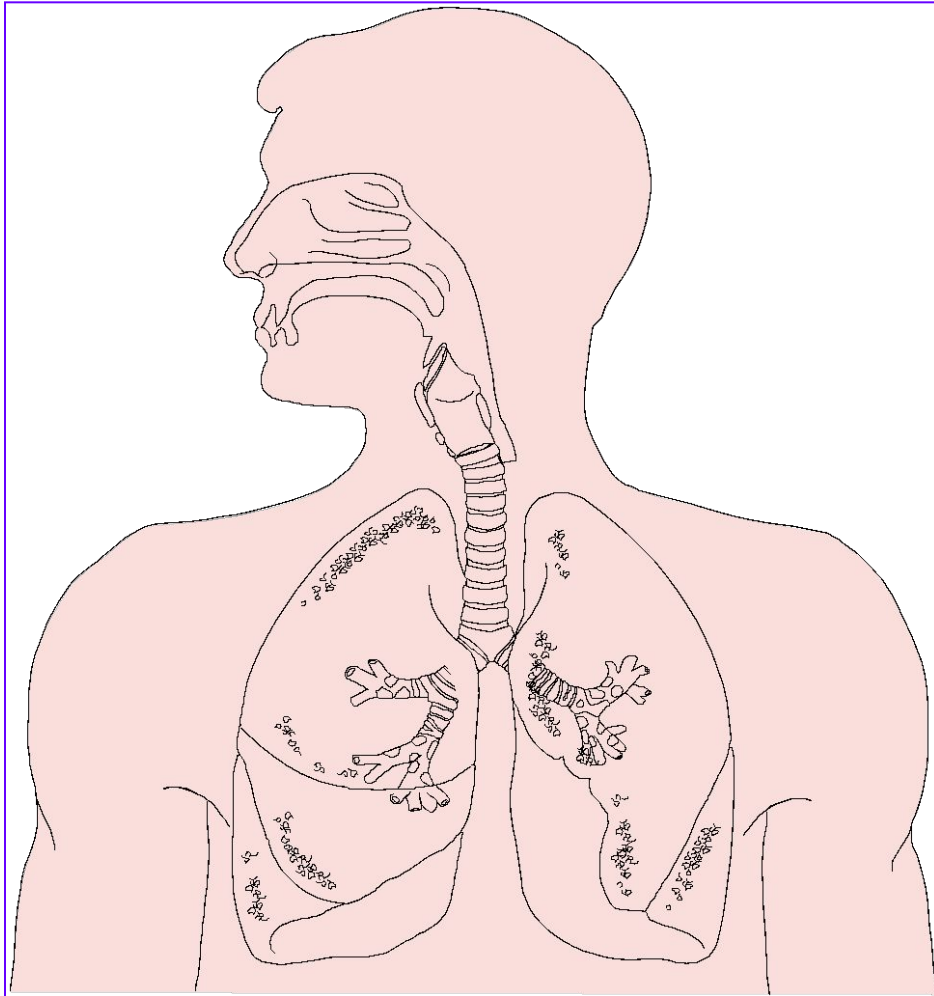


•  
•  
•

# КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ ДГМУ



- Тема лекции:
- **ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ**

# ДЫХАНИЕ

**«Дыхание составляет  
важнейшую из всех  
деятельностей тела, ибо все  
прочие  
его деятельности зависят от  
дыхания».**

*(Из древних индийских трактатов)*

# Определение

- **Дыхание** – это совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм **кислорода**, использование его для окисления органических веществ с освобождением энергии, и выделением **углекислого газа** в окружающую среду.

## ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ:

**I. Внешнее или легочное дыхание (включает в себя):**

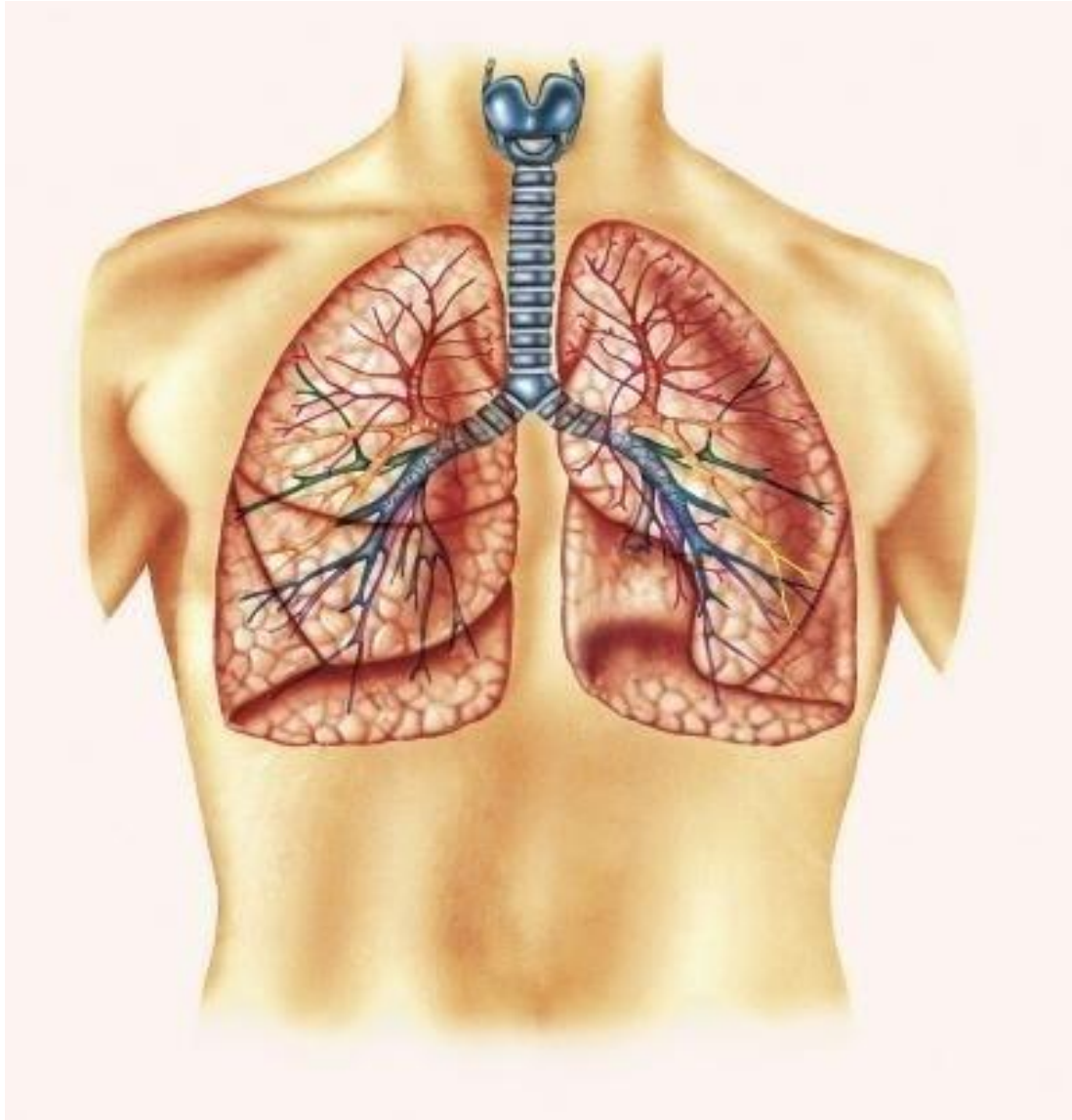
- а) газообмен между внешней средой и альвеолярным воздухом (вентиляция легких);**
- б) газообмен между альвеолярным воздухом и кровью капилляров легких.**

**II. Транспорт газов (кислорода и углекислого газа) кровью.**

**III. Тканевое дыхание:**

- а) диффузия газов в тканях;**
  - б) внутриклеточное дыхание.**
- • • • • • • • • •

- **Воздухоносные пути: гортань, трахея, бронхи**



# Функции легких

**1. Главная функция легких – газообмен между организмом и окружающей средой.**

Функциональная единица легкого – ацинус. В обоих легких содержится до 300 тыс. ацинусов.

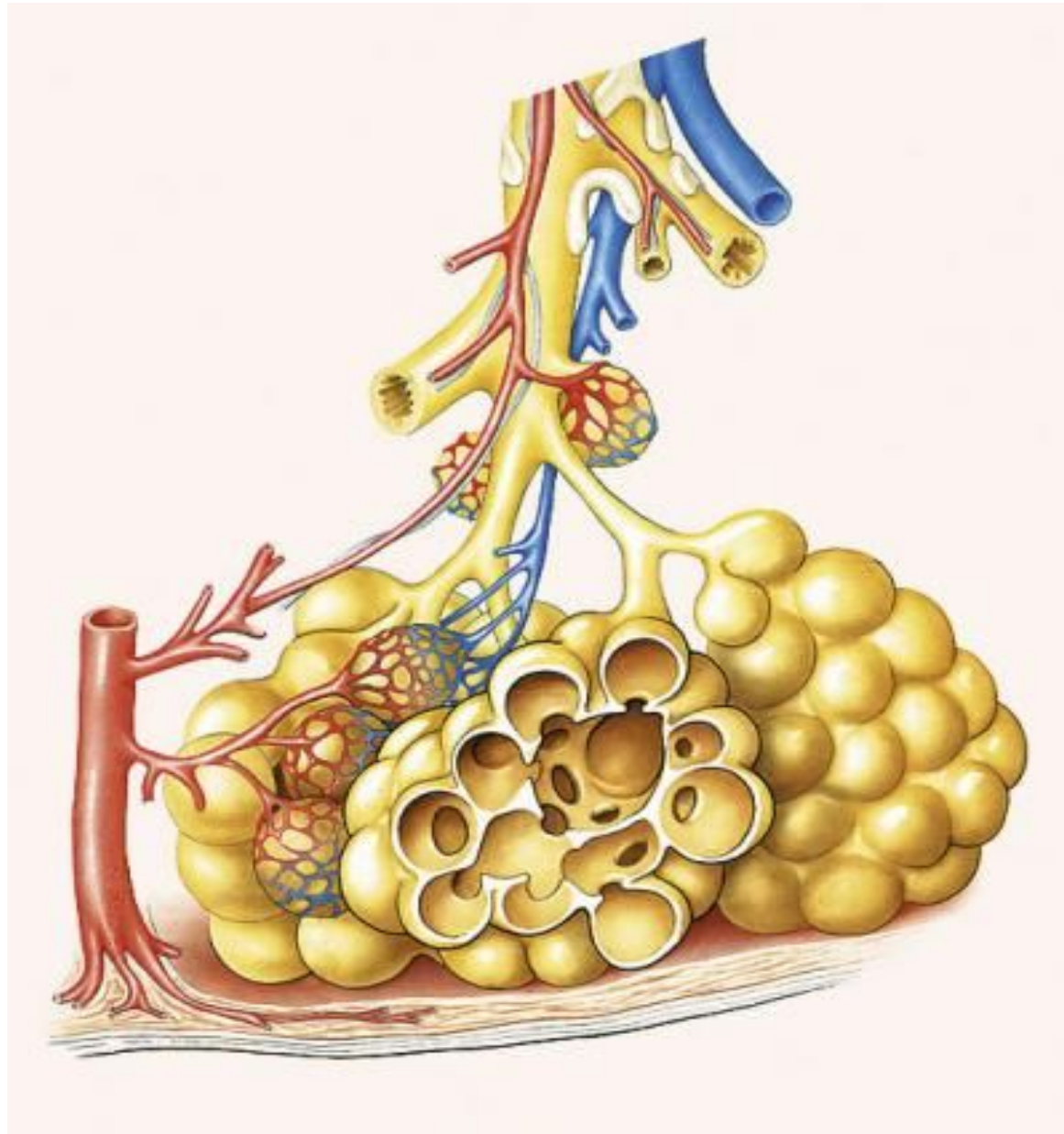


## Функции легких

Каждый **ацинус** вентилируется **концевой бронхиолой**. От неё отходят **дыхательные бронхиолы**, которые делятся дихотомически.

Дыхательные бронхиолы переходят в **альвеолярные ходы** и **альвеолярные мешочки**, которые несут на себе **альвеолы** легкого.

•  
•  
•  
**Бронхиолы, ацинусы, альвеолы,  
кровеносные сосуды**





## Другие функции легких

**2. Легкие выполняют также ряд негазообменных функций:**

**а) Выделительная** - удаление воды и летучих веществ (углекислый газ, ацетон, эфир, этанол и др.);

**б) Выработка биологически активных веществ** (гепарина, гистамина, факторов свертывания, простагландинов и др.);

**в) Инактивация биологически активных веществ** (брадикинина, простагландинов)

## Другие функции легких

**г) Защитная** – легкие являются барьером между внутренней и внешней средой организма; в них образуются антитела, лизоцим, интерферон, иммуноглобулины; осуществляется фагоцитоз.

**д) Участие в терморегуляции** (в теплообразовании и теплоотдаче);

**е) Легкие являются резервуаром воздуха** для речеобразования.

# Функции воздухоносных путей

- 1) Доставка** атмосферного воздуха в легкие;
- 2) Очищение** вдыхаемого воздуха от пылевых частиц;
- 3) Увлажнение** воздуха за счет влаги слизистой оболочки;
- 4) Согревание** воздуха, особенно эффективное при носовом дыхании (до 36 град.);
- 5) Участие** в процессах терморегуляции (теплоотдаче и теплообразовании).



# КОСТНО-МЫШЕЧНЫЙ КАРКАС

**МЫШЦЫ ВДОХА  
(ИНСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

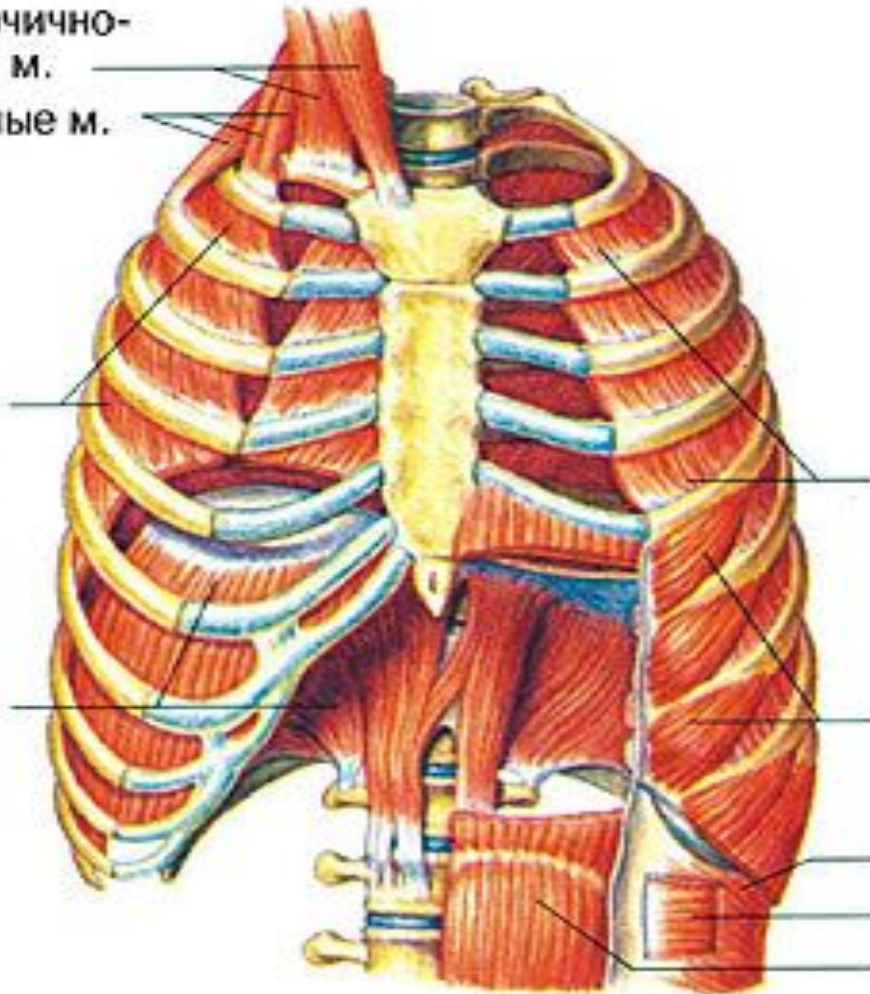
**МЫШЦЫ ВЫДОХА  
(ЭКСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

Грудино-ключично-сосцевидная м.

Лестничные м.

Наружные межреберные м.

Диафрагма



Внутренние межреберные м.

Наружная косая м. живота

Внутренняя косая м. живота

Поперечная м. живота

Прямая м. живота

## • • • **Плевральная щель**

- Легкое покрыто защитной серозной оболочкой – плеврой. Она состоит из двух листков. **Внутренний листок** (висцеральная плевра) покрывает снаружи легкие. **Наружный листок** (париетальная плевра) выстилает грудную клетку изнутри. Между ними образуется узкое пространство – **плевральная щель**, заполненное серозной жидкостью.
- • • • • • • • • •

## ∴ Плевральная щель

- 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 оно становится ещё более отрицательным – **20 мм рт.ст.**
- На выдохе – **2-3 мм рт.ст.**

- ∴ **Происхождение**

**отрицательного давления**

*связано с тем, что рост легких в онтогенезе отстает от роста грудной клетки.*

Отрицательное давление в плевральной щели поддерживается **эластической тягой легкого (ЭТЛ)**, т.е. стремлением легкого сжаться.

- ЭТЛ обусловлена 3 факторами:
- а) эластиновыми и коллагеновыми волокнами альвеол;
- б) тонусом гладких мышц сосудов и бронхиол;
- в) **сурфактантом** - внутренней выстилкой альвеол, которая **снижает** поверхностное натяжение жидкости в альвеолах примерно в 10 раз. Тем самым сурфактант препятствует спадению мелких альвеол и облегчает вдох.



# Роль сурфактанта

- **1. Уменьшает поверхностное натяжение жидкости**, покрывающей альвеолы. Тем самым предотвращает слипание альвеол легкого во время выдоха.
- **2. Выполняет защитную функцию:** защищает стенки альвеол от повреждающих действий окислителей и перекисей; оказывает бактериостатическое действие и т.д.
- **3. Облегчает диффузию кислорода** из альвеол в кровь.



# Механизм вдоха

- **Вдох (инспирация)** – это активный процесс, происходящий при сокращении инспираторных 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 дополнительно подключаются грудные мышцы, мышцы плечевого пояса.

# ∴ **Механизм выдоха**

- **Выдох** (экспирация) совершается пассивно при расслаблении инспираторных мышц.
- Глубокий выдох обеспечивают мышцы передней брюшной стенки и внутренние косые межреберные **мышцы.**

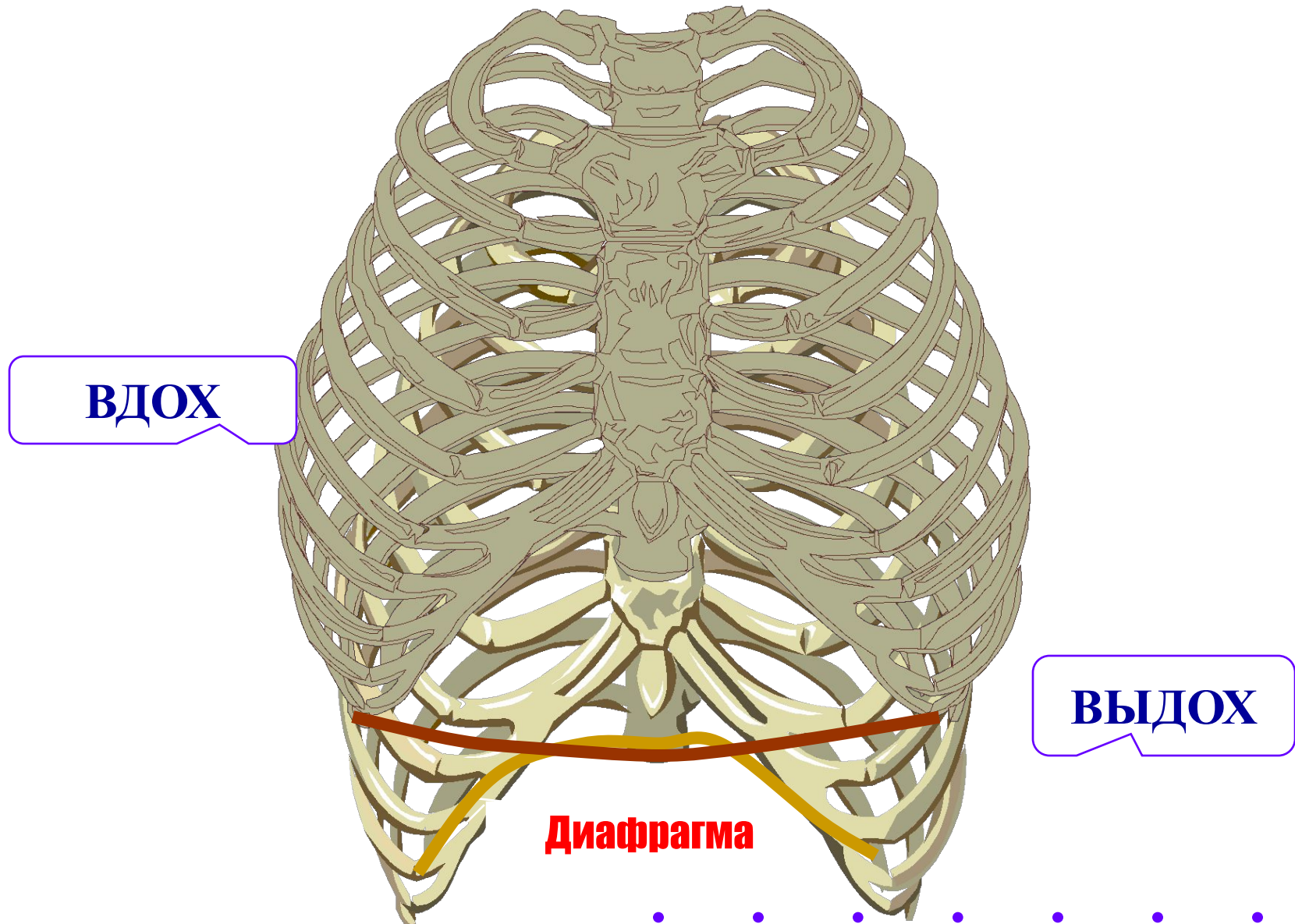
# Механизм вдоха и

## выдоха

- **При вдохе** происходят три процесса: 1 – расширение грудной клетки; 2 – расширение легких; 3 – поступление воздуха в альвеолы. Вместе с расширением грудной клетки расширяются и легкие.
- **Главная причина расширения легких при вдохе** – атмосферное давление, действующее на легкое только с одной стороны – через воздухоносные пути.

- **Выдох также совершается в результате трех процессов:**
- 1 –сужение грудной клетки; 2 – сужение легких; 3 – изгнание воздуха из легких в атмосферу.
- Спокойный выдох осуществляется пассивно – без затраты энергии. Глубокий выдох - активно за счет сокращения внутренних межреберных мышц и мышц передней брюшной стенки.

# Изменения грудной клетки при вдохе и выдохе



# Вентиляция легких

- **Вентиляция легких** - это газообмен между атмосферным воздухом и легкими. Происходит за счет вдоха и выдоха.
- **Гипервентиляция** – это произвольное усиление дыхания, не связанное с потребностями организма в кислороде.
- **Гиперпноное** – это непроизвольное усиление дыхания в связи с реальными метаболическими потребностями организма.
- **Типы дыхания:**
  - 1. У мужчин – **брюшной тип** дыхания. В результате мощного сокращения диафрагмы, органы брюшной полости смещаются вниз, при этом живот «выпячивается».
  - 2. У женщин – в основном **грудной тип** дыхания. Он обеспечивается, главным образом, за счет сокращения межреберных мышц.

# Легочные объемы и

## емкости

- **Легочные объемы:**

- 1. Дыхательный объем (ДО) = 500 мл
- 2. Резервный объем вдоха ( $PO_{\text{вдоха}}$ ) = 1500-2500 мл
- 3. Резервный объем выдоха ( $PO_{\text{выдоха}}$ ) = 1000 мл
- 4. Остаточный объем (ОО) = 1000 -1500 мл

- **Легочные емкости:**

- 1. Общая емкость легких (ОЕЛ) = (1+2+3+4) = 4-6 литров
- 2. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) = (1+2+3) = 3,5-5 литров
- 3. Функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ) = (3+4) = 2-3 литра
- 4. Емкость вдоха (ЕВ) = (1+2) = 2-3 литра



# : Легочные объемы

- **Легочные объемы:**

- 1. **Дыхательный объем** – это объем воздуха, который входит и выходит из легких при спокойном дыхании (500 мл)
- 2. **Резервный объем вдоха** - это объем воздуха, который можно вдохнуть дополнительно после спокойно вдоха, сделав максимально глубокий вдох (2500 мл).
- 3. **Резервный объем выдоха** – это объем воздуха, который можно выдохнуть из легких после спокойного выдоха, сделав максимальный выдох (1300 мл).
- 4. **Остаточный объем** – это объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха (1000 мл)

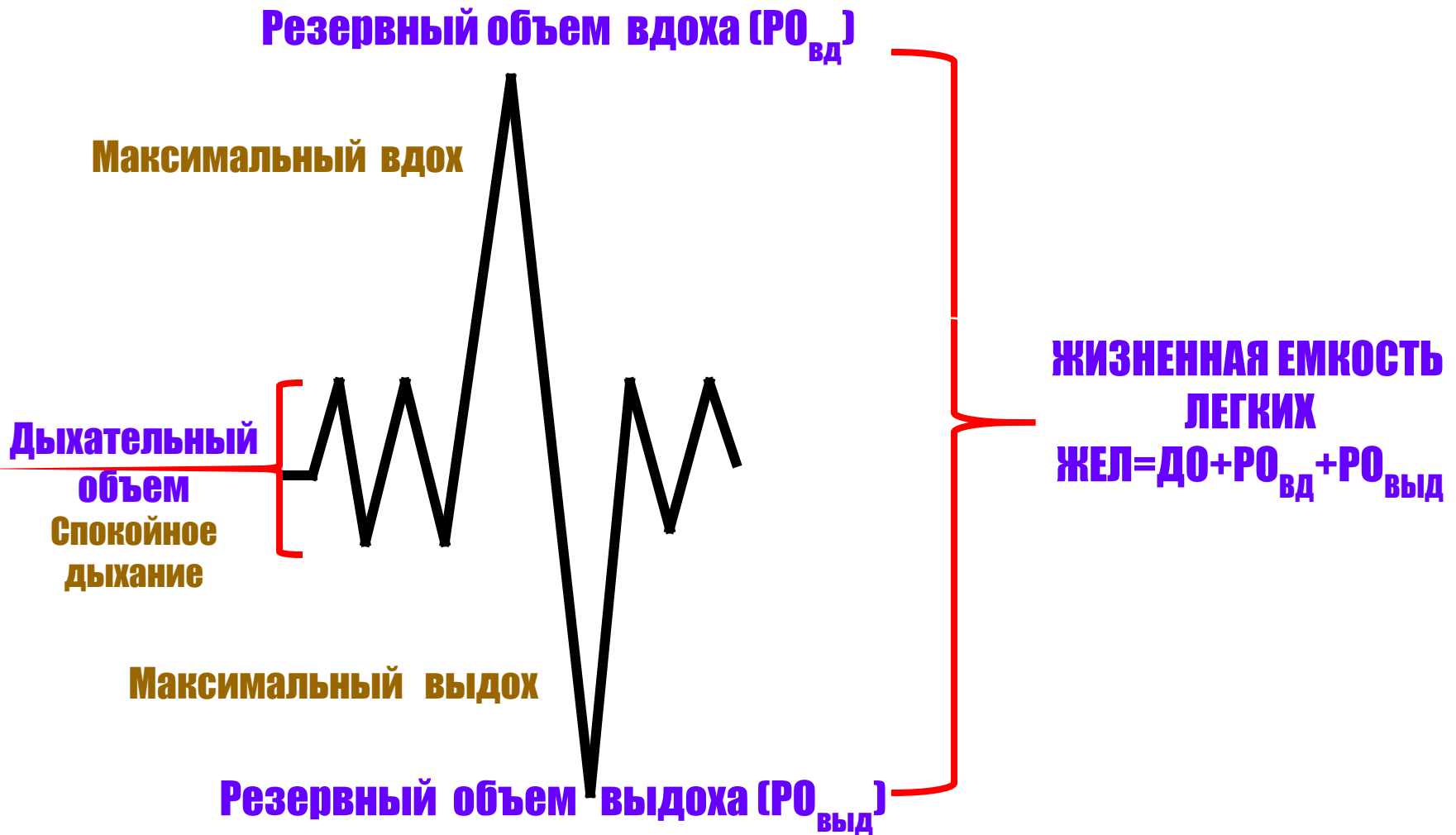


# Легочные емкости

- **Легочные емкости:**

- 1. Общая емкость легких – это ЖЕЛ + ОО (4-6 литров).
- 2. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) = ДО+РОвд.+РОвыд. (3,5-5 литров).
- 3. Функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ) = ОО+РОвыд. (2-3 литра).
- 4. Емкость вдоха (ЕВ) = ДО+РОвд. (2-3 литра).

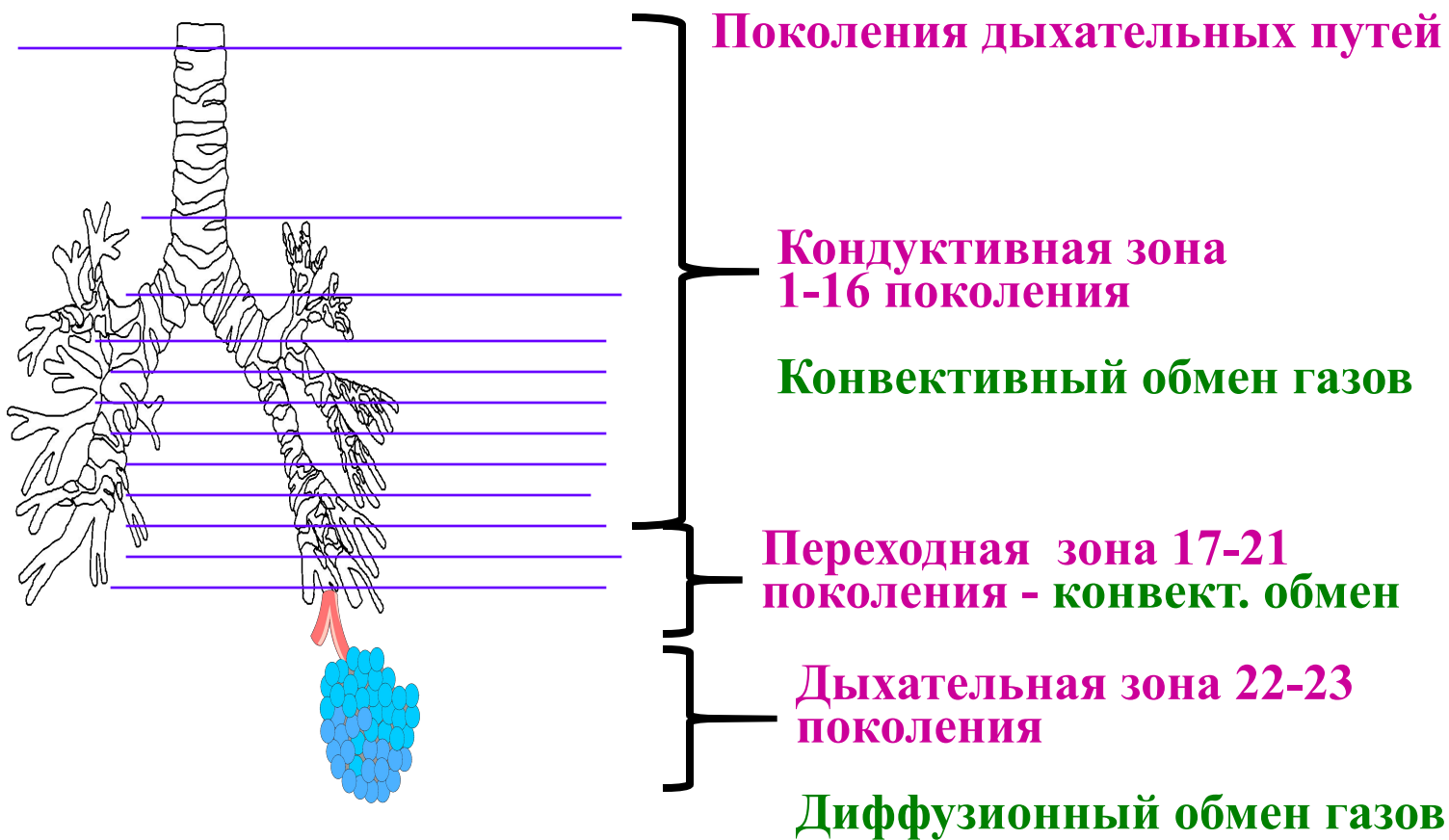
# Определение легочных объемов на спирограмме



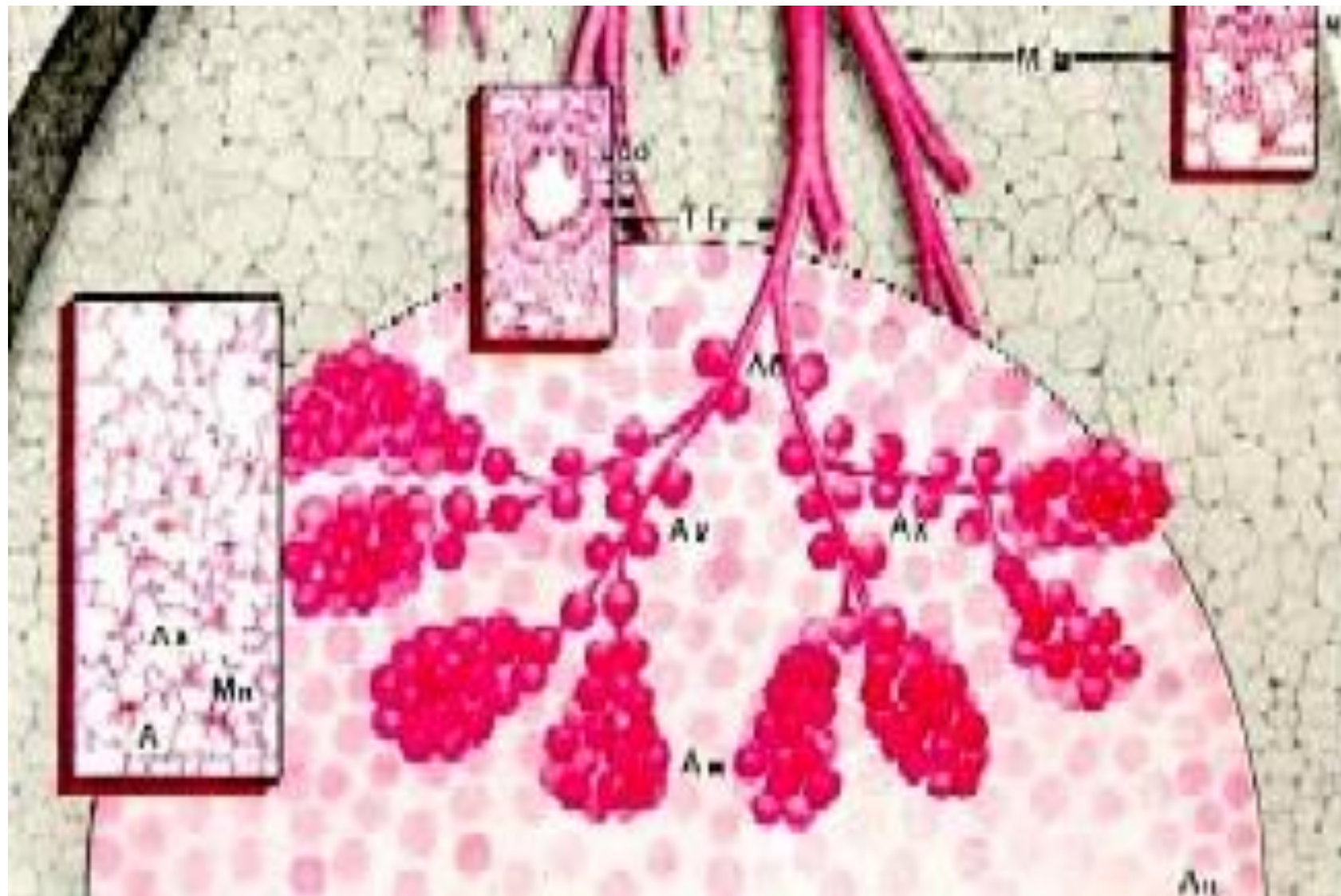
## Основные показатели вентиляции

- 1. Частота дыхания (ЧД) = 12-16/мин;
- 2. Минутный объем дыхания (МОД) =  $ДО \times ЧД = 5 - 9$  л;
- 3. Объем анатомического мертвого пространства (МП) = 140 мл;
- 4. Дыхательный альвеолярный объем (ДАО) =  $ДО - МП = (500 - 140 = 360)$  мл;
- 5. Коэффициент вентиляции альвеол (КВА) =  $ДАО / ФОЕ = (ДО - МП) / (ОО + РО_{\text{выдоха}}) = 360 / 2500 = 1/7$ ;
- 6. Минутная вентиляция легких (МВЛ) =  $(ДО - МП) \times ЧД = 3,5 - 4,5$  л.

# Ветвления и зоны трахеобронхиального дерева



# Респираторная зона



# ДИФФУЗИЯ ГАЗОВ В ЛЕГКИХ

- **Диффузией газа в легких** называют перенос его молекул через легочную мембрану - под влиянием разности парциального давления газов ( $O_2$  и  $CO_2$ ) в альвеолярном воздухе и напряжения этих газов в крови легочных капилляров.

# Парциальное давление

- Парциальное давление – это часть общего давления смеси газов, приходящаяся на отдельный газ (если бы он занимал весь объем смеси). Определяется по формуле:

$$P_{\text{ГАЗА}} = \frac{P_{\text{СМЕСИ}} \times C (\%)}{100\%}$$



# Содержание газов в альвеолярном воздухе и крови легочных капилляров

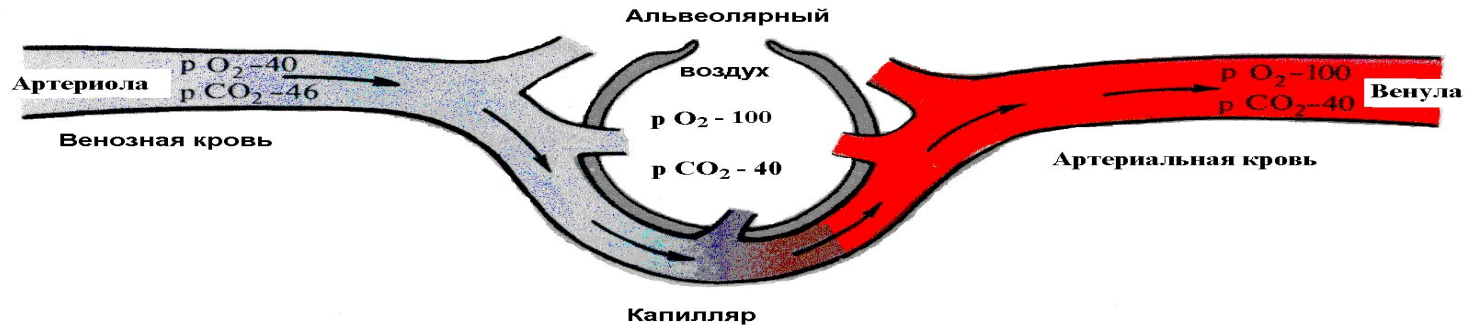
- Для кислорода:

- $P_{\text{альв.возд}} = 100$  мм рт.ст.
- $P_{\text{вен.крови}} = 40$  мм рт.ст.
- $P_1 - P_2 = 60$  мм рт.ст.

- Для  $\text{CO}_2$ :

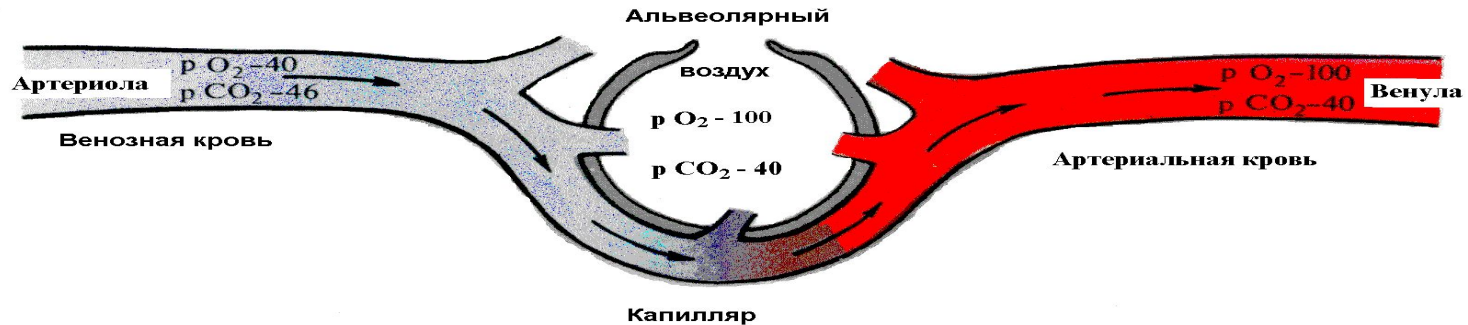
- $P_{\text{вен.крови}} = 46$  мм рт.ст.
- $P_{\text{альв.возд.}} = 40$  мм рт.ст.
- $P_1 - P_2 = 6$  мм рт.ст.
- Проницаемость легочной мембраны для  $\text{CO}_2$  в 25 раз выше, чем для  $\text{O}_2$ .

# Диффузия кислорода



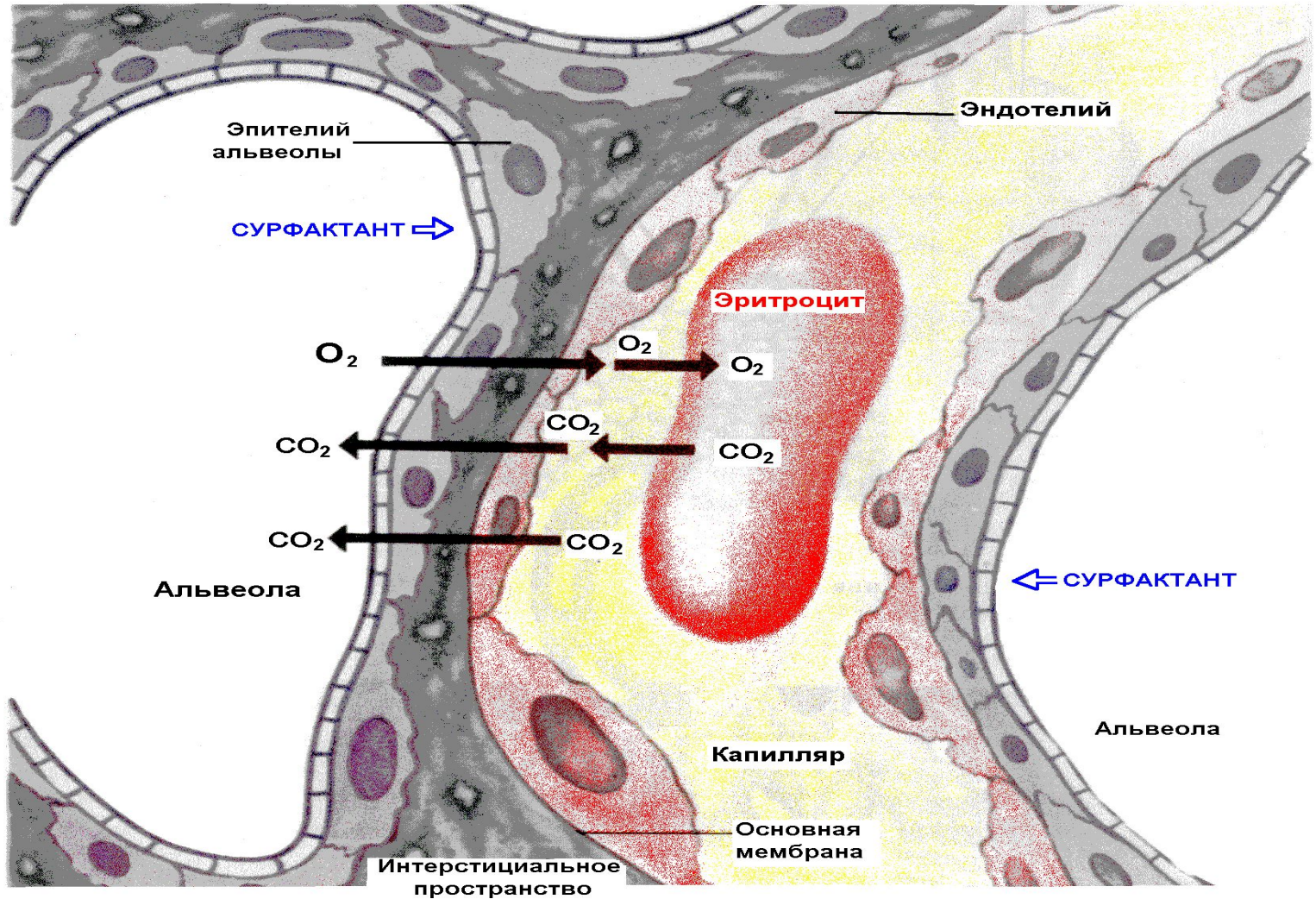
- В **альвеолярном** воздухе (14% кислорода) - парциальное давление кислорода составляет **100 мм рт.ст.**
- В крови **легочных капилляров** напряжение кислорода - **40 мм рт.ст.**
- Градиент (т.е. разность) давлений, обеспечивающий диффузию кислорода равен **100-40=60 мм рт.ст.**

# Диффузия углекислого газа



- В **альвеолярном** воздухе парциальное давление  $CO_2$  составляет **40 мм рт.ст.**
- В крови **легочных капилляров** напряжение  $CO_2$  - **46 мм рт.ст.**
- Градиент давлений, обеспечивающий диффузию  $CO_2$  -  **$46 - 40 = 6$  мм рт.ст.**

# АЭРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР



# ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЛЕГКИХ

<b>ЗОНА Легких</b>	<b>Кровоток на % объема</b>	<b>Вентиляция на % объема</b>	<b>ВПК</b>	<b>P O<sub>2</sub> в крови ( Hg)</b>
<b>1 Верхушки</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>3,0</b>	<b>120<sup>мм</sup></b>
<b>2 Средняя</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,8</b>	<b>98</b>
<b>3 Основания</b>	<b>0,1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,7</b>	<b>92</b>

•  
• **Соотношение вентиляции и перфузии в разных отделах легких. Распределение вентиляционно-перфузионного коэффициента (ВПК)**



# Транспорт O<sub>2</sub> кровью

- В основном транспорт кислорода осуществляется в виде **оксигемоглобина**. Лишь незначительная часть O<sub>2</sub> физически растворяется в плазме крови.
- **Кислородная ёмкость крови** – **максимальное** количество кислорода, которое может связать единица объема крови (1 л крови связывает 180-200 мл кислорода).

# Транспорт $\text{CO}_2$ кровью

- **Углекислый газ транспортируется кровью:**
  - В основном в виде солей угольной кислоты – **бикарбонатов** натрия и калия (60%).
  - В виде угольной кислоты (2%).
  - В эритроцитах – связывается с гемоглобином – **карбгемоглобин** (5%).
  - В физически растворенном в плазме состоянии (4,5%).



# Диффузия $O_2$ в тканях

- В тканях происходит **диссоциация оксигемоглобина**. Этому способствует разность напряжения кислорода в крови и тканях.
- Гемоглобин отдает кислород тканям и присоединяет образовавшийся в тканях углекислый газ.
- Способствует диссоциации оксигемоглобина: накопление  $CO_2$  в тканях; закисление среды; повышение температуры; АТФ; 2,3-дифосфоглицерат.

# Диффузия $\text{CO}_2$ в тканях

- Напряжение  $\text{CO}_2$  в тканях составляет 60-80 мм рт.ст., а в артериальной крови – 40 мм рт.ст. Поэтому по градиенту напряжения  $\text{CO}_2$  переходит из тканей в кровь.
- Небольшая его часть остается в плазме в физически растворенном виде.
- Большая часть  $\text{CO}_2$  в эритроцитах соединяется с водой, образуя **угольную кислоту**.
- Угольная кислота диссоциирует на  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ , который затем связывает  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ , образуя **соли (бикарбонаты K и Na)**.