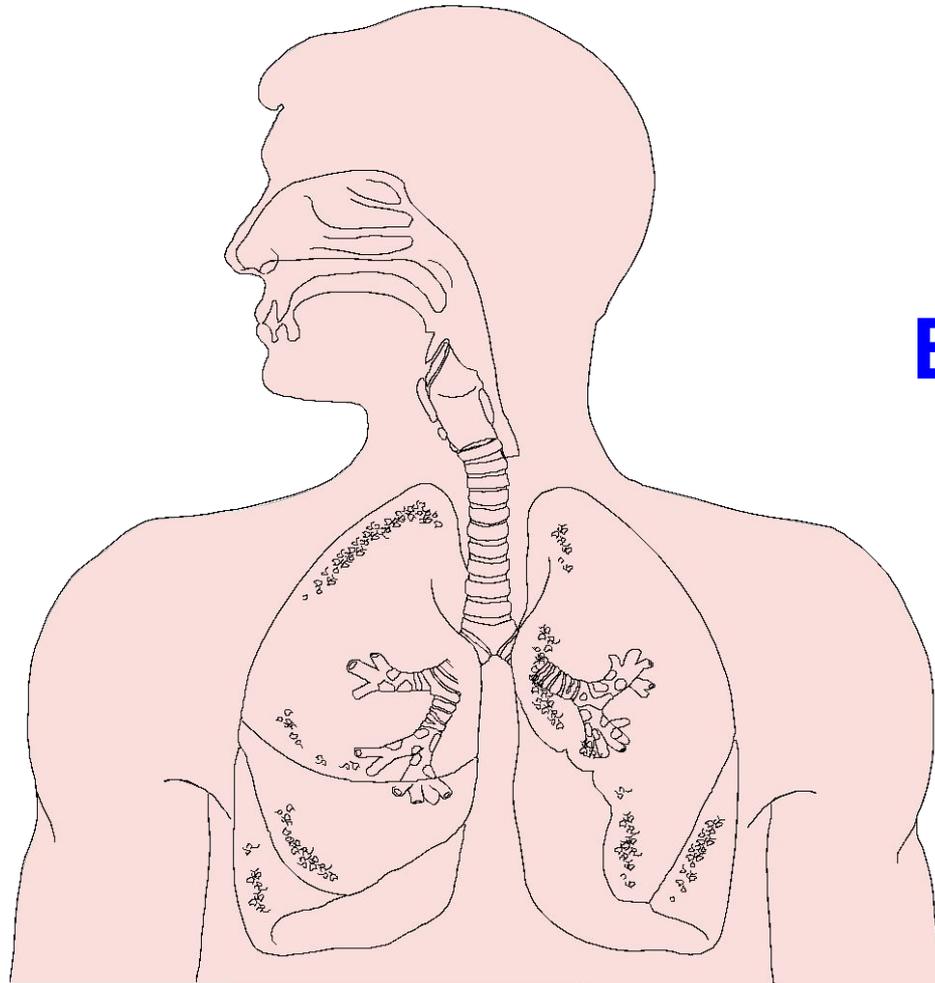


# Кафедра нормальной физиологии



## ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

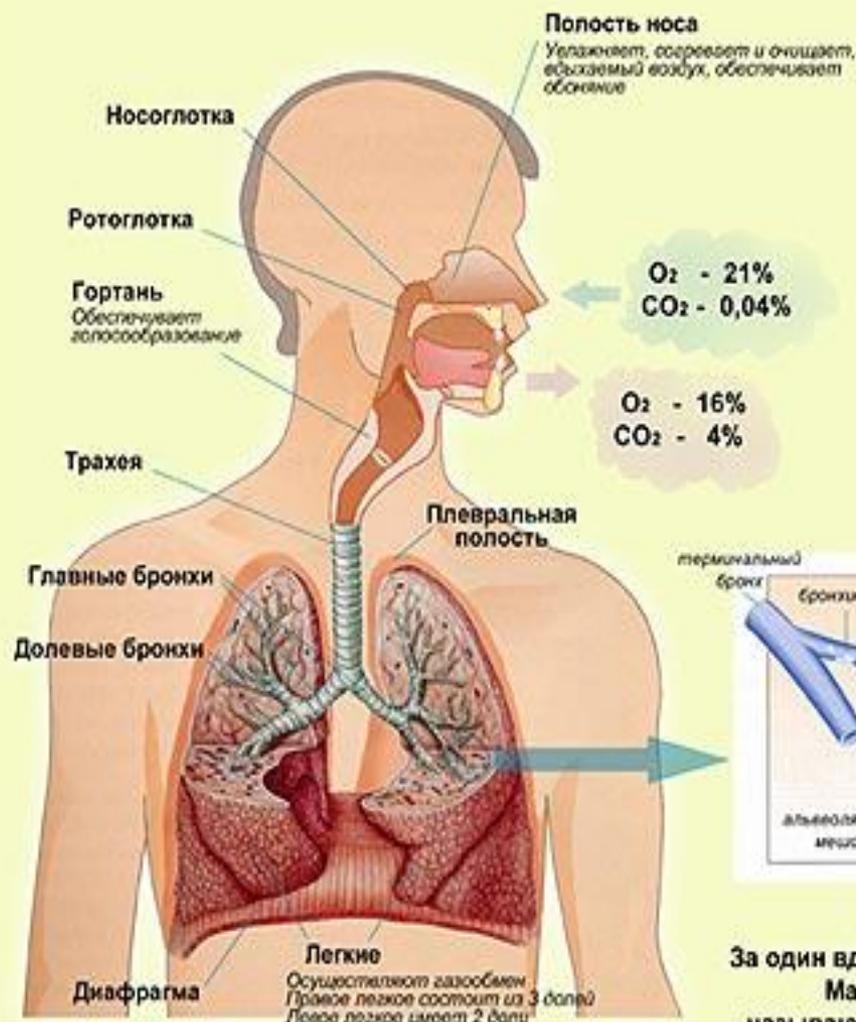
Внешнее дыхание  
и транспорт  
газов кровью

**Дыхание** – это совокупность процессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода и выделение двуокиси углерода

# **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**

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

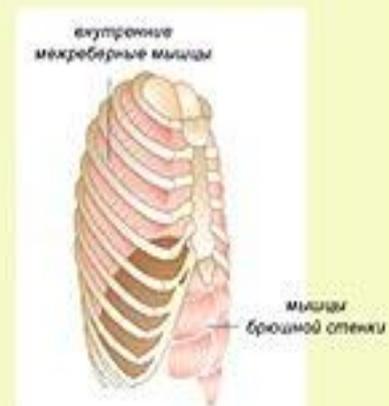


$O_2$  - 21%  
 $CO_2$  - 0,04%

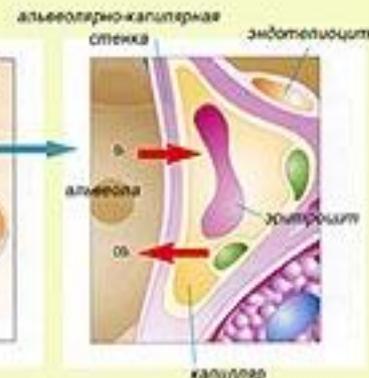
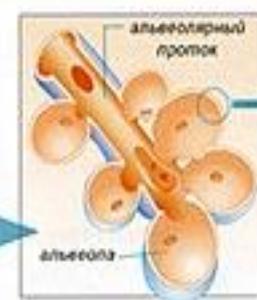
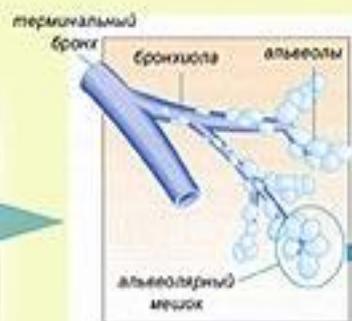
$O_2$  - 16%  
 $CO_2$  - 4%



**Вдох**  
Купол диафрагмы опускается, Ребра поднимаются



**Выдох**  
Мышцы живота поднимают диафрагму, ребра опускаются

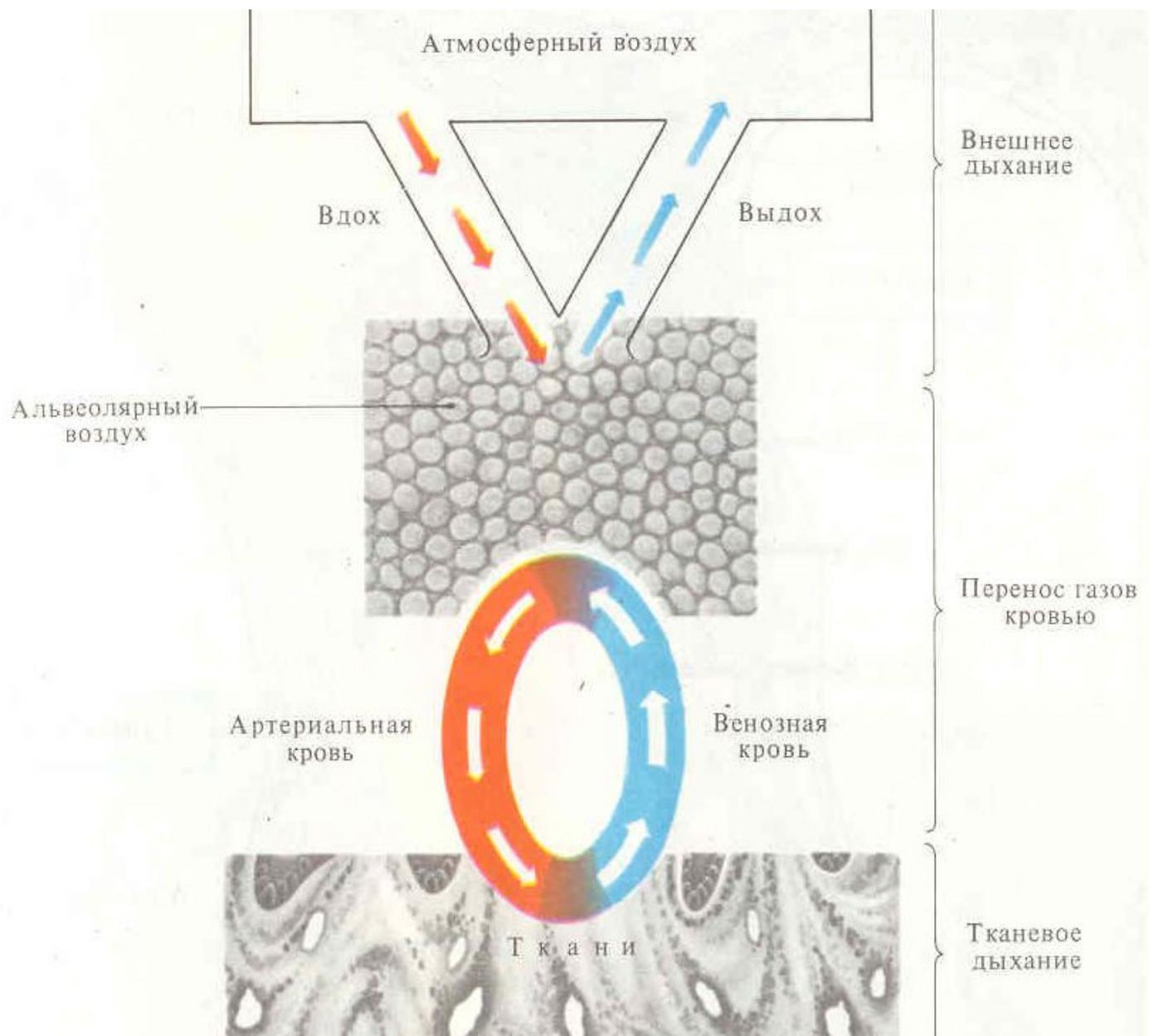


Частота дыхания в покое составляет 16 раз в минуту  
За один вдох в легкие попадает около 500 мл воздуха (дыхательный объем)  
Максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть называют жизненной емкостью легких. Она составляет от 3,5 до 5 литров

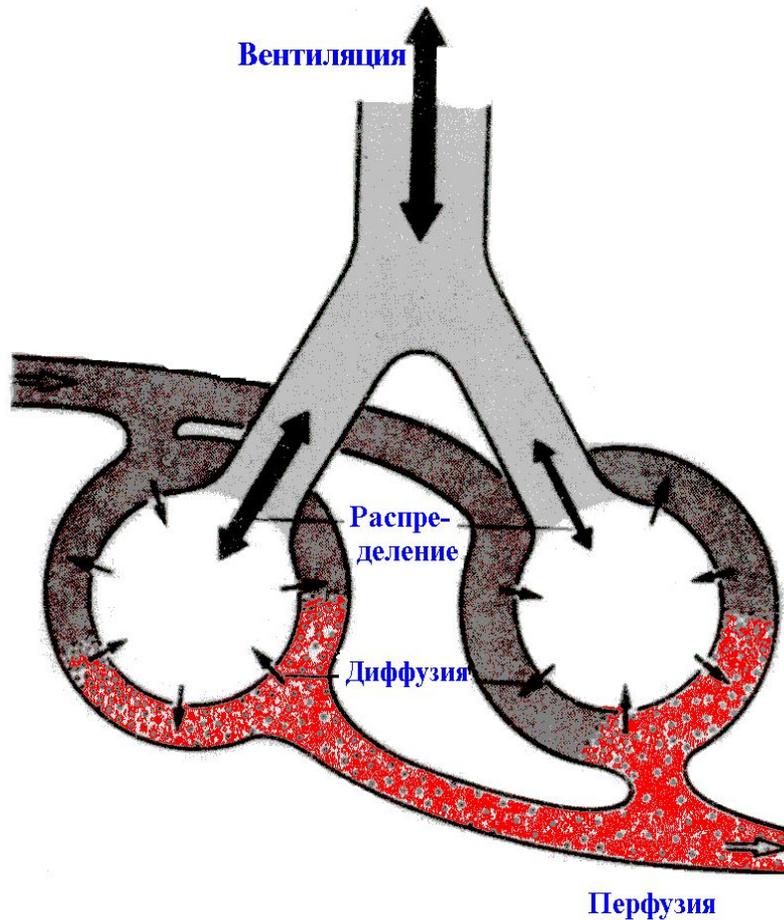
# Этапы дыхания

- вентиляция легких
- обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью
- процесс переноса кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким
- обмен газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и клетками тканей
- внутренне дыхание – биологическое окисление в митохондриях клетки

# Этапы дыхания

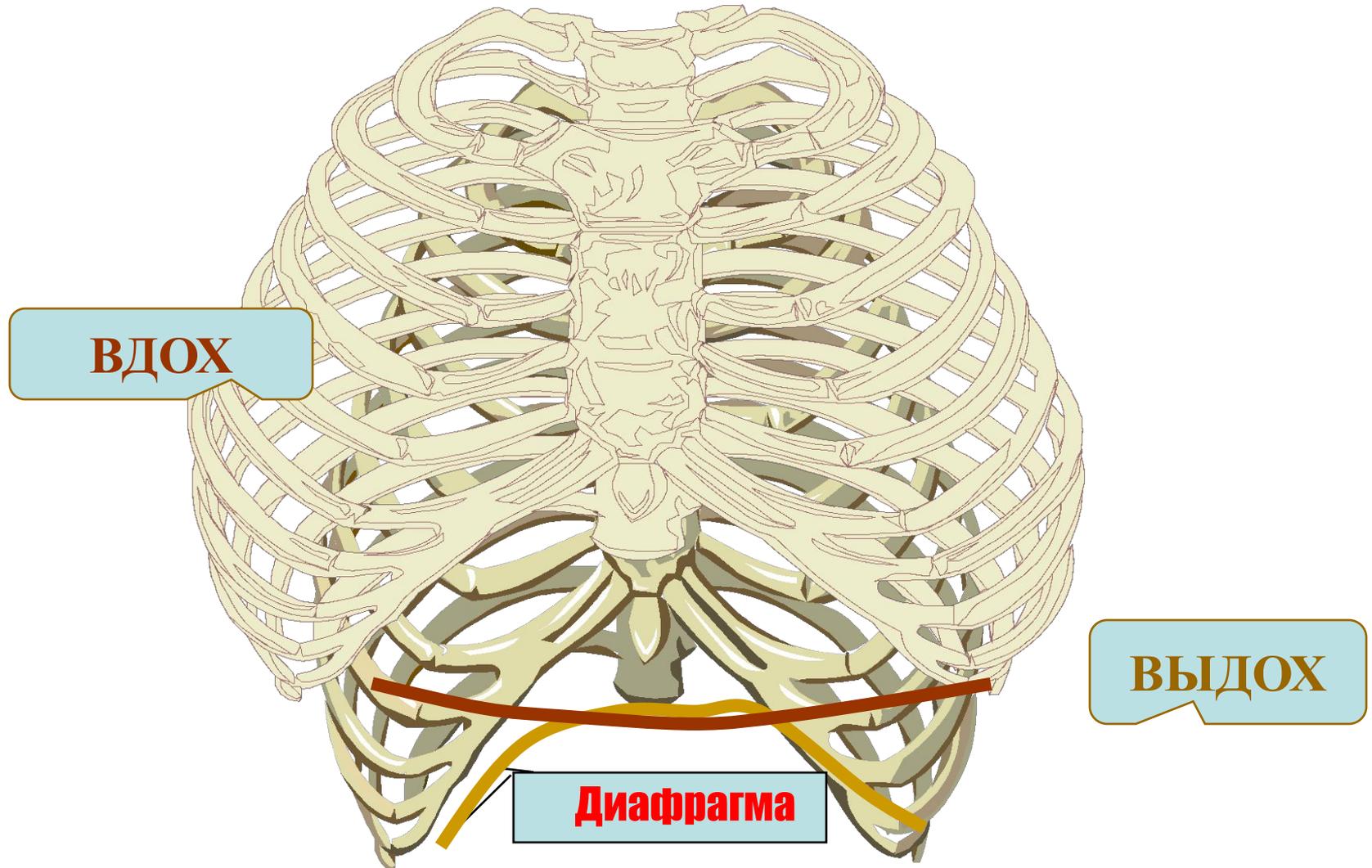


# Внешнее дыхание

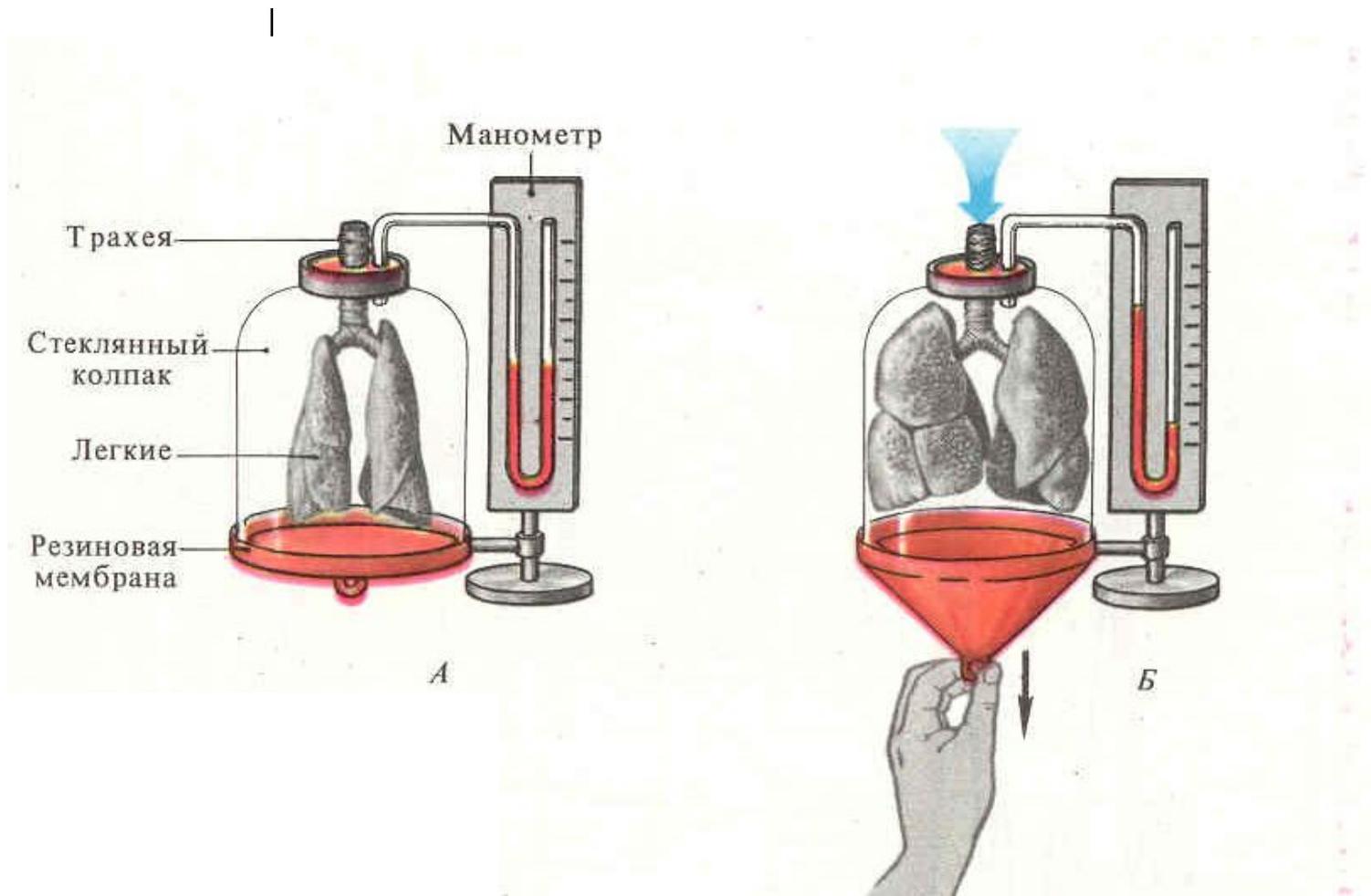


- 3 ПРОЦЕССА:
  - Вентиляция
  - Диффузия
  - Перфузия

# Изменения формы грудной клетки при вдохе и выдохе



# Модель Дондёрса



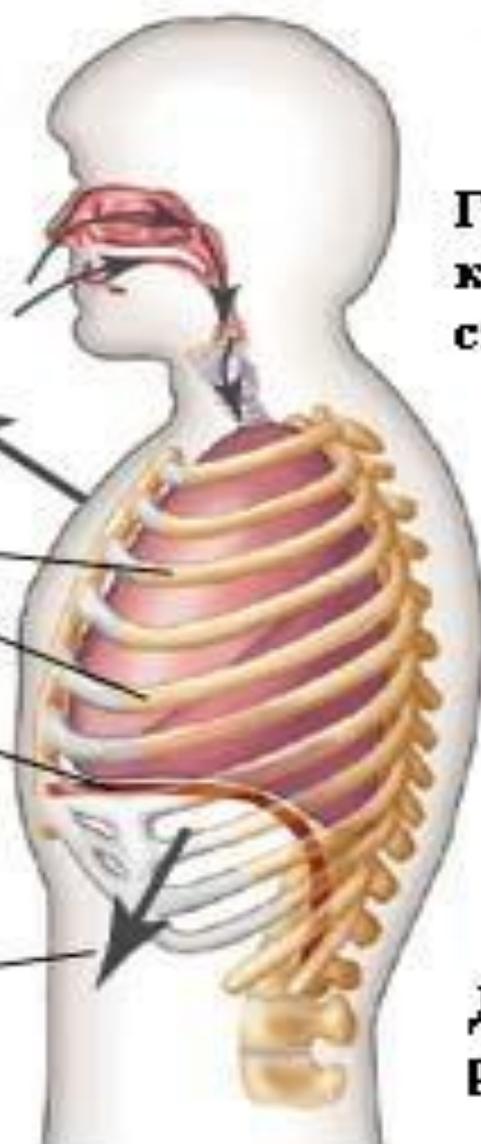
## Вдох

Грудная  
клетка  
расширяется

Рёбра

Диафрагма

Диафрагма  
сжата

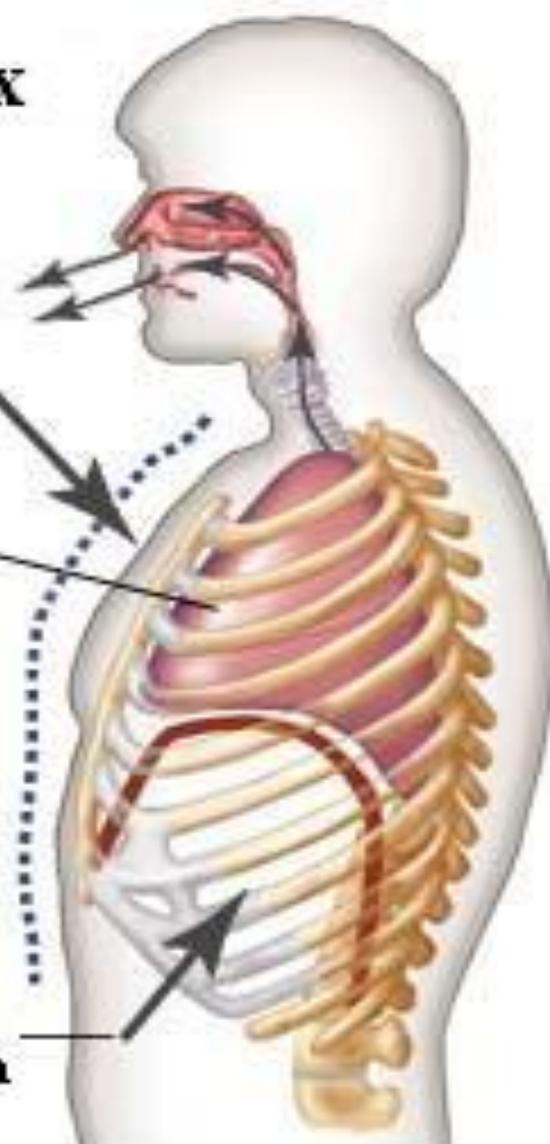


## Выдох

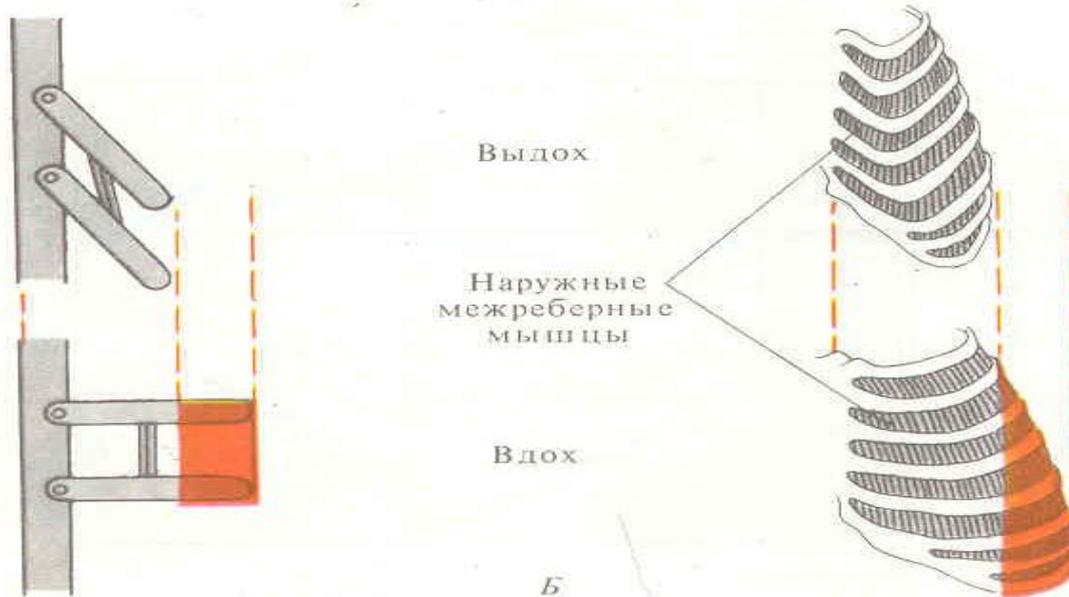
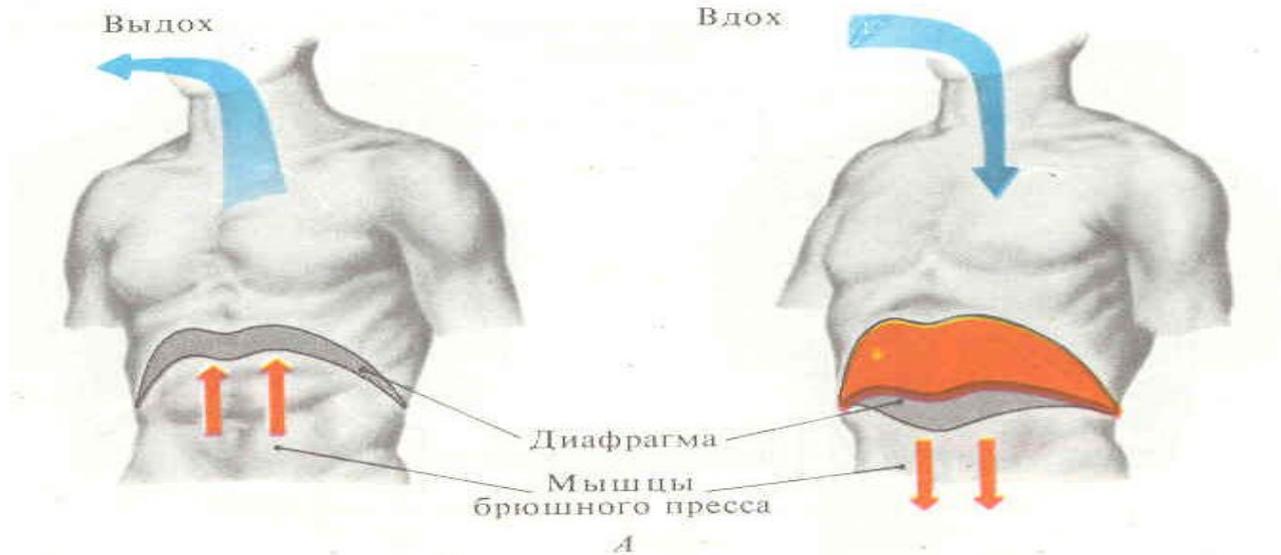
Грудная  
клетка  
сжимается

Лёгкие

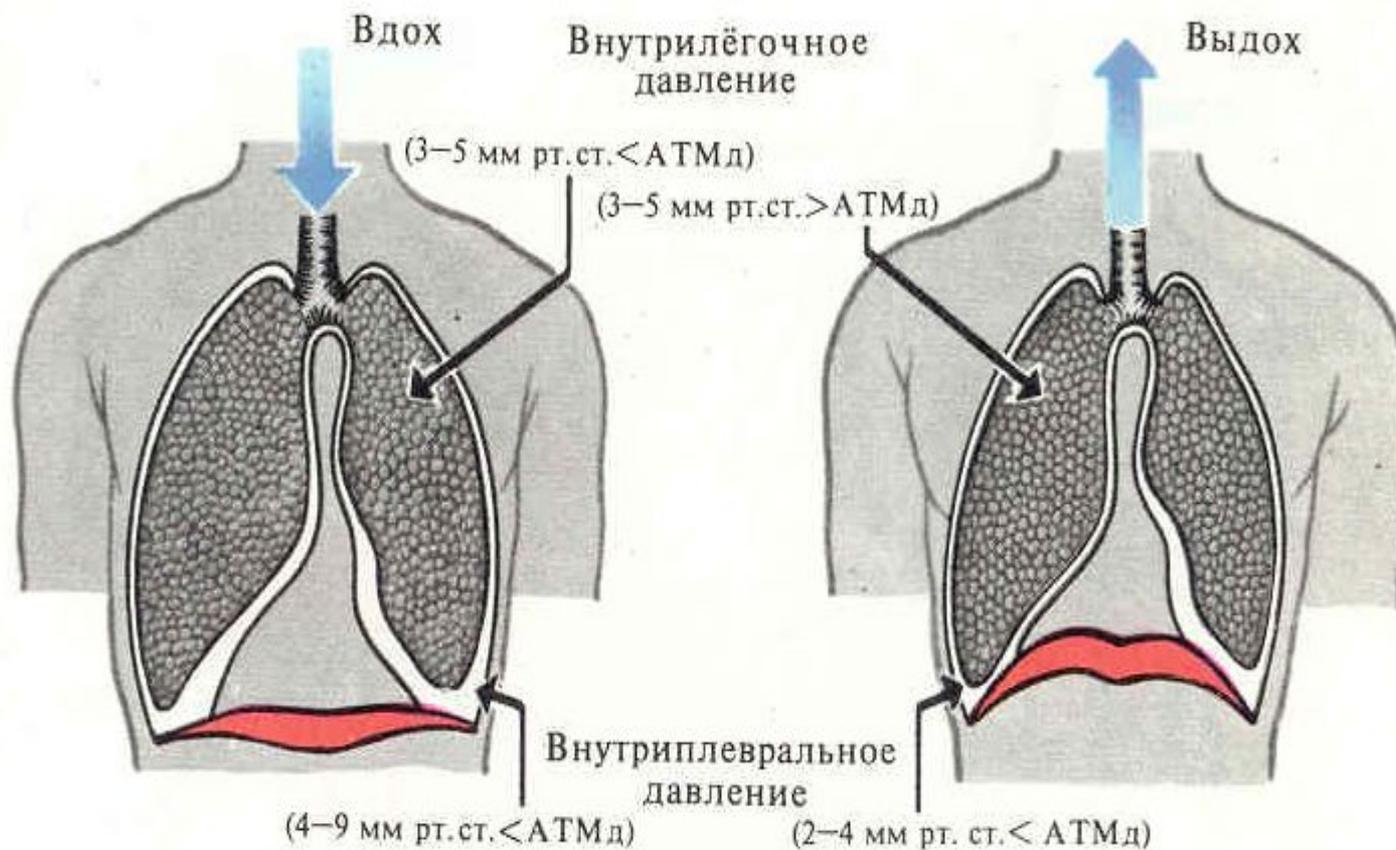
Диафрагма  
расслаблена



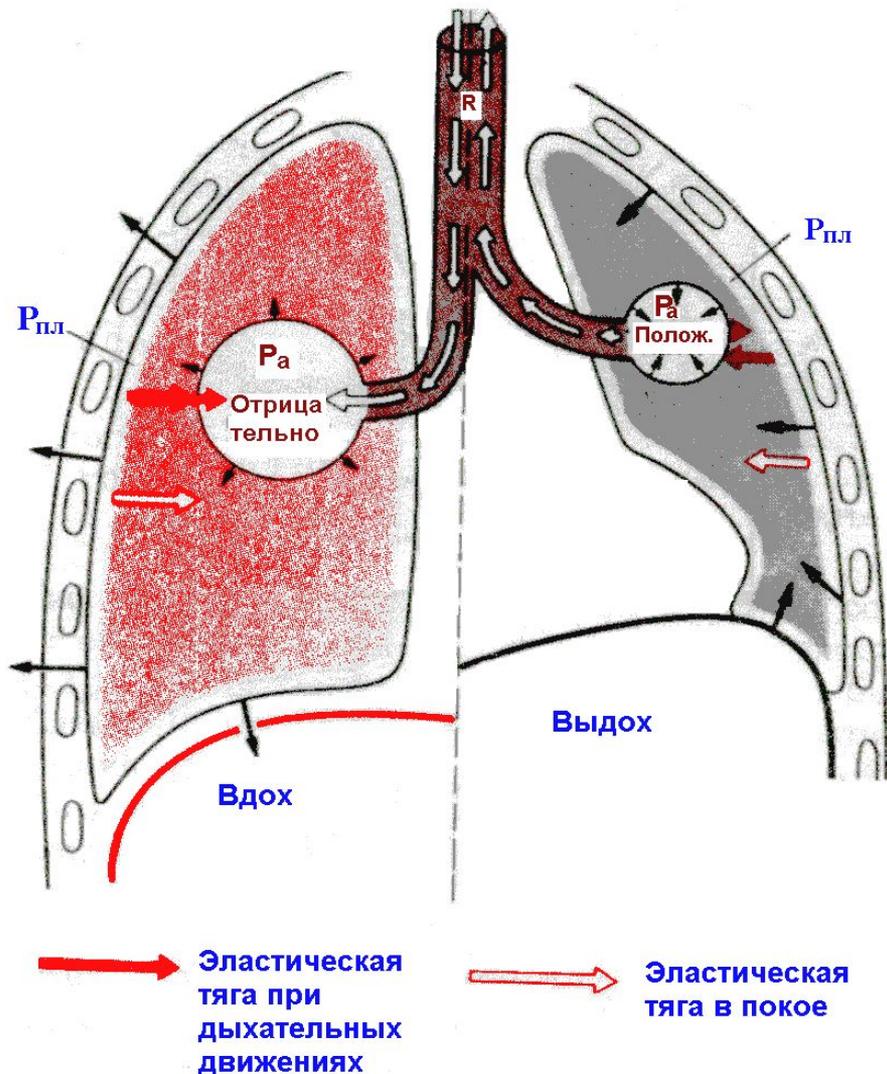
# Механизм дыхательных движений



# Внутрилегочное и внутриплевральное давление на вдохе и выдохе



# Механизм вдоха и выдоха

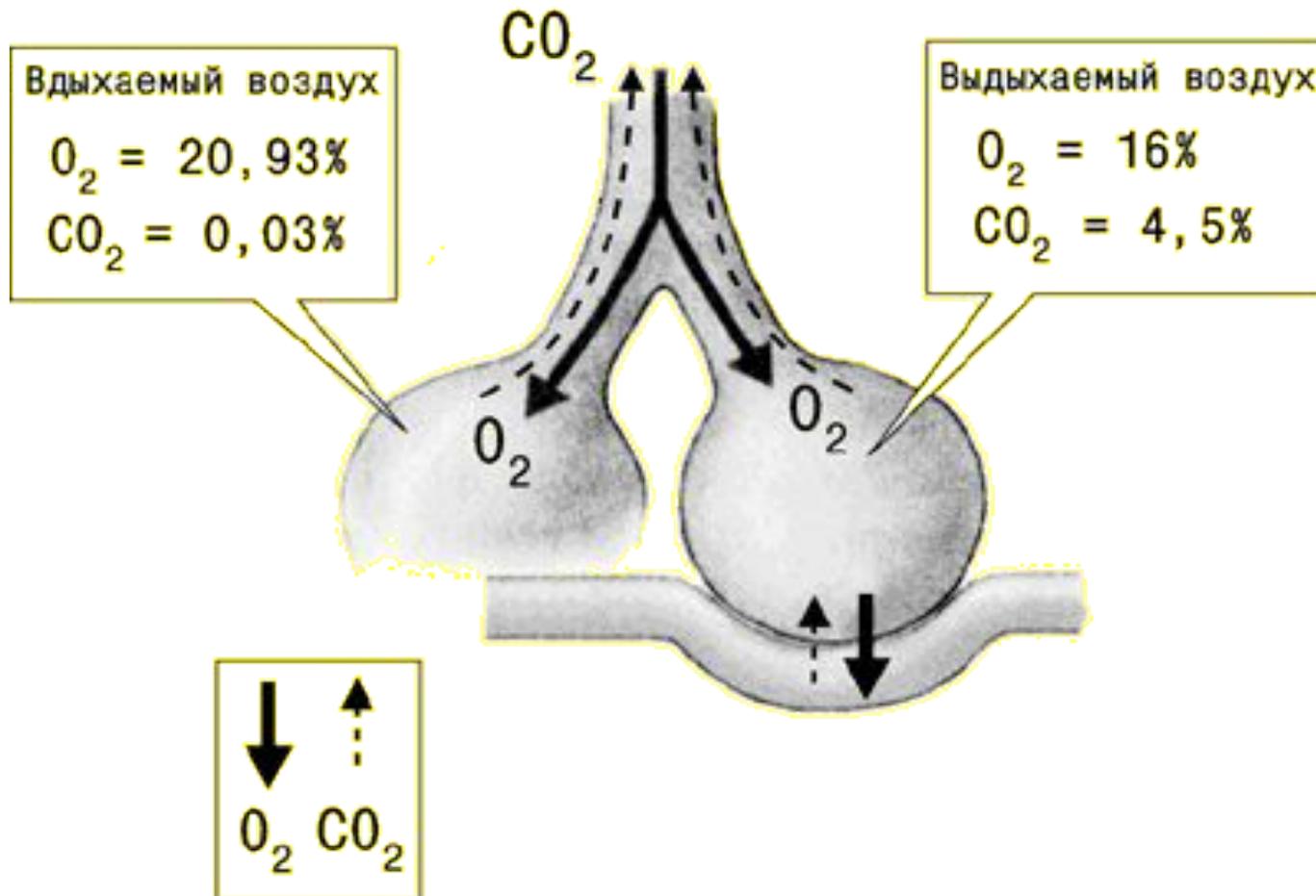


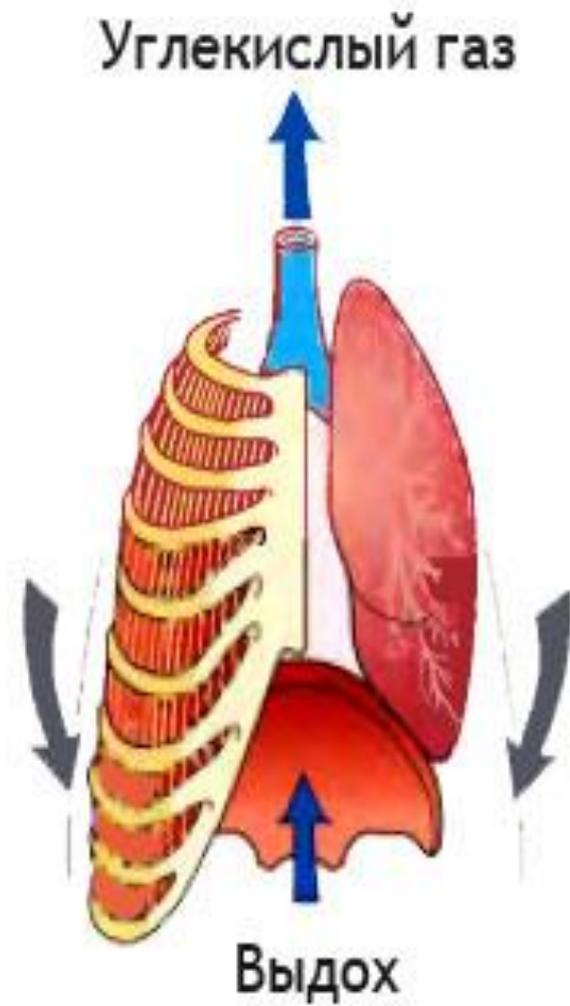
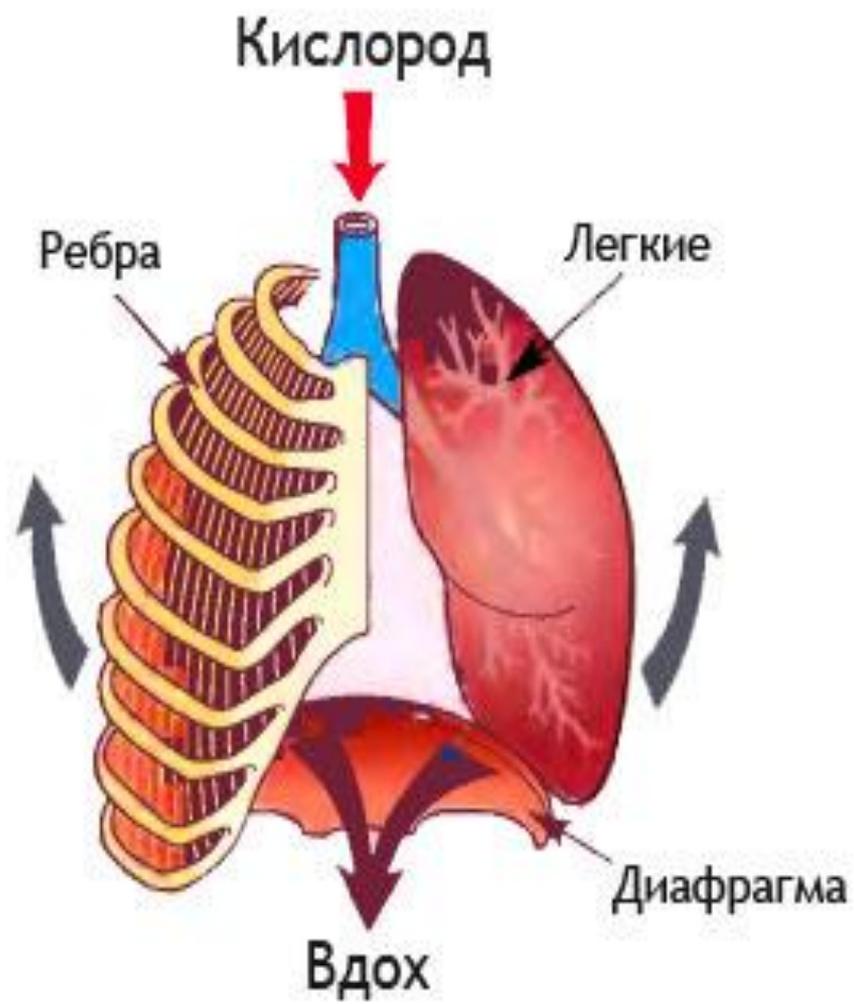
- Транспульмональное давление:  

$$P_{трп} = P_{альв} - P_{плевр}$$
- На вдохе  $P_{плевр} = -9 \text{ мм Нг}$
- Перед вдохом  $P_{плевр} = -3 \text{ мм Нг}$
- На выдохе  $P_{плевр} = +4-10 \text{ мм Нг}$
- Трансреспираторное давление:  

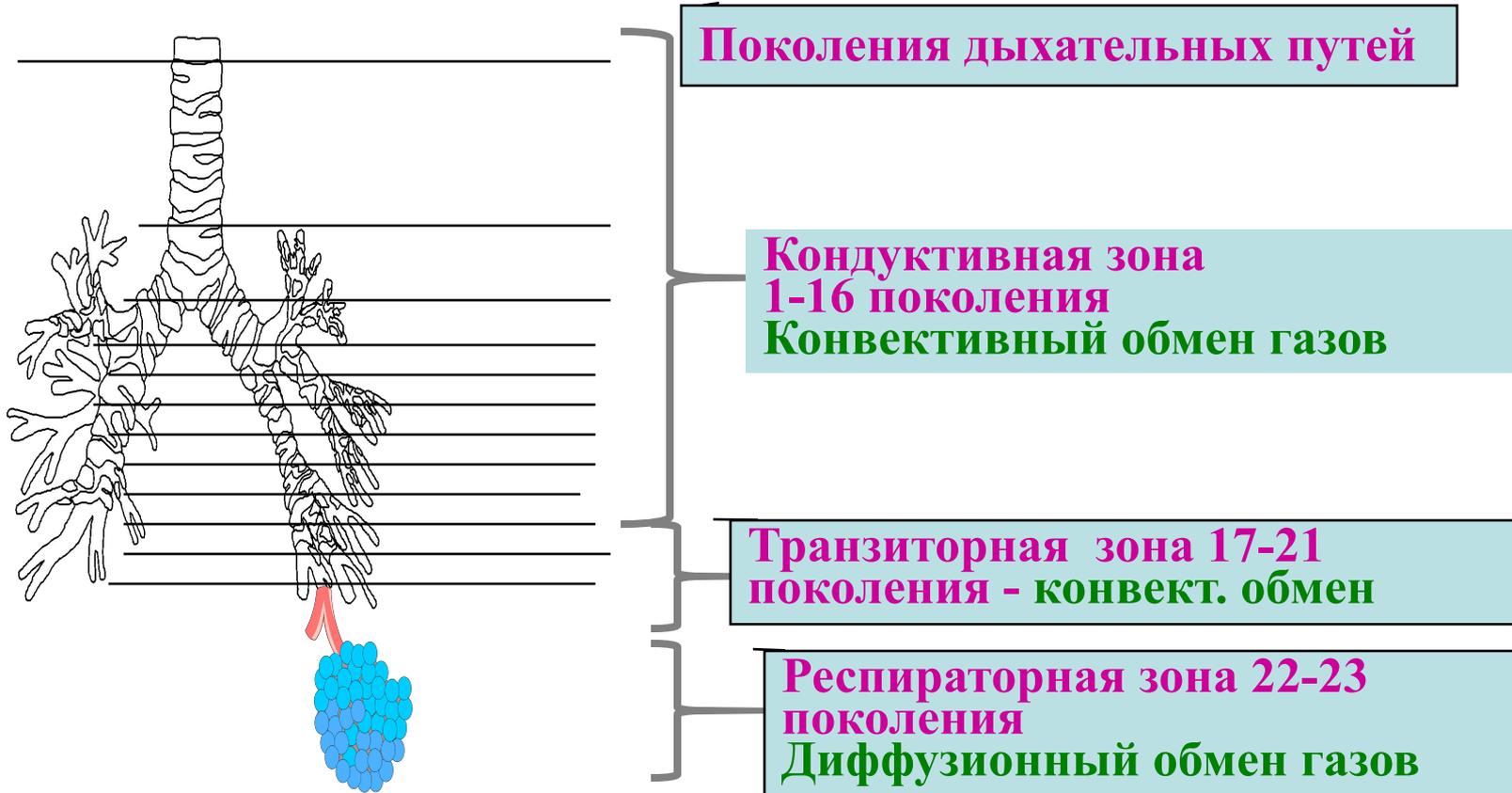
$$P_{трр} = P_{альв.} - P_{внешн.}$$
- На вдохе:  $P_{трр} = 756 - 760 = -4 \text{ мм Нг}$   
 На выдохе:  $P_{трр} = 764 - 760 = +4 \text{ мм Нг}$
- Эластическая тяга дыхания =  
 эластическая тяга легких +  
 эластическая тяга грудной клетки

# Легочный пузырек. Газообмен в легких



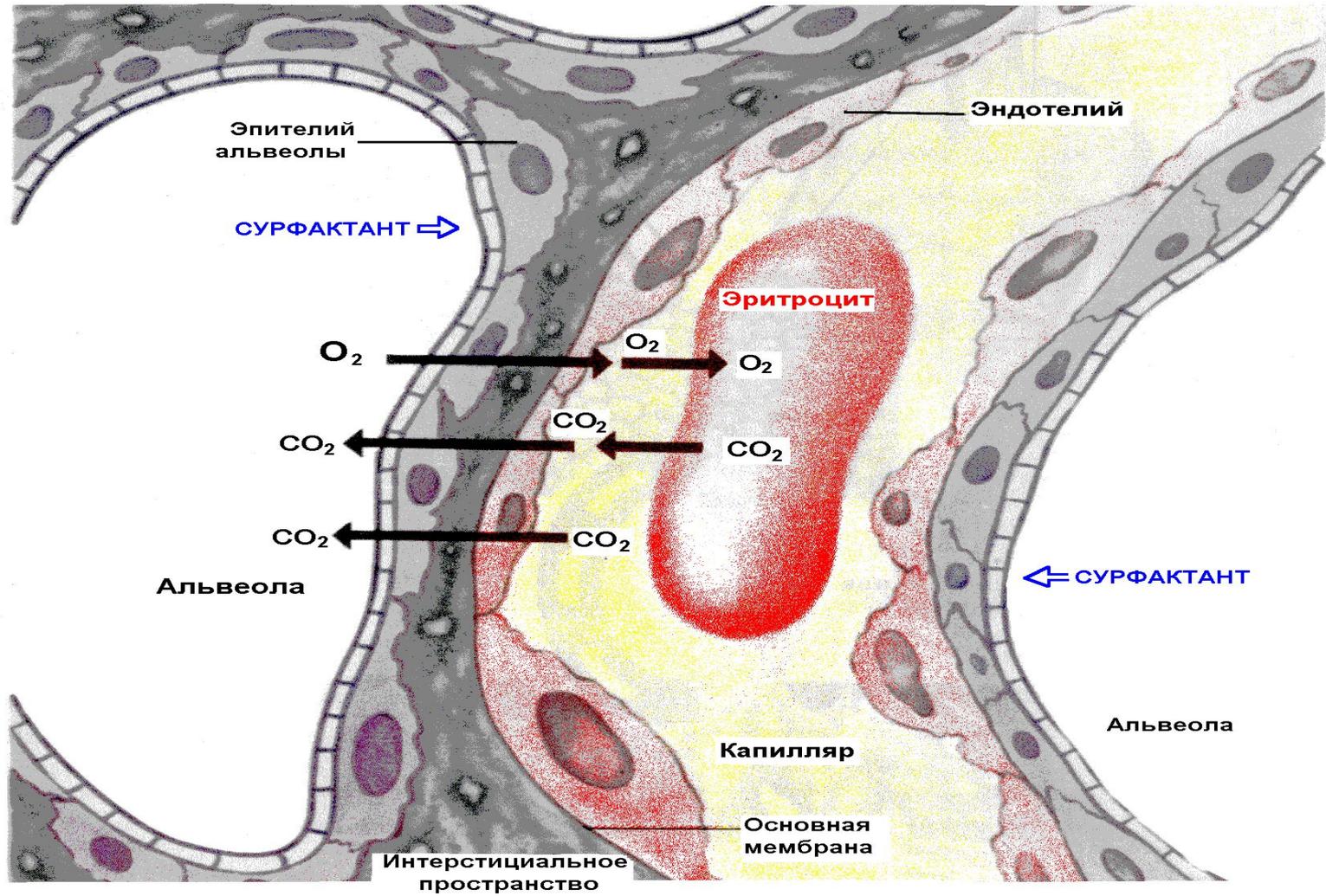


# Ветвления и зоны трахеобронхиального дерева

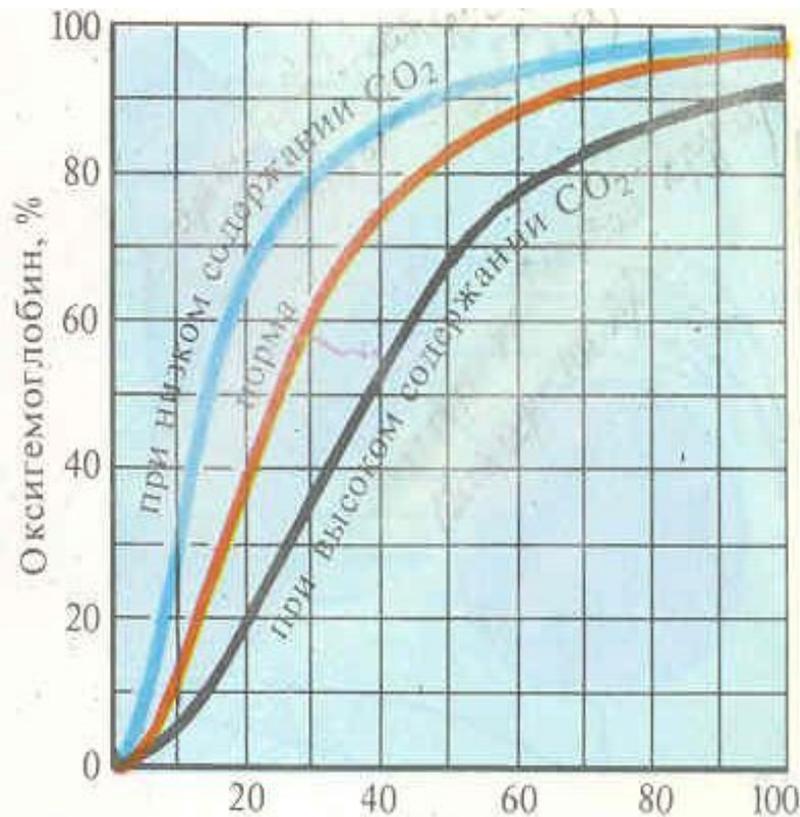
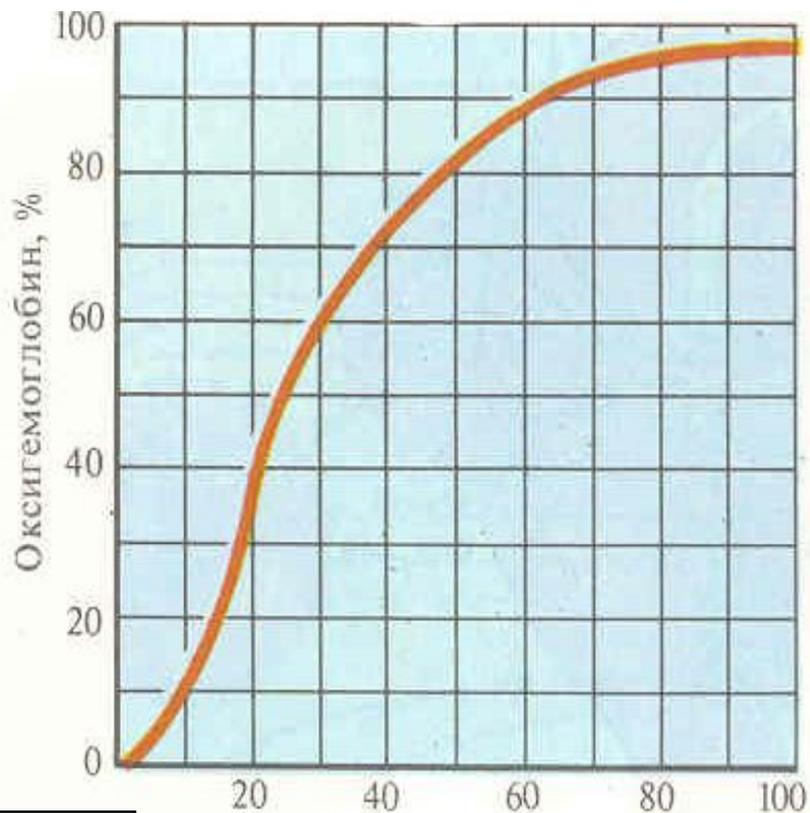


# Транспорт $O_2$ кровью

- ДВЕ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА:
  - физически растворенный газ: 3 мл  $O_2$  в 1 л крови
  - связанный с гемоглобином газ: 190 мл  $O_2$  в 1 л крови



# КРИВЫЕ ДИССОЦИАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА



1 

I Парциальное давление кислорода, мм рт. ст.

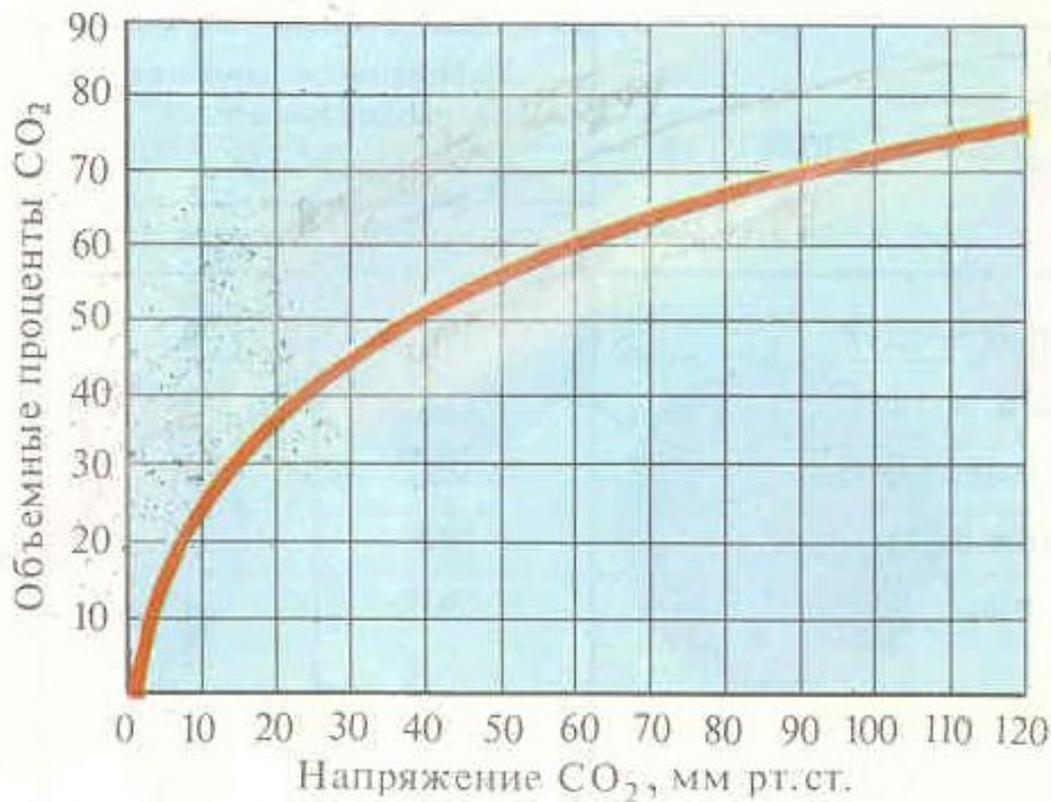
II

# Транспорт $\text{CO}_2$ кровью

## ТРИ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :

- **физически растворенный газ - 5-10%**
- **химически связанный в бикарбонатах:  
в плазме  $\text{NaHCO}_3$ , в эритроцитах  $\text{KHCO}_3$  -  
80-90%**
- **связанный в карбаминовых соединениях  
гемоглобина:  $\text{Hb} \cdot \text{NH}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HbNHCOOH}$  -  
5-15%**

# Зависимость содержания $\text{CO}_2$ в крови от его парциального давления



# Методы исследования внешнего дыхания

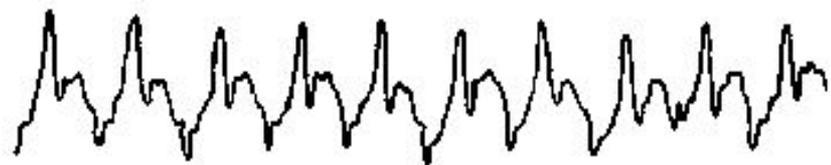
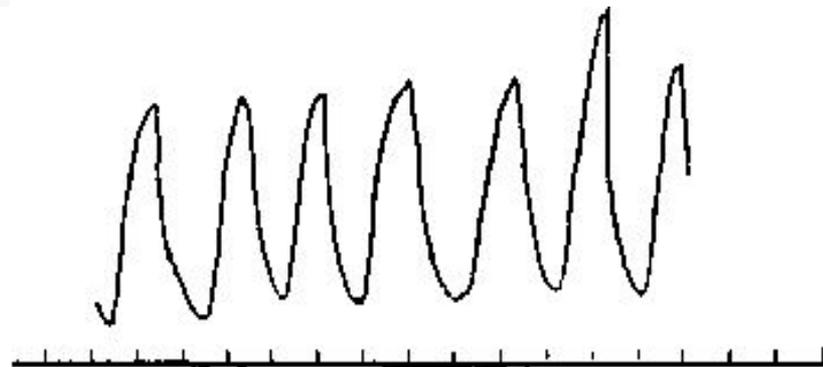
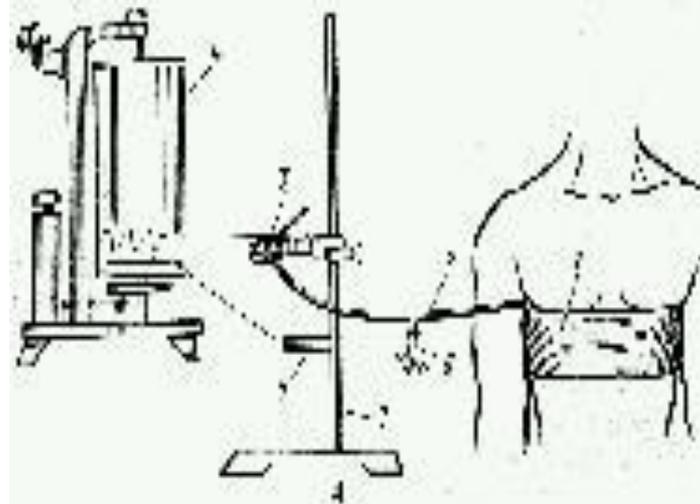
1. Пневмография
2. Спирометрия
3. Спирография

# Пневмография

Регистрация движений грудной клетки при дыхательных движениях.

Пневмограмма позволяет оценить число дыхательных движений за единицу времени, паттерн дыхания, изменение его при различных условиях.

Однако метод не позволяет оценить объемы и емкости легких



**А.Пневмограмма здорового человека**  
**Б.Пневмограмма больного эмфиземой**

# Спирометрия

- Регистрация первичных объемов легких – дыхательный объем, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха и жизненную емкость легких

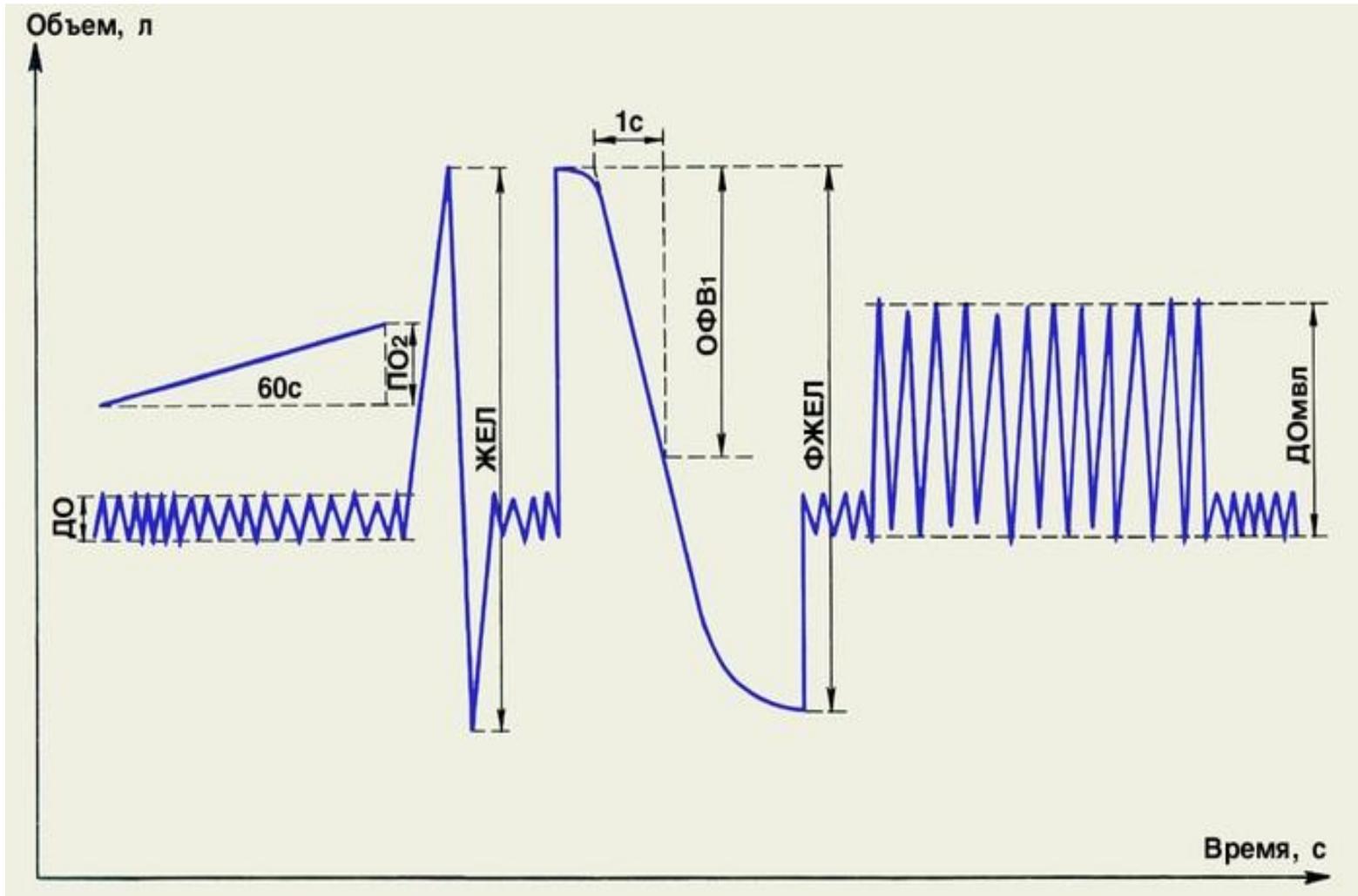


# Спирография

Позволяет графически отразить объем воздуха, проходящие через легкие – при спокойном дыхании, форсированном вдохе, максимальном вдохе, а также при произвольной гипервентиляции



# Спирография



# Дыхание в измененных условиях

В различных условиях среда обитания системы нейрогуморальной регуляции дыхания и кровообращения функционируют в тесном взаимодействии как единая кардиореспираторная система

# Дыхании при гипоксии

Гипоксия – состояние, наступающее в организме при неадекватном снабжении тканей и органов кислородом или при нарушении утилизации в них кислорода в процессе биологического окисления. Реакция организма на гипоксию зависит от продолжительности и скорости нарастания действия.



# Дыхание при физической нагрузке

Уровень вентиляции в первые секунды мышечной активности регулируется сигналами, которые поступают к дыхательному центру из гипоталамуса, мозжечка, лимбической системы и двигательной зоны коры большого мозга. Довольно быстро первоначально резкий прирост вентиляции легких сменяется ее плавным подъемом до достаточно устойчивого состояния.



# Дыхание при высоком давлении

Диффузия азота из тканей происходит медленно, поэтому подъем водолаза на поверхность должен осуществляться медленно. В противном случае возможно внутрисосудистое образование пузырьков азота (кровь «закипает»). Возникает кессонная болезнь, для лечения необходимо вновь поместить больного в среду с высоким давлением.



# Дыхание чистым кислородом

Продолжительное дыхание чистым кислородом может иметь отрицательный эффект. У здоровых испытуемых отмечают боли за грудиной, особенно при глубоких вдохах, уменьшается ЖЕЛ. Возможно перевозбуждение ЦНС и появление судорог.



# Типы патологического дыхания

1.Эйпноэ – (дословно – хорошее дыхание). При разговоре, приеме пищи ритм дыхания временно меняется: периодически могут наступать задержки дыхания на вдохе или на выходе (**апноэ**).

2.При нейрогенной гипервентиляции дыхание частое и глубокое. Возникает при стрессе, физической работе, а также при нарушениях структур среднего мозга.

# Апнейзис

## 3. Апнейстическое дыхание.

Апнейзис - нарушение процесса смены вдоха на выдох: длительный вдох, короткий выдох и снова - длительный вдох.

4. Дыхание типа Чейна-Стокса: постепенно возрастает амплитуда дыхательных движений, потом сходит на нет и после паузы (апноэ) вновь постепенно возрастает. Возникает при нарушении работы дыхательных нейронов продолговатого мозга, часто наблюдается во время сна, а также при гипокапнии.

1	Эйпноэ	
2	Гиперпноэ	
3	Апноэ	
4	Дыхание Чейна – Стокса	
5	Дыхание Биота	
6	Апнейзис	
7	Гаспинг	