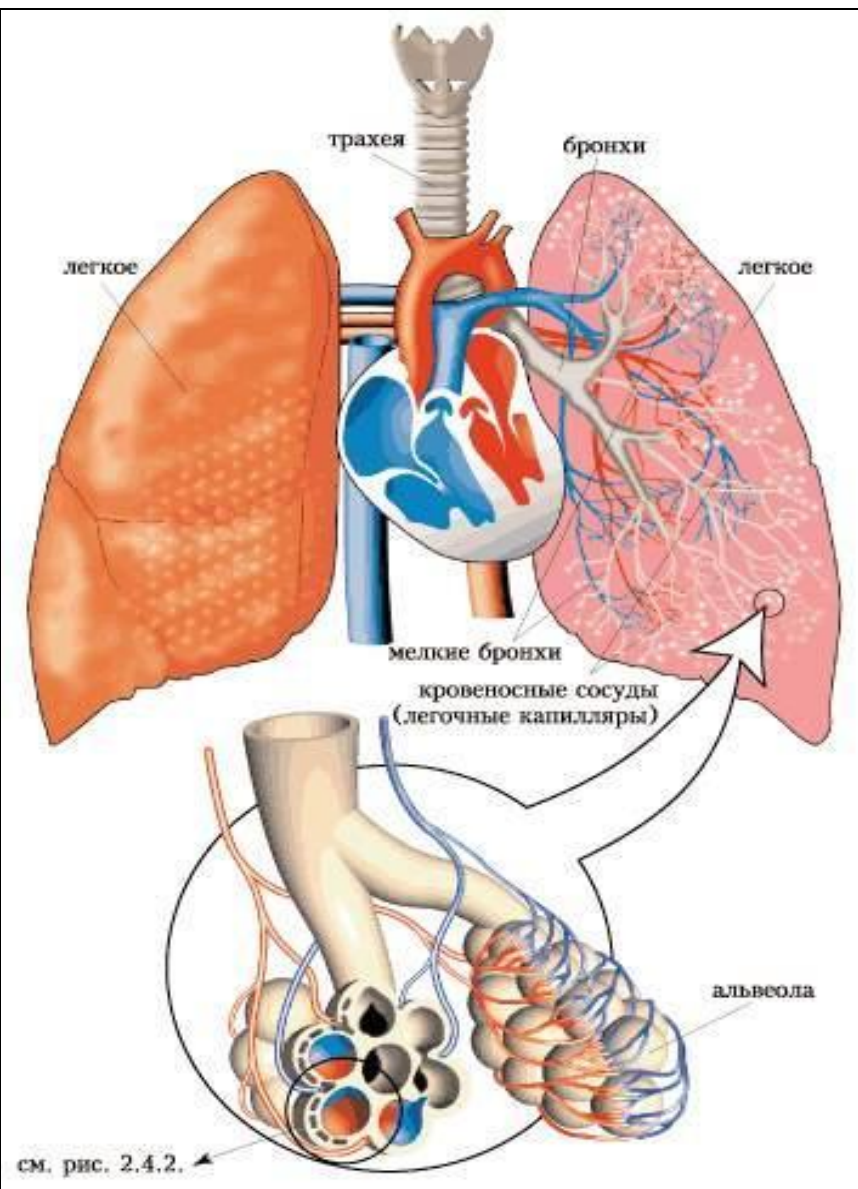


# ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

# План:

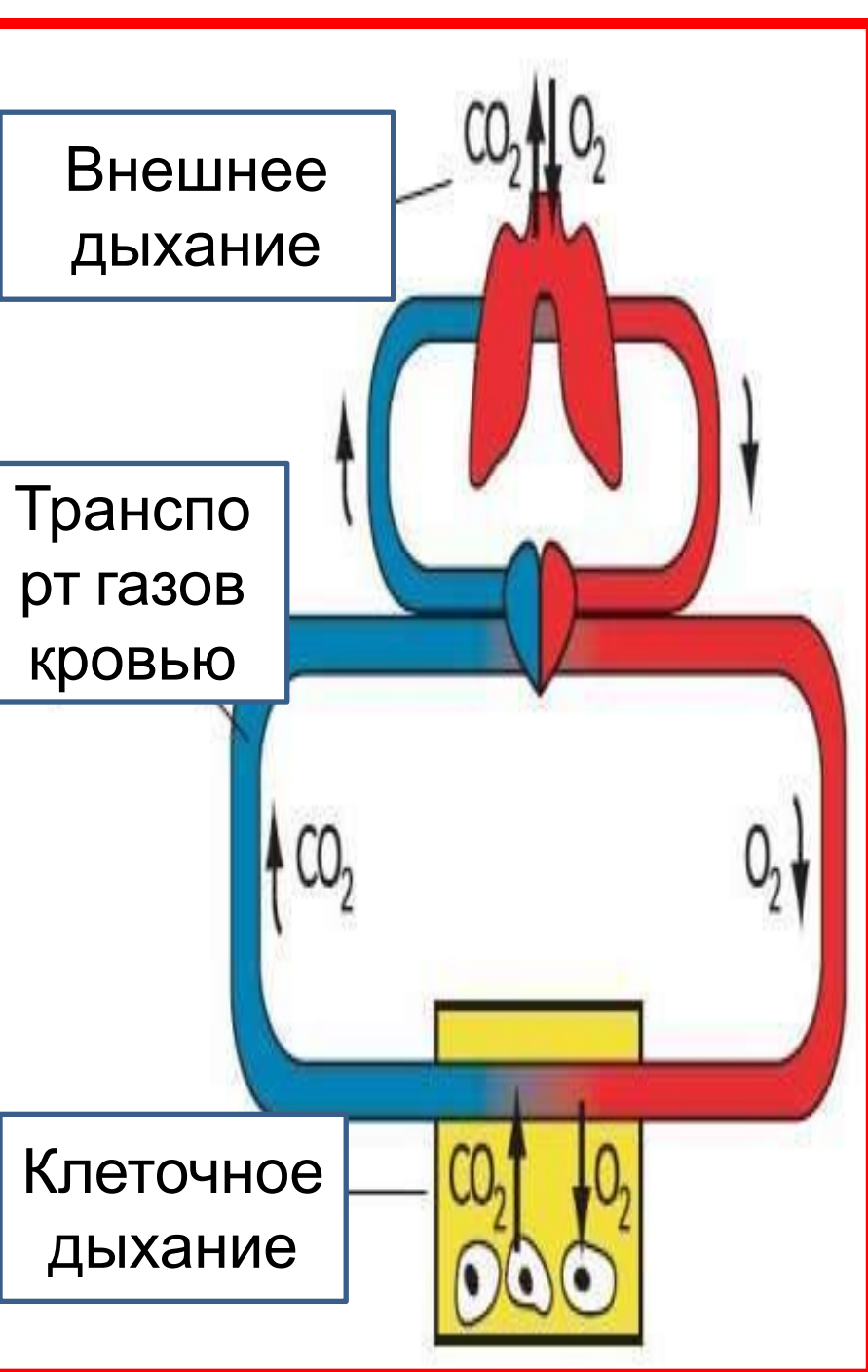
- Функциональные показатели системы дыхания
- Газообмен
- Регуляция дыхания
- Изменение показателей дыхания при мышечных нагрузках

# **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



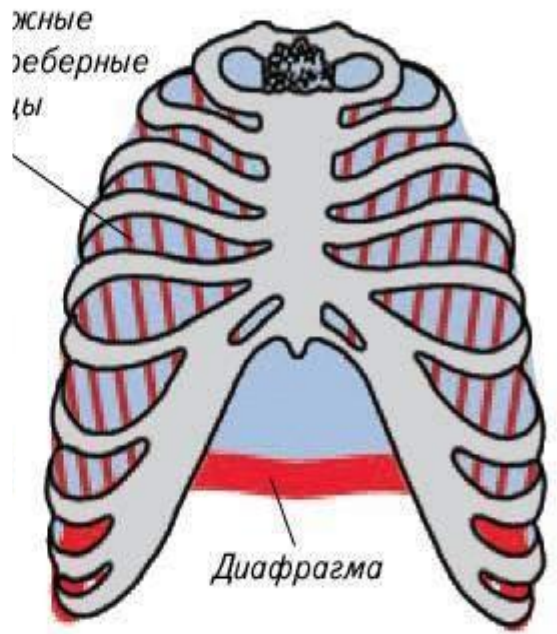
**1. Внешнее дыхание** – обмен воздуха между внешней средой и альвеолами легких

**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)

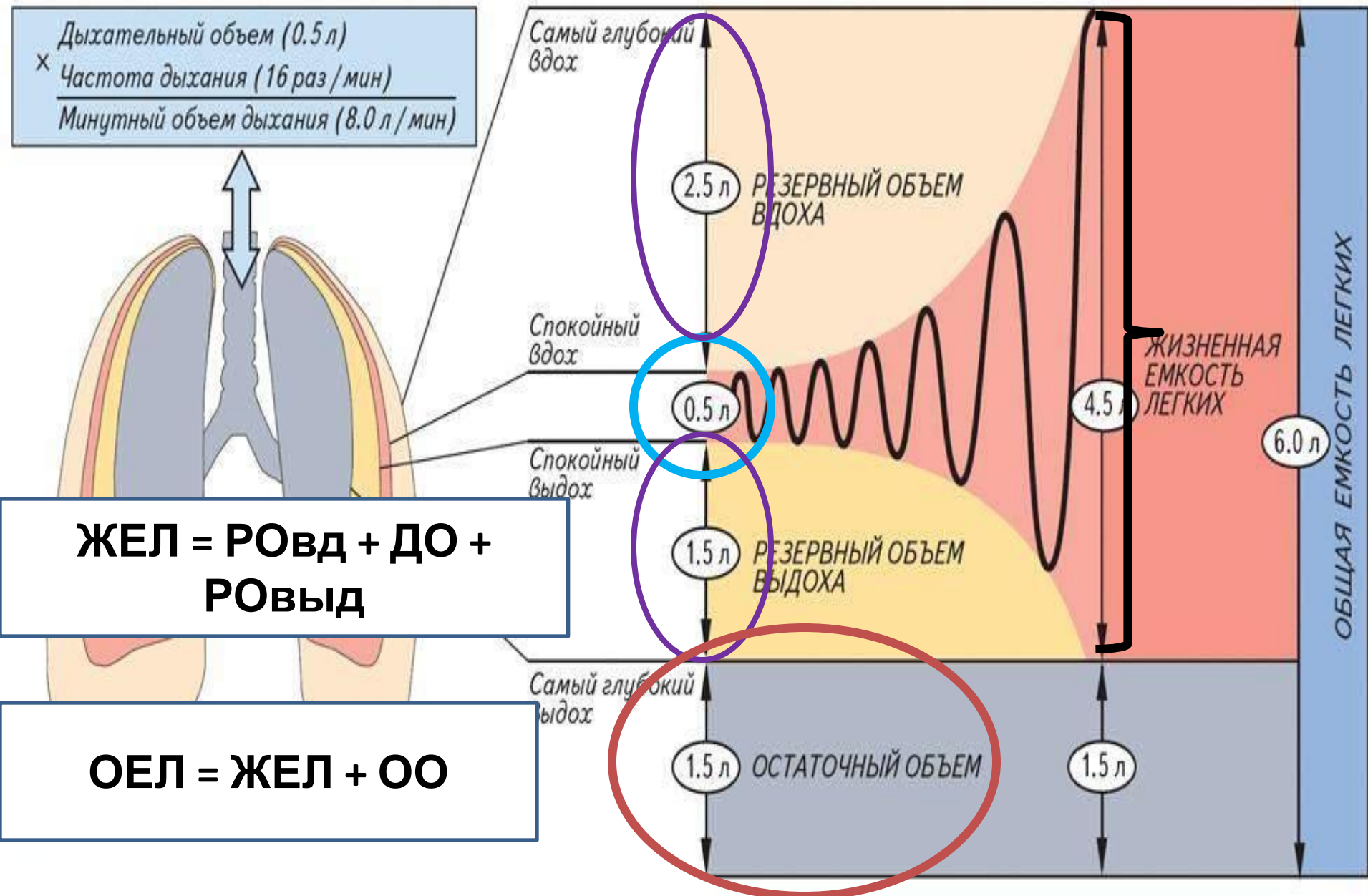
воздух из альвеол выталкивается наружу атмосферный воздух поступает через дыхательные пути

# Модель Дондорса



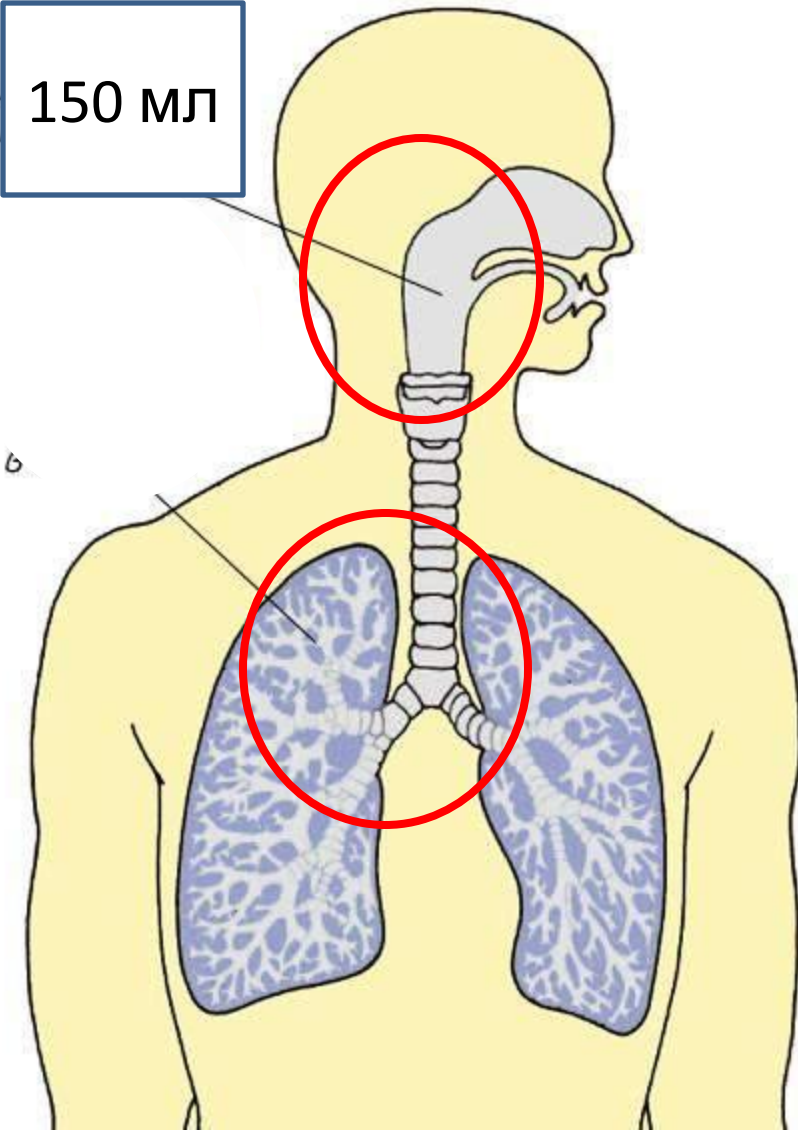
A

# 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  
:

$$150 - 180 = \frac{1}{2} \text{ ЖЕЛ} \times 90$$

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

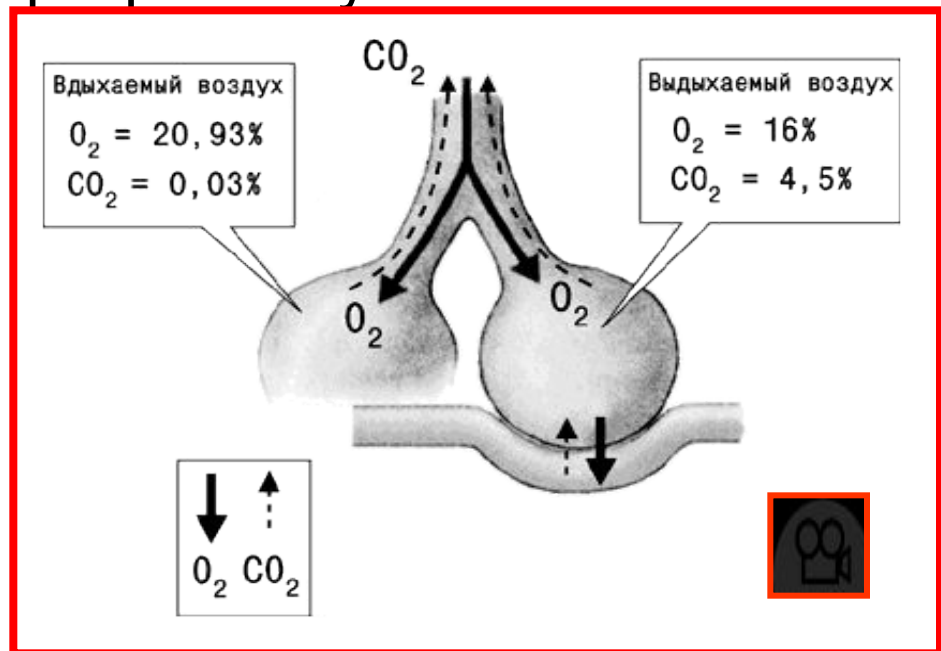
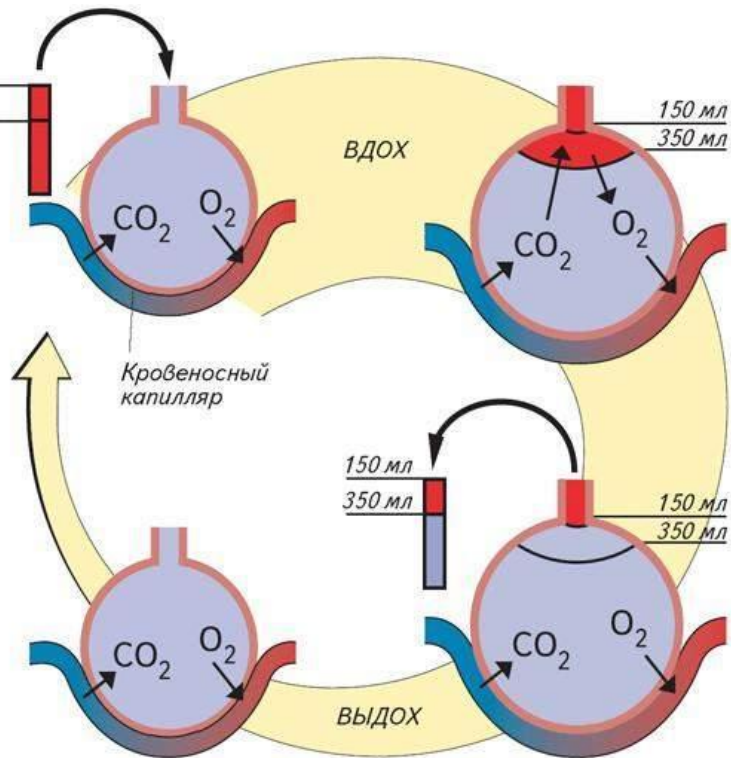
В состоянии покоя дыхание оптимально, Е-траты  
минимальны (2-3%), при физических нагрузках до  
10% от Е-затрат

2.

Газообмен

# Газообмен в лёгких

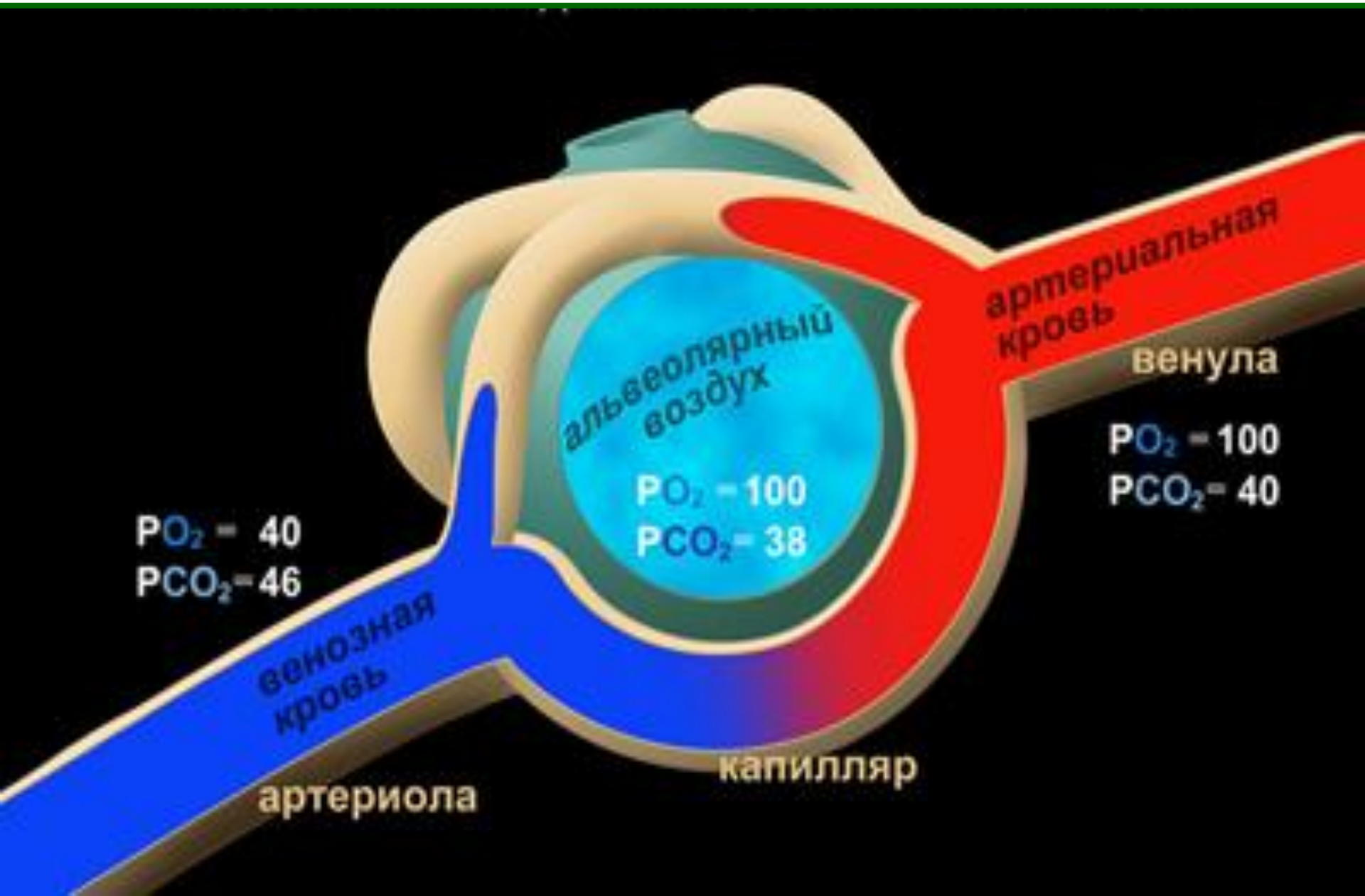
Газообмен между воздухом и кровью происходит **путем диффузии** по градиенту концентраций газов. В мертвом пространстве газообмен не идет. Венозная кровь превращается в артериальную.



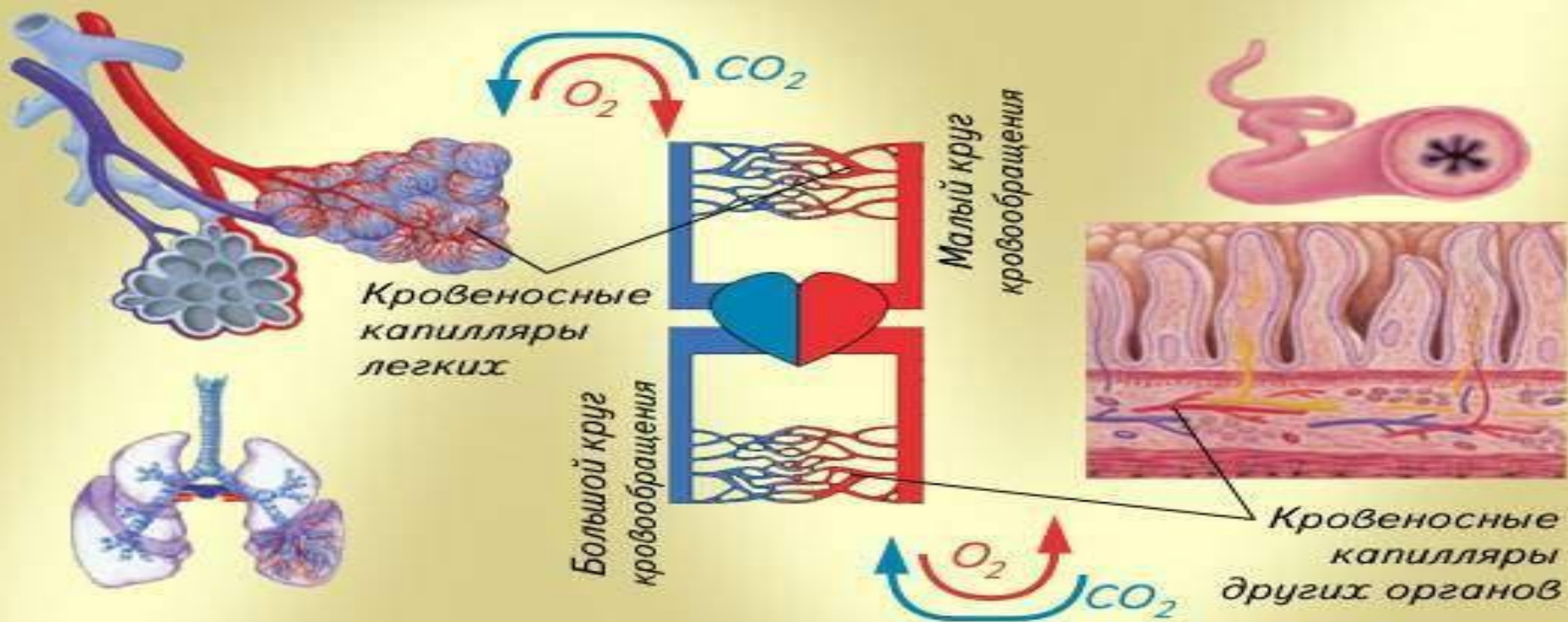
## Напряжение $O_2$ и $CO_2$ (мм.рт.ст.) при дыхании в состоянии покоя

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

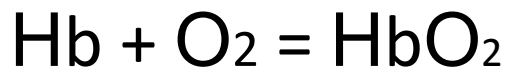


## 2 этап: Транспорт газов кровью



Химическим переносчиком  $O_2$  является

Hb



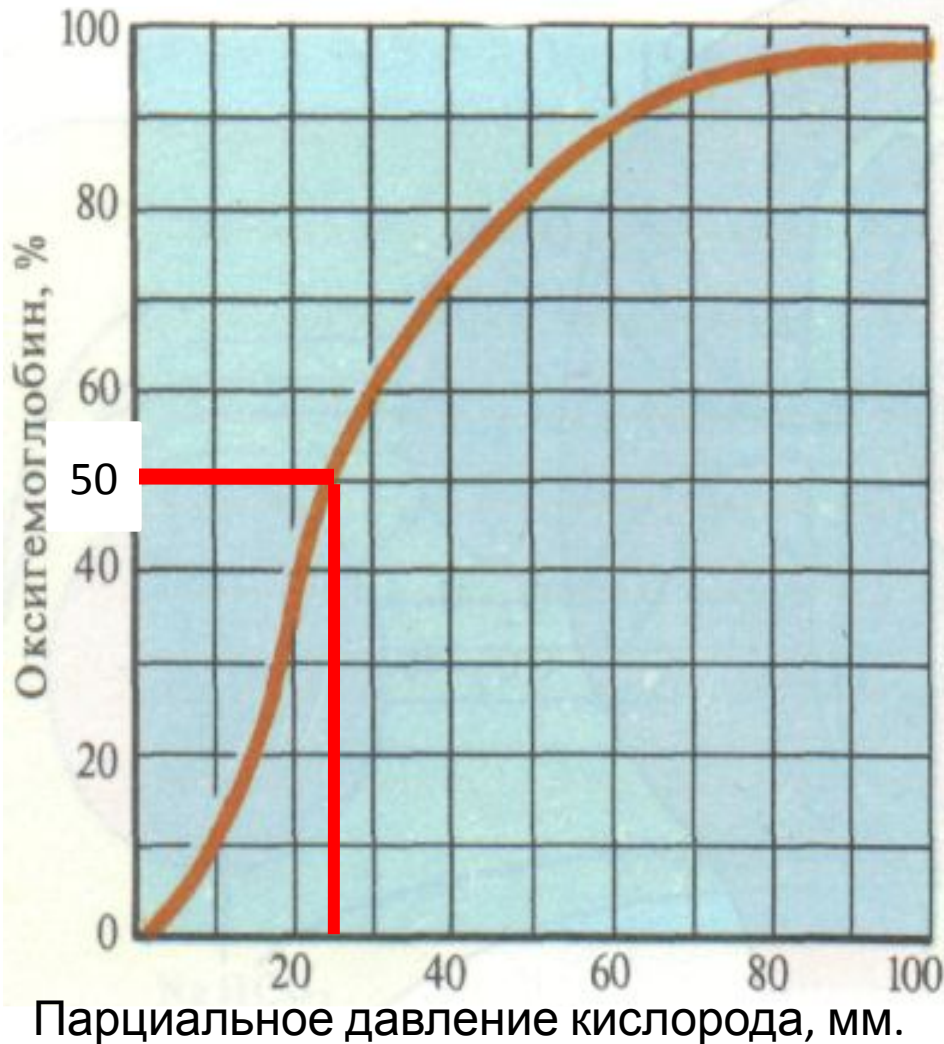
1 г Hb связывает 1,34-1,36 мл  $O_2$

**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**

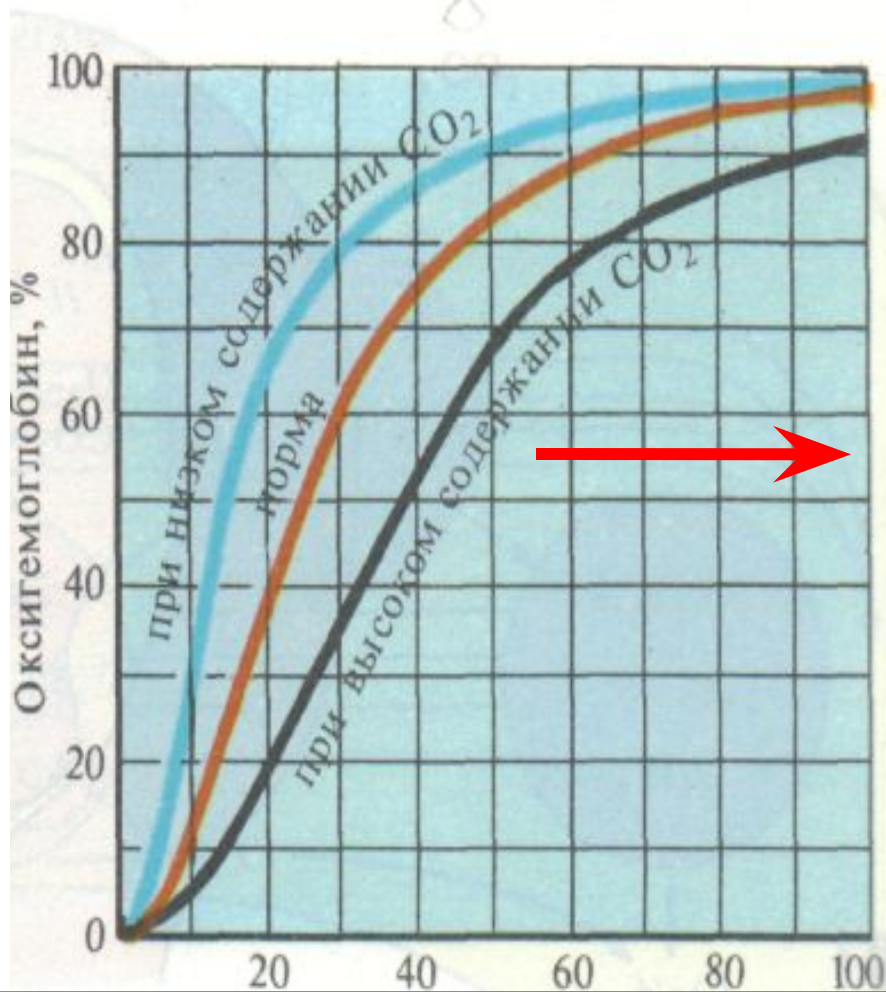
Причины:

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>

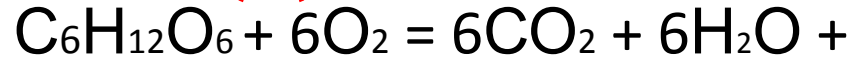
б) **величины рСО<sub>2</sub>** – при высоком напряжении СО<sub>2</sub> Hb активно отдает O<sub>2</sub>

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

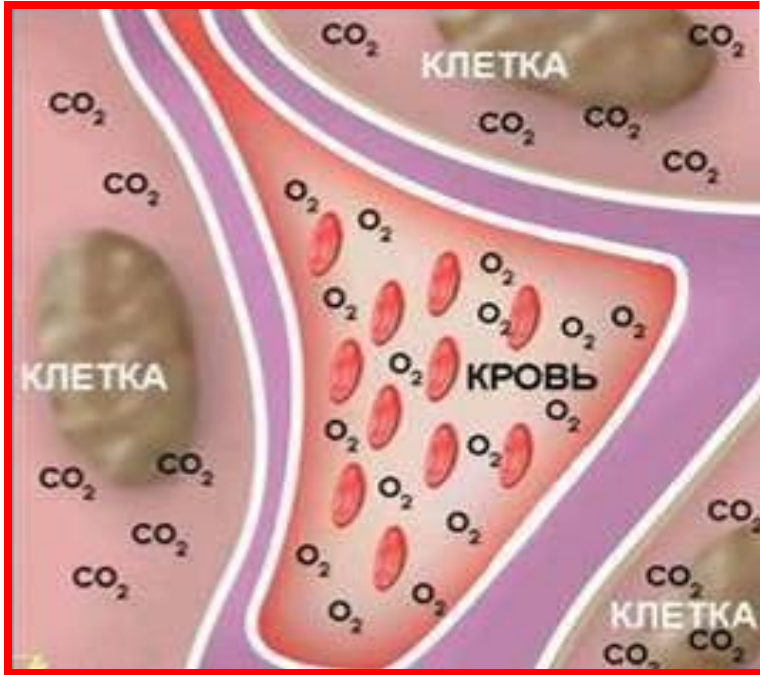
# 3 этап: внутреннее дыхание



**Тканевое дыхание :** **38АТФ**

*(Глюкоза)*

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



- Наиболее чувствительны к недостатку  $\text{O}_2$  (гипоксии) клетки *мозга*
- *Скелетные мышцы*, наоборот, очень устойчивы к недостатку  $\text{O}_2$ , 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

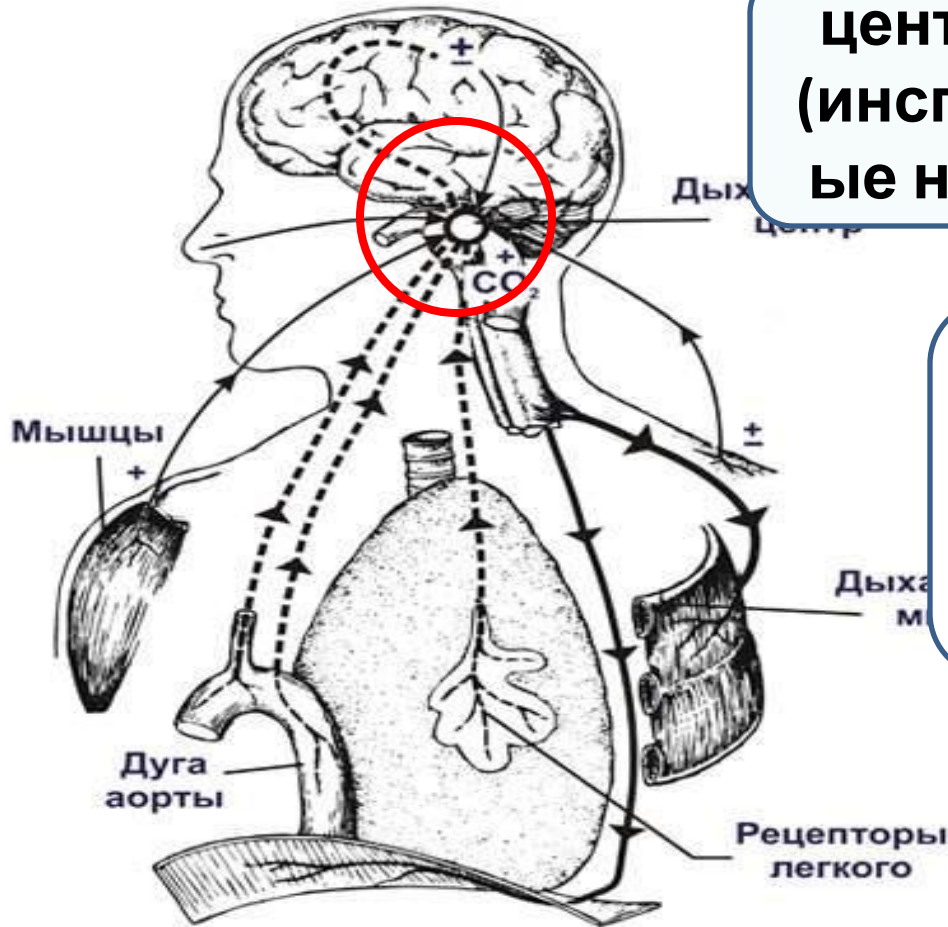
Особенность:  
вдох всегда  
чередуется  
выдохом. Почему?

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

Корковый отдел  
дыхательного  
центра  
(приспособление к  
изменениям  
внешней среды)

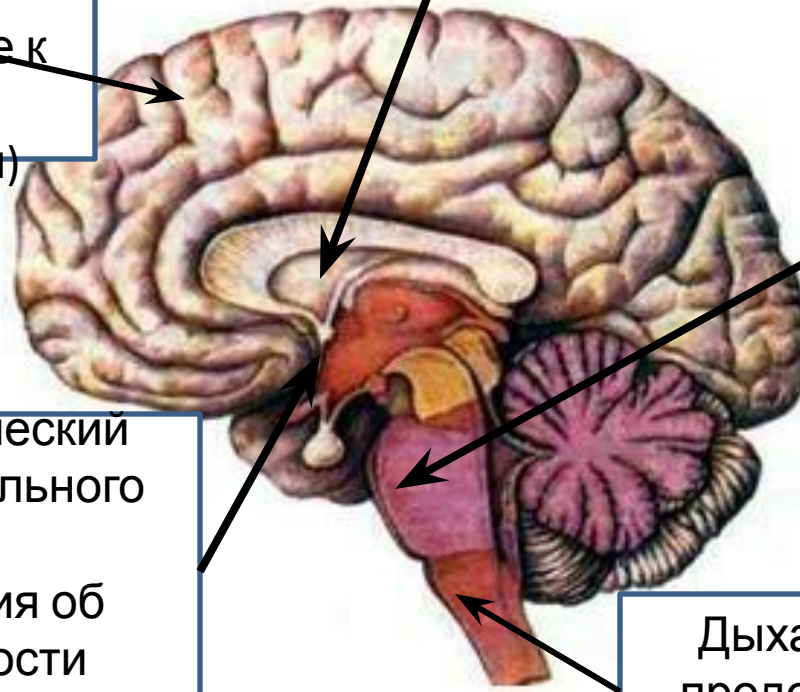
Лимбический отдел  
дыхательного центра

Пневмотаксический  
центр варолиева моста  
(регуляция частоты  
дыхания)

Гипоталамический  
отдел дыхательного  
центра  
(информация об  
интенсивности  
обменных процессов)

Дыхательный центр  
продолговатого мозга  
(главная часть ДЦ)

Спинальные  
мотонейроны  
межреберных мышц



# 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  $pCO_2$  и  $H^+$  (гиперкапнии и ацидозу)

### Периферические (артериальных)

в области каротидного тела сонной артерии, чувствительны к снижению  $pO_2$  (гипоксии), повышению  $pCO_2$  (гиперкапнии) и  $H^+$  (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  $PO_2$