотки находятся **глочные отверстия слуховых (Евстахиевых) труб**. В области трубных отверстий находятся **трубные миндалины**, которые вместе с непарной **глочной миндалиной** (граница верхней и задней стенки глотки) входят в состав **лимфоидного кольца Пирогова-Вальдейера**.

# Гортань

Фронтальный разрез



Сагиттальный разрез



## 3 отдела:

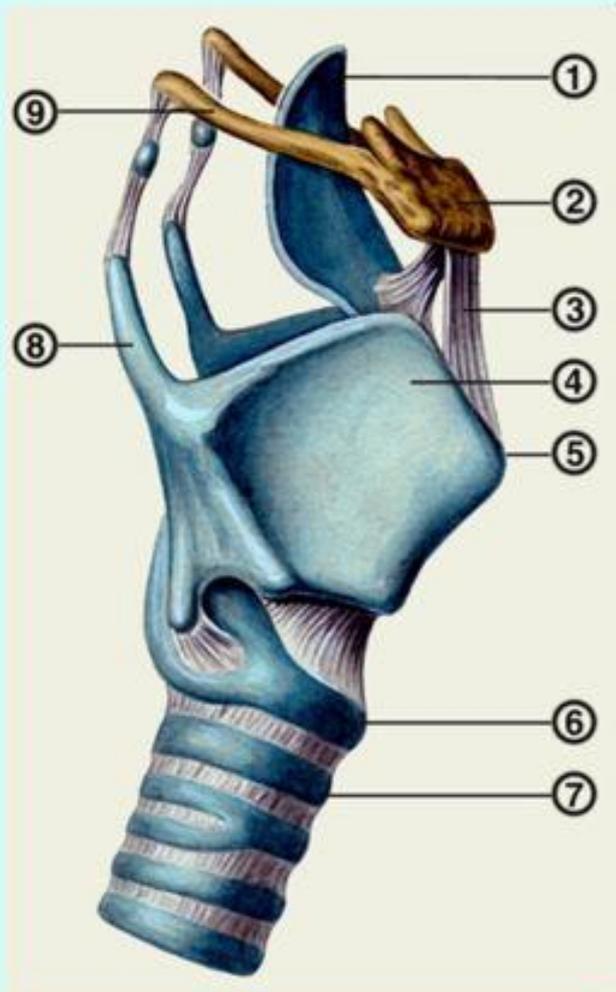
- **верхний:** преддверие гортани. От входа до складок преддверья.
- **средний:** от складок преддверья до голосовых складок (располагается желудочек гортани)
- **нижний:** подголосовая полость

\* Проходя через носоглоточные отверстия, воздух поступает в верхнюю часть дыхательной трубки, **гортань (larynx)**. Она располагается в передней части шеи, под подъязычной костью, на уровне 4-6 шейных позвонков. Спереди частично прикрывается подподъязычными мышцами, с боков и частично спереди к ней прилегает щитовидная железа, а сзади – гортанная часть глотки. Соединяется с подъязычной костью посредством щитоподъязычной перепонки.

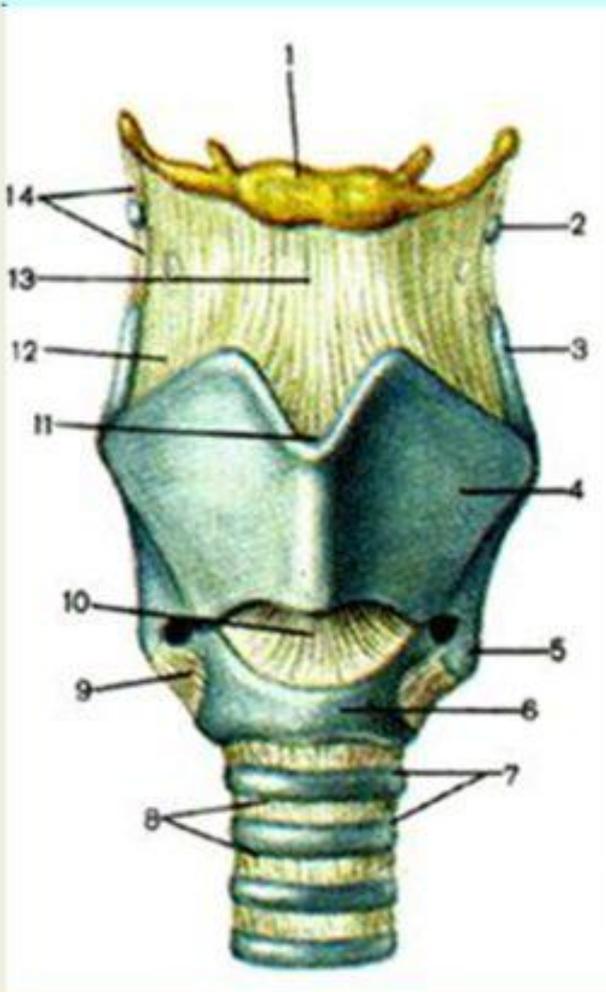
\* Скелет гортани образуют хрящи – парные и непарные. Они соединяются между собой при помощи суставов, связок и соединительных мембран гортани. При движениях в этих мелких суставах меняется натяжение голосовых связок (ligg. vocalia). Движение в гортани в целом и её отдельных частей осуществляется мышцами гортани и мышцами передней группы шеи. В гортани различают слизистую оболочку, складки которой образуют верхнюю пару складок преддверия и пару голосовых связок. Углубление между голосовой и преддверной складками называется желудочком гортани, а пространство между голосовыми складками – голосовой щелью. При сокращении мышц гортани величина (ширина) щели изменяется и меняет высоту звука.

# Хрящи гортани

Соединяются друг с другом, а также с подъязычной костью при помощи суставов и связок



Вид сбоку



Вид спереди

## • непарные (3):

- щитовидный: гиалиновый
- перстневидный: гиалиновый
- надгортанник: эластический

## • парные (3):

- черпаловидный: гиалиновый
- рожковидный: гиалиновый
- клиновидный: эластический

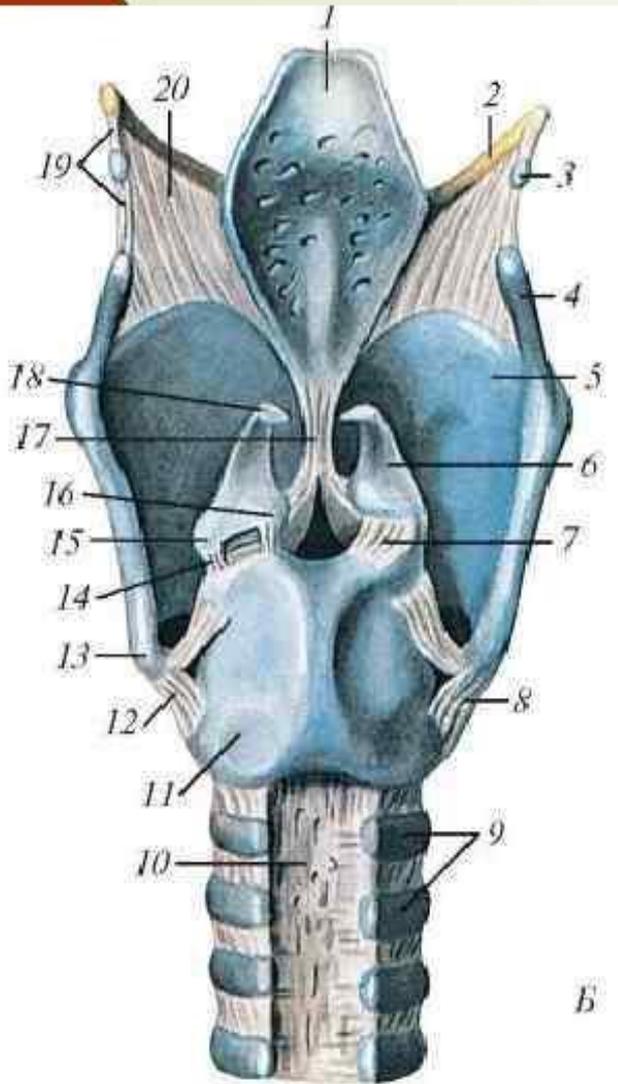
## 2 сустава:

- перстнещитовидный: вокруг фронтальной оси
- перстнечерпаловидный: вокруг вертикальной оси

# Гортань (larynx)

Хрящи, связки и суставы гортани:

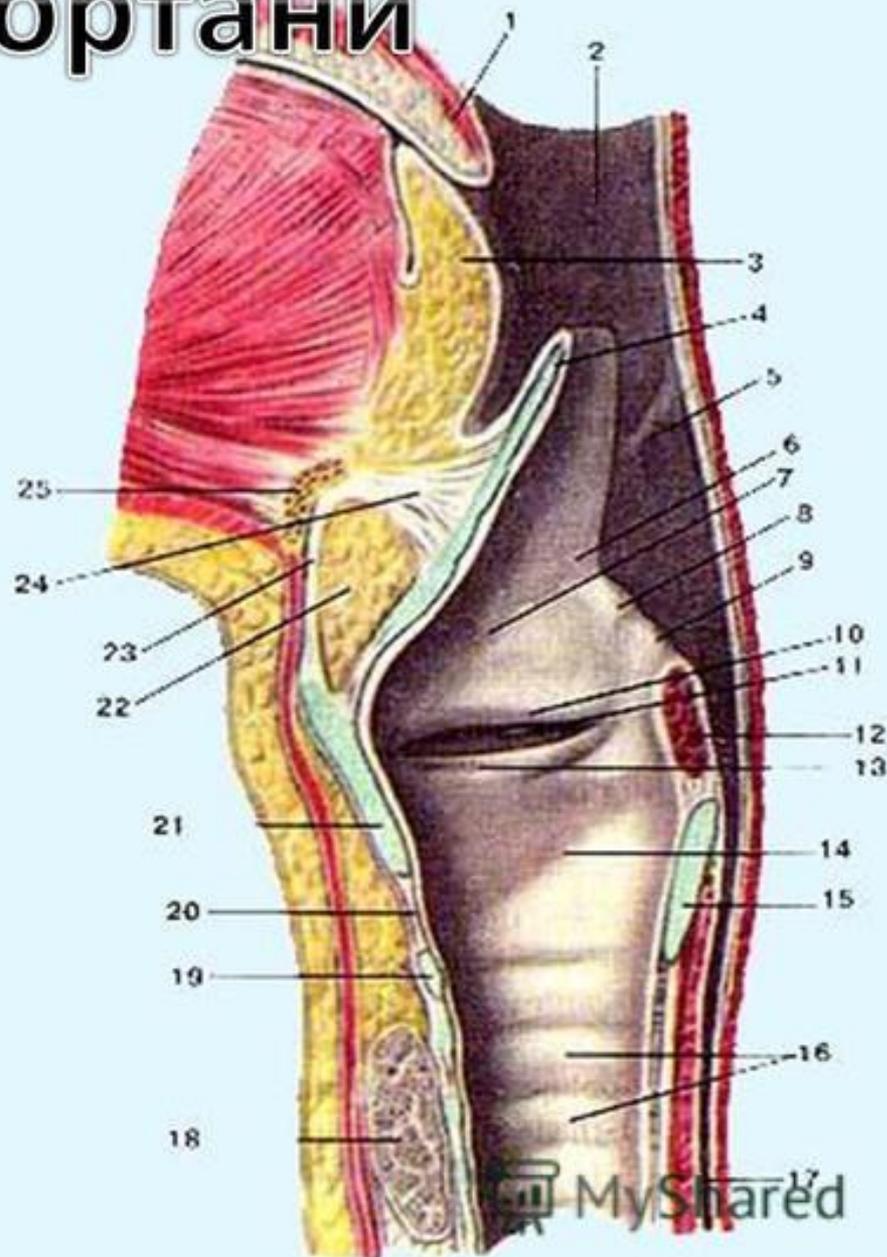
Б - вид сзади:



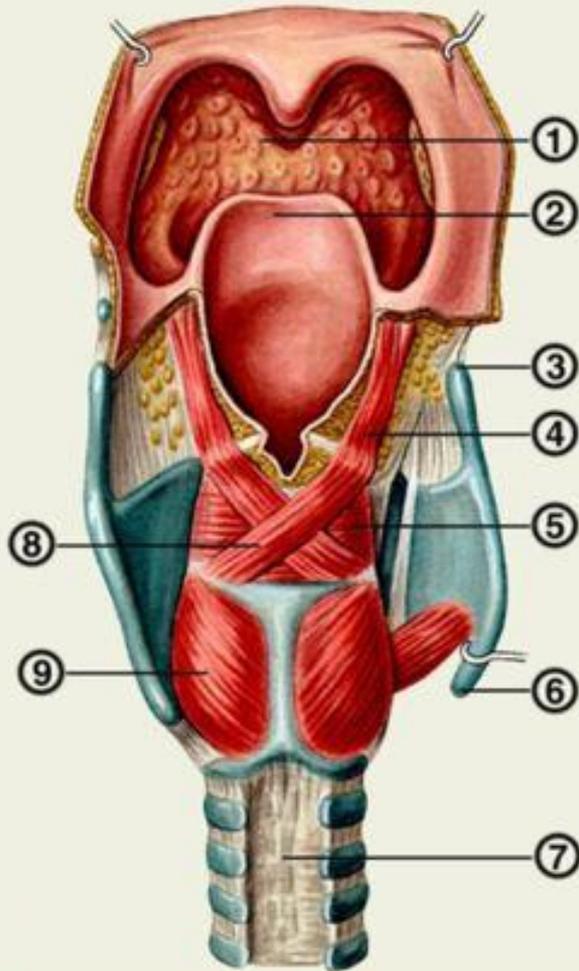
- 1 - надгортанник;
- 2 - большой рог подъязычной кости;
- 3 - зерновидный хрящ;
- 4 - верхний рог щитовидного хряща;
- 5 - пластинка щитовидного хряща;
- 6 - черпаловидный хрящ;
- 7 - правый перстне-черпаловидный сустав;
- 8 - правый перстне-щитовидный сустав;
- 9 - хрящи трахеи;
- 10 - перепончатая стенка;
- 11 - пластинка перстневидного хряща;
- 12 - левый перстне-щитовидный сустав трахеи;
- 13 - нижний рог щитовидного хряща;
- 14 - левый перстне-черпаловидный сустав;
- 15 - мышечный отросток черпаловидного хряща;
- 16 - голосовой отросток черпаловидного хряща;
- 17 - щито-надгортанная связка;
- 18 - рожковидный хрящ;
- 19 - латеральная щито-подъязычная связка;
- 20 - щито-подъязычная мембрана

# Полость гортани

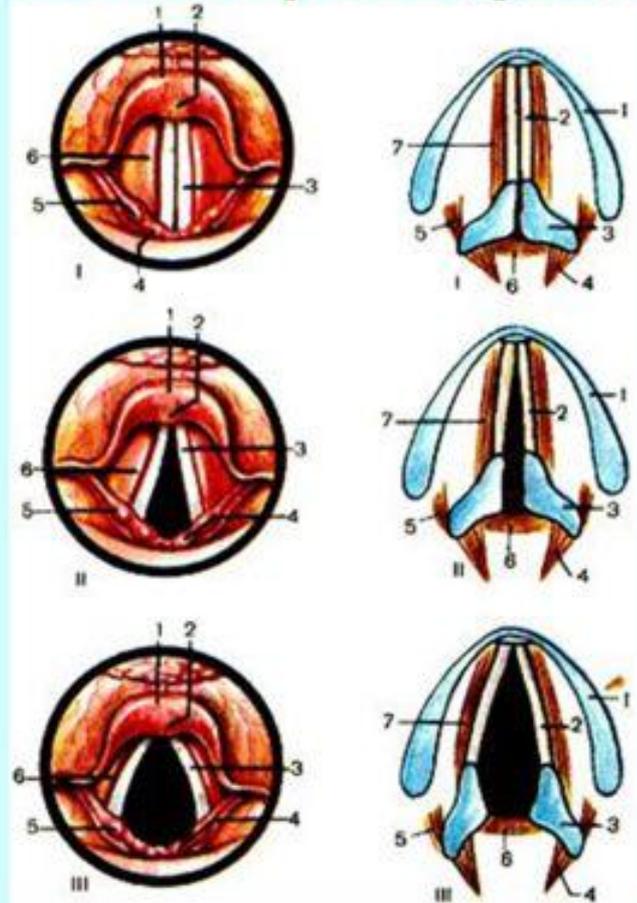
- Полость гортани (cavum laryngis) на сагиттальном разрезе
- 1-язычок мягкого неба;
- 2-ротовая часть глотки;
- 3-корень языка;
- 4-надгортанник;
- 5-гортанная часть глотки;
- 6-черпало-надгортанная складка;
- 7-преддверие гортани;
- 8-клиновидный бугорок;
- 9-рожковидный бугорок;
- 10-складка преддверия;
- 11-желудочек гортани;
- 12-черпаловидные мышцы (перерезаны);
- 13-голосовая складка;
- 14-подголосовая полость;
- 15-пластинка перстневидного хряща;
- 16-трахея;
- 17-пищевод;
- 18-щитовидная железа;
- 19-дуга перстневидного хряща;
- 20-перстне-щитовидная связка;
- 21-щитовидный хрящ;
- 22-жировое преднадгортанниковое тело;
- 23-срединная щитоподъязычная связка;
- 24-подъязычно-надгортанная связка;
- 25-подъязычная кость



# Мышцы гортани

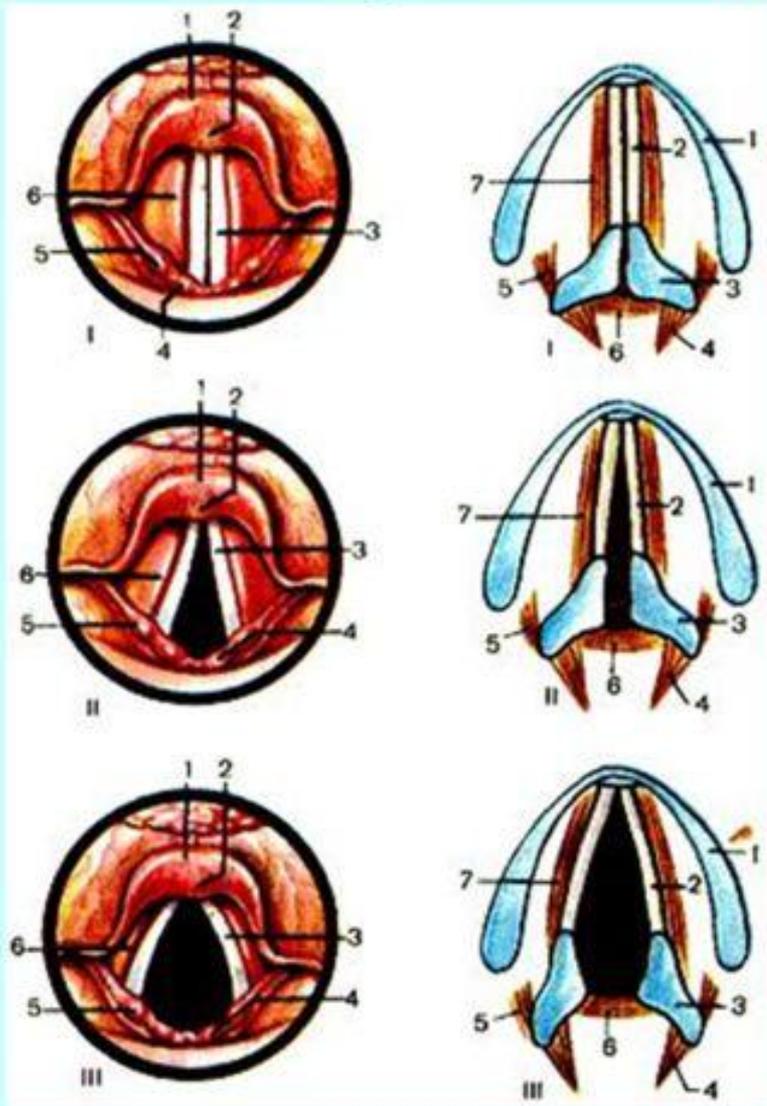


Вид сзади



- **расширители голосовой щели:** задняя перстнечерпаловидная м.
- **суживатели голосовой щели:** латеральная перстнечерпаловидная, щиточерпаловидная, поперечная и косая черпаловидная мм.
- **напрягающие голосовые связки:** перстнещитовидная и голосовая мм.

# Гортань (голосовые связки)



**2 части:**

- **перепончатая часть:** передняя
- **межхрящевая часть:** задняя

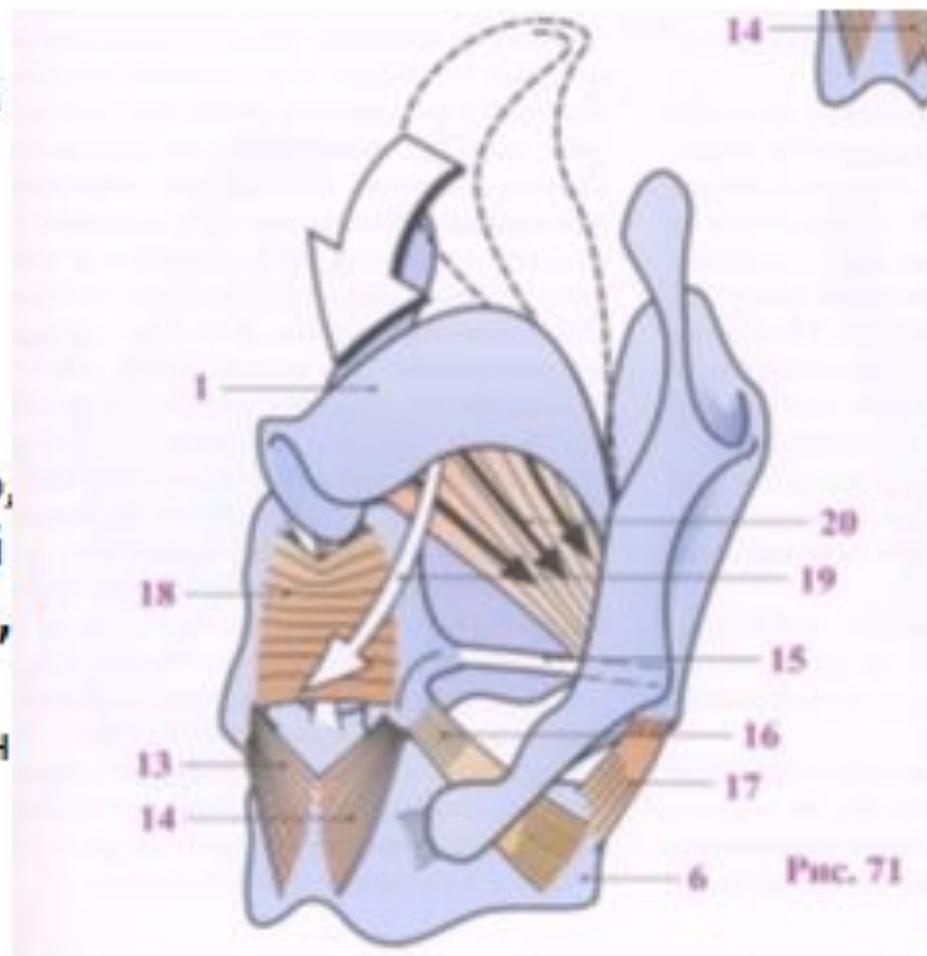
**Длина** голосовой щели у мужчин: 20-24 мм, у женщин: 16-19 мм.

**Ширина** при спокойном дыхании – 5 мм, при голосообразовании – 15 мм.

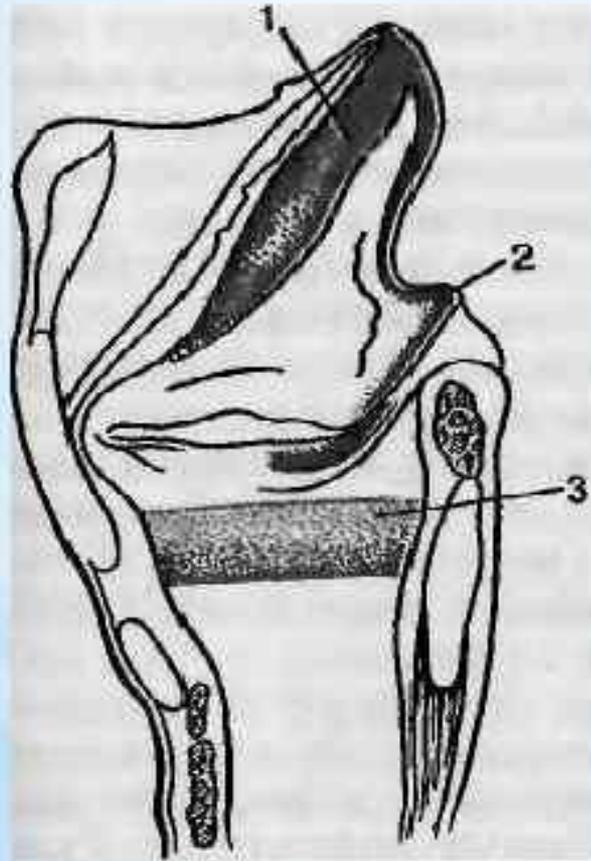
## защита дыхательных путей во время глотания

- надгортанник наклоняется вниз и назад к рожковидным хрящам

**черпалонадгортанной мышцей (19)** и нижней щитовидно-черпаловидной мышцей (20). Твердая и жидкая пища, следовательно, скользит по **передневерхней поверхности надгортанника**, проходя вниз по глотке и **входу в пищевод** (не показан на рисунке), находящийся позади от перстневидного хряща.



# \* Защитная функция



Гортань и трахея, являясь частью дыхательного тракта, выполняют, с одной стороны, роль барьера, препятствующего попаданию инородных тел в нижележащие дыхательные пути, с другой – органов, способствующих увлажнению, согреванию и очищению вдыхаемого воздуха. Механизм защитной функции связан с наличием трех рефлексогенных зон слизистой оболочки гортани. Первая из них расположена вокруг входа в гортань (гортанная поверхность надгортанника, слизистая оболочка черпалонадгортанных складок), вторая занимает переднюю поверхность черпаловидных хрящей (от их вершины до основания) и продолжается на голосовые складки, третья расположена в подголосовом пространстве на внутренней поверхности перстневидного хряща

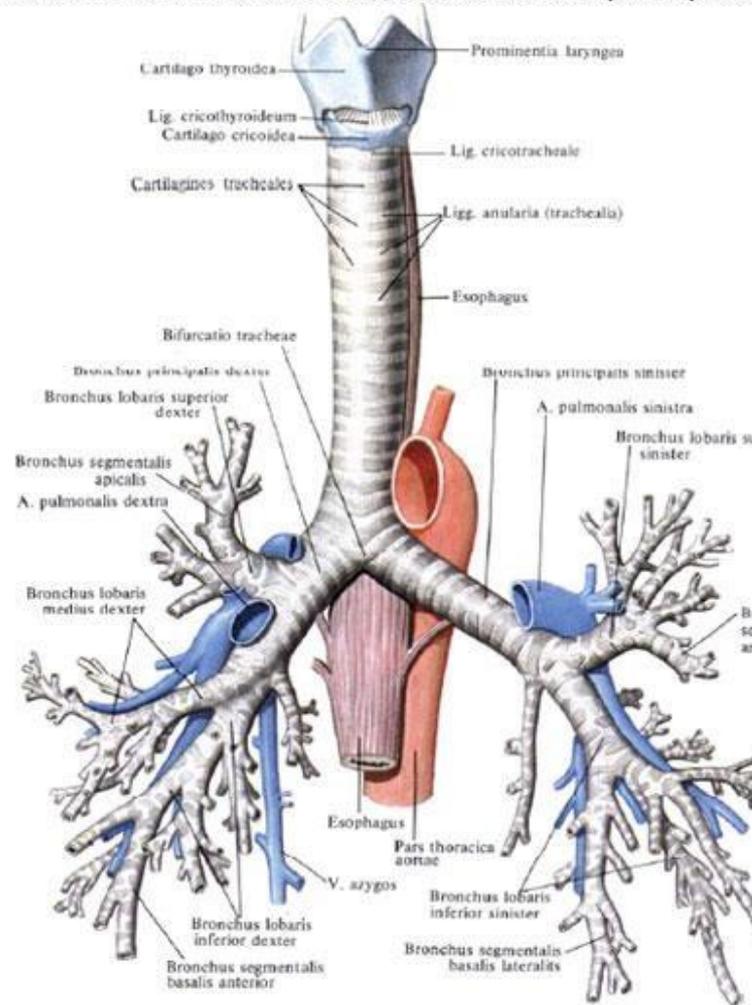
# Трахея

Непарный орган, служащий для прохождения воздуха. Начинается на уровне VII шейного позвонка, а на уровне V грудного позвонка делится на 2 главных бронха – *бифуркация трахеи*.

Трахея – трубка длиной 8,5 – 15 см, несколько сдавленная в передне-заднем направлении. Состоит из 2-х частей: *шейной и грудной*.

Скелет трахеи состоит из 16-20 хрящевых (гиалиновых) *полуколец*, которые занимают около 2/3 её окружности.

Трахея, trachea, и бронхи, bronchi, вид спереди (показано ветвление главных, долевых и сегментарных бронхов)



# Строение стенки трахеи

**1. Слизистая оболочка** выстлана многорядным призматическим реснитчатым эпителием:

- ✓ **Реснитчатые** клетки
- ✓ **Бокаловидные** клетки (секрет содержит *гиалуроновую и сиаловую* кислоты, *иммуноглобулины*)
- ✓ **Нейроэндокринные** клетки (выделяют *пептидные* гормоны и *биогенные амины*).
- ✓ **Базальные** клетки (*камбиальные*).

**Собственная пластинка** слизистой оболочки содержит эластические волокна, лимфоидные узелки.

## 2. Подслизистая основа

- ✓ состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани, переходящей в плотную волокнистую соединительную ткань надхрящницы
- ✓ содержит **смешанные белково-слизистые железы**.

# Строение стенки трахеи

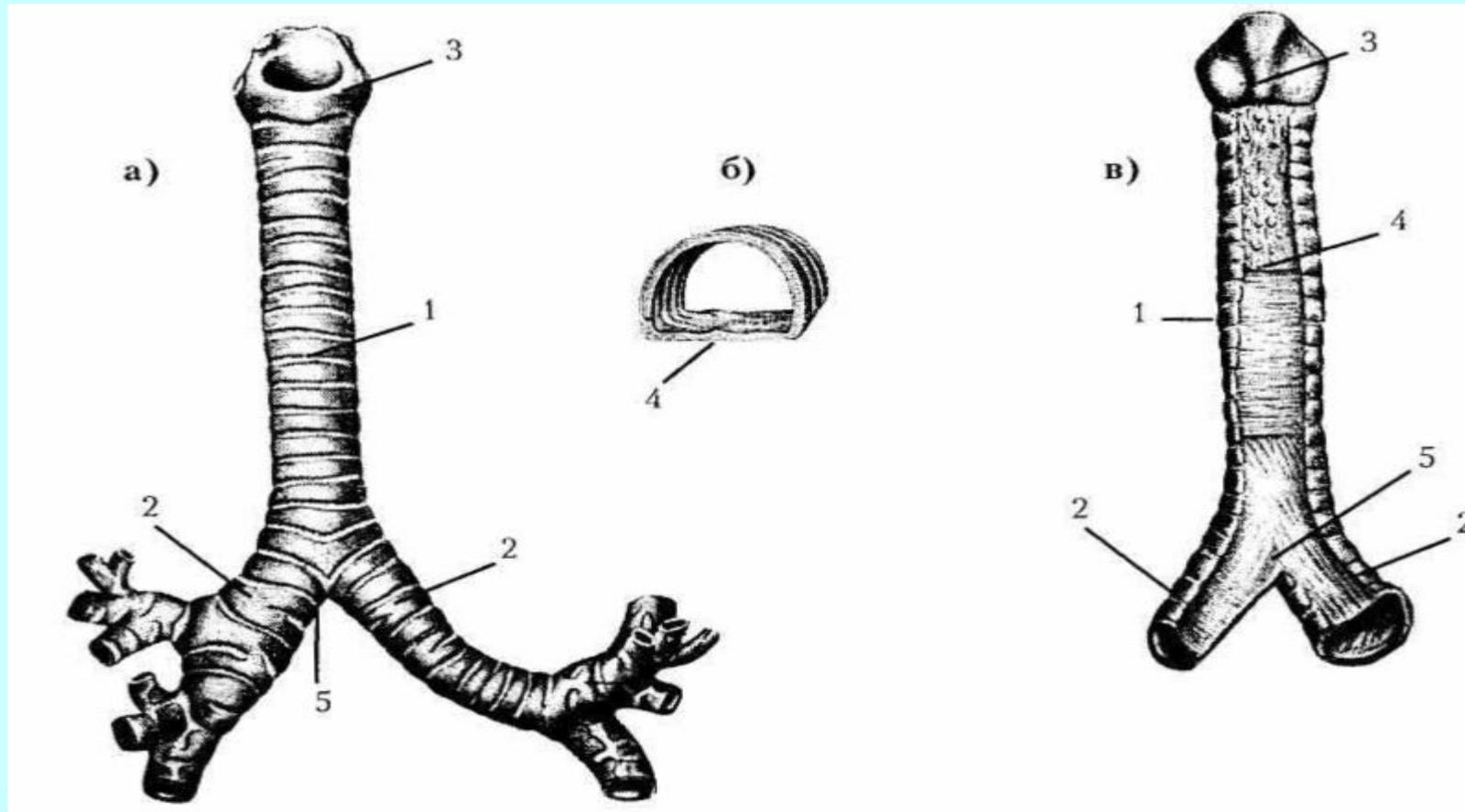
## 3. Волокнисто-мышечно-хрящевая оболочка

- ✓ состоит из **16-20** гиалиновых хрящевых полуколец, которые соединяются с помощью *кольцевых* связок.
- ✓ Задние концы хрящей соединяются пучками *миоцитов*
- ✓ Задняя стенка *перепончатая* – образована плотной соединительной тканью.

## 4. Адвентициальная оболочка

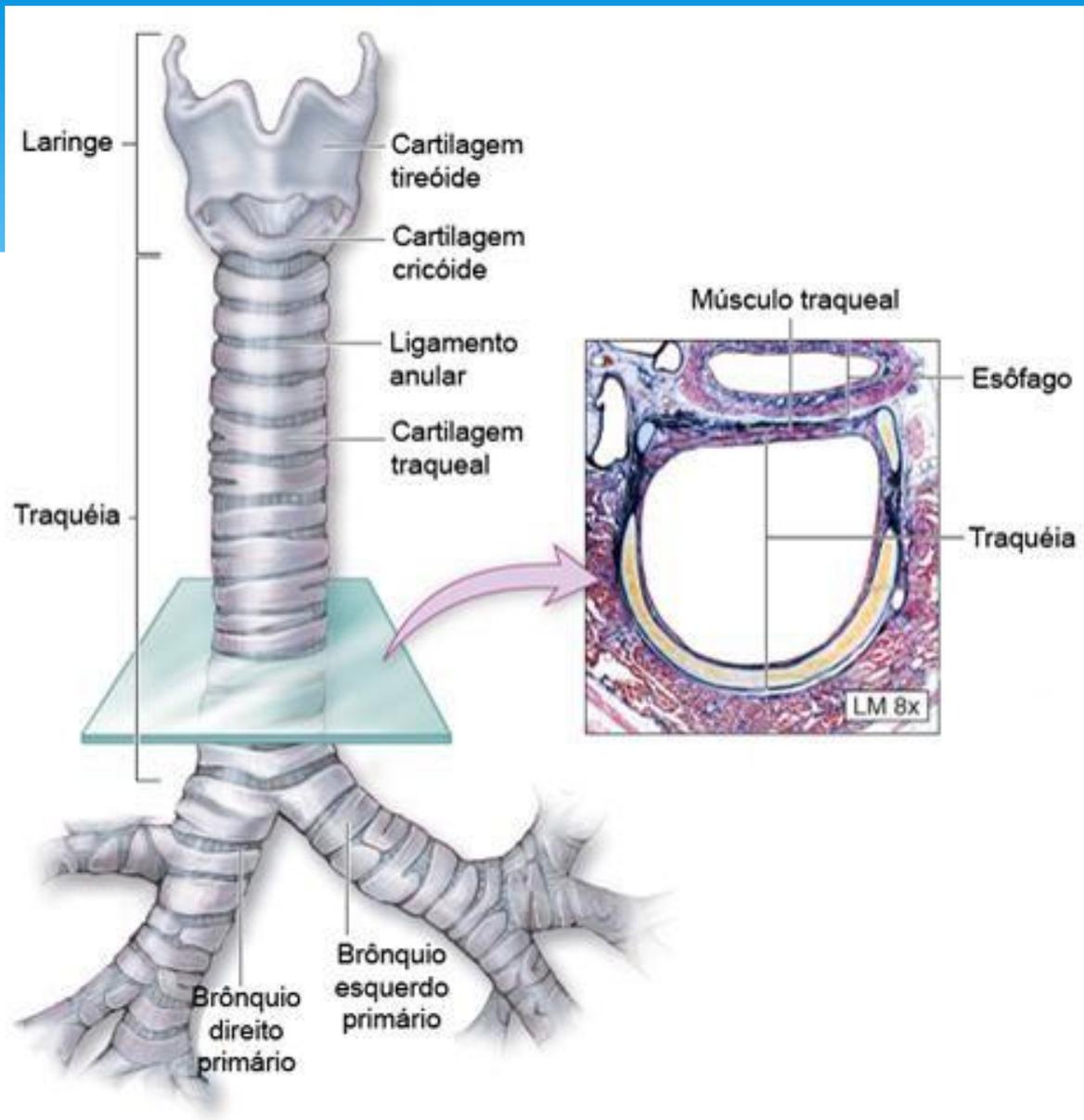
состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани.

# Бронхи



Стенка напоминает стенку трахеи – основу скелета составляют хрящевые *полукольца* (в правом 6-8, в левом 9-12).

Правый бронх короче и шире левого, более вертикально *расположен*





## Долевые бронхи делятся на:

сегментарные бронхи



дольковые бронхи



концевые бронхиолы (20)



дыхательные бронхиолы



альвеолярные ходы



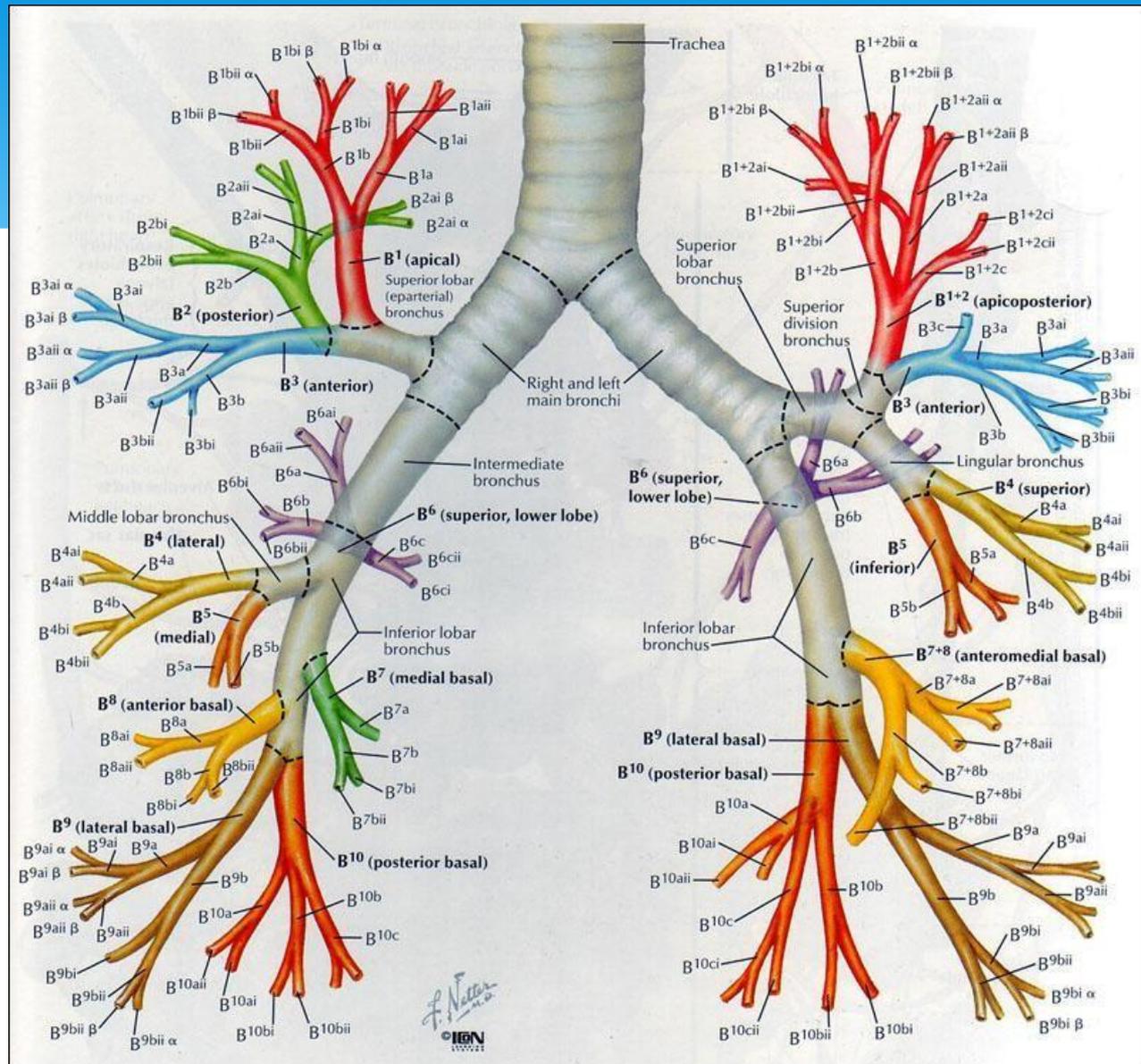
альвеолярные мешочки

23  
генерации

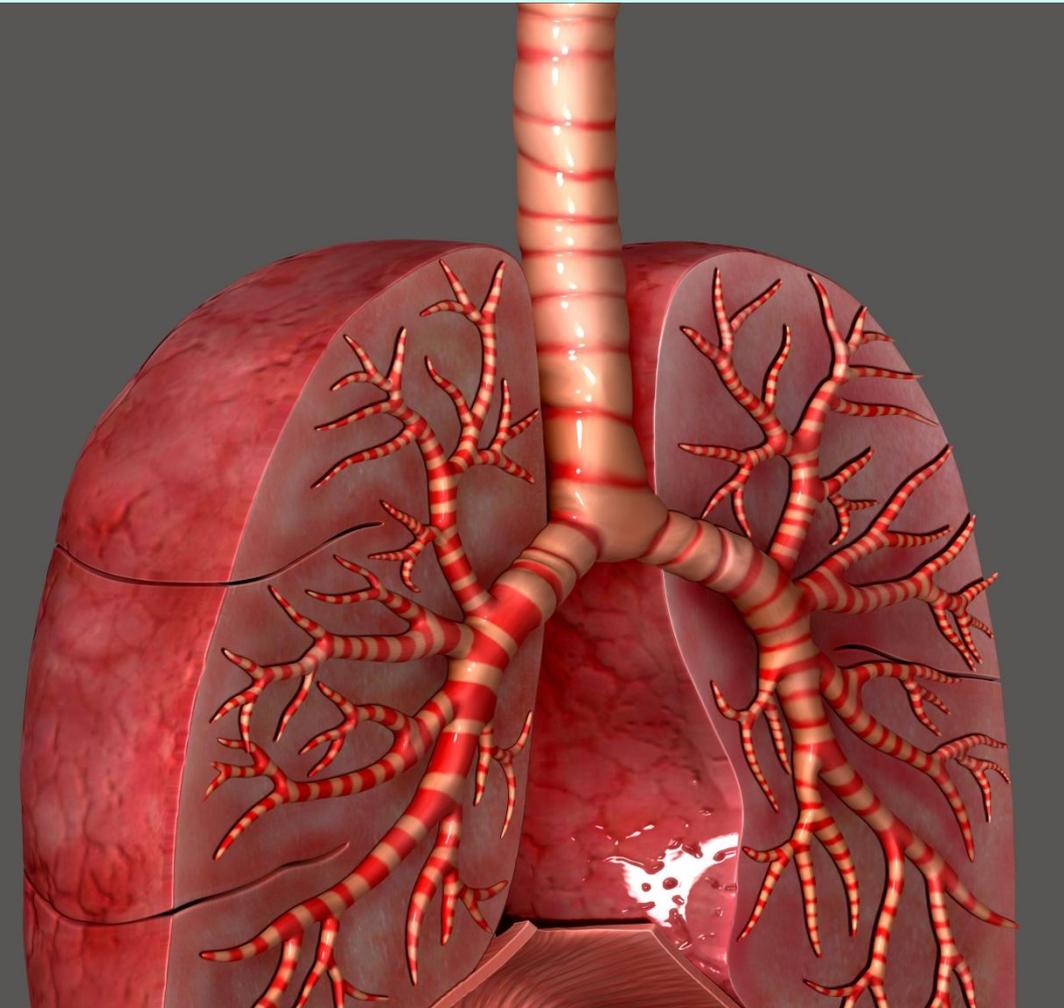
# Бронхиальное дерево

гистологически различают:

1. Главные бронхи (15 мм, сплошные кольца гиалинового хряща)
2. Большие бронхи (15-5 мм, крупные хрящевые пластины, складки слизистой)
3. Средние бронхи (5-2 мм, островки эластического хряща, складки слизистой)
4. Малые бронхи (2-1 мм, 4 пластинки, отсутствуют железы и хрящи)
5. Терминальные (концевые) бронхиолы (<1 мм, эпителий однорядный кубический реснитчатый, складки - отсутствуют)



# Ветвление бронхов в легких

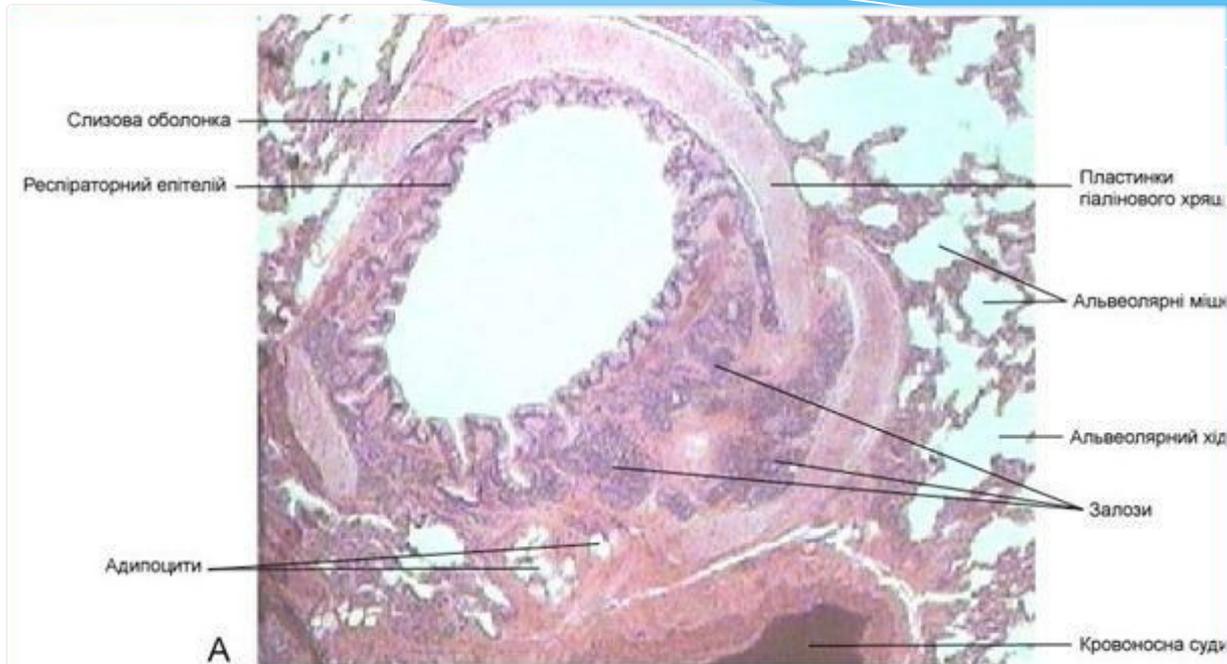


Дыхательные альвеолярные альвеолы образуют альвеолярное (легочный ацинус) – структурно-функциональную единицу легкого

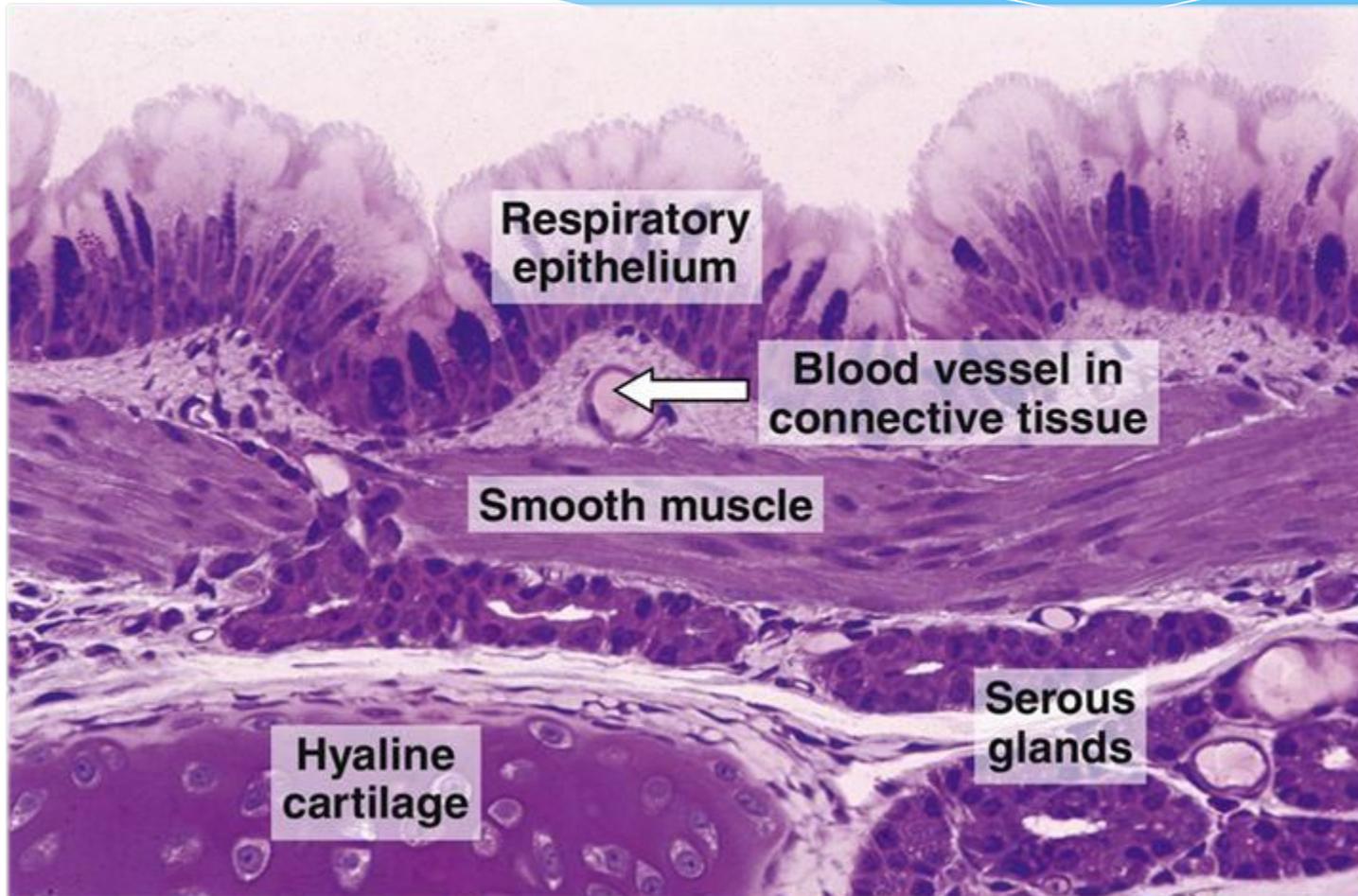
$d$  альвеолярного хода  $\sim 0,2 - 0,6$  мм;  $d$  альвеолы  $\sim 0,25 - 3$  мм

В легком насчитывается 150 000 ацинусов, 300-350 млн. альвеол, общая площадь дыхательной поверхности равна  $\sim 80$  м<sup>2</sup>

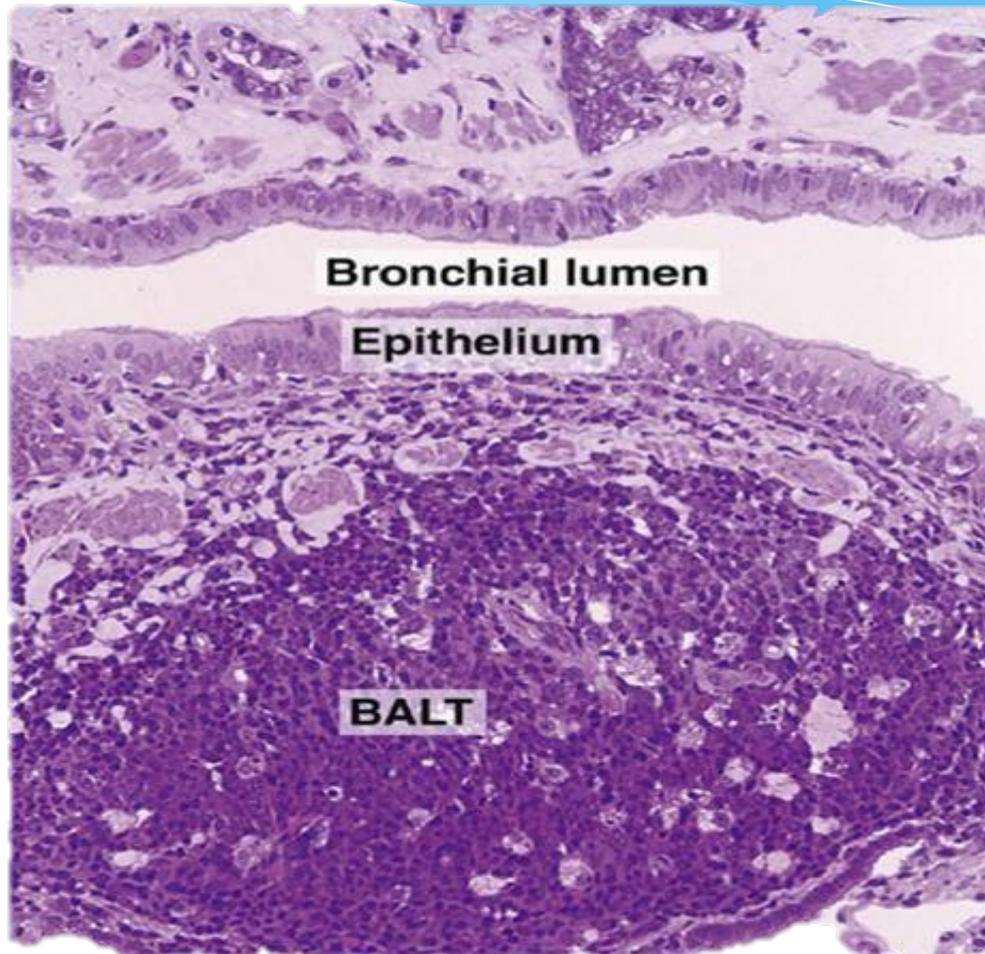
# Большой (главный) бронх



# Большой (главный) бронх



# Лимфатические узелки



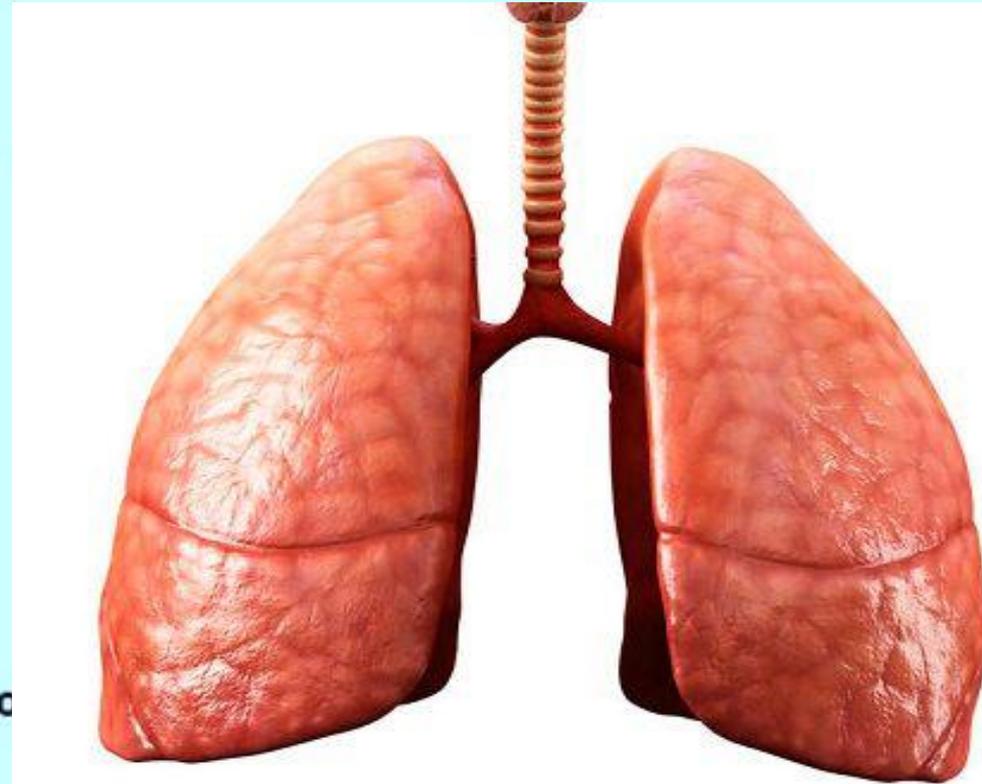
# Легкие

## 3 поверхности:

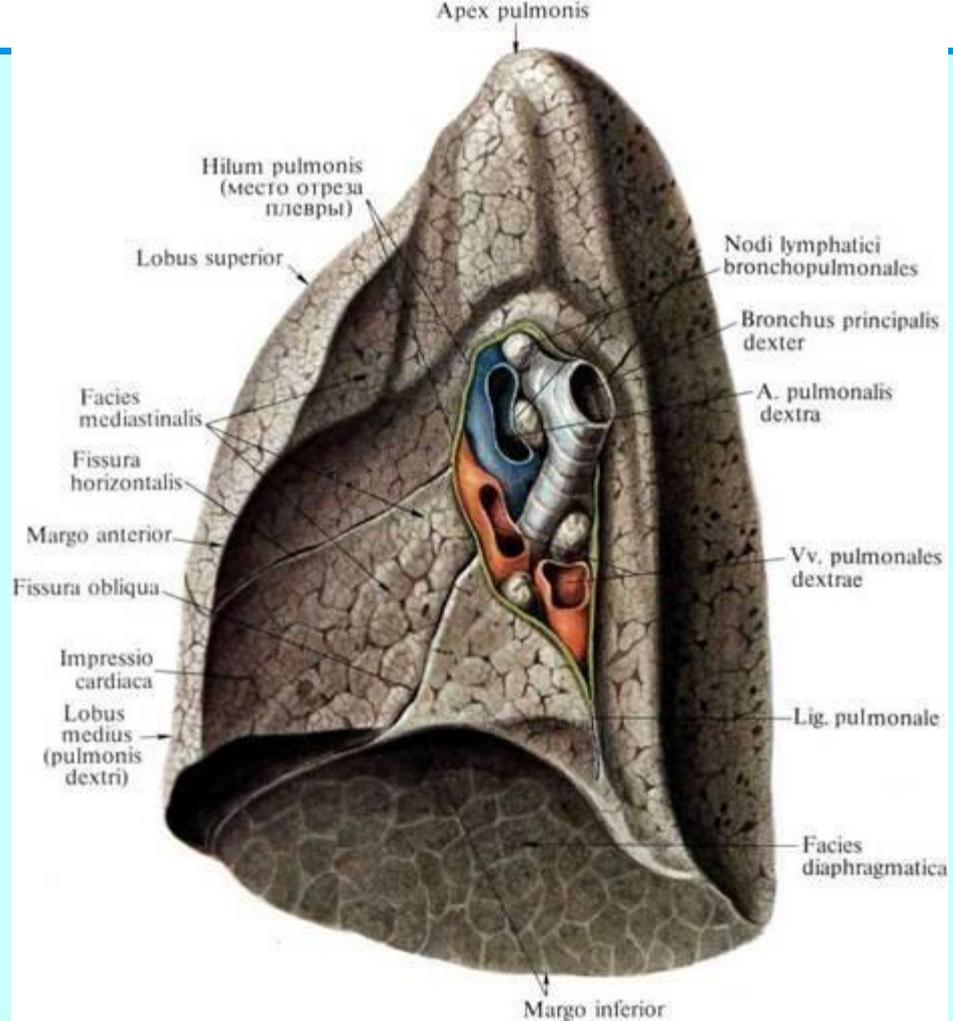
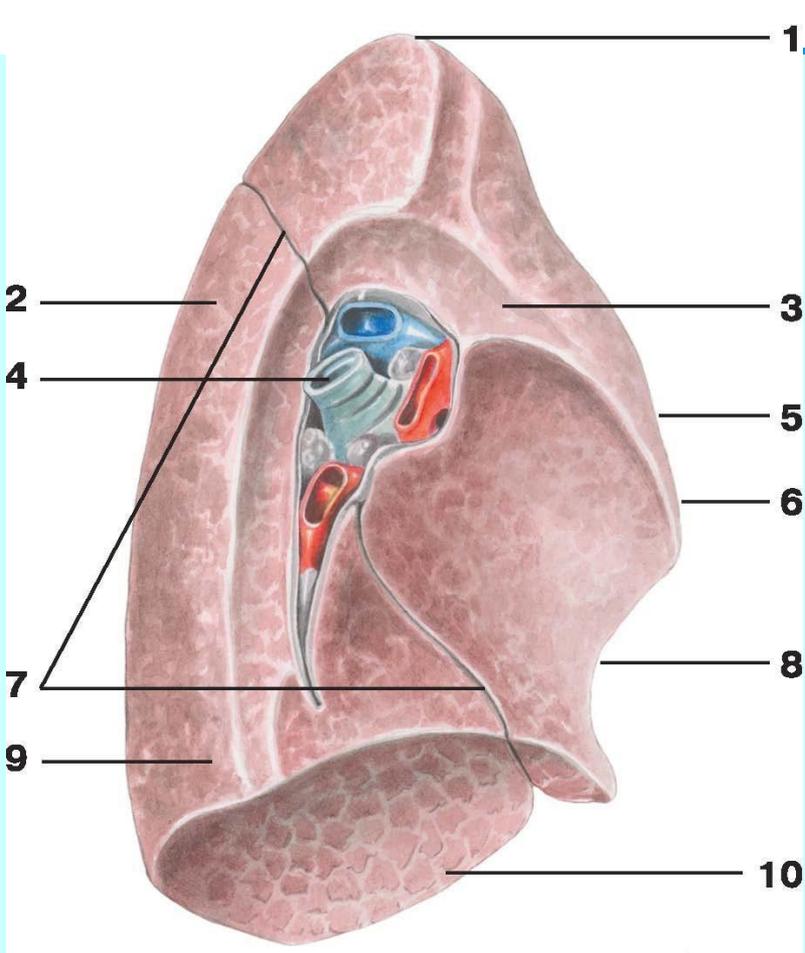
- **НИЖНЯЯ:** диафрагмальная
- **реберная:** наибольшая по протяжению, отдельно выделяют позвоночную часть реберной поверхности
- **медиальная:** обращена в сторону средостеня

## 3 края:

- **передний:** отделяет реберную поверхность от медиальной
- **задний:** отделяет реберную поверхность от медиальной
- **НИЖНИЙ:** отделяет диафрагмальную поверхность



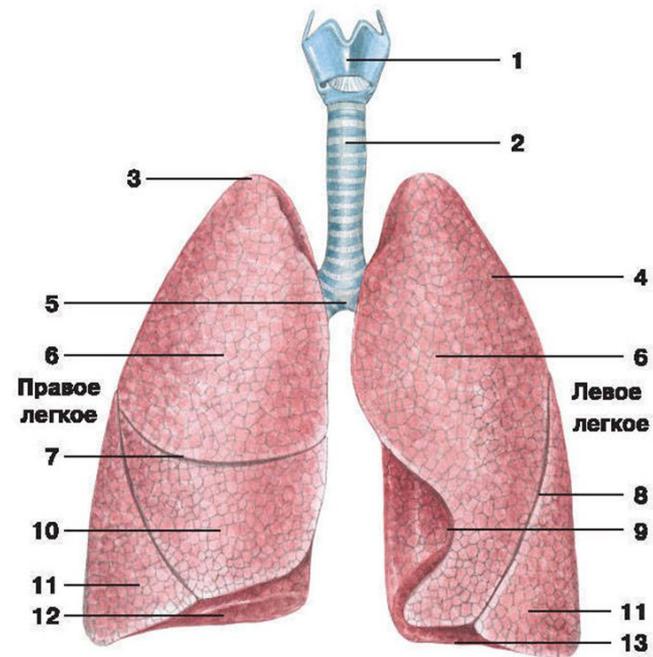
- \* **Лёгкие (pulmones)** – парный орган, занимающий почти всю грудную полость. Их размер и форма непостоянны и могут меняться от фазы дыхания. Каждое легкое имеет форму усечённого конуса, верхушка которого (арех) находится на уровне шейки 1 ребра, а слегка вогнутое основание обращено к куполу диафрагмы. Наружная выпуклая поверхность прилежит к ребрам, с внутренней. Слегка вогнутой стороны в них входят главные бронхи, нервы, лёгочные артерия и вена, образующие корень лёгкого. Это место входа называется воротами лёгкого. Правое лёгкое более широкое и короткое, левое – более узкое и вытянутое, в его нижне-переднем крае располагается углубление для сердца – сердечная вырезка.
- \* Различают 3 поверхности – реберную, диафрагмальную и медиальную и 3 края – передний, задний и нижний.



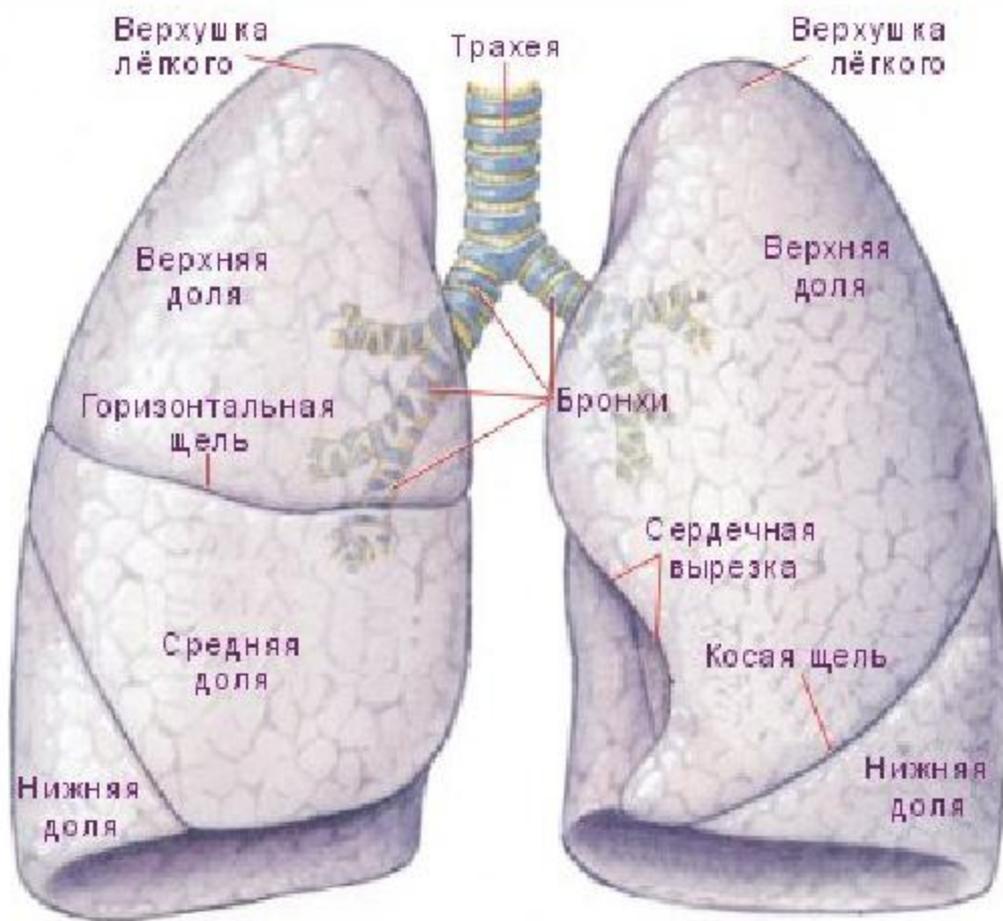
**Ворота легкого:** входят – легочная артерия, главный бронх, нервы; выходят – легочная вена, лимфатические сосуды. Перечисленные структурные элементы образуют **корень легкого**.

# Строение лёгких

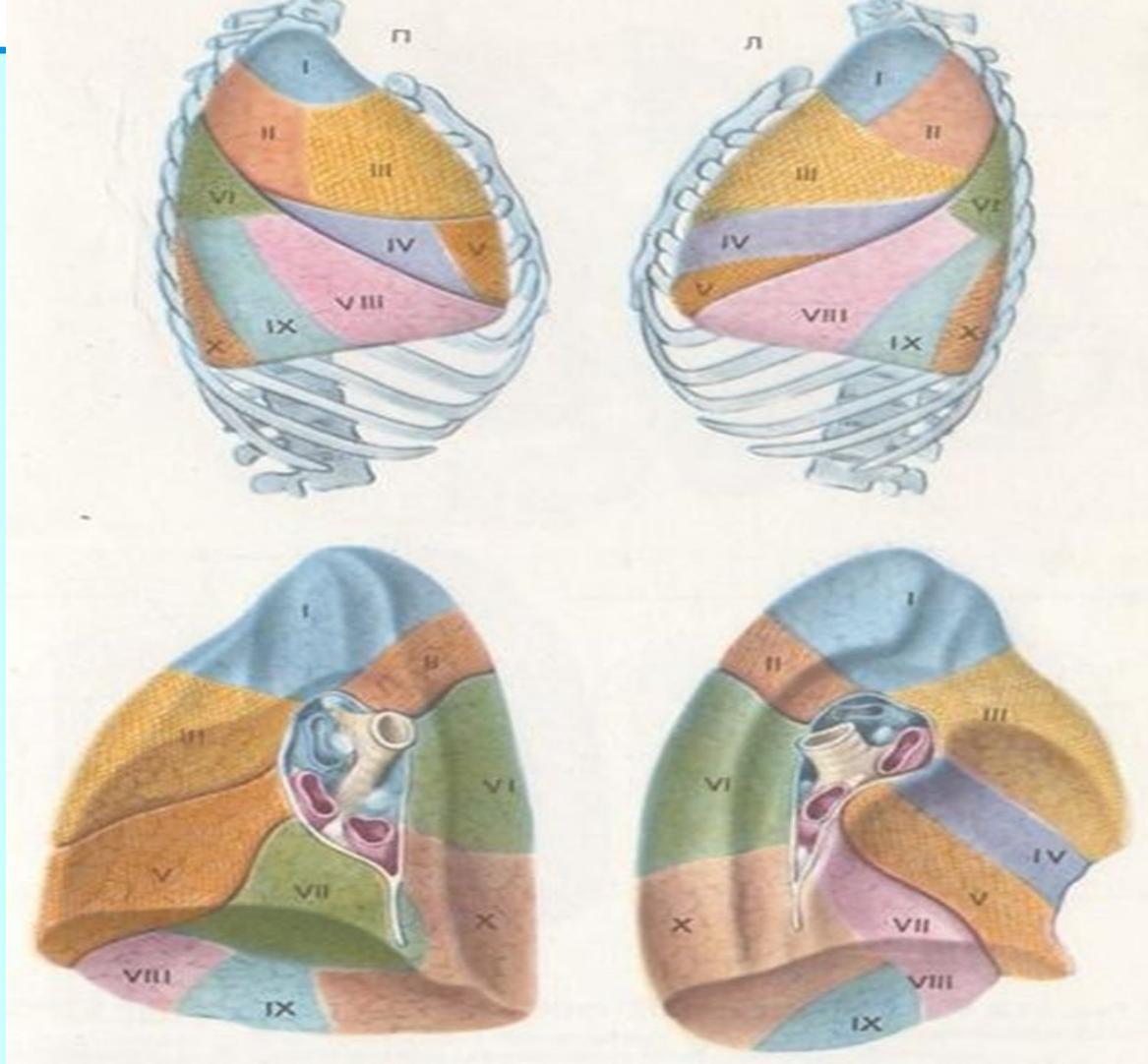
- \* Лёгкие состоят из долей (lobi pulmones).
- \* Справа 3 доли – верхняя, нижняя и средняя
- \* Слева – 2 доли – верхняя и нижняя
- \* Их отделяют друг от друга борозды или междолевые плевры



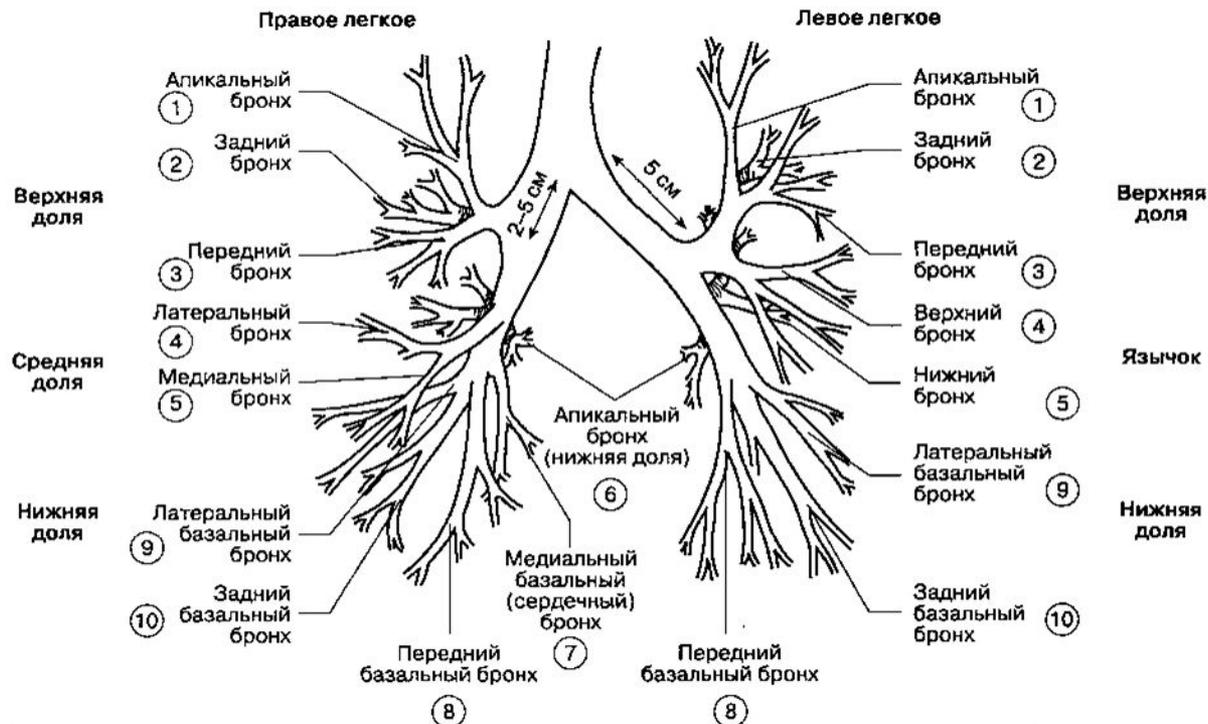
**ЛЕГКИЕ ЗАНИМАЮТ ВСЕ СВОБОДНОЕ ПРОСТРАНСТВО В ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ. РАСШИРЕННАЯ ЧАСТЬ ЛЕГКИХ ПРИЛЕГАЕТ К ДИАФРАГМЕ. ОБЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ЛЕГКИХ 100 М<sup>2</sup>.**



Каждое легкое одето оболочкой - легочной плеврой. Грудную полость тоже выстилает оболочка - пристеночная плевра. Между пристеночной и легочной плеврой узкая щель - плевральная полость, которая заполнена тончайшим слоем жидкости, которая облегчает скольжение легочной стенки во время вдоха и выдоха.



**Сегмент:** участок легкого, основанием обращенный к поверхности органа, а верхушкой у корню. Состоит из легочных долек. В центре сегмента находится сегментарный бронх и артерия, а на границе с соседним сегментом – сегментарная вена.

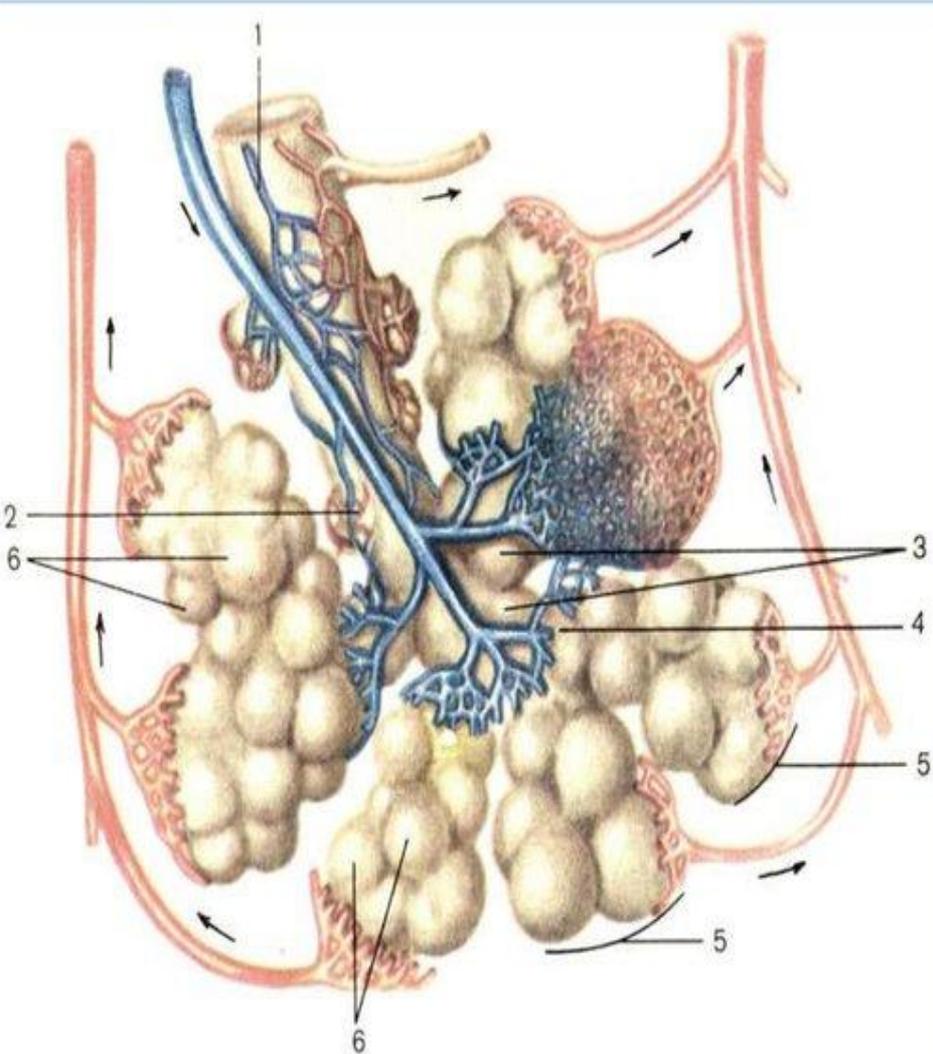


- \* Своеобразную скелетную основу органа образуют ветвящиеся, как крона дерева, долевые, сегментарные и субсегментарные бронхи. Самые маленькие конечные бронхи называются бронхиолы, они не содержат желёз и хрящей. Каждая конечная бронхиола делится на 12-18 пограничных бронхиол, поставляющих воздух в ацинус – структурно-функциональную единицу респираторного отдела.

# Респираторный отдел

- Долька легкого – территория разветвлений малого бронха
- Легочный ацинус – территория разветвления терминальной бронхиолы – структурно-функциональная единица респираторного отдела легких

# Долька легкого



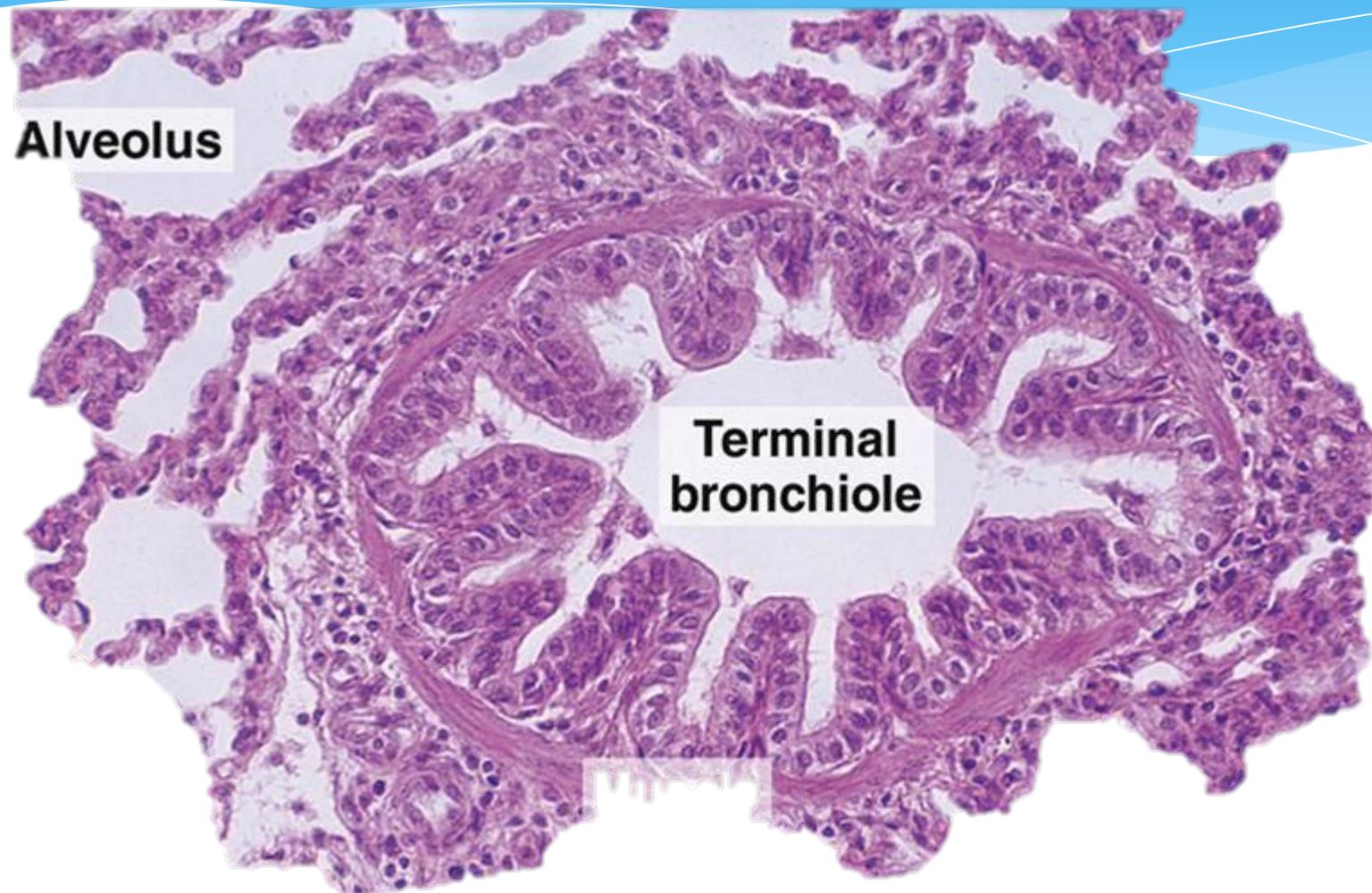
- В соответствии с разветвлениями бронхов и сосудов сегменты разделяются на субсегменты и дольки, разграниченные все более тонкими прерывистыми прослойками соединительной ткани. Часть долек по форме напоминает пирамиду величиной от 1 до 2 см, через вершину которой проходит внутридольковый бронх, отдающий терминальные бронхиолы. В соответствии с ними легочная долька разделяется на ацинусы (первичные дольки), образующие респираторный отдел легкого.

# Ацинус

Составные части:

- 1 – альвеолярные бронхиолы I, II, III порядков
- 2 – альвеолярные ходы
- 3 – альвеолярные мешочки

# Терминальные (конечные) бронхиолы



**Альвеола** – открытый пузырек, через стенку которого происходит газообмен, количество 300-400 млрд, площадь поверхности - 100 м<sup>2</sup>

**Альвеолярный эпителий:**

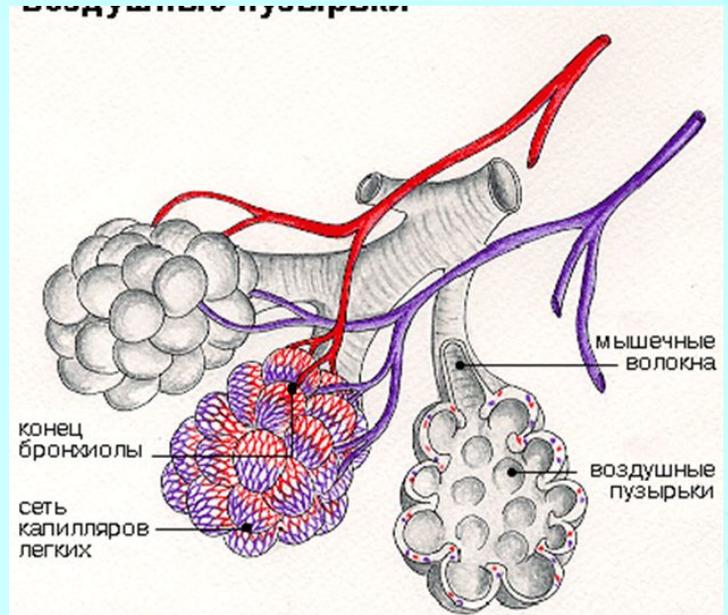
- Респираторные эпителиоциты - альвеолоциты I
- Секреторные (зернистые) эпителиоциты – альвеолоциты II

# Строение альвеолы

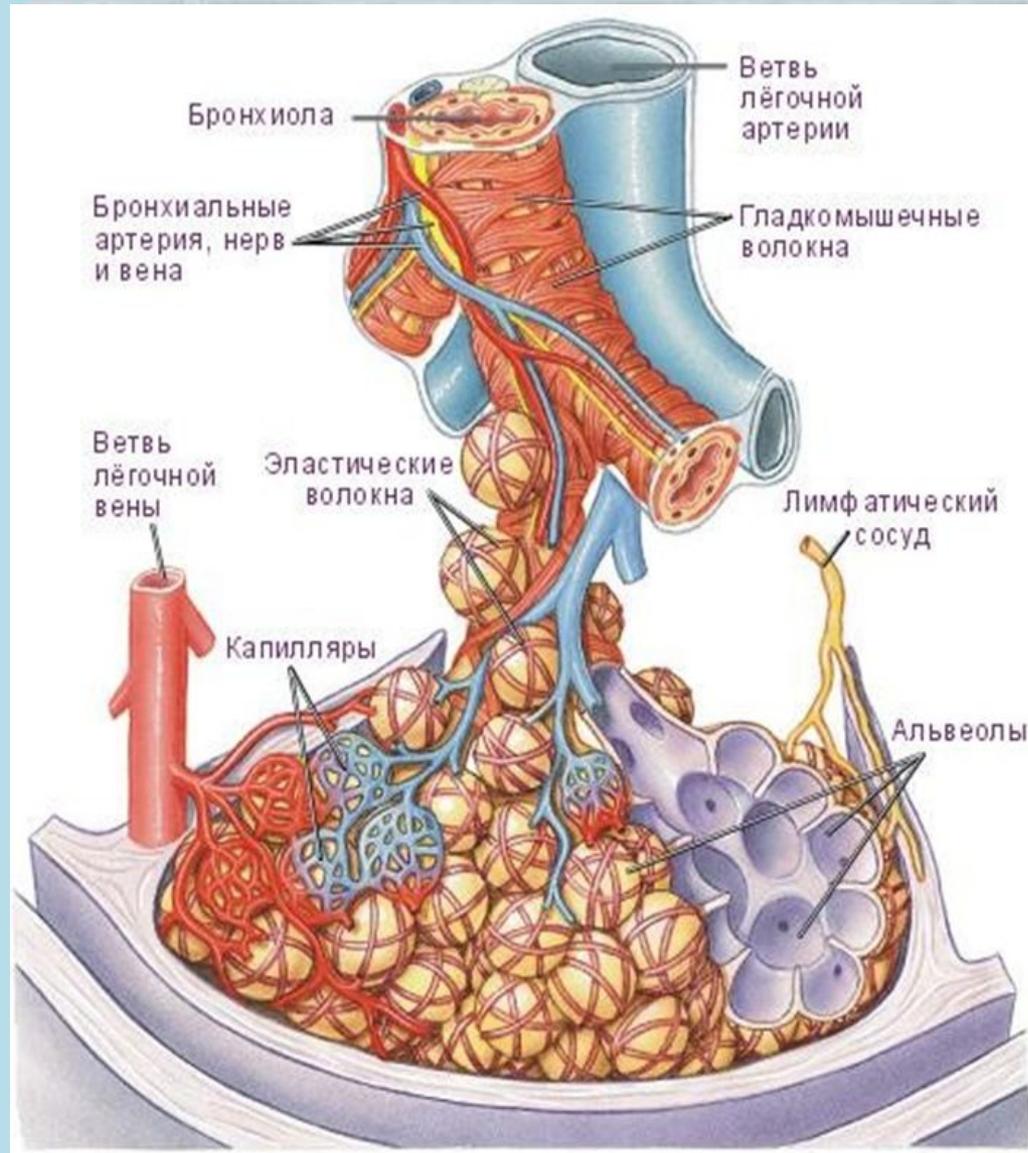
Альвеолы выстланы клетками 2-х типов:

- **Дыхательными** (сквамозными) альвеолоцитами – 97,5 %
- **Гранулярными** альвеолоцитами – 2,5 %, секретируют сурфактант.

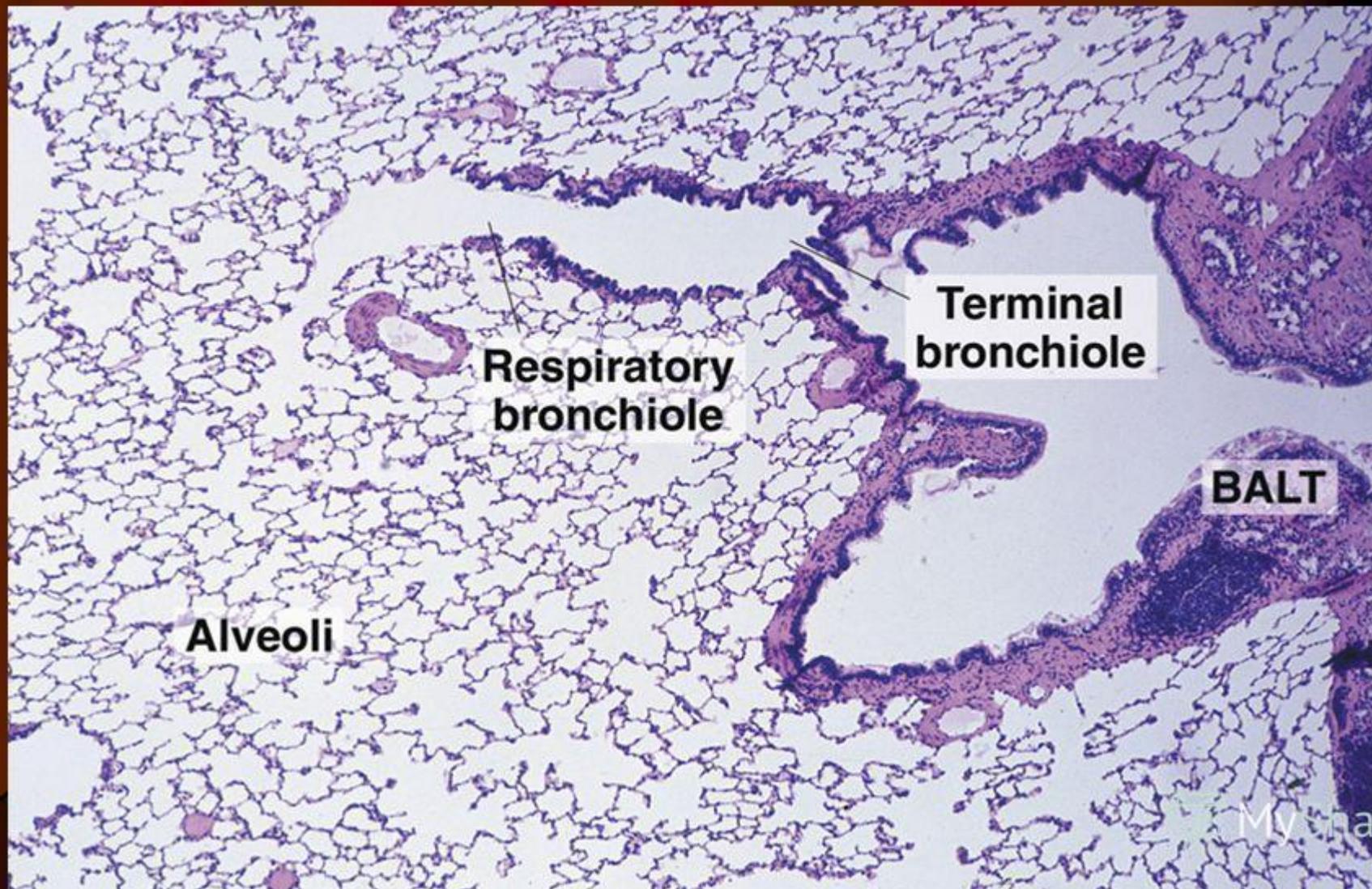
Оплетены сетью ретикулярных и коллагеновых волокон и кровеносных капилляров.



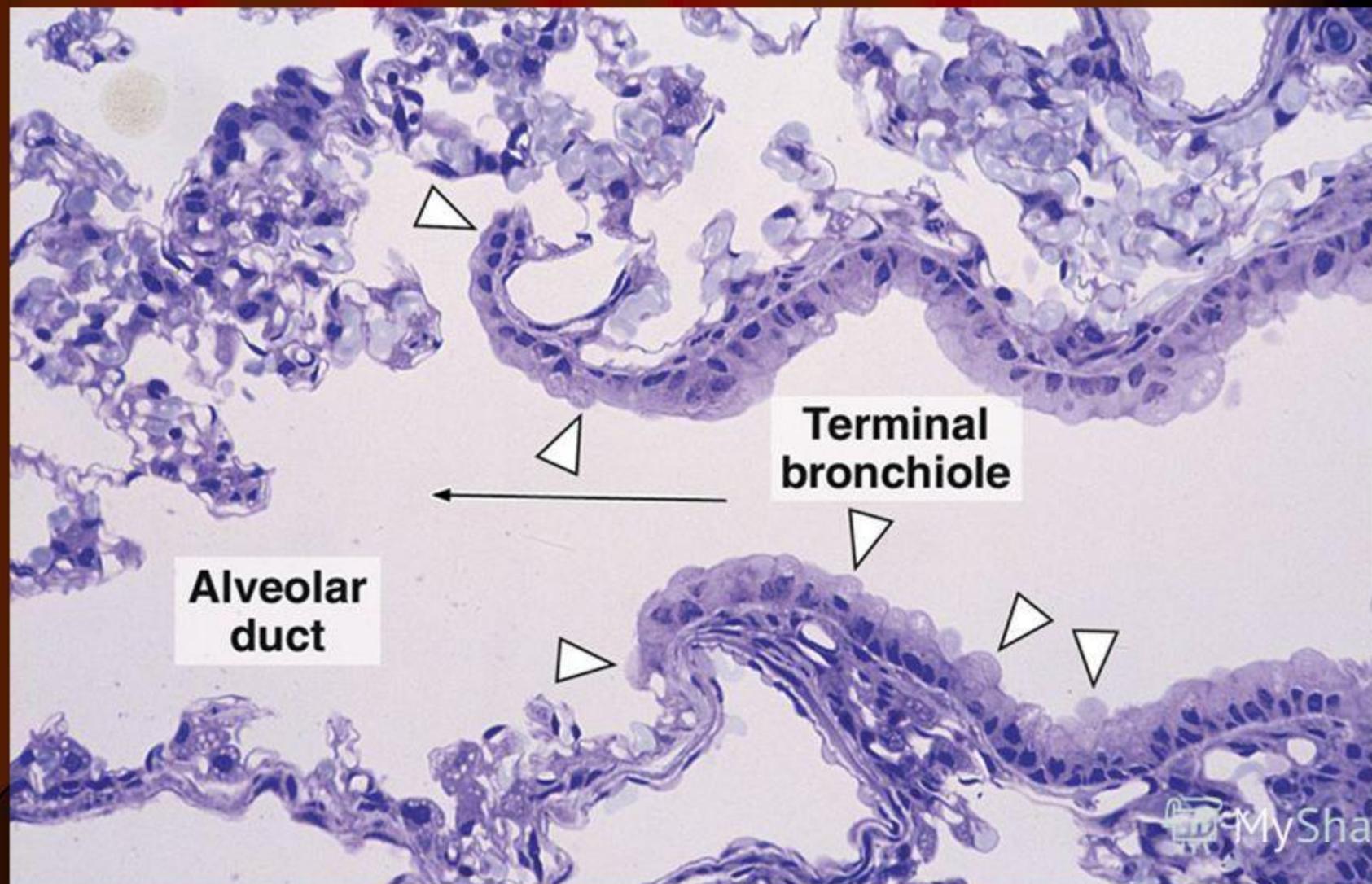
# Строение лёгких (альвеолы)



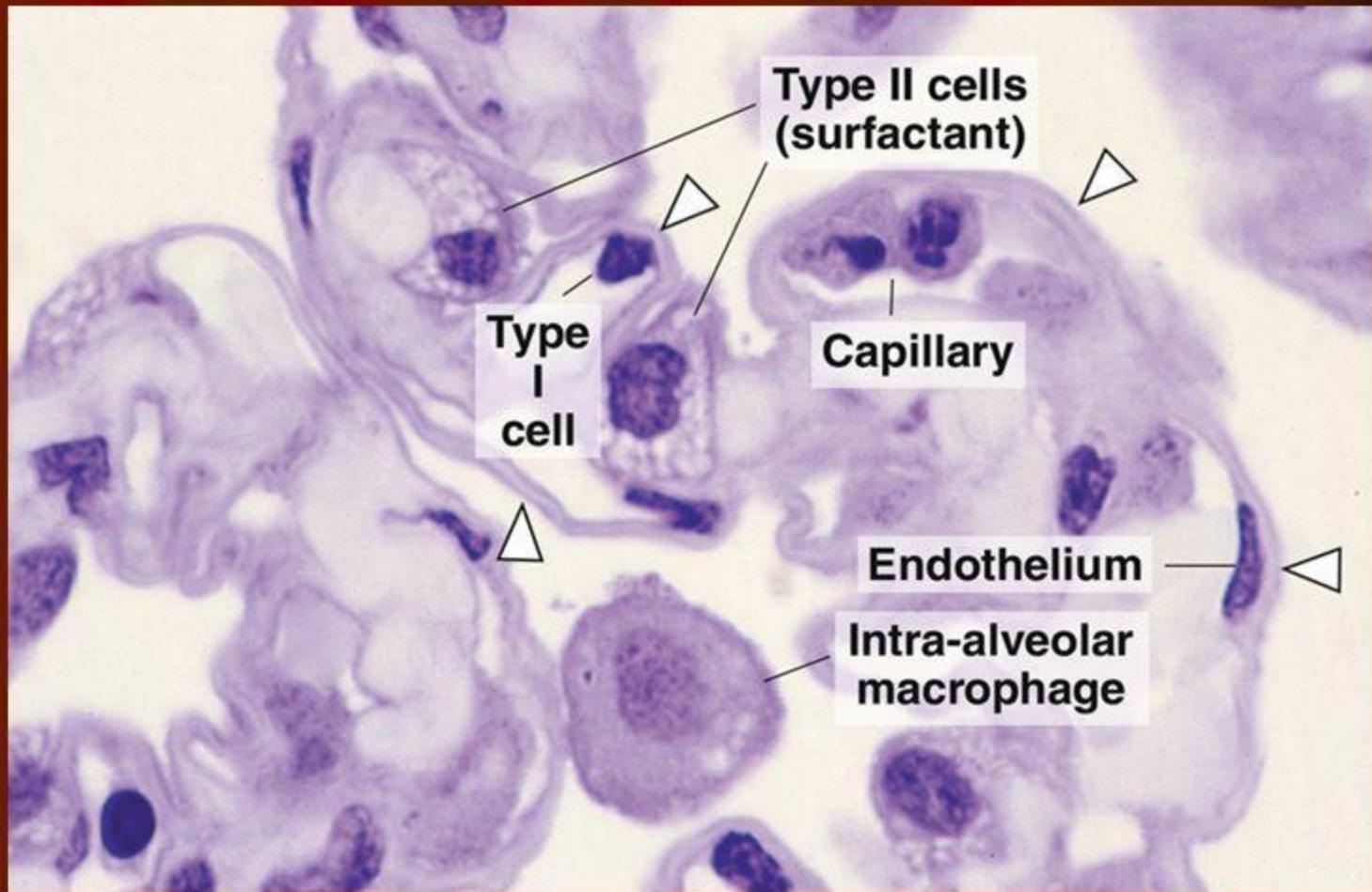
# Респираторный отдел



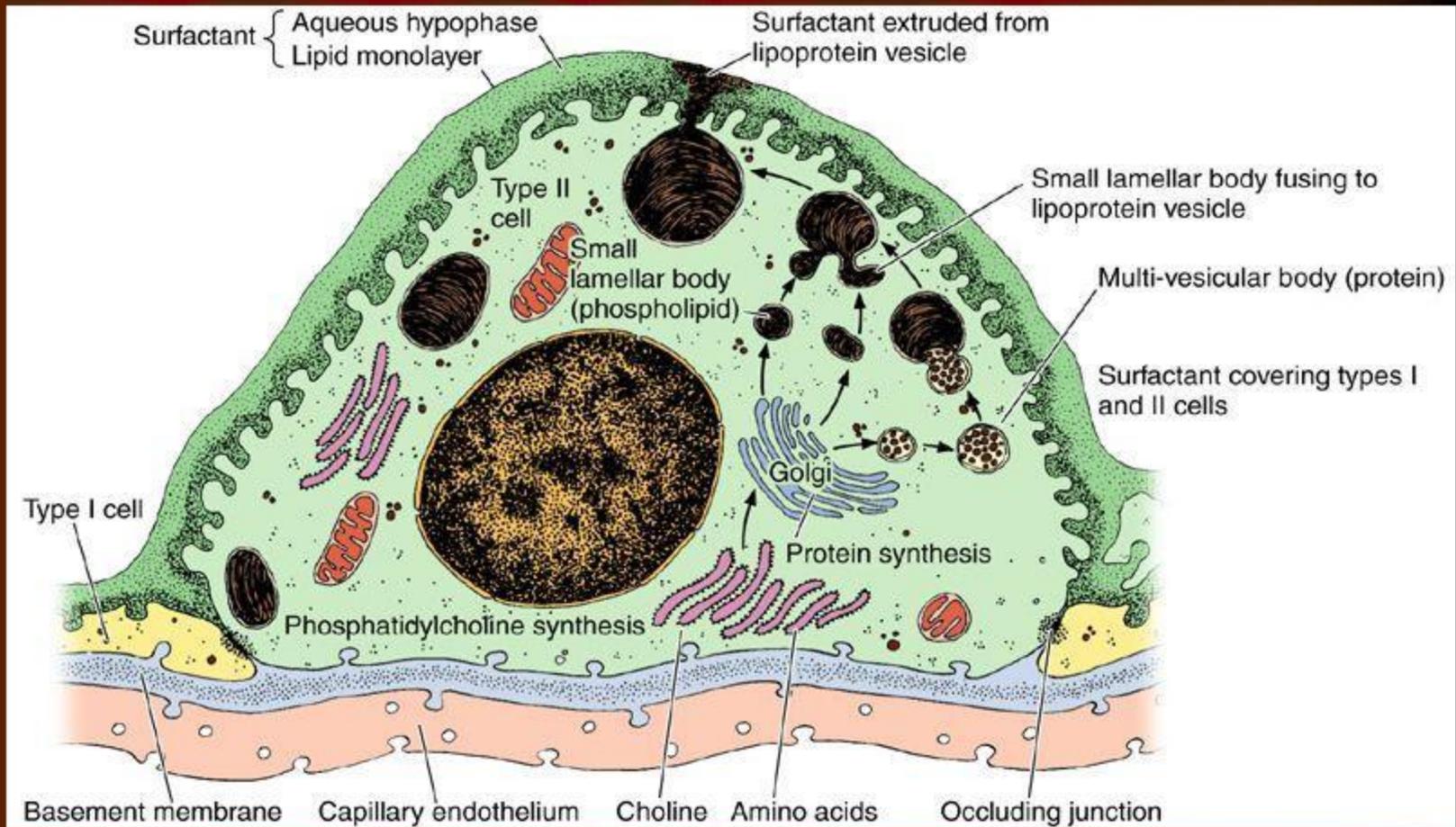
# Респираторный отдел



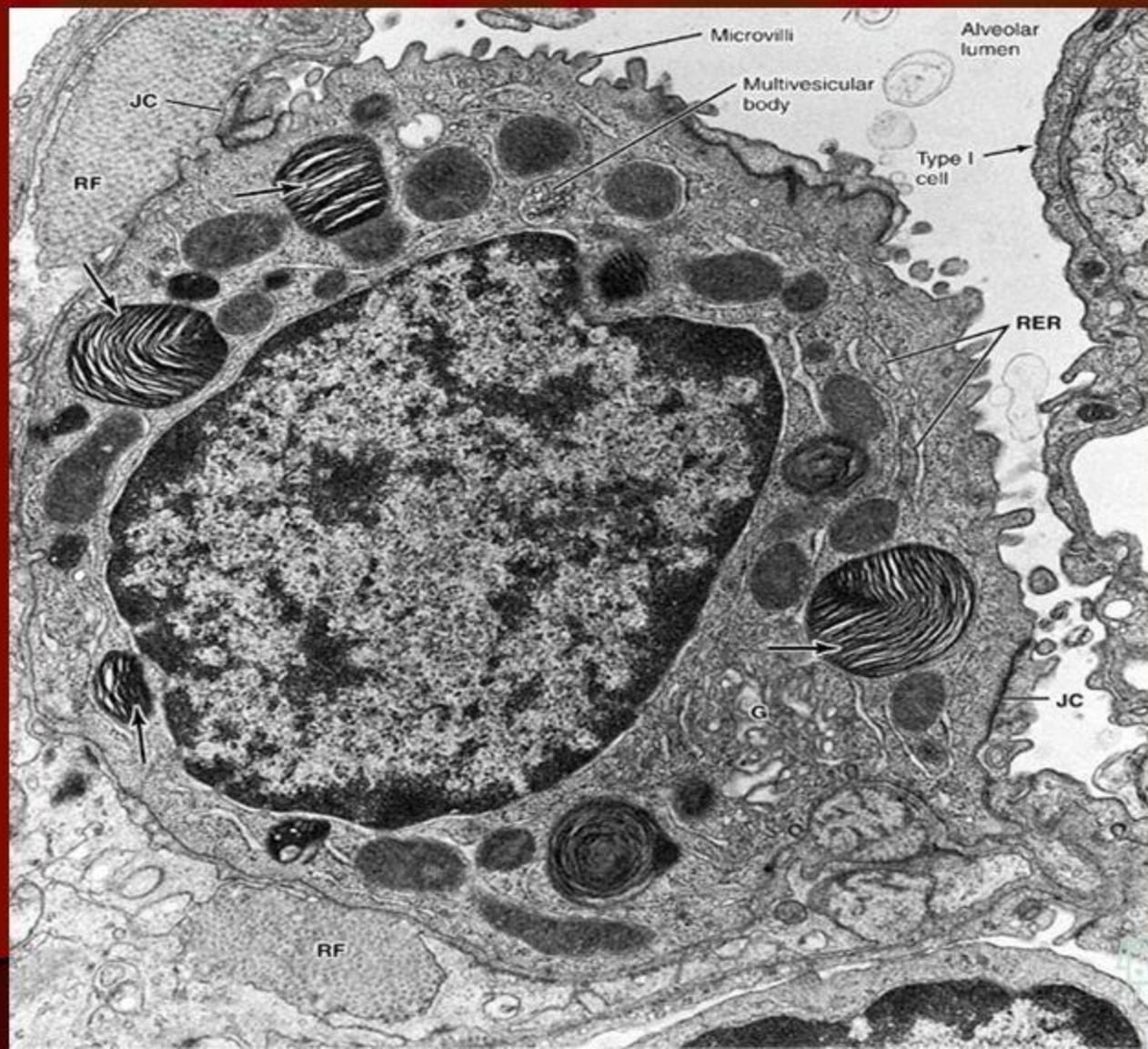
# Клетки респираторного эпителия



# Альвеолоцит II

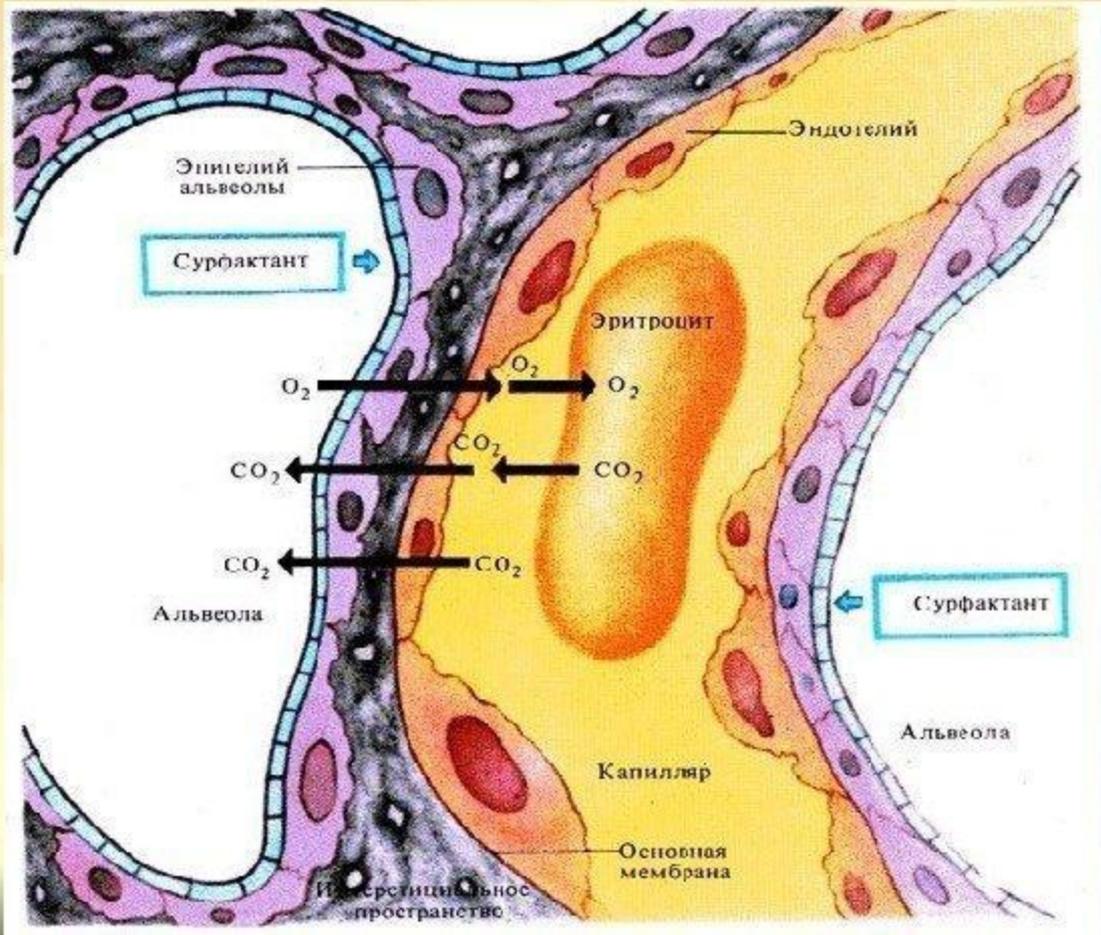


# Электронная микрофотография альвеолоцита II



- \* Растяжимость альвеолярной ткани связана с наличием эластиновых волокон, которые вместе с коллагеновыми волокнами (обеспечивают прочность альвеолярной стенки) образуют спиральную сеть вокруг альвеол. Длина эластиновых волокон при растяжении увеличивается почти в 2 раза, коллагеновых – на 10%.
- \* Альвеолы изнутри покрыты сурфактантом - сложным белковым поверхностно-активным веществом, который очень чувствителен к снижению кровообращения, вентиляции лёгких, уменьшению парциального напряжения кислорода в артериальной крови, что вызывает уменьшение количества сурфактанта, из-за чего нарушается стабильность поверхности альвеол. Сурфактантный комплекс препятствует спадению терминальных бронхиол, осуществляет противоотёчную функцию, играет важную роль в регуляции водного баланса, оказывает защитное действие за счёт противоокислительной активности.
- \* Поверхностное натяжение создаётся за счёт сурфактанта, благодаря которому альвеолы не спадаются. Сурфактант обеспечивает эластичность альвеол.
- \* В целом, эластическое сопротивление пропорционально степени растяжения легких при вдохе: чем глубже дыхание, тем больше эластическое сопротивление (эластическая тяга легких).

# БАРЬЕР МЕЖДУ КРОВЬЮ И АЛЬВЕОЛЯРНЫМ ВОЗДУХОМ

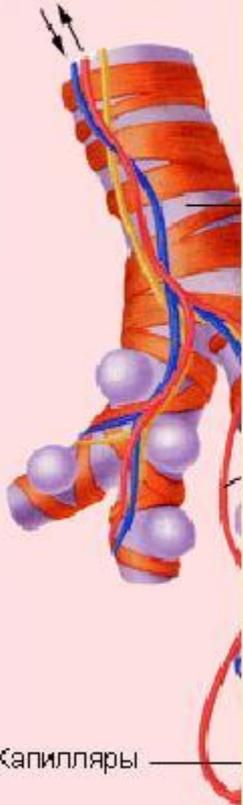


# Диффузия газов в лёгких

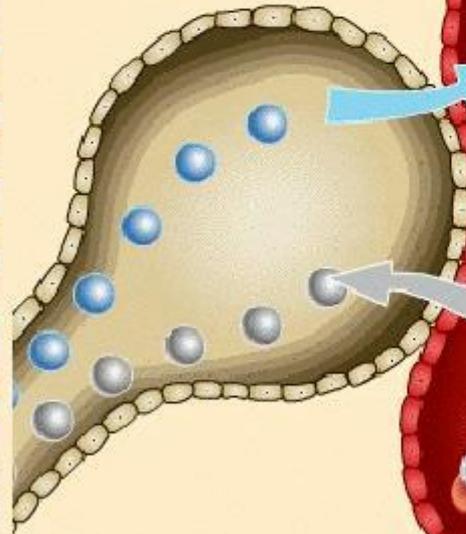
- \* Парциальное давление кислорода в альвеолах (100 мм рт.ст.) значительно выше, чем напряжение кислорода в венозной крови, поступающей в капилляры легких (40 мм рт.ст.). Градиент парциального давления углекислого газа направлен в обратную сторону (46 мм рт.ст. в начале легочных капилляров и 40 мм рт.ст. в альвеолах). Эти градиенты давлений являются движущей силой диффузии кислорода и двуокиси углерода, т.е. газообмена в легких.
- \* Согласно закону Фика диффузный поток прямо пропорционален градиенту концентрации. Коэффициент диффузии для  $\text{CO}_2$  в 20-25 раз больше, чем кислорода. При прочих равных условиях углекислый газ диффундирует через определенный слой среды в 20-25 раз быстрее, чем кислород. Именно поэтому обмен  $\text{CO}_2$  в легких происходит достаточно полно, несмотря на небольшой градиент парциального давления этого газа.
- \* При прохождении каждого эритроцита через легочные капилляры время, в течение которого возможна диффузия (время контакта) относительно невелико (около 0,3 с). Однако этого времени вполне достаточно для того, чтобы напряжения дыхательных газов в крови и их парциальное давление в альвеолах практически сравнялись.
- \* Диффузионную способность легких, как и альвеолярную вентиляцию, следует рассматривать в отношении к перфузии (кровоснабжению) легких.

# Газообмен в легких

Течение крови



Легочный пузырек



Артериальная кровь

Венозная кровь



# Аэрогематический барьер

Компоненты:

- сурфактант
- Цитоплазматический участок альвеолоцита I (краевая вуаль)
- Альвеоло-капиллярная базальная мембрана
- Цитоплазматический участок эндотелиоцита

# Аэро-гематический барьер

(толщина 0,5 мкм) состоит из:

- сурфактанта,
- альвеолоцита,
- базальной мембраны альвеолоцита,
- базальной мембраны капилляра,
- эндотелиоцита



- \* Вентиляция лёгких осуществляется за счет создания разности давления между альвеолярным и атмосферным воздухом.
- \* При вдохе давление в альвеолярном пространстве значительно снижается (за счет расширения грудной полости) и становится меньше атмосферного (на 3-5 мм рт. ст.), поэтому воздух из атмосферы входит в воздухоносные пути.
- \* При выдохе давление в альвеолярном пространстве приближается к атмосферному давлению или даже становится выше его (форсированный выдох). Это приводит к удалению очередной порции воздуха из легких.
- \* Внутривезикулярное давление меньше атмосферного: на вдохе на 4-9 мм рт.ст., на выдохе на 2-4 мм рт.ст..
- \* При спокойном вдохе и выдохе через легкие проходит около 500 мл воздуха – дыхательный объём (ДО). Из них часть заполняет анатомическое мертвое пространство (около 175 мл). До основной среды доходит около 325 мл воздуха.
- \* В среднем акт дыхания совершается за 4-10 с. Акт вдоха проходит несколько быстрее, чем акт выдоха. За минуту совершается 16-18 дыхательных циклов. Через легкое за минуту проходит около 3-8 л воздуха – это минутный объем дыхания (МОД) или легочная вентиляция.

# Па ра ме тр ы ды ха ни я

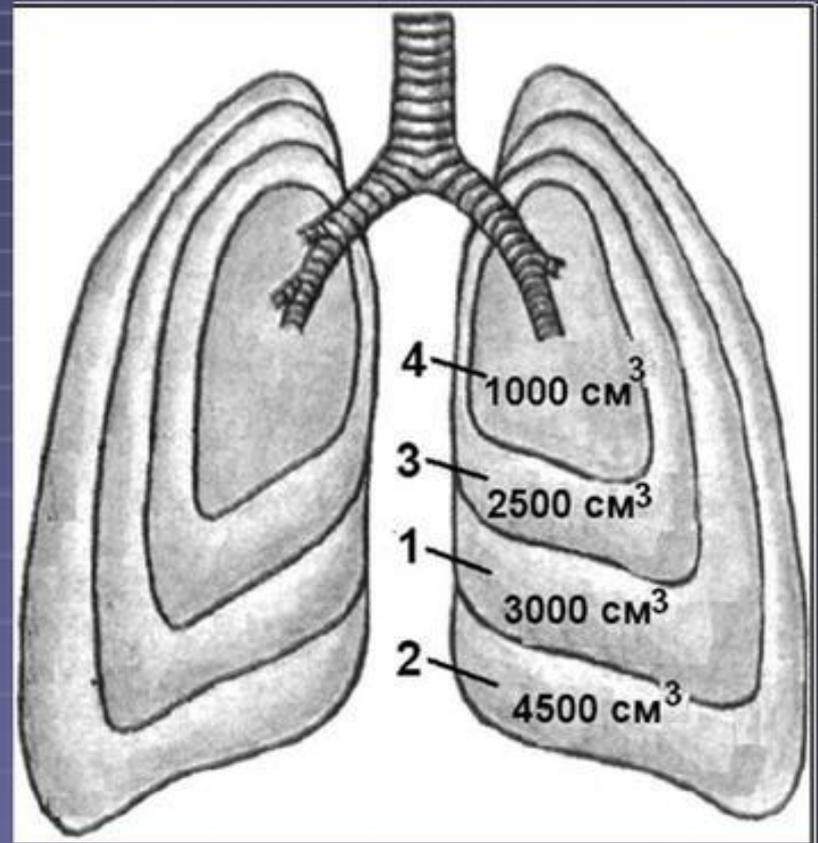
- \* Минутный объём дыхания (МОД) характеризует функцию внешнего дыхания.
- \* В спокойном состоянии воздух в трахее, бронхах, бронхиолах и в неперфузируемых альвеолах в газообмене не участвуют, так как не приходит в соприкосновение с активным легочным кровотоком - это так называемое "мёртвое" пространство. Часть дыхательного объёма, которая участвует в газообмене с легочной кровью, называется альвеолярным объёмом. С физиологической точки зрения альвеолярная вентиляция - наиболее существенная часть наружного дыхания, так как она является тем объёмом вдыхаемого за 1 мин воздуха, который обменивается газами с кровью легочных капилляров.
- \* МОД измеряется произведением ЧД на ДО. У здоровых лиц ЧД - 16-18 в минуту, а ДО колеблется в пределах 350-750 мл, у спортсменов ЧД - 8-12 мл, а ДО - 900-1300 мл. Увеличение МОД (гипервентиляция) наблюдается вследствие возбуждения дыхательного центра, затруднения диффузии кислорода и др.
- \* В покое МОД составляет 5-6 л, при напряженной физической нагрузке может возрасти в 20-25 раз и достигать 120-150 л в 1 мин и более. Увеличение МОД находится в прямой зависимости от мощности выполняемой работы, но только до определённого момента, после которого рост нагрузки уже не сопровождается увеличением МОД.
- \* Даже при самой тяжёлой нагрузке МОД никогда не превышает 70-80% уровня максимальной вентиляции. Расчёт должной величины МОД основан на том, что у здоровых лиц из каждого литра провентилированного воздуха поглощается примерно 40 мл кислорода (это так называемый коэффициент использования кислорода).
- \* Вентиляционным эквивалентом (ВЭ) называются соотношение между МОД и величиной потребления кислорода. В состоянии покоя 1 л кислорода в лёгких поглощается из 20-25 л воздуха. При тяжёлой физической нагрузке вентиляционный эквивалент увеличивается и достигает 30-35 л. Под влиянием тренировки на выносливость вентиляционный эквивалент при стандартной нагрузке уменьшается. Это свидетельствует о более экономном дыхании у тренированных лиц.

# Параметры дыхания

Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) состоит из дыхательного объёма лёгких, резервного объёма вдоха и резервного объёма выдоха. ЖЕЛ зависит от пола, возраста, размера тела и тренированности. ЖЕЛ составляет в среднем у женщин 2,5-4 л, а у мужчин - 3,5-5 л. Под влиянием тренировки ЖЕЛ возрастает, у хорошо тренированных спортсменов она достигает 8 л.

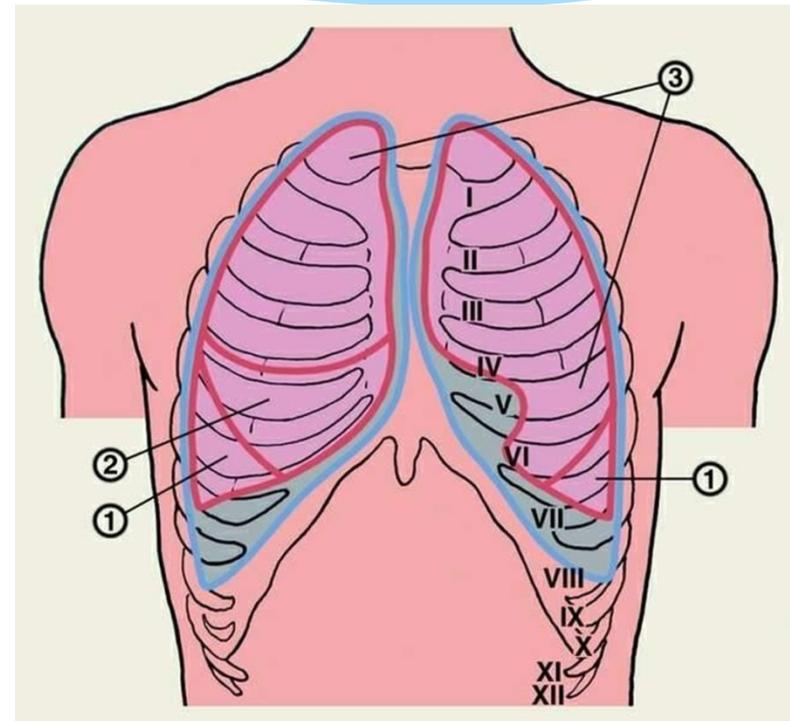
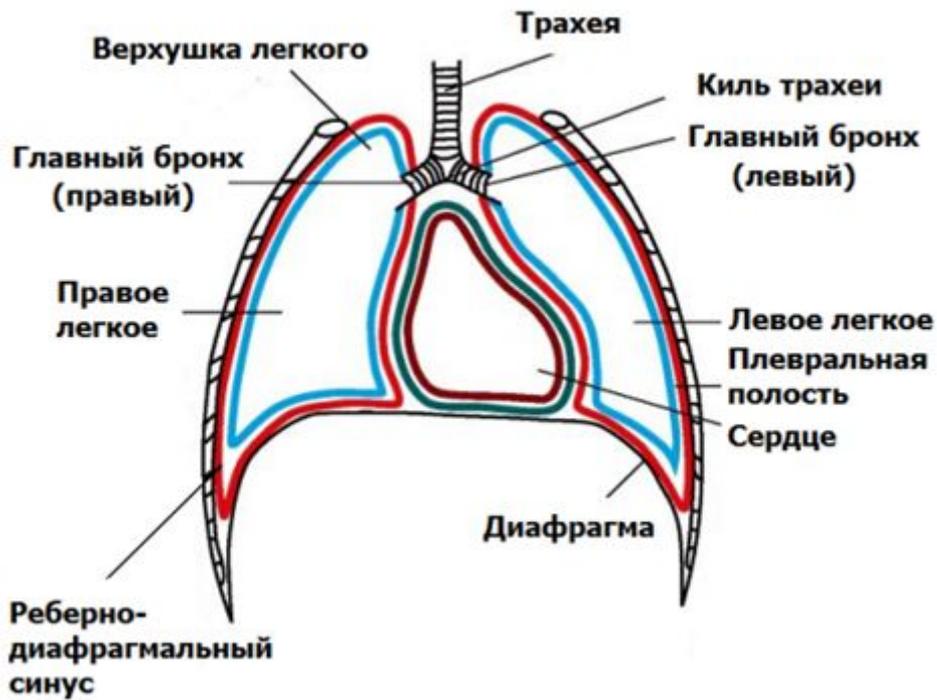
- \* Общая ёмкость лёгких (ОЕЛ) представляет собой сумму ЖЕЛ и остаточного объёма лёгких, то есть того воздуха, который остается в лёгких после максимального выдоха и может быть определён только косвенно. У молодых здоровых людей - 75-80% ОЕЛ занимает ЖЕЛ, а остальное приходится на остаточный объём. У спортсменов доля ЖЕЛ в структуре ОЕЛ увеличивается, что благоприятно отражается на эффективности вентиляции.
- \* Максимальная вентиляция лёгких (МВЛ) - это предельно возможное количество воздуха, которое может быть провентилировано через лёгкие в единицу времени. Обычно форсированное дыхание проводится в течение 15 с и умножается на 4. Это и будет величина МВЛ. Большие колебания МВЛ снижают диагностическую ценность определения абсолютного значения этих величин. Поэтому полученную величину МВЛ приводят к должной.
- \* Объем воздуха, остающегося в лёгких после максимального выдоха (ОО) наиболее полно и точно характеризует газообмен в лёгких.
- \* Одним из основных показателей внешнего дыхания является газообмен (анализ респираторных газов - углекислоты и кислорода в альвеолярном воздухе), то есть поглощение кислорода и выведение углекислоты. Газообмен характеризует внешнее дыхание на этапе "альвеолярный воздух - кровь легочных капилляров". Он исследуется методом газовой хроматографии.
- \* Функциональная проба Розенталя позволяет судить о функциональных возможностях дыхательной мускулатуры. Проба проводится на спирометре, где у обследуемого 4-5 раз подряд с интервалом в 10-15 с определяют ЖЕЛ. В норме получают одинаковые показатели. Снижение ЖЕЛ на протяжении исследования указывает на утомляемость дыхательных мышц.

- Для человека важны не только жизненная емкость легких, но и выносливость дыхательной мускулатуры. Она считается хорошей, если при пяти пробах, проведенных подряд, результаты не снижаются.
- В чем преимущества людей, имеющих высокую жизненную емкость легких? При тяжелой физической работе, например при беге, вентиляция легких достигается за счет большой глубины дыхания. Человеку, у которого жизненная емкость легких небольшая да еще и дыхательные мышцы слабы, приходится дышать часто и поверхностно. Это приводит к тому, что свежий воздух остается преимущественно в воздухоносных путях и лишь небольшая часть его доходит до альвеол.



- \* Акт вдоха (инспирация) – процесс активный. Расширение грудной полости совершается дыхательными мышцами. Главная мышца – диафрагма. При её сокращении уплощается купол диафрагмы, что приводит к увеличению верхне-нижнего размера грудной полости. 70-100% вентиляции легких обеспечивается работой диафрагмальных мышц. При спокойном вдохе участвуют также межхрящевые участки межреберных мышц краниальных межреберий, а также наружные межреберные мышцы. При их сокращении поднимаются ребра, отходит грудина. Размеры грудной полости увеличиваются в переднезаднем и поперечном направлениях. При форсированном вдохе дополнительно включаются лестничная, грудино-ключично-сосцевидная, трапециевидная, большая и малая грудные мышцы, мышцы-разгибатели позвоночника.
- \* Акт выдоха (экспирация) в условиях покоя – процесс пассивный. Он происходит на фоне расслабления инспираторной мускулатуры за счёт эластической отдачи энергии, которая накопилась во время вдоха при растяжении эластических структур легких.
- \* При форсированном выдохе сокращаются внутренние межреберные мышцы, которые активно уменьшают объем грудной полости и тем самым повышают плевральное давление, т.е. создают в альвеолах более высокое давление, чем в атмосфере. Кроме того, сокращаются мышцы брюшной стенки – косая и прямая мышцы живота, межкостные части внутренних межреберных мышц, а также мышцы, сгибающие позвоночник.

# Экскурсия лёгких

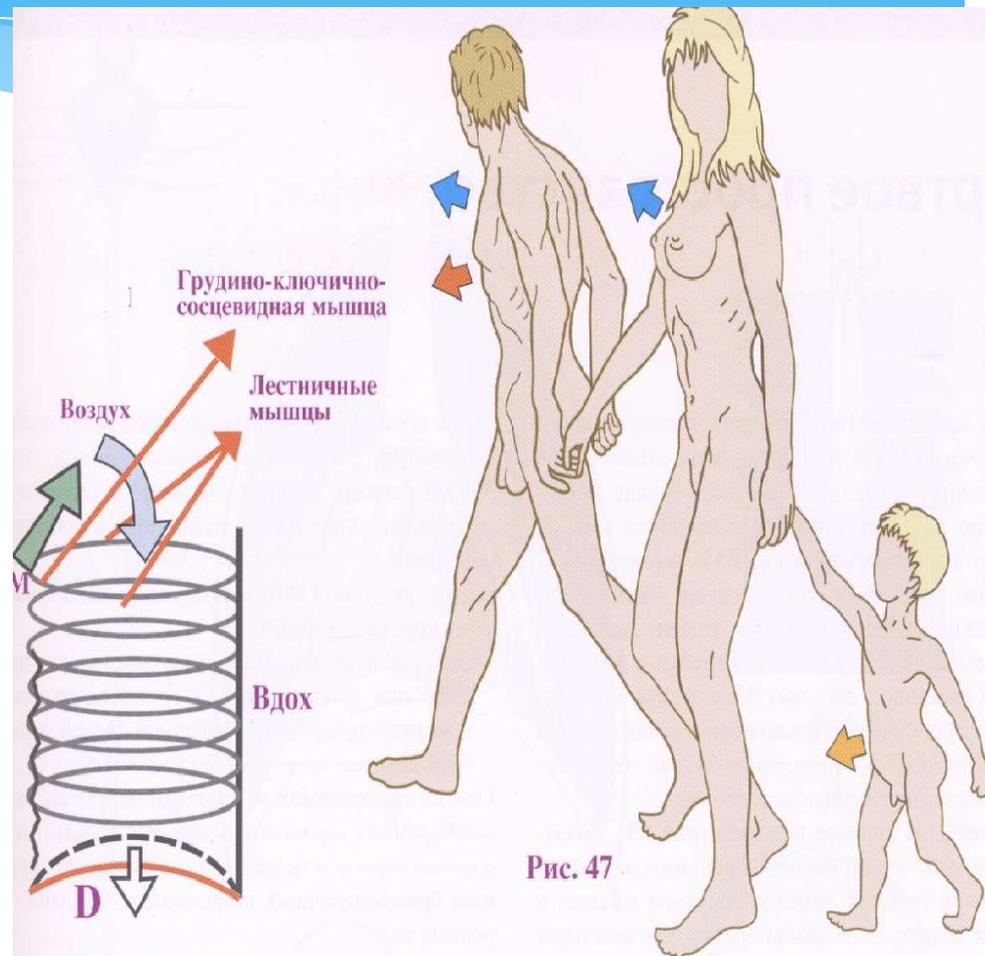




# Типы дыхания

Респираторная механика изменяется **в зависимости от пола и возраста (рис. 47)**.

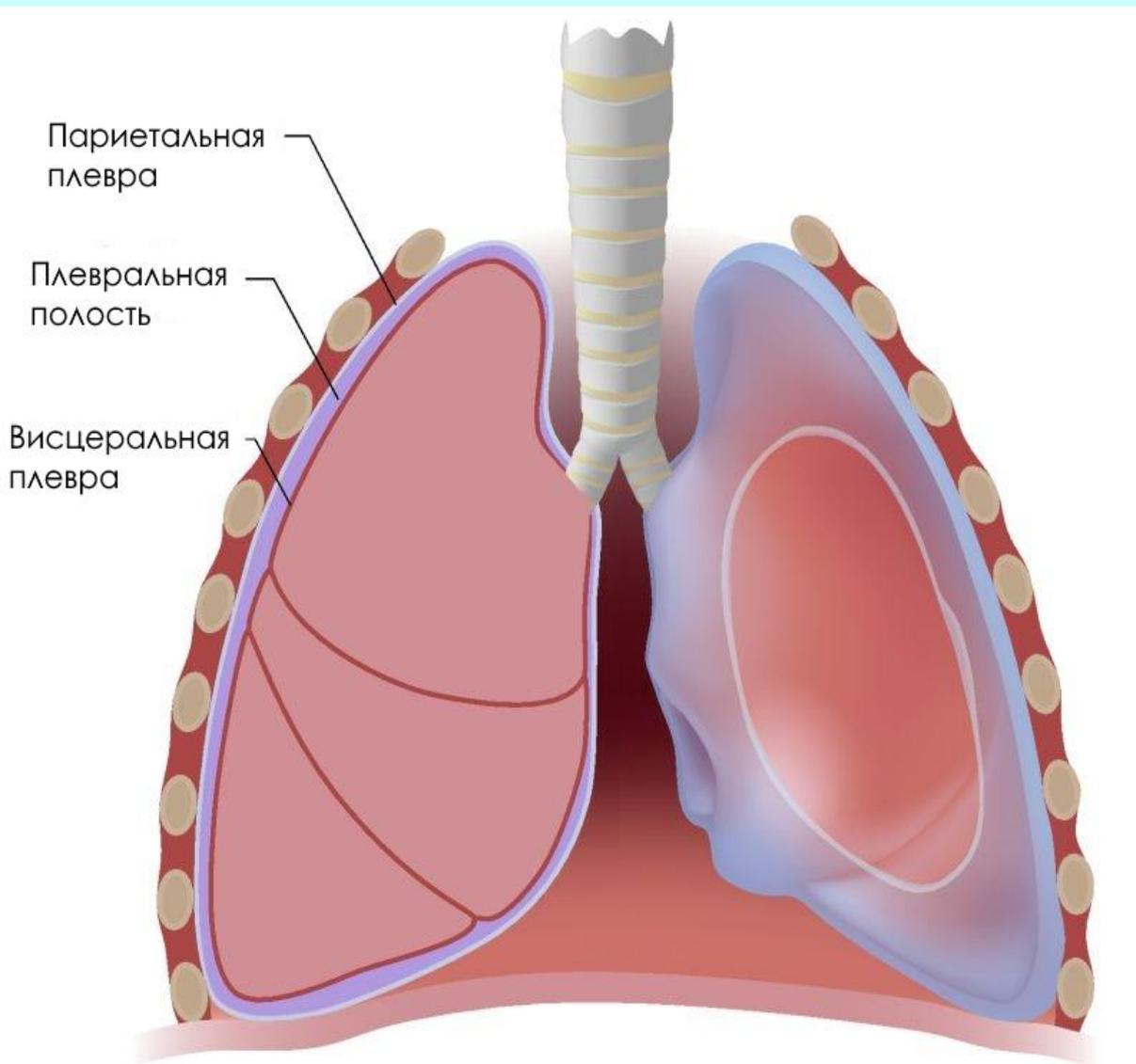
- \* • У **женщин** дыхание преимущественно верхнего грудного типа с максимальным объемом движения в верхней части грудной клетки, что увеличивает ее переднезадний размер.
- \* • У **мужчин** — смешанное, то есть верхнее и нижнее грудное.
- \* • У **детей** дыхание брюшное.
- \* • У **пожилых людей** дыхание значительно нарушается из-за увеличения грудного кифоза



# Кровоснабжение легкого

- **Васкуляризация** легкого осуществляется по двум системам сосудов – **легочной** и **бронхиальной**.
- Ветви **легочной артерии** образуют капиллярную сеть альвеол. В альвеолярных капиллярах эритроциты располагаются в один ряд, что создает оптимальные условия для **газообмена** между гемоглобином эритроцитов и альвеолярным воздухом. Альвеолярные капилляры собираются в посткапиллярные венулы, формирующие систему легочной вены, по которой обогащенная кислородом кровь вращается в сердце.
- **Бронхиальные артерии**, составляющие вторую, истинно артериальную систему, отходят от аорты, питают бронхи и легочную паренхиму артериальной кровью. Посткапиллярные венулы, отходящие от бронхов, объединяются в мелкие вены, которые дают начало передним и задним бронхиальным венам.
- На уровне мелких бронхов располагаются **артериоловенулярные анастомозы** между бронхиальными и легочными артериальными системами.

# Плевральные оболочки и полость



## 2 листка:

- **висцеральный:**  
плотно срастается с  
тканью органа
- **париетальный:**  
реберная, медиальная и  
диафрагмальная плевра

**Плевральная  
полость** заполнена  
серозной жидкостью

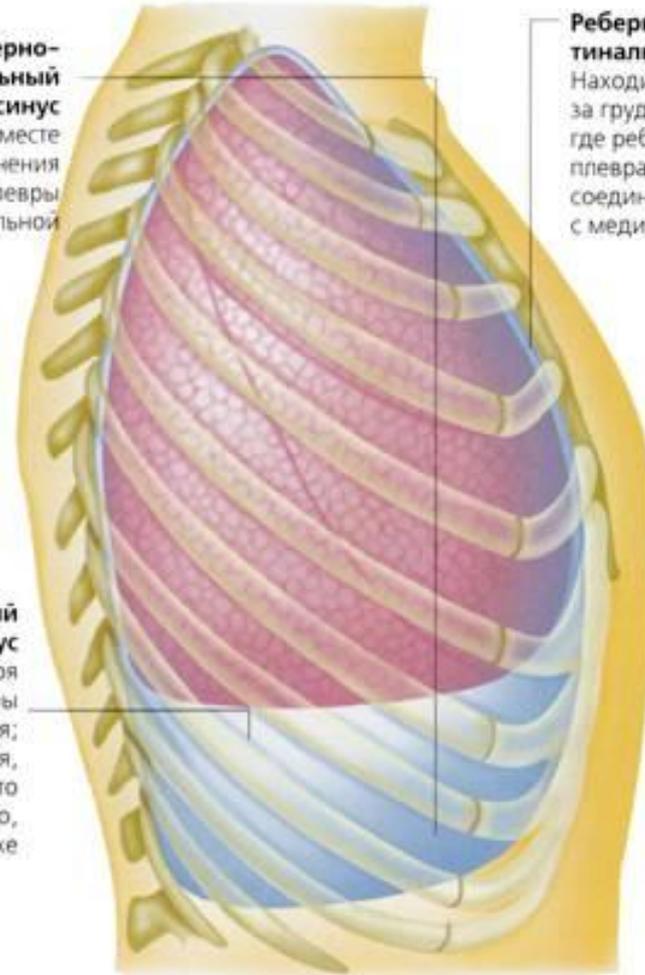
# Плевральные синусы

При спокойном дыхании легкие не заполняют всю плевральную полость. Остаются пространства, куда вытесняется плевральная жидкость. Они называются **плевральными синусами** – там имеются пустоты, и пристеночная плевра контактирует сама с собой, а не с висцеральной. Легкие расширяются настолько, чтобы занять пространство синусов, только при очень **глубоком вдохе**, когда их объем становится **максимальным**.

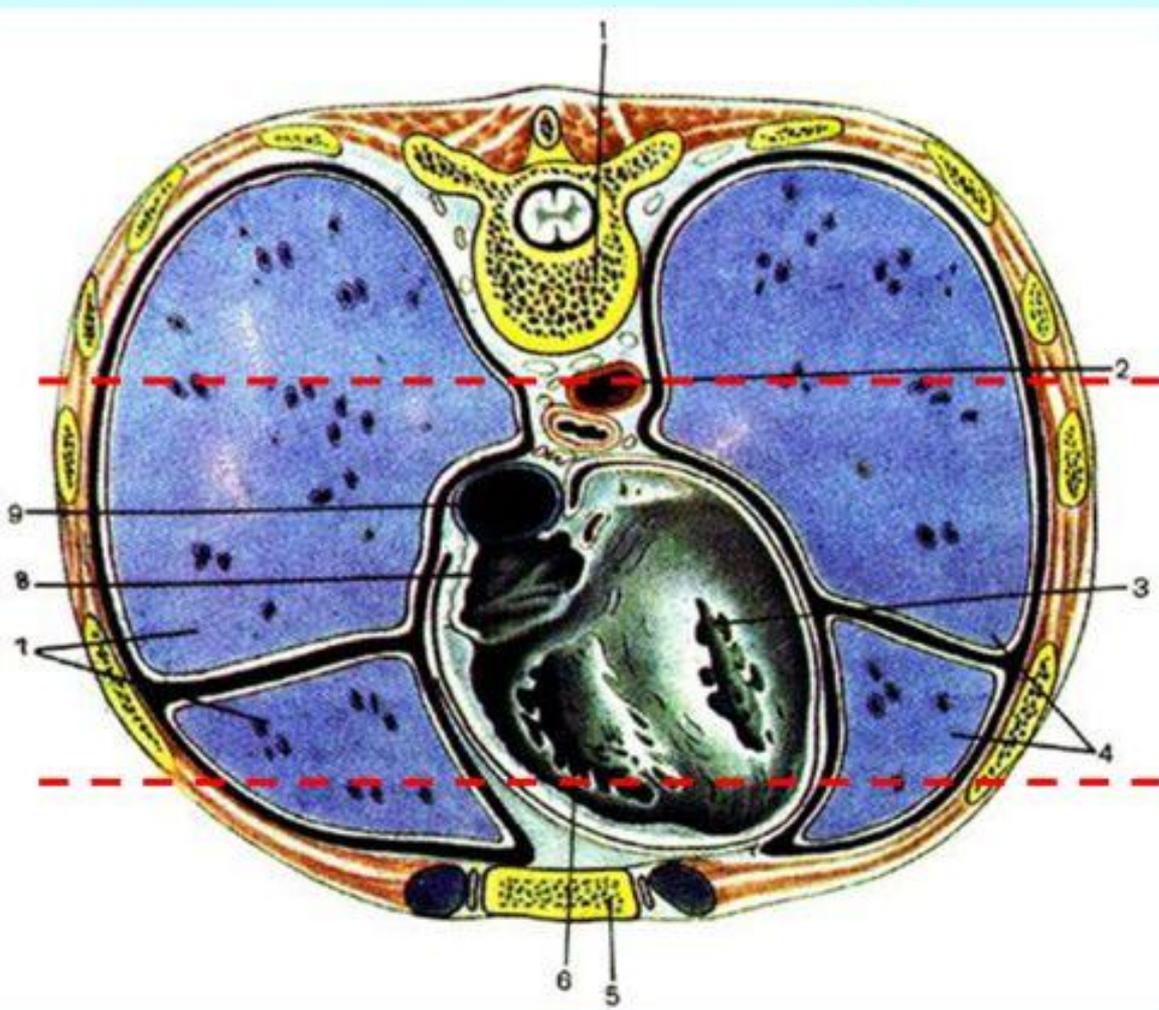
**Реберно-диафрагмальный синус**  
Находится в месте соединения реберной плевры с диафрагмальной

**Реберно-медиастинальный синус**  
Находится за грудиной, где реберная плевра соединяется с медиастинальной

**Плевральный синус**  
Здесь два слоя пристеночной плевры соприкасаются; легкое расширяется, заполняя это пространство, при вдохе



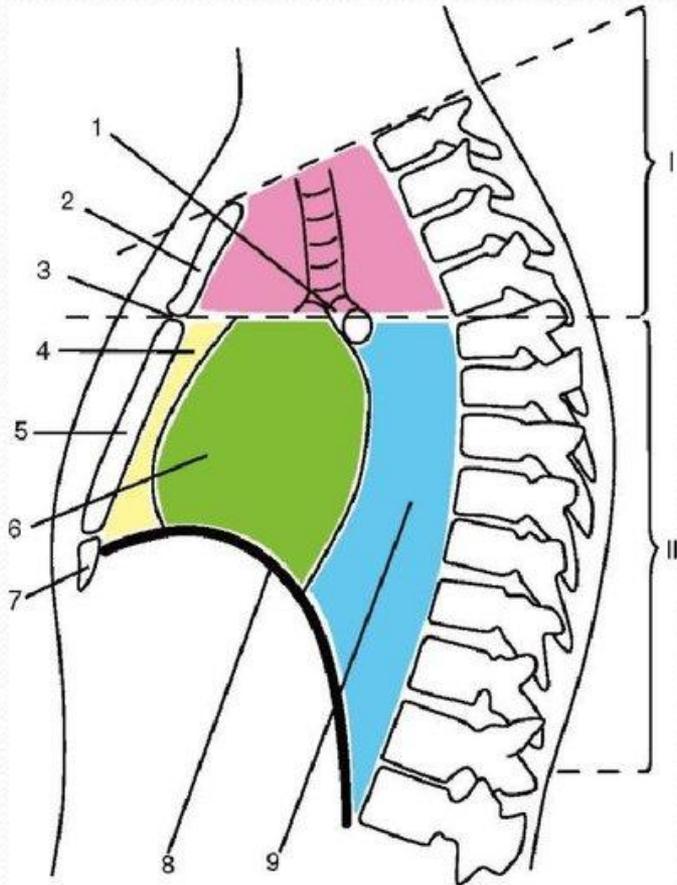
**Средостенье** — комплекс органов, расположенных между правой и левой



**2 отдела:**

- *верхнее средостенье:*
- *нижнее средостенье:*  
переднее, среднее, заднее

## Средостение, mediastinum

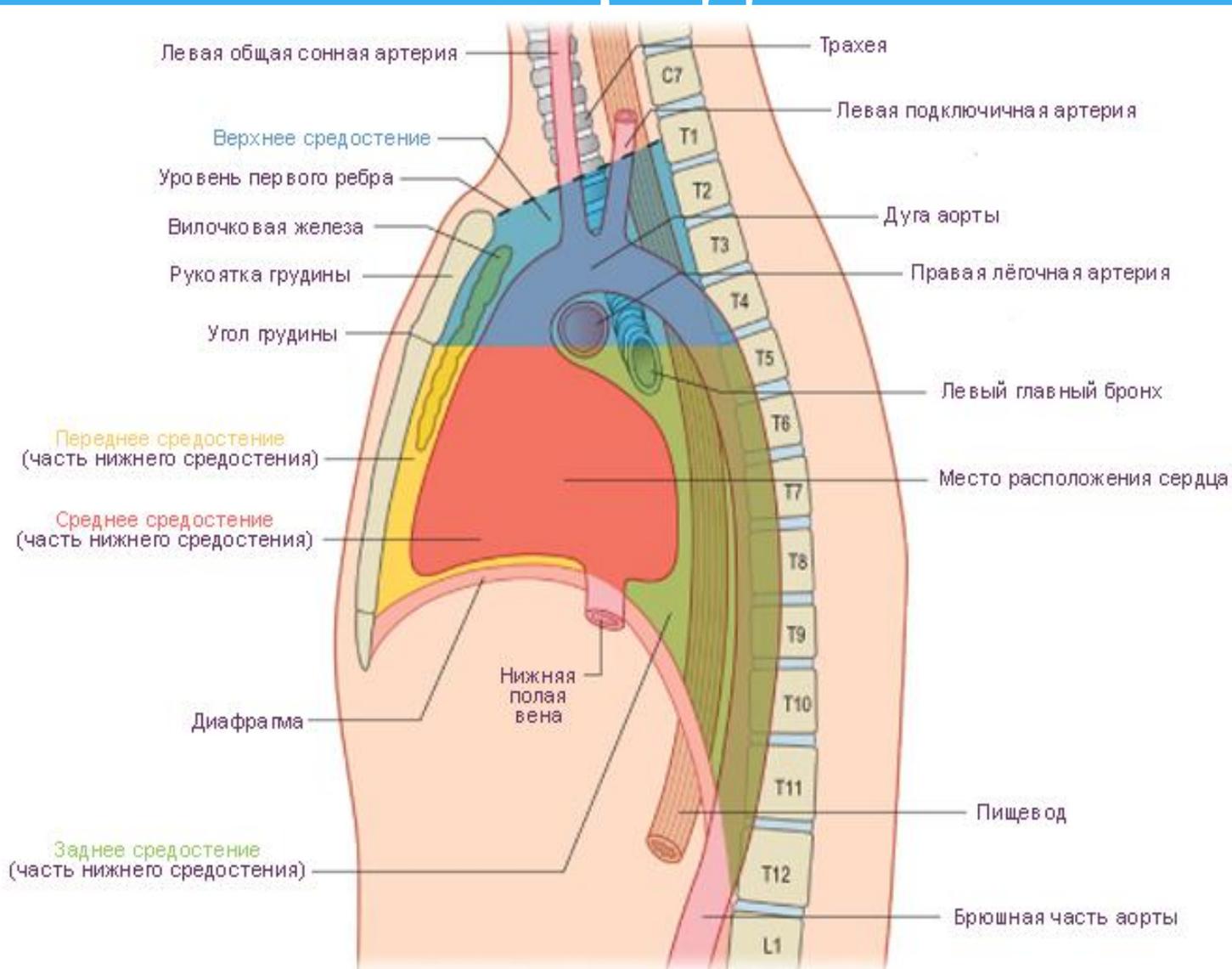


Это заполненное органами пространство между правой и левой плевральными полостями. Средостение и его отделы (схема):

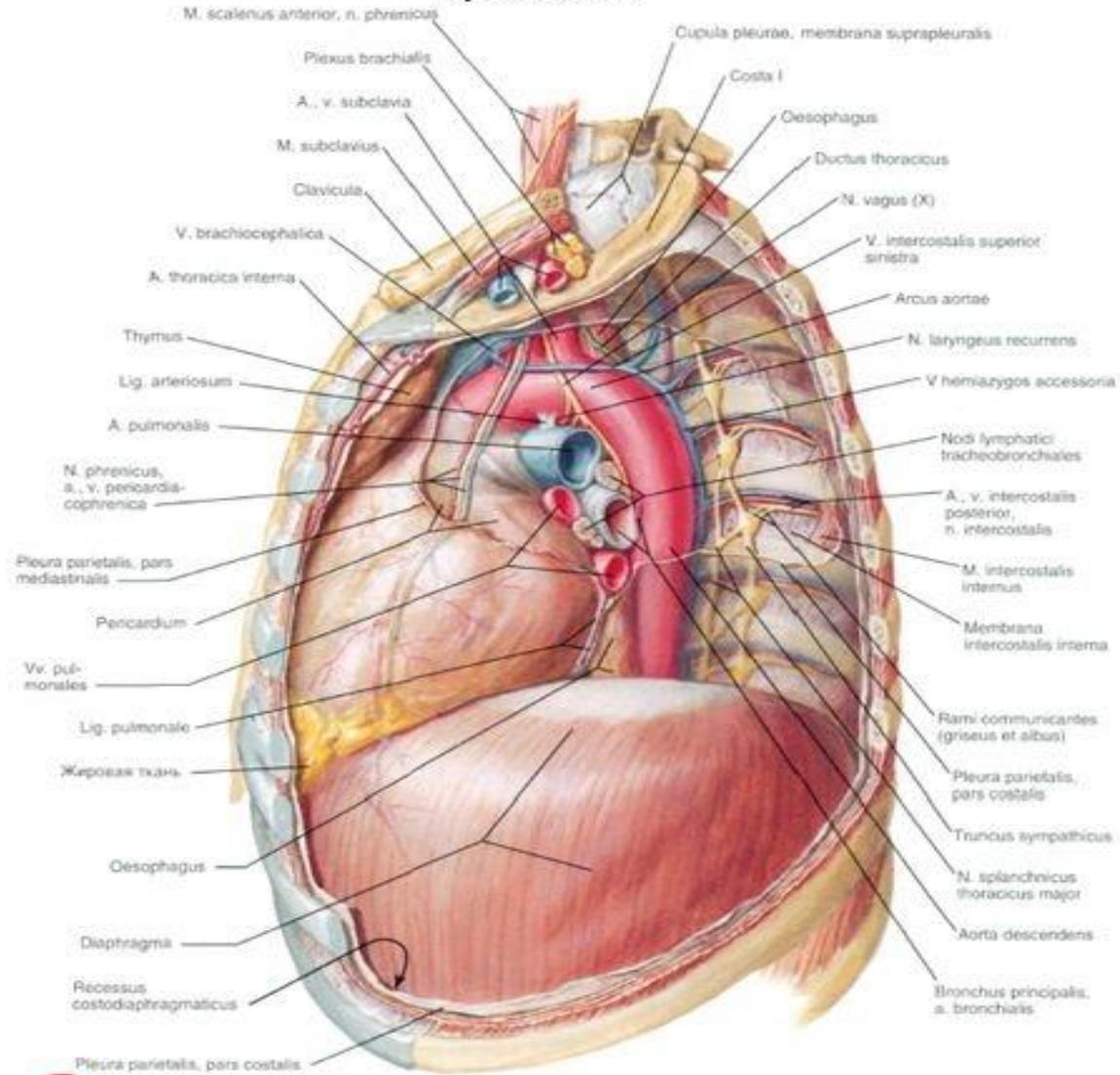
I - верхнее средостение;  
II - нижнее средостение;  
4 - переднее средостение;  
6 - среднее средостение;  
9 - заднее средостение.

Все органы средостения окружены рыхлой жировой клетчаткой.

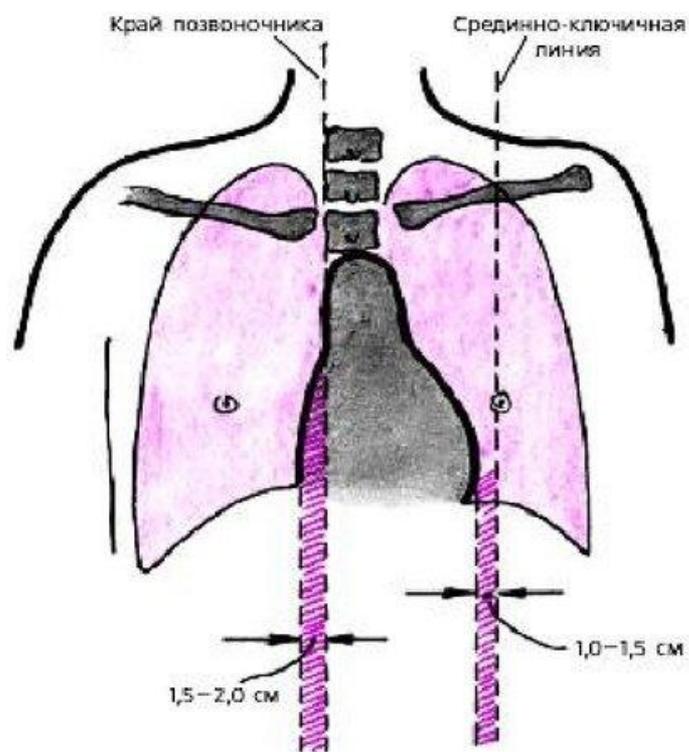
# Схема средостения



# Средостение

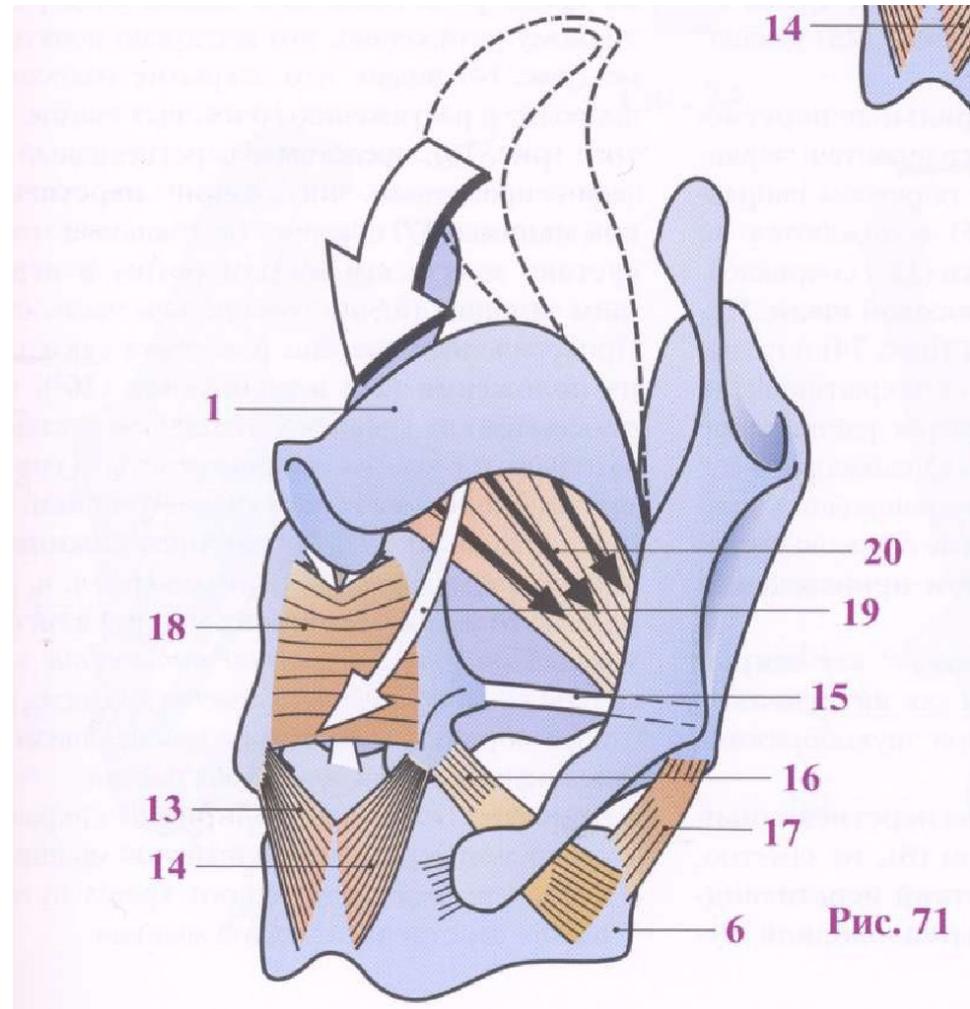


# Нормальное положение органов средостения



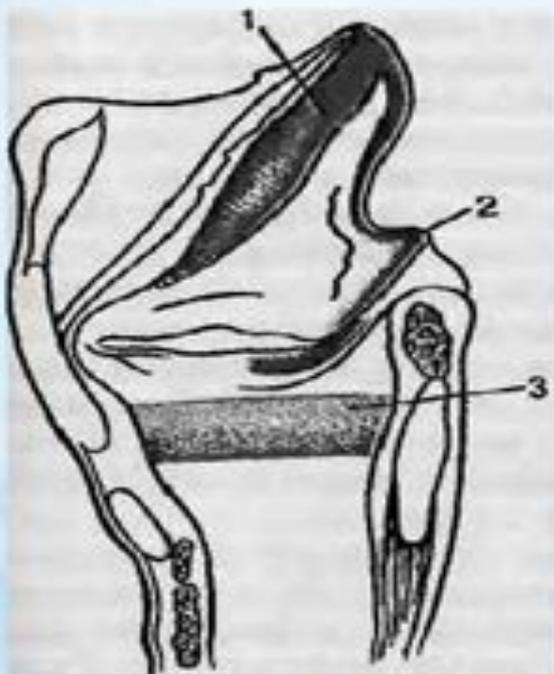
# защита дыхательных путей во время глотания

- надгортанник наклоняется вниз и назад к рожковидным хрящам **черпалонадгортанной мышцей (19)** и нижней щитовидно – черпаловидной мышцей (20). Твердая и жидкая пища, следовательно, **скользит по передневерхней поверхности надгортанника**, проходя вниз по глотке и **входу в пищевод** (не показан на рисунке), находящийся



При раздражении рефлексогенных зон рефлекторно  
возникает кашель

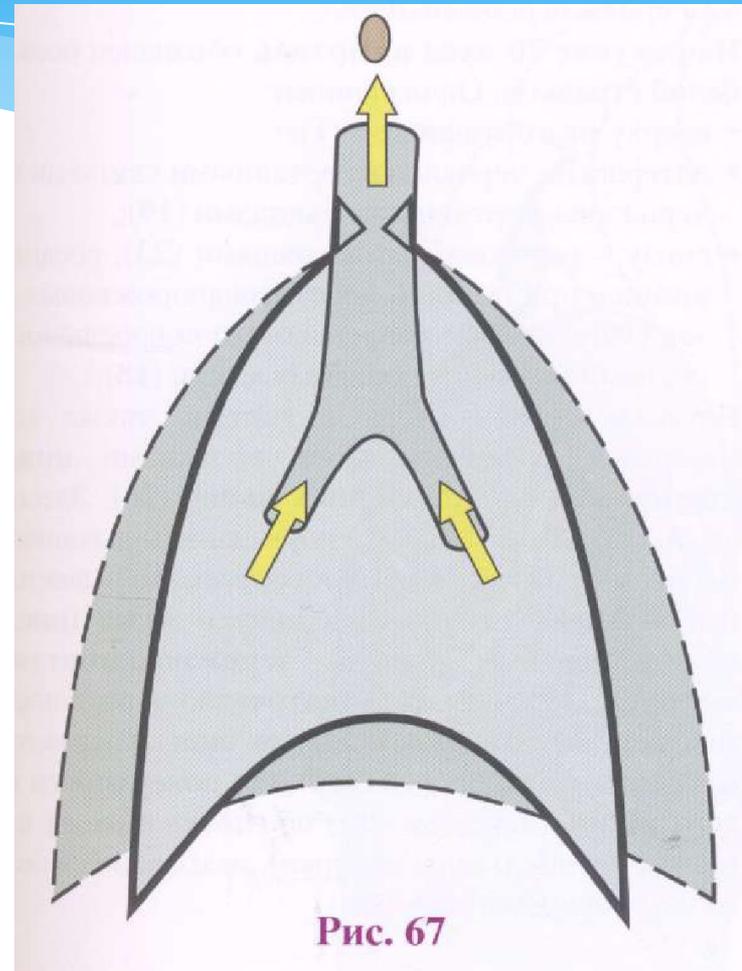
## \* Защитная функция



Гортань и трахея, являясь частью дыхательного тракта, выполняют, с одной стороны, роль барьера, препятствующего попаданию инородных тел в нижележащие дыхательные пути, с другой — органов, способствующих увлажнению, согреванию и очищению вдыхаемого воздуха. Механизм защитной функции связан с наличием трех рефлексогенных зон слизистой оболочки гортани. Первая из них расположена вокруг входа в гортань (гортанная поверхность надгортанника, слизистая оболочка черпалонадгортанных складок), вторая занимает переднюю поверхность черпаловидных хрящей (от их вершины до основания) и продолжается на голосовые складки, третья расположена в подголосовом пространстве на внутренней поверхности перстневидного хряща

# Механизм кашля.

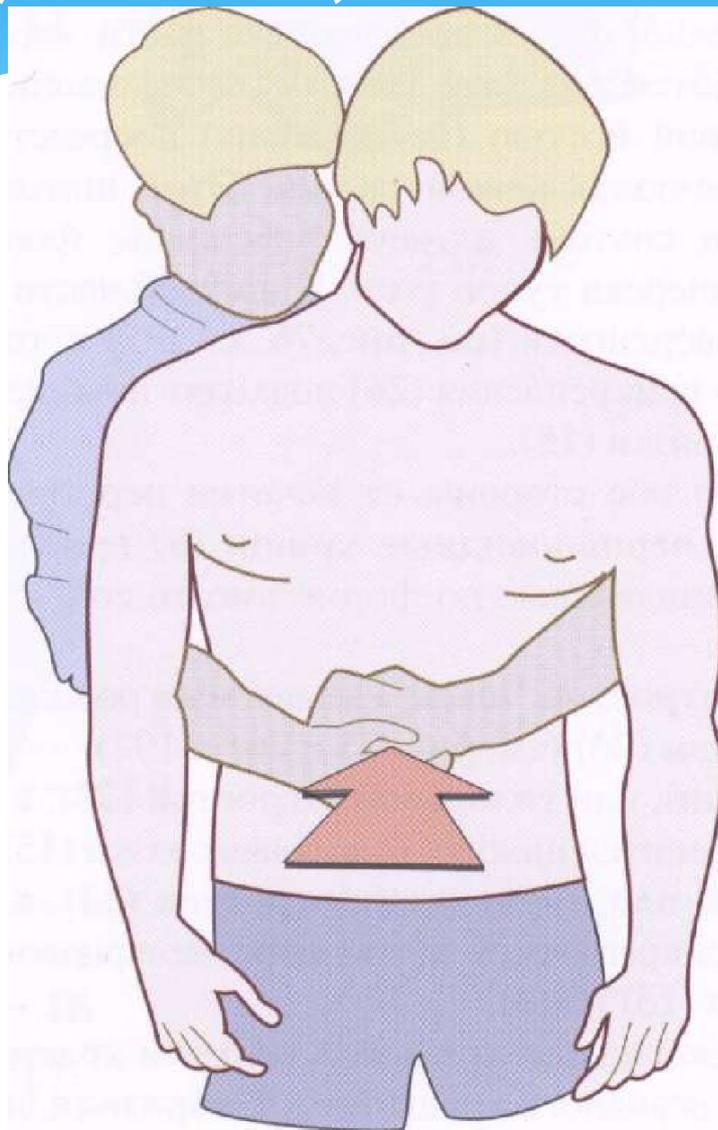
- \* По мере прохождения через дыхательные пути воздух **фильтруется, увлажняется и подогревается** носоглоткой. Теоретически во время вхождения в трахею или бронхи он должен быть **свободен от взвешенных частиц**. Однако если из-за какой-то случайности **чужеродные частицы** достигают бронха, включается эффективный механизм **кашля**.
- \* Более того, кашель включает в себя выведение **секрета слизистых желез через бронхи**, которые связывают тонкие частицы, что обусловлено постоянным **движением ресничек эпителия дыхательных путей**, активность которого *снижается при курении*.



Механизм кашля включает в себя три фазы:

- **I фаза** Происходит глубокий вдох, можно сказать подготовительный, при котором в бронхи и альвеолы входит наибольшая часть **резервного объема** вдоха. Осложнением этого глубокого вдоха может быть инспирация в бронхиолы чужеродной частицы, проскочившей через голосовую щель.
  - **II фаза : фаза давления**, которая состоит из закрытия входа в гортань и сильного сокращения межреберных мышц и дополнительных мышц выдоха, особенно брюшных. Во время этой фазы происходит резкое повышение внутригрудного давления.
  - **III фаза : фаза выведения**. В то время, пока дополнительные мышцы выдоха в тонусе, резко открывается вход в гортань, освобождая сильный поток воздуха, покидающего бронхиальное дерево. Это выносит чужеродные частицы и слизистый секрет в глотку, откуда они откашливаются далее.
- Следовательно, **эффективность кашля** зависит от: вовлечения **брюшных мышц**. Кашель неэффективен или отсутствует, например, при полиомиелите с параличом брюшных мышц или после операции на брюшной полости, когда любое сокращение этих мышц очень болезненно;
- функции **закрывания входа в гортань**, требующей вовлечения **всей гортани** и ее **нервного контроля**.

## Способ Хаймлиха (Heimlich)



- \* Бывают моменты, когда **кашель невозможен**, например, когда **человек вдохнул довольно крупное инородное тело**. Это происходит, когда взрослый человек попытался проглотить плохо прожеванное мясо, и оно попадает «не в то горло». Тогда инородное тело сталкивается с защитным механизмом дыхательных путей и попадает в трахею. Дети могут вдохнуть конфету.

# Первая помощь при аспирации

- \* Поэтому надо знать приемы спасения человека в подобной ситуации:
  - перевернуть ребенка, если он не очень большой, верх ногами и, держа за ноги, трясти. Обычно таким образом конфета вылетает из дыхательных путей;
  - сильно постучать по спине взрослого человека, но если после пяти ударов результат нулевой, то нужно переходить к более серьезным мерам;
  - **прием Хаймлиха** хорошо известен в «Скорой помощи» и заключается в том, что нужно сильно сдавить область эпигастрия пострадавшего, находясь сзади от него;
  - этот способ может применить и сам пострадавший, если он один, сдавливая эпигастрий спинкой стула.



Здоровое легкое



Легкое курящего человека

***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!***  MyShared