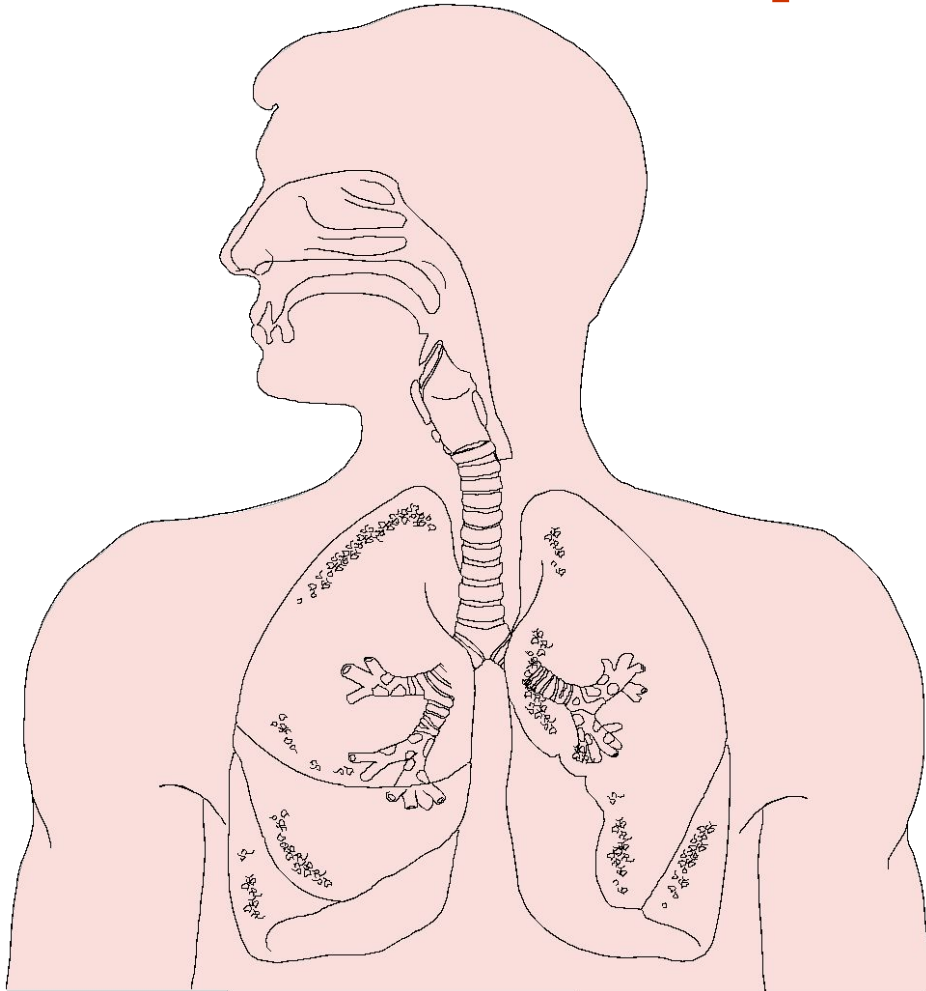


•
•
•

Кафедра нормальной физиологии КрасГМА



ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Внешнее дыхание и
транспорт газов
кровью

- **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**

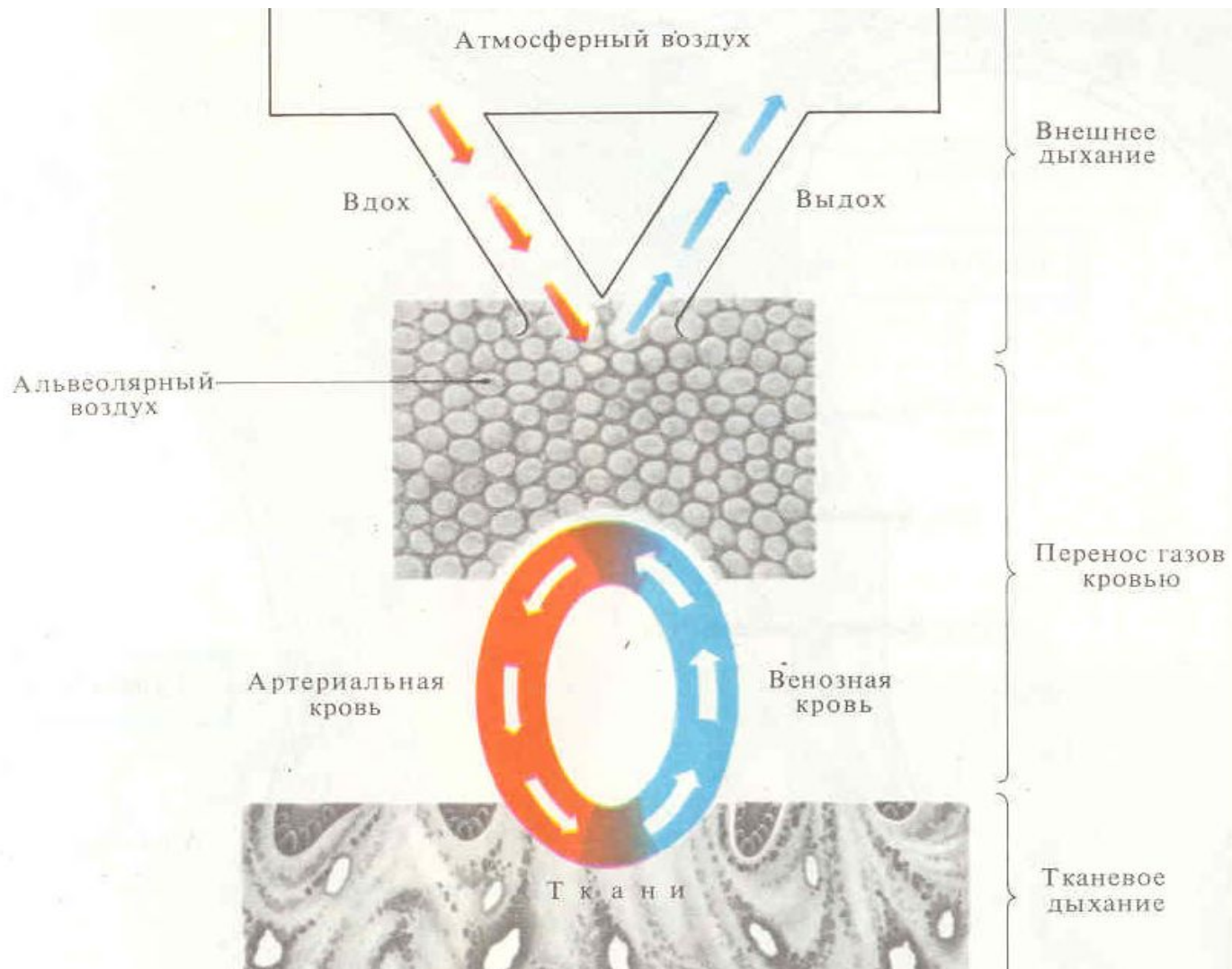
- Диффузия газов в легких

- **- ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ**

- Диффузия газов в тканях

- **ВНУТРЕННЕЕ или ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ**

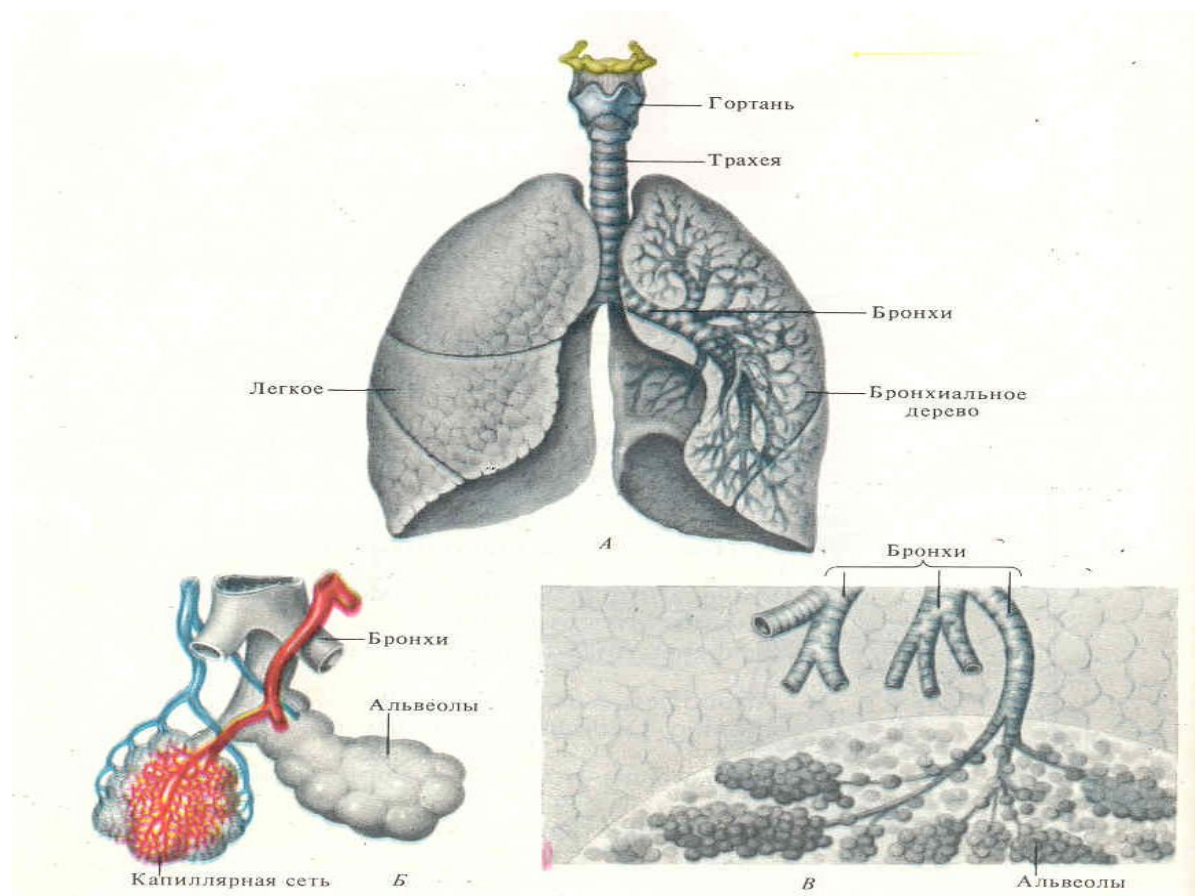
Этапы дыхания



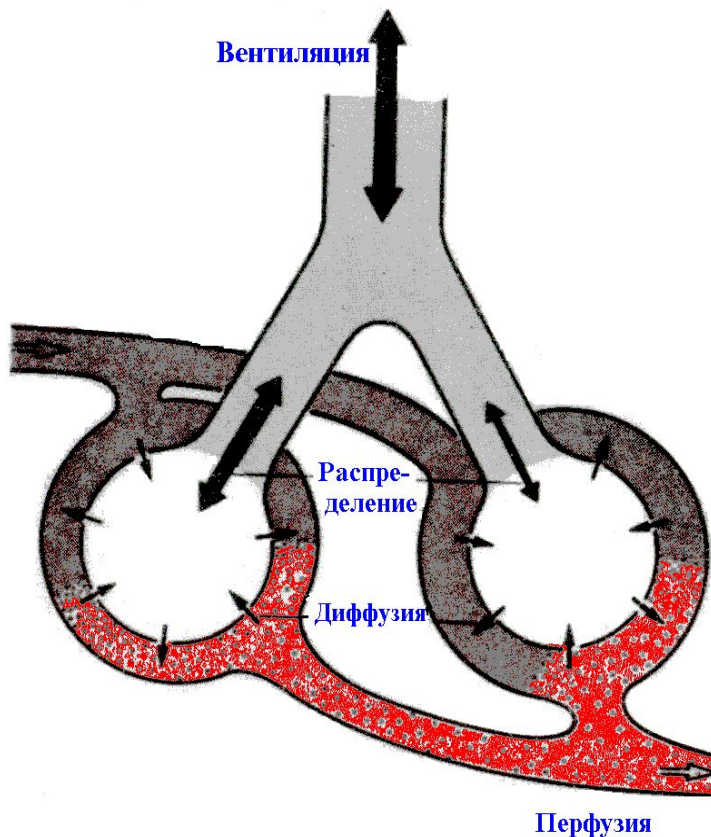
Структура аппарата внешнего дыхания

- 1. Воздухоносные пути и альвеолы легких
- 2. Костно-мышечный каркас грудной клетки и плевра
- 3. Малый круг кровообращения
- 4. Нейрогуморальный аппарат регуляции

СТРОЕНИЕ ЛЕГКИХ



Внешнее дыхание



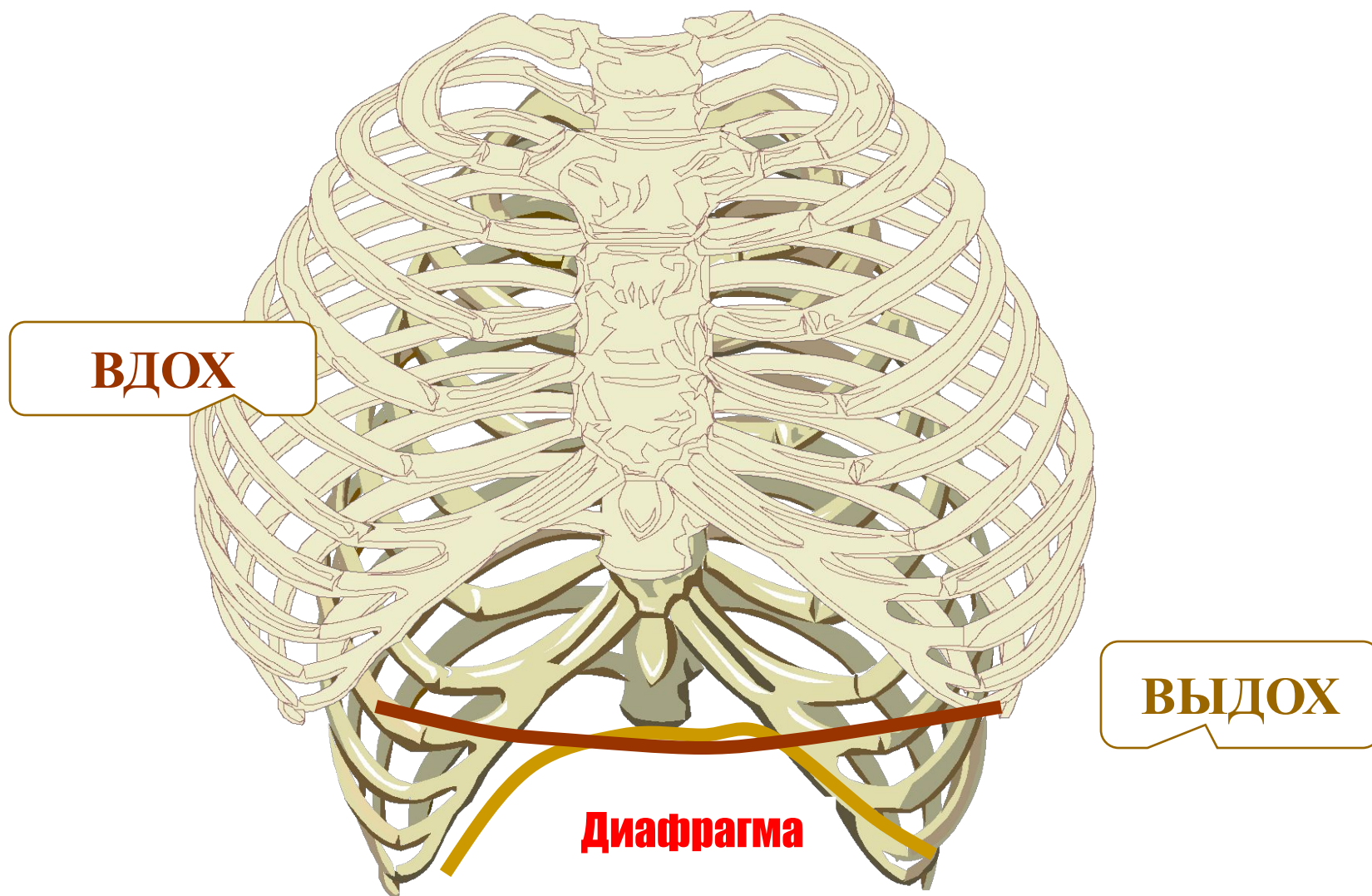
- 3 ПРОЦЕССА:

- - Вентиляция

- - Диффузия

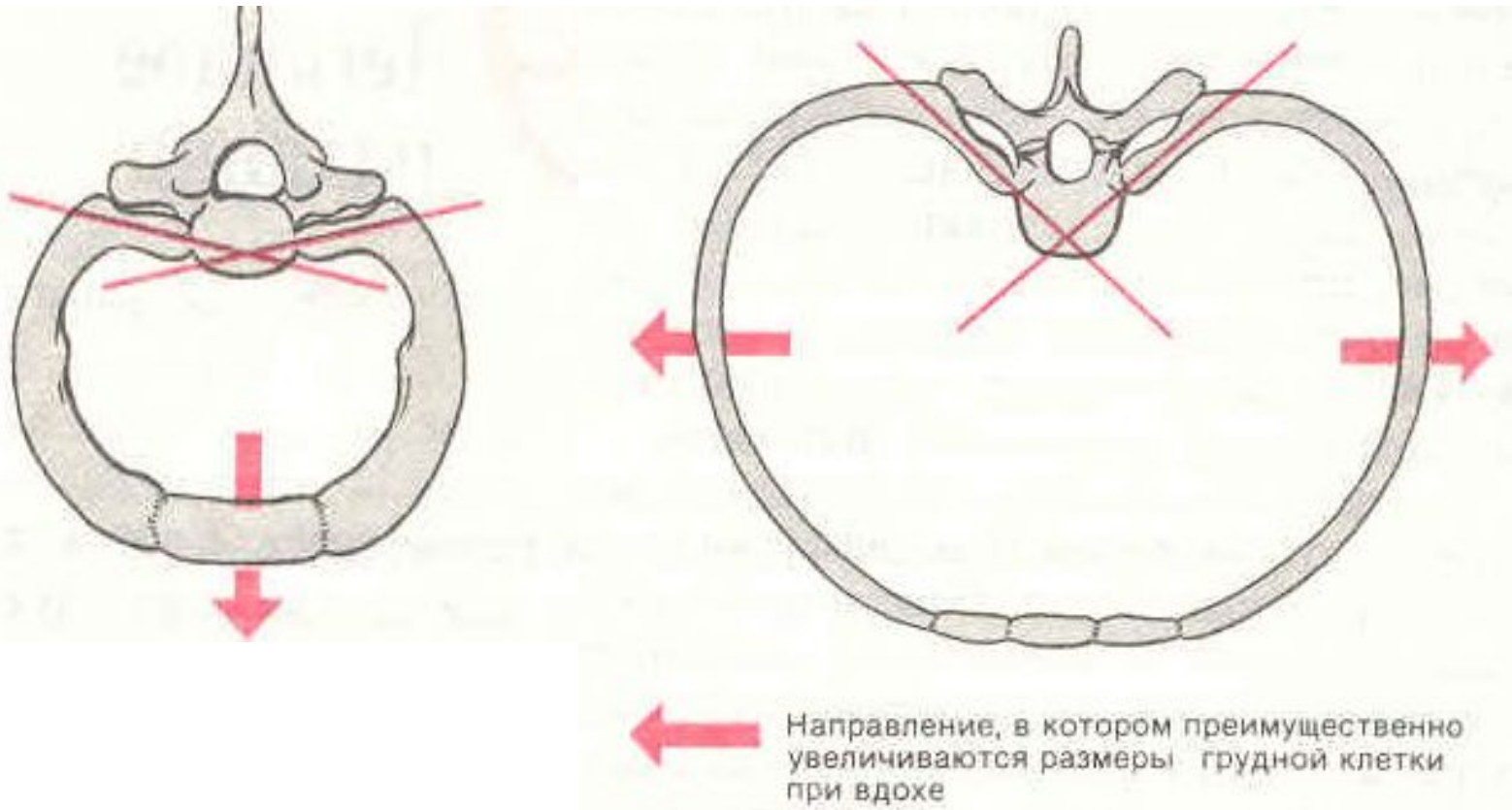
- - Перфузия

Изменения формы грудной клетки при вдохе и выдохе

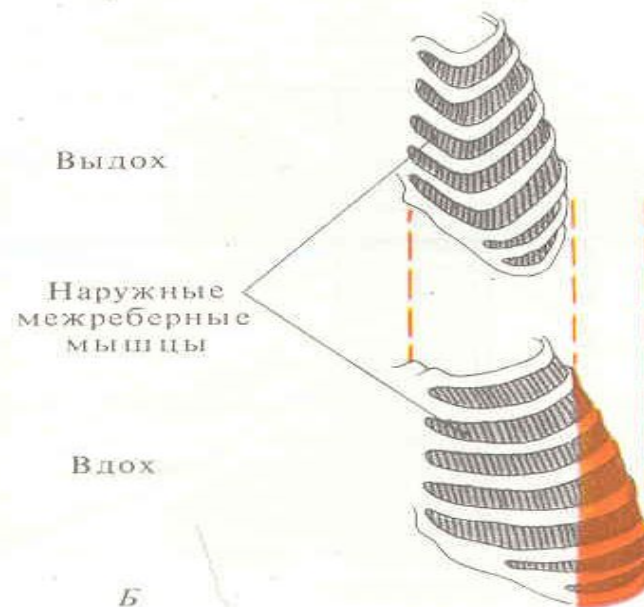
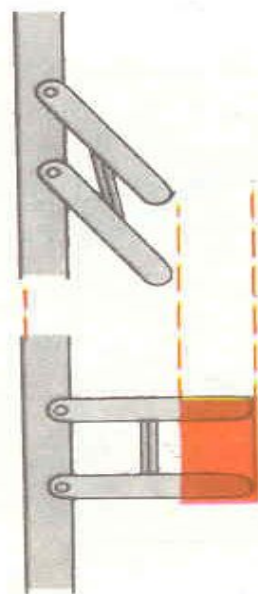
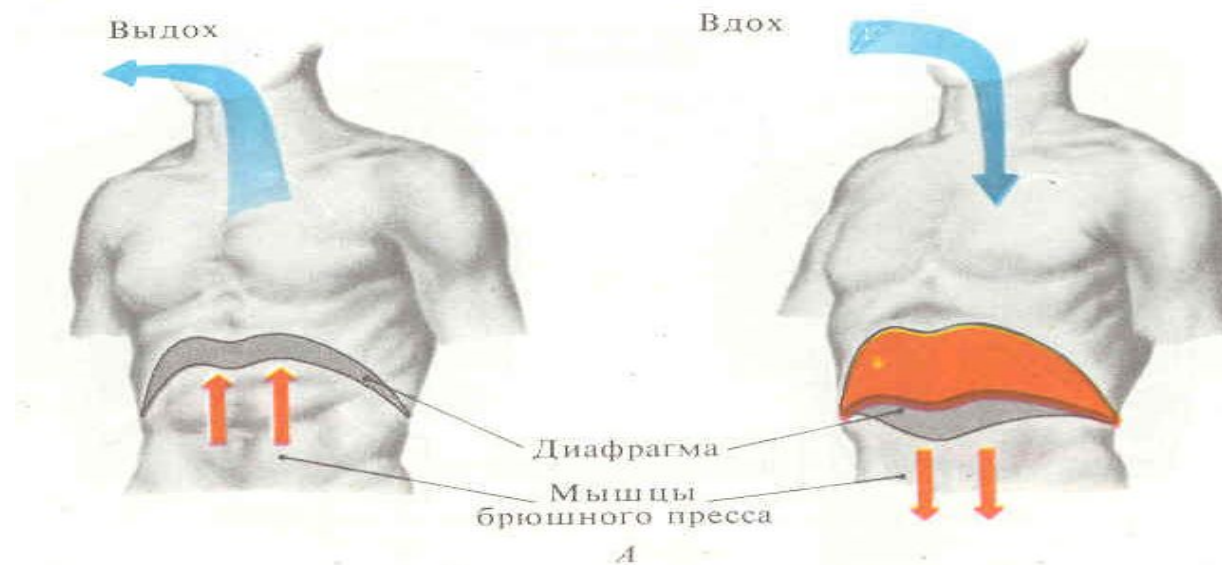


-
-
-

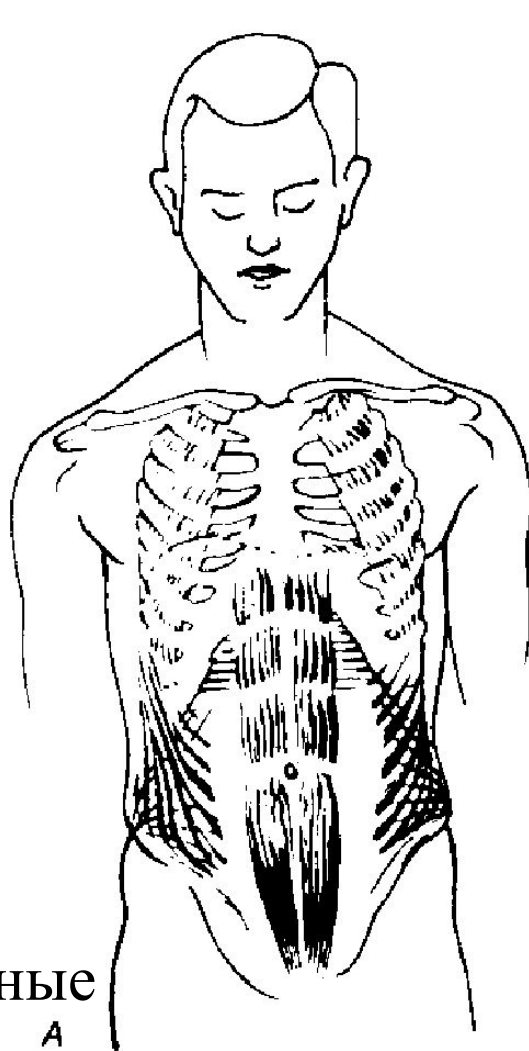
Направление вращения первого и шестого ребер при вдохе



Механизм дыхательных движений

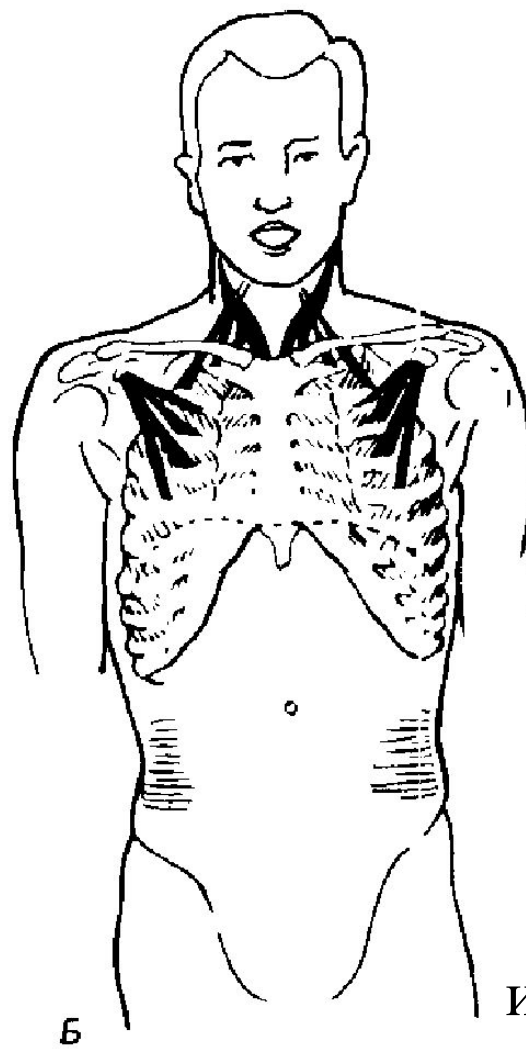


Вспомогательные дыхательные мышцы



экспираторные

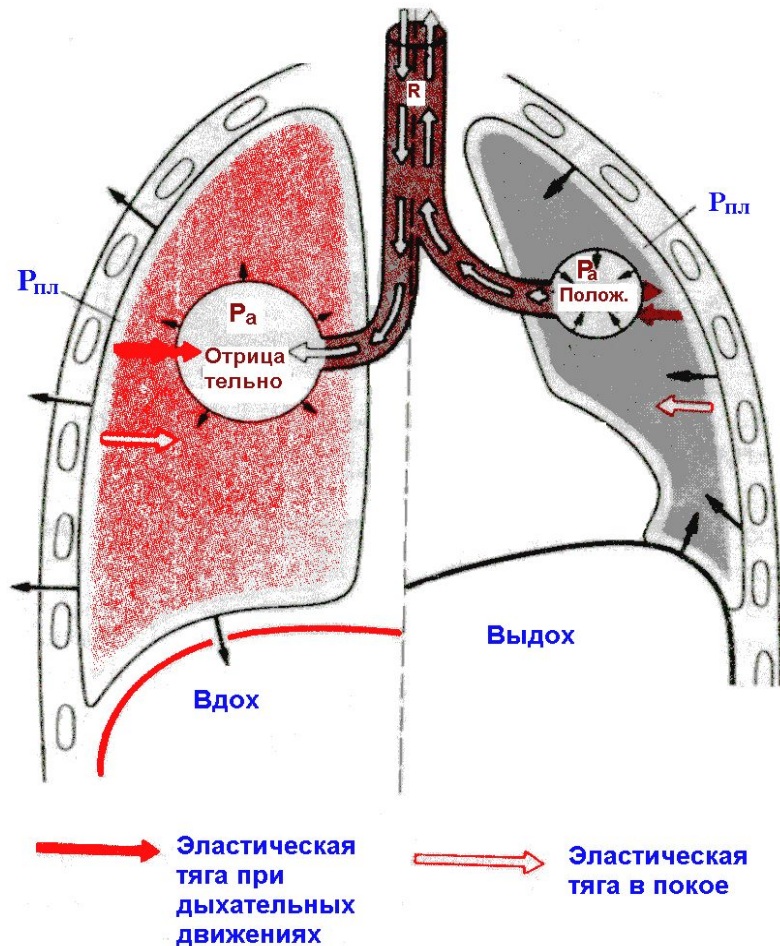
А



Б

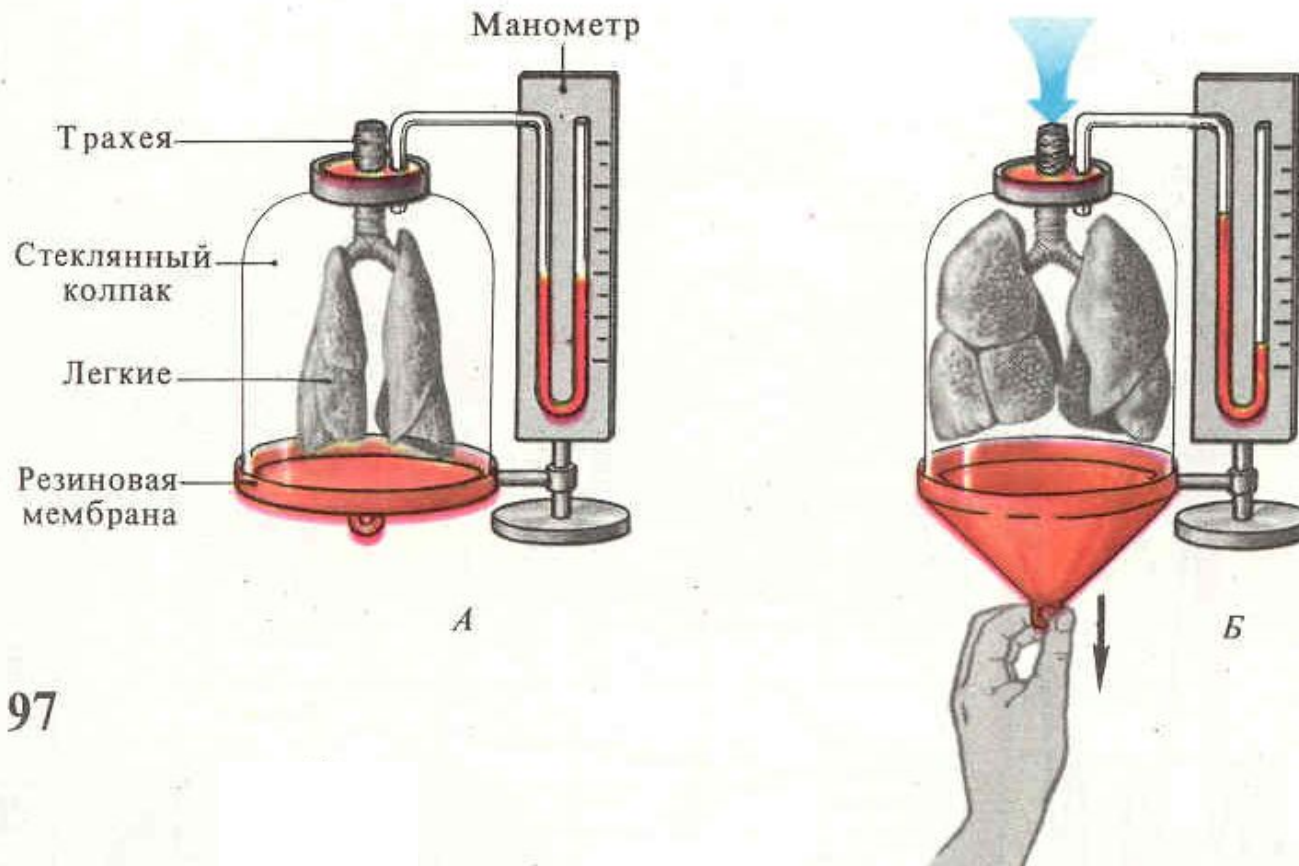
инспираторные

Механизм вдоха и выдоха

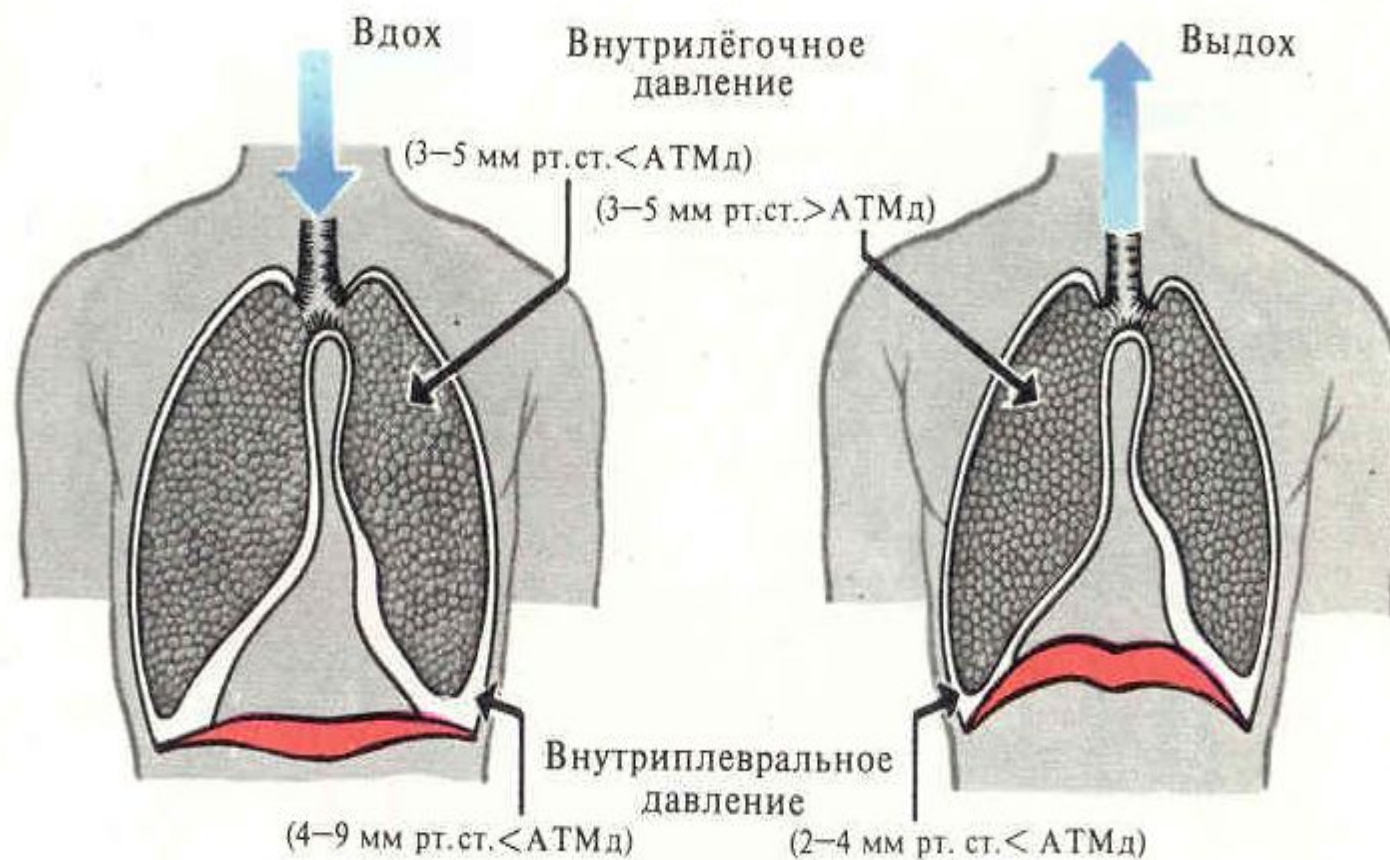


- Транспульмональное давление:
 $P_{\text{трп}} = P_{\text{альв}} - P_{\text{плевр}}$
- На вдохе $P_{\text{плевр}} = -9 \text{ мм Нг}$
- Перед вдохом $P_{\text{плевр}} = -3 \text{ мм Нг}$
- На выдохе $P_{\text{плевр}} = +4-10 \text{ мм Нг}$
- Трансреспираторное давление:
 $P_{\text{трр}} = P_{\text{альв.}}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

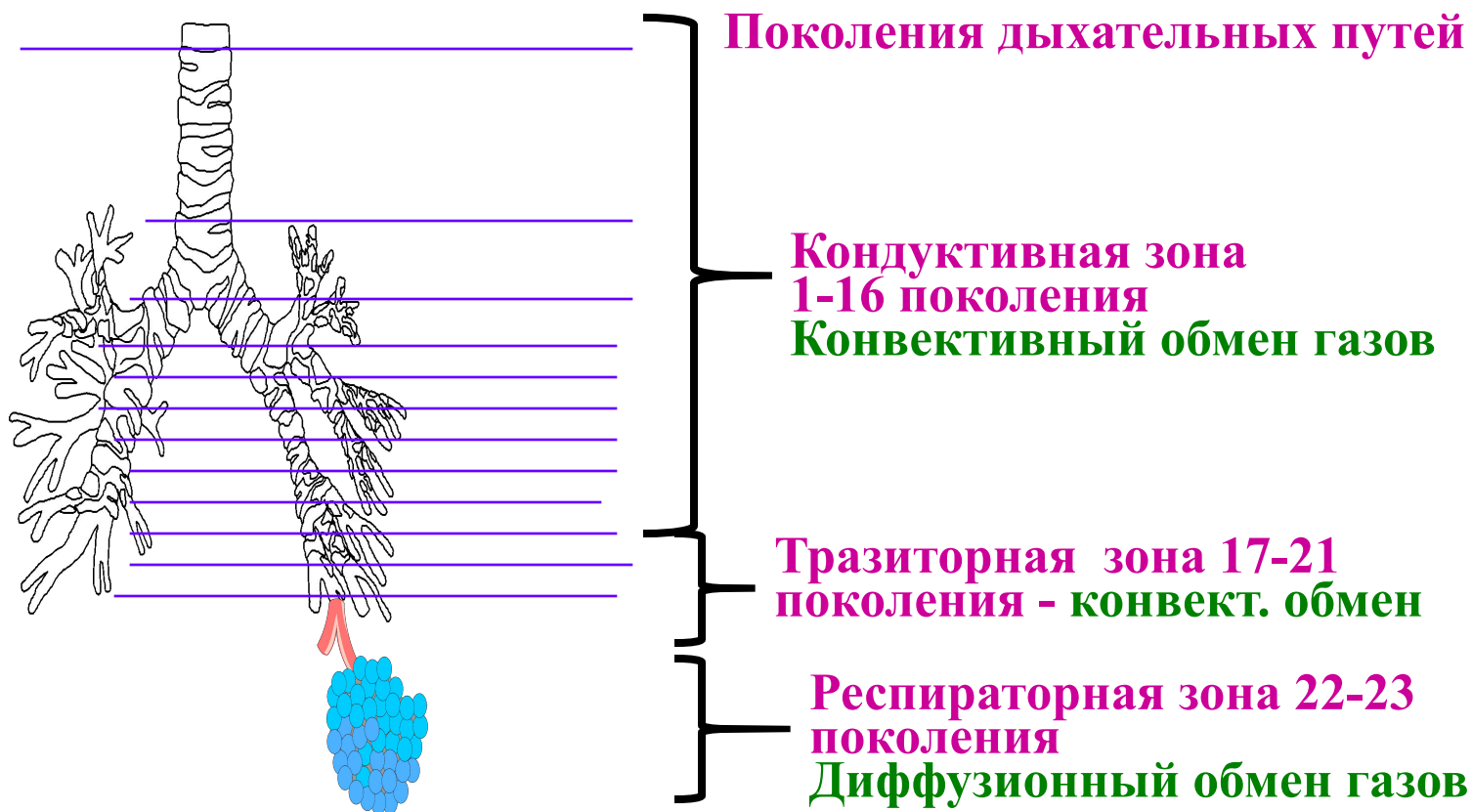
Модель Дондерса



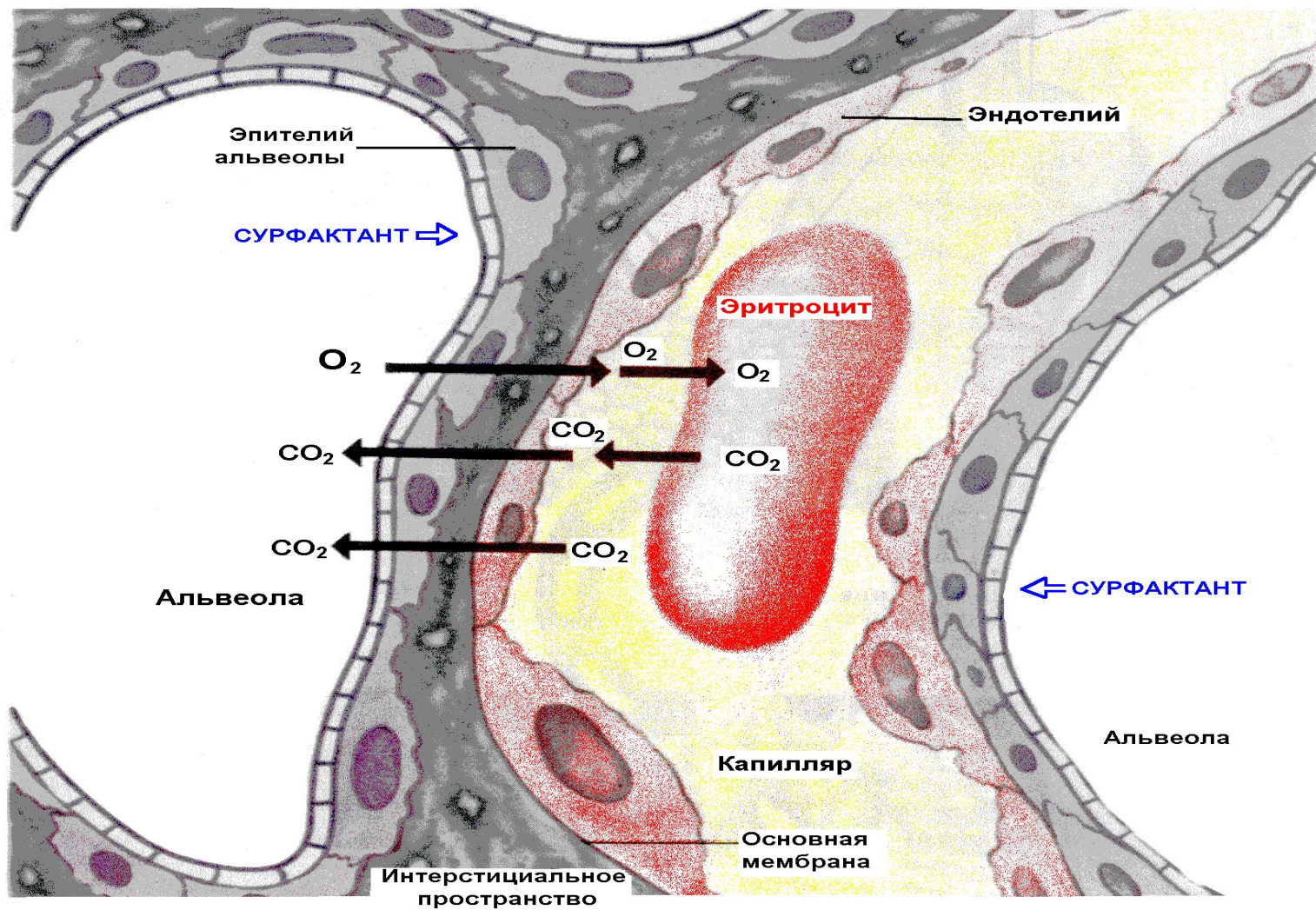
Внутрилегочное и внутриплевральное давление на вдохе и выдохе



Ветвления и зоны трахеобронхиального дерева



АЗРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР



Парциальное давление

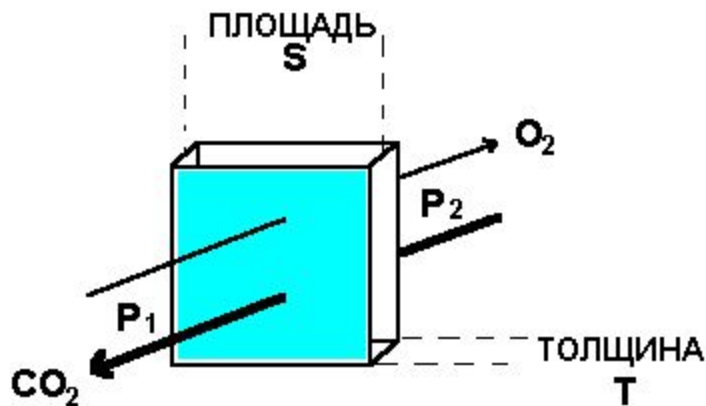
- Парциальное давление - часть общего давления смеси газов, приходящаяся на отдельный газ (если бы он занимал весь объем смеси)

- ЗАКОН ДАЛЬТОНА

$$P_{\text{газа}} = \frac{P_{\text{смеси}} \times C (\%)}{100\%}$$

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

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

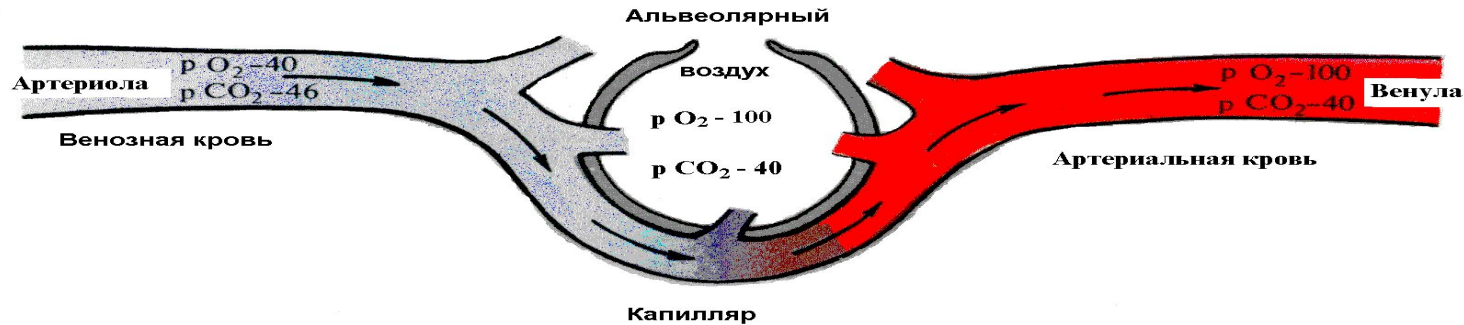
- Для кислорода:

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

- Для 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_2O , значит давление «сухого» воздуха = $760 - 47 = 713$ мм Нг. Альвеолярный воздух обогащен CO_2 , 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

ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЛЕГКИХ

ЗОНА Легких	Кровоток на % объема	Вентиляция на % объема	ВПК	P_{O_2} в крови (мм Hg)
1 Верхушки	0,01	0,03	3,0	120
2 Средняя	0,06	0,05	0,8	98
3 Основания	0,1	0,07	0,7	92

Транспорт O_2 кровью

- ДВЕ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА
КИСЛОРОДА:

- - **физически растворенный газ: 3 мл O_2 в 1 л крови**

- **Закон Генри: $C_{\text{газа}} = K \times P_{\text{газа}}$, где**
 $C_{\text{газа}}$ - концентрация растворенного газа,
 K - константа растворимости газа,
 $P_{\text{газа}}$ - парциальное давление газа над уровнем
жидкости

- **- связанный с гемоглобином газ:**
190 мл O_2 в 1 л крови

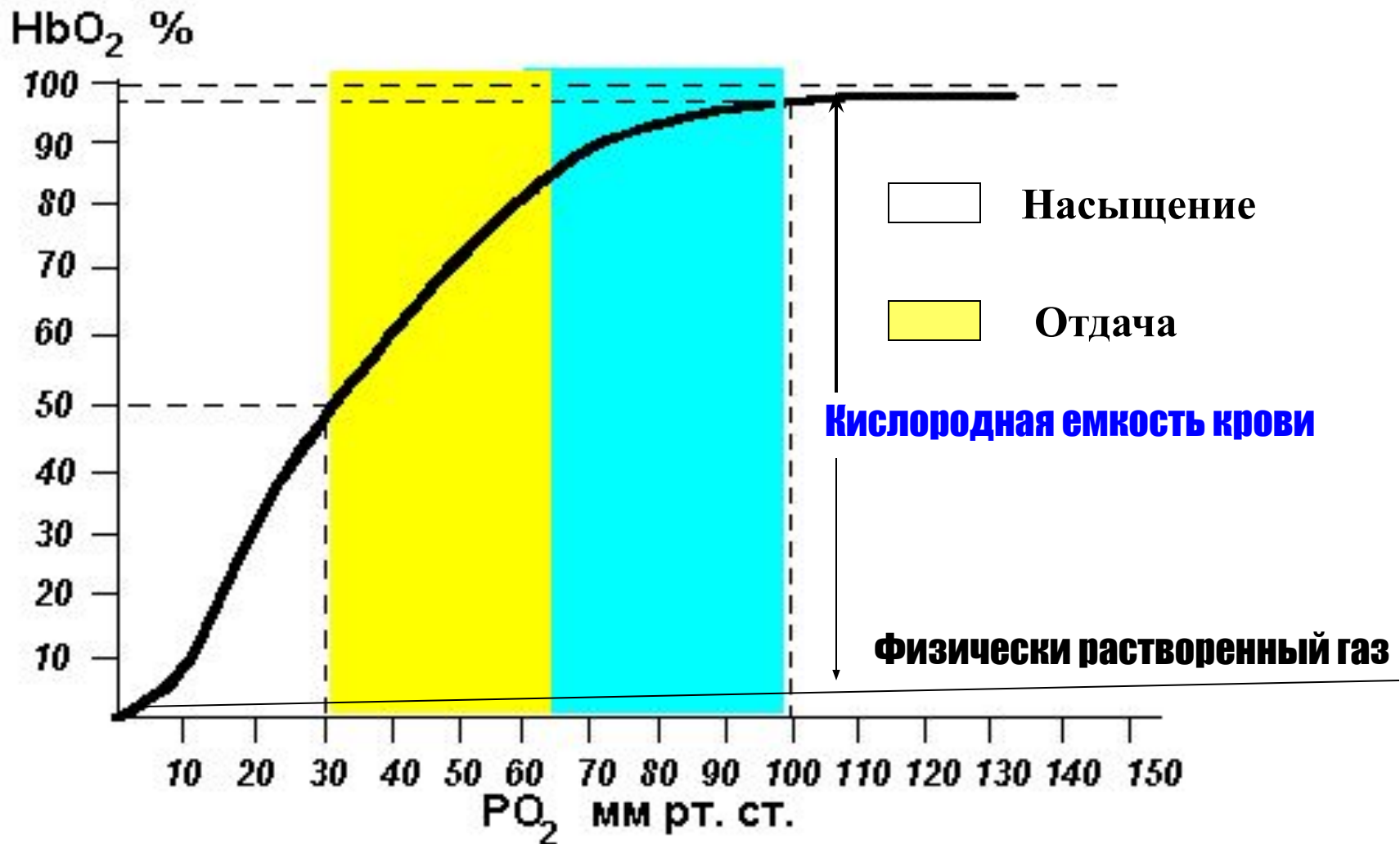
•
• **Соотношение вентиляции и перфузии в разных отделах легких. Распределение вентиляционно-перфузионного коэффициента (ВПК)**



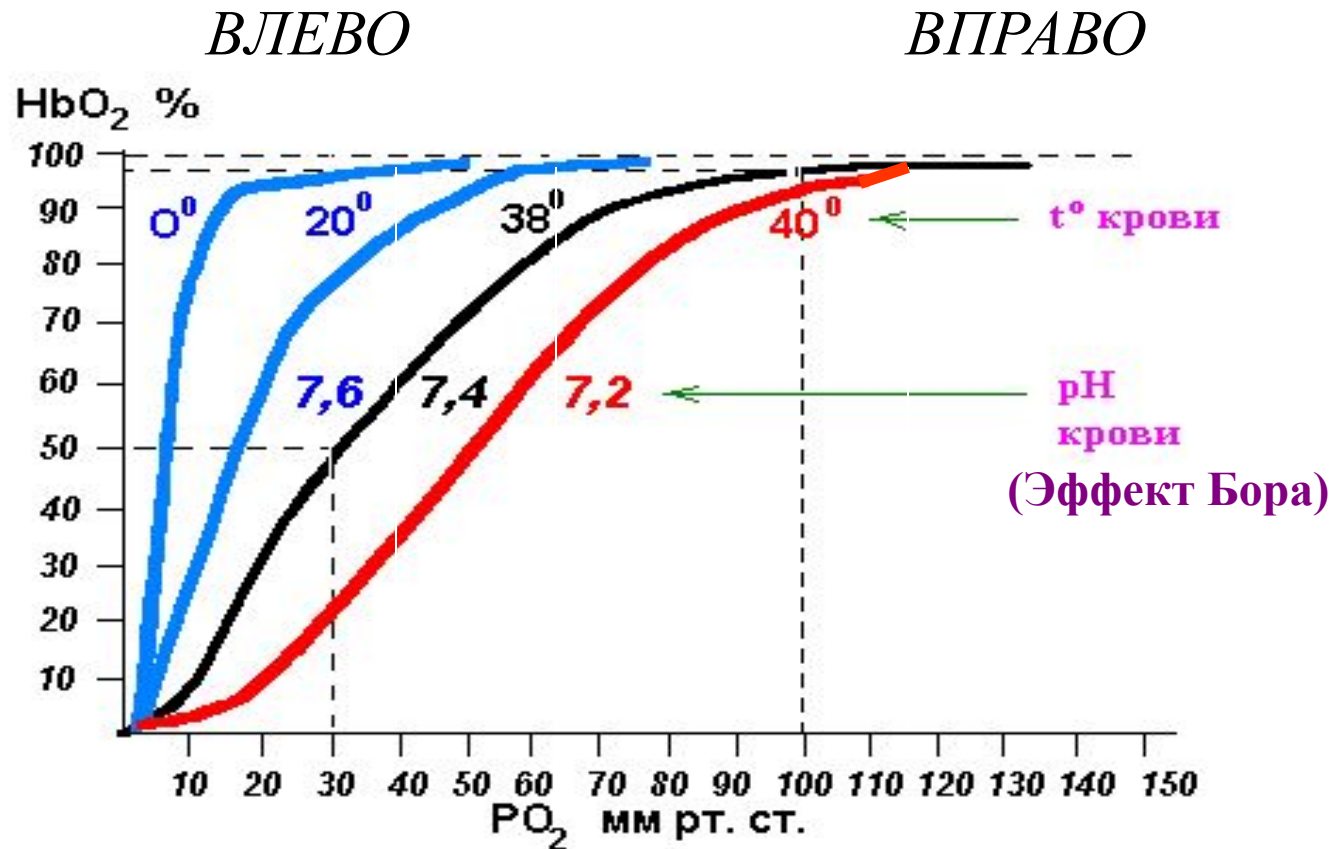
ХАРАКТЕРИСТИКИ КРОВИ

- $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$ $\text{HbO}_2 \rightleftharpoons \text{Hb} + \text{O}_2$
- Кислородная емкость крови - количество O_2 , которое связывается кровью до полного насыщения гемоглобина
- Константа Гюфнера: 1 г. Hb - 1,36 - 1,34 мл O_2
- Кислородная емкость крови = 190 мл O_2 в 1 л.
- Всего в крови содержится около 1 литра O_2
- Коэффициент утилизации кислорода = 30 - 40%

Кривая диссоциации оксигемоглобина

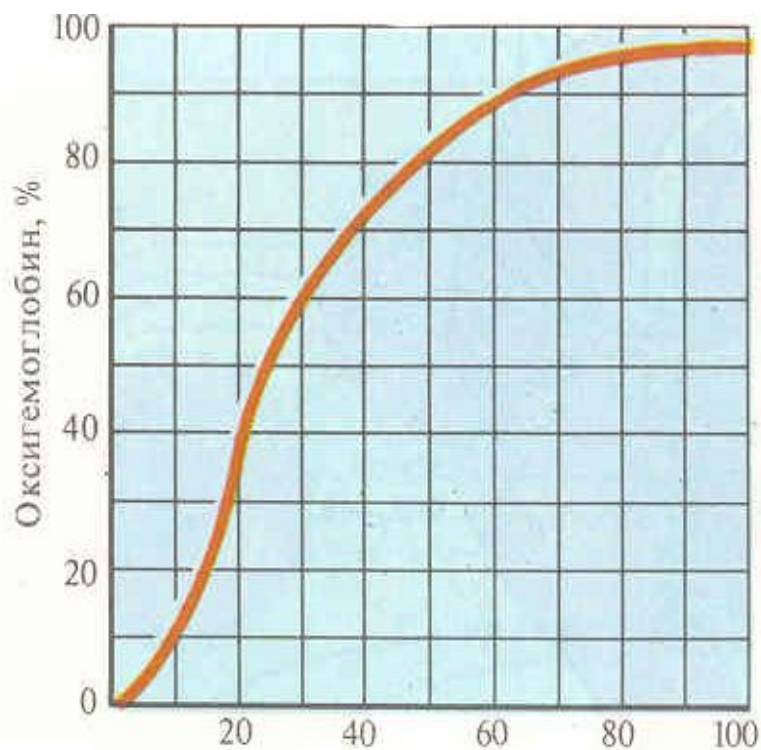


Сдвиги кривой диссоциации



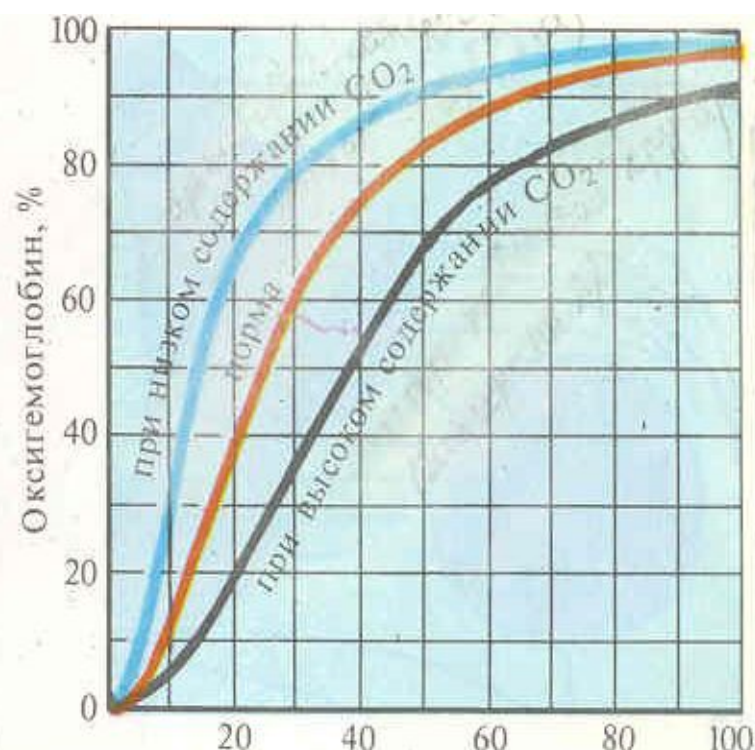
Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: $<t$; $<P_{CO_2}$; $<2,3\text{-ДФГ}$; $>pH$
Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: $>t$; $>P_{CO_2}$; $>2,3\text{-ДФГ}$; $<pH$

КРИВЫЕ ДИССОЦИАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА



I

Парциальное давление кислорода, мм рт. ст.



II

Транспорт CO_2 кровью

- ТРИ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :

- - физически растворенный газ - 5-10%

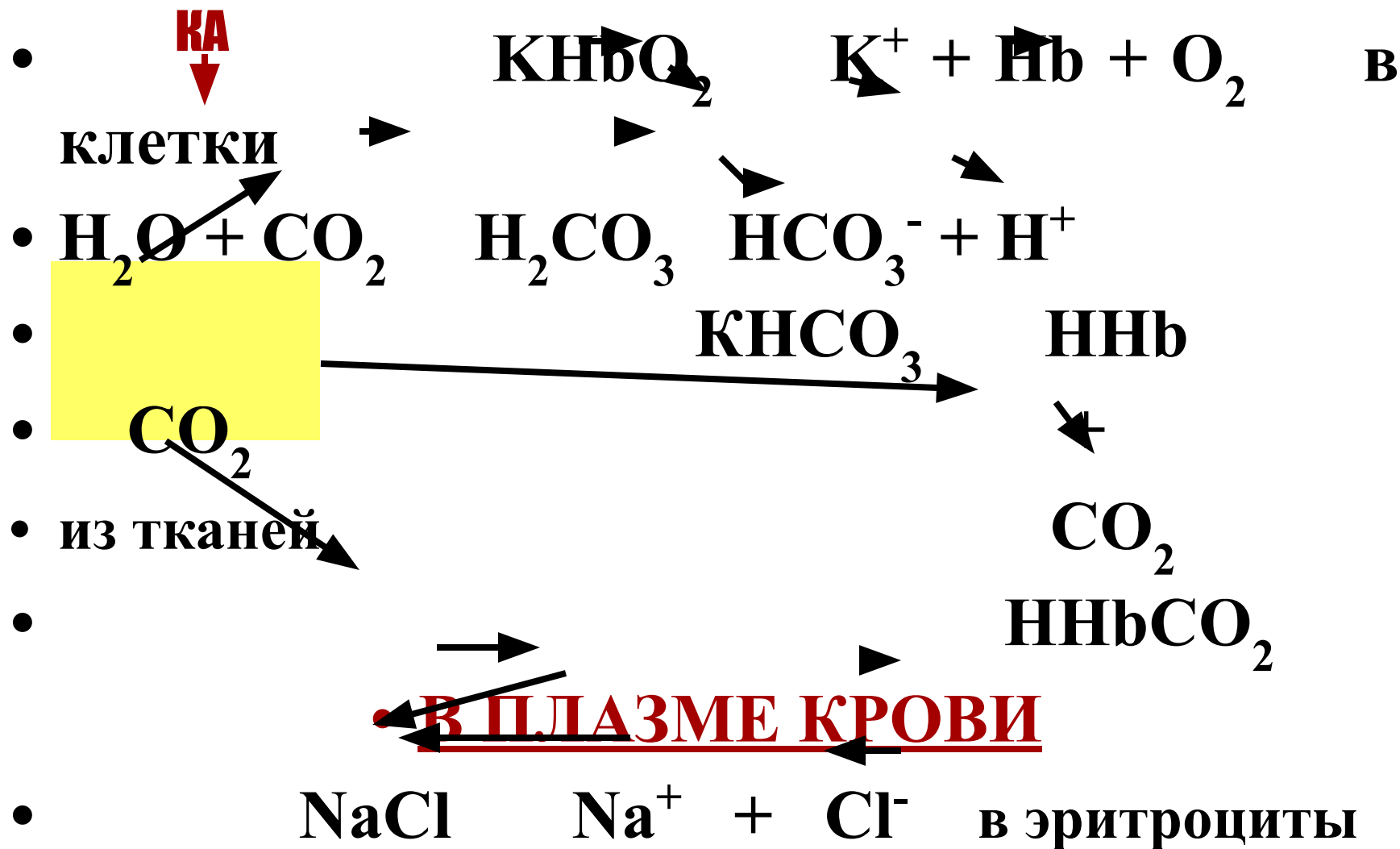
- - химически связанный в бикарбонатах:
в плазме NaHCO_3 , в эритроцитах KHCO_3 -
80-90%



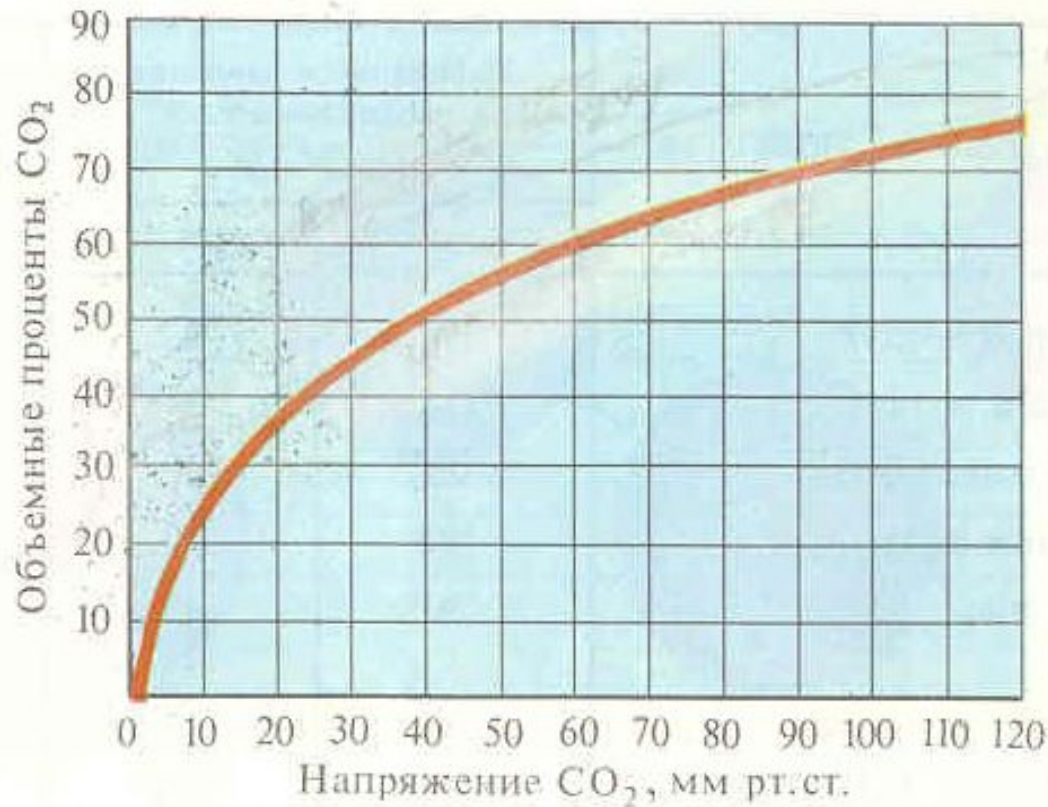
- - связанный в карбаминовых соединениях
гемоглобина: $\text{Hb} \cdot \text{NH}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HbNHCOOH}$ -
5-15%

- В ЭРИТРОЦИТАХ

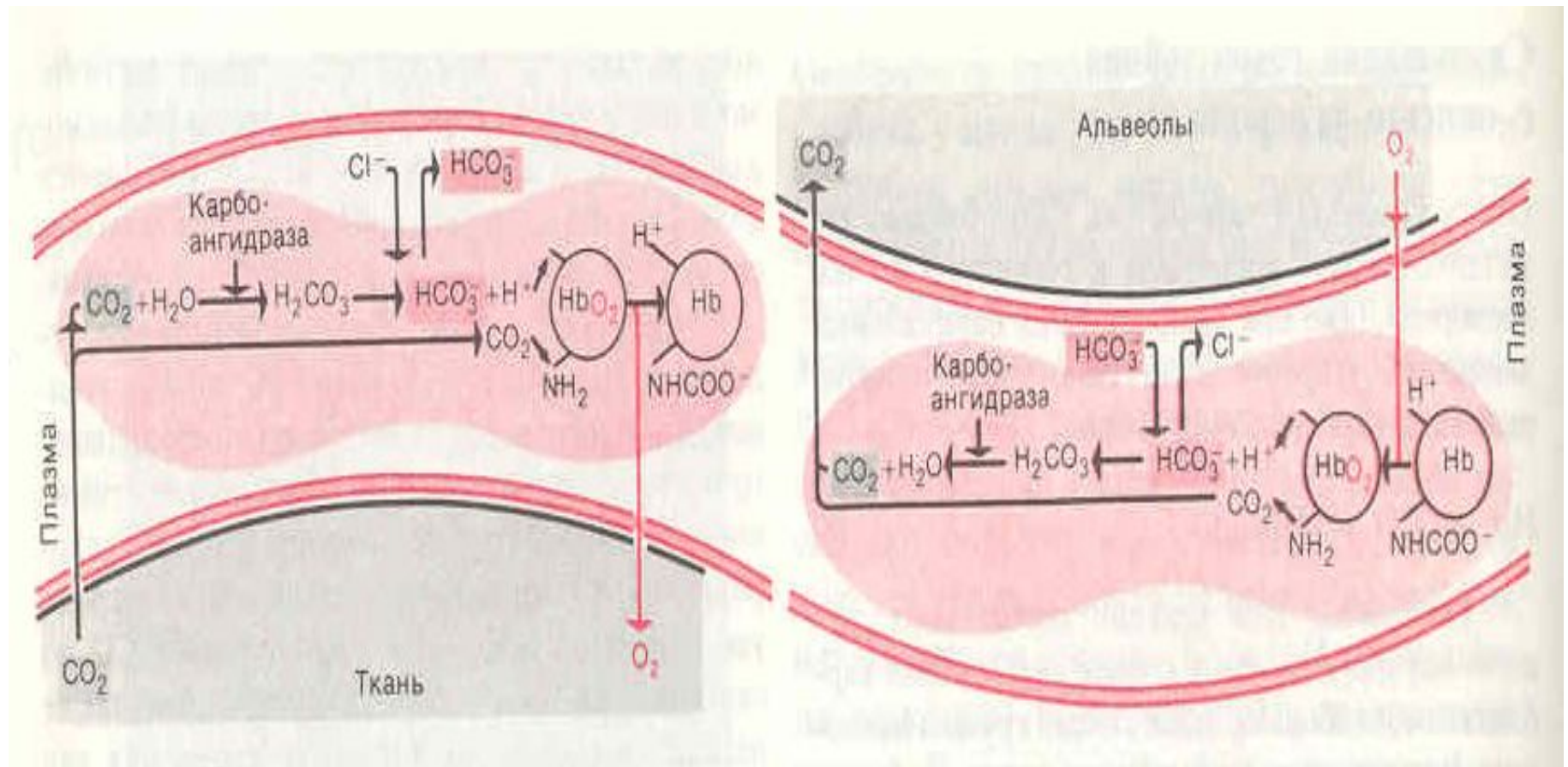
• В ЭРИТРОЦИТАХ



Зависимость содержания CO_2 в крови от его парциального давления



ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В КРОВИ ПРИ ОБМЕНЕ ГАЗОВ В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ



Каскад кислорода

