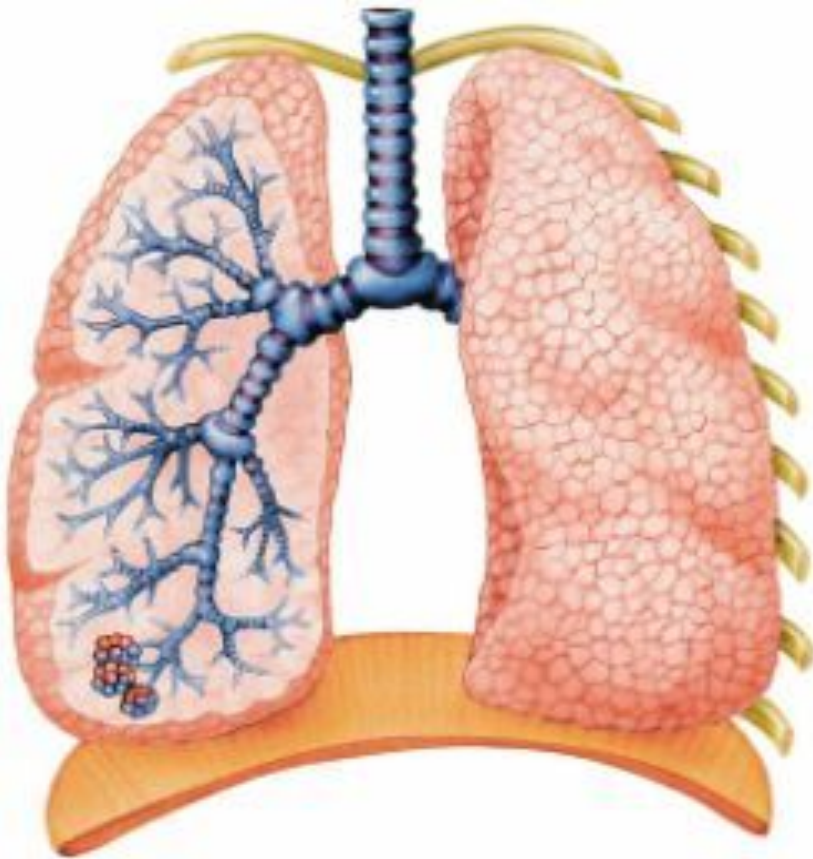


Физиология

дыхания



Дыхание

- совокупность процессов, обеспечивающих поступление во внутреннюю среду организма кислорода, его использование и удаление из организма углекислого газа.

Дыхание участвует в удалении части воды, поддержании гомеостаза и температуры тела.

*В процессе дыхания
различают **три звена:***

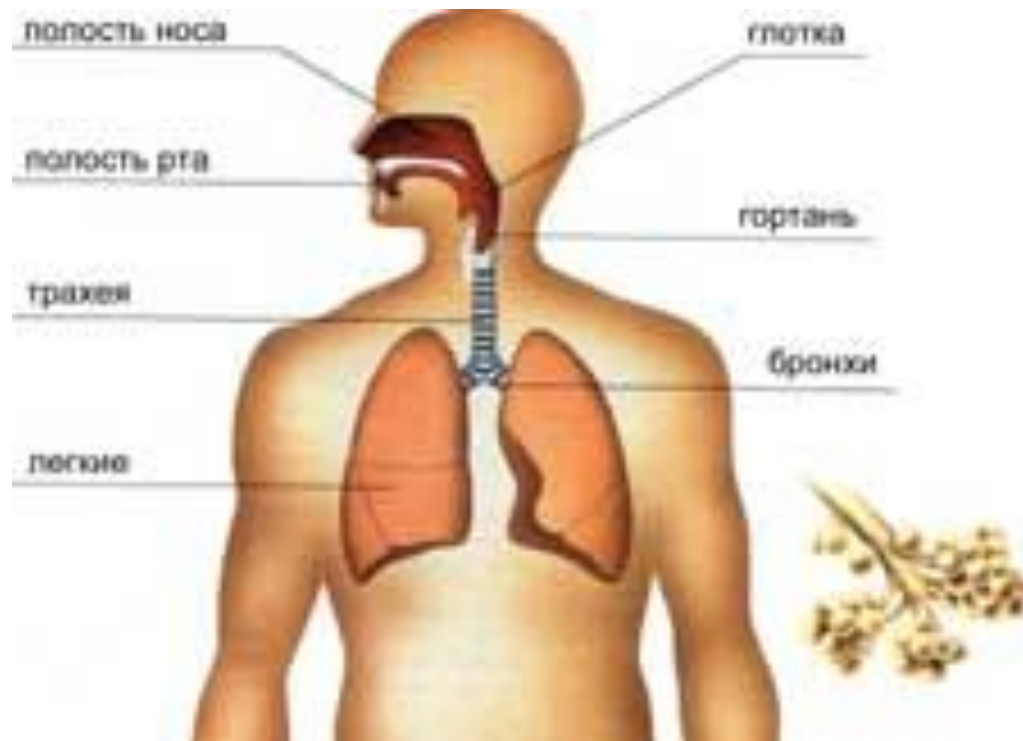
- 1. Внешнее (легочное)
дыхание;*
- 2. Транспорт газов кровью;*
- 3. Внутреннее (тканевое)
дыхание.*

Внешнее дыхание

- *это газообмен между организмом и окружающим его атмосферным воздухом.*
- *Осуществляется в **два этапа** — обмен газов между атмосферным и альвеолярным воздухом и газообмен между кровью легочных капилляров и альвеолярным воздухом.*

Аппарат внешнего дыхания включает в себя:

дыхательные пути, легкие, плевру,
скелет грудной клетки и ее мышцы,
а также диафрагму.



Основной функцией

аппарата внешнего дыхания

является **обеспечение
организма кислородом и
освобождение его от
избытка углекислого газа.**

*О функциональном состоянии
аппарата внешнего дыхания
можно судить по ритму,
глубине, частоте дыхания, по
величине легочных объемов,
по показателям поглощения
кислорода и выделения
углекислого газа и т. д.*

Транспорт газов

осуществляется кровью.

Он обеспечивается разностью парциального давления (напряжения) газов по пути их следования: кислорода от легких к тканям, углекислого газа от клеток к легким.

Внутреннее или тканевое дыхание

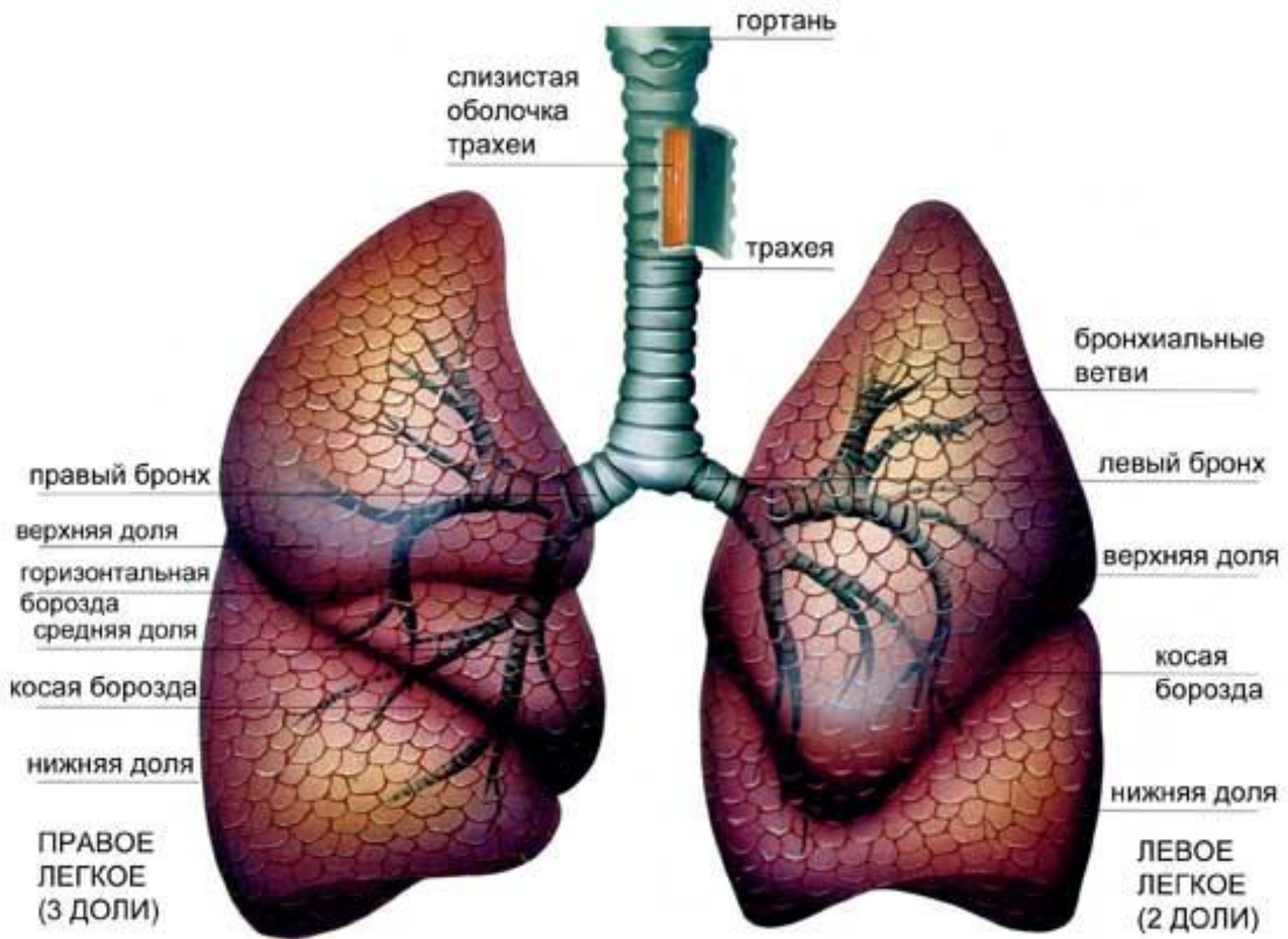
*может быть разделено на **два**
этапа.*

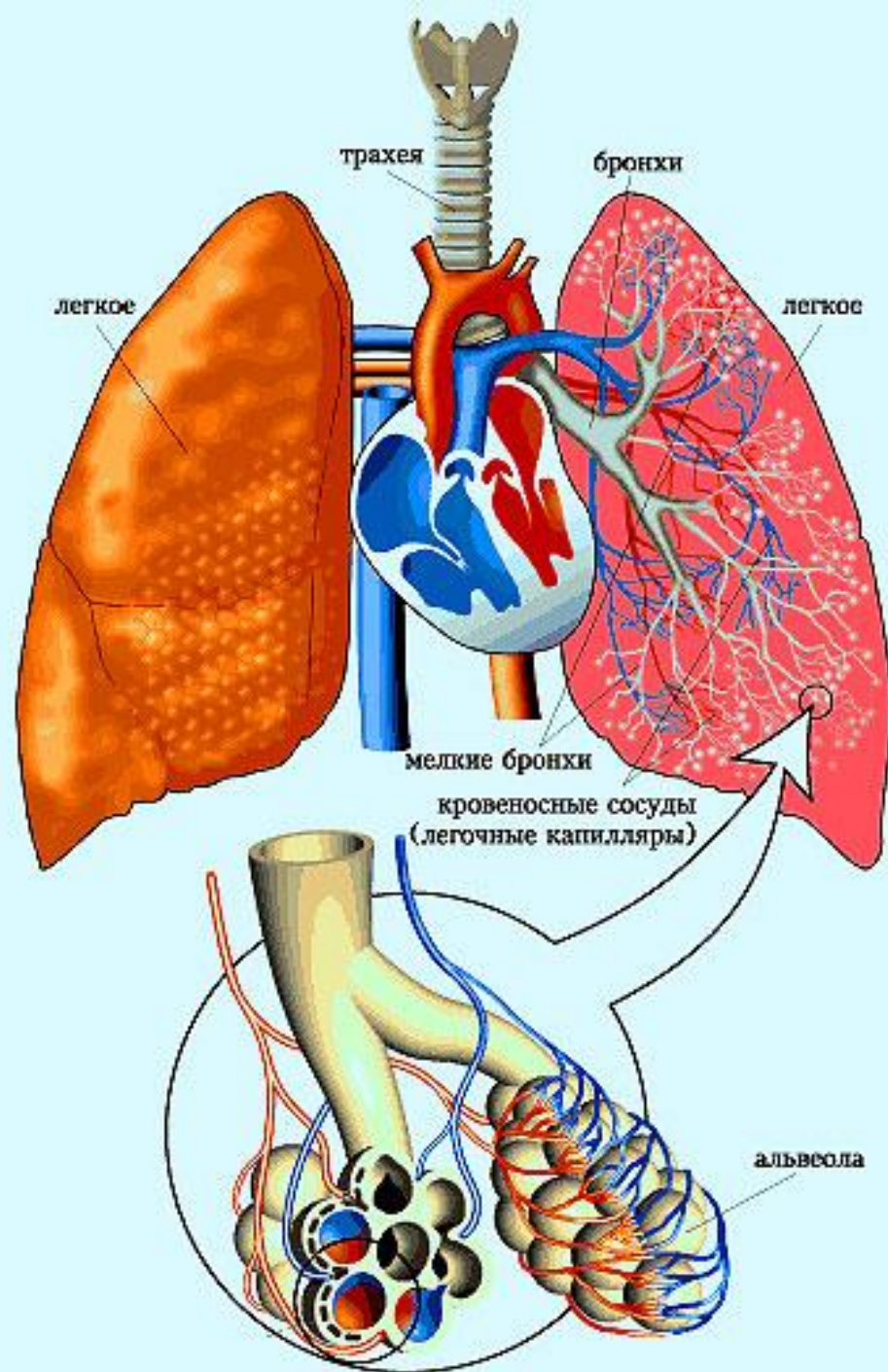
- Первый этап - обмен газов между кровью и тканями.*
- Второй — потребление кислорода клетками и выделение ими углекислого газа (клеточное дыхание).*

Состав воздуха

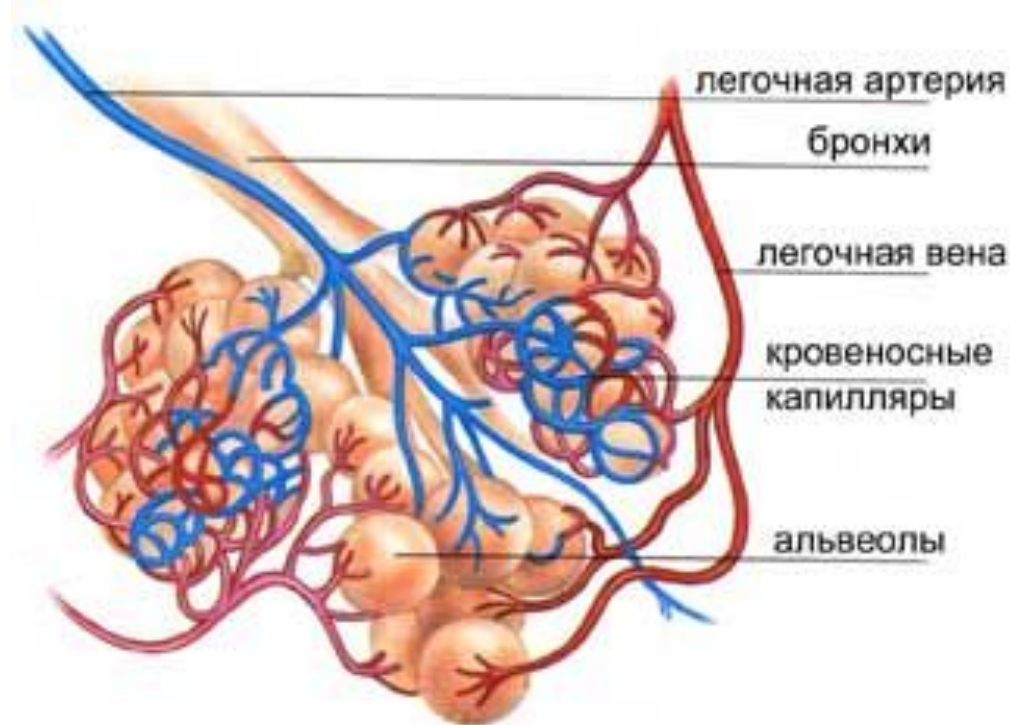
	Кислород	Углекислый газ	Азот
Атмосферный воздух	20,94 %	0,03 %	79,03%
Выдыхаемый воздух	16, %	4%	79,7%
Альвеолярный воздух	14,4%	5,5%	79,9%

Строение легких





Структурной единицей легкого является **легочная долька**, состоящая из бронхиолы, которая разветвляется и оканчивается **легочными альвеолами** (их около 300 миллионов), окруженных кровеносными капиллярами, осуществляющих газообмен



Дыхательный цикл:

- Длительность **вдоха** у взрослого человека составляет **от 0,9 до 4,7 с**;
- Длительность **выдоха** — **1,2-6 с**;
- **Дыхательная пауза** различна по величине и даже может отсутствовать.

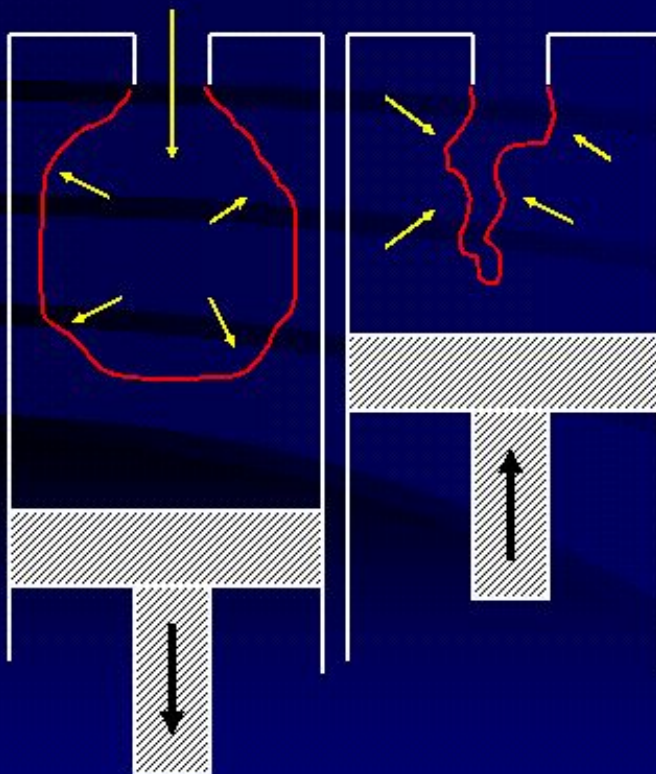
Частота дыхательных движений
(ЧД) = 10-18 раз/мин

Вентиляция легких

Механика вдоха и выдоха

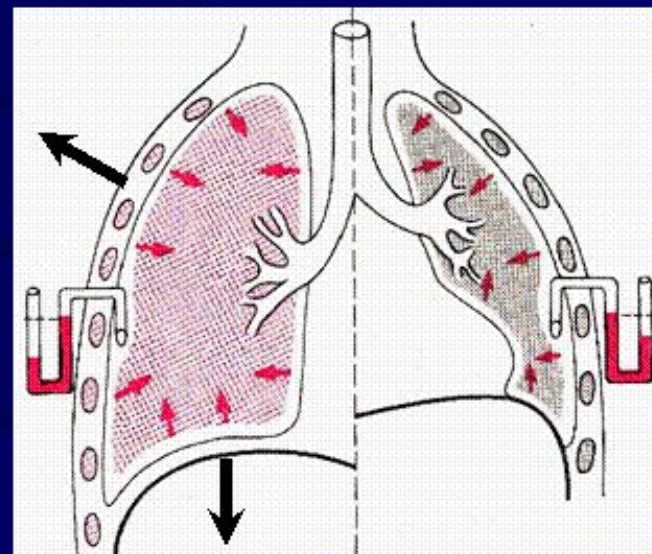
ВДОХ

ВЫДОХ



ВДОХ

ВЫДОХ



Адаптировано из: Schmidt & Thews (1996)

© Саидов Д.Б., 2002

При вдохе происходит увеличение объема грудной клетки и уменьшение давления по сравнению с атмосферным – легкие заполняются дополнительной порцией воздуха

Легочные объемы

- **Дыхательный объем (ДО)** – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании **(300-700 мл)**;
- **Резервный объем вдоха ($PO_{вд}$)** – количество воздуха, которое может быть введено в легкие, если вслед за спокойным вдохом произвести максимальный вдох **(1,5-2,5 л)**;

Легочные объемы

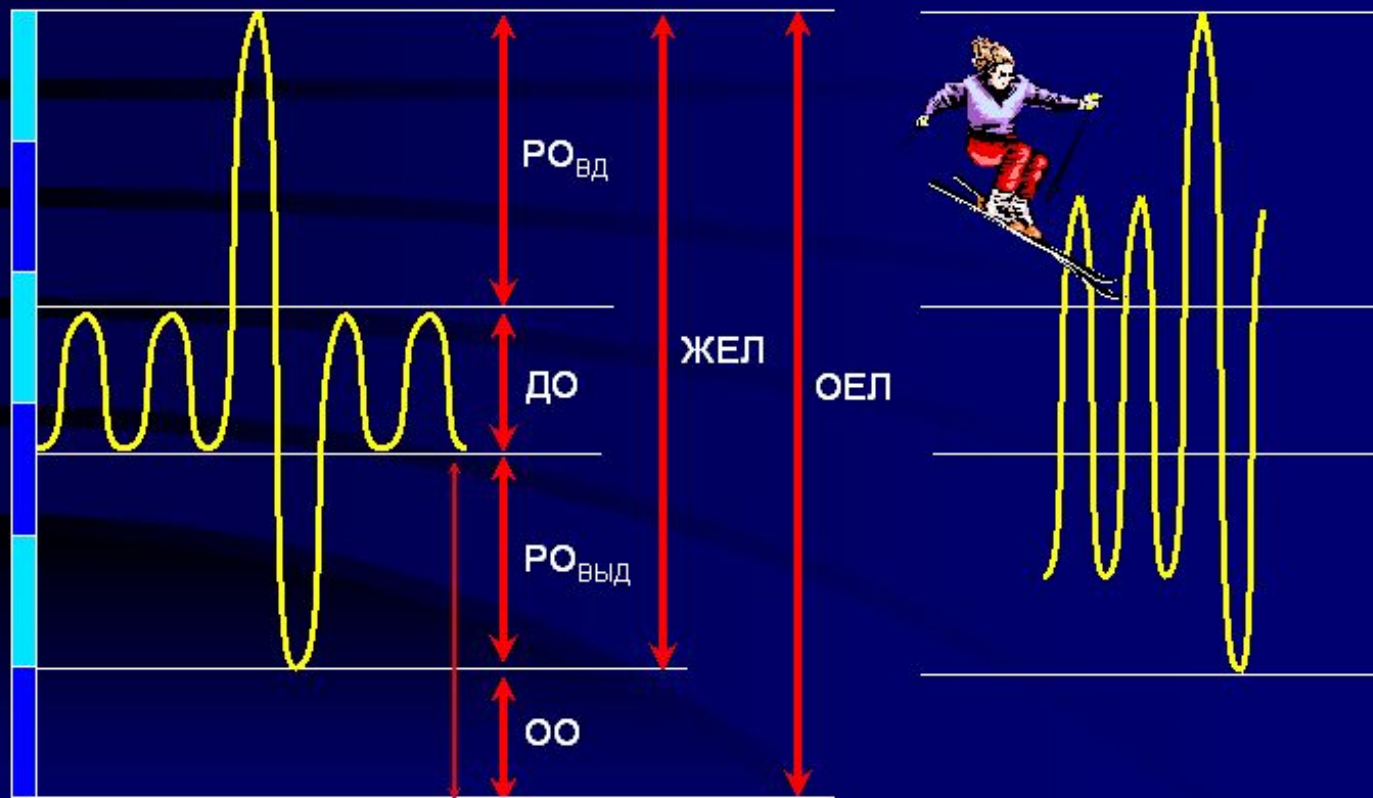
- **Резервный объем выдоха ($PO_{\text{выд}}$)** - объем воздуха, который удаляется из легких, если вслед за спокойным вдохом и выдохом произвести максимальный выдох (**1,5-2,0 л**);
- **Остаточный объем (ОО)** - это объем воздуха, который остается в легких после максимально глубокого выдоха (**1,0-1,5 л**).

Легочные емкости

- **Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)** – это максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха (3-5 л);
- **Общая емкость легких (ОЕЛ)** – состоит из ЖЕЛ и ОО.

Вентиляция легких

Легочные объемы и емкости



Сайдамов Д.Б., 2002

ДО – дыхательный объем, $PO_{ВД}$ – резервный объем вдоха, $PO_{ВЫД}$ – резервный объем выдоха, ОО – остаточный объем, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ОЕЛ – общая емкость легких

Вентиляция легких

Параметры вентиляции

ЧД

ДО

$$\text{МОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО}$$



$$\text{ЧД} = 14 (10-18) \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{ДО} = 0,5 \text{ л}$$

$$\text{МОД} = 7 \text{ л/мин}$$



$$\text{ЧД} = 60 \text{ мин}^{-1}$$

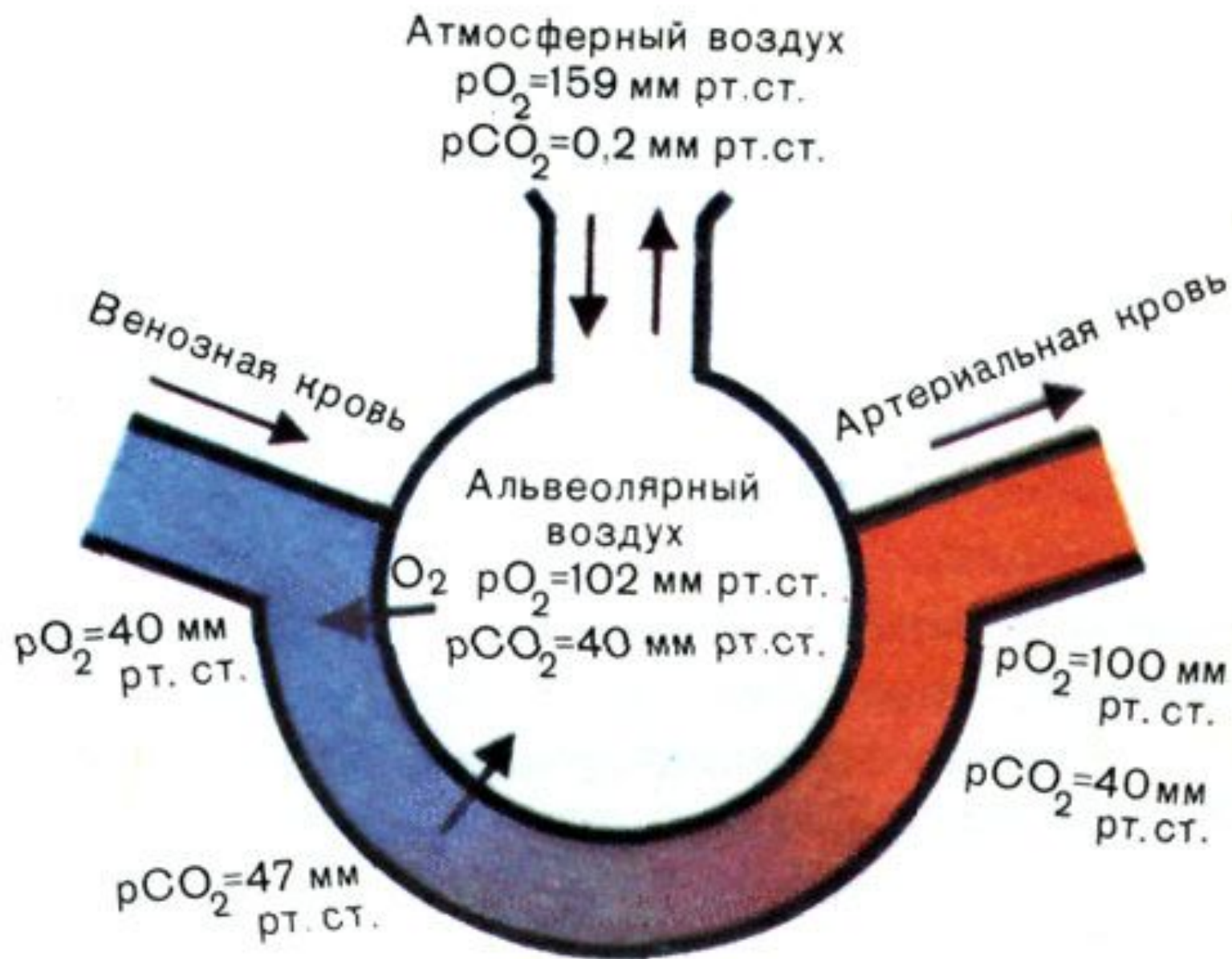
$$\text{ДО} = 2 \text{ л}$$

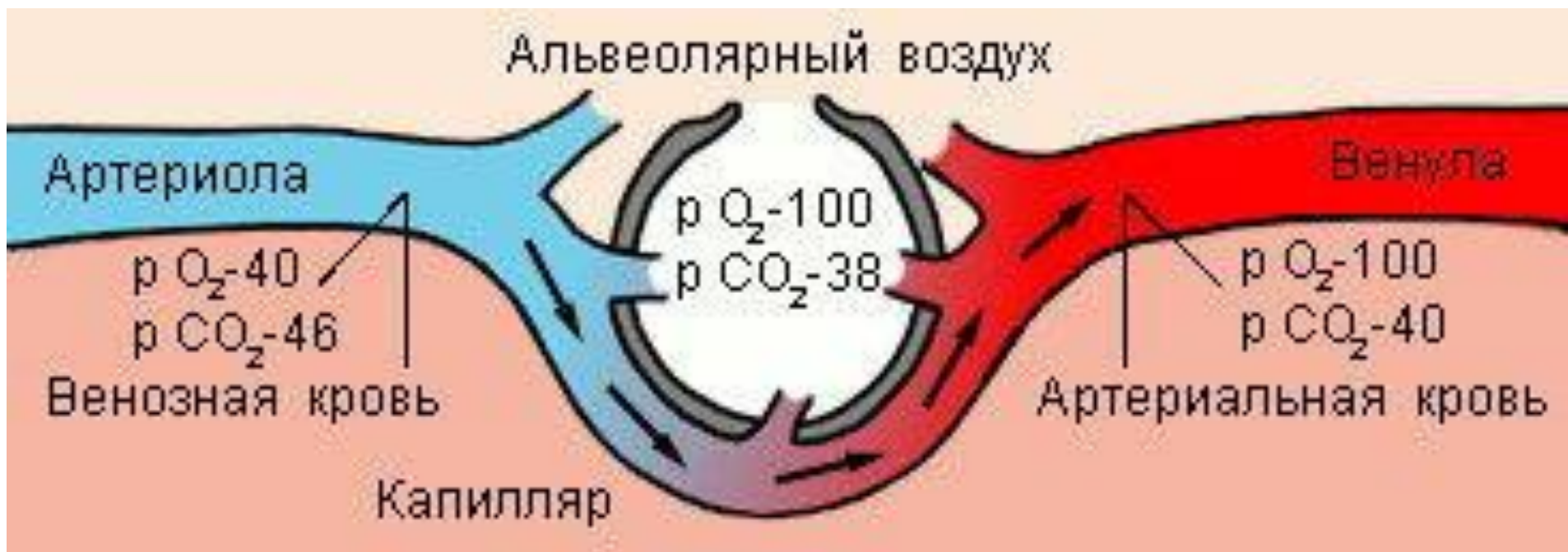
$$\text{МОД} = 120 \text{ л/мин}$$

ЧД – частота дыхания, ДО – дыхательный объем, МОД – минутный объем дыхания

Газообмен в легких

Диффузия газов осуществляется по принципу градиента (разницы) давлений: из области с высоким давлением в область с низким давлением. Следовательно, кислород поступает из альвеолы в капилляр, а углекислый газ – из капилляра в альвеолу и выводится наружу.



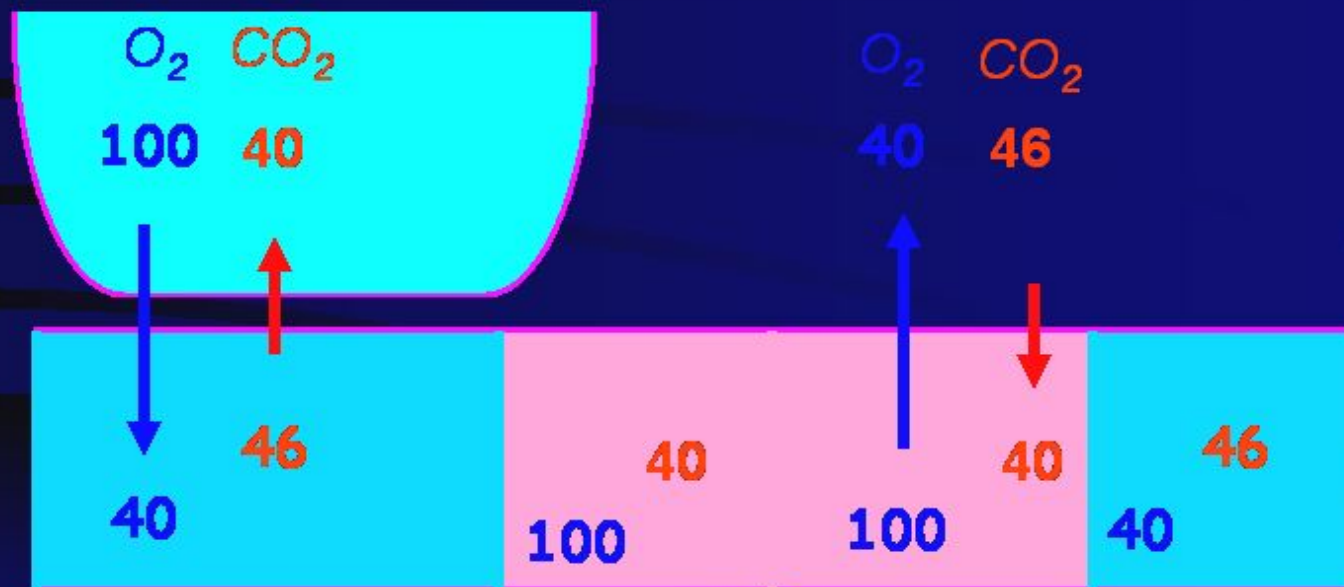


Цифры показывают значения парциального давления газов в альвеолярной газовой смеси и напряжения газов в венозной и артериальной крови (мм. рт. ст.)

Газообмен в легких и тканях

Газообмен в легких

Газообмен в тканях



Транспорт газов кровью

Осуществляется в двух формах:

- в физически растворенной (3-10%);
- в химически связанной (90-97%).

Транспорт кислорода

- Гемоглобин образует с кислородом очень непрочное, легко диссоциирующее соединение - **оксигемоглобин**: 1г гемоглобина связывает 1,34 мл кислорода.
- Максимальное количество кислорода, которое может быть связано 100 мл крови, - **кислородная емкость крови** (18,76 мл).

- *Насыщение гемоглобина кислородом колеблется от 96 до 98%. Степень насыщения гемоглобина кислородом и диссоциация оксигемоглобина (образование восстановленного гемоглобина) совершаются по кривой, которая получила название **кривой связывания или диссоциации оксигемоглобина.***

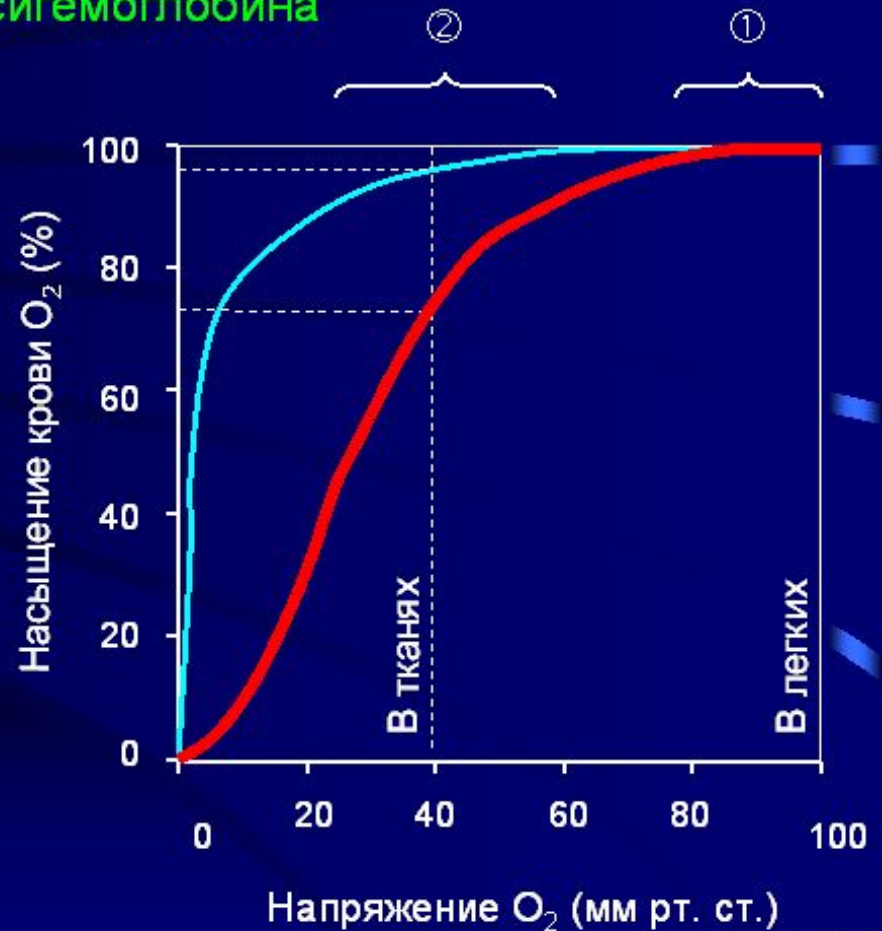
Транспорт газов кровью

Кривая диссоциации оксигемоглобина



$$[\text{HbO}_2] = K [\text{Hb}] [\text{O}_2]$$

$$S = \frac{[\text{HbO}_2]}{[\text{Hb}] + [\text{HbO}_2]}$$

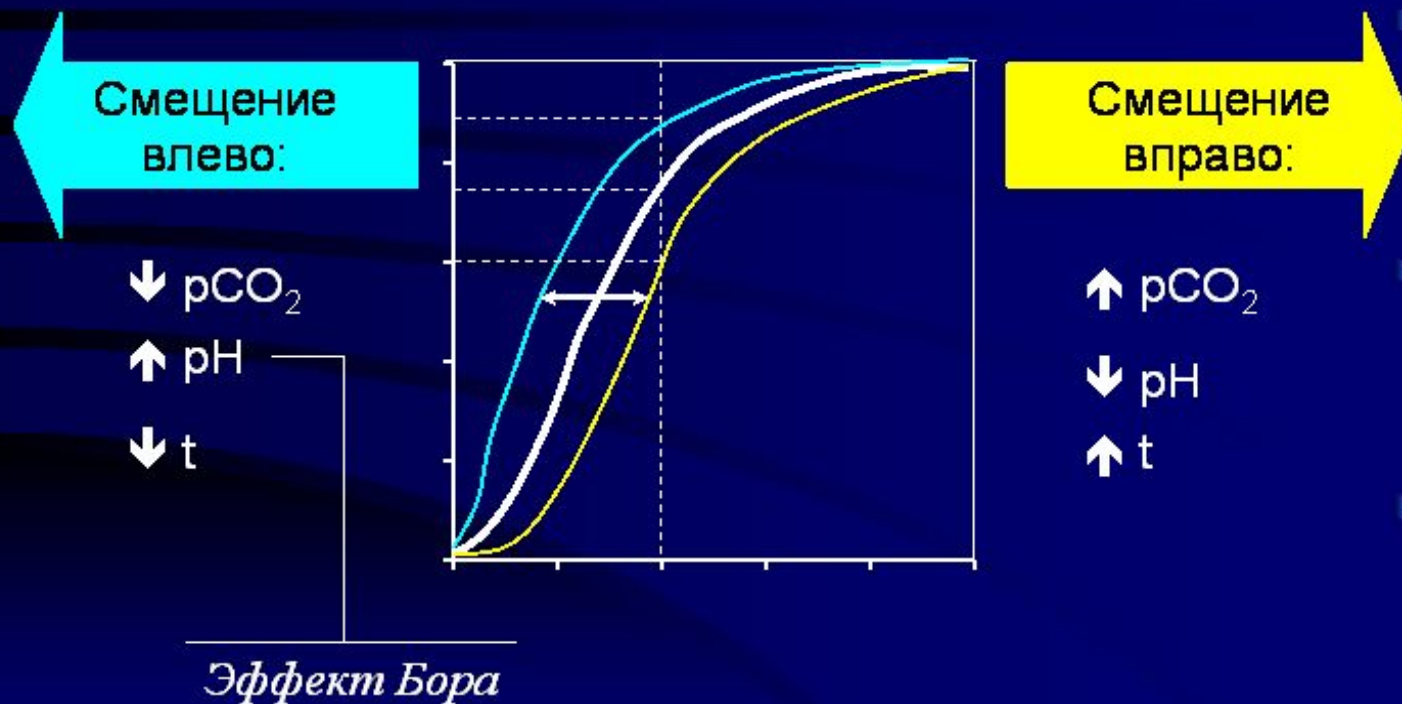


© Саиданов Д.Б., 2002

График показывает скорость распада оксигемоглобина в зависимости от изменения напряжения кислорода в крови. Кривая диссоциации гемоглобина изображена красным, миоглобина - голубым цветом.

Транспорт газов кровью

Влияние температуры, pH, $p\text{CO}_2$ на кривую диссоциации



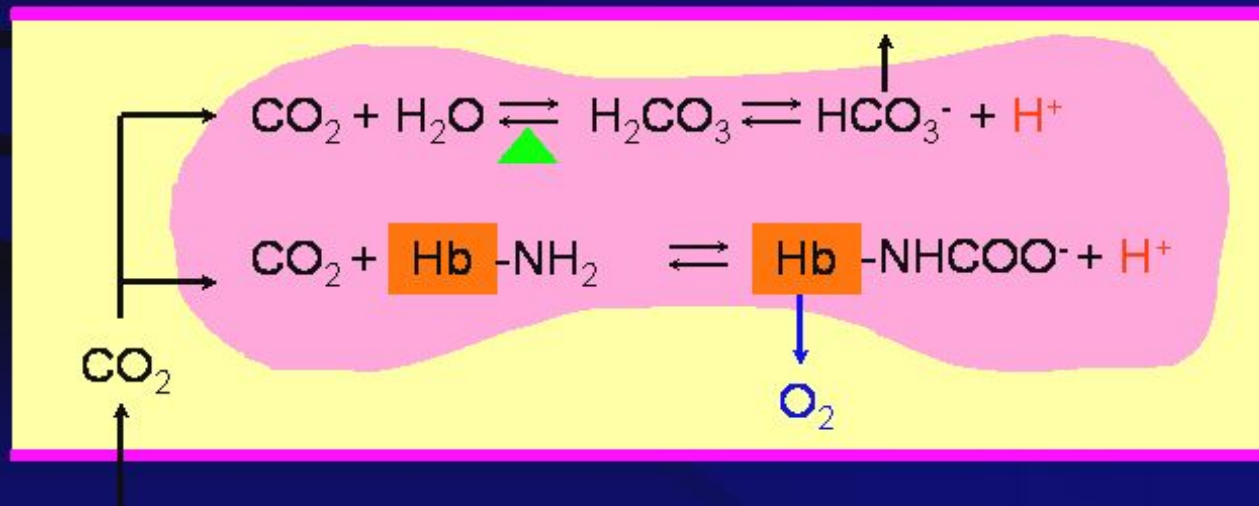
© Саидов Д.Б., 2002

Смещение кривой диссоциации оксигемоглобина вправо при изменении ряда условий (при мышечной работе) – эффект Бора

Транспорт газов кровью

Формы транспорта CO_2

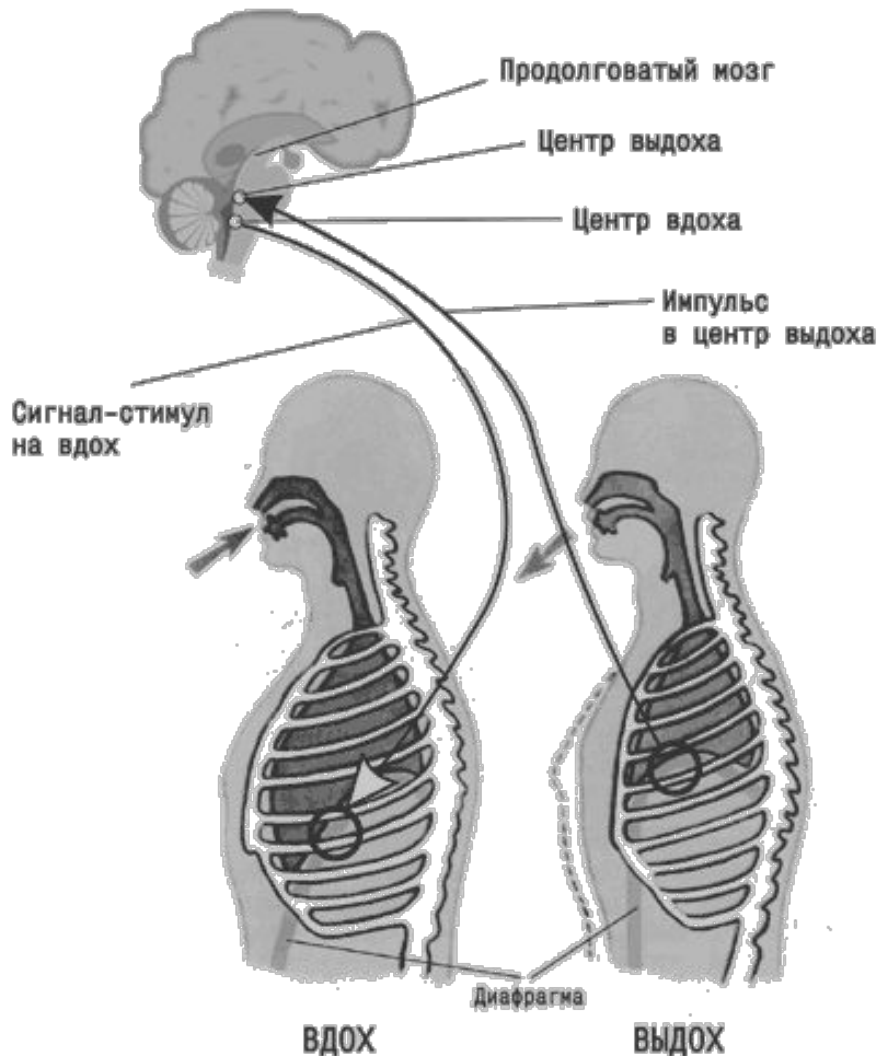
- ① Растворенный CO_2 (10 %)
- ② Ион гидркарбоната (80 %)
- ③ Карбоксигемоглобин (10 %)



© Саидов Д.Б., 2002

Основной формой транспорта углекислого газа является бикарбонатный ион. В эритроцитах с помощью фермента карбоангидразы (зеленый треугольник) катализируется образование угольной кислоты. В плазме крови этот процесс осуществляется неферментативным путем.

Регуляция дыхания



При нормальном дыхании центр вдоха посылает сигналы к мышцам груди и диафрагме, стимулируя их сокращение, что приводит к увеличению объема грудной полости и поступлению воздуха легкие.

При этом возбуждаются механорецепторы стенок легких, которые посылают сигналы в центр выдоха. Этот центр подавляет активность центра вдоха, дыхательные мышцы расслабляются, объем грудной полости уменьшается, и воздух из легких вытесняется наружу.



При физической нагрузке концентрация углекислого газа в крови резко повышается, и это стимулирует дыхательный центр увеличивать частоту и глубину дыхания. Это еще один уровень регуляции.