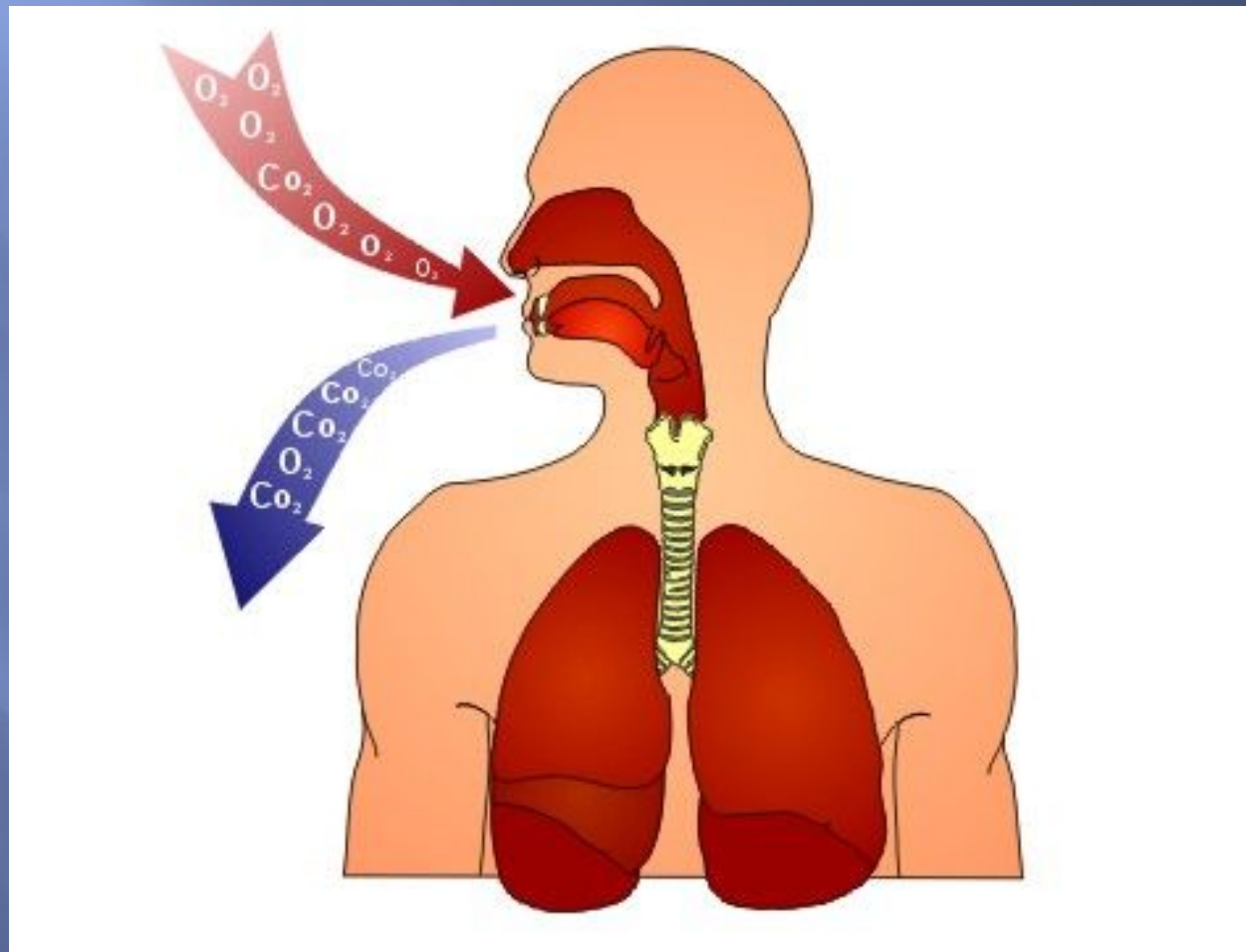


Физиология дыхания

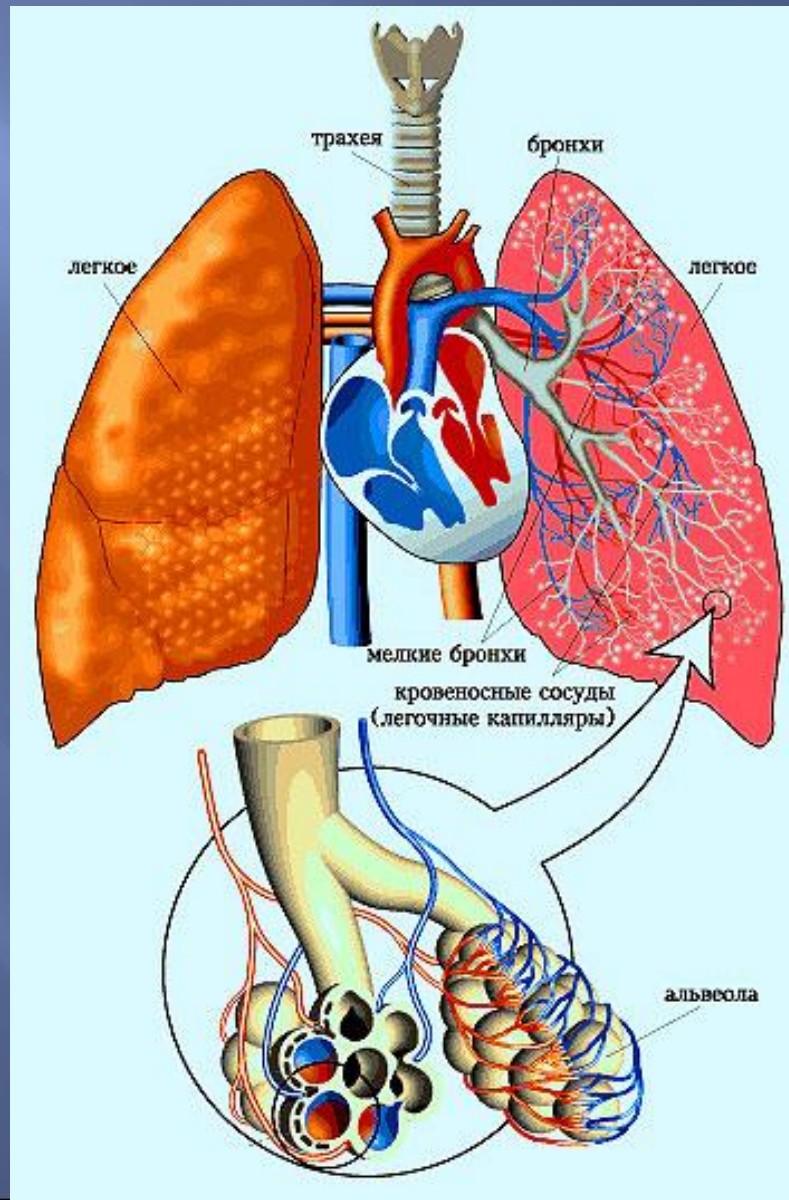
Содержание

- Внешнее и внутреннее звенья системы дыхания
- Этапы дыхания
- Дыхательный цикл
- Легочные объемы и емкости
- Параметры вентиляции легких
- Парциальное давление и процентное содержание газов
- Транспорт газов кровью
- Кривая диссоциации оксигемоглобина

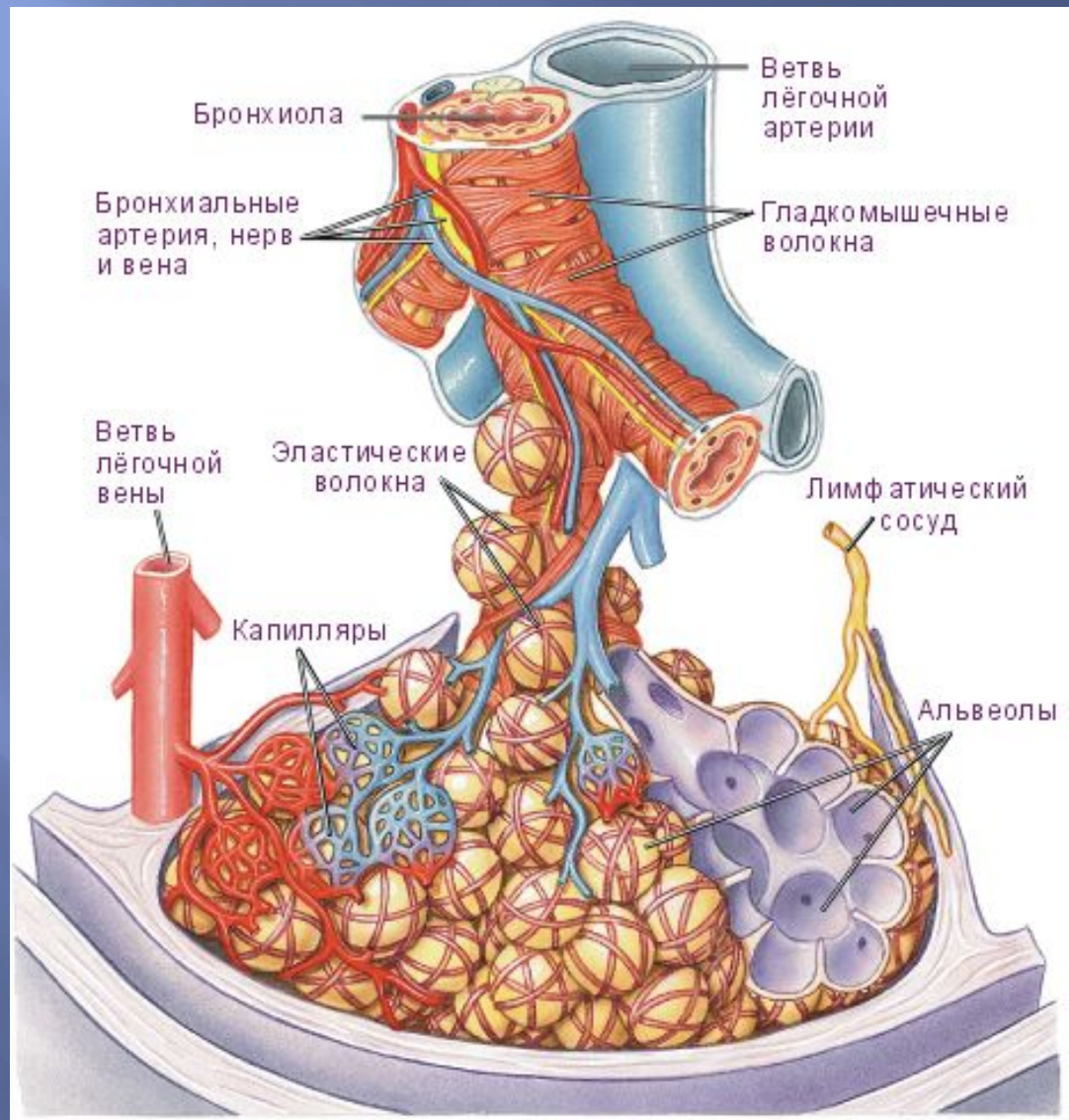
Дыхание



Дыхательная система



Ацинус



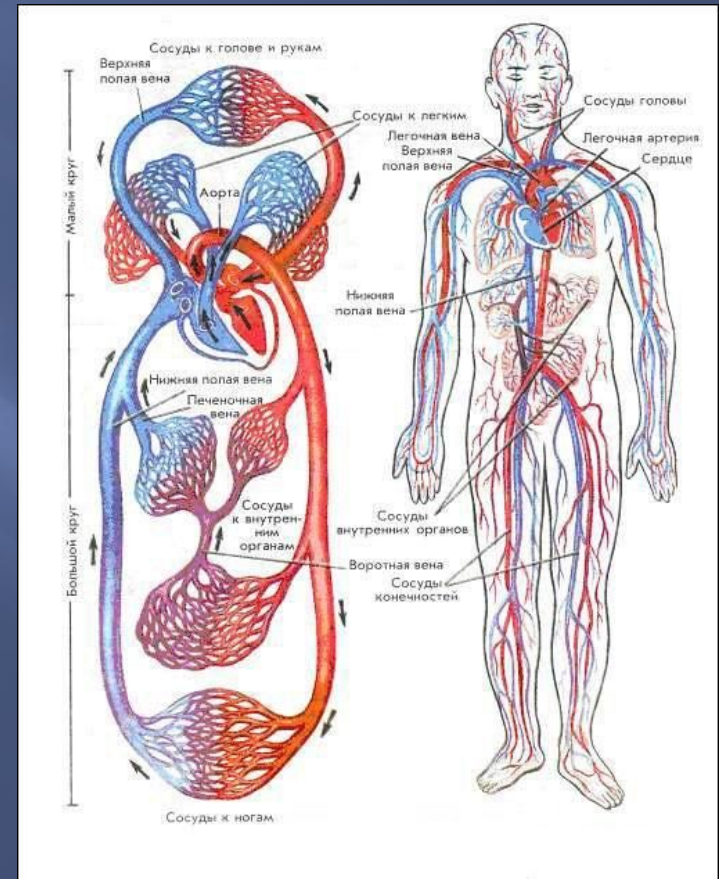
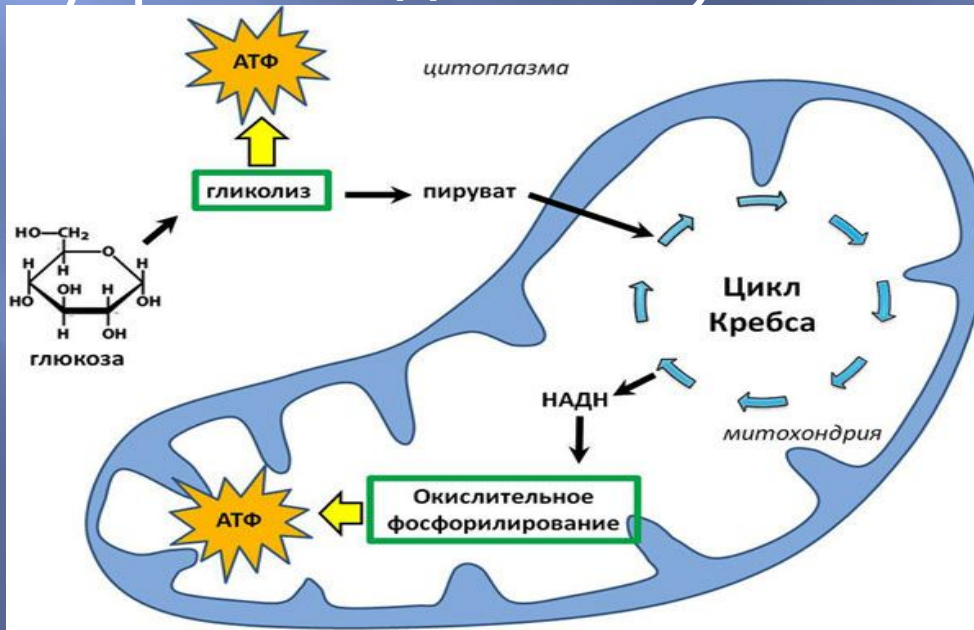
Внешнее звено системы дыхания

1. Воздухоносные пути
2. Легкие
3. Грудная клетка
4. Мышцы



Внутренне звено системы дыхания

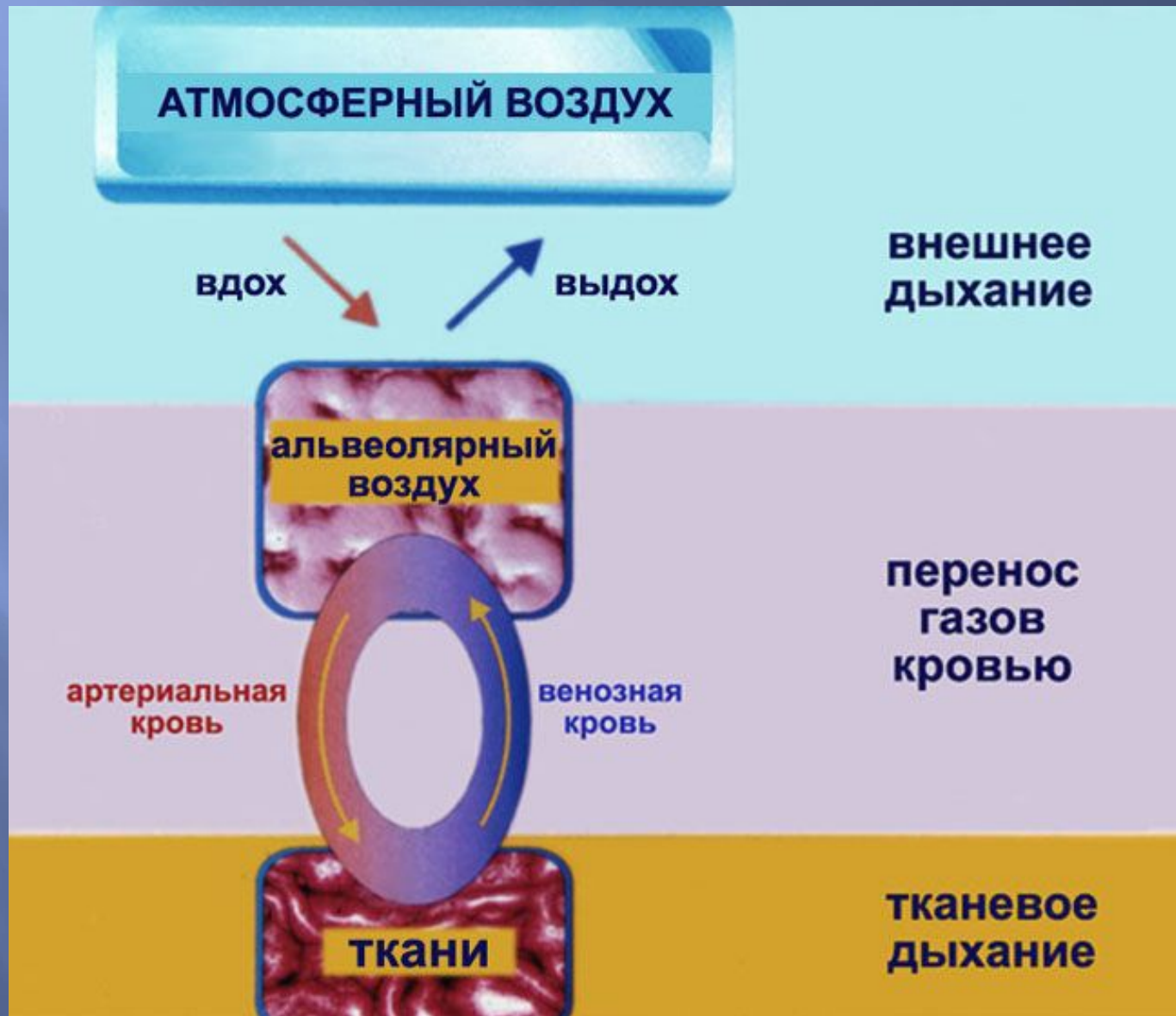
1. Кровь
2. Сердечно-сосудистая система
3. Органеллы клеток (внутреннее дыхание).



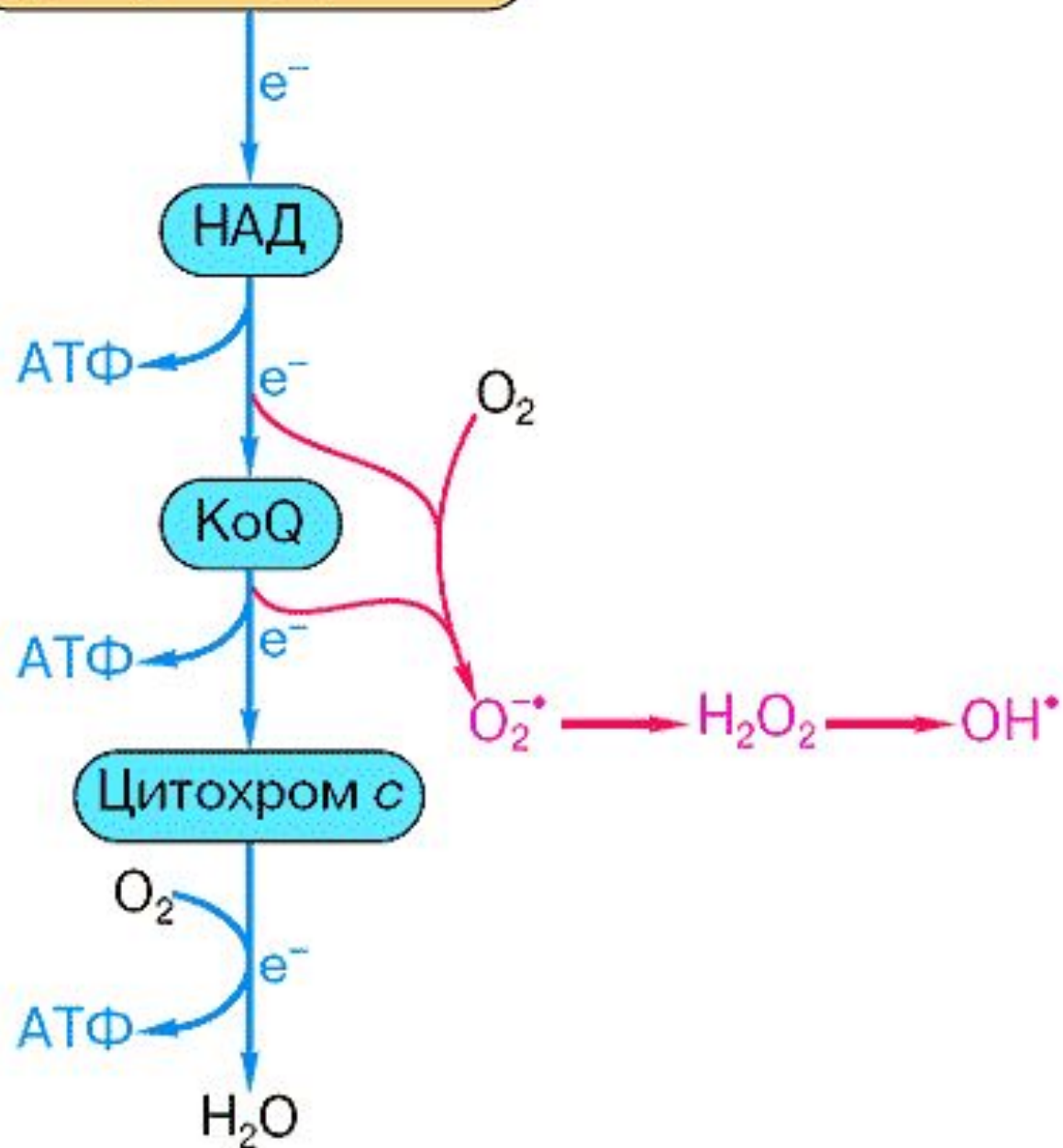
Этапы дыхания

- 1 – обмен газами между окружающей средой и альвеолами легких (внешнее дыхание),
- 2 – обмен газами между альвеолярным воздухом и кровью,
- 3 – транспорт газов кровью от легких к тканям,
- 4 – обмен газами между кровью и тканями,
- 5 – потребление кислорода клетками и выделение углекислоты (клеточное или тканевое дыхание).

Этапы дыхания



Субстраты дыхания



Дыхательный цикл

1. Вдох (инспирация) – положительный поток.
2. !!!Инспираторная пауза – только в случае принудительного режима ИВЛ, отсутствие потока.
3. Выдох (экспирация) – отрицательный поток.
4. Период покоя – отсутствие потока.

Дыхательный цикл

Вдох : Выдох – 1:1,3

Паттерн дыхания

- длительность фаз дыхательного цикла,
- глубина дыхания,
- динамика давления и потоков в воздухоносных путях.

Паттерн дыхания

~ 2/3 энергии дыхательных мышц при вдохе тратится на преодоление эластического сопротивления тканей легких и грудной клетки.

Сопротивление в дыхательной системе

- Эластическое
- Неэластическое

Пневмоторакс

- $R_{пл} < R_{л} \Rightarrow$ легкие в расправленном состоянии
- Эластические свойства легочной ткани
- Отверстие в плевральной полости (травма и др.) $\Rightarrow$ спадение легких

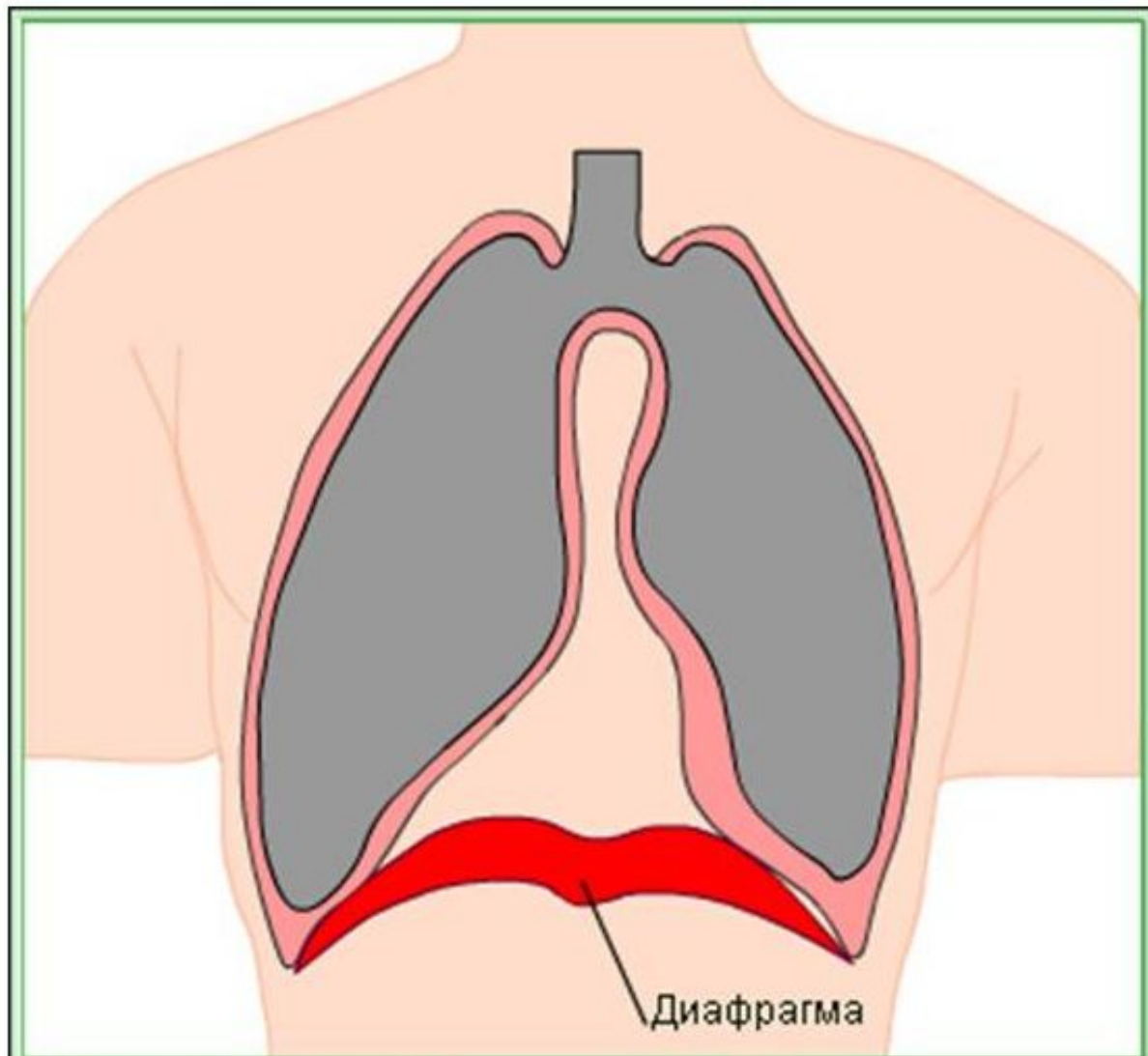
Процесс дыхания

- Движения дыхательных мышц → расширение легких → поступление воздуха
- Эластическая тяга → ВЫДОХ

Дыхательные мышцы

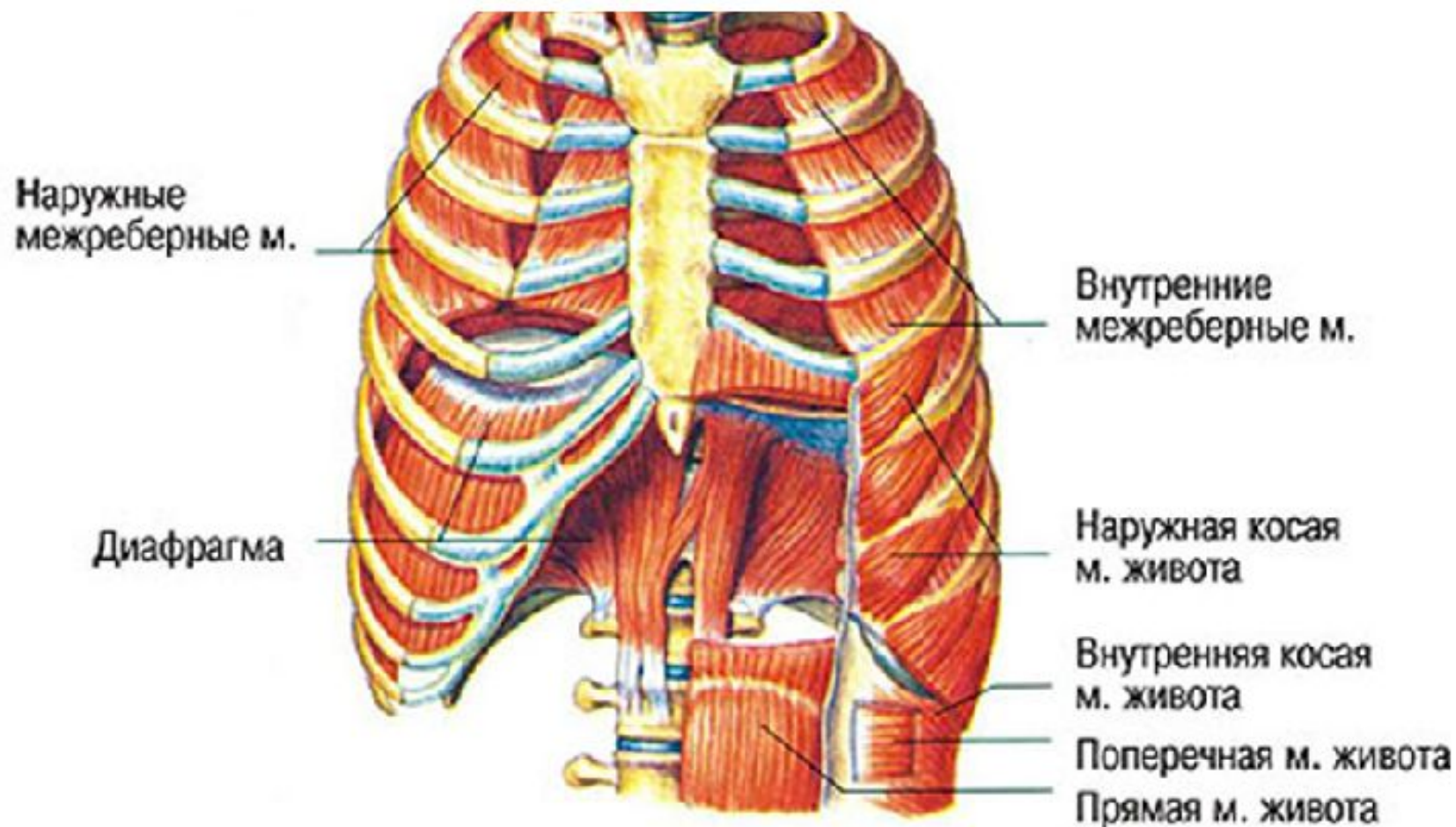
- ✓ Инспираторные
- ✓ Экспираторные
- ✓ Вспомогательные

Регуляция дыхания

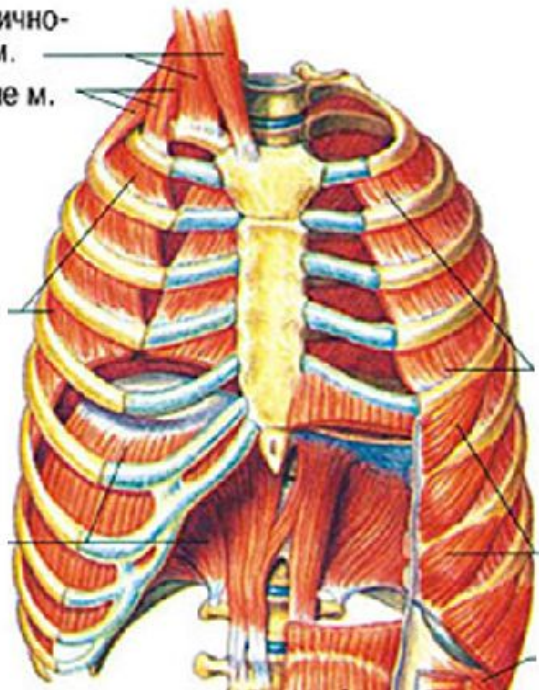


**МЫШЦЫ ВДОХА
(ИНСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**

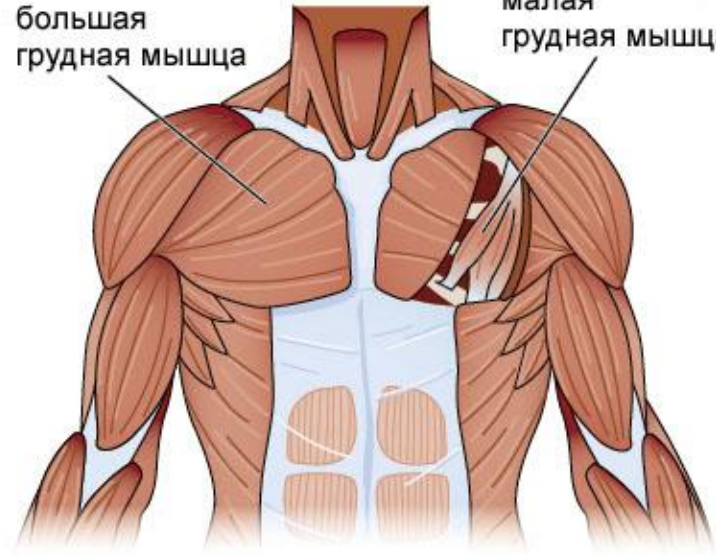
**МЫШЦЫ ВЫДОХА
(ЭКСПИРАТОРНЫЕ МЫШЦЫ)**



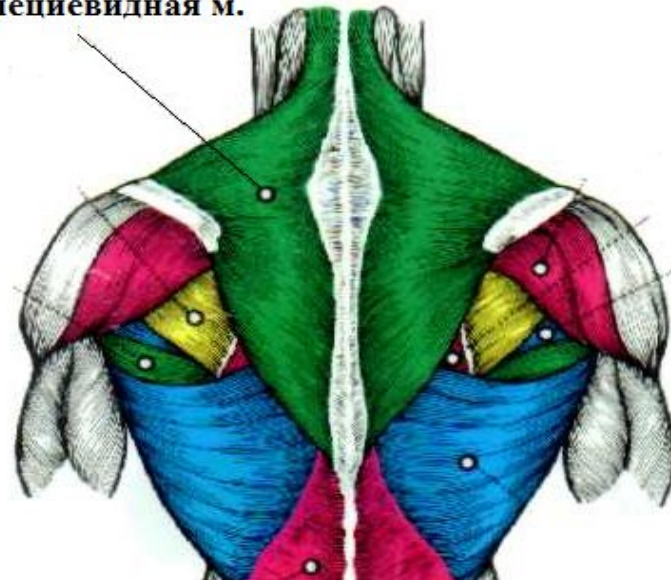
Грудино-ключично-сосцевидная м.
Лестничные м.



большая грудная мышца
малая грудная мышца



Трапециевидная м.



Процесс дыхания

- Инспираторные мышцы →
увеличение V грудной полости
- $P_{атм} > P_{пл} \Rightarrow$ легкие растягиваются
 $\Rightarrow$ снижение $P_{алв}$
- Эластическая тяга → выдох $\Rightarrow P(+)$
 $\Rightarrow$ выход воздуха в дыхательные пути
и далее в атмосферу.

Давление в дыхательной системе

1. $P_{\text{алв}} = P_{\text{пл}} + P_{\text{эл}}$

2. $P_{\text{алв}} - P_{\text{пл}} = \text{транспульмональное давление}$

3. $P_{\text{тд}} (\text{трансдиафрагмальное}) =$

$P_{\text{аб}} (\text{внутрибрюшинное}) - P_{\text{пл}}$

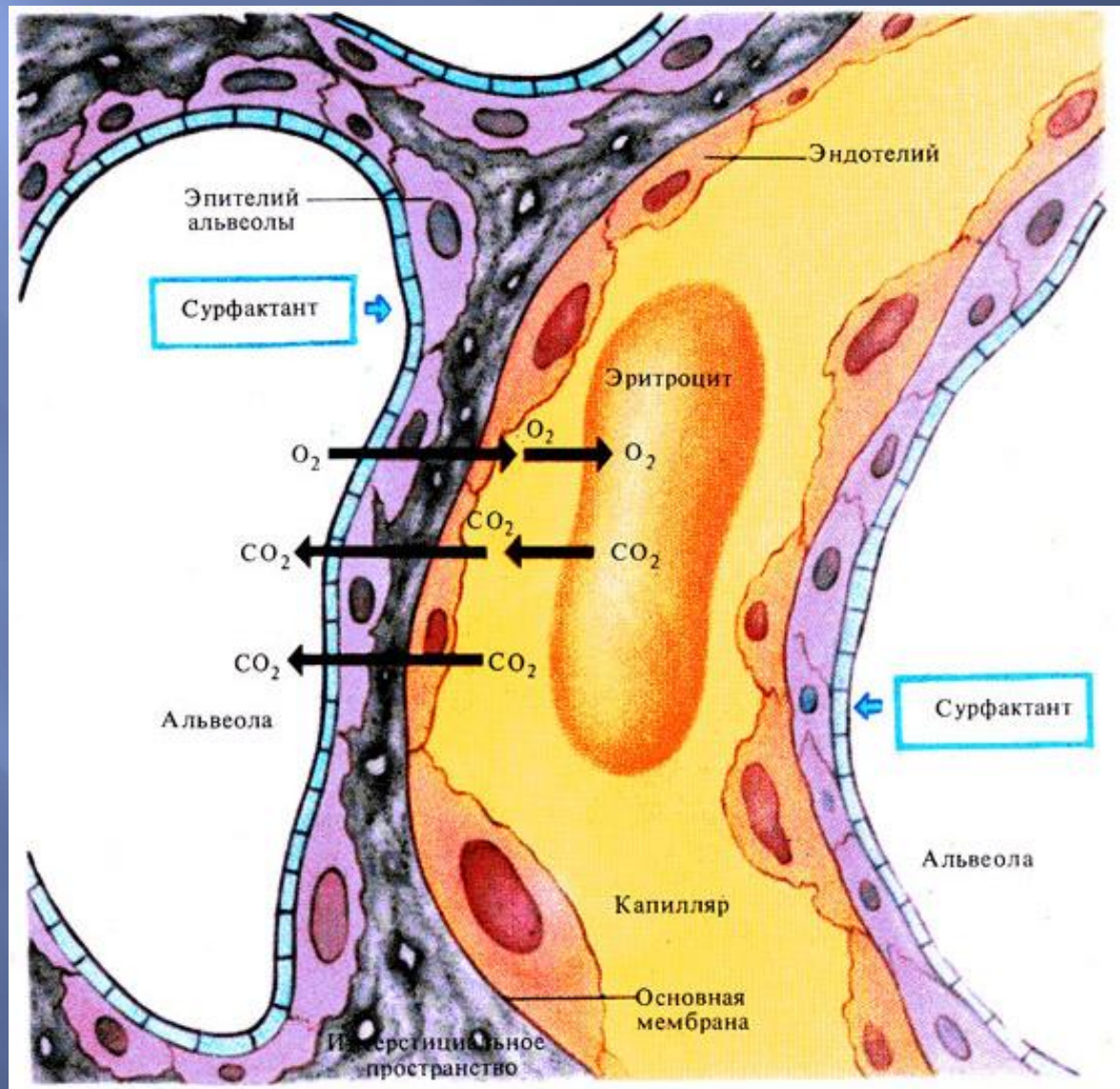
$$1. \Delta V = P / E,$$

где: ΔV – изменение объема легких, P – растягивающее давление, E – эластичность

$$2. A = P * V,$$

где: A – работа дыхательных мышц, P – давление, приложенное к вентиляционной системе, V – изменение объема.

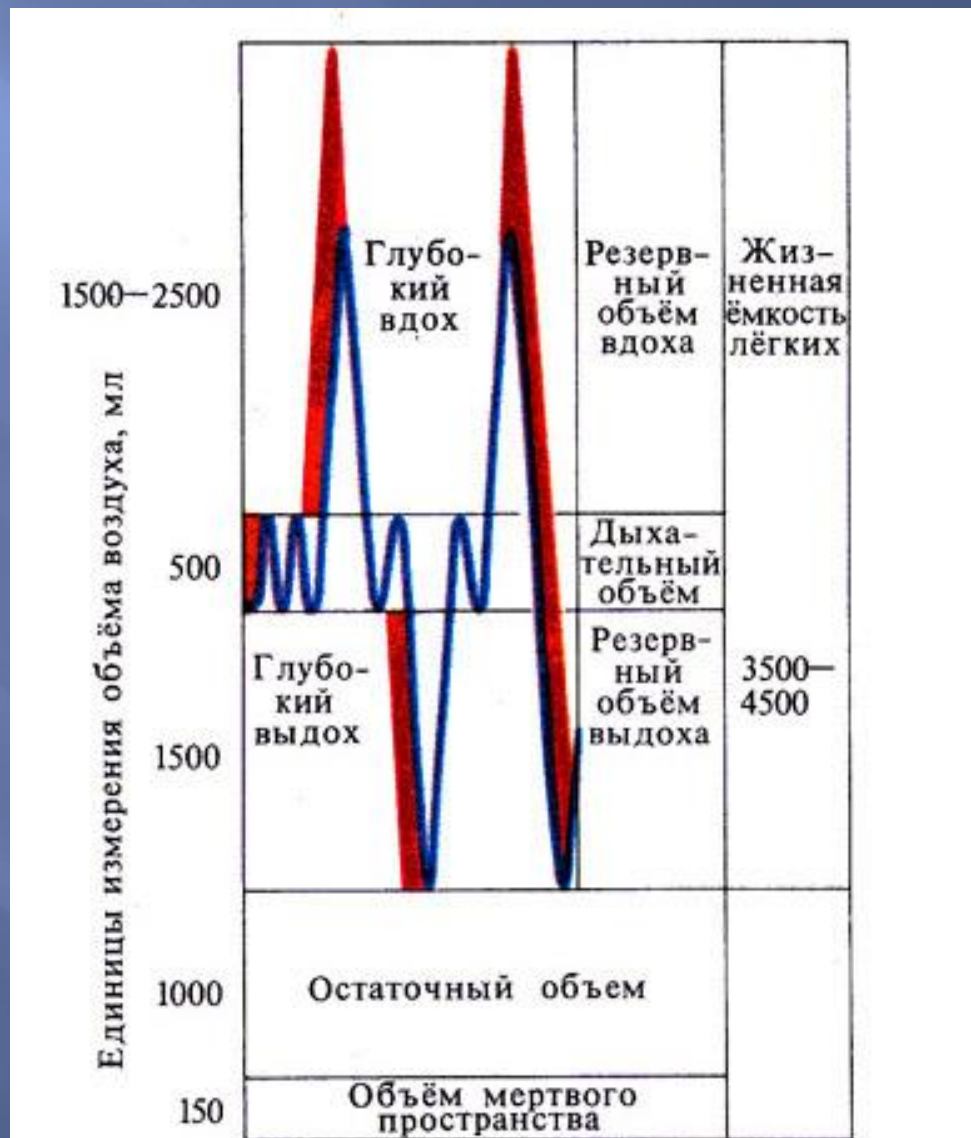
Обмен газов в легких



Легочные объемы

- Дыхательный объем – ДО
- Резервный объем вдоха – РОвд
- Резервный объем выдоха – РОвыд
- Остаточный объем (ОО или ООЛ)

Легочные объемы



Легочные емкости

1) **жизненная емкость легких (ЖЕЛ):**

$$\text{ДО} + \text{РОвд} + \text{РОВыд};$$

2) **функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ):**

$$\text{РОВыд} + \text{ОО};$$

3) **емкость вдоха (Евд):** $\text{ДО} + \text{РОвд}$

4) **общая емкость легких (ОЕЛ):**

$$\text{ЖЕЛ} + \text{ОО};$$

5) **форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ).**

Методы

- Спирометрия
- Спирография
- Пикфлоуметрия
- Бодиплетизмография и др.

Параметры вентиляции легких человека

Частота дыхания	14-18 (10-18) циклов/мин - <u>эупноэ</u>
Минутный объем дыхания	6-8 л
Альвеолярная вентиляция	4-5 л/мин
Вентиляция мертвого пространства	2 л/мин
Параметры газообмена	
Потребление O_2	280 мл/мин

Частота дыхания

- ▣ ЧД > 20 /мин – тахипноэ;
- ▣ ЧД < 12 (10)/мин – брадипноэ;
- ▣ одышка – диспноэ;
- ▣ остановка дыхания – апноэ;
- ▣ нарушение дыхательного ритма.

- $МОД = ЧД * ДО$

- МВЛ - максимальная вентиляция легких
($N = 70-100$ л/мин)

Процентное содержание газов

Газ	Во вдыхаемом воздухе	В альвеолярном воздухе	В выдыхаемом воздухе
Кислород	20,95	13,8	16,4
Диоксид углерода	0,04	5,5	4,0
Азот	79,01	80,7	79,6

MedUniver.com
Все по медицине...

Парциальное давление и процентное содержание газов

Таблица. Средние величины парциальных давлений, напряжения и процентного содержания газов в воздухе и различных средах организма

Воздух и среды организма	Парциальное давление ¹ и напряжение газов, мм рт.ст.		Содержание газов, %	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Атмосферный воздух	158	0,2	20,9	0,03
Выдыхаемый воздух	124	30	16,4	4
Альвеолярный воздух	110	40	14,5	5,5
Артериальная кровь	100	40	20	52
Венозная кровь	40	46	12	57
Ткани:				
клетки	0	60—70		
межтканевая жидкость	20—40	70—46		

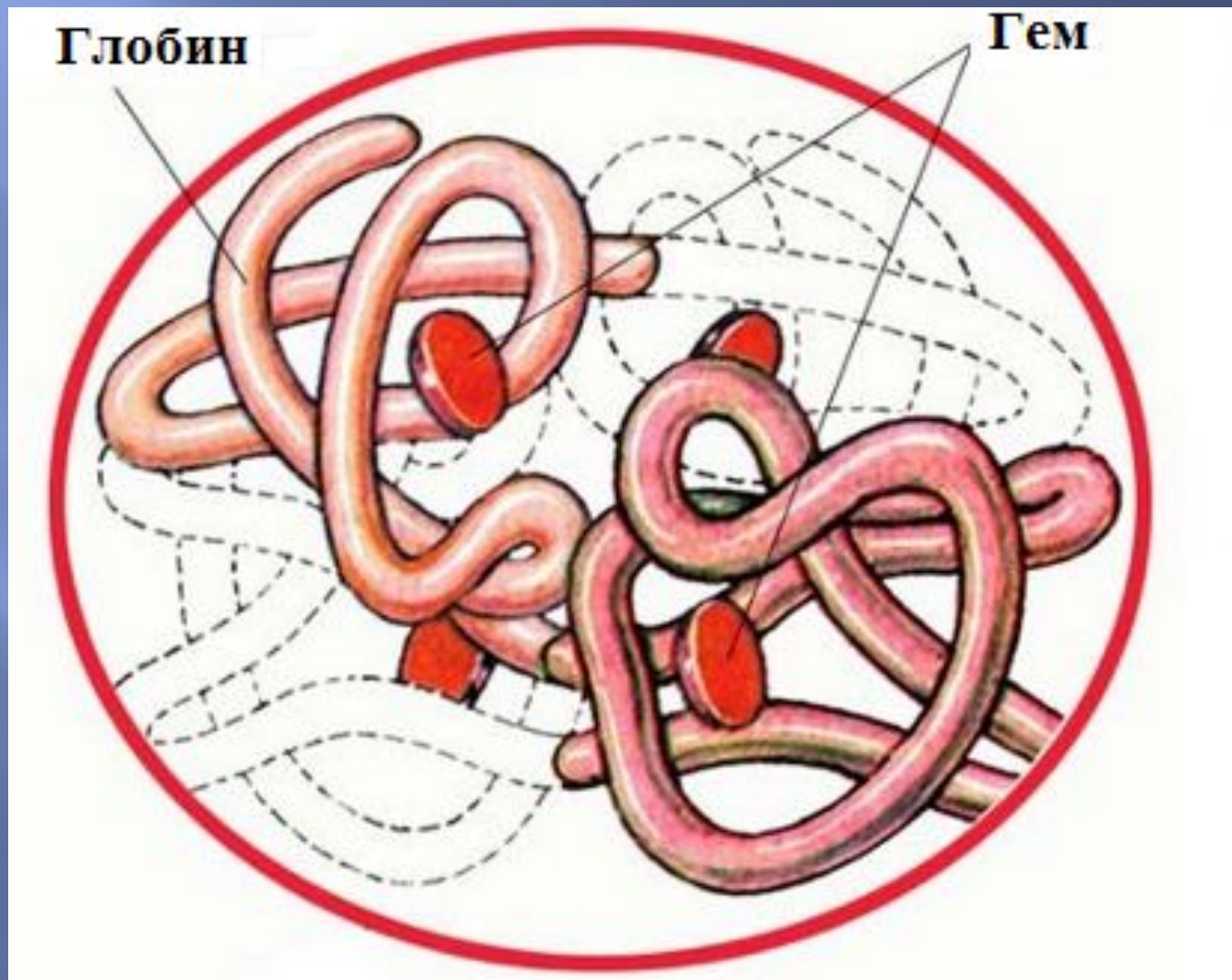
¹ Цифры даны без поправки на давление водяного пара.

Диффузия газов (закон диффузии Фика)

$$V_s = S * D_m * (P_1 - P_2) / d,$$

где: V_s – скорость переноса газов; S – площадь мембраны; D_m – диффузионная способность мембраны; P_1, P_2 – парциальное давление газов с внешней и внутренней стороны мембраны, d – толщина мембраны.

Гемоглобин



Производные гемоглобина

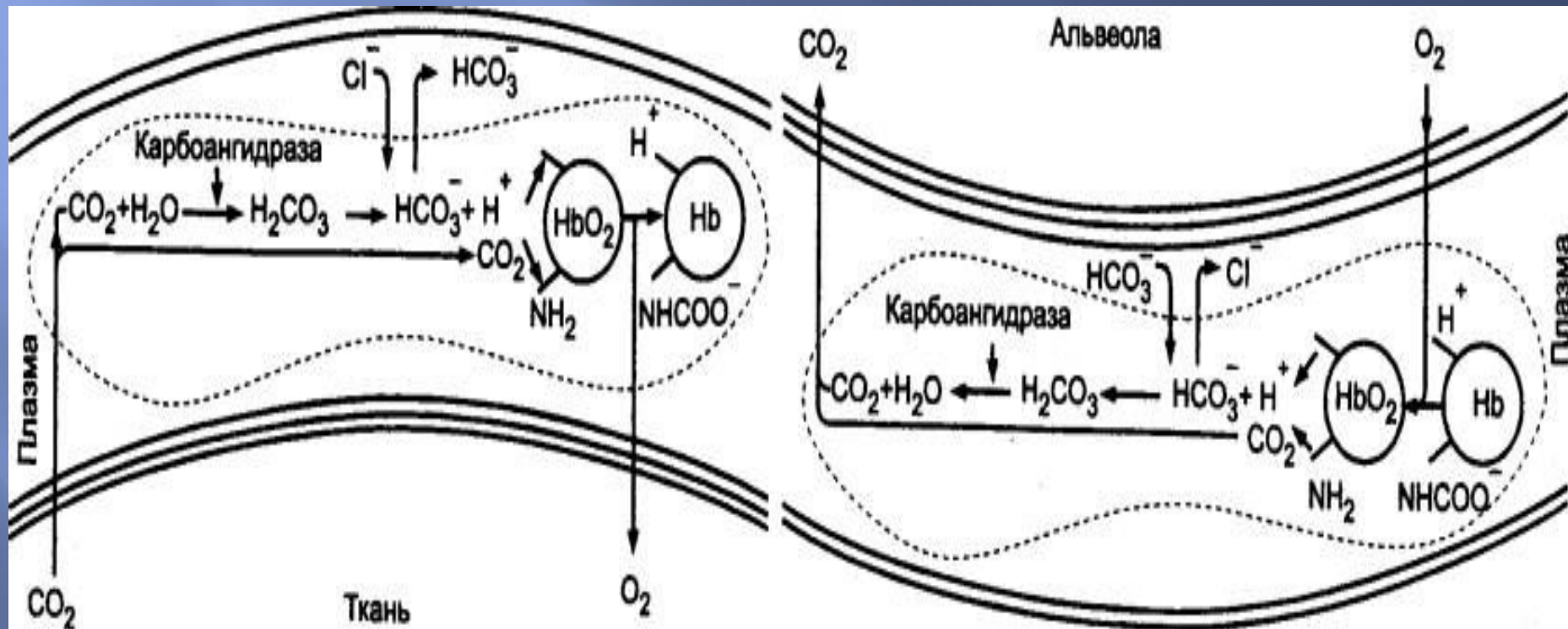
- ▣ Оксигемоглобин
- ▣ Карбгемоглобин
- ▣ Карбоксигемоглобин
- ▣ Метгемоглобин

Транспорт газов кровью

- O₂ – в основном эритроциты; кислородная емкость крови – 21мл.
- CO₂ – щелочной резерв – 55-70 мл.
- CO₂:
 - плазма крови: 1) физически растворенное состояние – H₂CO₃ (~5% (2,7%));
 - эритроциты (2-10%) – карбаминовые соединения (CO₂ + HbNH₂ = HbNHCOOH);
 - гидрокарбонат (бикарбонат-ион) (плазма, эритроциты) – HCO₃⁻ – (90%):



Химические реакции в эритроцитах при газообмене в тканях (слева) и легких (справа)



Гемоглобин + O₂

Гем + O₂ = Гемин

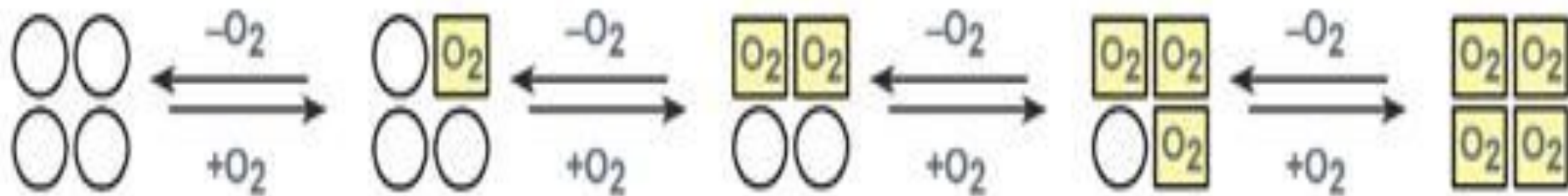
Глобин + O₂ ≠

Гем + Глобин + O₂ = Оксигемоглобин
(HbO₂)

HbO₂ = Гемоглобин + O₂

Кривая диссоциации оксигемоглобина

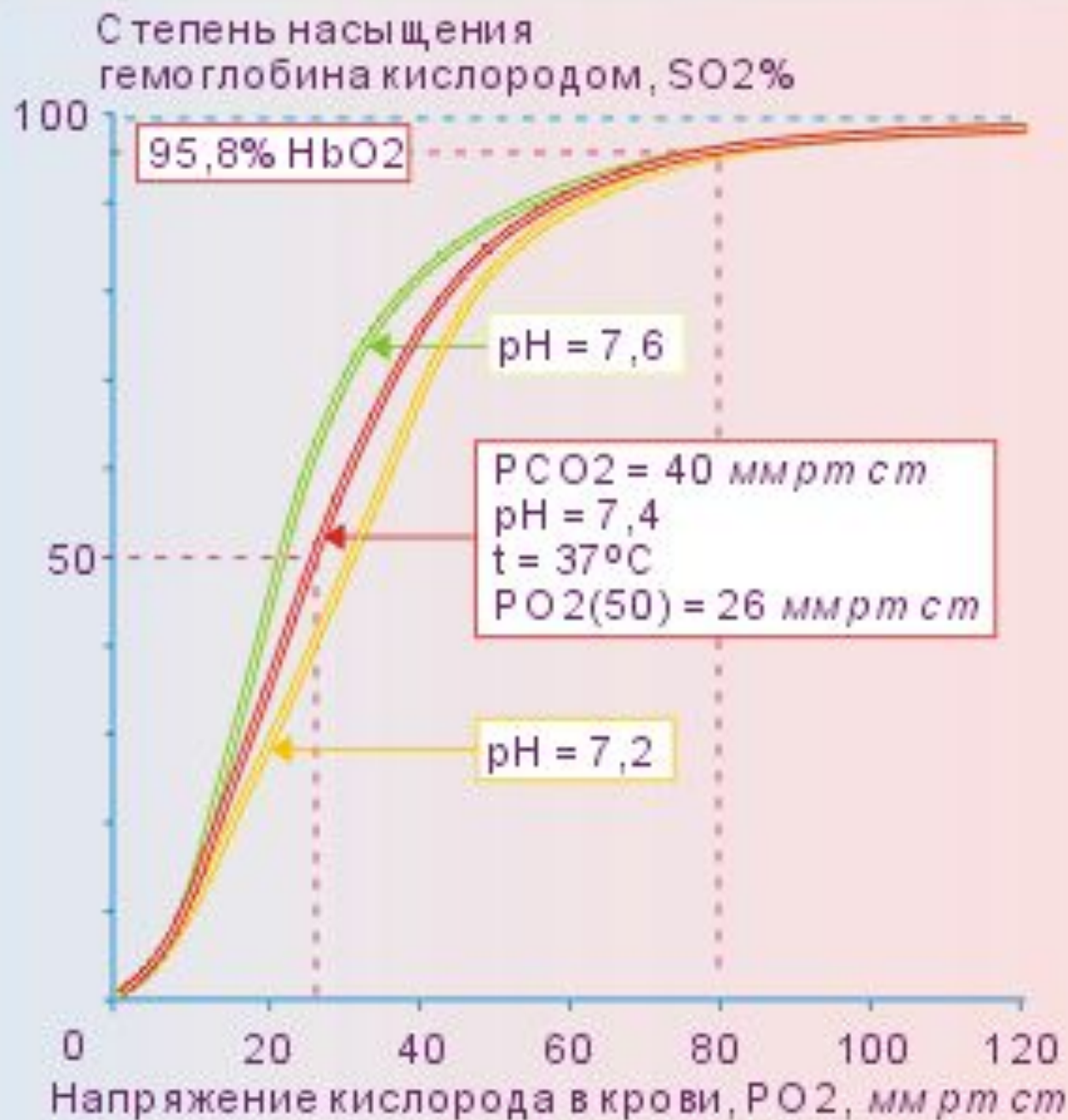




Формы с низким
сродством к кислороду

Формы с высоким
сродством к кислороду

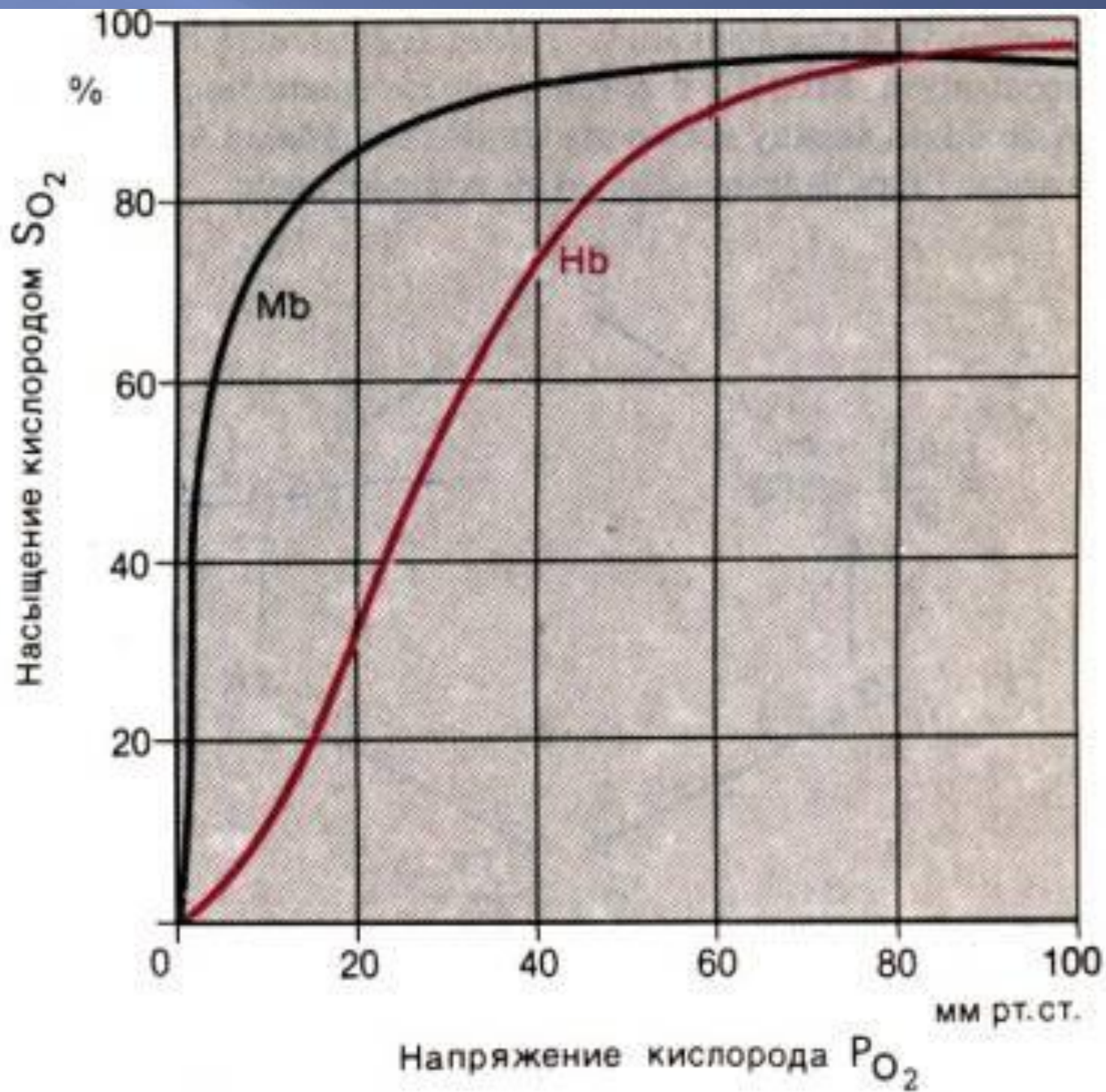
Кривые диссоциации оксигемоглобина (оксигенации гемоглобина)



Эффект Бора

Сдвиг кривой

- ▣ CO_2 (H^+);
- ▣ t° ;
- ▣ 2,3-дифосфоглицерат.



Наибольшее значение P_{O_2} -
вблизи артериального конца
кровеносного капилляра,
наименьшая - в самой удаленной
от капилляра точке («мертвый
угол»).