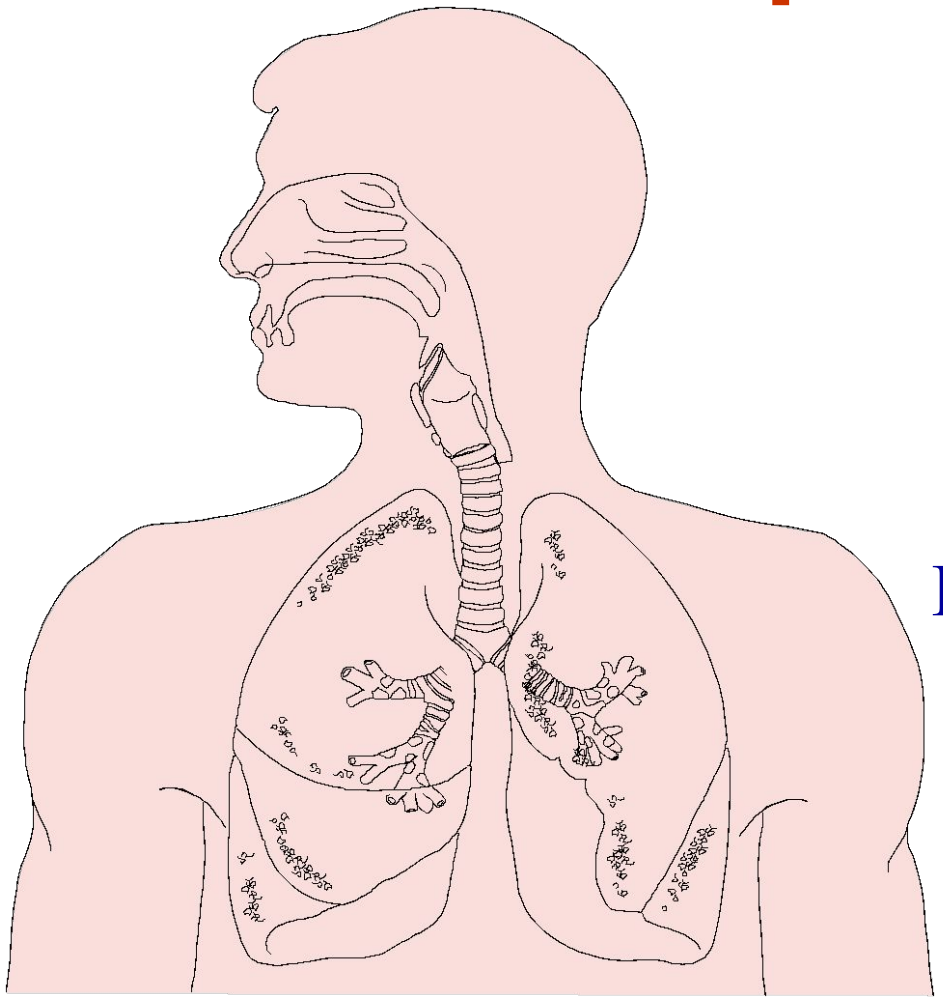
Кафедра нормальной физиологии КрасГМА



ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

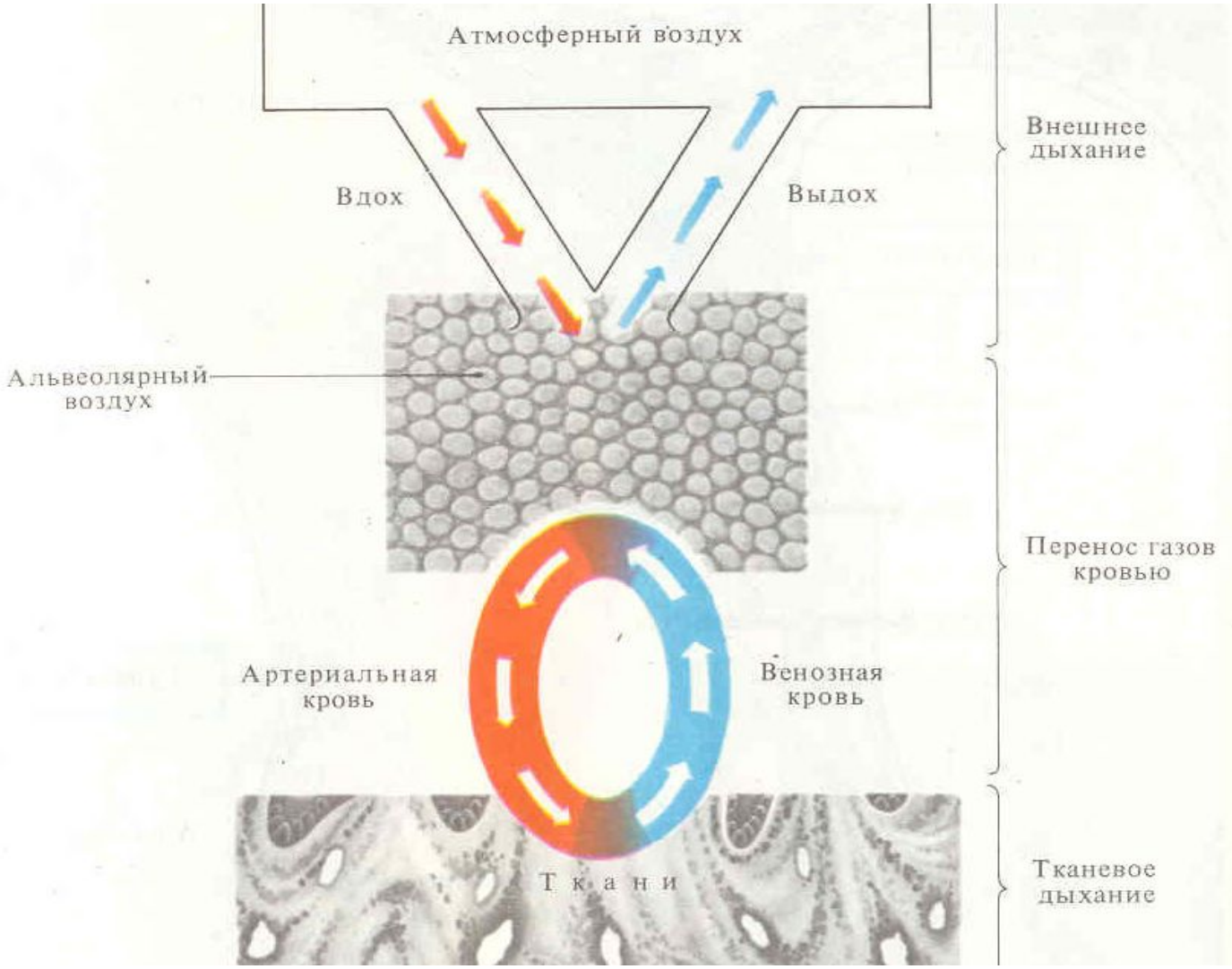
Внешнее дыхание и транспорт газов кровью

- 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

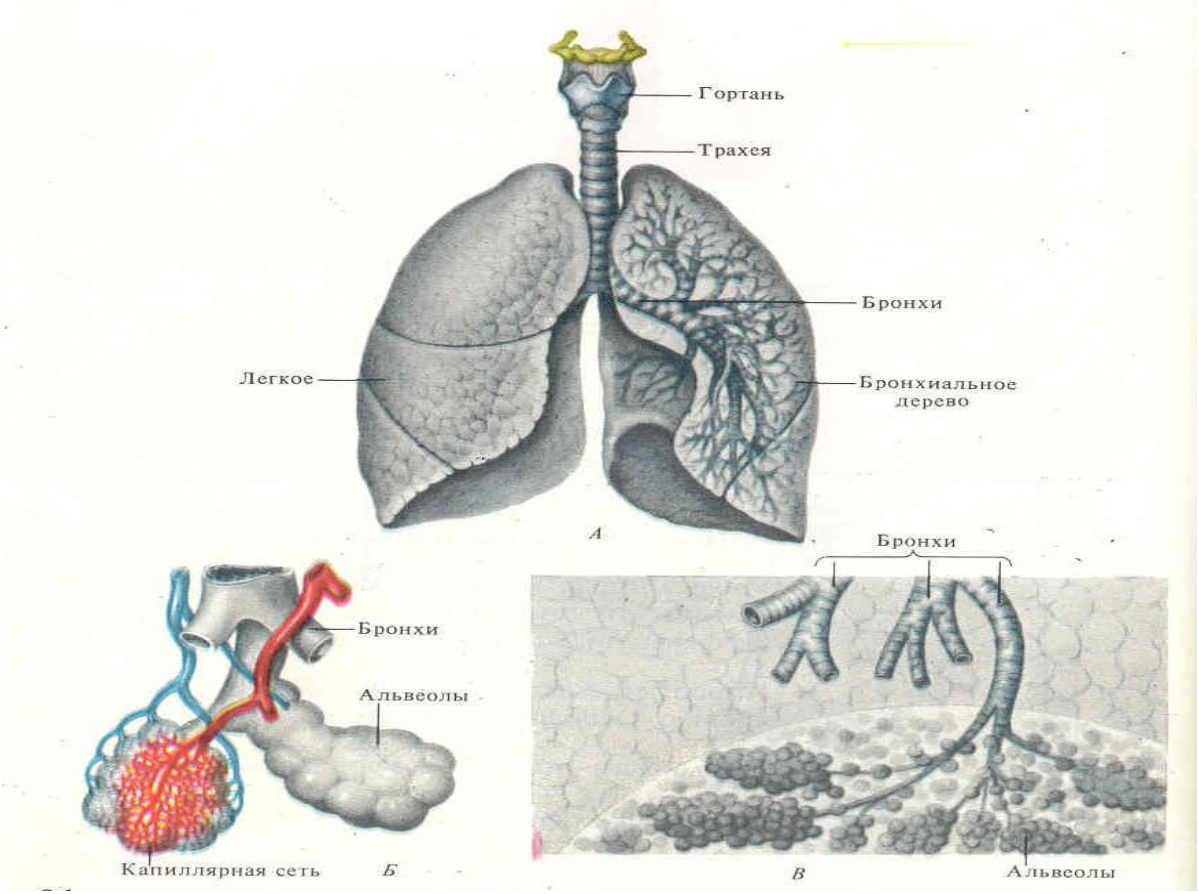
Этапы дыхания



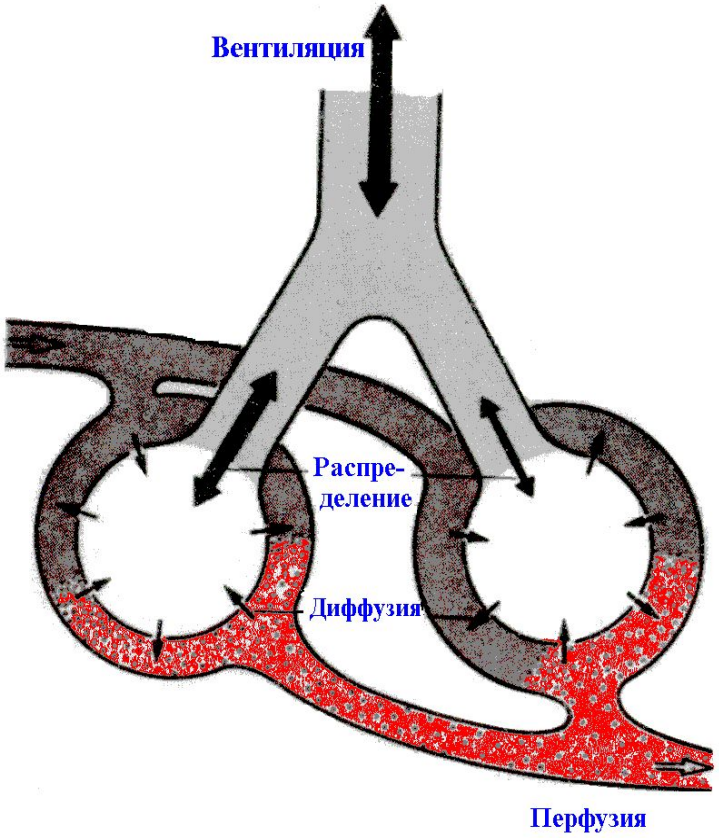
Структура аппарата внешнего дыхания

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

СТРОЕНИЕ ЛЕГКИХ

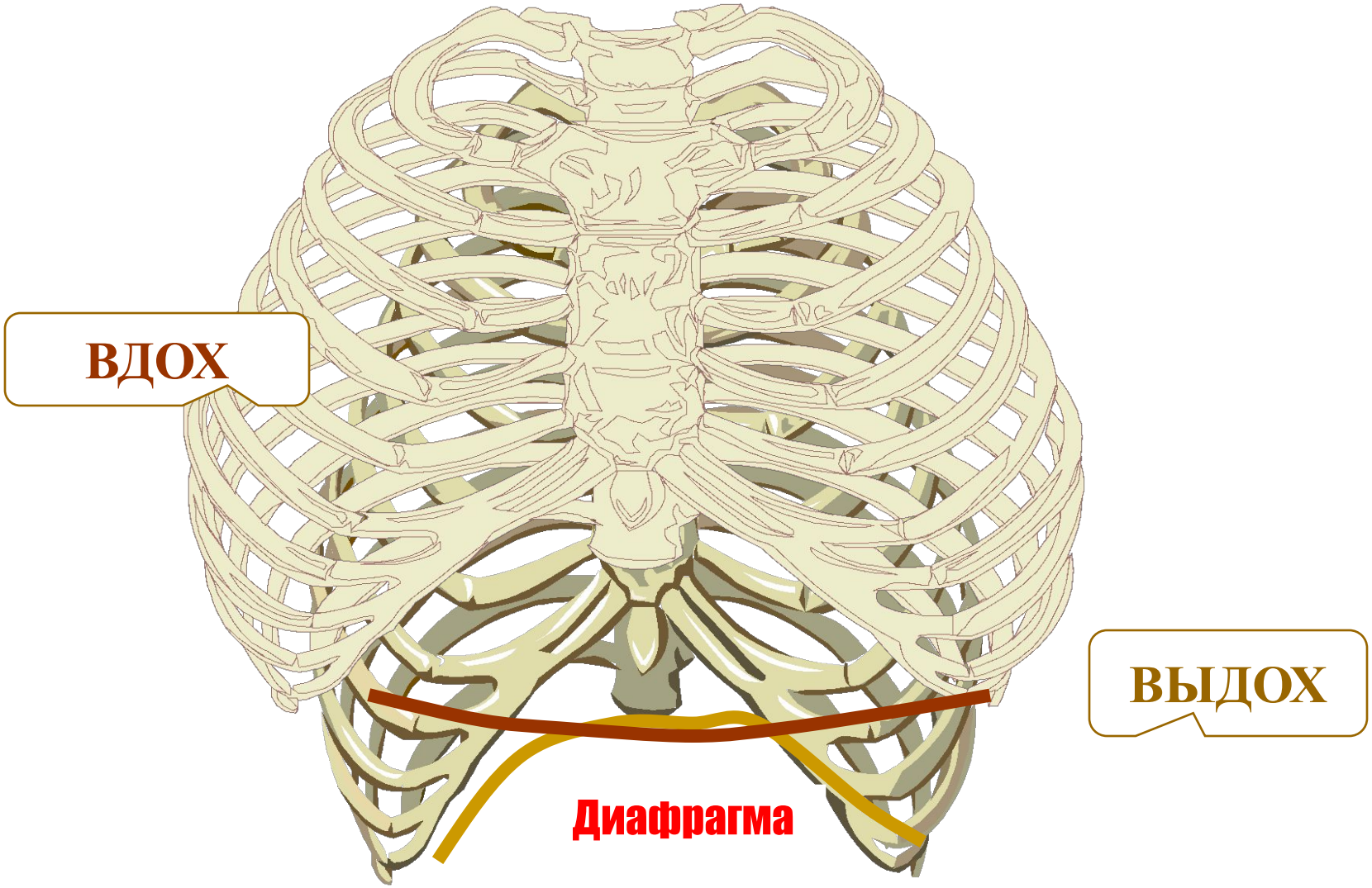


Внешнее дыхание

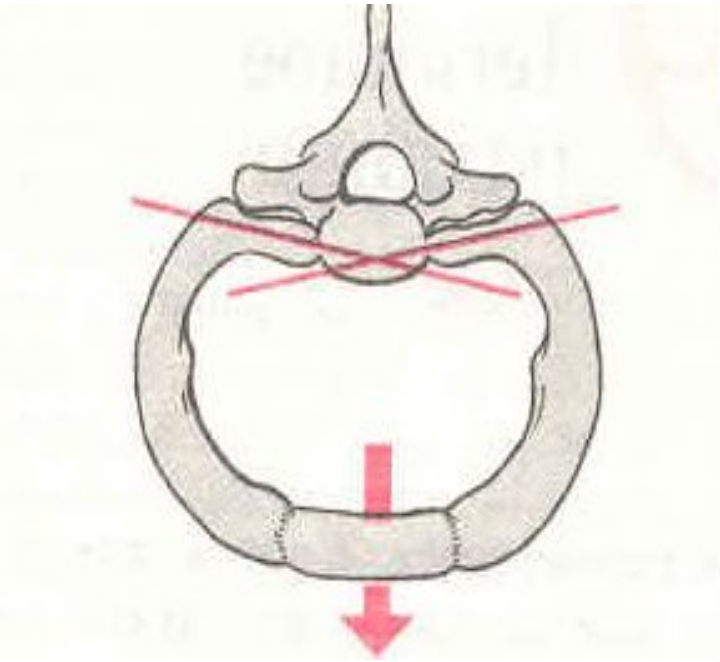


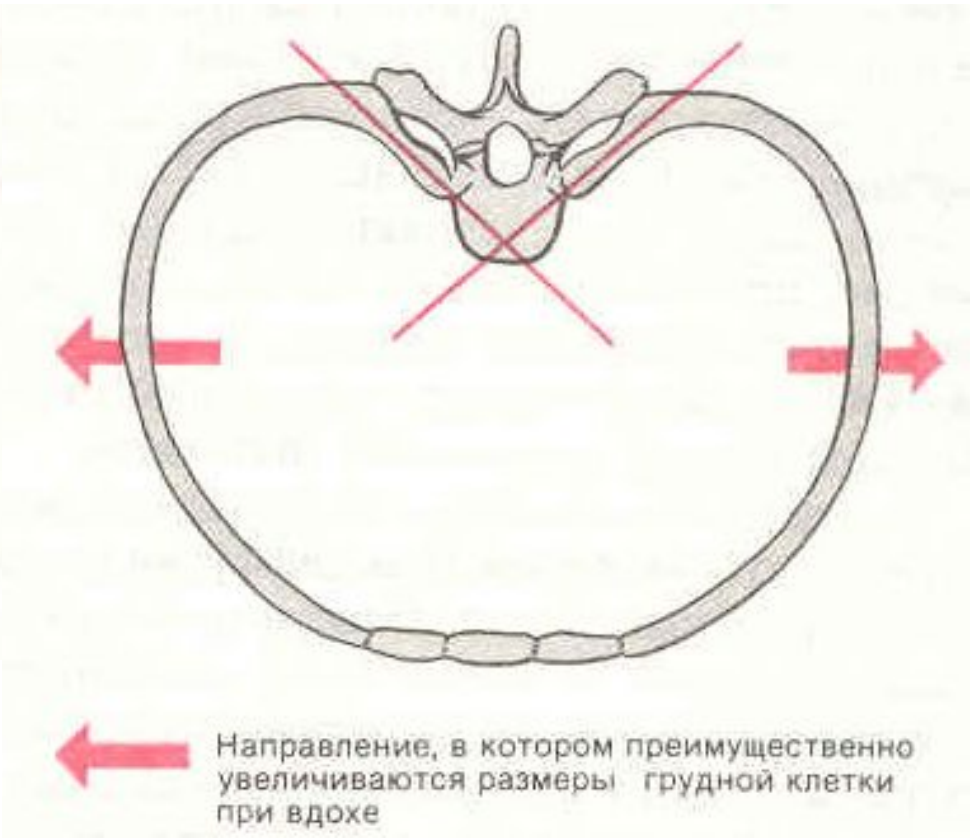
- 3 ПРОЦЕССА:
- - Вентиляция
- - Диффузия
- - Перфузия

Изменения формы грудной клетки при вдохе и выдохе

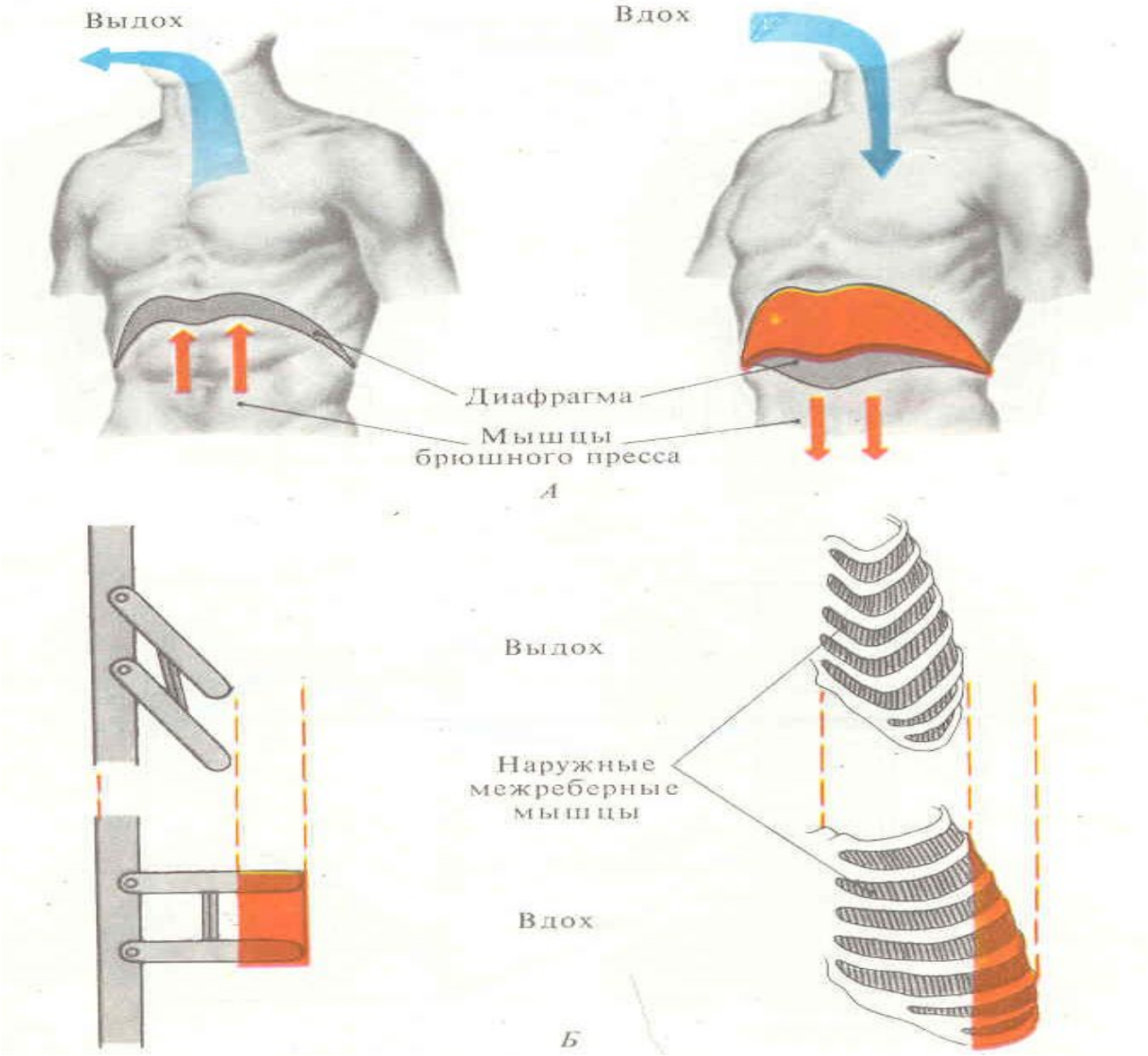


Направление вращения первого и шестого ребер при вдохе

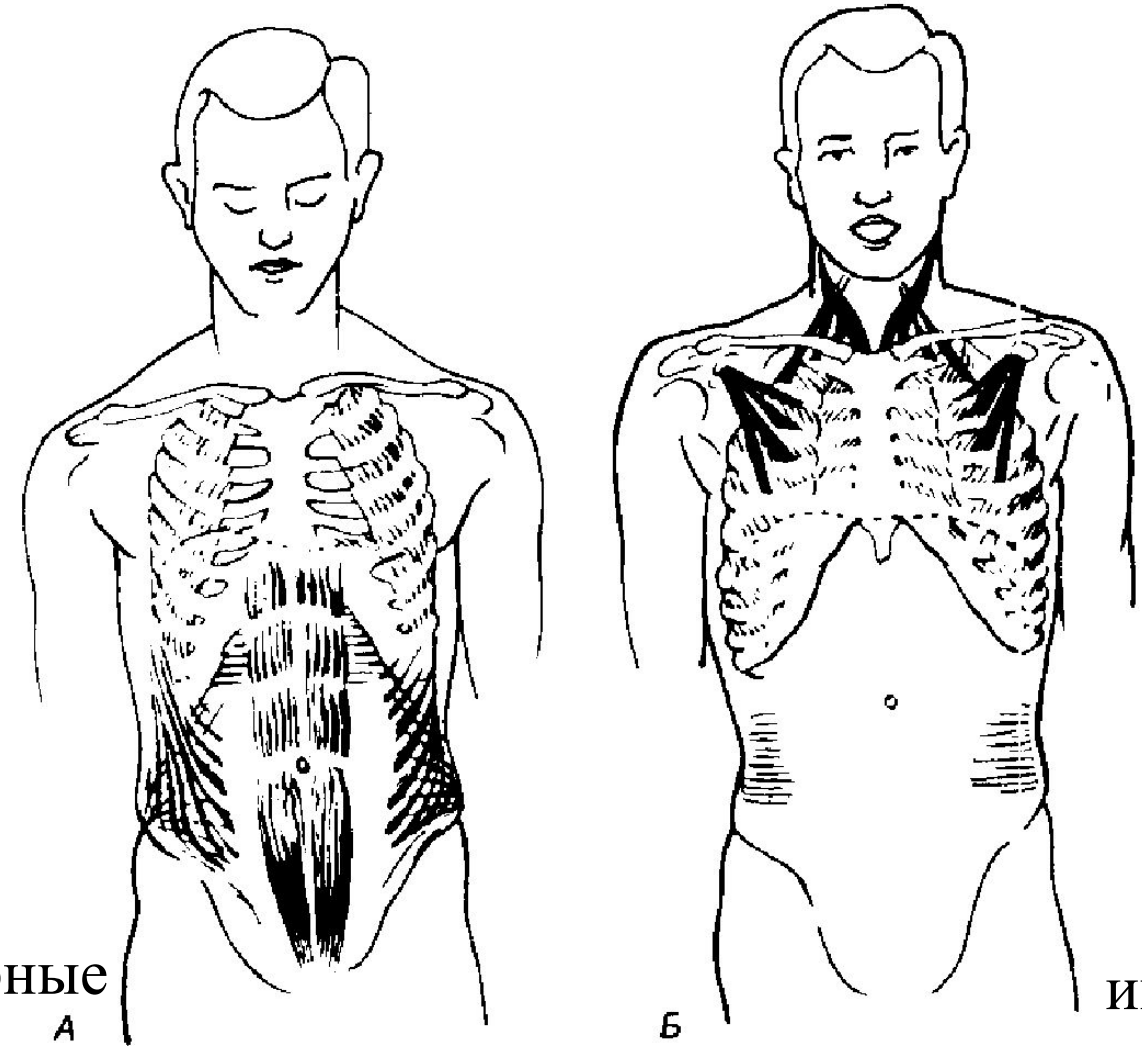




Механизм дыхательных движений



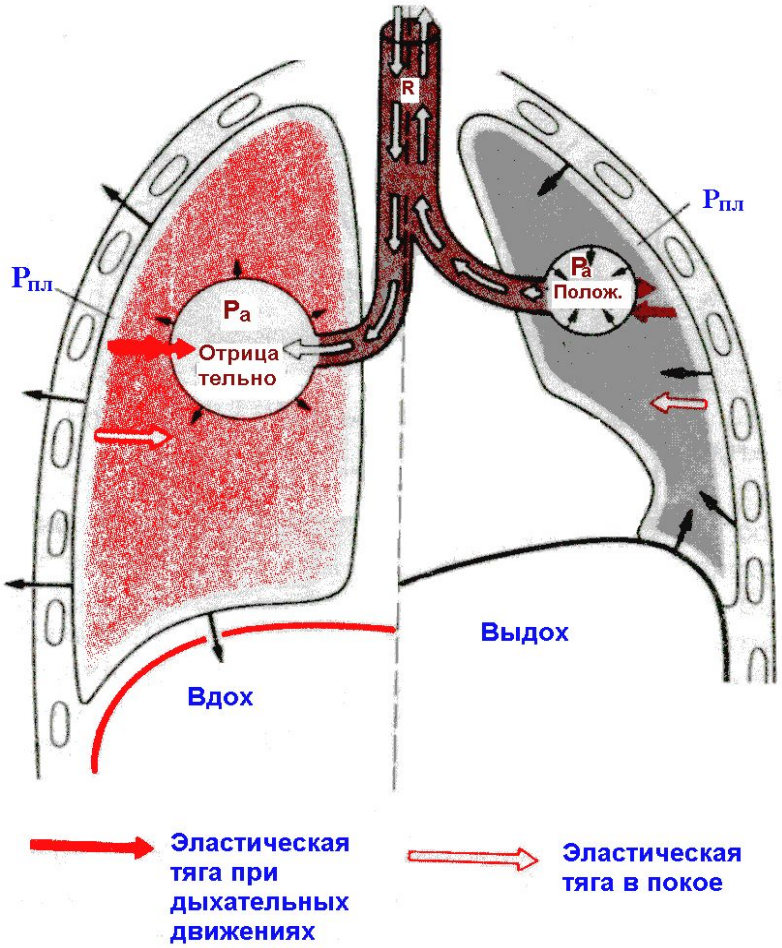
Вспомогательные дыхательные мышцы



экспираторные

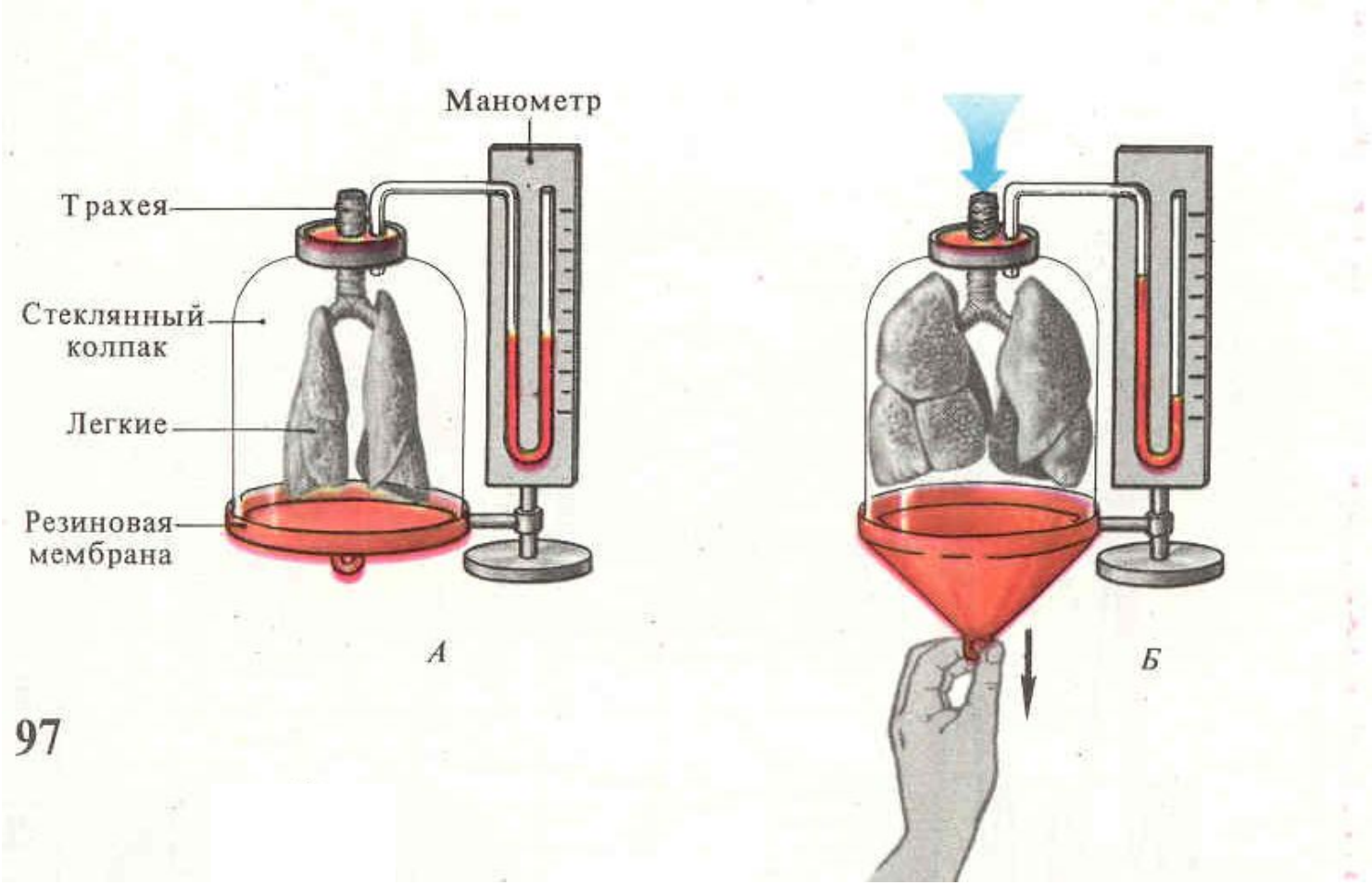
инспираторные

Механизм вдоха и выдоха

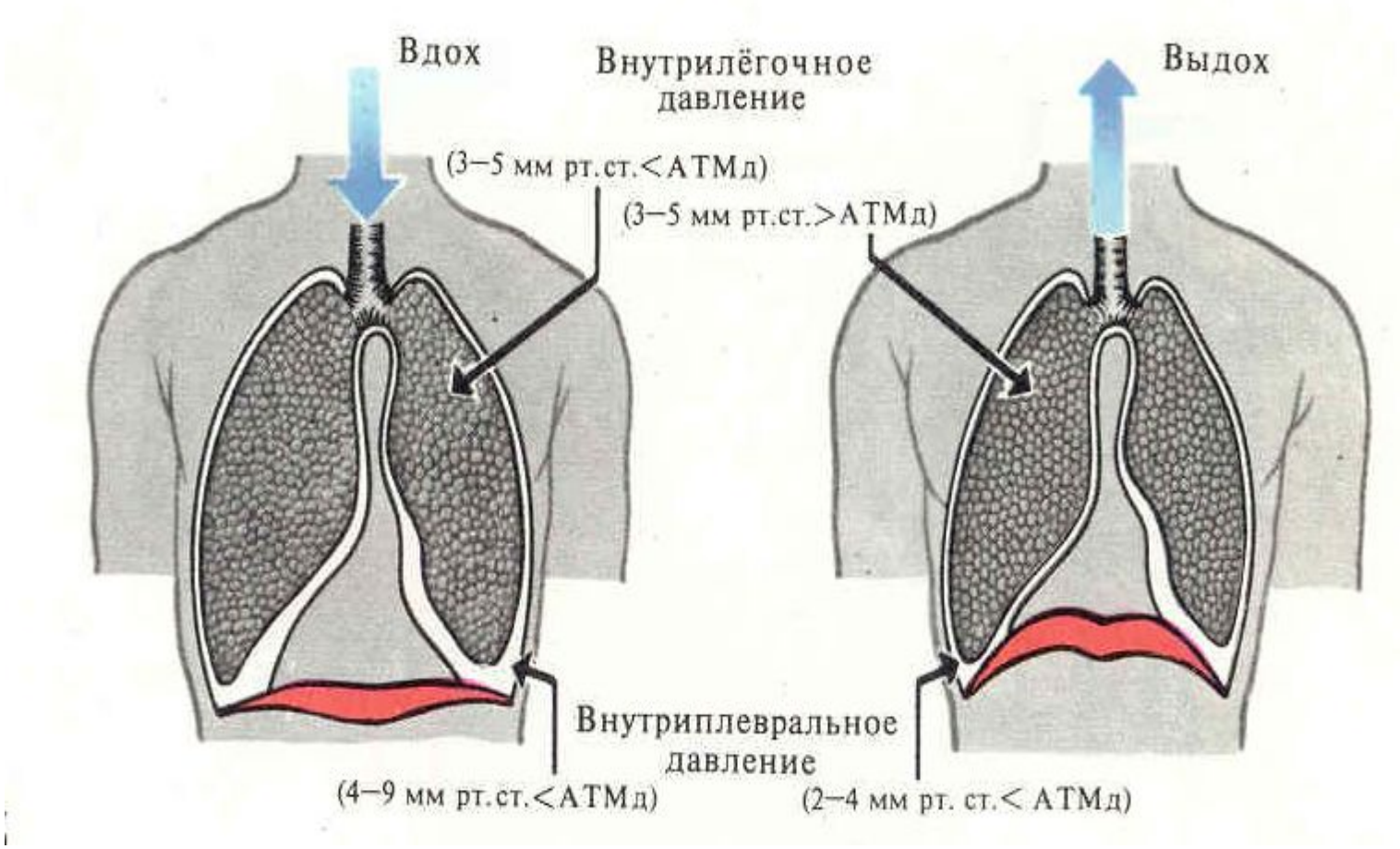


- Транспульмональное давление: $P_{трп} = P_{альв} - P_{плевр}$
- На вдохе $P_{плевр}$ = -9мм Hg
- Перед вдохом $P_{плевр}$ = - 3 мм Hg
- На выдохе $P_{плевр}$ = +4-10 мм Hg
- Трансреспираторное давление: $P_{трр} = P_{альв.} - P_{внешн.}$
- На вдохе: $P_{трр}$ = 756 - 760 = - 4 мм Hg
  На выдохе: $P_{трр}$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

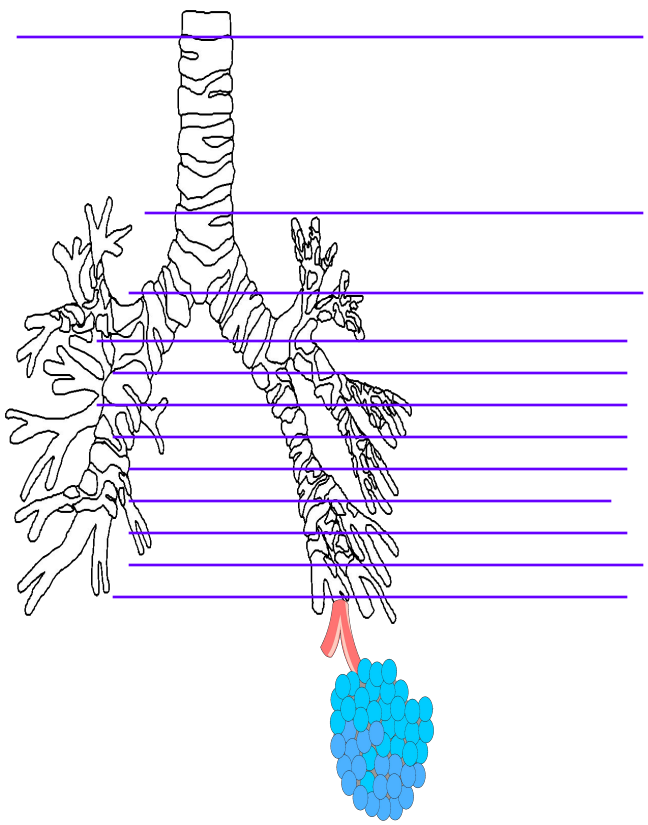
Модель Дондерса



Внутрилегочное и внутриплевральное давление на вдохе и выдохе



Ветвления и зоны трахеобронхиального дерева



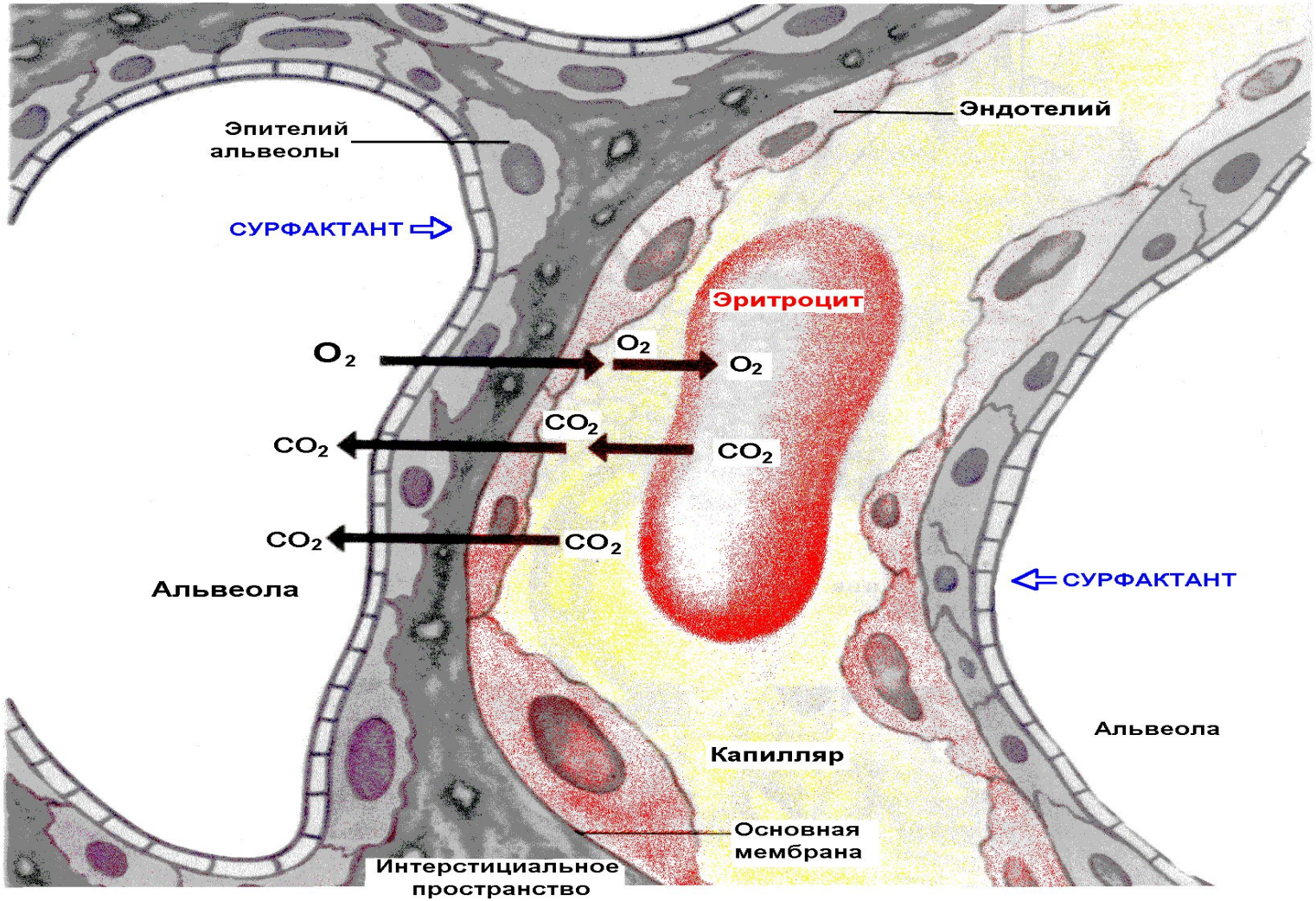
Поколения дыхательных путей

Кондуктивная зона
1-16 поколения
Конвективный обмен газов

Тразиторная зона 17-21 поколения - конвект. обмен

Респираторная зона 22-23 поколения
Диффузионный обмен газов

АЭРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР



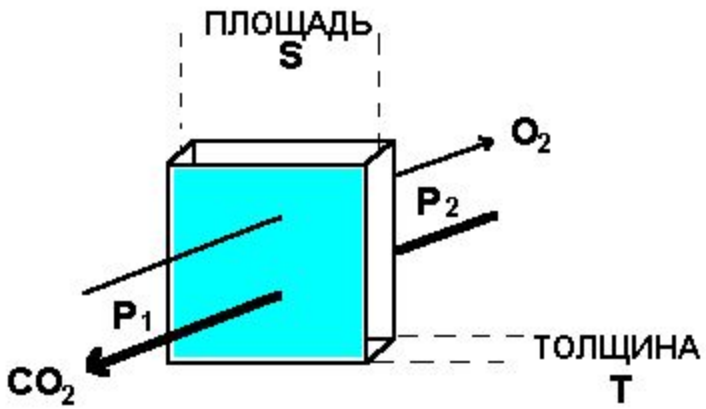
Парциальное давление

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

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

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

Диффузия газов через барьер



- ЗАКОН ФИКА

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

- где: $Q_{газа}$ - 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

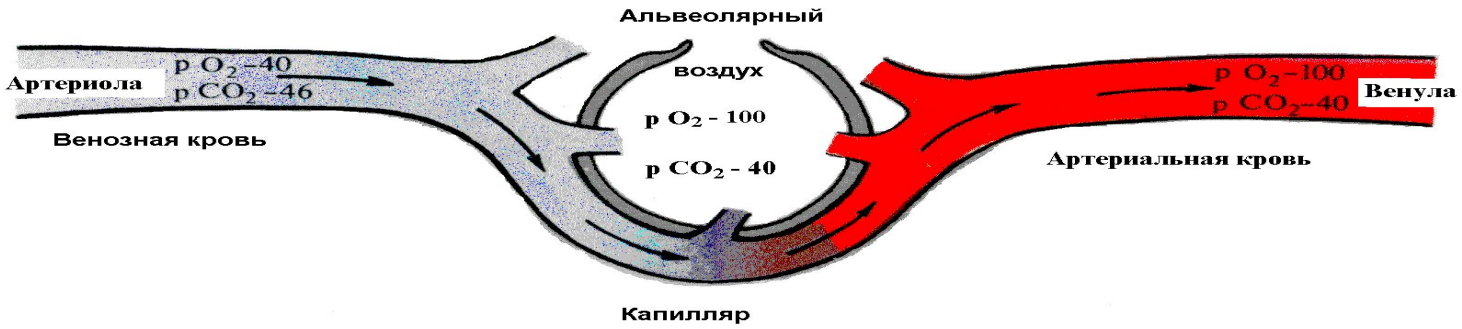
Диффузия газов через АГБ

- ЗАКОН ФИКА
- $$Q_{ГАЗА} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

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

- **Для кислорода:**
- $P_{альв.возд}$=100 мм Hg
- $P_{вен.крови}$= 40 мм Hg
- P_1-P_2=60 мм Hg
- **Для CO_2:**
- $P_{вен.крови}$=46 мм Hg
- $P_{альв.возд.}$=40 мм Hg
- P_1-P_2= 6 мм Hg
- DK CO_2 >DK O_2 в 25 раз

Диффузия кислорода



- Р O_2 в воздухе = 21% от 760 = 159 мм Hg
- В альвеолярном воздухе 47 мм Hg давления воздуха приходится на пары H_2O, значит давление «сухого» воздуха = 760-47=713 мм Hg. 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 Hg
- В венозной крови легочных капилляров напряжение кислорода = 40 мм Hg
- Градиент давлений, обеспечивающий диффузию кислорода равен 100-40=60 мм Hg

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

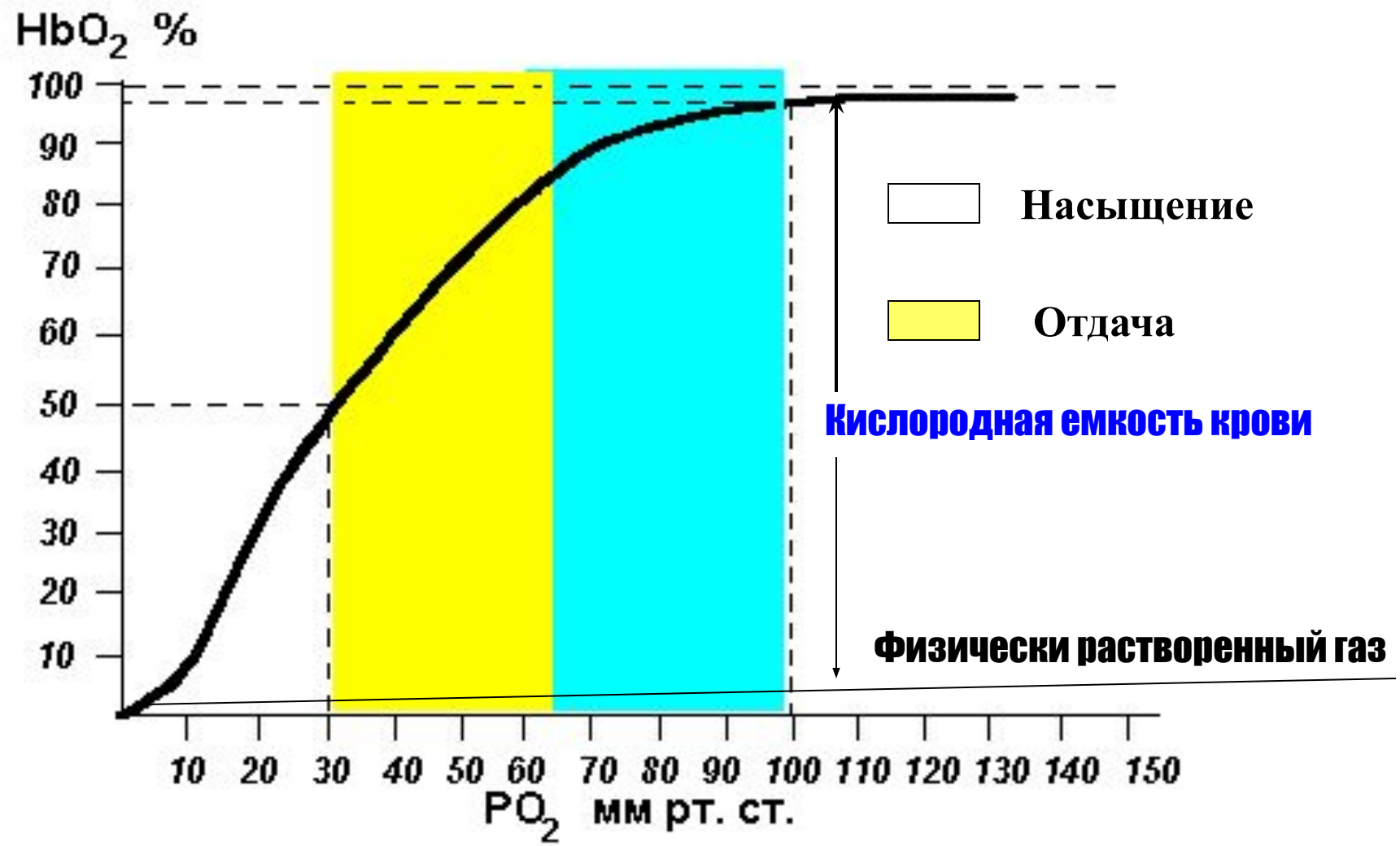
- **ДВЕ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА КИСЛОРОДА:**
- – **физически растворенный газ: 3 мл O_2 в 1 л крови**
- **Закон Генри: $C_{газа} = K \times P_{газа}$, где**
  $C_{газа}$ - концентрация растворенного газа,
  K - константа растворимости газа,
  $P_{газа}$ - парциальное давление газа над уровнем жидкости
  - **- 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)

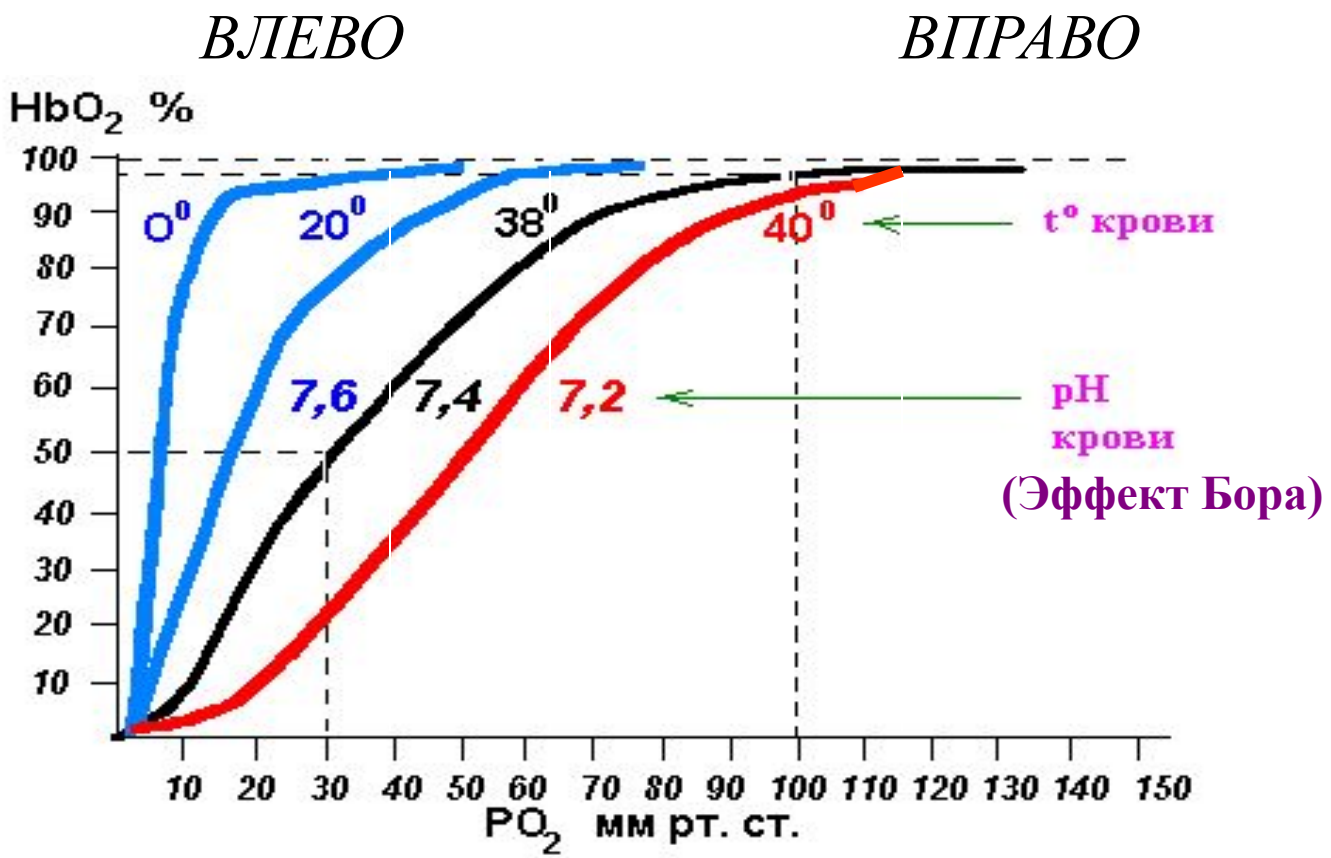
ХАРАКТЕРИСТИКИ КРОВИ

- $Hb + O_2 \rightarrow HbO_2$ $HbO_2 \rightarrow Hb + O_2$
- 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



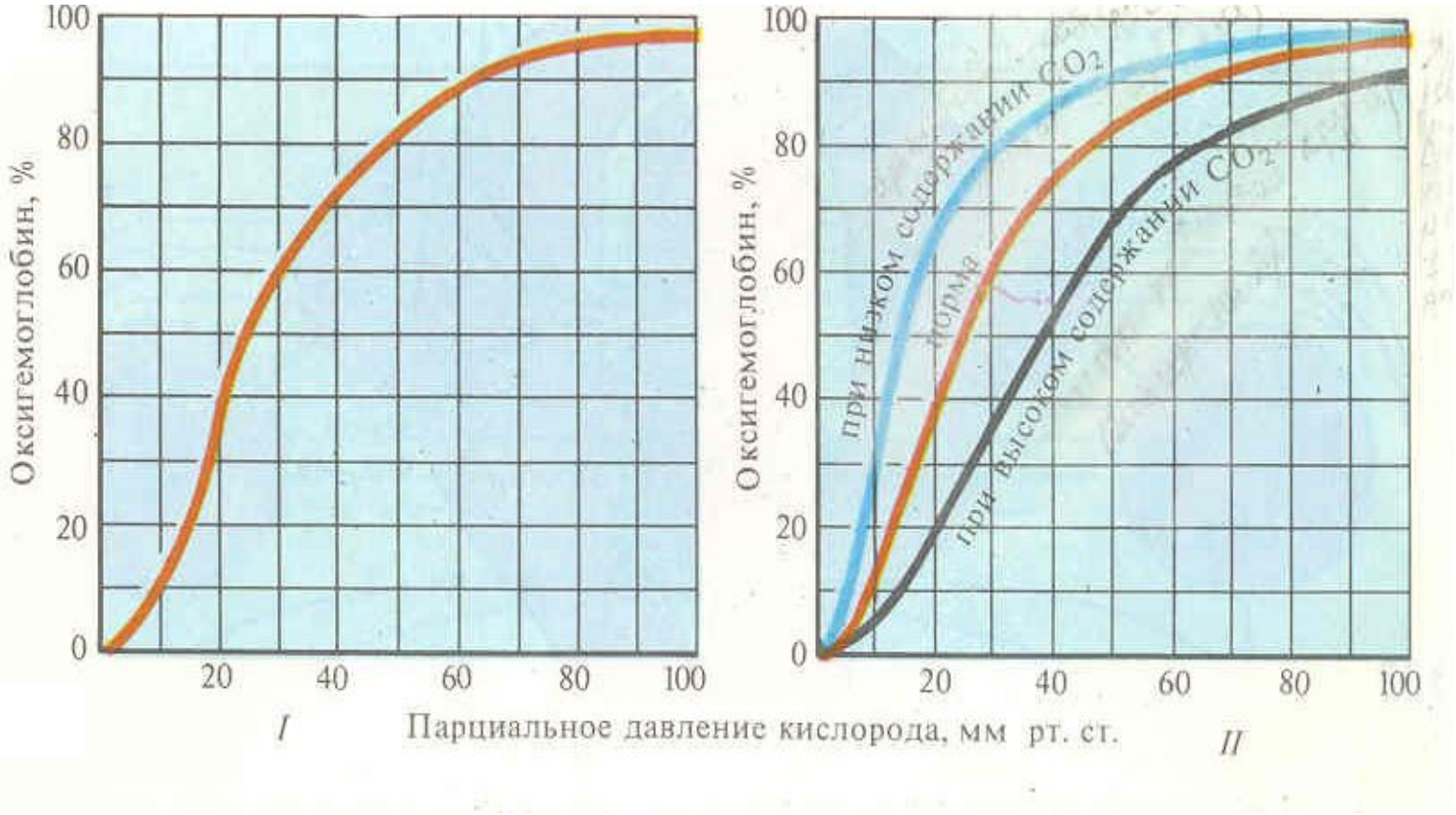
Сдвиги кривой диссоциации



Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: <t; <Pco_2; <2,3-ДФГ; >pH

Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: >t; >Pco_2; >2,3-ДФГ; <pH

КРИВЫЕ ДИССОЦИАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА



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: $Hb{\cdot}NH_2 + CO_2 \longrightarrow HbNHCOOH$ - 5-15%

Транспорт CO_2 кровью

- **В ЭРИТРОЦИТАХ**

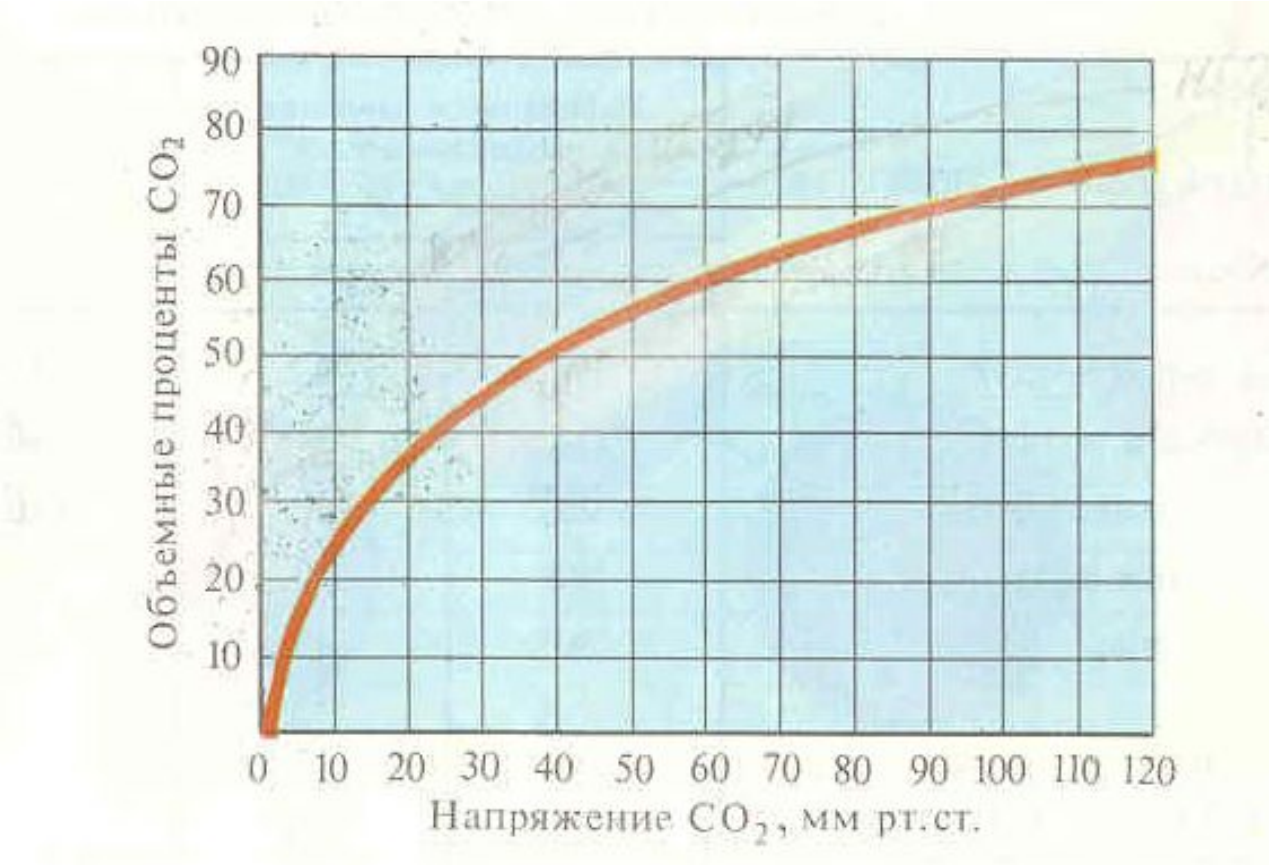
КА

- $KHbO_2$ $K^+ + Hb + O_2$ в клетки
- $H_2O + CO_2$ H_2CO_3 $HCO_3^- + H^+$
- $KHCO_3$ HHb
- CO_2 +
- из тканей CO_2
- $HHbCO_2$

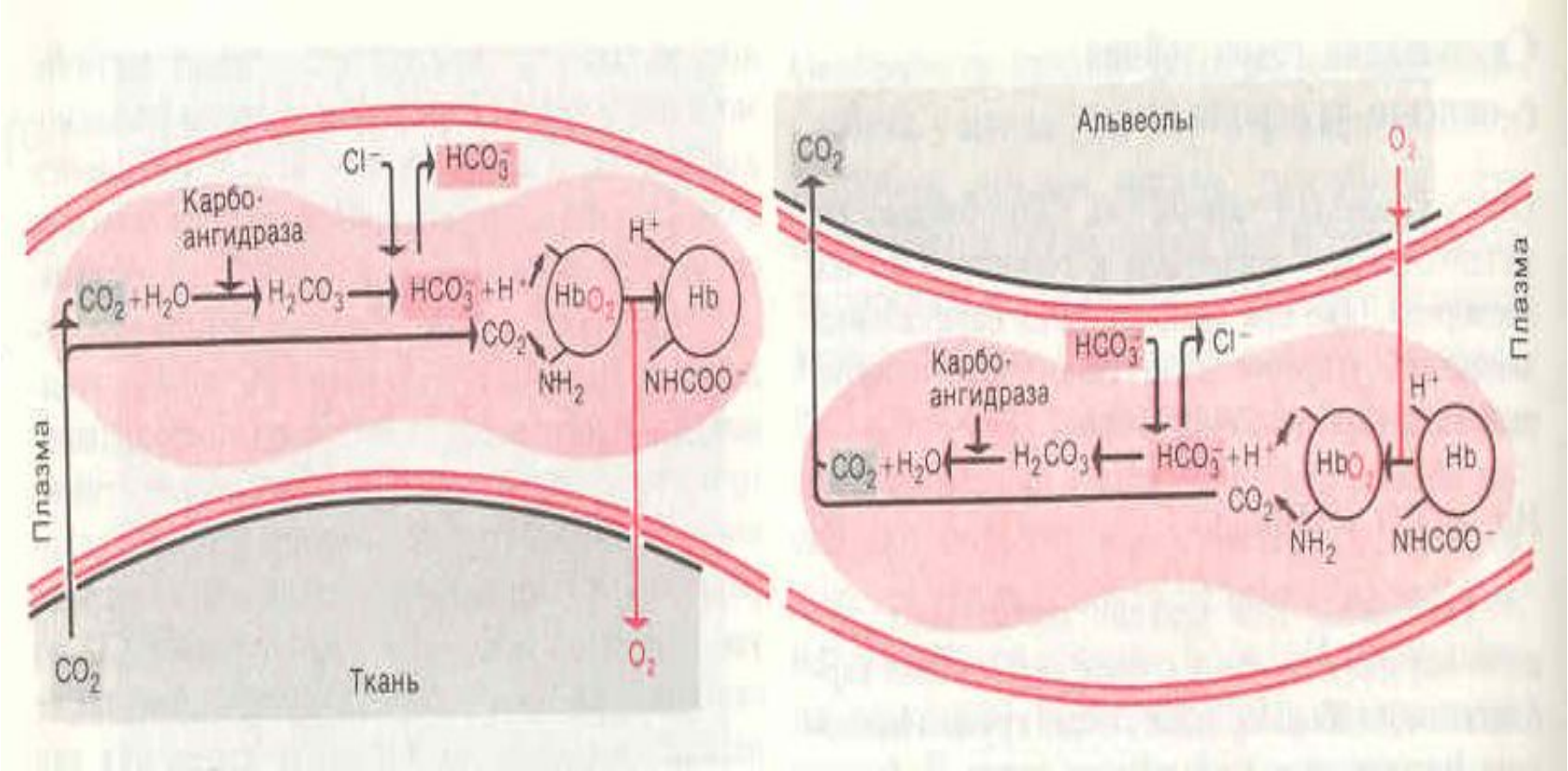
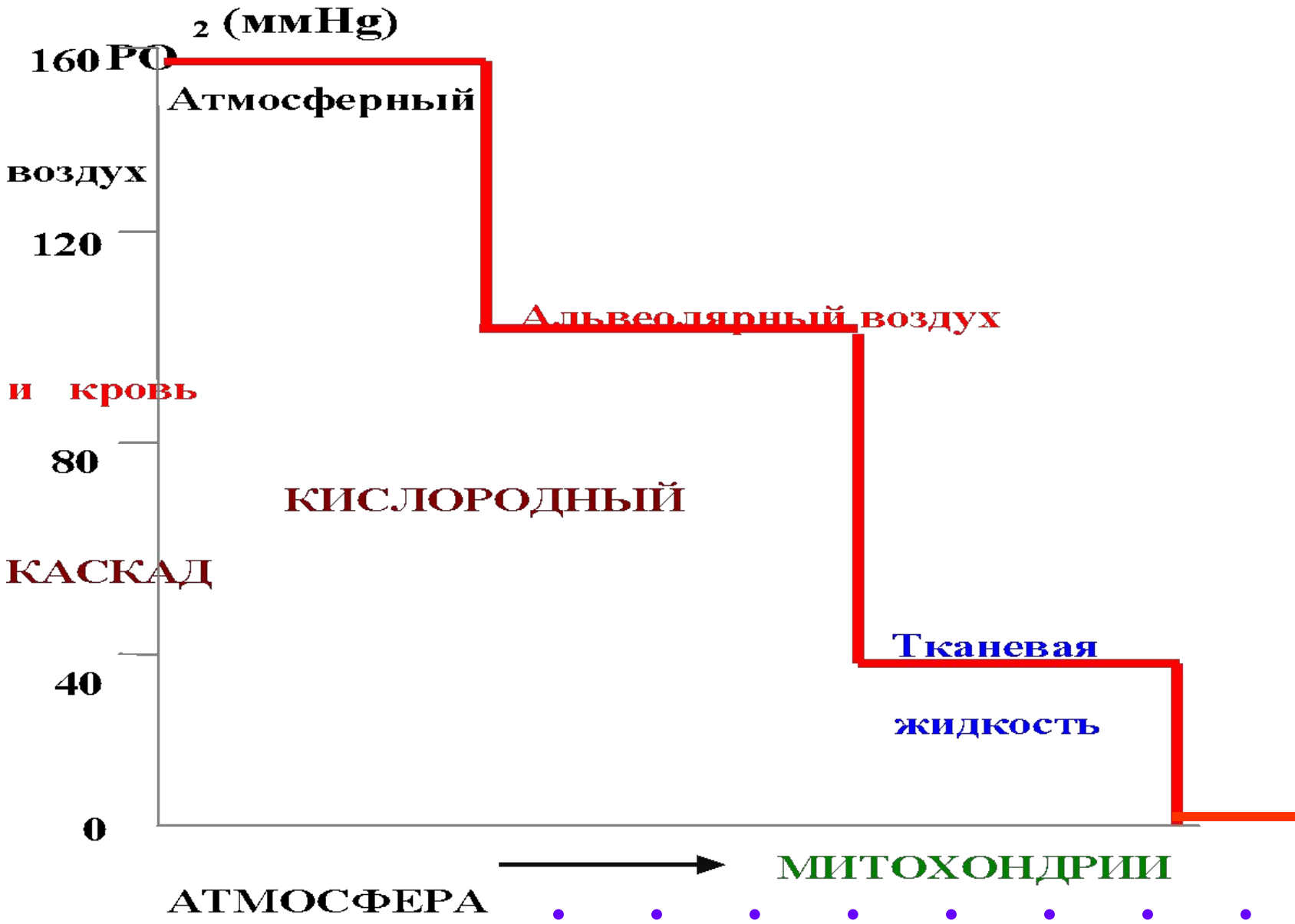
- **В ПЛАЗМЕ КРОВИ**

- $NaCl$ $Na^+ + Cl^-$ в эритроциты

Зависимость содержания CO_2 в крови от его парциального давления



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



Каскад кислорода