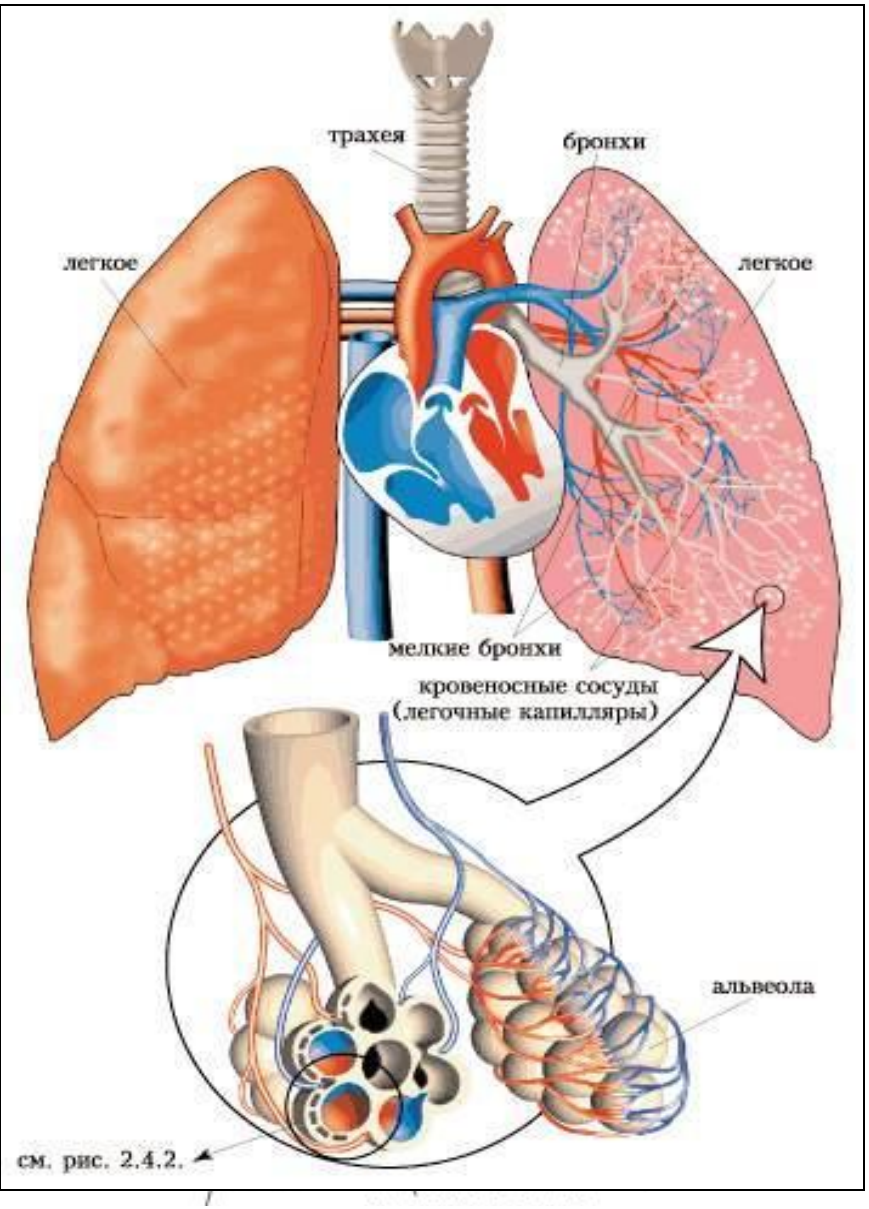
# ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

# План:

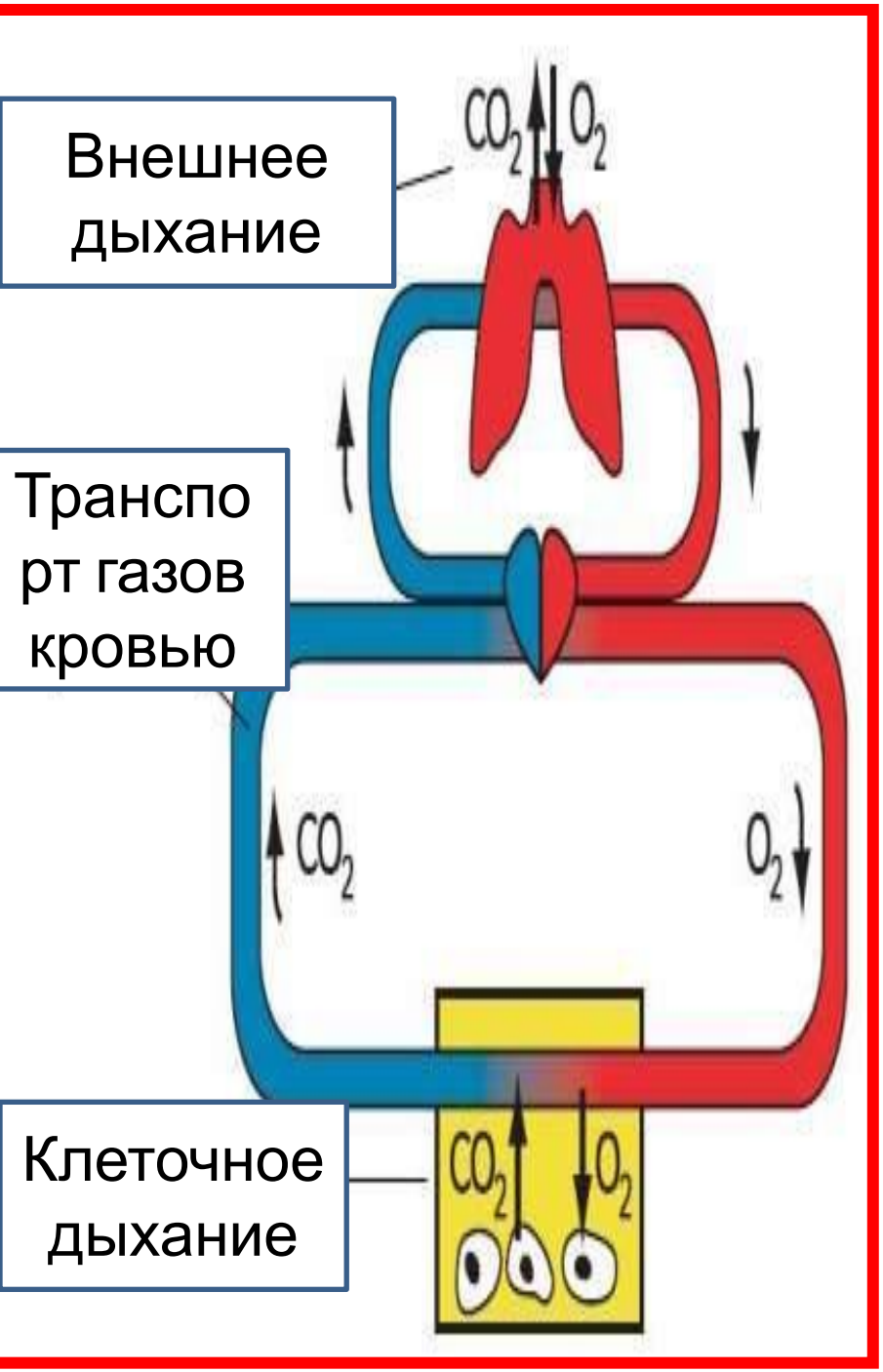
- Функциональные показатели системы дыхания
- Газообмен
- Регуляция дыхания
- Изменение показателей дыхания при мышечных нагрузках

# 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



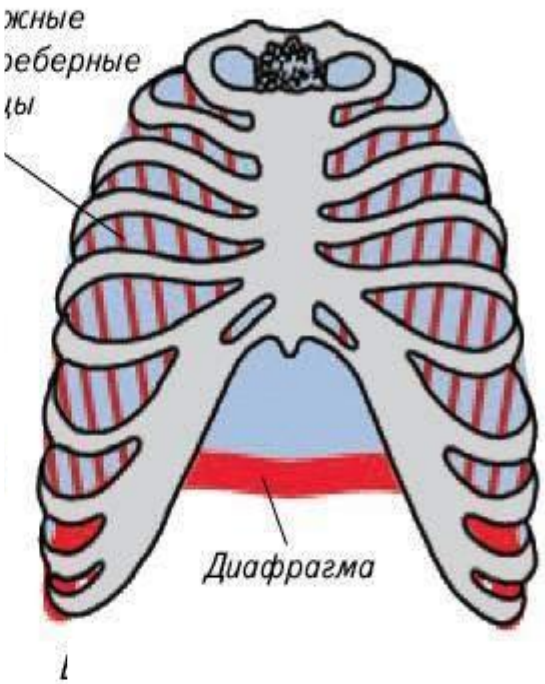

**1. Внешнее дыхание – обмен воздуха между внешней средой и альвеолами легких**

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

**3. Внутреннее дыхание (клеточное) – потребление клетками $O_2$, обеспечивает организм энергией**

# 1 этап - внешнее дых

**Вентиляция лёгких**




**ВЫДОХ** **ВДОХ**

Механизм : возвратно-поступательное перемещение воздуха в дыхательных путях

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

↓V грудной полости.

↑V грудной полости,

Легкие пассивно

спадаются вслед за грудной клеткой.

Внутрилегочное давление становится положительным (> атм. на 2–3 мм.рт.ст)

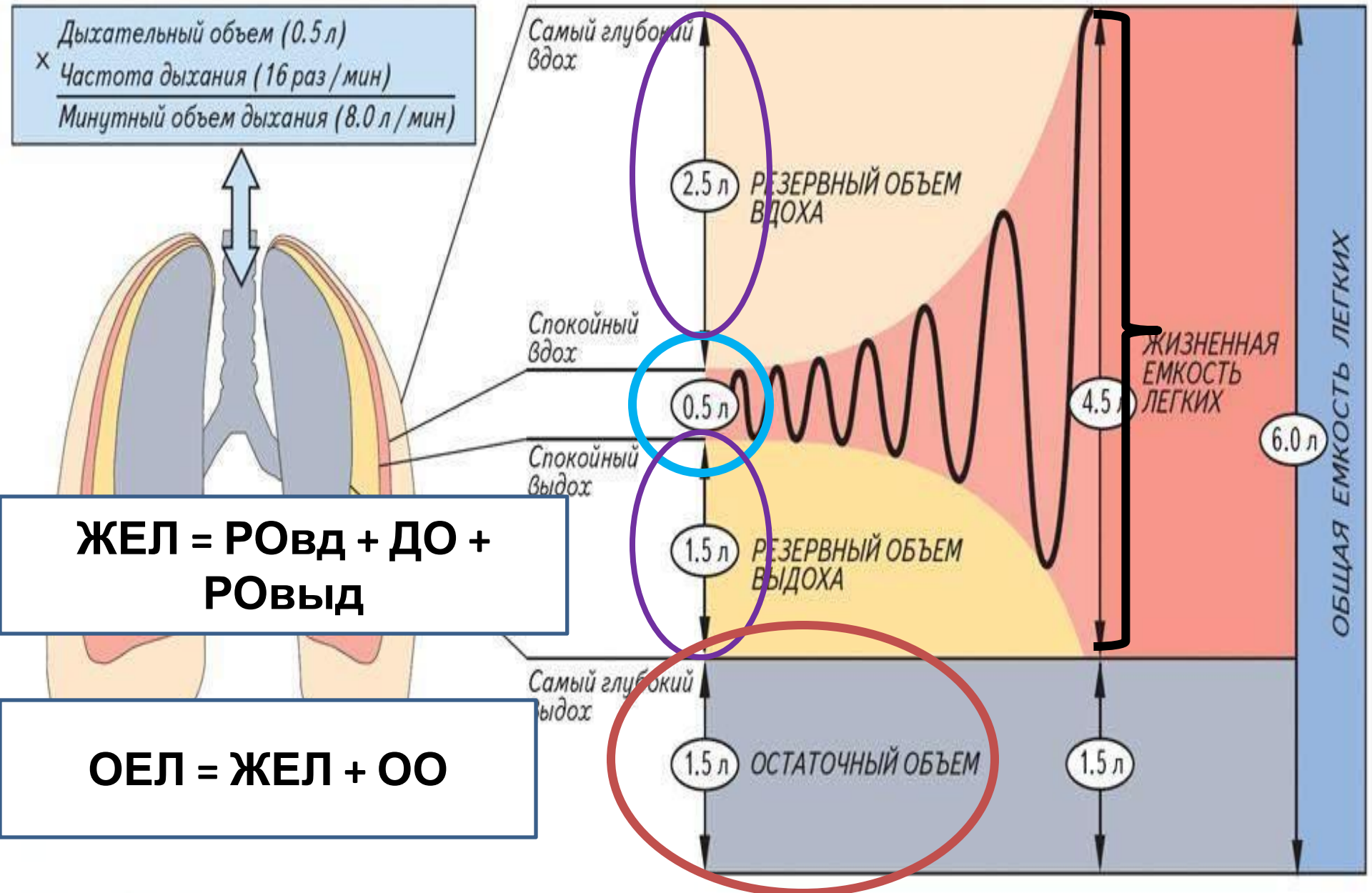
→ воздух из альвеол устремляется наружу

поэтому легкие растягиваются за

# Модель Дондорса

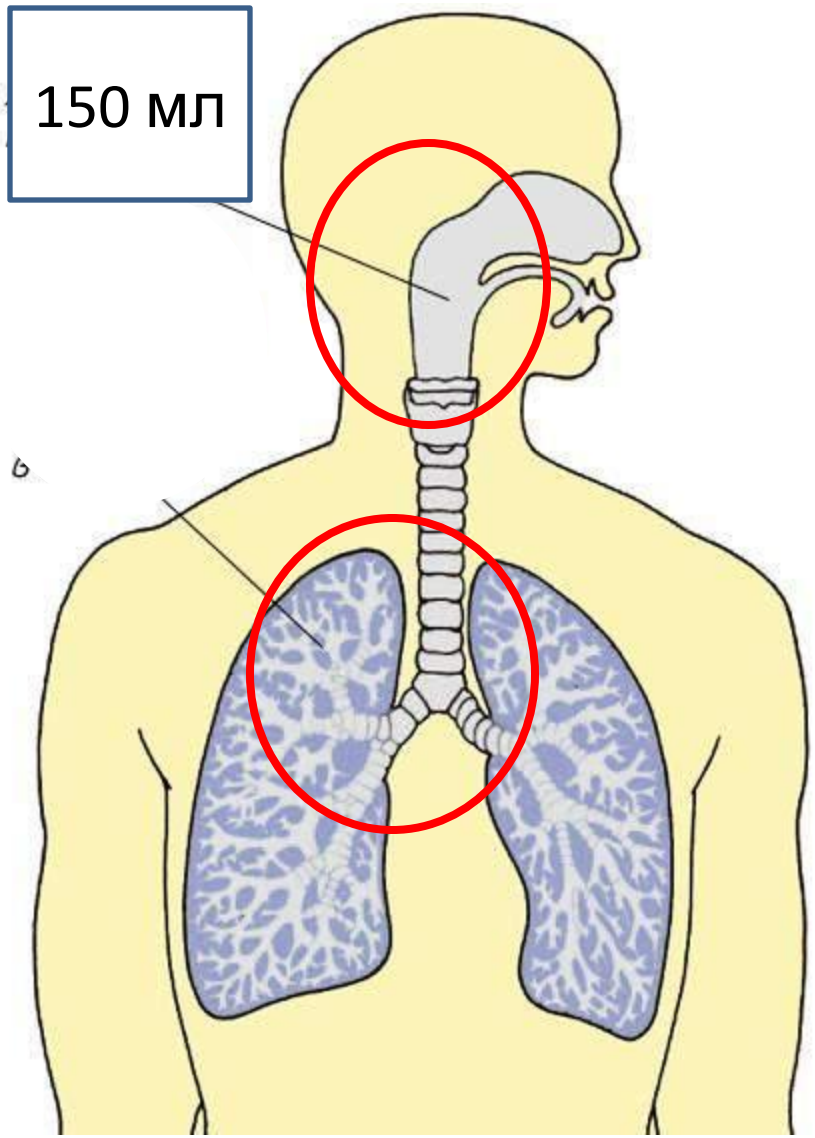
*А*

# Легочные объемы и емкости




**ЖЕЛ = РОвд + ДО + РОвыд**

**ОЕЛ = ЖЕЛ + ОО**




**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 вентилируется легкими за 1 мин?

МОД = ДО х ЧД

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

В покое : 8 л/мин =0,5 л х 16

При физической нагрузке : 150 – 180= л/мин ½ ЖЕЛ х 90

ДО увеличивается за счет РОвд

РЕЗЮМЕ:

Вдох – активный процесс, выдох – пассивный

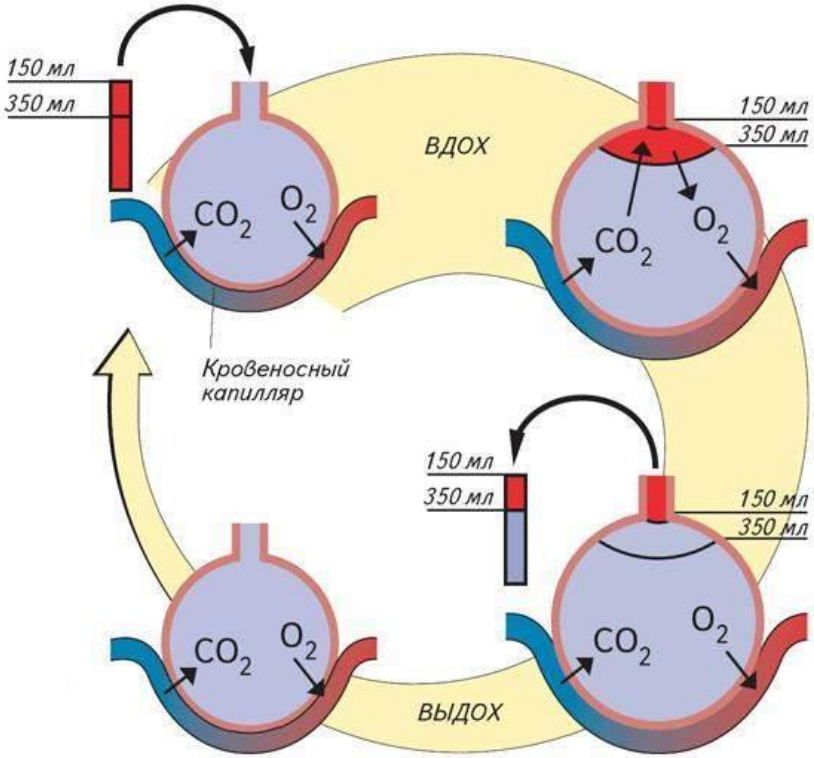
Вдох короче выдоха, соотношение 1:1,3

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

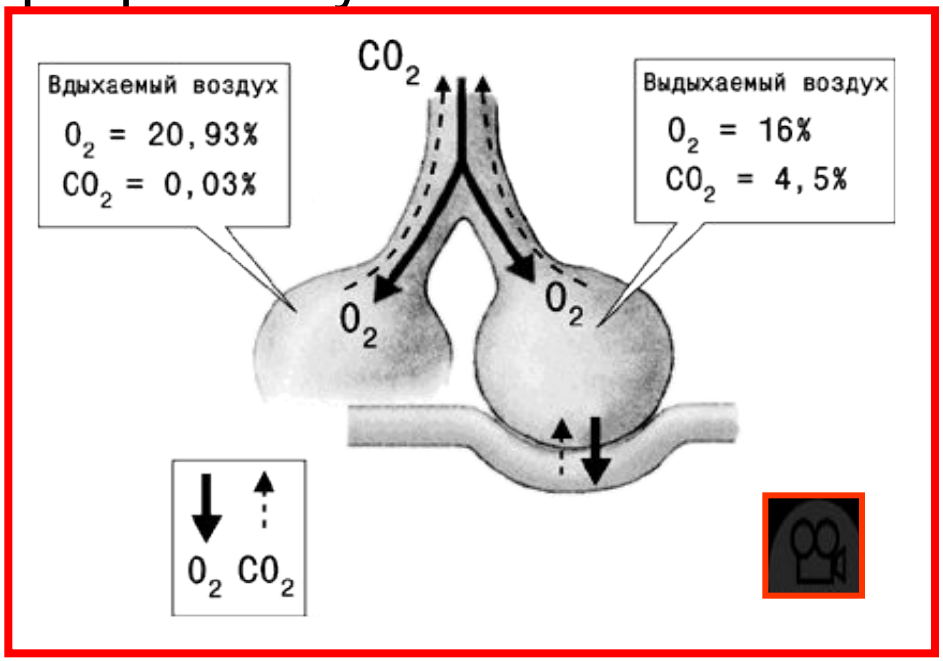
В состоянии покоя дыхание оптимально, Е-траты минимальны (2-3%), при физических нагрузках до 10% от Е-затрат

# 2.
# Газообмен

# Газообмен в лёгких



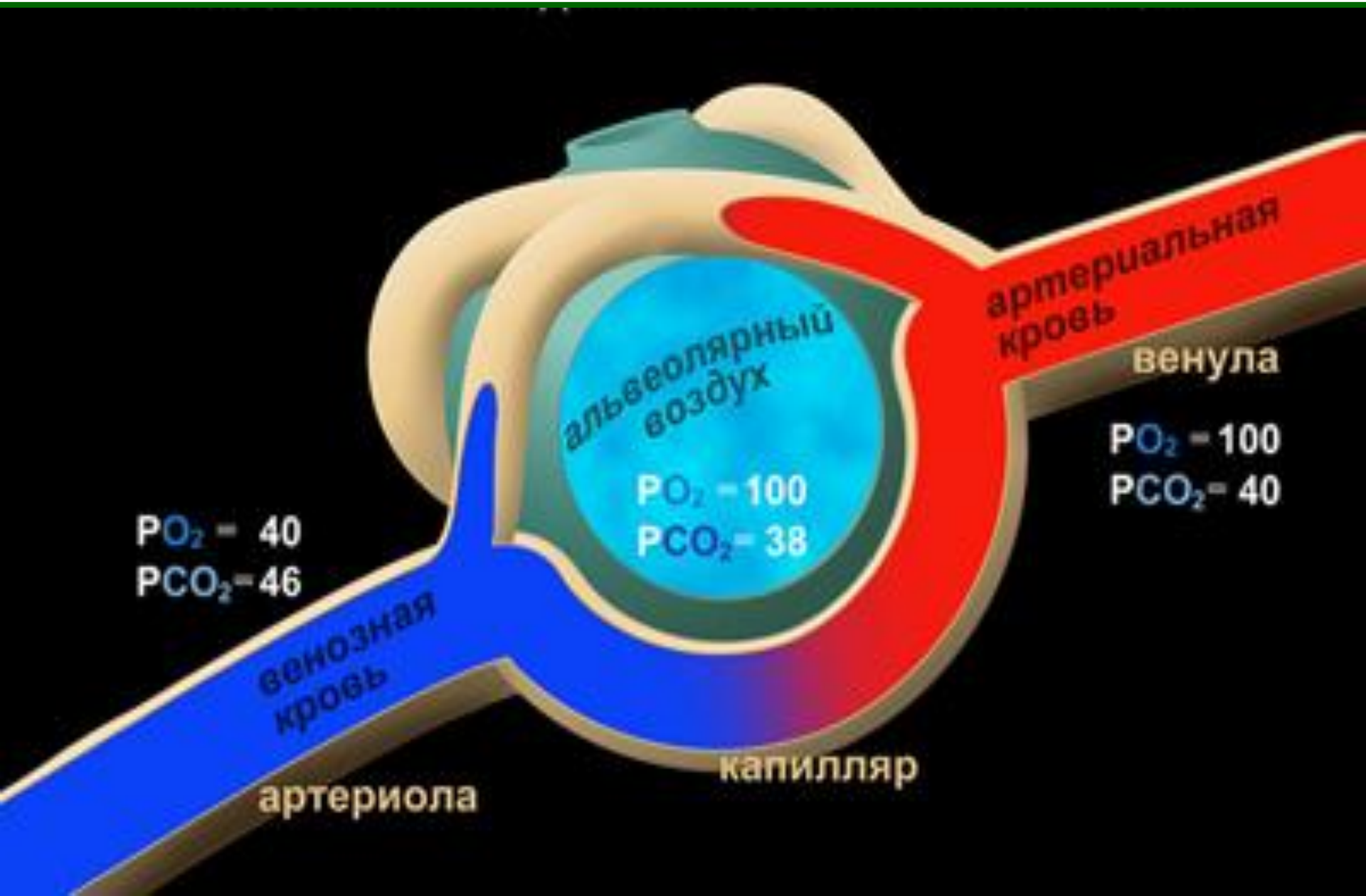

Газообмен между воздухом и кровью происходит **путем диффузии** по градиенту концентраций газов. В мертвом пространстве газообмен не идет. Венозная кровь превращается в артериальную.



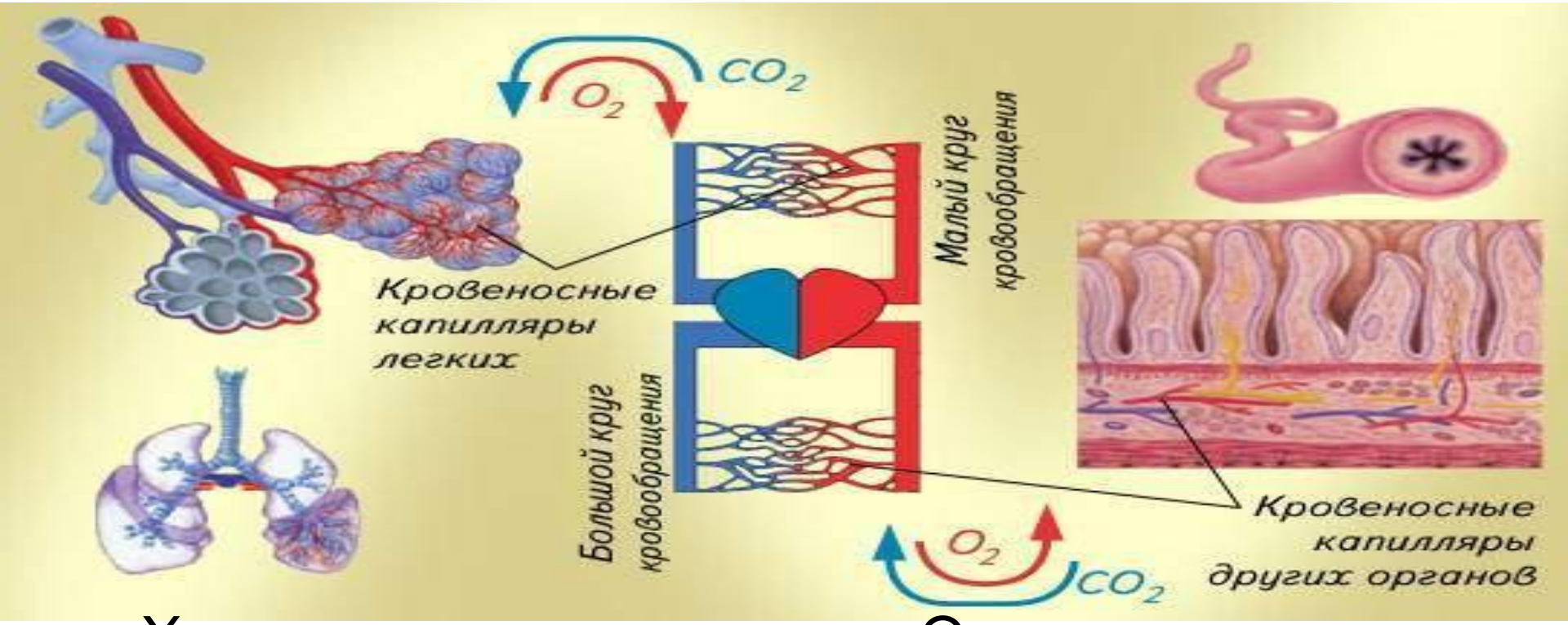
# Напряжение $O_2$ и $CO_2$ (мм.рт.ст.) при дыхании в состоянии покоя

| 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



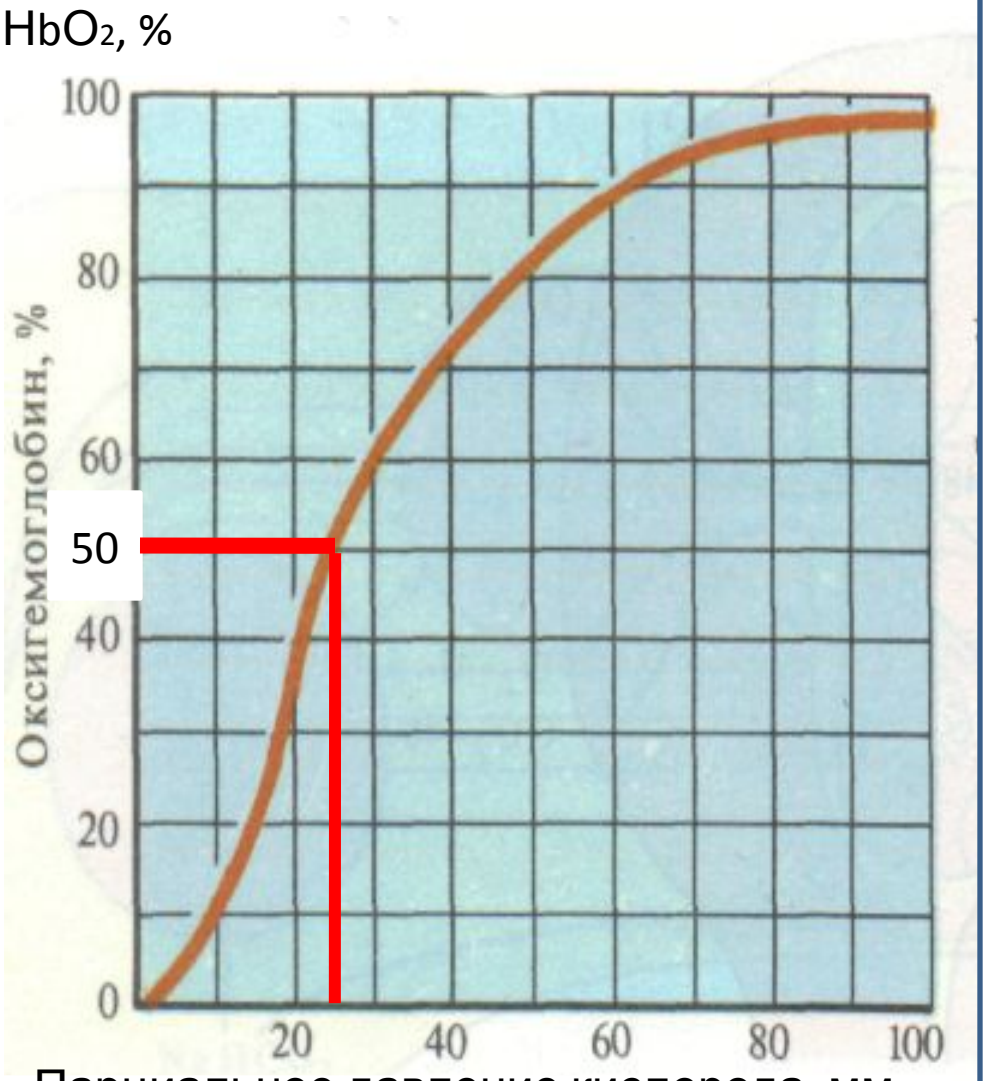

Химическим переносчиком $O_2$ является Hb

$Hb + O_2 = HbO_2$

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




**Кривая диссоциации оксигемоглобина отражает зависимость скорости высвобождения кислорода HbO2 в тканях от напряжения O2 в крови.**

**Положение кривой диссоциации оксигемоглобина зависит от сродства гемоглобина с кислородом.**

**При снижении сродства гемоглобина к $O_2$, т.е. облегчении перехода $O_2$ в ткани, кривая сдвигается вправо.**

**Повышение сродства гемоглобина к $O_2$ означает меньшее высвобождение кислорода в тканях, при этом кривая диссоциации сдвигается влево.**

**Важным показателем является параметр $P_{50}$, т.е. такое $pO_2$, при котором гемоглобин насыщен кислородом на 50 %**

**В нормальных условиях у человека (при t 37 °C, pH 7,40 и $pCO_2$= 40 мм рт.ст.) $P_{50}$ = 27 мм рт.ст.**

Снижение насыщенности крови кислородом - **гипоксемия**

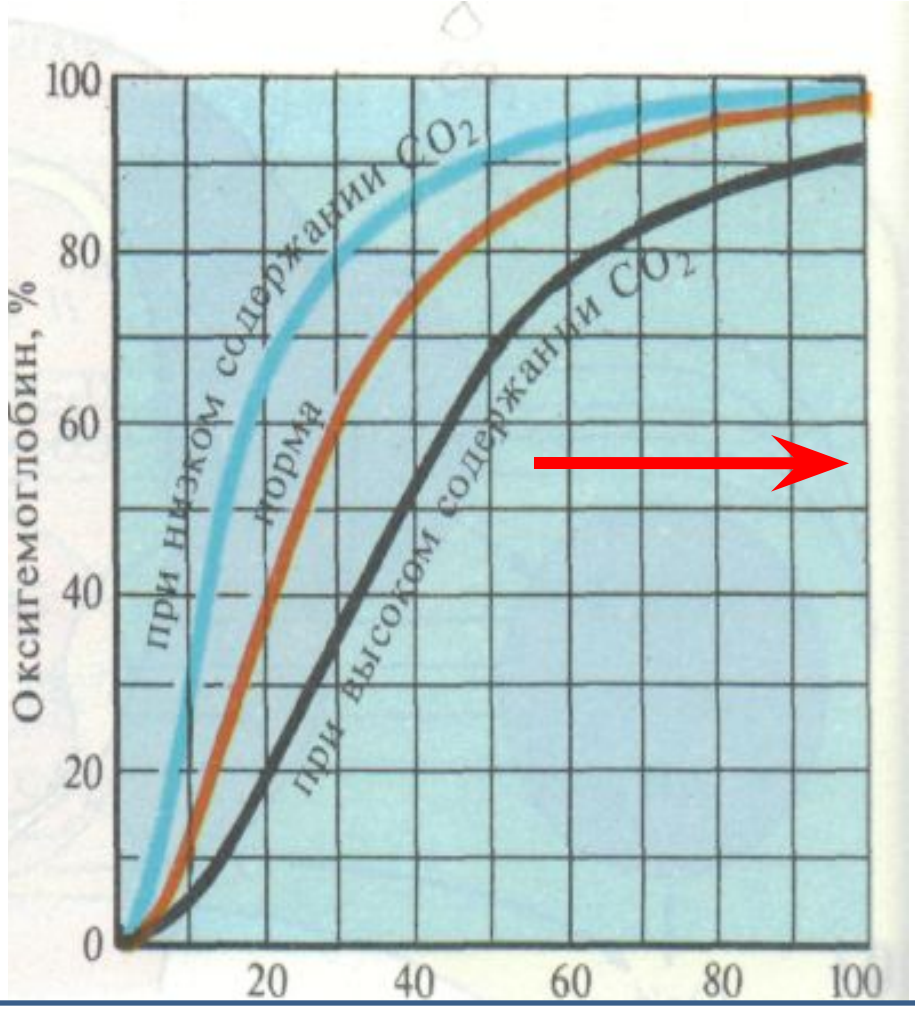
Причины:

Произвольная задержка дыхания

Дыхание воздухом с пониженным $pO_2$ (высокогорье)

Физические нагрузки

# Кривая диссоциации оксигемоглобина




Способность Hb присоединять и отдавать $O_2$ зависит от:

а) **величины $pO_2$ в крови** – чем оно выше, тем интенсивнее присоединение $O_2$

б) **величины $pCO_2$ –** при высоком напряжении $CO_2$ Hb активно отдает O2

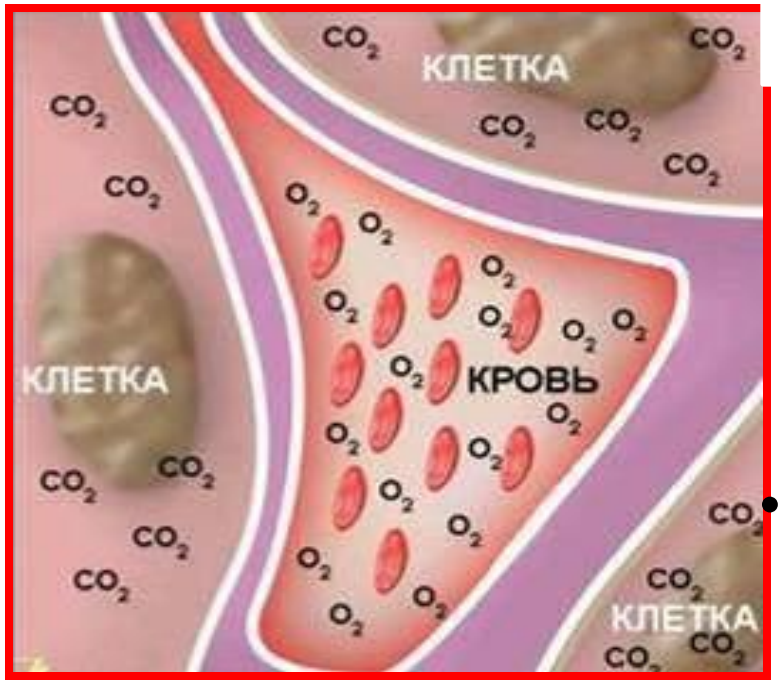
в) **температуры крови** – при низкой t Hb активно присоединяет $O_2$, при высокой – отдает

г) **реакции крови** – при повышении кислотности Hb легко отдает $O_2$

Возникает ***эффект Бора*** – сдвиг кривой диссоциации **вправо**. Результат – уменьшается сродство Hb к $O_2$, происходит отдача $O_2$ тканям

# 3 этап: внутреннее дыхание

**Тканевое дыхание :**




$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O +$ **38АТФ**

*(Глюкоза)*

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

- Наиболее чувствительны к недостатку $O_2$ (гипоксии) клетки *мозга*
- *Скелетные мышцы,* наоборот, очень устойчивы к недостатку $O_2$, они могут использовать анаэробный гликолиз для получения Е.

# Основные показатели внутреннего дыхания:

***Артерио-венозная разность***
***$АВРо_2 = pO_2A – pO_2B$***
Разность между содержанием $O_2$ в артериальной и венозной крови, отражает активность рабочих процессов в тканях

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

$$К\ т.у. = \frac{АВРо_2}{pO_2} \times 100$$

В покое К т.у. = 30-40%, при работе возрастает до 50-60% за счет снижения $pCO_2B$
при очень тяжелой работе – до 80-90%

# 3. РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

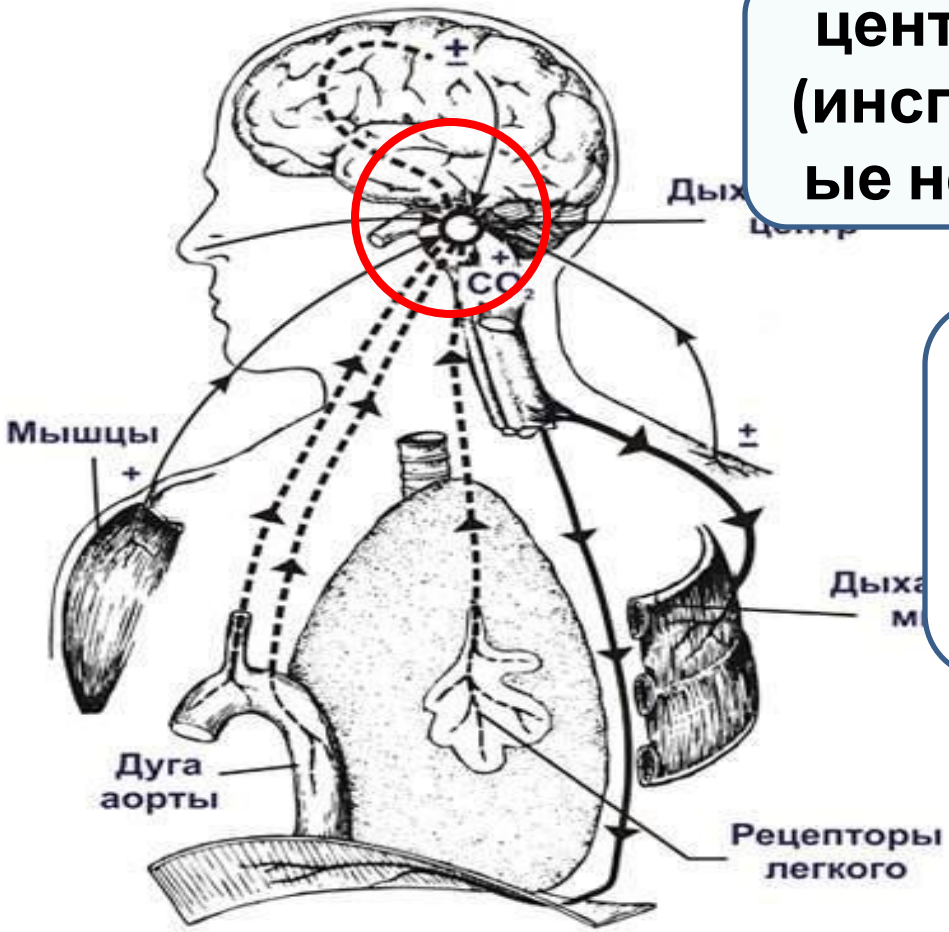
Регуляция дыхания  сводится к установлению такой величины МОД, которая соответствует уровню обмена веществ, кислородному запросу организма в каждый конкретный момент времени

Особенность: вдох всегда чередуется выдохом. Почему?

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

**центр вдоха (инспираторные нейроны)**

**центр выдоха (экспираторные нейроны)**

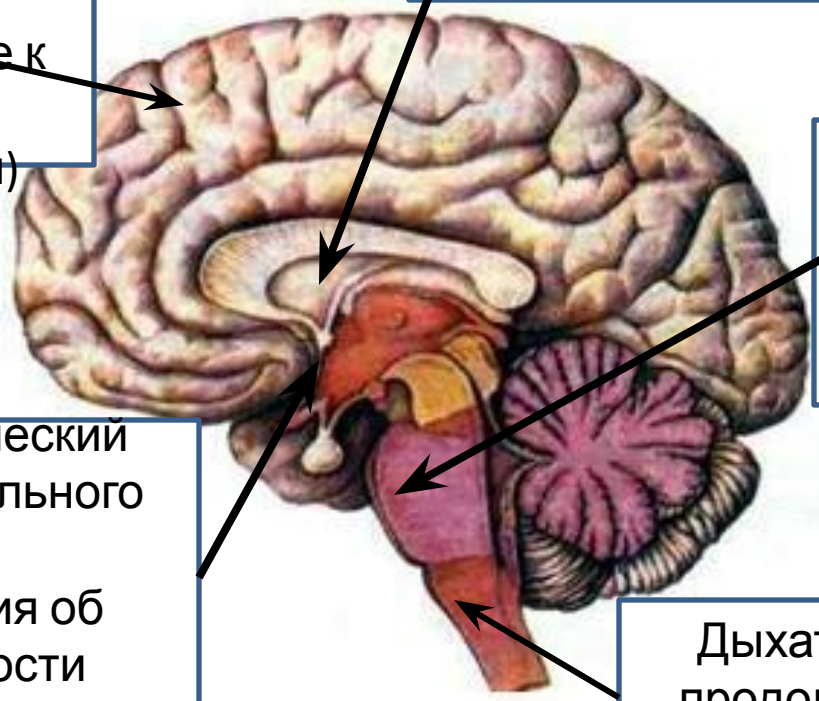



Нейроны ДЦ связаны друг с другом ***реципрокно***

# Уровни организации дыхательного центра

Корковый отдел дыхательного центра (приспособление к изменениям внешней среды)

Лимбический отдел дыхательного центра

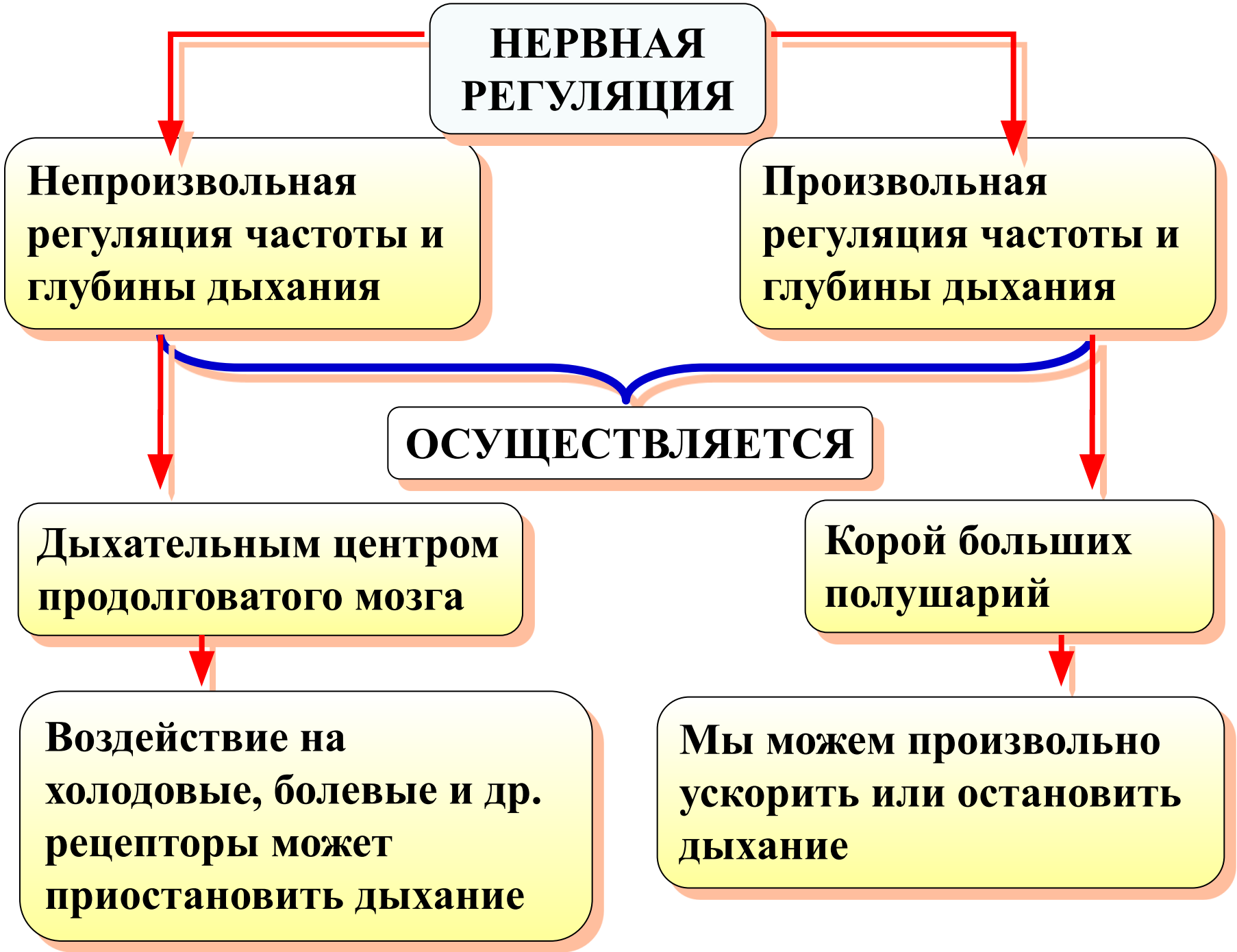


Пневмотаксический центр варолиева моста (регуляция частоты дыхания)

Гипоталамический отдел дыхательного центра (информация об интенсивности обменных процессов)

Дыхательный центр продолговатого мозга (главная часть ДЦ)

Спинальные мотонейроны межреберных мышц


НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ
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 $CO_2$**

***замедляет***

**Недостаток $CO_2$**

**В результате усиления вентиляции легких дыхание приостанавливается, т.к. концентрация $CO_2$ в крови снижается**

# Дыхательные рефлексы

На активность ДЦ продолговатого мозга влияют раздражения, исходящие от:

## **Хеморецепторов**:

***Центральных*** (бульбарных)

расположены на поверхности продолговатого мозга, чувствительны к *$pCO_2$ и $H^+$ (гиперкапнии и ацидозу)*

***Периферических*** (артериальных)

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

## **Механорецепторов**

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 ($ПО_2$)

Значения $ПО_2$:

В покое 0,25 – 0,3 л/мин

При легкой нагрузке увеличивается в 2-3 раза

У неспортсменов МПК = 35-45 мл$O_2$/мин·кг

При тяжелой нагрузке рост $ПО_2$ в 20-30 раз ( МПК до 5-6 л/мин)

У спортсменов МПК до 82 мл$O_2$/мин·кг

# Дыхание при физической нагрузке

Долговременная адаптация системы дыхания:

1) Увеличение ЖЕЛ;
2) Увеличивается мощность дыхательной мускулатуры;
3) Повышается содержание Hb в крови;
4) Увеличивается К т.у.
5) Увеличивается АВР$o_2$
6) Увеличивается П$O_2$