



ФГБОУ ВО РязГМУ им.акад. И. П. Павлова  
Министерства здравоохранения Российской Федерации.  
Кафедра факультетской хирургии с курсом анестезиологии и  
реаниматологии.

# Физиология и патофизиология дыхания

Подготовила:  
студентка 6 курса 29 группы  
лечебного факультета  
А. В. Ежова

Рязань 2020

Совокупность процессов, обеспечивающих поступление во внутреннюю среду организма кислорода, использование его для окислительных процессов, и удаление из организма углекислого газа. Он складывается из:

- обмена между атмосферным воздухом и альвеолами — **легочная вентиляция;**
- обмена между альвеолами и кровью — **легочная диффузия;**
- переноса между легочными и системными капиллярами (к тканям и обратно) — **транспорт кровью;**
- обмена между системными капиллярами и клетками — **тканевая диффузия.**

Первые две стадии - **внешнее дыхание**, последние две — **внутренним дыханием**. Потребление клетками  $O_2$  и выделение  $CO_2$  — **клеточное дыхание**.

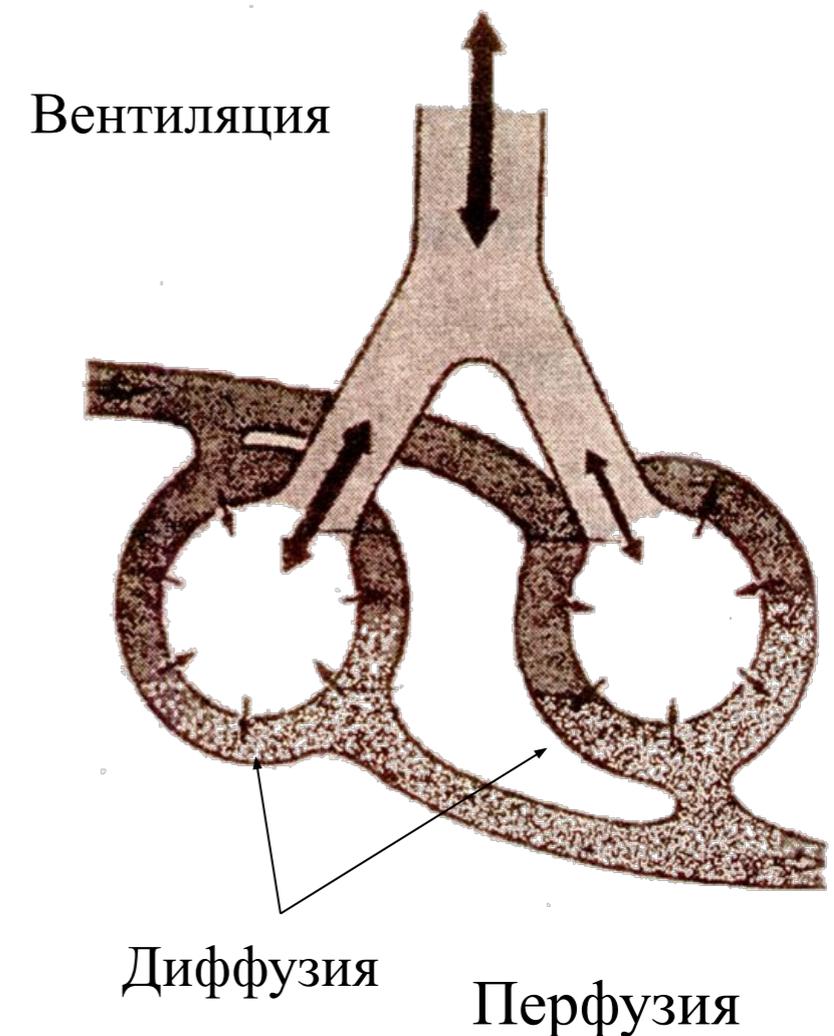
# Внешнее дыхание - это обмен газов между внешней средой и альвеолами

Внешнее дыхание – это совокупность процессов, происходящих в легких и обеспечивающих нормальное содержание в крови  $O_2$  и  $CO_2$

В легких происходит 3 основных процесса:

- вентиляция
- диффузия
- перфузия

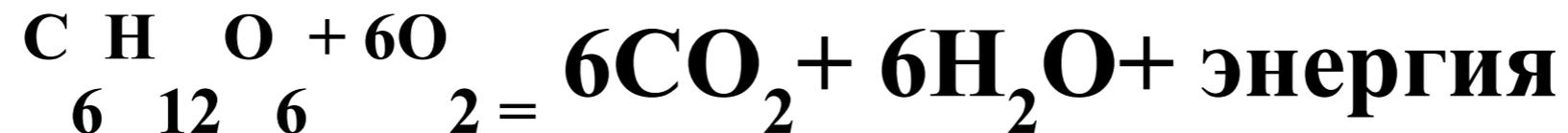
Чередование дыхательных движений (вдоха и выдоха) называется дыхательным циклом (соотношение 1:1,2).



# Главная функция легких - газообмен

## 1. Аэробный метаболизм

Для глюкозы, основного источника энергии клетки, суммарное уравнение превращений таково:



Образовавшаяся энергия (1200 кДж/моль глюкозы) аккумулируется в третьей фосфатной связи при присоединении фосфата к аденозиндифосфату (АДФ): При окислении одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ.

# Дыхательный коэффициент

**Отношение количества выделенного углекислого газа к количеству поглощенного кислорода.**

$$ДК = \frac{CO_2}{O_2}$$

Зависит от того, какие вещества окисляются:

Б 0,8

Ж 0,7

У 1,0

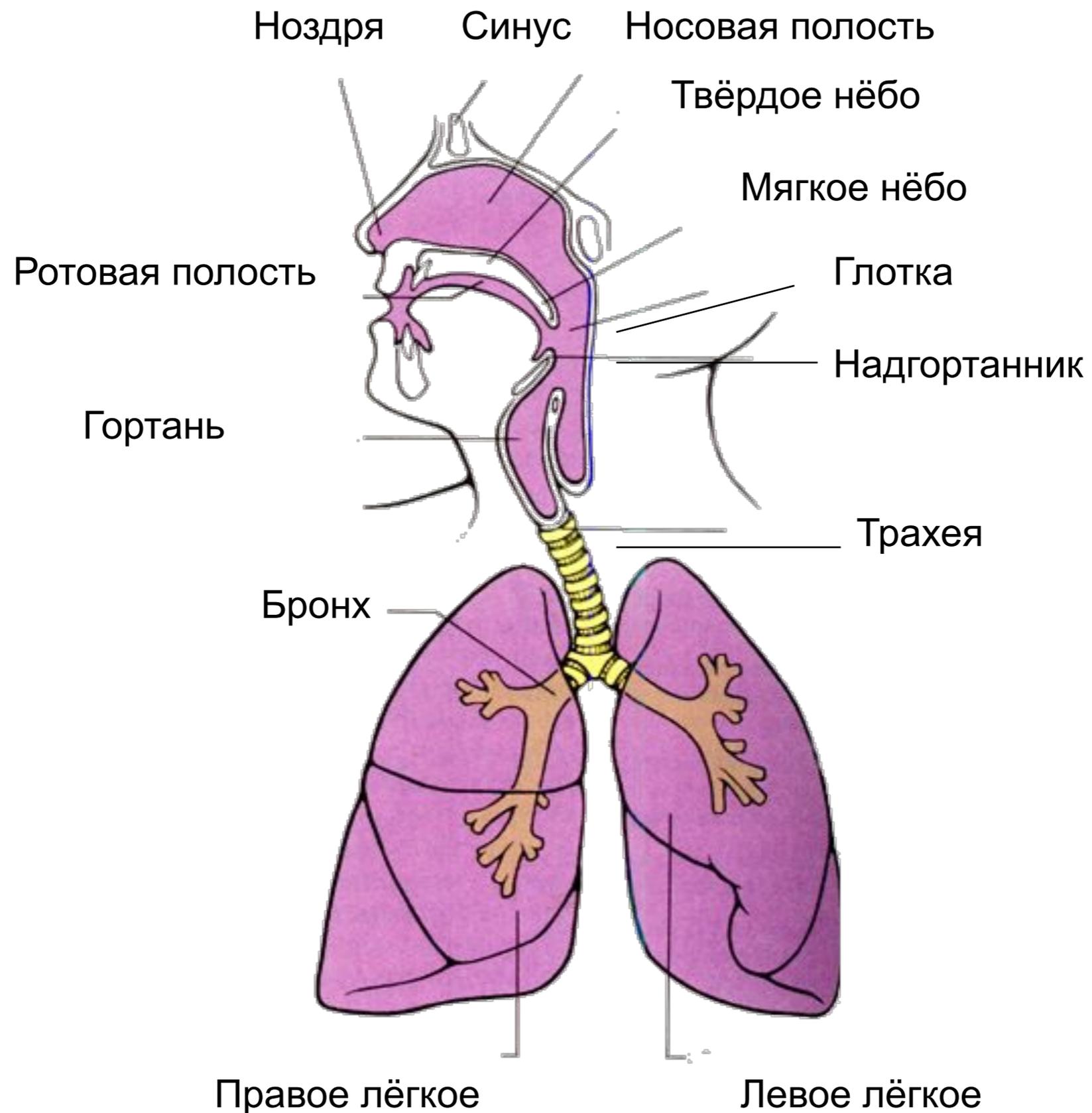
## 2. Анаэробный

## метаболизм

При анаэробном метаболизме, в отличие от аэробного, образуется очень небольшое количество АТФ. В отсутствие кислорода АТФ может синтезироваться только при превращении пирувата в молочную кислоту. В ходе анаэробного метаболизма при окислении каждой молекулы глюкозы образуются две молекулы АТФ (в отличие от 38 молекул АТФ при аэробном распаде). Образовавшаяся энергия равна 61 кДж.

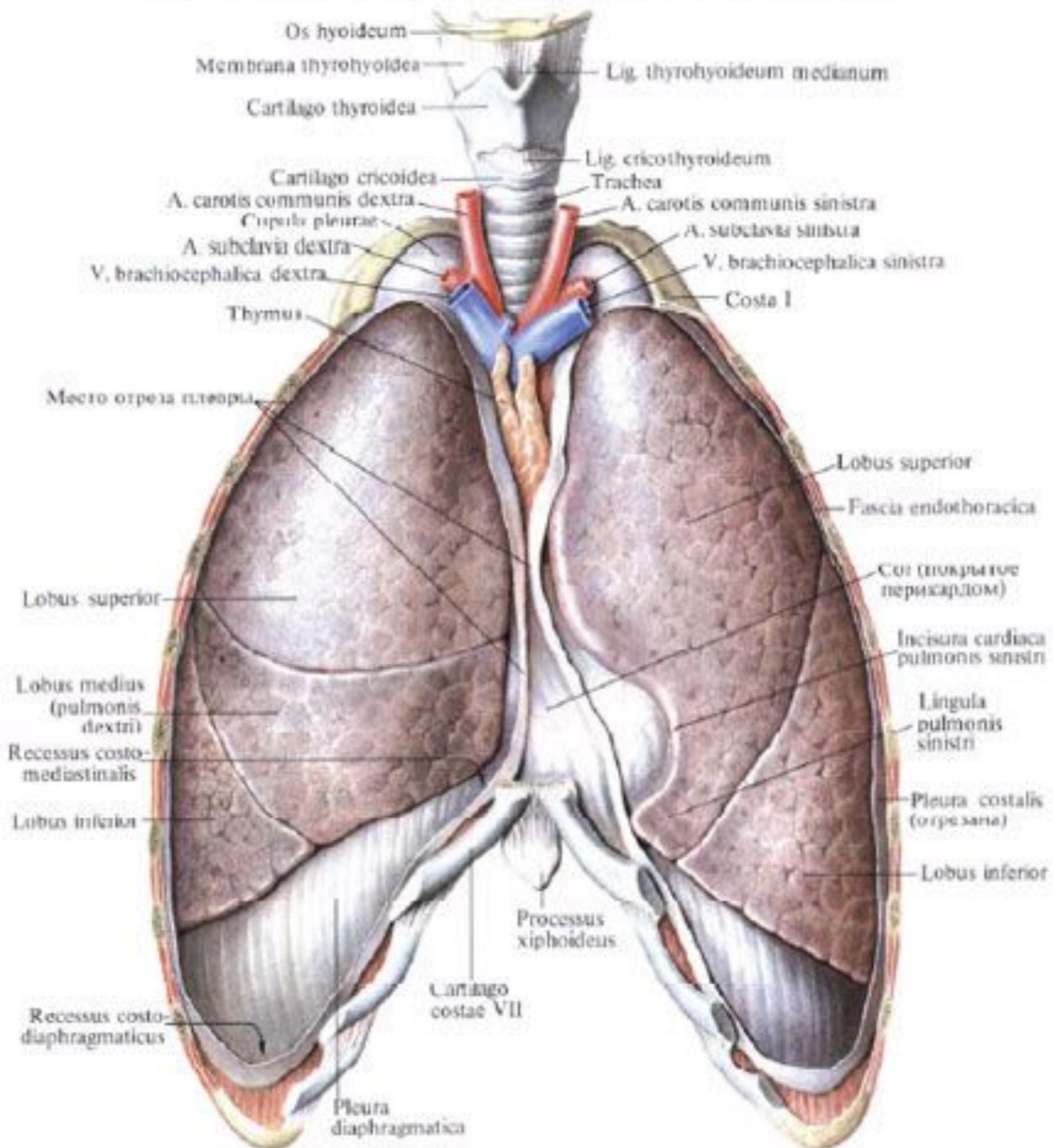
# Структура аппарата внешнего дыхания

1. Воздухоносные пути (полость носа, гортань, трахея, бронхи, бронхиолы) и альвеолы легких;
2. Костно-мышечный каркас грудной клетки и плевра;
3. Малый круг кровообращения;
4. Нейрогуморальный аппарат регуляции.

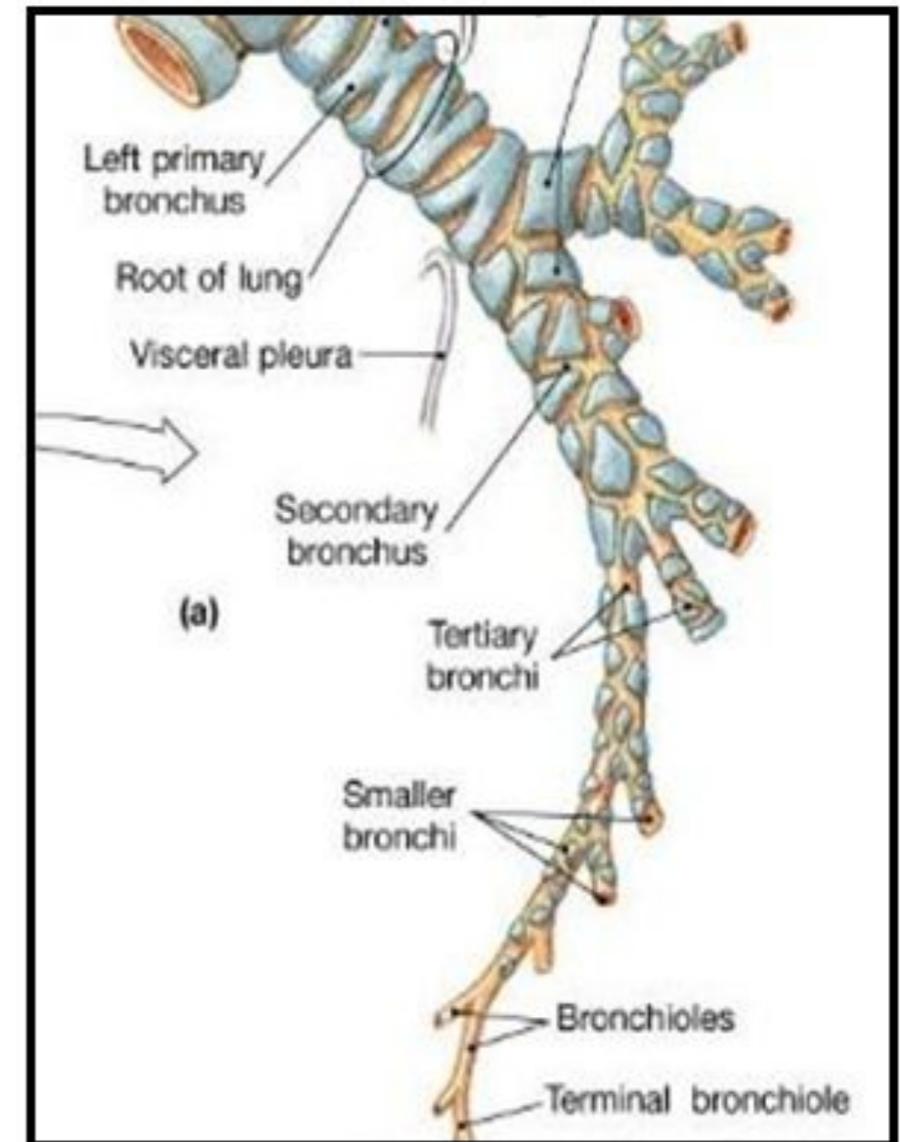
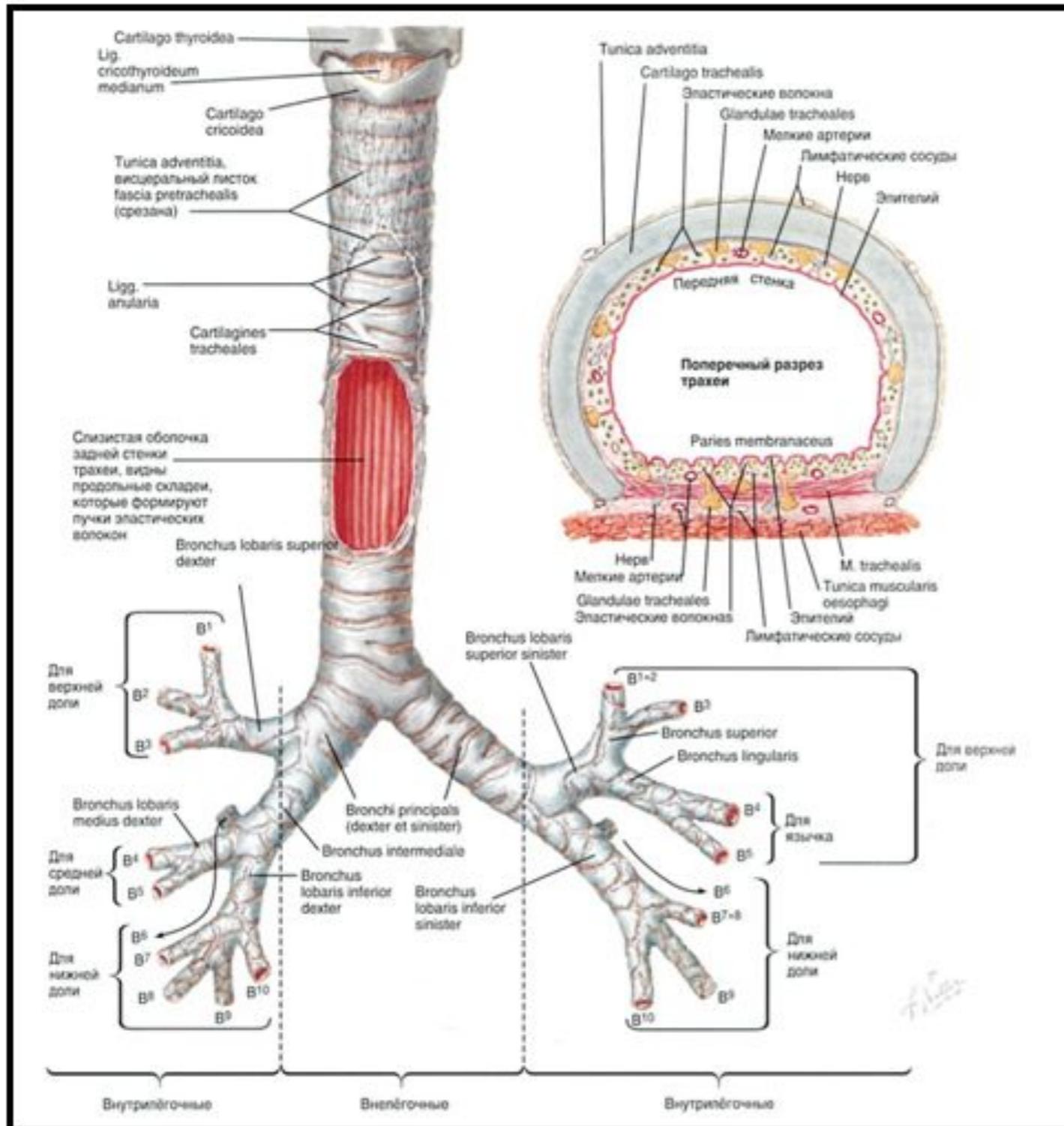


Органы дыхания подразделяются на **воздухоносные пути** (*верхние и нижние*) и **дыхательную** (респираторную) **зону**

**Легкие, pulmones, вид спереди  
(переднебоковые стенки грудной стенки удалены)**



# Строение трахеобронхиального дерева

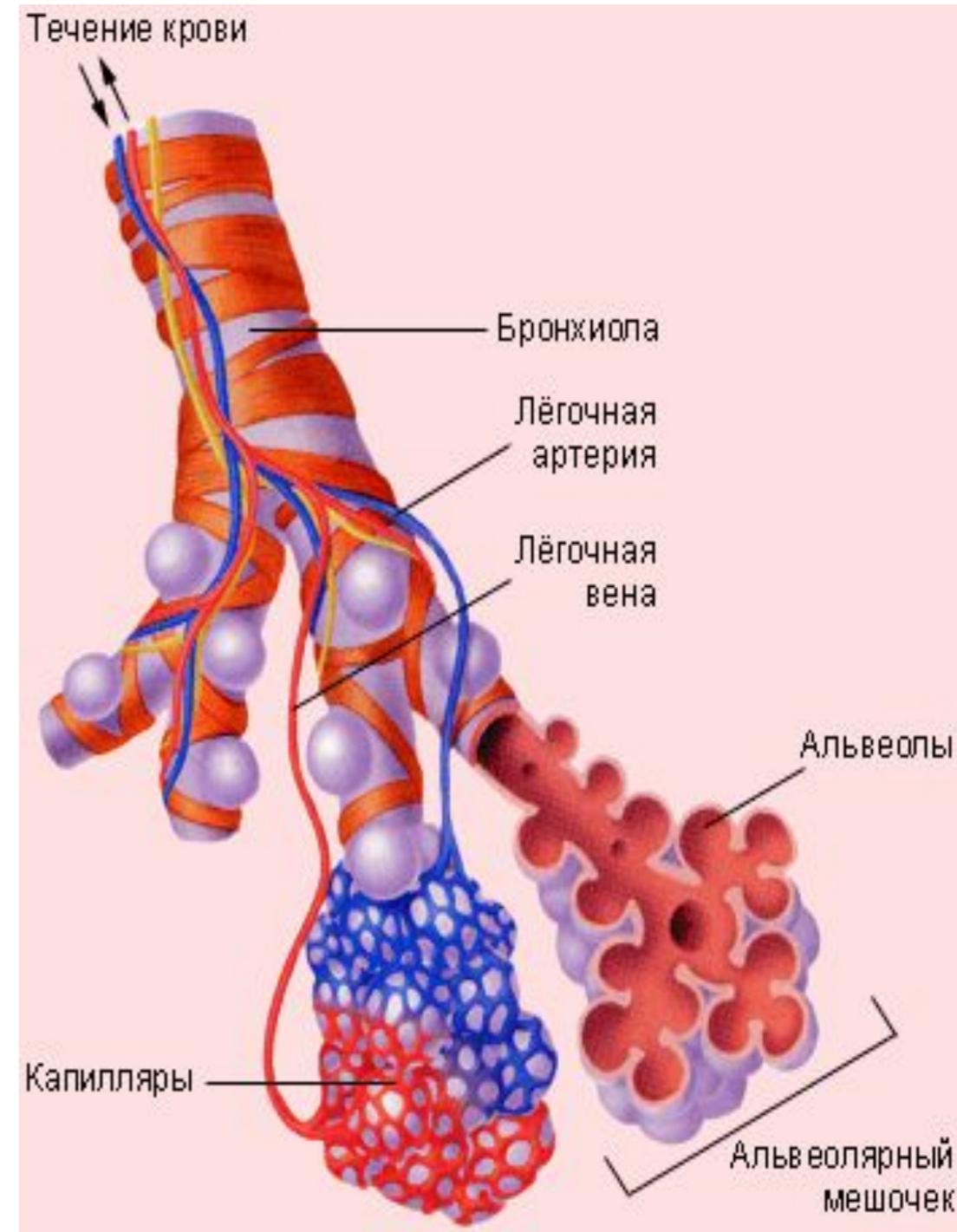


Главные бронхи делятся на долевые и сегментарные ветви. Сегментарные бронхи делятся несколько раз до диаметра 1 мм, переходят в бронхиолы, утрачивая хрящевую структуру.

# Ацинус

У взрослого 150 000 ацинусов **суммарная площадь 80 м<sup>2</sup>**

Легочный ацинус — это функциональная единица легких, вентилируемая конечной бронхиолой, от которой отходят дыхательные бронхиолы, образующие альвеолярные каналы или альвеолярные ходы. В конце каждого альвеолярного канала находятся альвеолы.



## Кровообращение в легких. Малый круг кровообращения.

V.

Малый круг кровообращения начинается

в правом желудочке сердца, из которого кровь выходит в легочный ствол. Затем кровь поступает в сосудистую систему легких, разделяющийся на правую и левую легочные артерии.

Легочные артерии разветвляются в легких соответственно ветвлению бронхов на артерии, переходящие в капилляры.

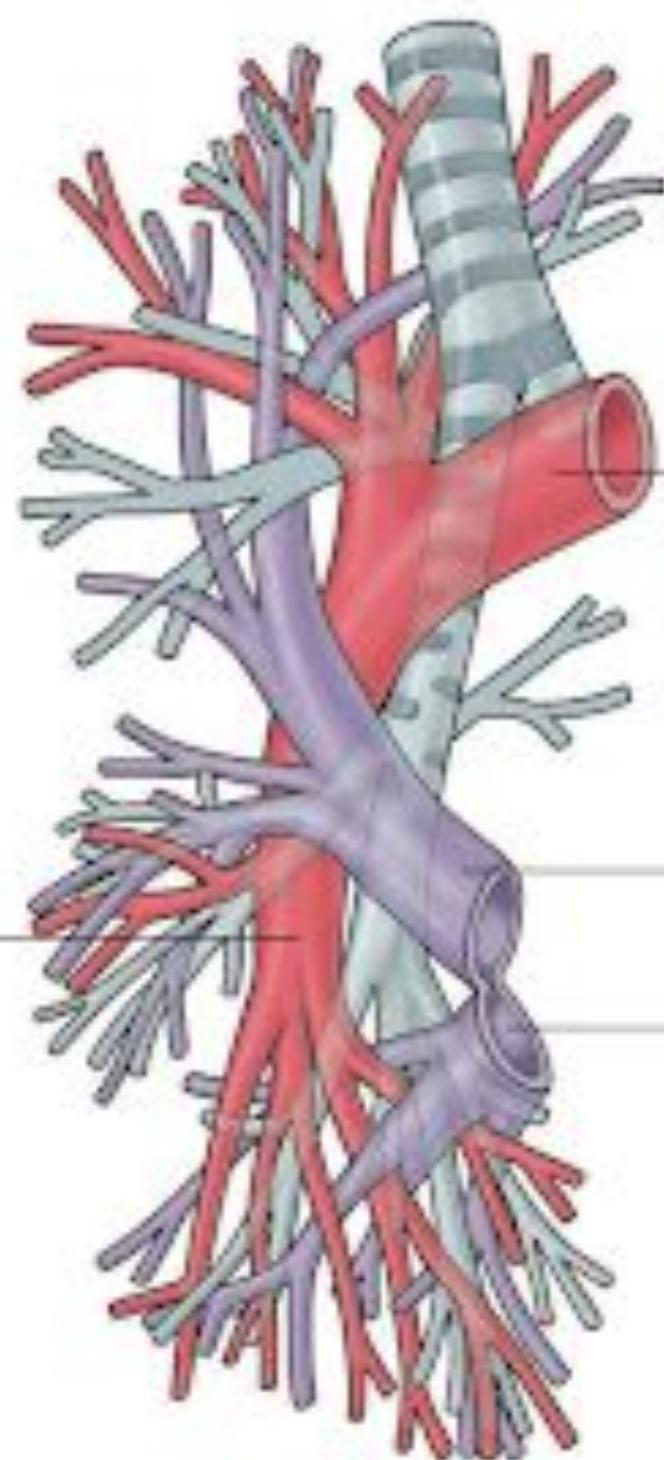
C.

В капиллярных сетях, оплетающих альвеолы, кровь отдает  $CO_2$  и обогащается  $O_2$ .

a.

Из легких артериальная кровь оттекает по четырем крупным легочным венам (по две с каждой стороны) к левому предсердию, где и заканчивается малый круг кровообращения.

**Затем, артериальная кровь поступает в левый желудочек сердца.**



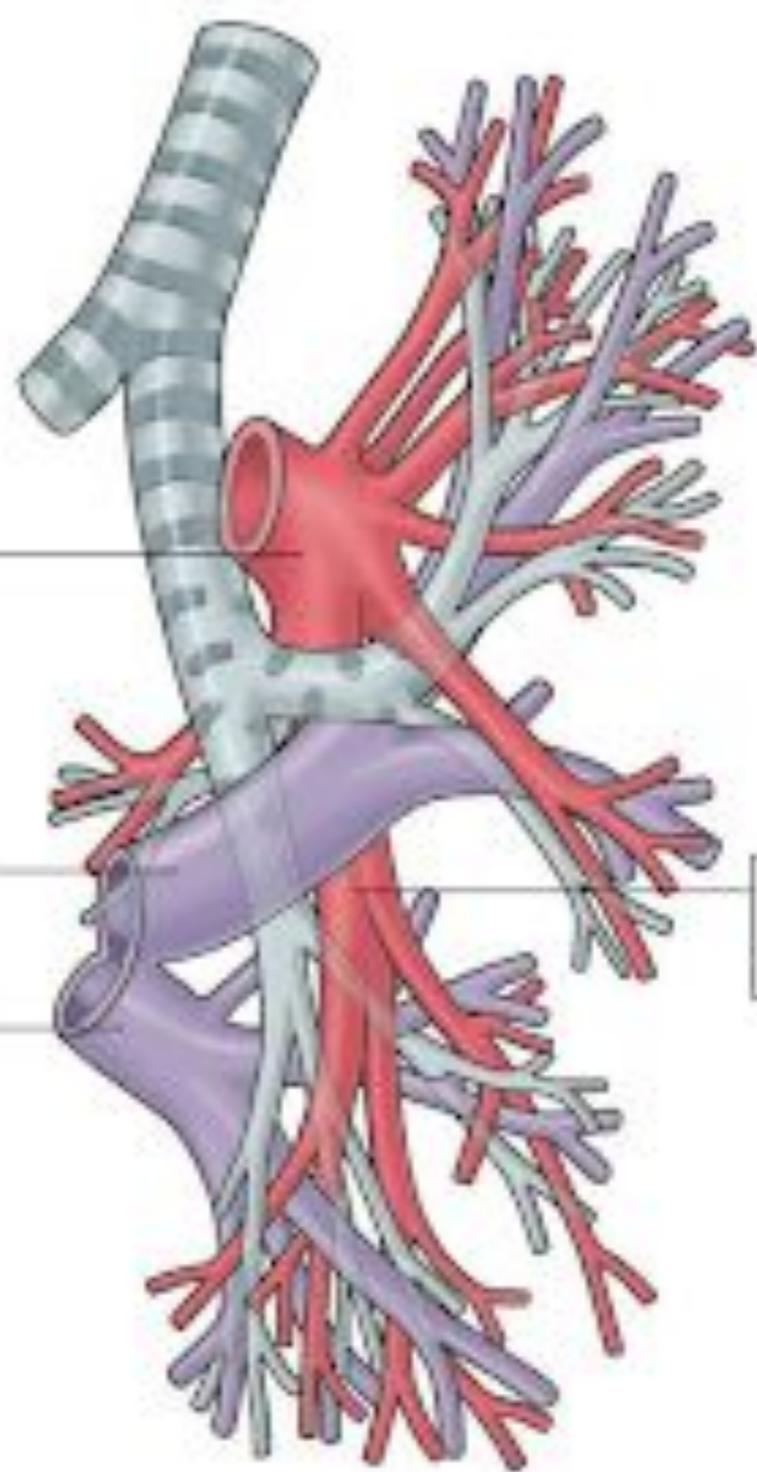
Правая легочная  
артерия

Левая легочная  
артерия

Верхние легочные  
вены

Нижние легочные  
вены

Нижнедолевая  
легочная артерия



Нижнедолевая  
легочная артерия

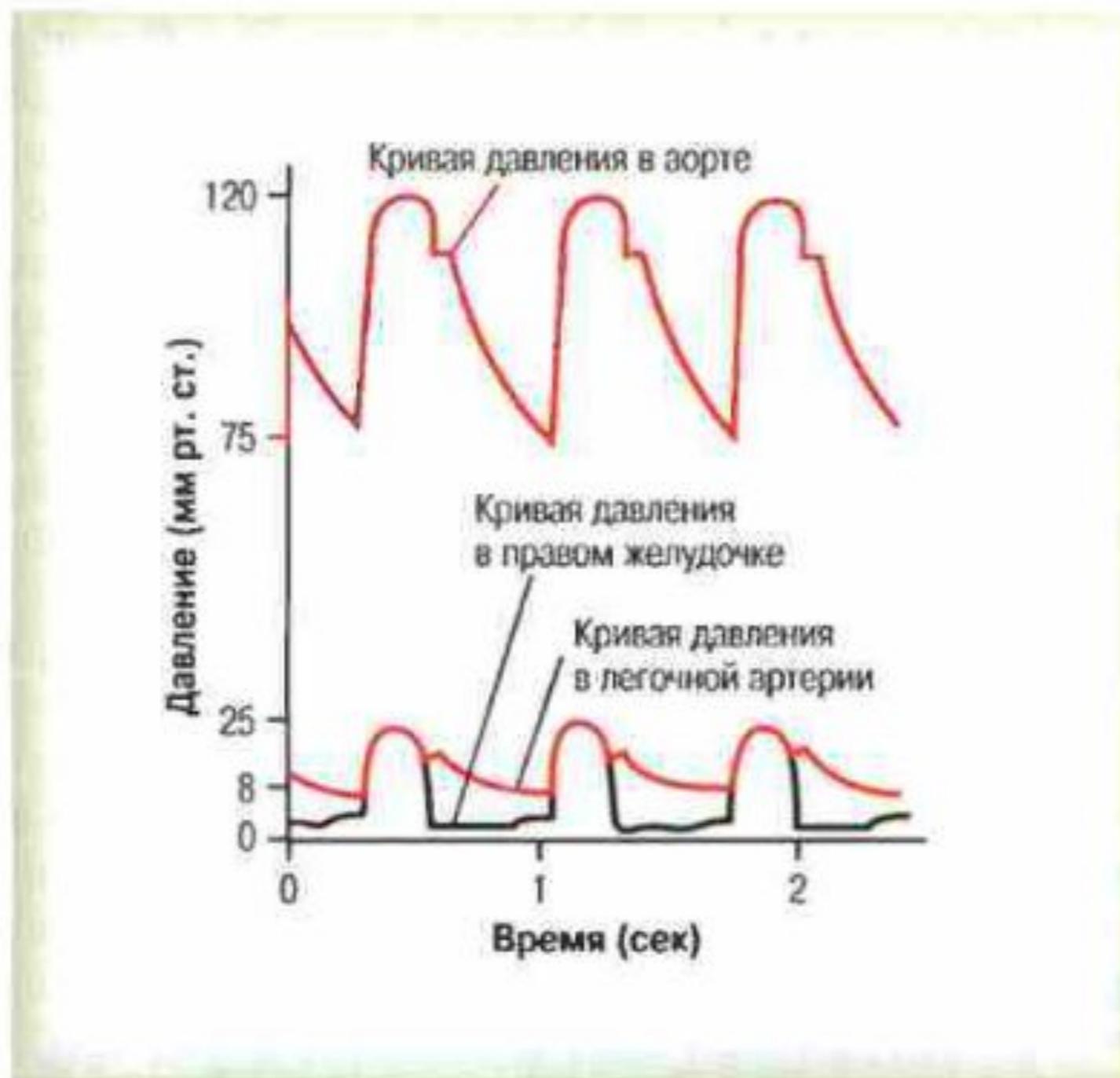


Рис. 38-1

Пульсовые колебания в правом желудочке, легочной артерии и аорте

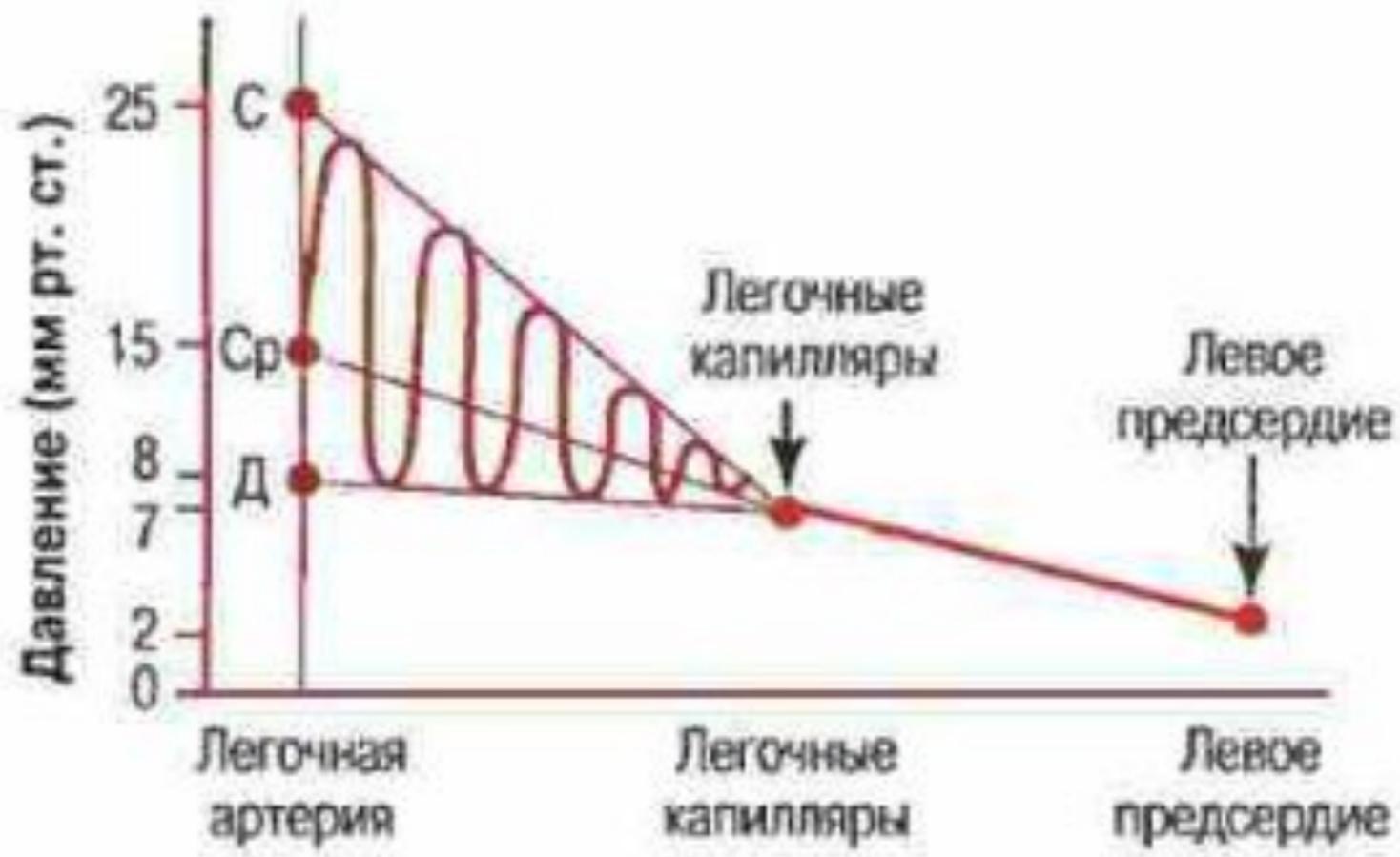


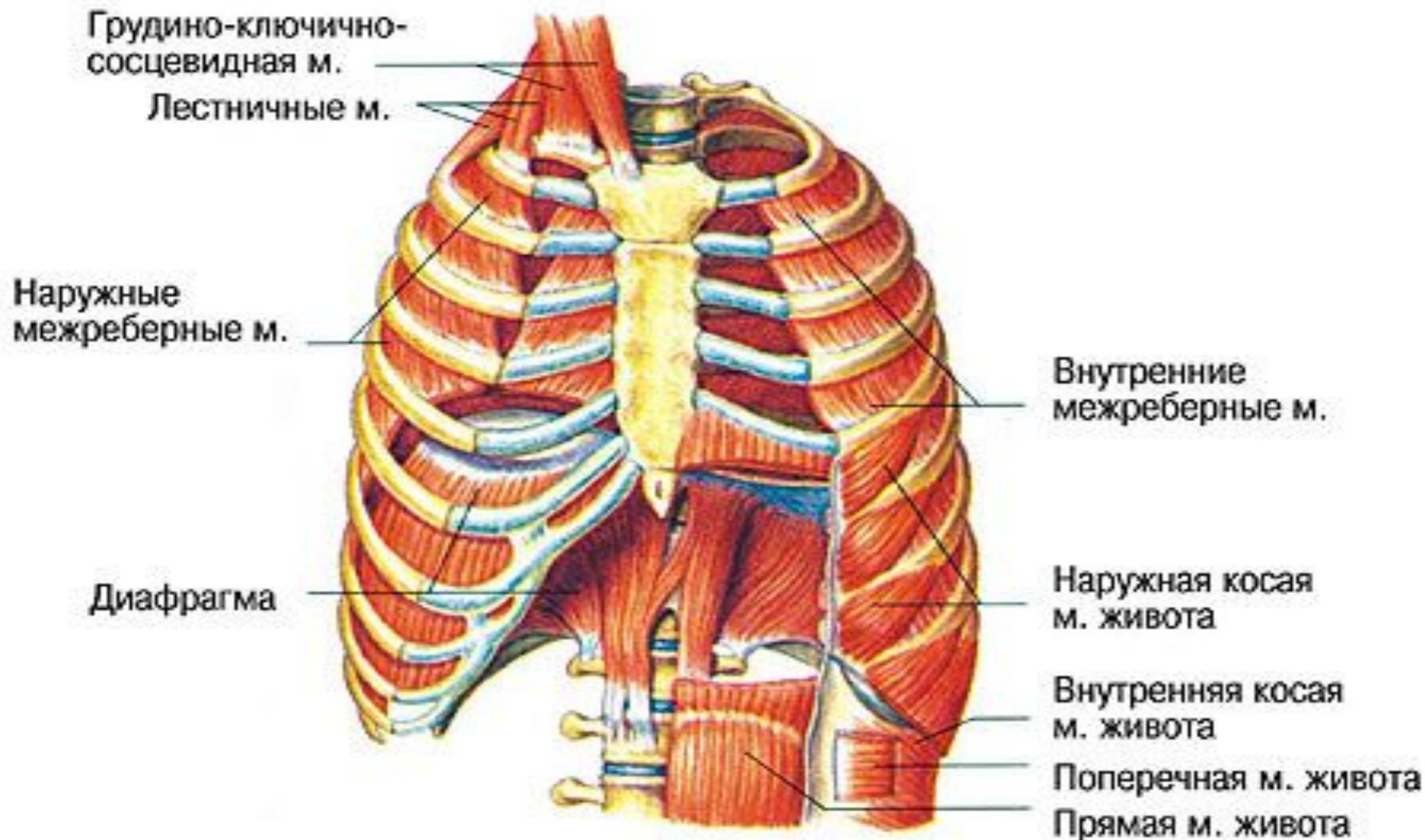
Рис. 38-2

Давление в разных сосудах легких. Д — диастолическое; Ср — среднее; С — систолическое; красная кривая — артериальный пульс

# КОСТНО-МЫШЕЧНЫЙ КАРКАС

## МЫШЦЫ ВДОХА (ИНСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)

## МЫШЦЫ ВЫДОХА (ЭКСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)

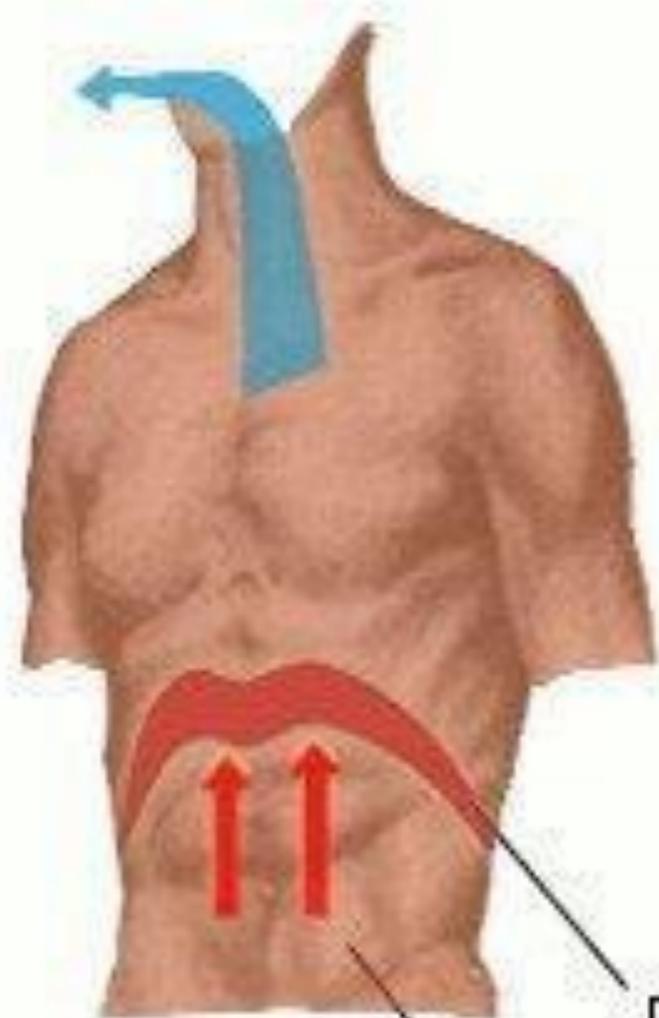


# Механизм вдоха и выдоха

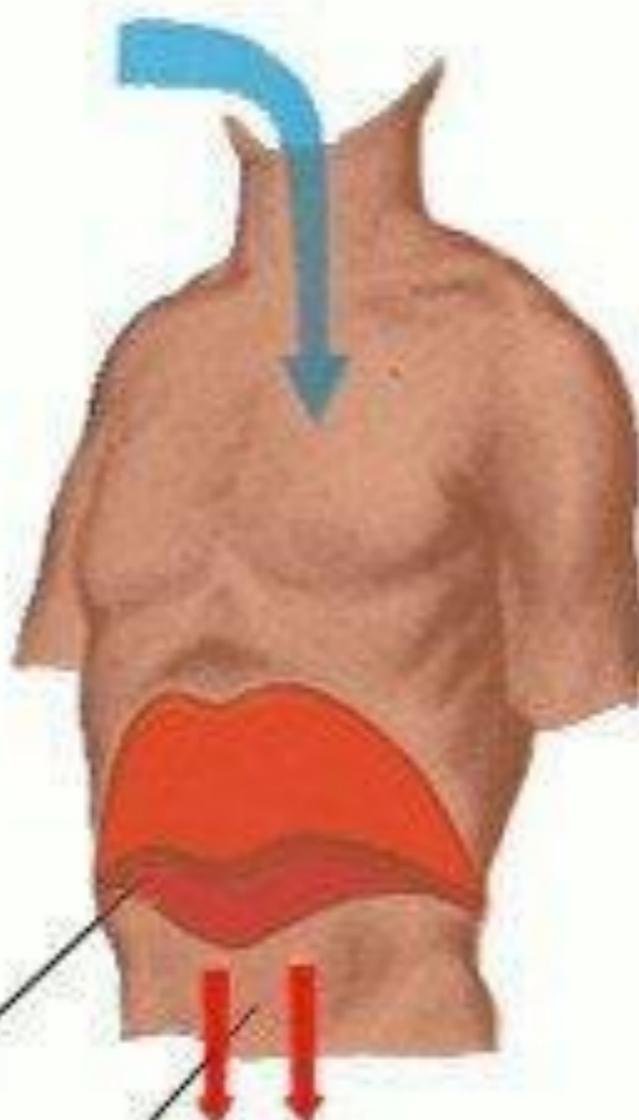
- **Вдох (инспирация)** – это активный процесс, происходящий при сокращении мышц. Главная мышца вдоха – **диафрагмальная**, расширяет грудную клетку в вертикальном направлении.
- **Наружные косые межреберные и межхрящевые мышцы** способствуют расширению грудной клетки во фронтальном и сагиттальном направлениях. При глубоком вдохе подключаются грудные мышцы, мышцы плечевого пояса.
- **Выдох (экспирация)** совершается пассивно при расслаблении инспираторных мышц. Глубокий выдох обеспечивают мышцы передней брюшной стенки и внутренние косые межреберные мышцы.

а

Выдох



Вдох

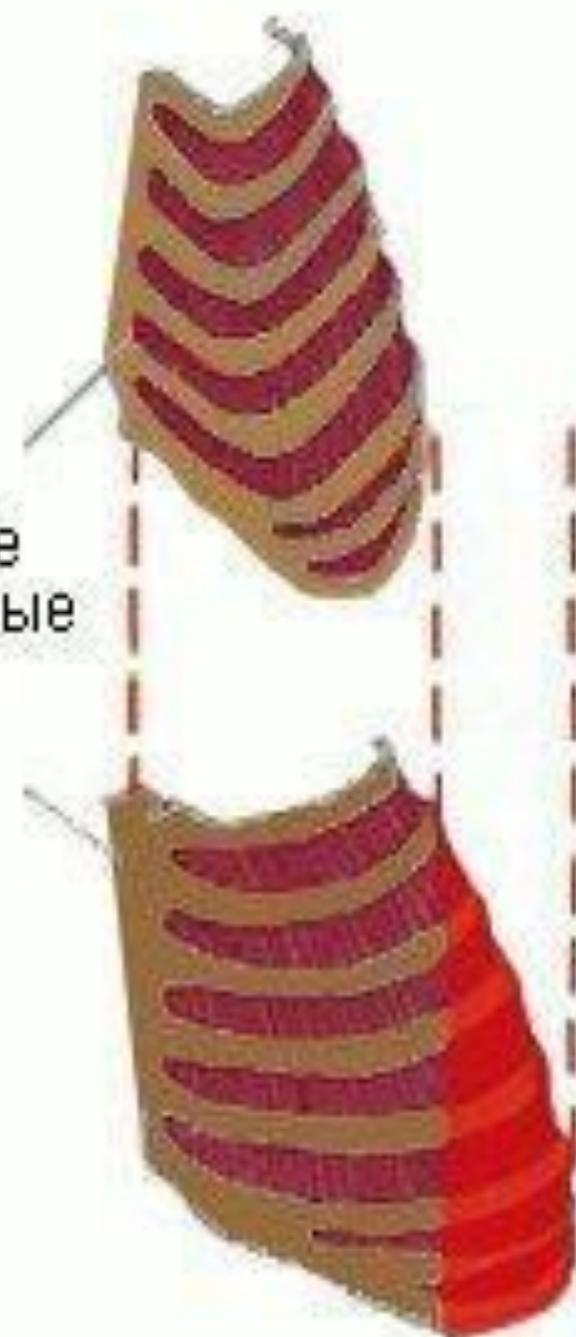


Диафрагма

Мышцы  
брюшного пресса

б

Наружные  
межреберные  
мышцы



# Плевральная щель

- Это узкое пространство между **висцеральным** листком плевры покрывающим легкое снаружи и **париетальным** листком, выстилающим грудную полость изнутри. Оно заполнено серозной жидкостью (внутриплевральная жидкость).
- Давление в плевральной щели всегда меньше атмосферного давления (760 мм рт.ст.). Поэтому его называют – **отрицательным давлением**. При спокойном вдохе оно составляет – 6-9 мм рт.ст., при глубоком вдохе – 20 мм рт.ст. На выдохе – 2-3 мм рт.ст.

# Плевральное давление

Плевральное давление - это давление жидкости в узкой щели между легочным и париетальным листками плевры.

**$P_{\text{плевр.}} = P_{\text{альв.}} - P_{\text{эласт. тяги легких}}$**

Т.о., между внутренней поверхностью альвеол и плевральной полостью существует разность давлений, которая **всегда в пользу альвеолярного пространства.**

# Альвеолярное давление

Альвеолярное давление - это давление воздуха внутри альвеол.

При открытой гортани и отсутствии движения воздуха к легким или от них давление во всех дыхательных путях одинаково и равняется атмосферному, которое считается нулевым уровнем давления в дыхательных путях, т.е. 0 см.вод.ст.

# Транспульмональное давление

Разницу между давлением в альвеолах и давлением в плевральной полости называют транспульмональным давлением.

$$P_{\text{транспульм.}} = P_{\text{альв.}} - P_{\text{плевр.}}$$

**Транспульмональное давление** это тот градиент давлений, который поддерживает легкие в расправленном состоянии (давление «изнутри» выше давления «снаружи»).

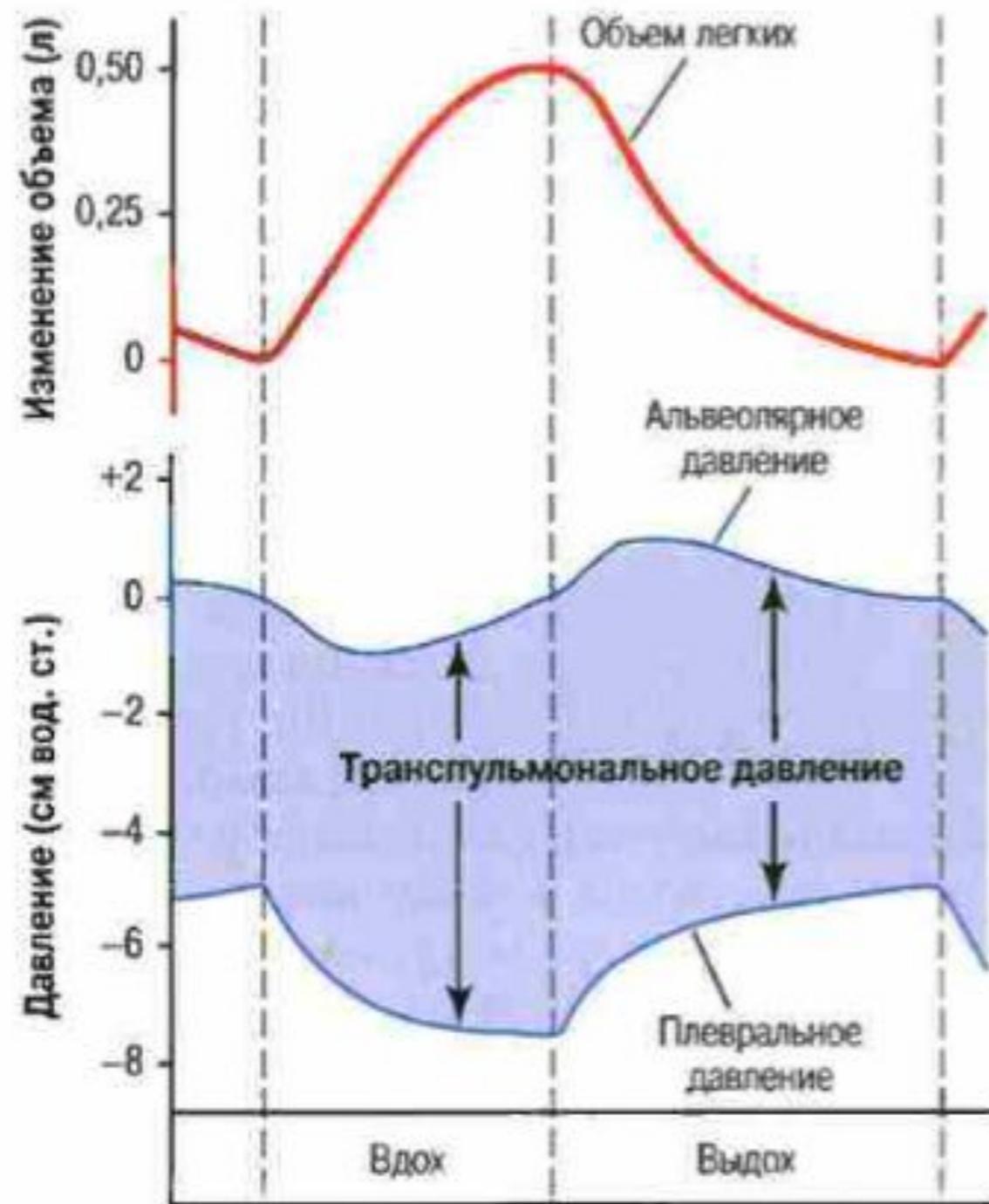
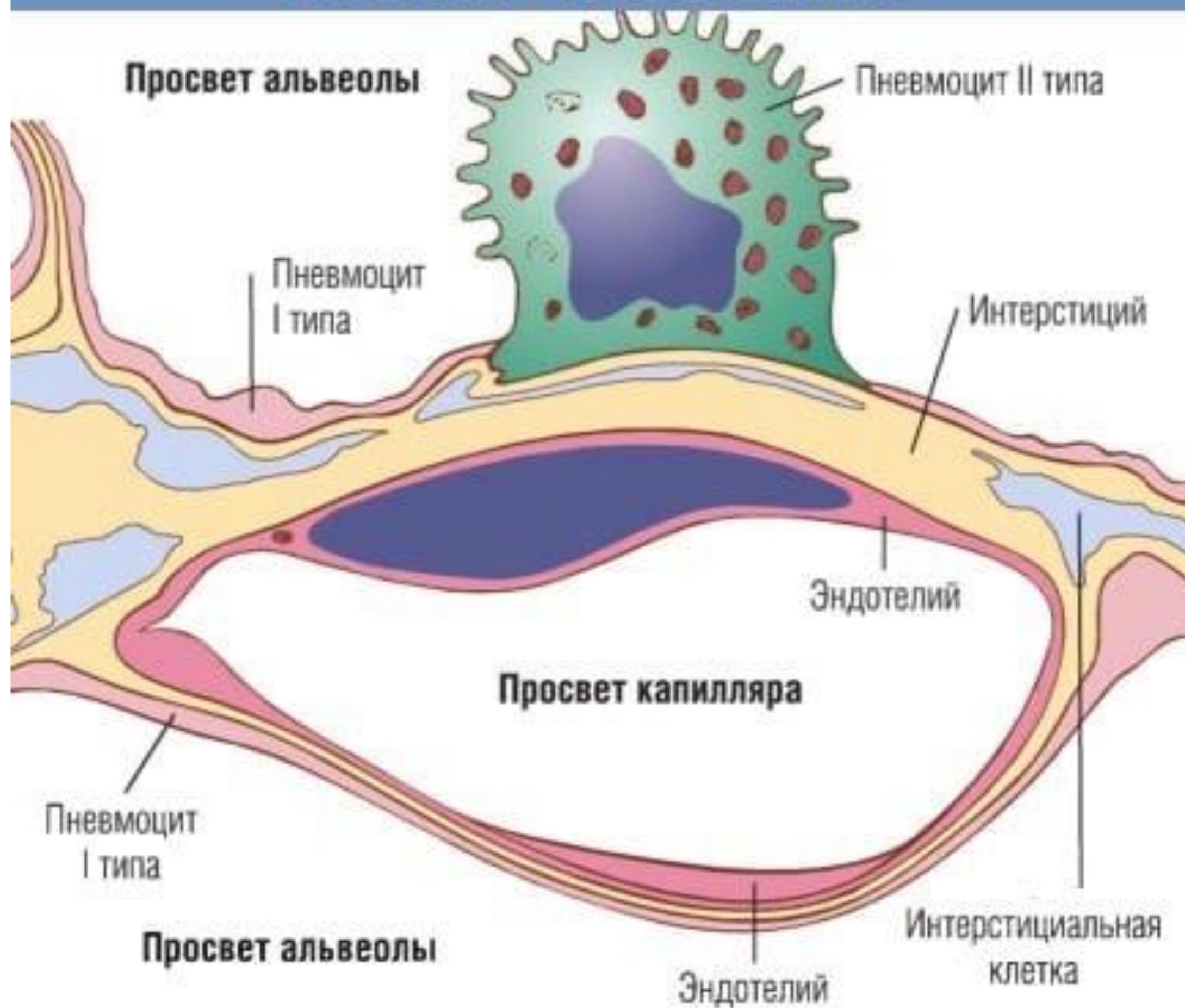


Рис. 37-2

Колебания величин легочного объема, альвеолярного давления, плеврального давления и транспульмонального давления во время нормального дыхания

# Стенка альвеолы



# Легочный сурфактант

Пленка жидкости, выстилающая внутреннюю поверхность альвеол, содержит вещество, **понижающее поверхностное натяжение**. Это вещество называется **сурфактант**, который обеспечивает во-первых, повышение растяжимости легких и уменьшении работы, совершаемой во время вдоха, во-вторых, обеспечивает стабильности альвеол препятствуя их слипанию.

# Эластическая тяга легкого

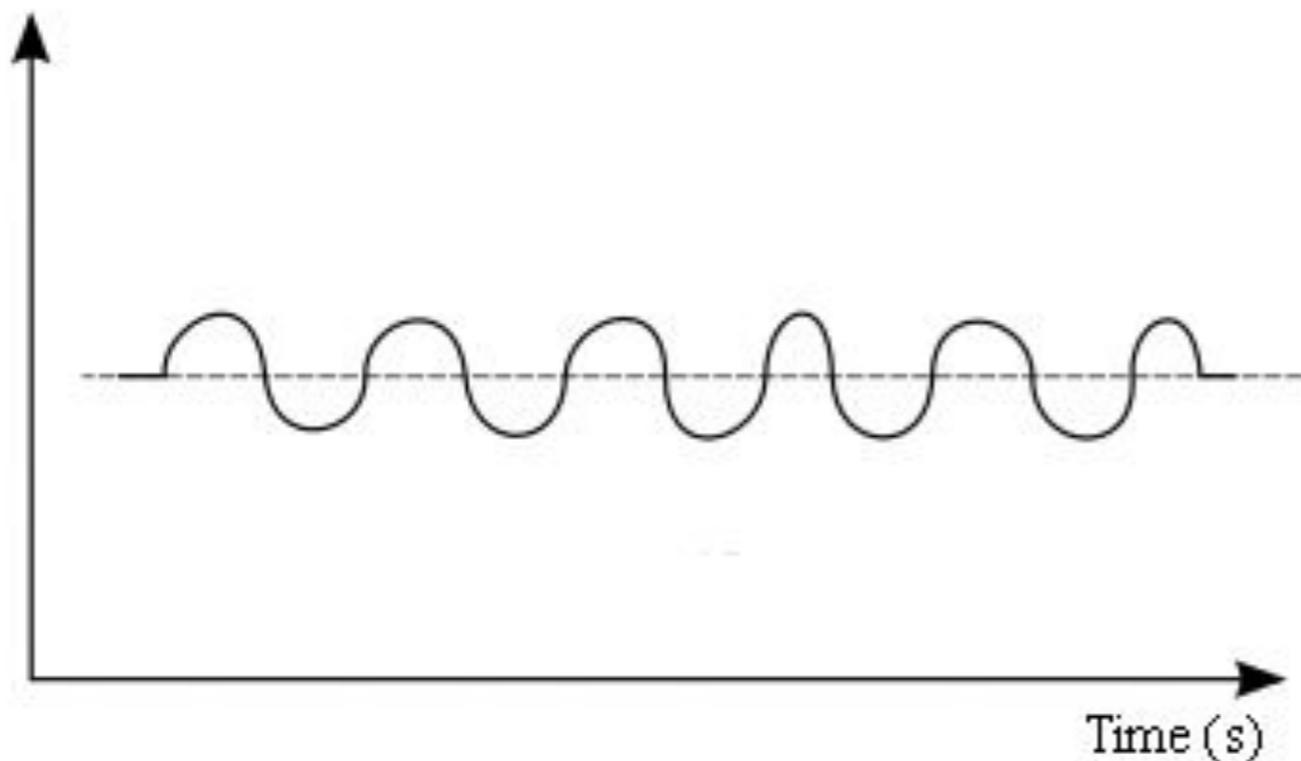
- Отрицательное давление в плевральной щели поддерживается **эластической тягой легкого (ЭТЛ)**, т.е. стремлением легкого сжаться.
- Оно обусловлена 3 факторами:
  - а) эластическими и коллагеновыми волокнами альвеол;
  - б) тонусом гладких мышц сосудов и бронхиол;
  - в) **сурфактантом** - внутренней выстилкой альвеол, состоящей из фосфолипидов и белка.

Сурфактант снижает поверхностное натяжение жидкости в альвеолах. Причем, тем сильнее, чем меньше радиус альвеолы: тем самым он препятствует спадению мелких альвеол.

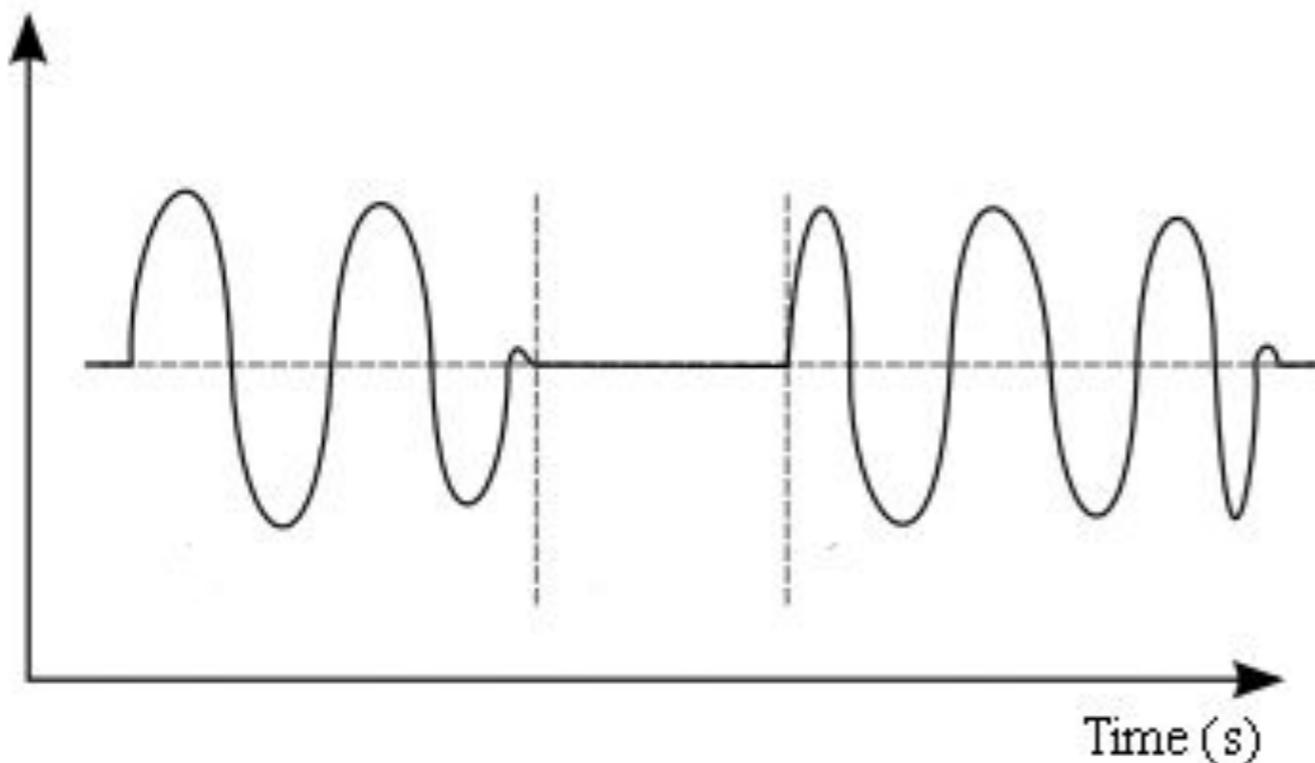
# Патологические типы дыхания

1. **Гаспиг дыхание** – терминальное тип дыхания: редкие судорожные вдохи-выдохи. Возникает при резкой гипоксии мозга.
2. **Дыхание типа Чейна-Стокса** – характеризуется постепенным возрастанием и снижением амплитуды дыхания с возникновением паузы. Отмечается при нарушении работы дыхательных нейронов продолговатого мозга.
3. **Атактический тип дыхания** – неравномерное, хаотическое, нерегулярное дыхание. Такое дыхание наблюдается при нарушении связи продолговатого мозга с варолиевым мостом.
4. **Дыхание Биота** – между нормальными дыхательными циклами возникают длительные паузы – до 30 с. Такое дыхание возникает при повреждении дыхательных нейронов варолиевого моста;
6. **Дыхательная апраксия** – при этом больной не способен произвольно менять глубину и частоту дыхания. Отмечается при поражении лобных долей.
7. **Нейрогенная гипервентиляция** – при нарушении структур среднего мозга.
8. **Апнейстическое дыхание (апнейзис)** – отмечается длительный вдох и короткий выдох (при перерезке блуждающего нерва);

## Нормальное дыхание



## Дыхание Биота

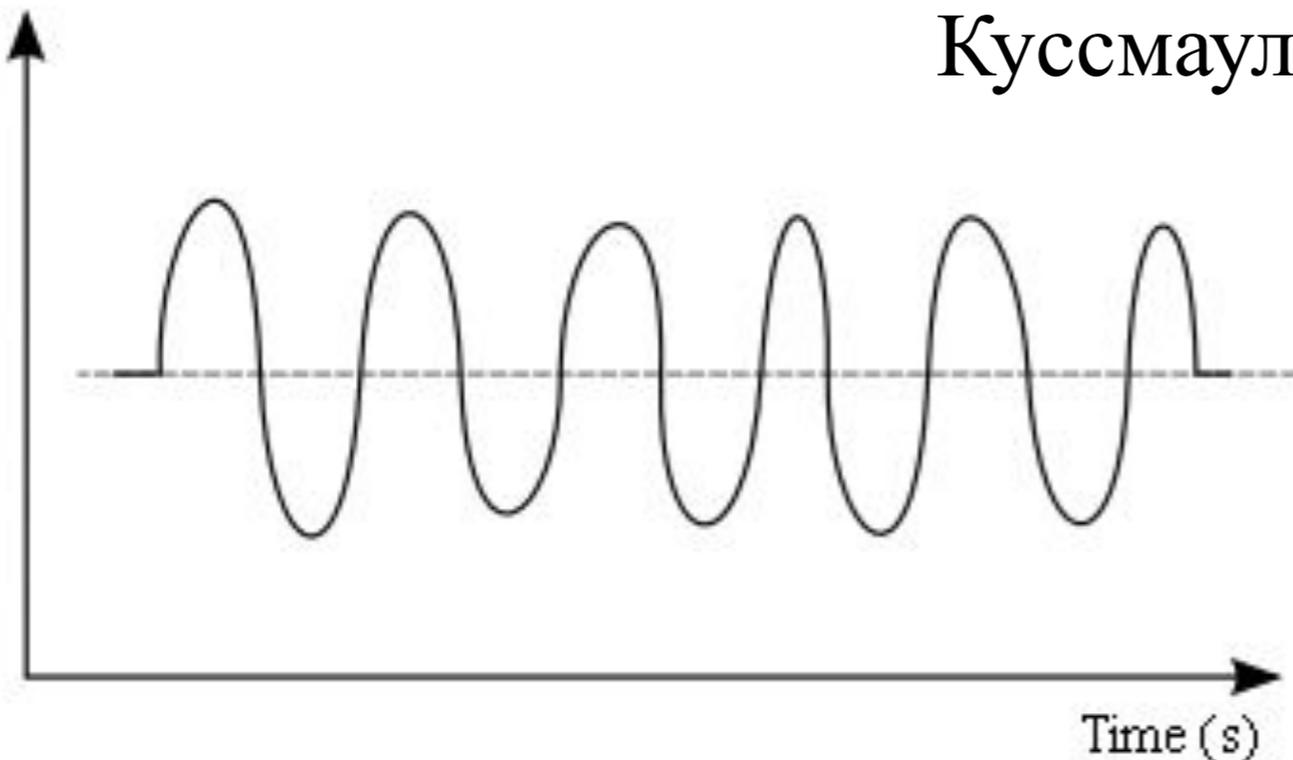


характеризуется чередованием равномерных ритмических дыхательных движений и длительных (до полуминуты и более) пауз:

при органических поражениях мозга, расстройствах кровообращения, интоксикации, шоке, других тяжёлых состояниях организма, сопровождающейся глубокой гипоксией головного мозга.

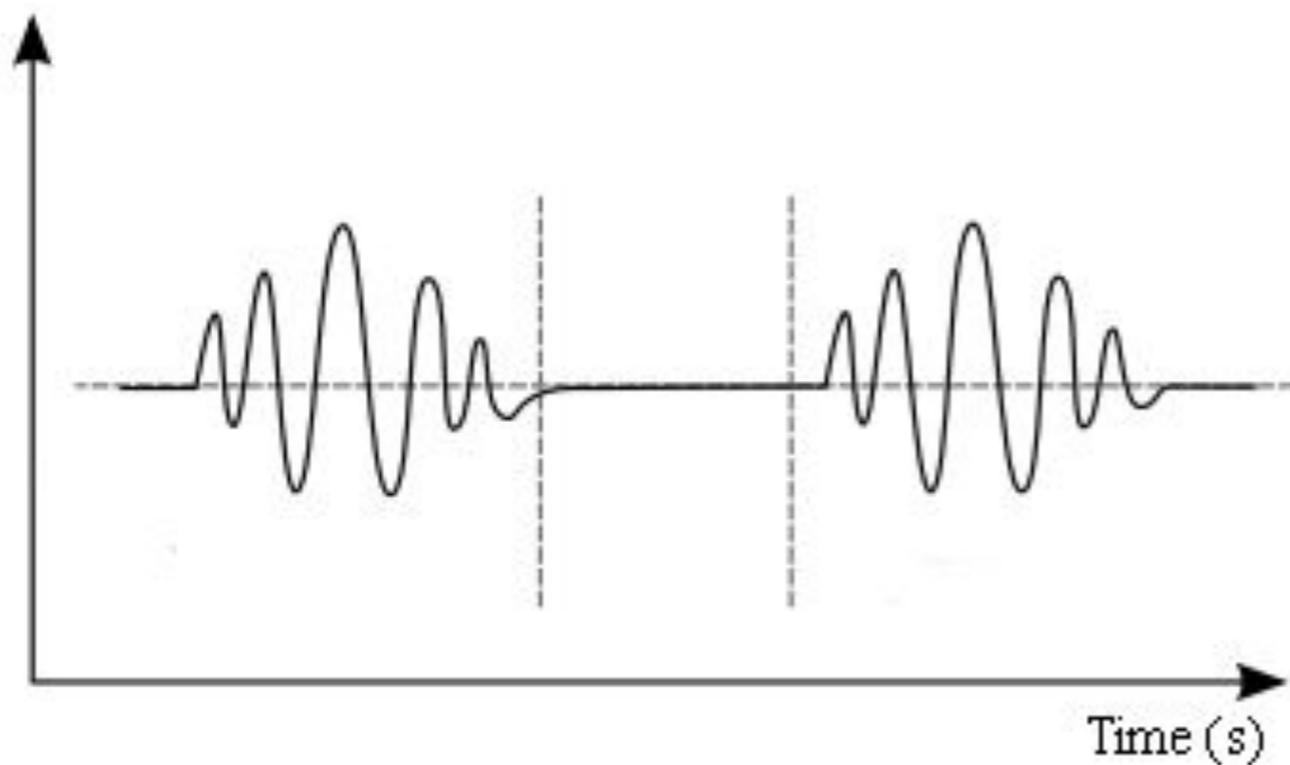
## Дыхание

**Куссмауля** глубокое, редкое, шумное дыхание, является одной из форм проявления гипервентиляции, часто ассоциируется:



с тяжёлым метаболическим ацидозом (при сахарном диабете), ацетонемическим синдромом (недиабетическим кетоацидозом), терминальной стадии почечной недостаточности, сепсисом.

## Дыхание Чейна-Стокса



развивается при снижении чувствительности дыхательного центра к  $\text{CO}_2$ : во время фазы апноэ снижается парциальное напряжение кислорода в артериальной крови ( $\text{PaO}_2$ ) и нарастает парциальное напряжение углекислого газа (гиперкапния), что приводит к возбуждению дыхательного центра, и вызывает фазу гипервентиляции и гипокапнии (снижение  $\text{PaCO}_2$ ):

черепно-мозговая травма, гидроцефалия, интоксикация, выраженный атеросклероз сосудов головного мозга, сердечная недостаточность.

# **ТИПОВЫЕ ФОРМЫ РАССТРОЙСТВ ГАЗООБМЕННОЙ ФУНКЦИИ ЛЁГКИХ**

**РАССТРОЙСТВА  
ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

**НАРУШЕНИЯ  
ПЕРФУЗИИ ЛЕГКИХ**

**НАРУШЕНИЯ  
ВЕНТИЛЯЦИОННО-  
ПЕРФУЗИОННОГО  
СООТВЕТСТВИЯ**

**НАРУШЕНИЕ ДИФФУЗИИ  
ГАЗОВ ЧЕРЕЗ  
АЭРОГЕМАТИЧЕСКУЮ  
МЕМБРАНУ**

# НАРУШЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ



Гиповентиляция



Гипервентиляция



Неравномерная  
вентиляция

# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ГИПОВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

РАССТРОЙСТВА  
БИОМЕХАНИКИ  
ДЫХАНИЯ

ОБСТРУКЦИЯ  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ  
ПУТЕЙ

НАРУШЕНИЕ  
РАСТЯЖИМОСТИ  
ЛЕГКИХ

НАРУШЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ  
РЕГУЛЯЦИИ ВНЕШНЕГО  
ДЫХАНИЯ

ЦЕНТРОГЕННЫХ  
(НЕЙРОГЕННЫХ)

ЭФФЕРЕНТНЫХ

АФФЕРЕНТНЫХ

# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОБСТРУКТИВНОГО ТИПА ГИПОВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

ОБСТРУКЦИЯ  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ  
ПУТЕЙ

СПАЗМ МЫШЦ  
БРОНХОВ И/ИЛИ  
БРОНХИОЛ

СДАВЛЕНИЕ  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ  
ПУТЕЙ

ЭКСПИРАТОРНАЯ  
КОМПРЕССИЯ  
МЕЛКИХ БРОНХОВ  
И/ИЛИ БРОНХИОЛ

СПАЗМ  
МЫШЦ  
ГОРТАНИ

# ОСНОВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПОВЕНТИЛЯЦИИ ЛЁГКИХ ОБСТРУКТИВНОГО ТИПА

СНИЖЕНИЕ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ

ЖИЗНЕННОЙ  
ЁМКОСТИ  
ЛЕГКИХ (ЖЕЛ)

ОБЪЕМА  
ФОРСИРОВАННОГО  
ВЫДОХА ЗА 1 с (ФЖЕЛ<sub>1</sub>)

СНИЖЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ФЖЕЛ<sub>1</sub> /  
ЖЕЛ  
(индекса Тиффно)

УВЕЛИЧЕНИЕ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ

ОСТАТОЧНОГО  
ОБЪЕМА ЛЕГКИХ  
(ООЛ)

ОТНОШЕНИЯ  
ООЛ / ОЁЛ

СОХРАНЕНИЕ  
В ДИАПАЗОНЕ  
НОРМЫ

ОБЩЕЙ ЁМКОСТИ  
ЛЕГКИХ (ОЁЛ)

# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ РЕСТРИКТИВНОГО ТИПА ГИПОВЕНТИЛЯЦИИ ЛЁГКИХ

## ВНУТРИЛЁГОЧНЫЕ

СНИЖЕНИЕ РАСТЯЖИМОСТИ ЛЕГКИХ ПРИ:

ФИБРОЗНЫХ  
ПРОЦЕССАХ  
В НИХ

НЕДОСТАТОЧНОСТИ  
СУРФАКТАНТНОЙ  
СИСТЕМЫ

АТЕЛЕКТАЗАХ

ДИФFUЗНЫХ  
ОПУХОЛЯХ

## ВНЕЛЁГОЧНЫЕ

СДАВЛЕНИЕ ГРУДНОЙ  
КЛЕТКИ

СНИЖЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ  
СУСТАВОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

НАЛИЧИЕ В ГРУДНОЙ КЛЕТКЕ  
КРОВИ, ЭКССУДАТА, ТРАССУДАТА,  
ВОЗДУХА

ОКОСТЕНЕНИЕ ХРЯЩЕЙ  
РЕБЕР

ПЛЕВРИТЫ

ФИБРОЗ ПЛЕВРЫ

# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИИ ЛЁГКИХ

ИЗБЫТОЧНАЯ  
ИСКУССТВЕННАЯ  
ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЁГКИХ

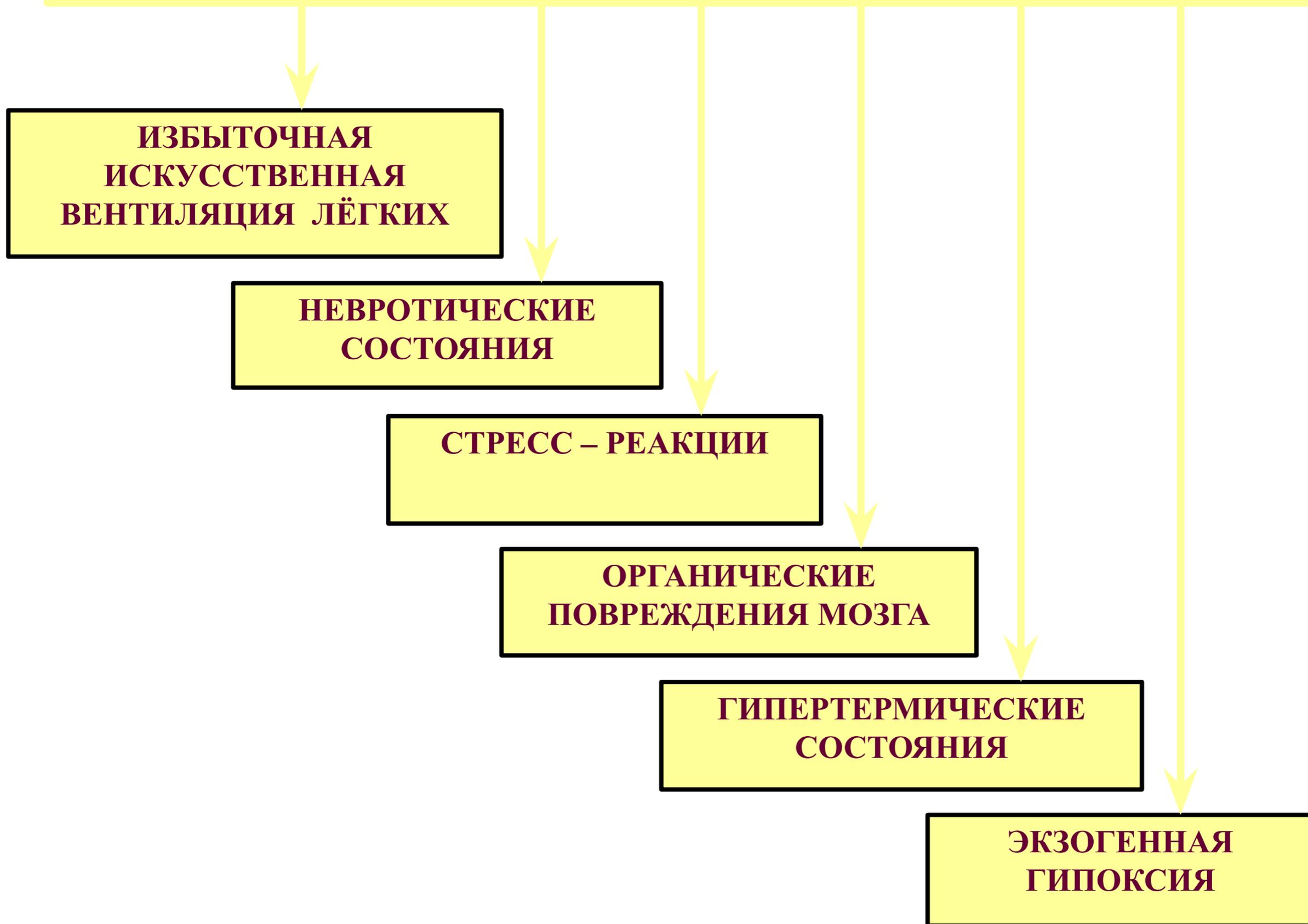
НЕВРОТИЧЕСКИЕ  
СОСТОЯНИЯ

СТРЕСС – РЕАКЦИИ

ОРГАНИЧЕСКИЕ  
ПОВРЕЖДЕНИЯ МОЗГА

ГИПЕРТЕРМИЧЕСКИЕ  
СОСТОЯНИЯ

ЭКЗОГЕННАЯ  
ГИПОКСИЯ



# ОСНОВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИИ ЛЁГКИХ

ГИПОКАПНИЯ

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ АЛКАЛОЗ

СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ  $O_2$   
ТКАНЯМИ И ОРГАНАМИ

ДИСБАЛАНС ИОНОВ В ПЛАЗМЕ  
КРОВИ И ИНТЕРСТИЦИИ

МЫШЕЧНЫЕ СУДОРОГИ

ПАРЕСТЕЗИИ

# Дыхательная недостаточность

- Патологическое состояние, при котором система внешнего дыхания не обеспечивает уровня газообмена, необходимого для оптимальной реализации функций организма

# Основные типы ДН

Тип дыхательной недостаточности

```
graph TD; A[Тип дыхательной недостаточности] --> B[Обструктивный  
(сужение просвета ДП)]; A --> C[Рестриктивный  
(снижение эластичности легких  
или грудной клетки)]; A --> D[Смешанный];
```

Обструктивный  
(сужение просвета ДП)

Рестриктивный  
(снижение эластичности легких  
или грудной клетки)

Смешанный

# Основные формы ОДН (по характеру расстройств газообмена)



# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

ЛЕГОЧНЫЕ

НАРУШЕНИЯ:

ВЕНТИЛЯЦИИ

ПЕРФУЗИИ

ВЕНТИЛЯЦИОННО-  
ПЕРФУЗИОННЫХ  
СООТНОШЕНИЙ

ДИФФУЗИИ ГАЗОВ ЧЕРЕЗ  
АЛЬВЕОЛО-КАПИЛЛЯРНУЮ  
МЕМБРАНУ

ВНЕЛЕГОЧНЫЕ

НАРУШЕНИЯ:

НЕЙРОГЕННОЙ РЕГУЛЯЦИИ  
ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

ЭФФЕРЕНТНЫХ  
РЕГУЛЯТОРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
НА ДЫХАТЕЛЬНЫЕ МЫШЦЫ

ФУНКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ  
МЫШЦ

ДЫХАТЕЛЬНЫХ ЭКСКУРСИЙ  
ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

СИСТЕМНОГО  
КРОВООБРАЩЕНИЯ

**Спасибо за внимание !**