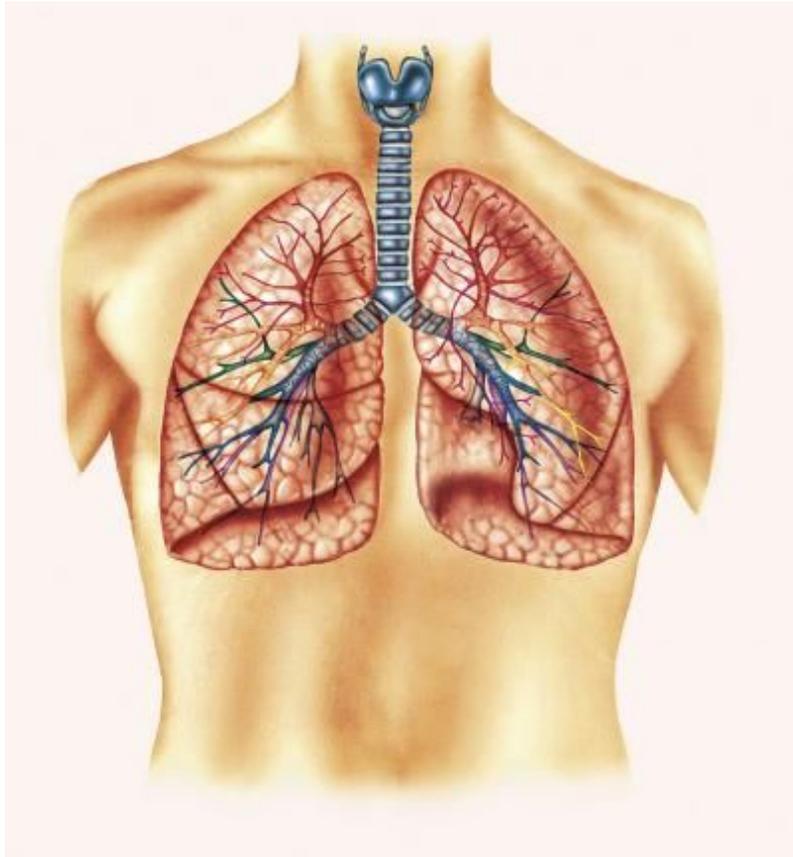


•  
•  
•

# КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ СОГМА



- Тема лекции:
- **ФИЗИОЛОГИЯ  
ДЫХАНИЯ.**
- **ВНЕШНЕЕ  
ДЫХАНИЕ**

# ДЫХАНИЕ

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

*(Из древних индийских трактатов)*

⋮

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ

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



- **ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ:**

- **-ВНЕШНЕЕ или ЛЕГОЧНОЕ ДЫХАНИЕ**
- **- ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ**
- **- ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ**

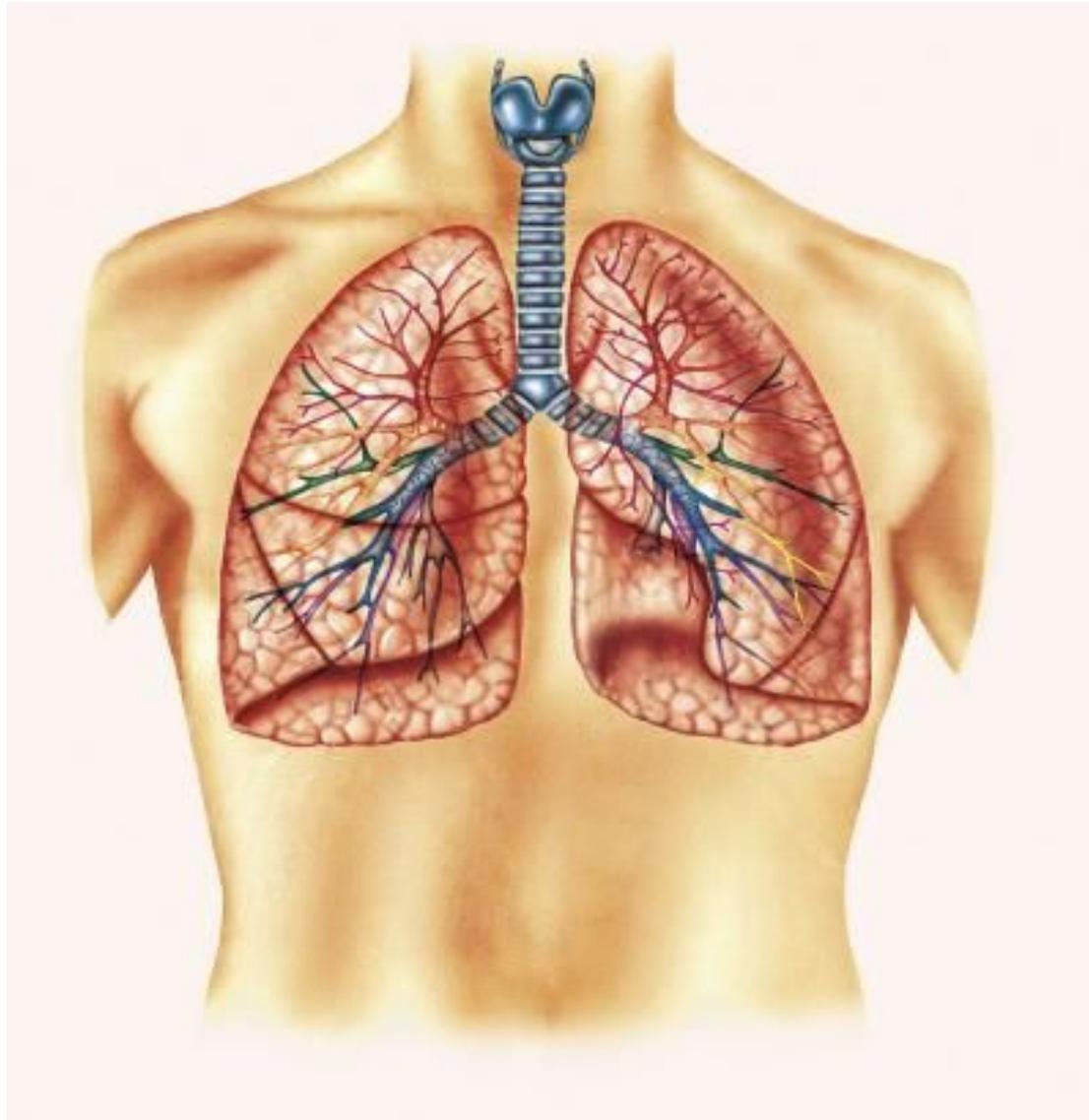




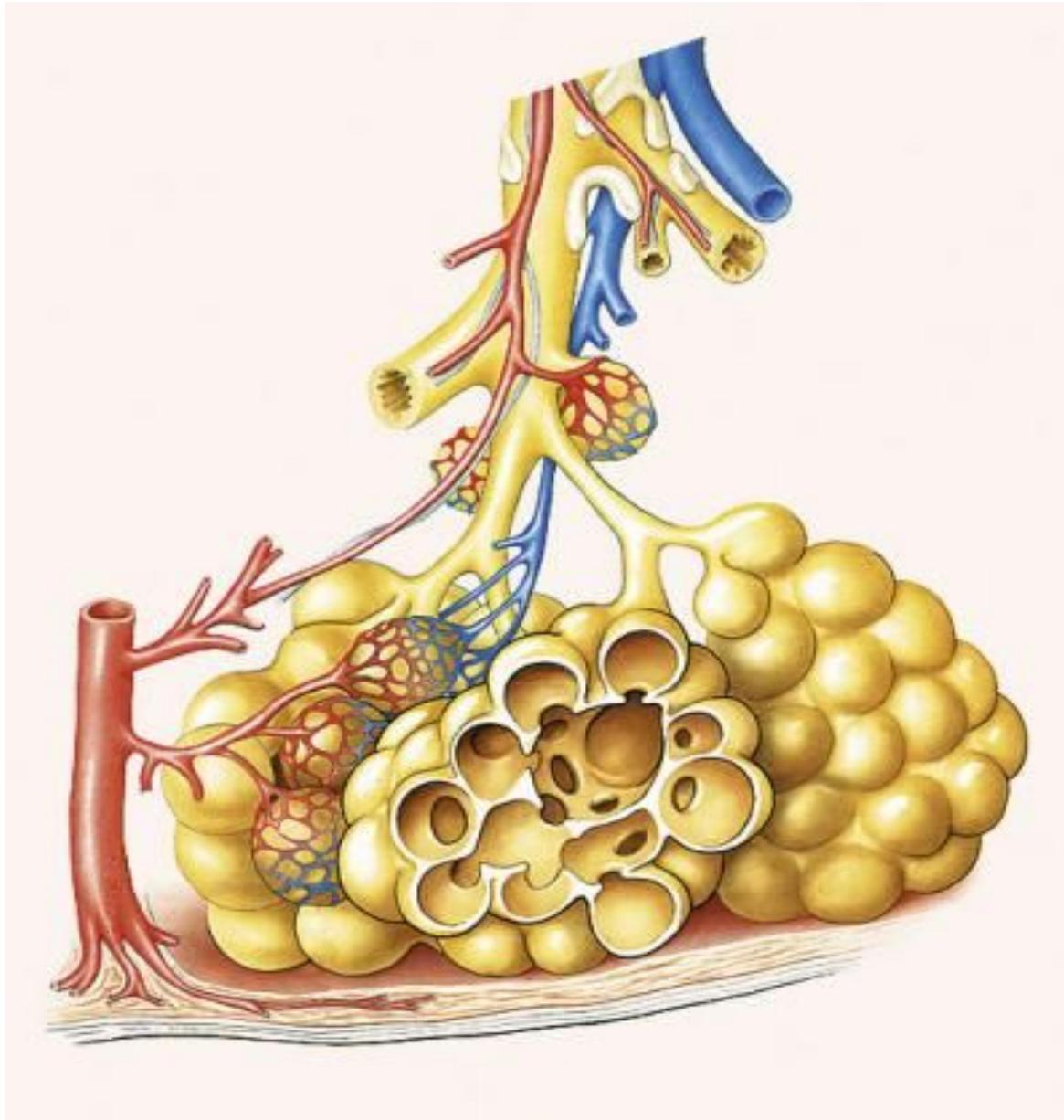
# **Структура аппарата внешнего дыхания**

- **1. Воздухоносные пути 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**



# КОСТНО-МЫШЕЧНЫЙ КАРКАС

**МЫШЦЫ ВДОХА  
(ИНСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

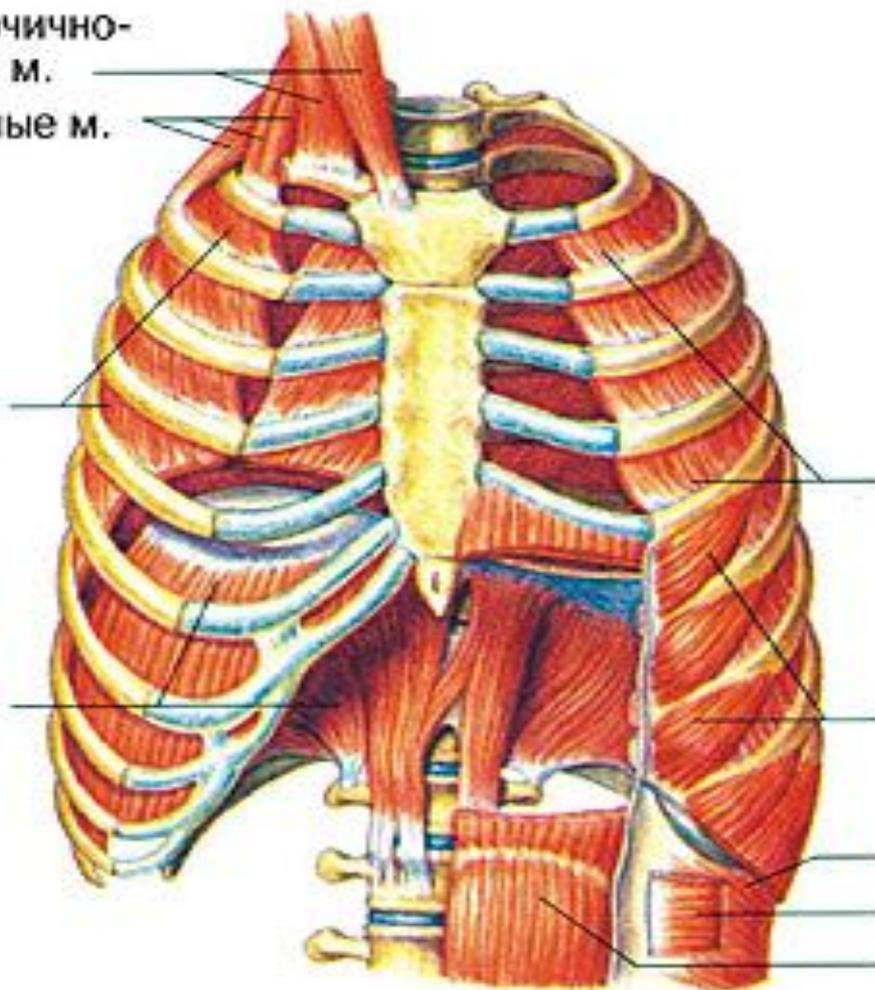
**МЫШЦЫ ВЫДОХА  
(ЭКСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

Грудино-ключично-сосцевидная м.

Лестничные м.

Наружные межреберные м.

Диафрагма



Внутренние межреберные м.

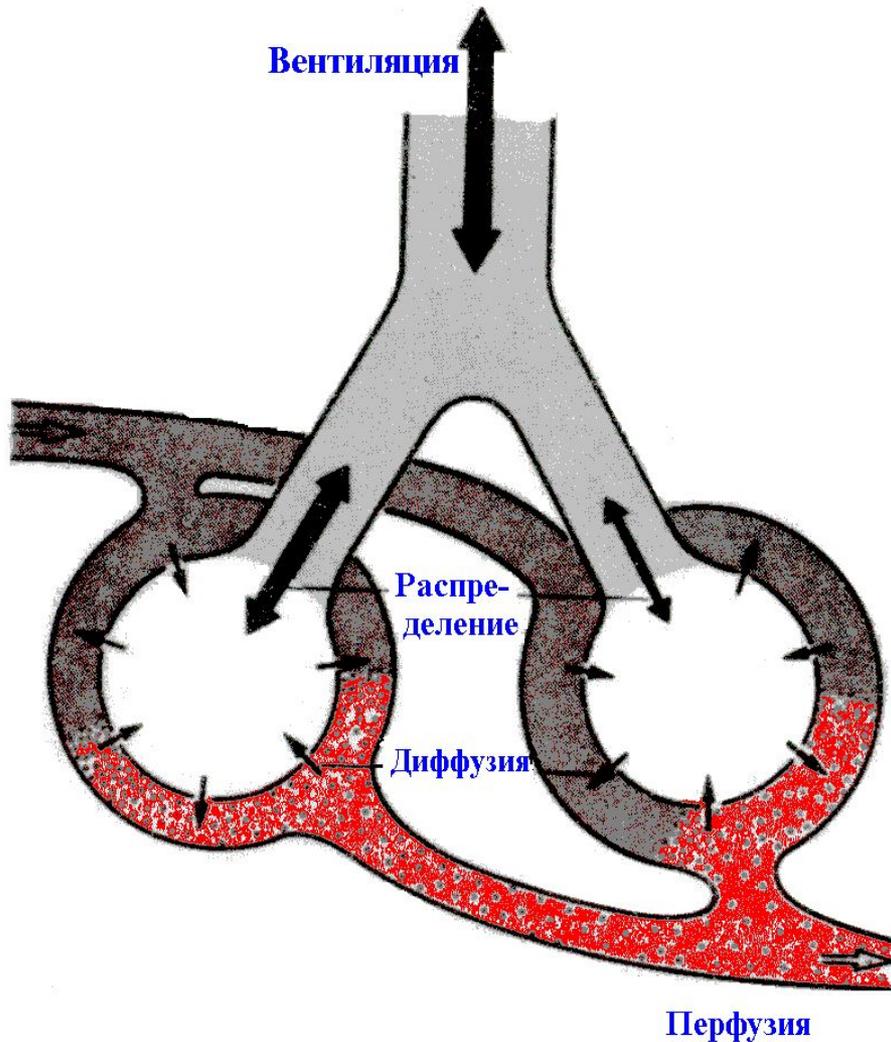
Наружная косая м. живота

Внутренняя косая м. живота

Поперечная м. живота

Прямая м. живота

# Внешнее дыхание



• 3 ПРОЦЕССА:

• - Вентиляция

• - Диффузия

• - Перфузия

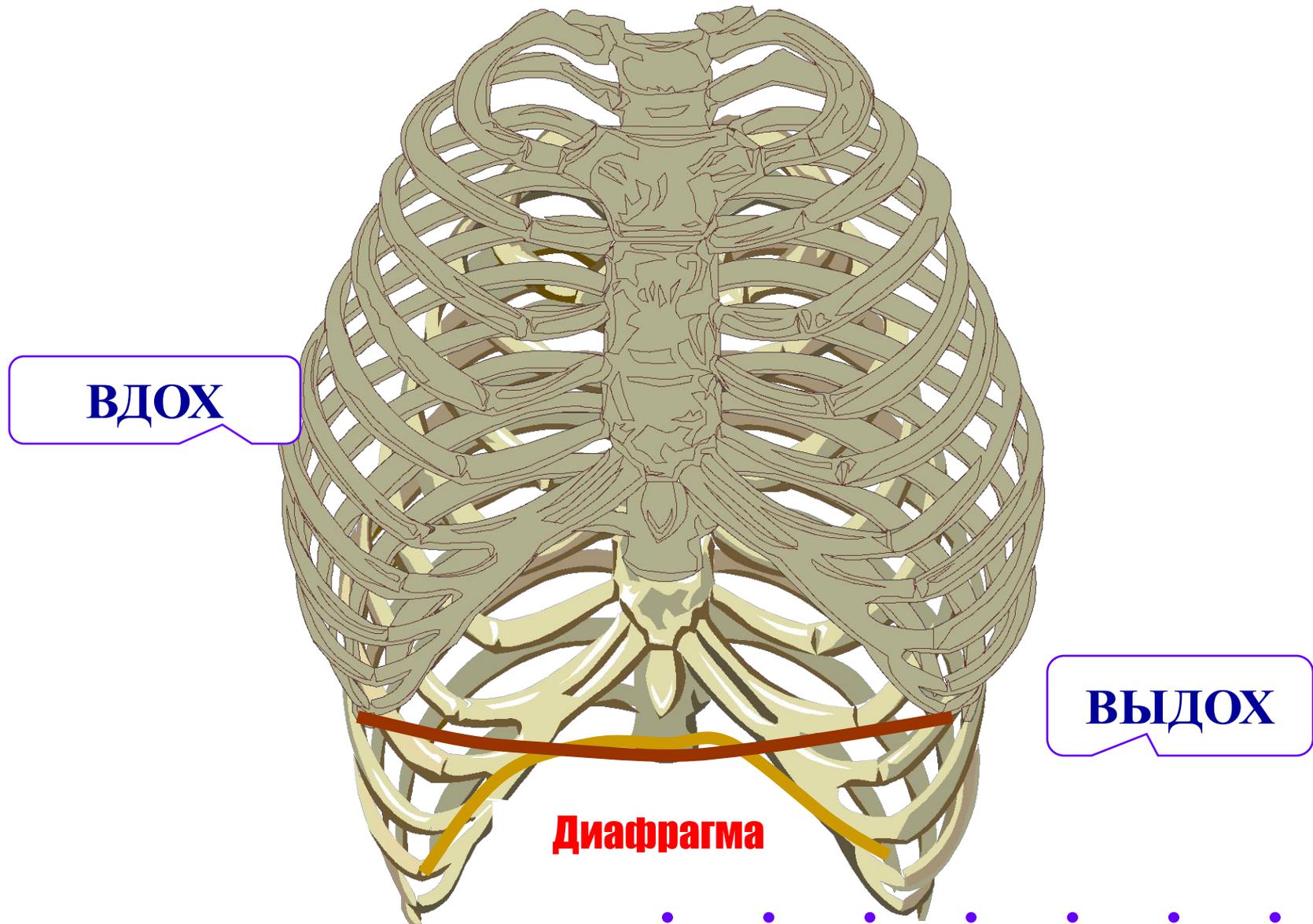
•  
•  
•

# **Что такое вентиляция ?**

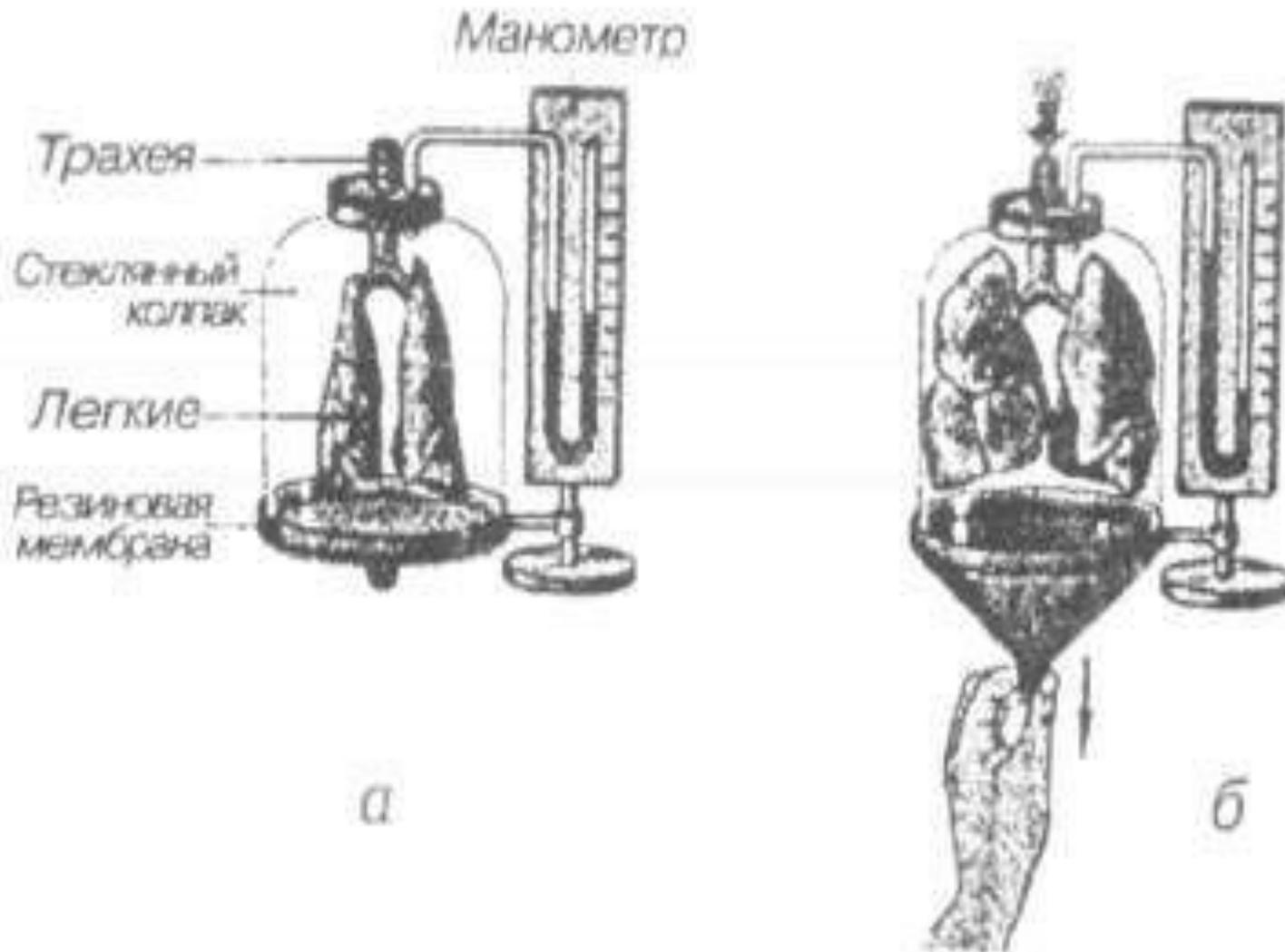
**Вентиляция – периодическая,  
благодаря вдоху и выдоху, смена  
части воздуха в легких, в том  
числе в альвеолах**

• • • • • • • • • •

# Изменения грудной клетки при вдохе и выдохе

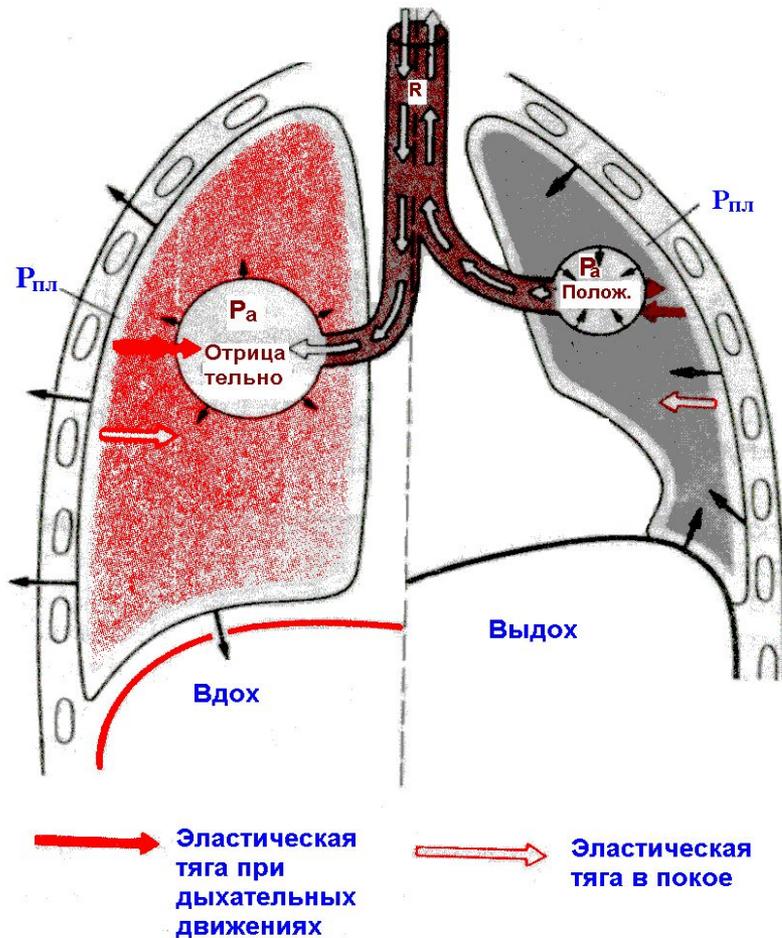


# Классическая модель Дондерса





# Механизм вдоха и выдоха



- Транспульмональное давление:  
 $P_{\text{трп}} = P_{\text{альв}} - P_{\text{плевр}}$
- На вдохе  $P_{\text{плевр}} = -9 \text{ мм Нг}$
- Перед вдохом  $P_{\text{плевр}} = -3 \text{ мм Нг}$
- На выдохе  $P_{\text{плевр}} = +4-10 \text{ мм Нг}$
- Трансреспираторное давление:  
 $P_{\text{трр}} = P_{\text{альв.}} - P_{\text{внешн.}}$
- На вдохе:  $P_{\text{трр}} = 756 - 760 = -4 \text{ мм Нг}$   
На выдохе:  $P_{\text{трр}} = 764 - 760 = +4 \text{ мм Нг}$
- Эластическая тяга дыхания = эластическая тяга легких + эластическая тяга грудной клетки

**СУРФАКТАНТ** - смесь поверхностно-активных веществ, выстилающая лёгочные альвеолы изнутри. Состоит из фосфолипидов, белков и полисахаридов. Включает 2 фазы: 1) гипофаза - нижняя, состоит из тубулярного миэлина, имеющего решетчатый вид и сглаживающего неровности эпителия; 2) апофаза – плёнка фосфолипидов, обращённая в полость альвеолы гидрофобными участками

## • ФУНКЦИИ

- Уменьшение поверхностного натяжения плёнки тканевой жидкости, покрывающей альвеолярный эпителий, что способствует расправлению альвеол и препятствует слипанию их стенок при дыхании.
- Бактерицидная.
- Иммуномодулирующая.
- Стимуляция активности альвеолярных макрофагов.
- Формирование противоотёчного барьера, который предупреждает проникновение жидкости в просвет альвеол из интерстиция легких.



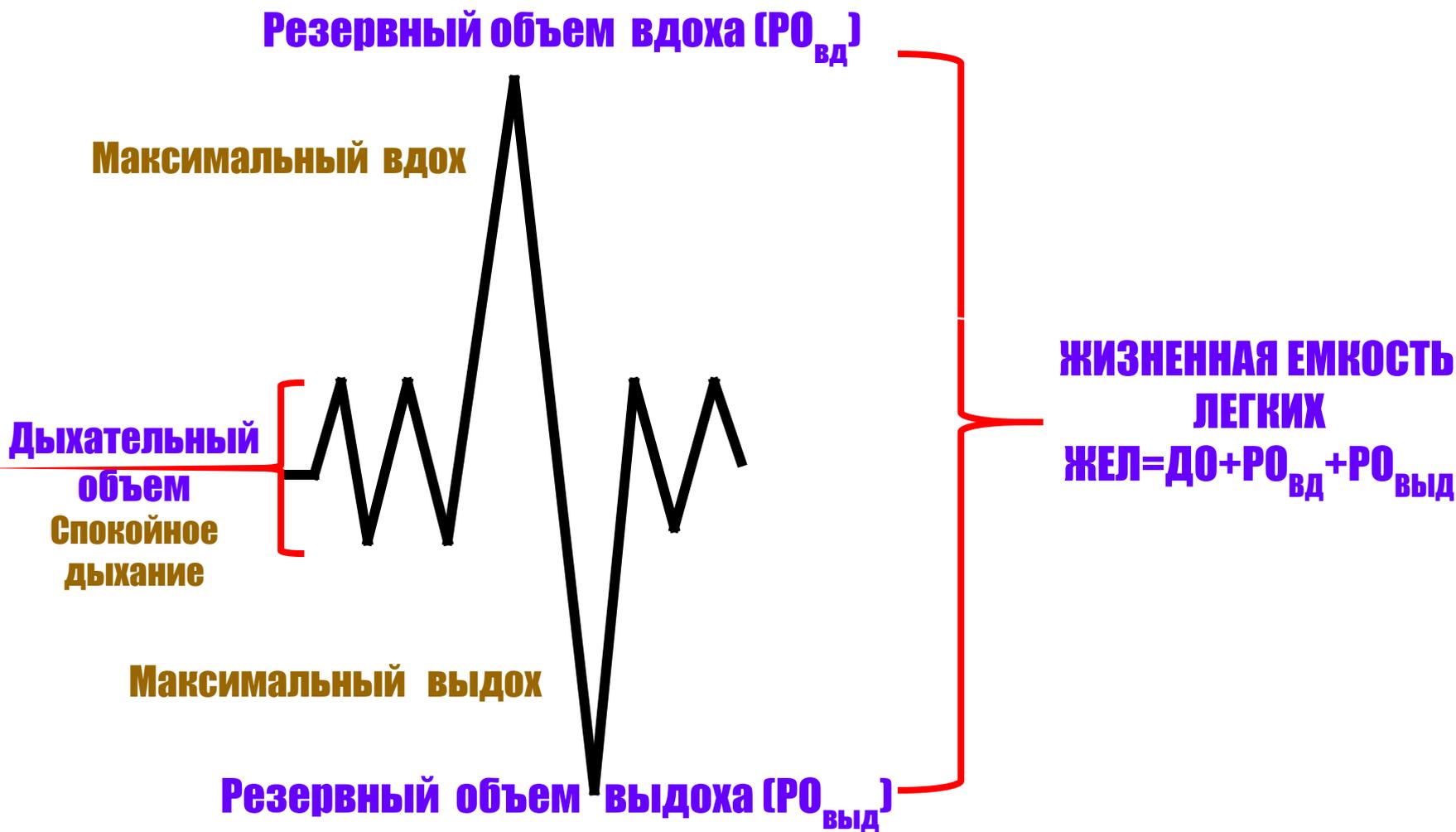


**КАК ИЗМЕРИТЬ  
И  
ОЦЕНИТЬ  
ВЕНТИЛЯЦИЮ  
ЛЕГКИХ**





# Определение легочных объемов на спирограмме



# 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:**

- - общая емкость легких (ОЕЛ) = (1+2+3+4) = 4-6 литров
- - жизненная емкость легких (ЖЕЛ) = (1+2+3) = 3,5-5 литров
- - функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ) = (3+4) = 2-3 литра
- - емкость вдоха (ЕВ) = (1+2) = 2-3 литра

# Основные показатели вентиляции

- 1. Частота дыхания (ЧД) = 12-16/мин
- 2. Минутный объем дыхания (МОД) =  $DO \times ЧД = 5 - 9$  л
- 3. Объем анатомического мертвого пространства (МП) = 140 мл
- 4. Дыхательный альвеолярный объем (ДАО) =  $DO - МП = 500 - 140 = 360$  мл
- 5. Коэффициент вентиляции альвеол (КВА) =  $\frac{ДАО}{\text{ФОЕ} = (DO - МП) / (VO + PO_{\text{выдоха}})} = \frac{360}{2500} = 1/7$
- 6. Минутная альвеолярная вентиляция легких (МВЛ) =  $(DO - МП) \times ЧД = 3,5 - 4,5$  л
- 7. Максимальная произвольная вентиляция легких (МПВЛ) или предел дыхания = 100-180 л/мин (муж) или 70-120 л/мин. У спортсменов может достигать 350 л/мин (250 у женщин)
- 8. Резерв дыхания – разница МПВЛ - МОД

# Ветвления и зоны трахеобронхиального дерева



# ДИФФУЗИЯ ГАЗОВ В ЛЕГКИХ

- Диффузией газа называют перенос его молекул через аэрогематический барьер под влиянием градиента: парциальное давление газа в воздухе – напряжение газа в крови

# Парциальное давление

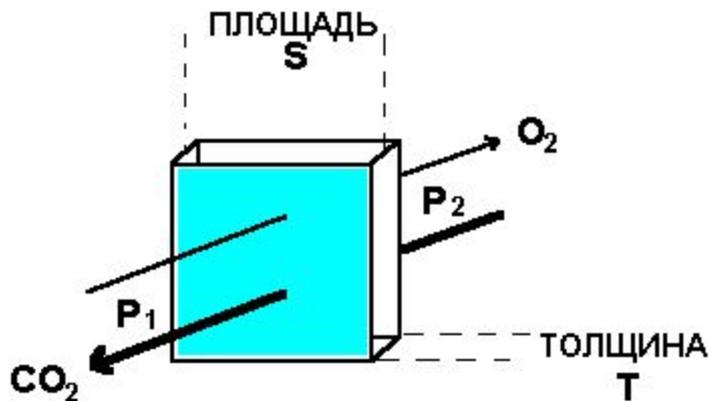
- Парциальное давление - часть общего давления смеси газов, приходящаяся на отдельный газ (если бы он занимал весь объем смеси)

- ЗАКОН ДАЛЬТОНА

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

- Для воздуха:  $P_{\text{атм}} = 760 \text{ мм Нг}$ ;  $C_{\text{кислорода}} = 20,9\%$ ;
- $P_{\text{кислорода}} = 159 \text{ мм Нг}$

# Диффузия газов через барьер



## • ЗАКОН ФИКА

$$Q_{\text{газа}} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

- где:  $Q_{\text{газа}}$  - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,
- $S$ - площадь ткани,  $DK$ -диффузионный коэффициент газа,
- $(P_1 - P_2)$  - градиент парциального давления газа;
- $T$  - толщина барьера ткани

# Диффузия газов через АГБ

## ЗАКОН ФИКА

$$Q_{\text{газа}} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

- где:  $Q_{\text{газа}}$  - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,
- $S$ - площадь ткани,
- $DK$ -диффузионный коэффициент газа,
- $(P_1 - P_2)$  - градиент парциального давления газа;
- $T$  - толщина барьера ткани

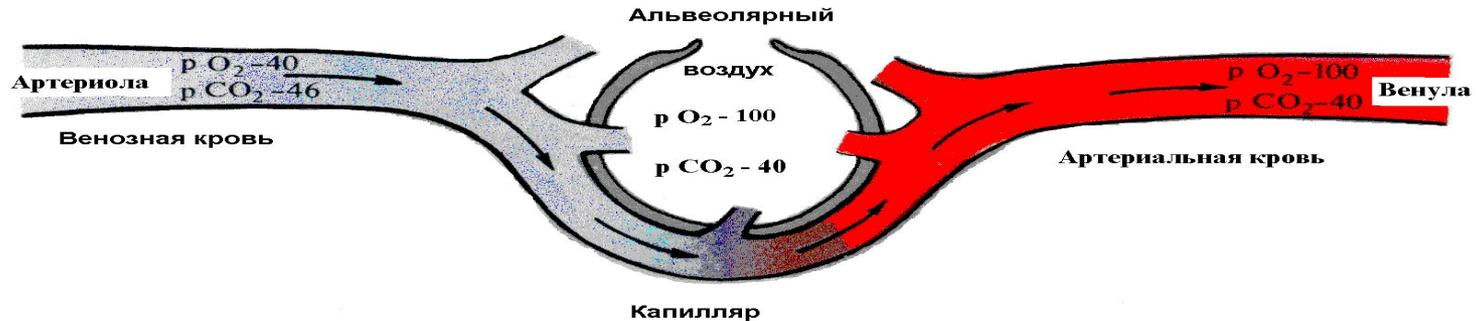
## • Для кислорода:

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

## • Для $\text{CO}_2$ :

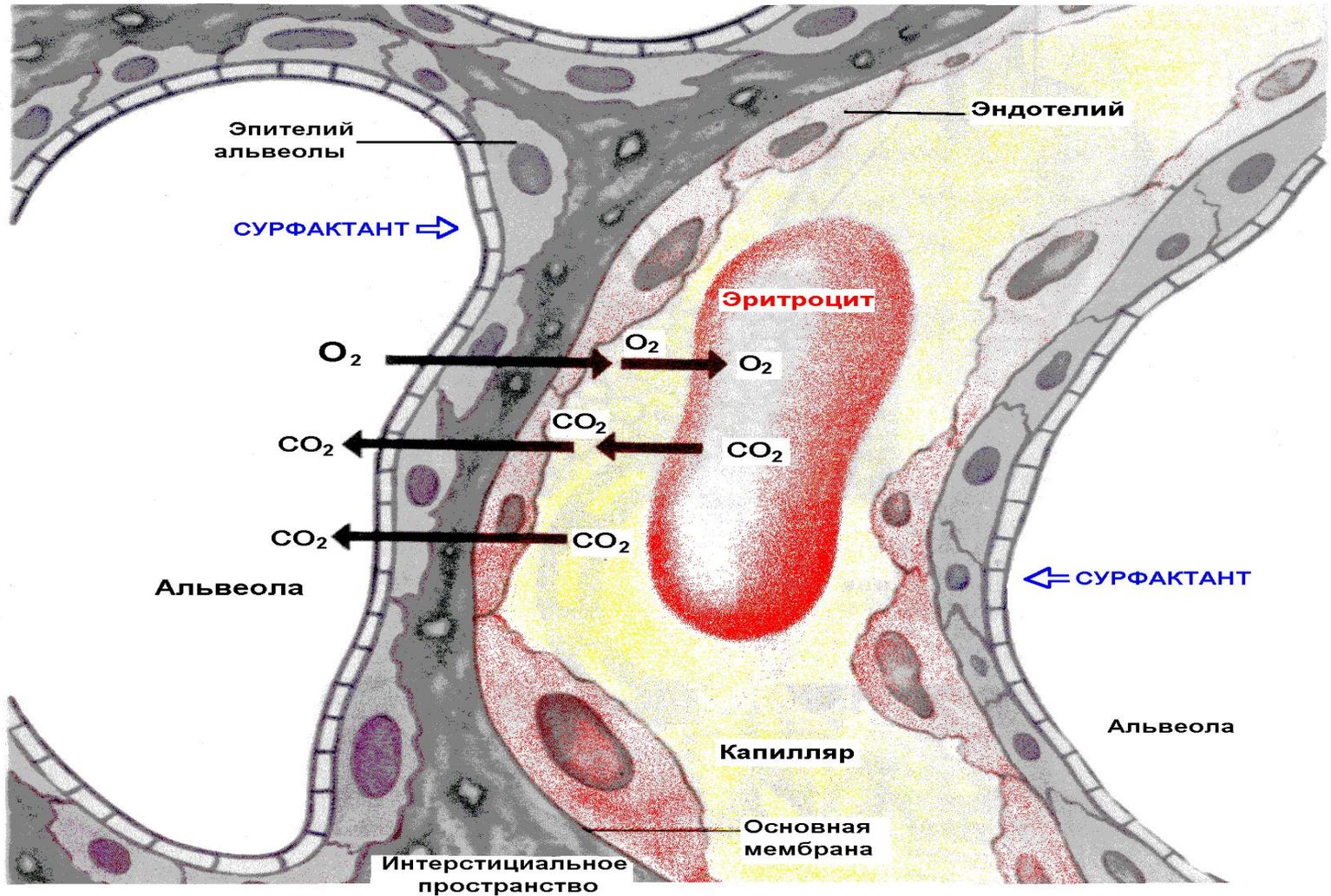
- $P_{\text{вен.крови}} = 46 \text{ мм Нг}$
- $P_{\text{альв.возд.}} = 40 \text{ мм Нг}$
- $P_1 - P_2 = 6 \text{ мм Нг}$
- $DK \text{ CO}_2 > DK \text{ O}_2$  в 25 раз

# Диффузия кислорода



- $P_{O_2}$  в воздухе = 21% от 760 = 159 мм Нг
- В альвеолярном воздухе 47 мм Нг давления воздуха приходится на пары H<sub>2</sub>O, значит давление «сухого» воздуха = 760-47=713 мм Нг. Альвеолярный воздух обогащен CO<sub>2</sub>, значит кислорода в нем не 21%, а 14%, тогда парциальное давление кислорода составит в нем 14% от 713 = 100 мм Нг
- В венозной крови легочных капилляров напряжение кислорода = 40 мм Нг
- Градиент давлений, обеспечивающий диффузию кислорода равен 100-40=60 мм Нг

# 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 ( мм Hg)</b>
<b>1 Верхушки</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>3,0</b>	<b>120</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)**



# ∴ Лёгочные функциональные единицы (ЛФЕ).

- Под **ЛФЕ** понимается объём лёгочной ткани, включающий в себя около 100 альвеолярных ходов или **2000 альвеол**, суммарным объёмом около 20 мкл (при спадении лёгких до уровня ФОЕ). ЛФЕ снабжаются артериолой диаметром около 150 мкм и терминальной бронхиолой.
- Каждая ЛФЕ функционирует по закону «все или ничего». Она либо функционирует, либо находится в резерве и не работает.



# Четыре возможных состояния ЛФЕ

- 1) **рабочее состояние (активная ЛФЕ) – в ней временно есть вентиляция и перфузия и в ней происходит альвеолярный газообмен**
- 2) **резервное состояние (резервная ЛФЕ) – в ней временно нет вентиляции (физиологический ателектаз) и перфузии и нет газообмена**
- 3) **состояние внутрилёгочного шунта – в ЛФЕ постоянно нет вентиляции, но постоянно есть перфузия, нет газообмена**
- 4) **функционально мёртвое состояние (альвеолярное мёртвое пространство) – в ЛФЕ постоянно есть вентиляция, но постоянно нет перфузии и газообмена**

## • Рефлекторная регуляция перфузии легких и • вентиляционно-перфузионного соотношения

- **Рефлекс Китаева:** повышение давления в левом предсердии и легочных венах вызывает спазм легочных артериол
- **Рефлекс Эйлера-Лильестранда:** снижение напряжения кислорода в альвеолярном воздухе вызывает спазм легочных артериол
- **Альвеоло-васкулярный рефлекс Росье-Бульмана:** снижение альвеолярного растяжения уменьшает кровоток в артериолах
- **Альвеоло-васкулярный рефлекс шунтирования:** снижение растяжения альвеол ведет к открытию шунтов между артериолами и венулами



