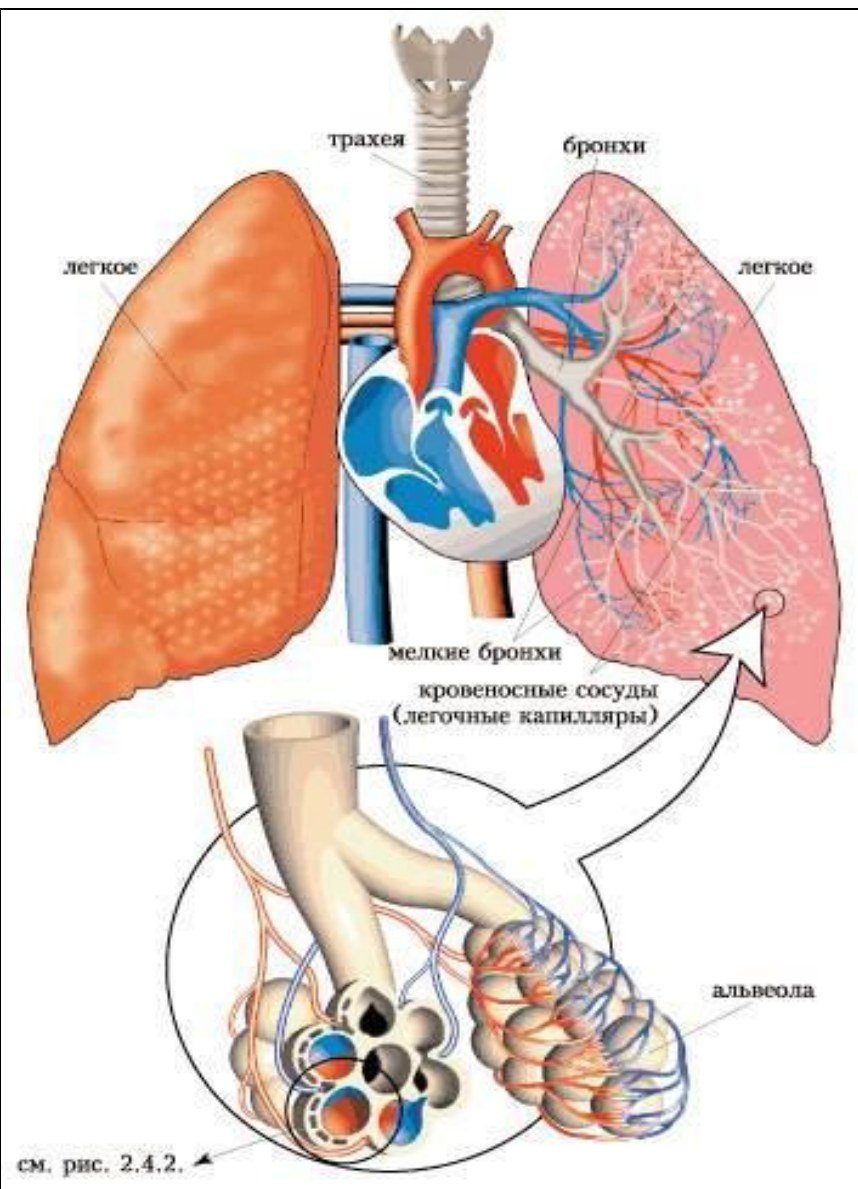


# ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

# План:

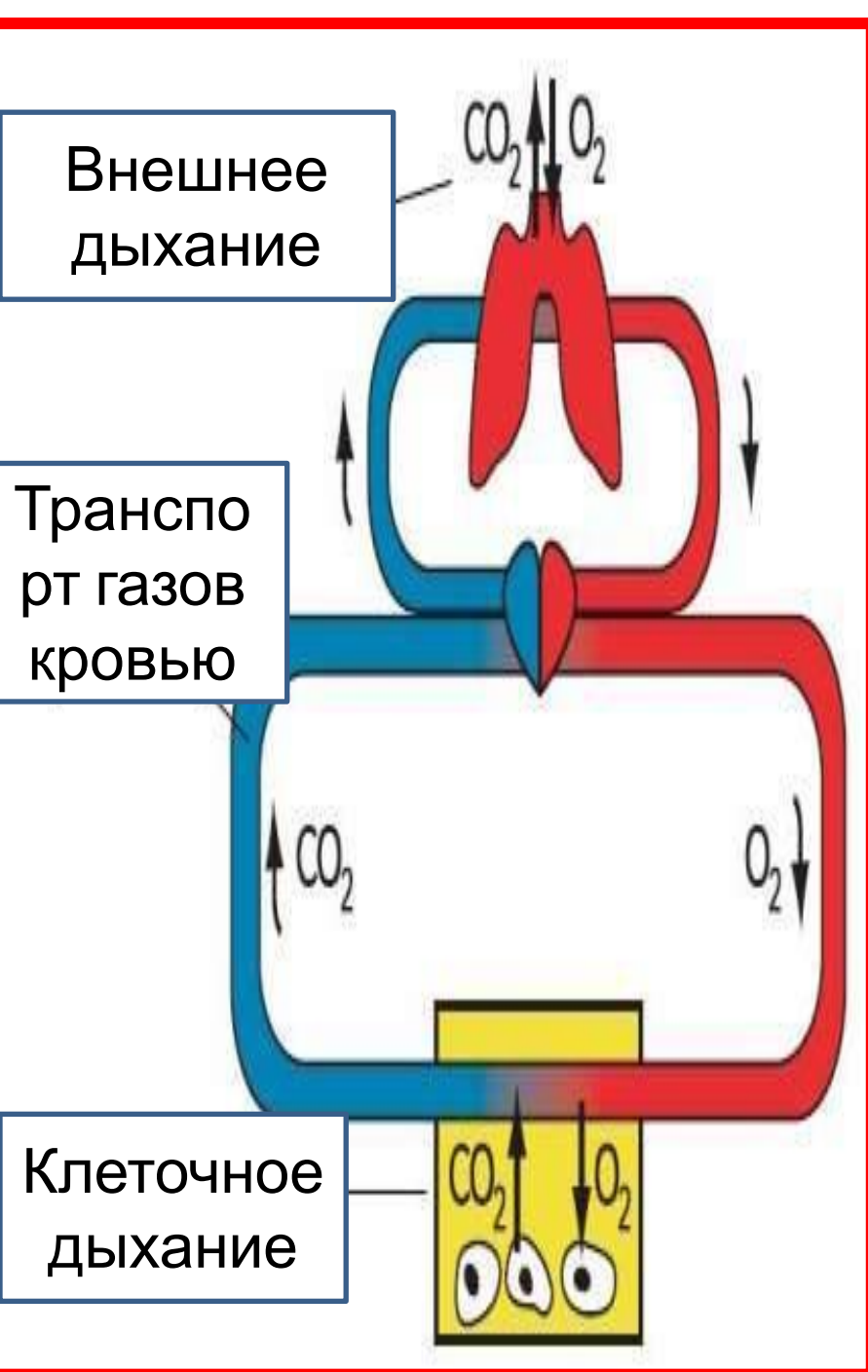
- Функциональные показатели системы дыхания
- Газообмен
- Регуляция дыхания
- Изменение показателей дыхания при мышечных нагрузках

# **1.Функциональные показатели системы дыхания**



**Дыхание** – процесс газообмена между организмом и внешней средой

**Дыхание** - совокупность физиологических процессов, обеспечивающих поступление кислорода в организм, его доставку к органам и тканям с последующим включением в обменные процессы, а также выведение углекислого газа, образующегося в результате окислительно-восстановительных реакций



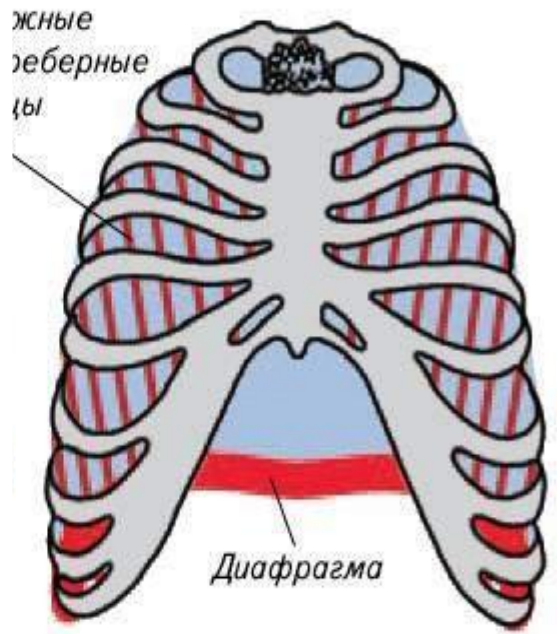
**1. Внешнее дыхание** – обмен воздуха между внешней средой и альвеолами легких

**2. Транспорт газов и газообмен** между легкими и другими органами *осуществляет система кровообращения*

**3. Внутреннее дыхание (клеточное)** – потребление клетками  $\text{O}_2$ , обеспечивает организм энергией

# 1 этап - внешнее дых:

## Вентиляция лёгких



**ВЫДОХ**

**ВДОХ**

Механизм : возвратно-  
поступательное  
перемещение воздуха в  
дыхательных путях

**Вдох (инспирация)** -  
активный процесс.

Лёгкие пассивно,  
спадаются вслед за  
грудной клеткой.

Внутрилегочное  
давление становится  
положительным ( $>$   
атм. ман. рт. ст)

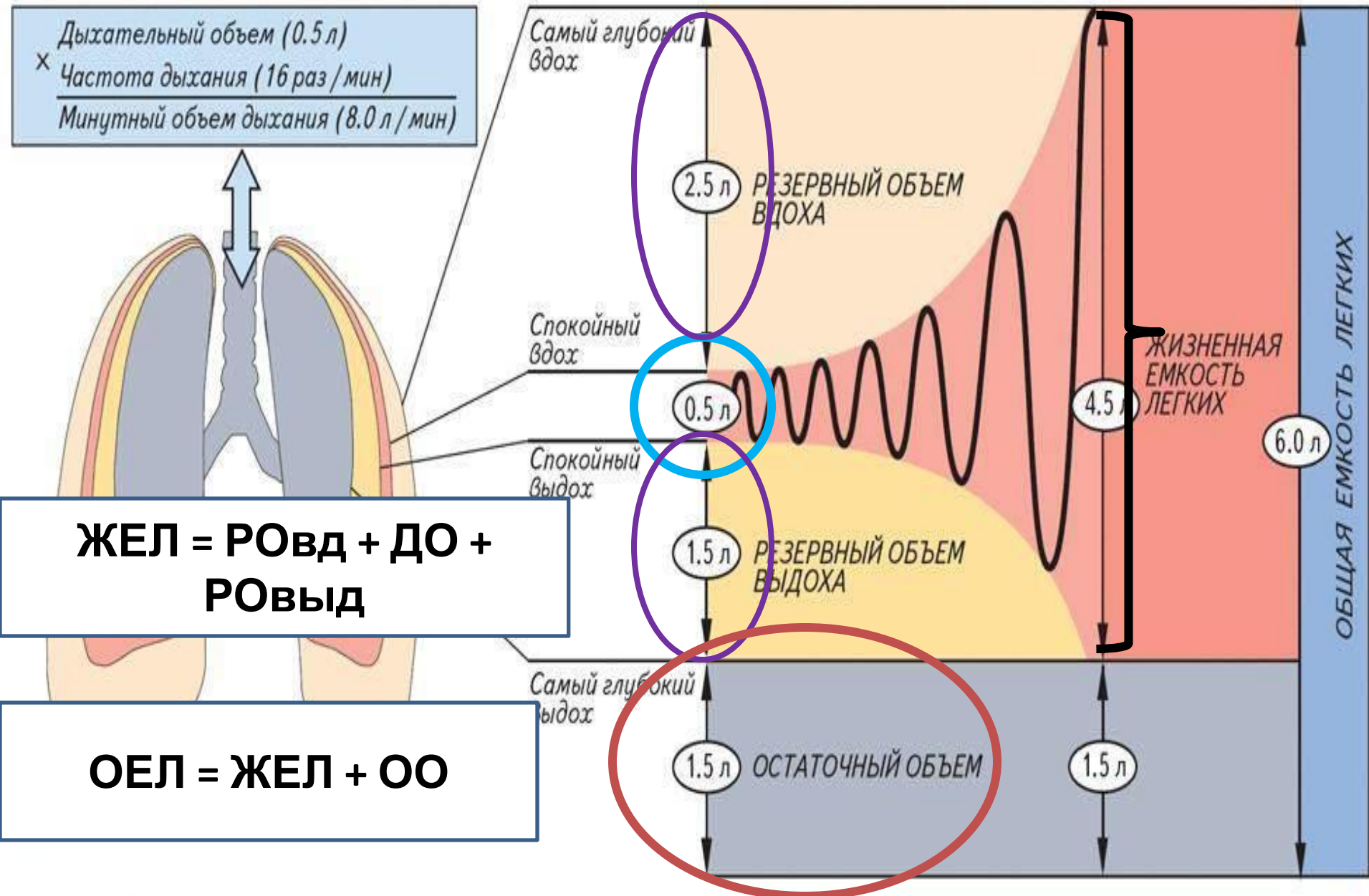
воздух из альвеол  
растягивается наружу  
атмосферный воздух  
поступает через  
дыхательные пути

# Модель Дондорса



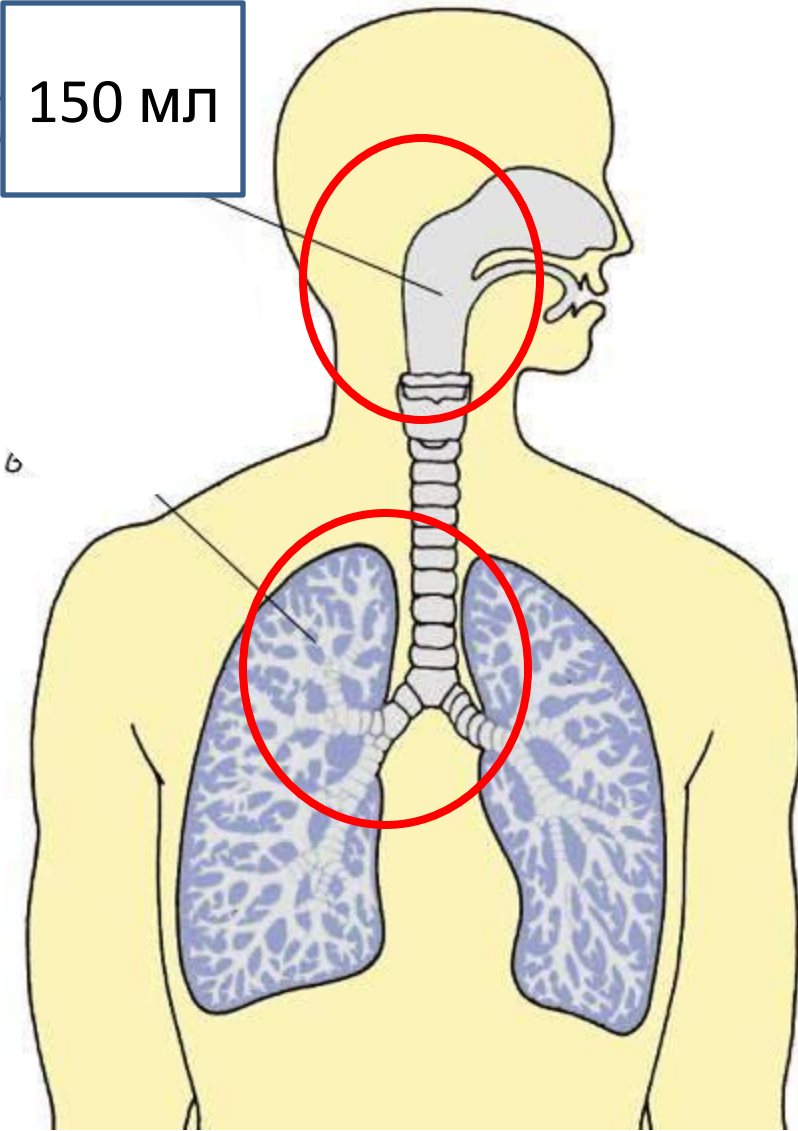
A

# Легочные объемы и емкости





150 мл



**Мертвое пространство** образовано областями органов дыхания без газообмена с кровью. Это дыхательные пути и бронхи. Объем мертвого пространства - около 150 мл, (30% ДО при спокойном дыхании)

*В обычных условиях почти треть вдыхаемого воздуха не участвует в газообмене.*

Сколько воздуха  
вентируется  
легкими за 1  
мин?

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

В покое : 8 л/мин = 0,5 л x 16

МОД зависит от  
размеров тела,  
возраста, пола,  
интенсивности  
окислительных  
процессов

При  
физическо  
й нагрузке  
:

150 – 180 =  $\frac{1}{2}$  ЖЕЛ x 90  
л/мин

ДО увеличивается за счет  
РОВд

## РЕЗЮМЕ:

Вдох – активный процесс, выдох –  
пассивный

Вдох короче выдоха, соотношение  
1:1,3

Работа дыхательных мышц увеличивается как  
при слишком глубоком, так и при частом  
дыхании

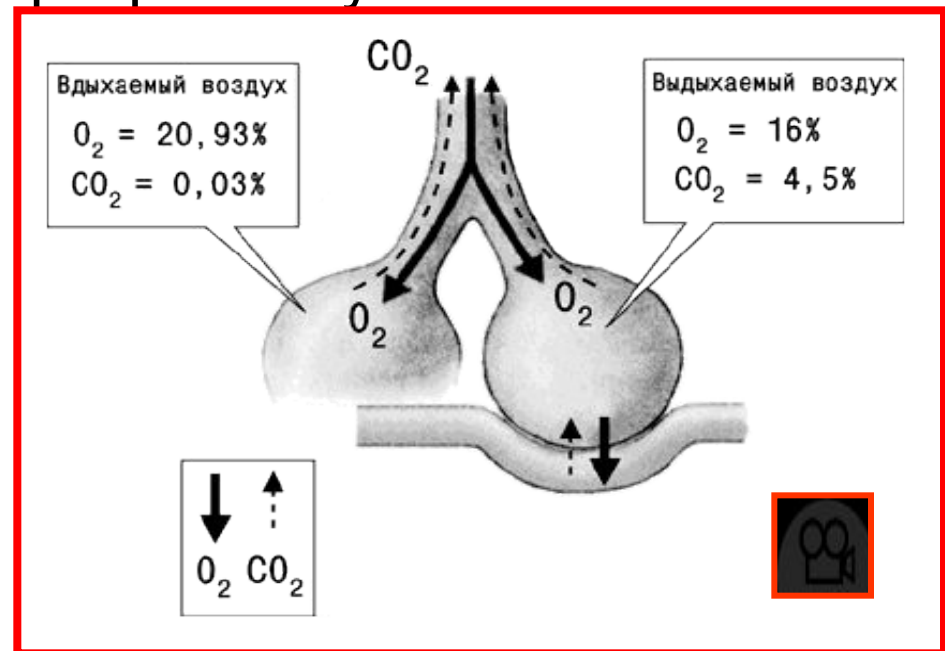
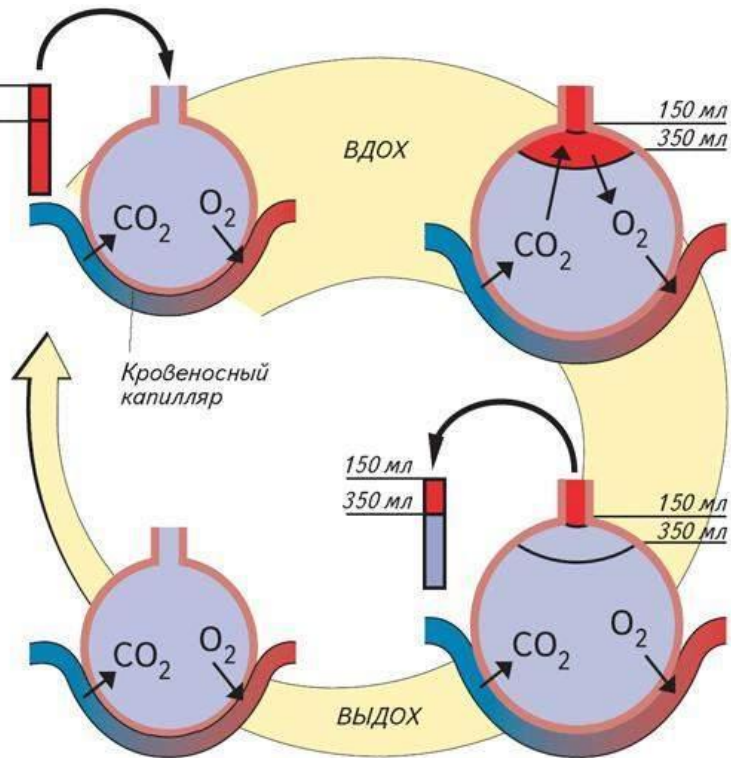
В состоянии покоя дыхание оптимально, Е-траты  
минимальны (2-3%), при физических нагрузках до  
10% от Е-затрат

2.

**Газообмен**

# Газообмен в лёгких

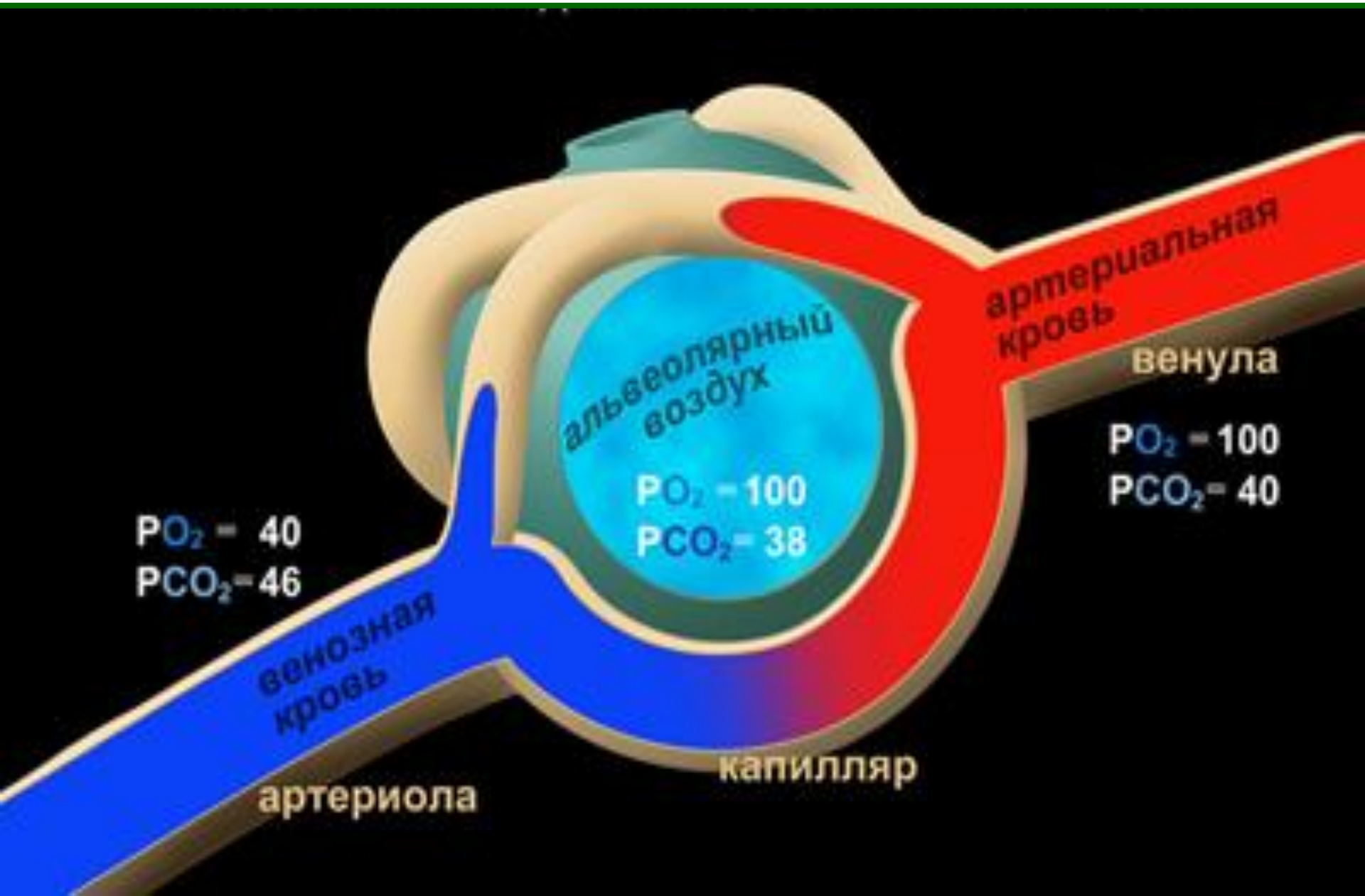
Газообмен между воздухом и кровью происходит **путем диффузии** по градиенту концентраций газов. В мертвом пространстве газообмен не идет. Венозная кровь превращается в артериальную.



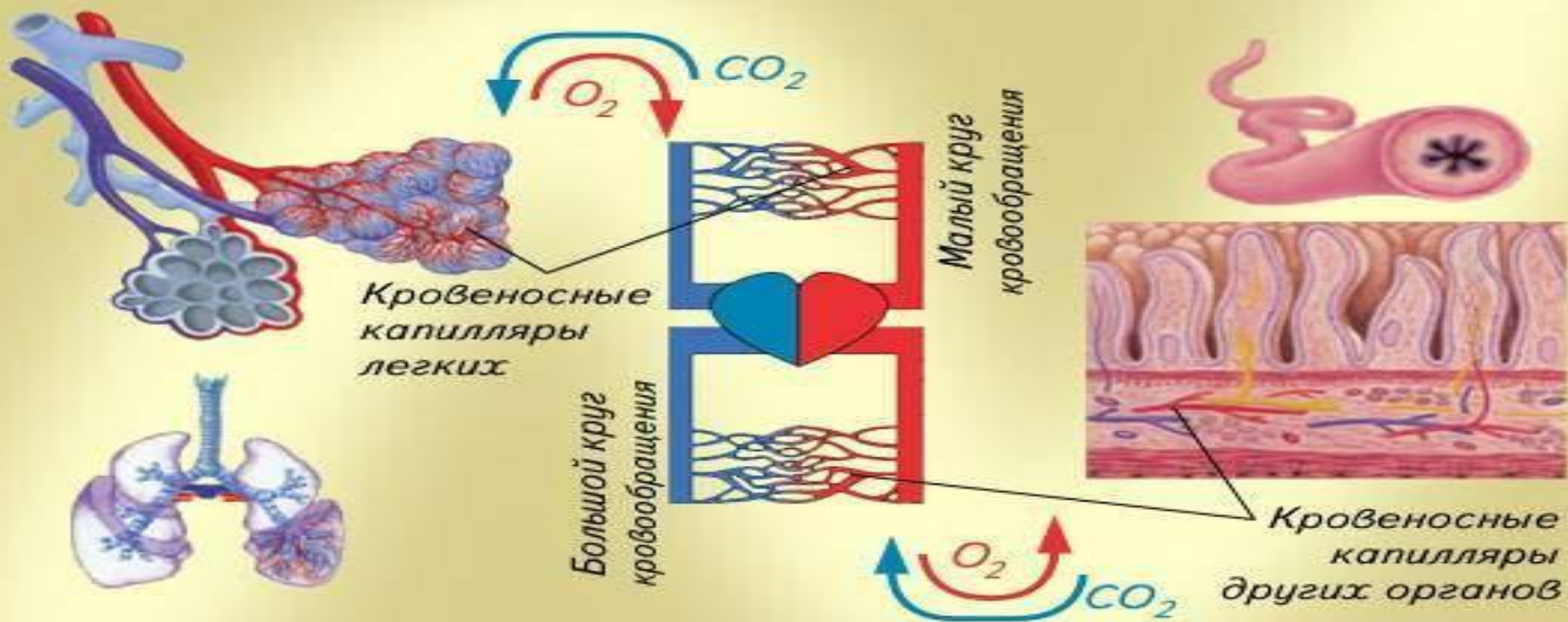
## Напряжение $O_2$ и $CO_2$ (мм.рт.ст.) при дыхании в состоянии покоя

Среда	$O_2$	$CO_2$
Альвеолярный воздух	102	40
Венозная кровь	40	46
Артериальная кровь	100	40
Ткани	10-20	50-60

# Газообмен в легких

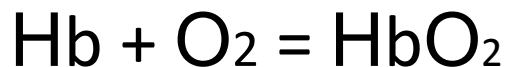


## 2 этап: Транспорт газов кровью



Химическим переносчиком  $O_2$  является

Hb



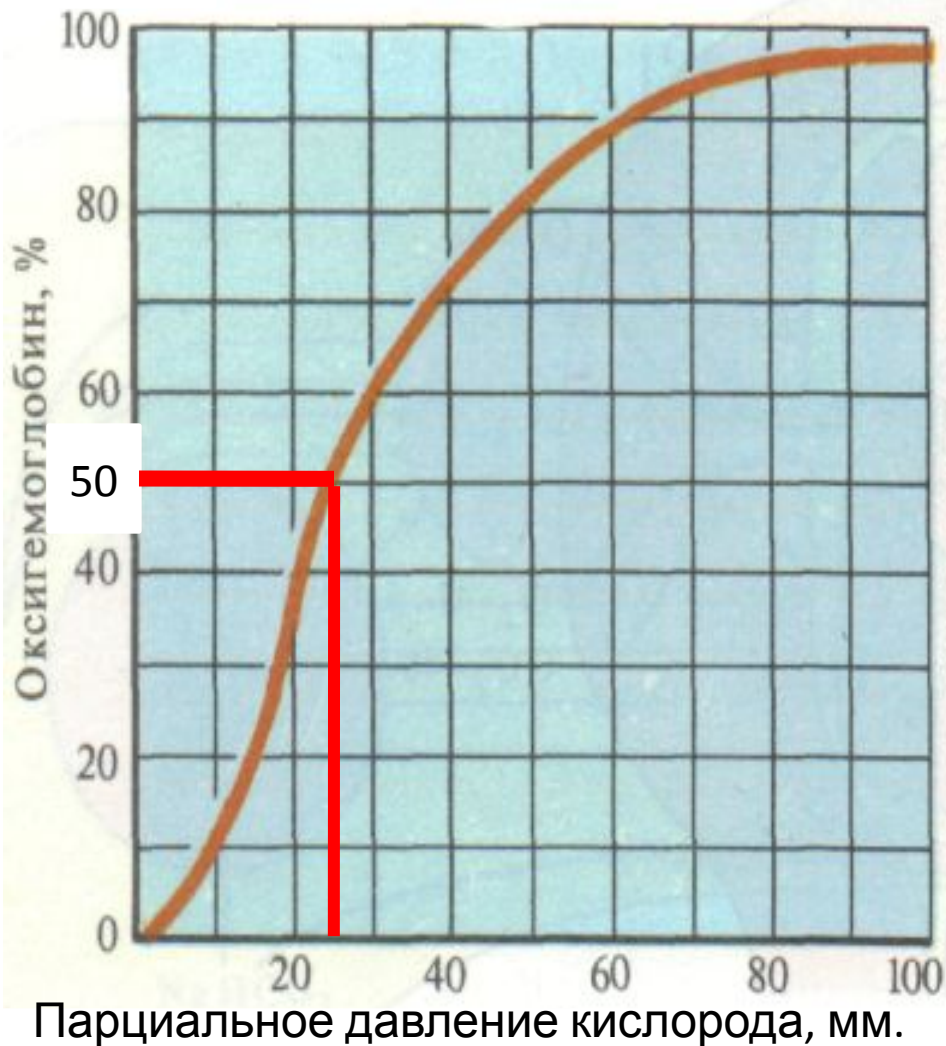
1 г Hb связывает 1,34-1,36 мл  $O_2$

**Кислородная емкость крови (КЕК) - количество  $O_2$ , которое связывается 100 мл крови до полного насыщения Hb (около 20 мл  $O_2$ )**



# Кривая диссоциации оксигемоглобина

HbO<sub>2</sub>, %



Кривая диссоциации оксигемоглобина отражает зависимость скорости высвобождения кислорода HbO<sub>2</sub> в тканях от напряжения O<sub>2</sub> в крови.

Положение кривой диссоциации оксигемоглобина зависит от сродства гемоглобина с кислородом.

При снижении сродства гемоглобина к O<sub>2</sub>, т.е. облегчении перехода O<sub>2</sub> в ткани, кривая сдвигается вправо.

Повышение сродства гемоглобина к O<sub>2</sub> означает меньшее высвобождение кислорода в тканях, при этом кривая диссоциации сдвигается влево.

Важным показателем является параметр P<sub>50</sub>, т.е. такое pO<sub>2</sub>, при котором гемоглобин насыщен кислородом на 50 %

В нормальных условиях у человека (при t 37 °C, pH 7,40 и pCO<sub>2</sub> = 40 мм рт.ст.) P<sub>50</sub> = 27 мм рт.ст.

# Снижение насыщенности крови кислородом - **ГИПОКСЕМИЯ**

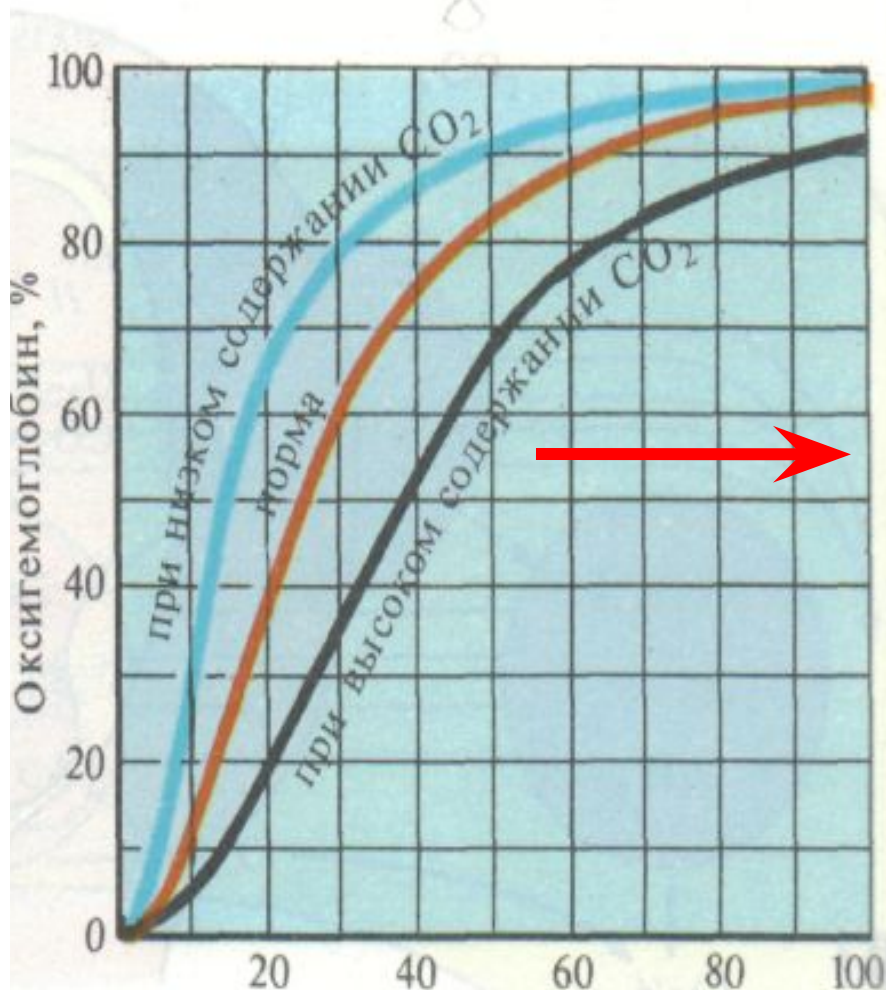
Причины:

Произвольная задержка дыхания

Дыхание воздухом с пониженным  $pO_2$   
(высокогорье)

Физические нагрузки

# Кривая диссоциации оксигемоглобина



Способность Hb присоединять и отдавать O<sub>2</sub> зависит от:

а) **величины рО<sub>2</sub> в крови** – чем оно выше, тем интенсивнее присоединение O<sub>2</sub>

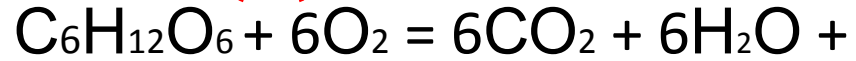
б) **величины рСО<sub>2</sub>** – при высоком напряжении СО<sub>2</sub> Hb активно отдает O<sub>2</sub>

в) **температуры крови** – при низкой t Hb активно присоединяет O<sub>2</sub>, при высокой – отдает

г) **реакции крови** – при повышении кислотности Hb легко отдает O<sub>2</sub>

Возникает **эффект Бора** – сдвиг кривой диссоциации **вправо**.  
Результат – уменьшается сродство Hb к O<sub>2</sub>, происходит отдача O<sub>2</sub> тканям

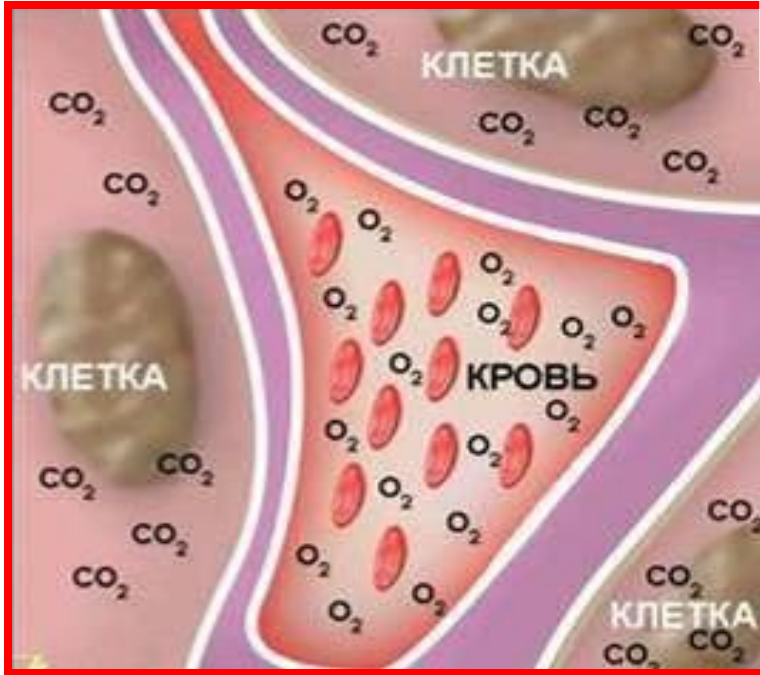
# 3 этап: внутреннее дыхание



**Тканевое дыхание :** **38АТФ**

*(Глюкоза)*

В процессе тканевого дыхания артериальная кровь превращается в венозную, в митохондриях клетки образуется Е



- Наиболее чувствительны к недостатку O<sub>2</sub> (гипоксии) клетки *мозга*
- *Скелетные мышцы*, наоборот, очень устойчивы к недостатку O<sub>2</sub>, они могут использовать анаэробный гликолиз для получения Е.

# Основные показатели внутреннего дыхания:

**Артерио-венозная разность**  
 **$ABP_{O_2} = p_{O_2A} - p_{O_2B}$**

Разность между содержанием  $O_2$  в артериальной и венозной крови, отражает активность рабочих процессов в тканях

**Коэффициент  
тканевой  
утилизации** –  
указывает, сколько  $O_2$   
утилизировано

$$K_{т.у.} = \frac{ABP_{O_2}}{p_{O_2}} \times 100$$

В покое  $K_{т.у.} = 30-40\%$ , при работе возрастает до 50-60% за счет снижения  $p_{CO_2B}$   
при очень тяжелой работе – до 80-90%

# 3. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

Регуляция дыхания сводится к установлению такой величины МОД, которая соответствует уровню обмена веществ, кислородному запросу организма в каждый конкретный момент времени

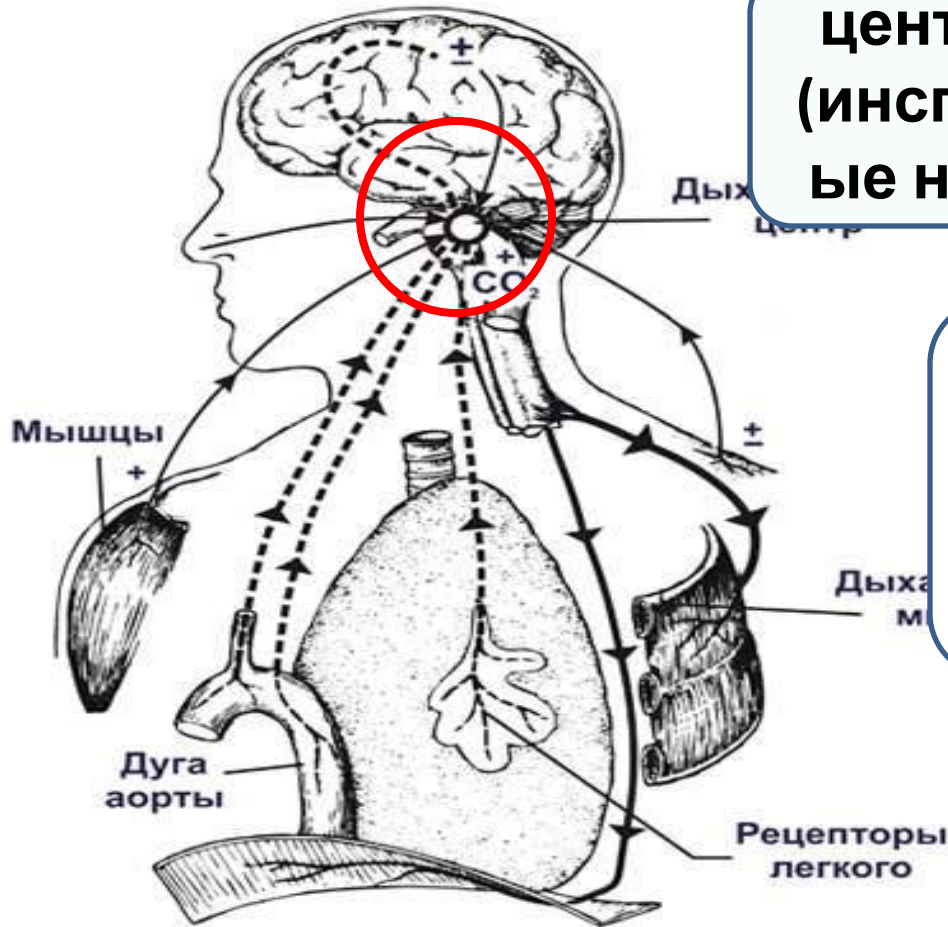
Особенность:  
вдох всегда  
чередуется  
выдохом. Почему?

Сокращения дыхательных  
мышц обеспечиваются  
рефлекторно активностью  
**нейронов дыхательного  
центра:**

**центр вдоха  
(инспираторн  
ые нейроны)**

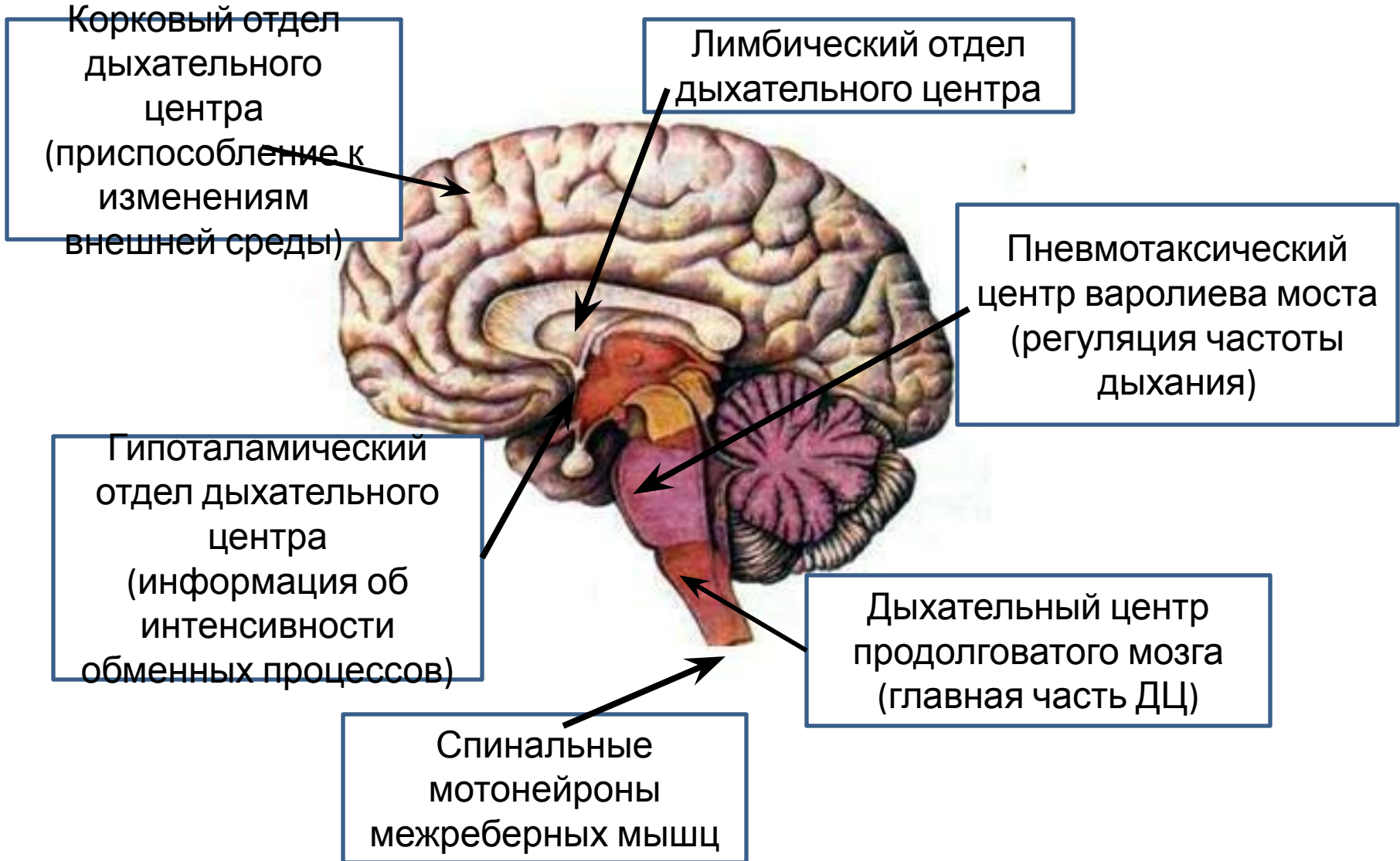
**центр выдоха  
(экспираторны  
е нейроны)**

Нейроны ДЦ связаны  
друг с другом  
**реципрокно**





# Уровни организации дыхательного центра



# НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

```
graph TD; A[НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ] --> B[Непроизвольная регуляция частоты и глубины дыхания]; A --> C[Произвольная регуляция частоты и глубины дыхания]; B --> D[Дыхательным центром продолговатого мозга]; C --> E[Корой больших полушарий]; D --> F[Воздействие на холодовые, болевые и др. рецепторы может приостановить дыхание]; E --> G[Мы можем произвольно ускорить или остановить дыхание];
```

**Непроизвольная регуляция частоты и глубины дыхания**

**Произвольная регуляция частоты и глубины дыхания**

**ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ**

**Дыхательным центром продолговатого мозга**

**Корой больших полушарий**

**Воздействие на холодовые, болевые и др. рецепторы может приостановить дыхание**

**Мы можем произвольно ускорить или остановить дыхание**

# ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

Частоту и глубину дыхания

*ускоряет*

Избыток  
 $\text{CO}_2$



*замедляет*

Недостаток  $\text{CO}_2$

В результате усиления вентиляции легких дыхание приостанавливается, т.к. концентрация  $\text{CO}_2$  в крови снижается

# Дыхательные рефлексy

На активность ДЦ продолговатого мозга влияют раздражения, исходящие от:

## Хеморецепторов:

### Центральные (бульбарных)

расположены на поверхности продолговатого мозга, чувствительны к  $p\text{CO}_2$  и  $\text{H}^+$  (гиперкапнии и ацидозу)

### Периферические (артериальных)

в области каротидного тела сонной артерии, чувствительны к снижению  $p\text{O}_2$  (гипоксии), повышению  $p\text{CO}_2$  (гиперкапнии) и  $\text{H}^+$  (ацидозу)

## Механорецепторы

находятся в гладких мышцах трахеи и бронхов, чувствительны к растяжению дыхательных путей. Выполняют 2 функции:

- участвуют в регуляции глубины вдоха;
- в рефлексе защитного характера - кашле

# 4.Изменение показателей дыхания при мышечных нагрузках

Мышечная деятельность сопровождается увеличением потребления кислорода ( $\text{ПО}_2$ )

Значения  $\text{ПО}_2$ :

В покое 0,25 – 0,3 л/мин

При легкой нагрузке увеличивается в 2-3 раза

У неспортсменов  
МПК = 35-45  
мл $\text{О}_2$ /мин·кг

При тяжелой нагрузке рост  $\text{ПО}_2$  в 20-30 раз ( МПК до 5-6 л/мин)

У спортсменов МПК до 82  
мл $\text{О}_2$ /мин·кг

# Дыхание при физической нагрузке

Долговременная адаптация системы дыхания:

- 1) Увеличение ЖЕЛ;
- 2) Увеличивается мощность дыхательной мускулатуры;
- 3) Повышается содержание НЬ в крови;
- 4) Увеличивается К т.у.
- 5) Увеличивается  $AVP_{O_2}$
- 6) Увеличивается  $PO_2$