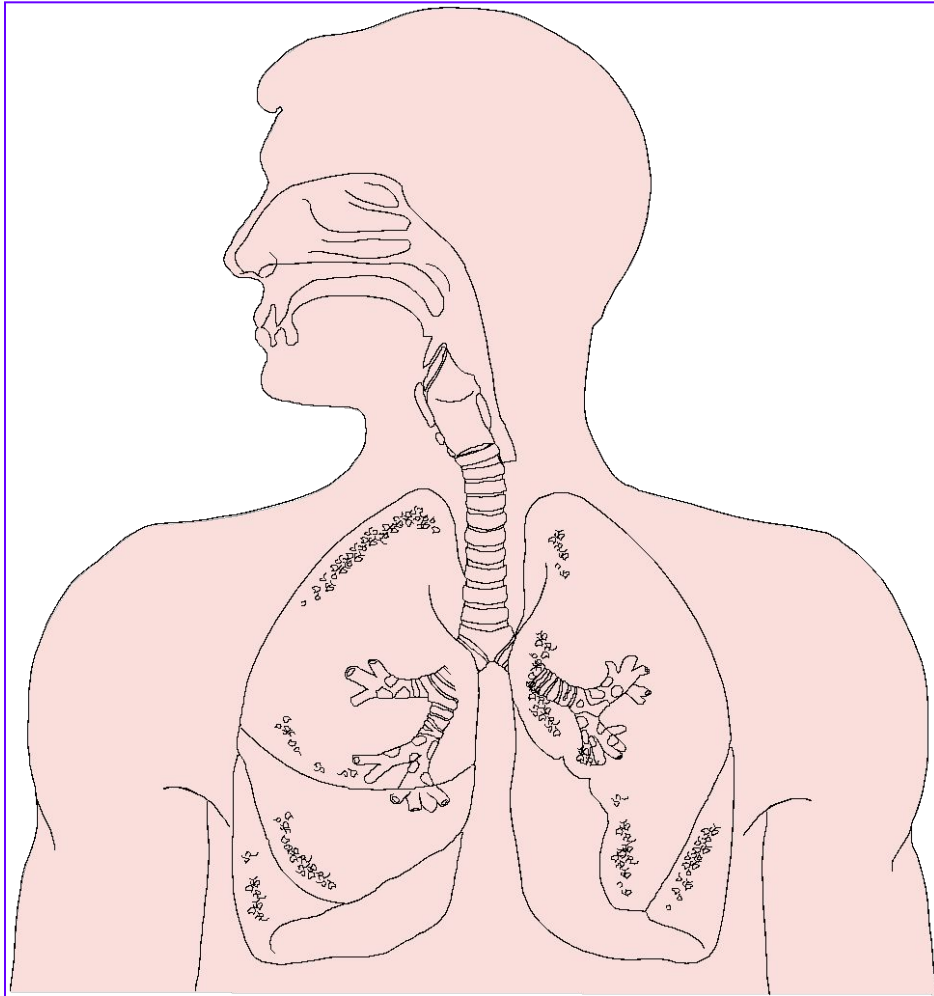


•
•
•

КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ ДГМА



- Тема лекции:
- **ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ**

Определение

- **Дыхание** - совокупность процессов, обеспечивающих поступление во внутреннюю среду организма **кислорода**, использование его для **окислительных процессов**, и **удаление** из организма **углекислого газа**.

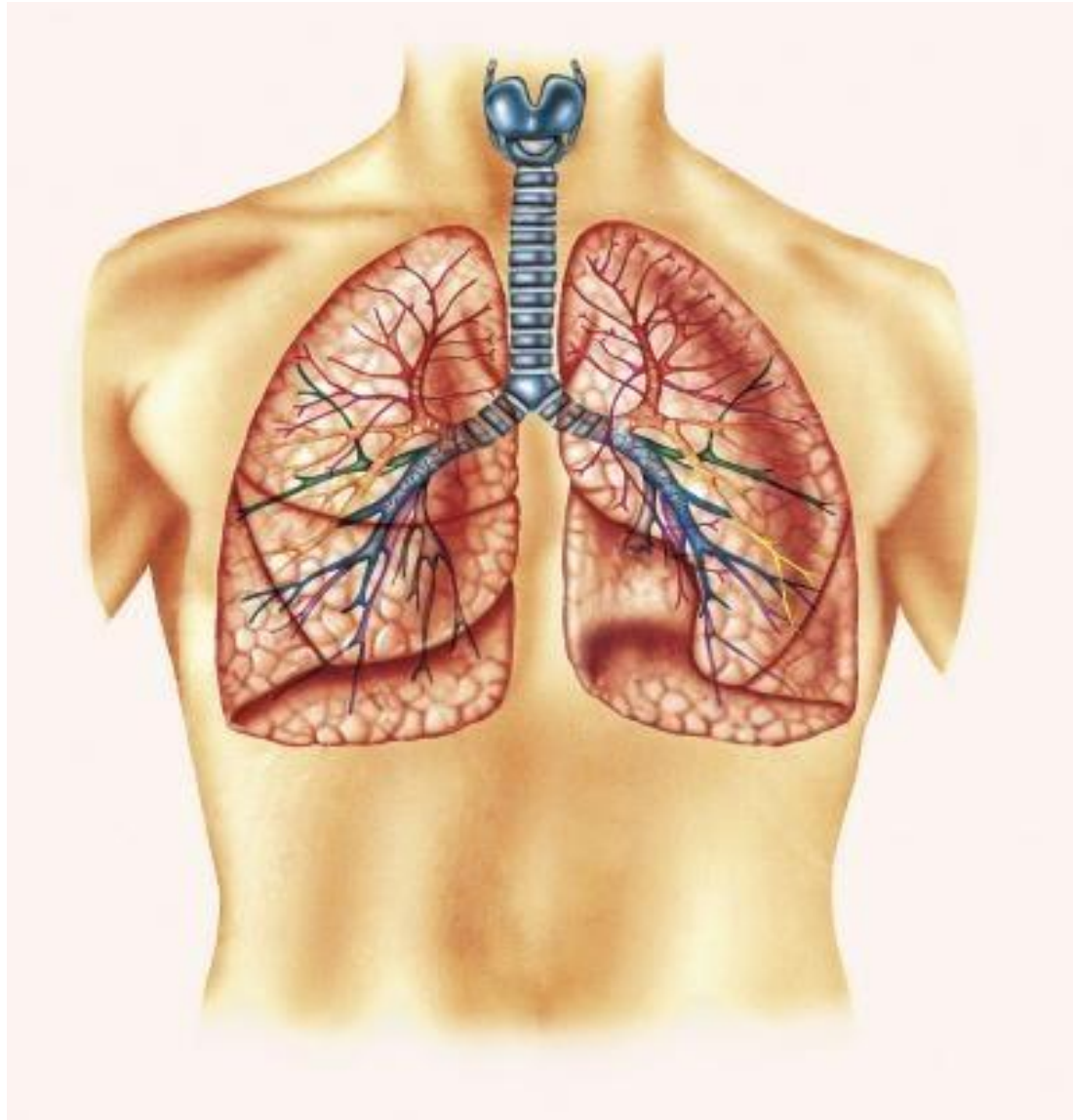
• **ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ:**

- **Внешнее или легочное дыхание** (включает в себя: а) газообмен между внешней средой и альвеолярным воздухом; б) газообмен между альвеолярным воздухом и кровью капилляров легких)
- **Транспорт газов кровью**
- **Тканевое дыхание** (диффузия газов в тканях и внутриклеточное дыхание).

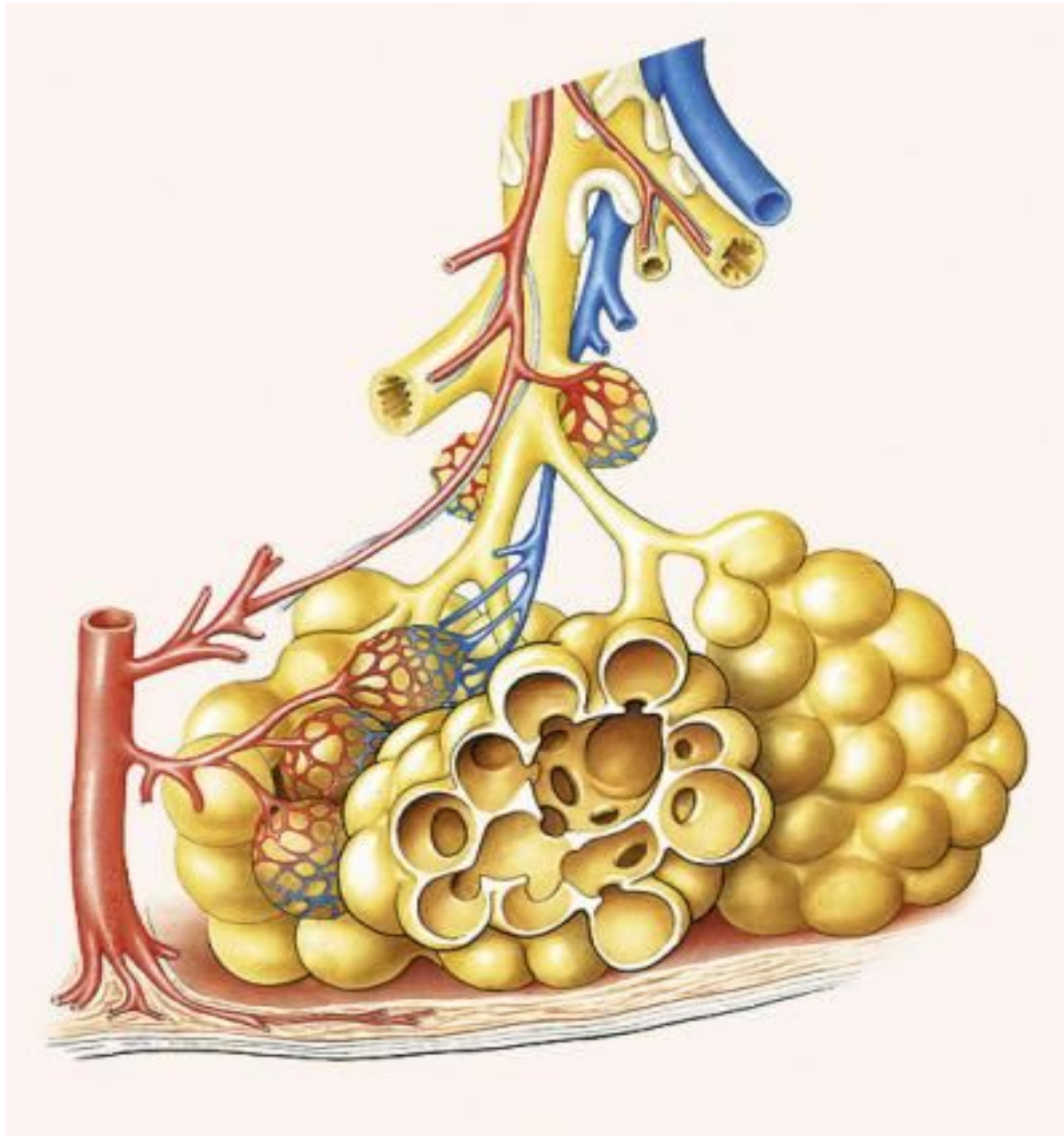
Структура аппарата внешнего дыхания

- 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.

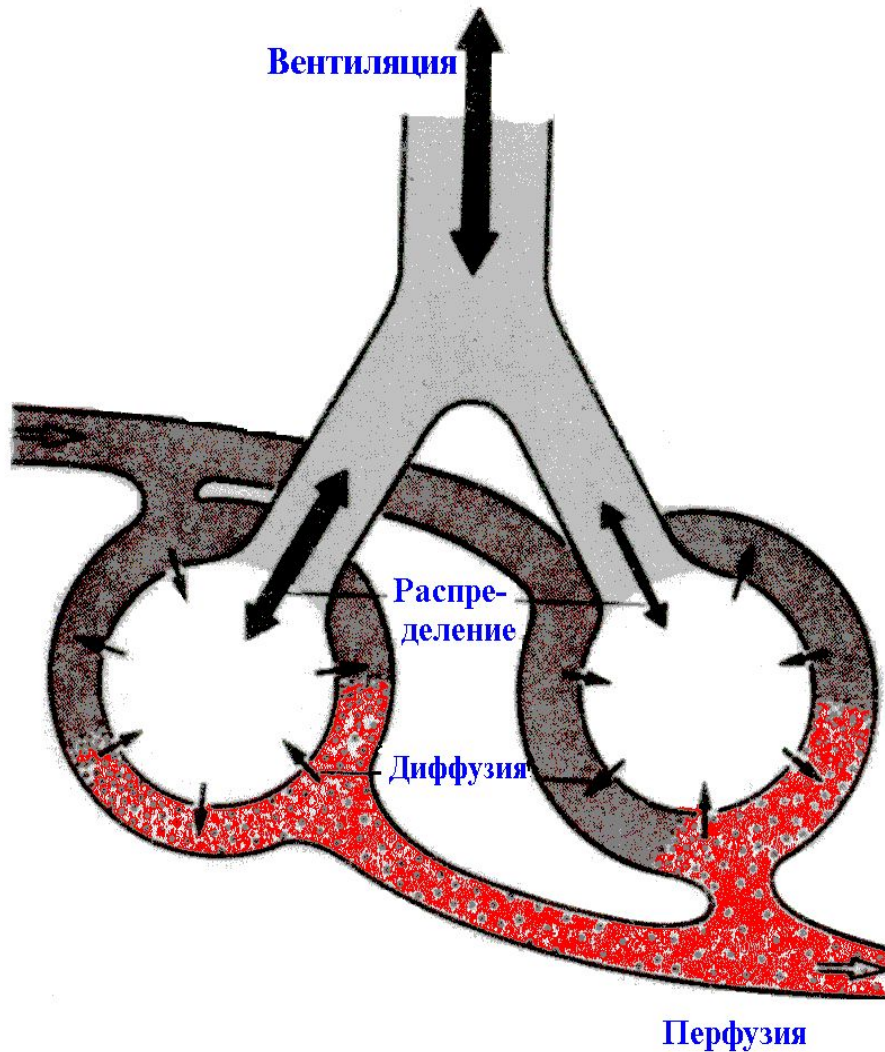
ГОРТАНЬ, ТРАХЕЯ И БРОНХИ



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



Внешнее дыхание включает:



3 процесса:

- Вентиляция легких (за счет вдоха и выдоха)
- Диффузия газов в легких
- Перфузия легких кровью

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**.

КОСТНО-МЫШЕЧНЫЙ КАРКАС

**МЫШЦЫ ВДОХА
(ИНСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

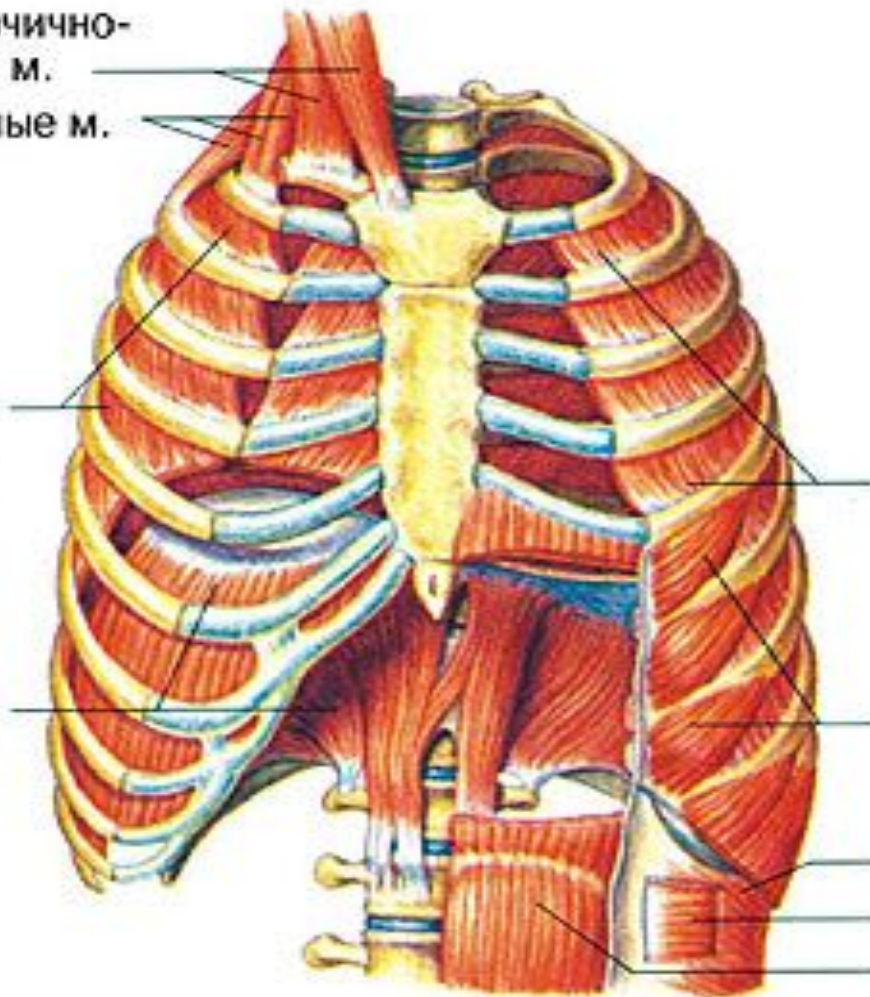
**МЫШЦЫ ВЫДОХА
(ЭКСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

Грудино-ключично-сосцевидная м.

Лестничные м.

Наружные межреберные м.

Диафрагма



Внутренние межреберные м.

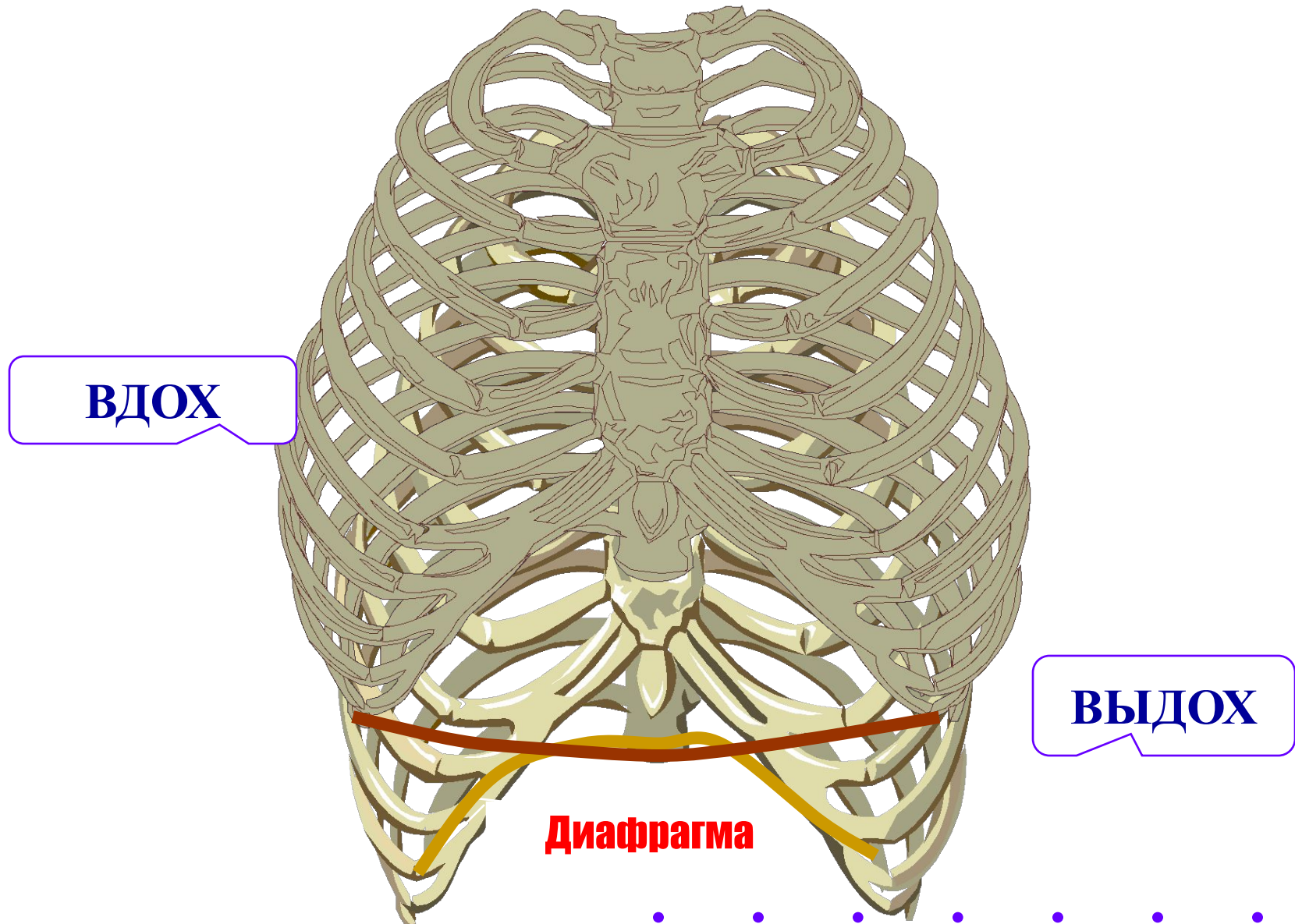
Наружная косая м. живота

Внутренняя косая м. живота

Поперечная м. живота

Прямая м. живота

Изменения грудной клетки при вдохе и выдохе



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.

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 препятствуют спадению мелких альвеол.

Легочные объемы и емкости

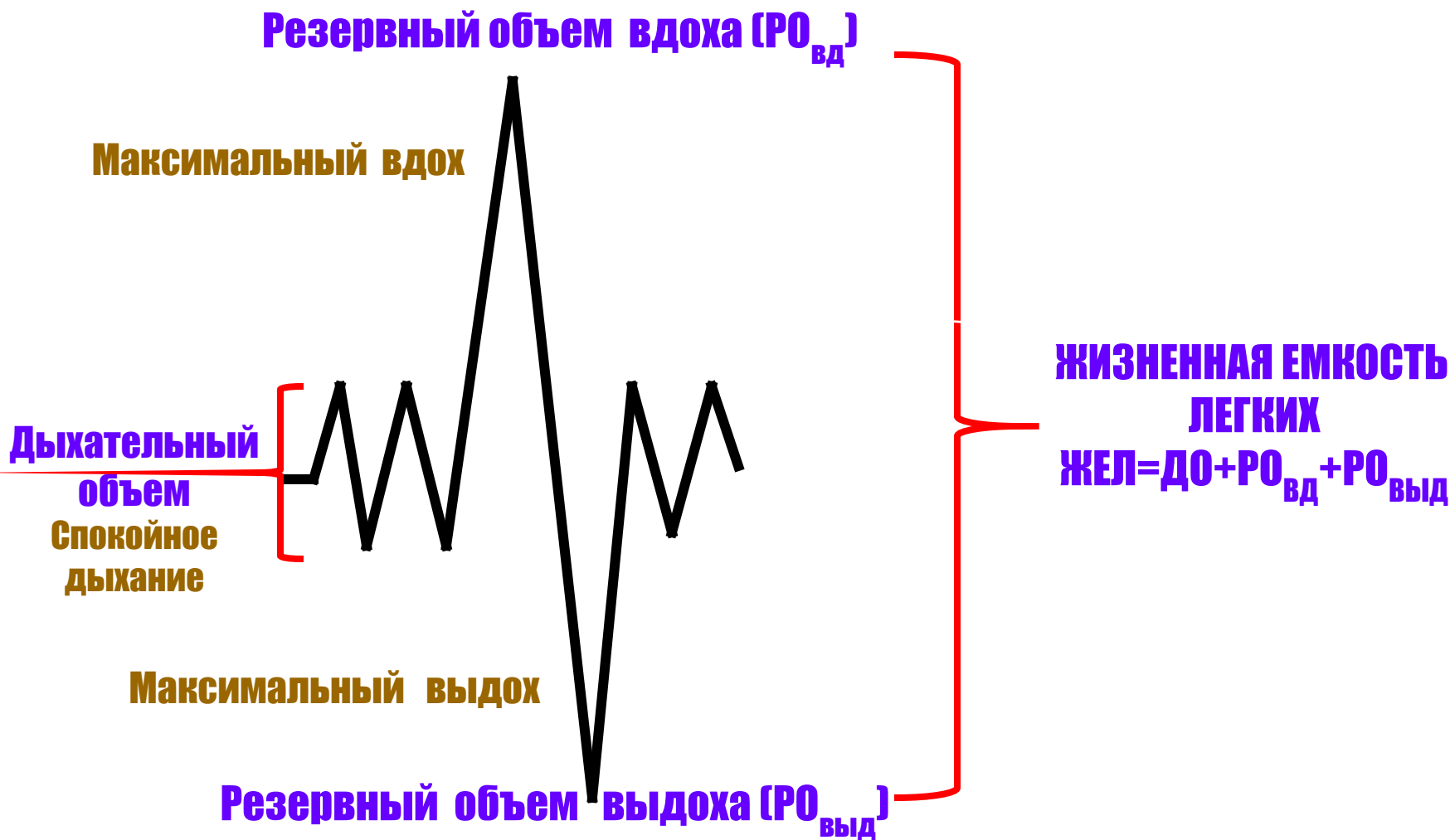
• Легочные объемы:

- 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

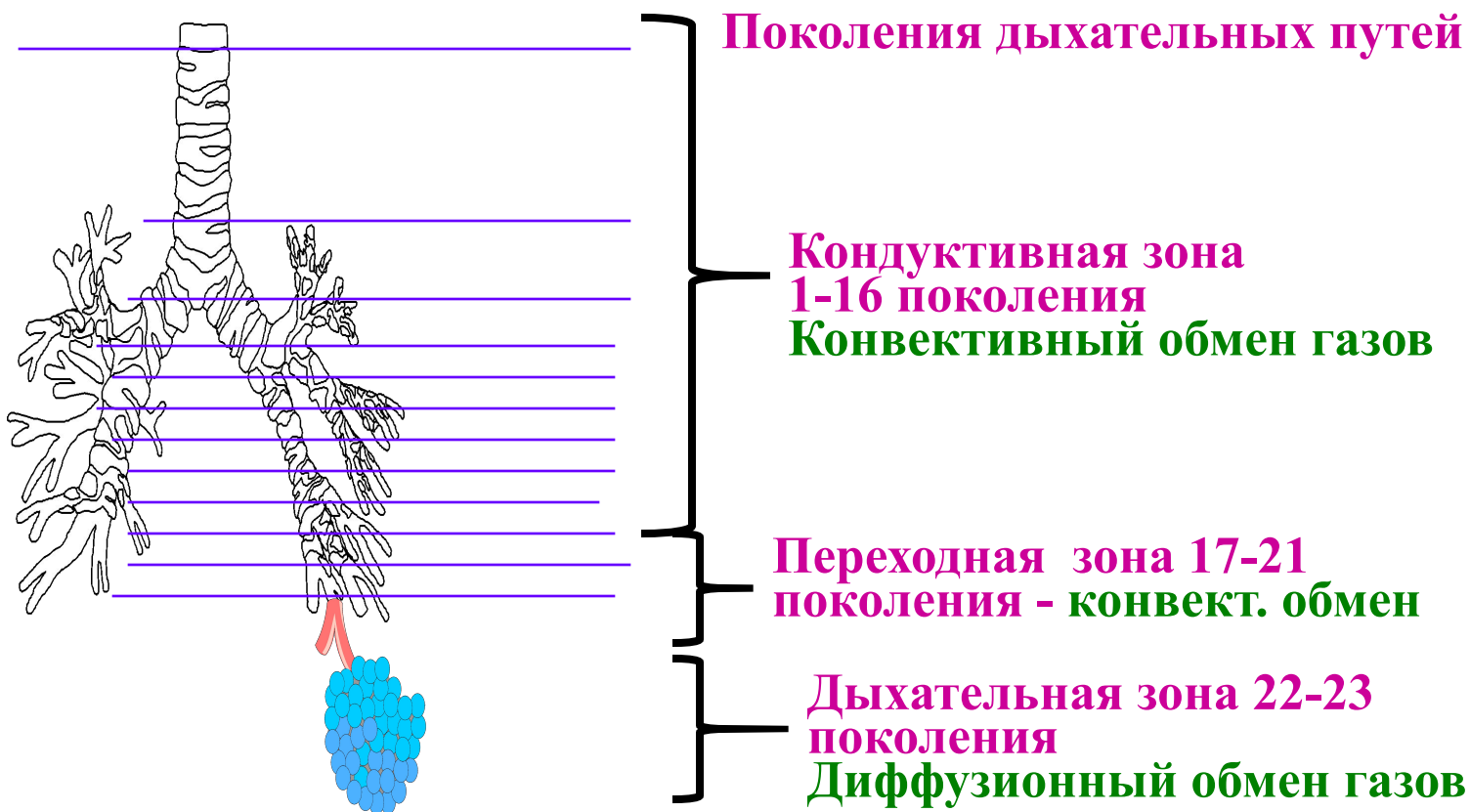
Определение легочных объемов на спирограмме



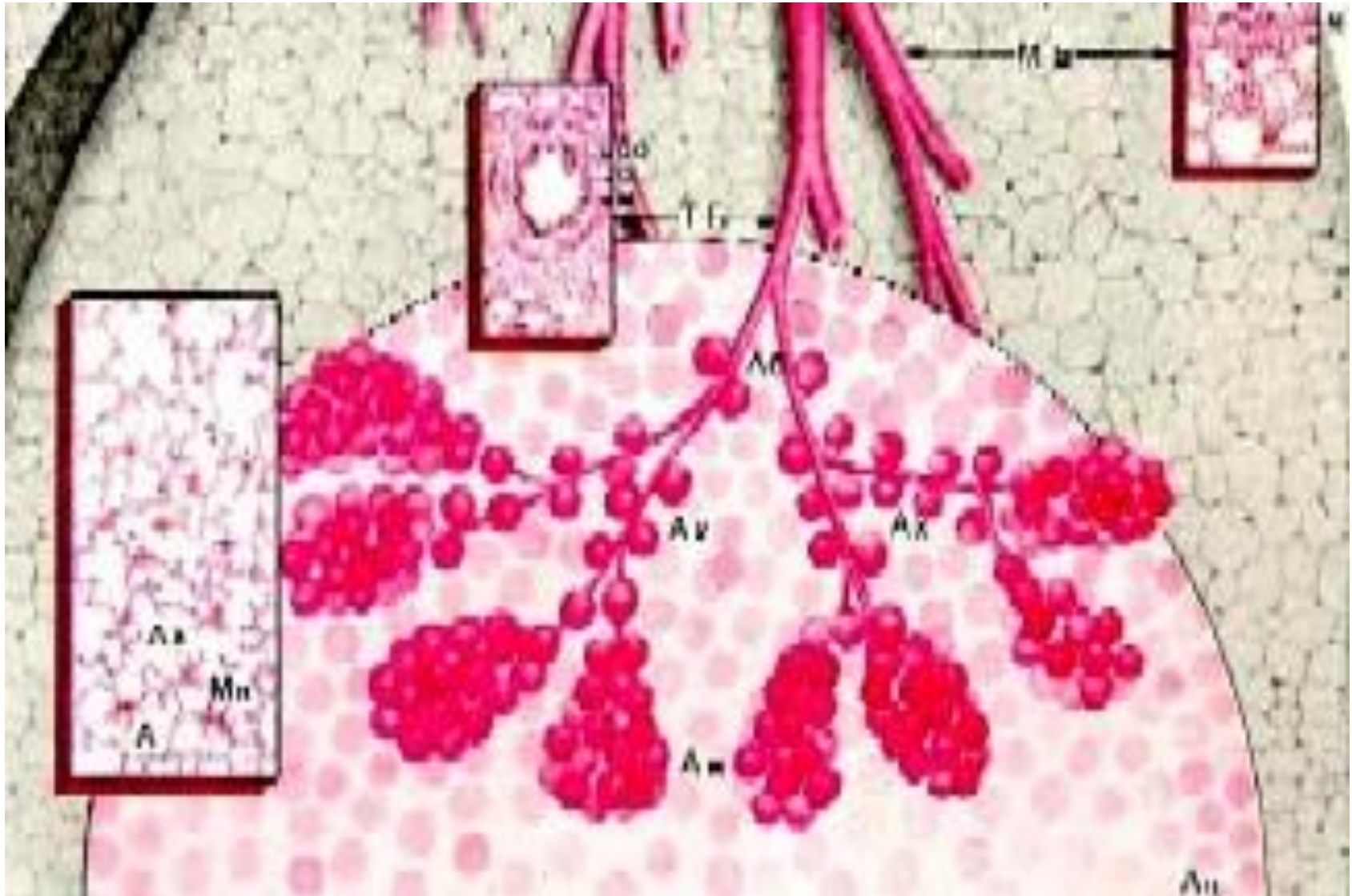
Основные показатели вентиляции

- 1. Частота дыхания (ЧД) = 12-16/мин;
- 2. Минутный объем дыхания (МОД) = ДО x 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) = $\frac{\text{ДАО}}{\text{ФОЕ}} = \frac{(\text{ДО} - \text{МП})}{\text{ОО} + \text{РО}_{\text{выдоха}}} = \frac{360}{2500} = 1/7$;
- 6. Минутная вентиляция легких (МВЛ) = (ДО - МП) x 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 - 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

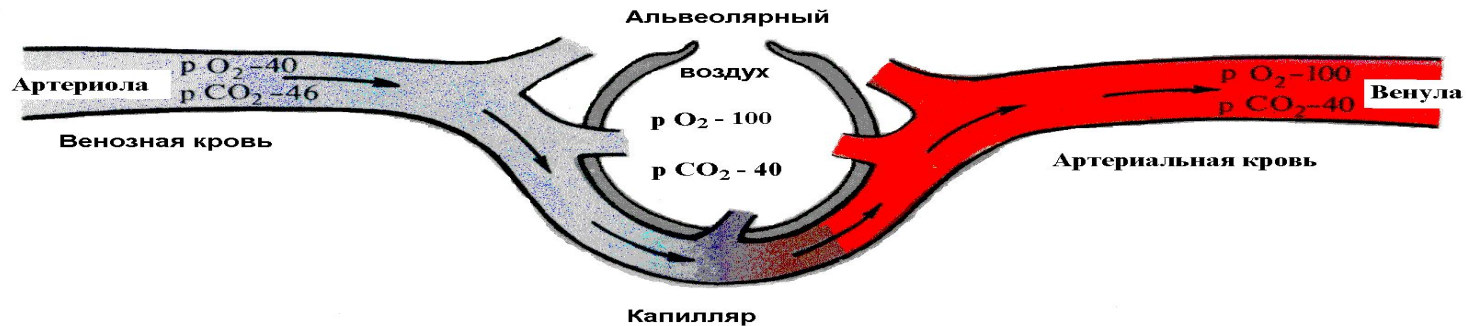
- Для кислорода:

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

- Для CO_2 :

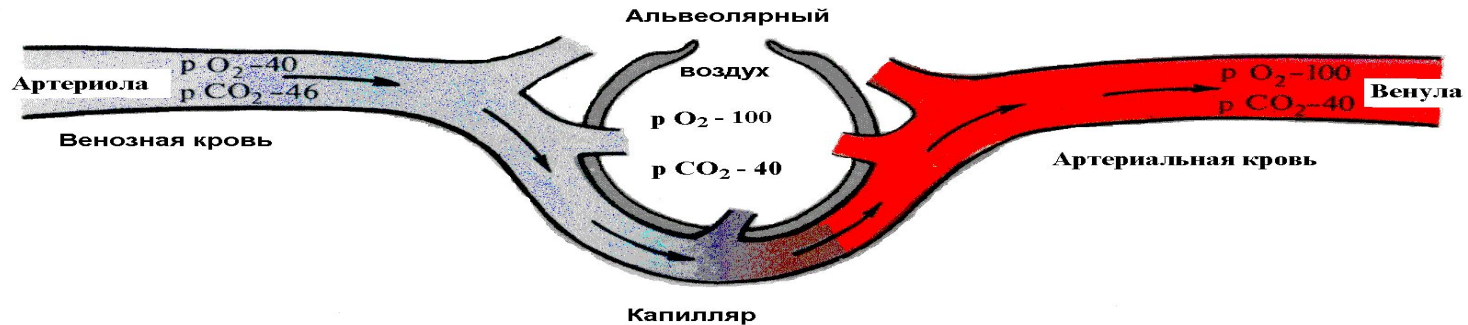
- $P_{\text{вен.крови}} = 46 \text{ мм Hg}$
- $P_{\text{альв.возд.}} = 40 \text{ мм Hg}$
- $P_1 - P_2 = 6 \text{ мм рт.ст.}$
- Проницаемость легочной мембраны для CO_2 в 25 раз выше, чем для O_2 .

Диффузия кислорода



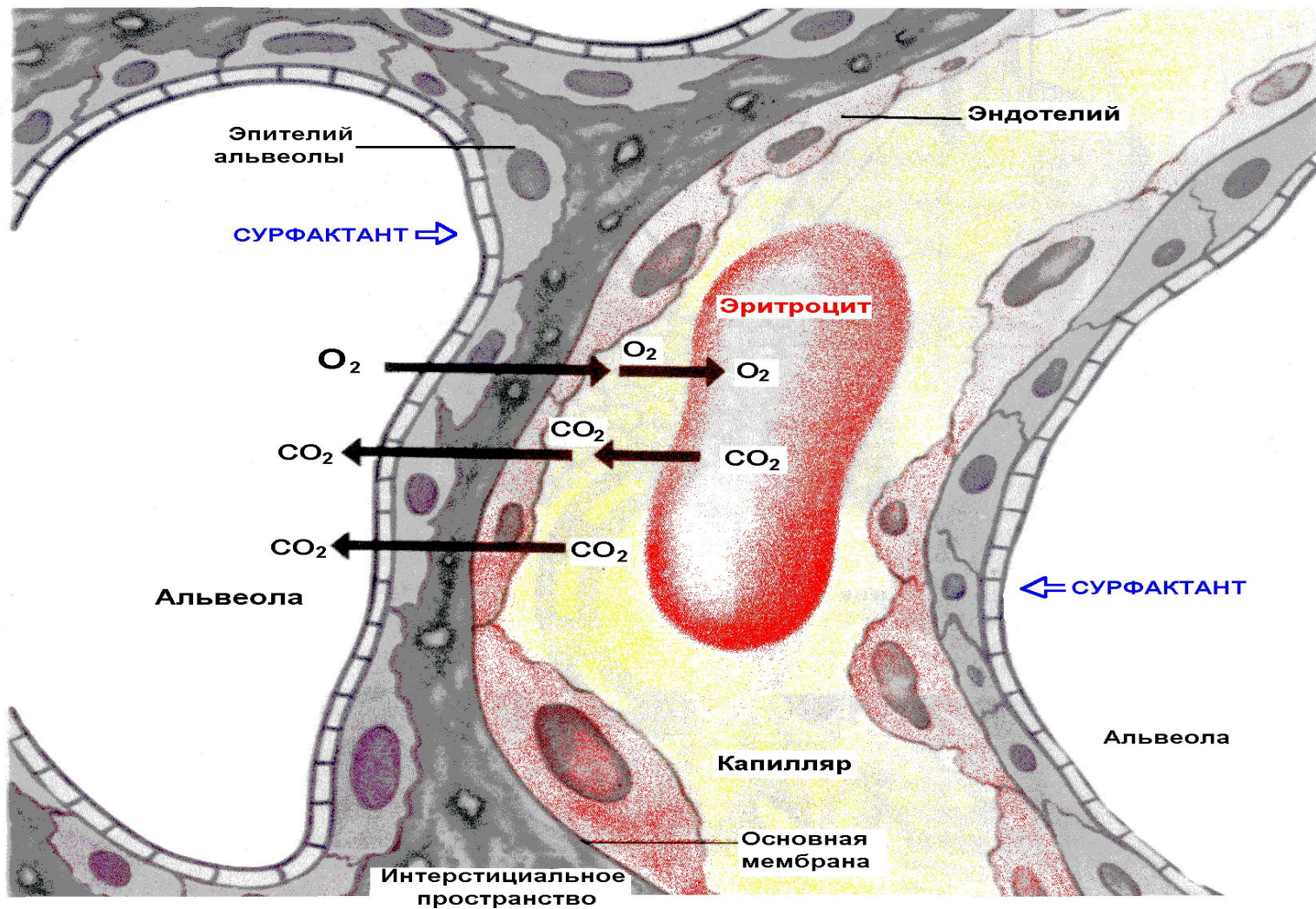
- P_{O_2} в атмосферном воздухе (21% от 760) - 159 мм рт.ст.
- В альвеолярном воздухе (14% кислорода) - парциальное давление кислорода составляет 100 мм рт.ст.
- В венозной крови легочных капилляров напряжение кислорода - 40 мм рт.ст.
- Градиент давлений, обеспечивающий диффузию кислорода равен $100 - 40 = 60$ мм рт.ст.

Диффузия углекислого газа



- Содержание CO₂ в атмосферном воздухе 0,3%.
- В альвеолярном воздухе парциальное давление CO₂ составляет 40 мм рт.ст.
- В венозной крови легочных капилляров напряжение CO₂ - 46 мм рт.ст.
- Градиент давлений, обеспечивающий диффузию CO₂ - 46-40=6 мм рт.ст.

АЗРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР



ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЛЕГКИХ

ЗОНА Легких	Кровоток на % объема	Вентиляция на % объема	ВПК	P O₂ в крови (Hg)
1 Верхушки	0,01	0,03	3,0	120^{мм}
2 Средняя	0,06	0,05	0,8	98
3 Основания	0,1	0,07	0,7	92

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



Транспорт O_2 кровью

- **Кислород** незначительно растворяется в плазме крови. В основном транспорт кислорода осуществляется в виде **оксигемоглобина**.
- **Кислородная ёмкость крови** – максимальное количество крови, которое может связать единица объема крови (1 л крови связывает 180-200 мл кислорода).

Транспорт CO_2 кровью

- **Углекислый газ** распространяется 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 вследствие разности 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 CO_2 в тканях

- Напряжение CO_2 в тканях составляет 60-80 мм рт.ст. В артериальной крови – 40 мм рт.ст. Поэтому по градиенту напряжения CO_2 переходит из тканей в кровь.
- Небольшая его часть остается в плазме в физически растворенном виде.
- Углекислый газ в эритроцитах соединяется с водой, образуя угольную кислоту.
- Некоторое увеличение CO_2 в крови благоприятно влияет на организм: увеличивается кровоснабжение мозга и миокарда, активизируется деятельность дыхательного и сосудодвигательного центров.