

Физиология дыхания



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

Функции системы дыхания

1. газообмен между клетками организма и окружающей средой
2. выделение
3. депонирование крови

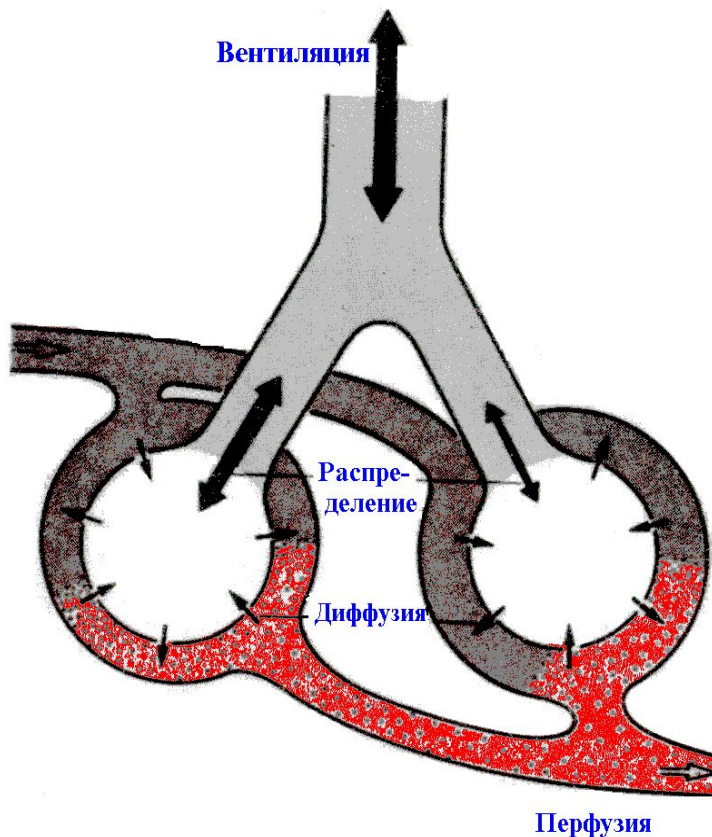
ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ:

- 1. ВНЕШНЕЕ или ЛЕГОЧНОЕ ДЫХАНИЕ**
- 2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ**
- 3. ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ**

Аппарат внешнего дыхания

- 1. Воздухоносные пути**
- 2. Альвеолы легких**
- 3. Костно-мышечный каркас грудной клетки и плевра**
- 4. Малый круг кровообращения**
- 5. Нейрогуморальный аппарат регуляции**

Внешнее дыхание



ПРОЦЕССЫ:

1. Вентиляция (транзит газов и конвекция)
2. Газообмен с кровью

Перфузия – это...

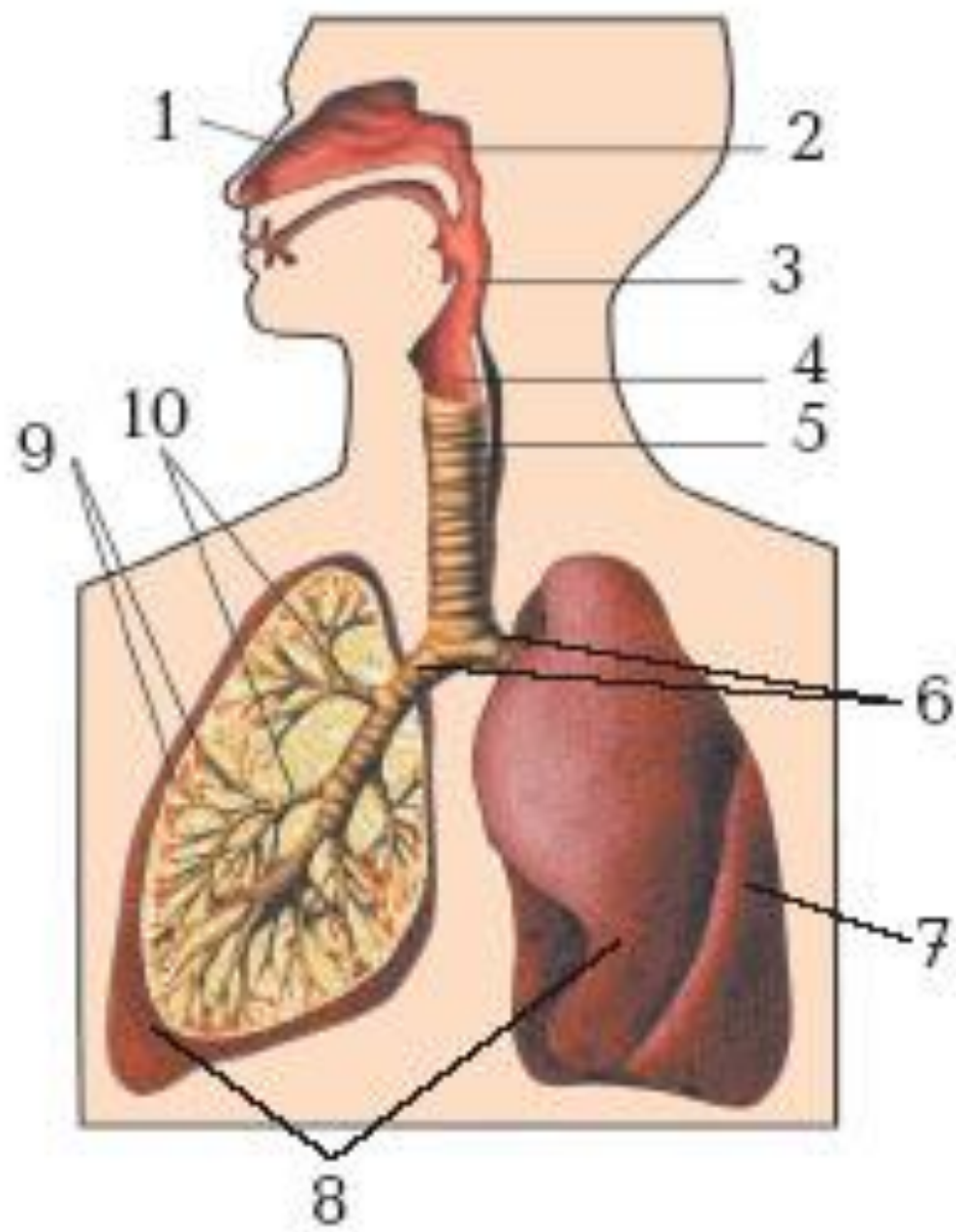
Диффузия - ...

Паттерн дыхания

1	Эйпноэ	
2	Гиперпноэ	
3	Апноэ	
4	Дыхание Чейна - Стокса	
5	Дыхание Биота	
6	Апнейзис	
7	Гаспинг	

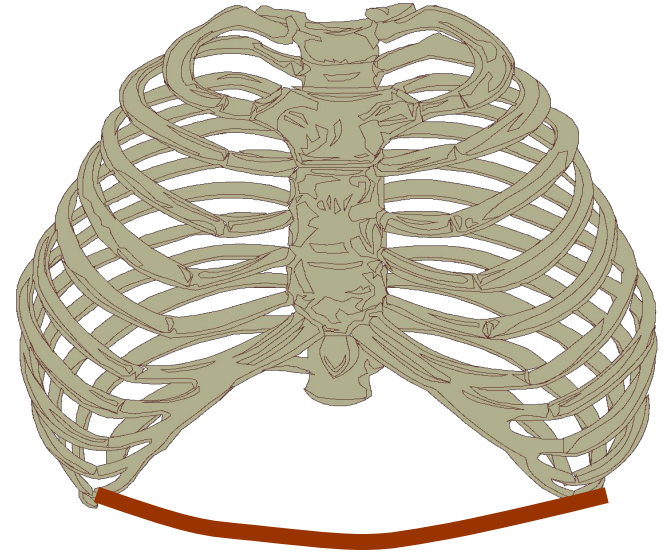
- – это совокупность объемных и временных параметров, характеризующих структуру дыхательного цикла и легочную вентиляцию в целом.

1. Инспирация -
2. Экспирация –
3. Вентиляция (гипер-, норма, гипо--)
4. Диффузия -
5. Перфузия -
6. Паттерн дыхания –
 - *нормпноэ*, (12-16 дыхательных циклов в мин);
 - *тахипноэ* (частое неглубокое более 20 циклов в минуту);
 - *брадипноэ* (медленное, глубокое дыхание, менее 8 циклов в минуту)

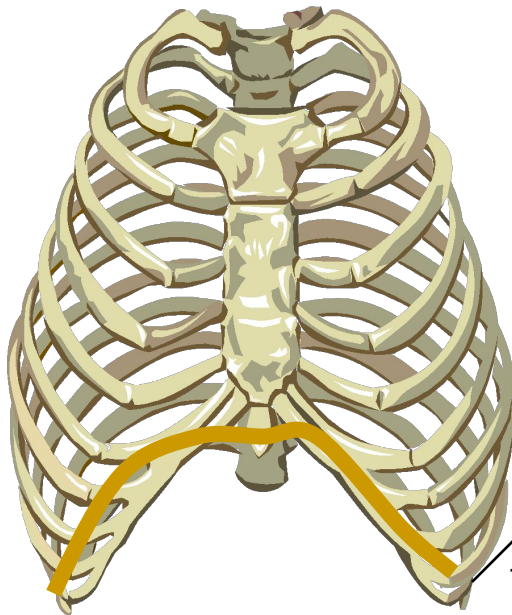


Изменения грудной клетки при вдохе и выдохе

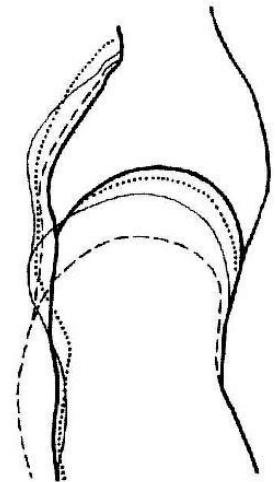
ВДОХ

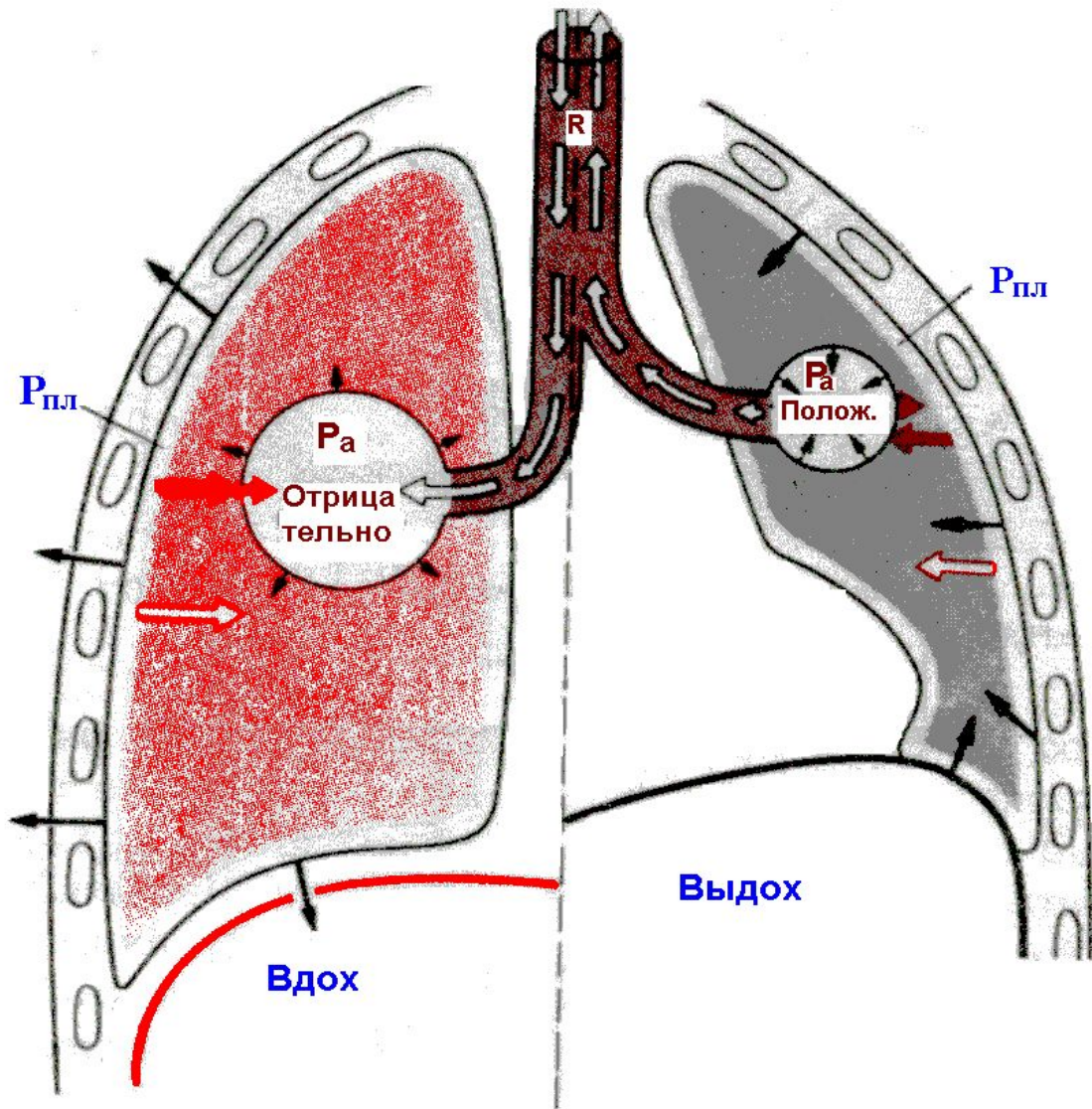


ВЫДОХ



Диафрагма





$P_{пл}$

P_a

Отрицательно

Вдох

$P_{пл}$

P_a

Полож.

Выдох

R



Эластическая тяга при дыхательных движениях



Эластическая тяга в покое

Дыхательные мышцы как двигатель вентиляции

Сокращение диафрагмы и наружных межреберных мышц



Подъем концов ребер, выдвижение грудины вперед, опускание купола диафрагмы



Растяжение легких



ВДОХ
(активный)

Расслабление диафрагмы и наружных межреберных мышц



Опускание концов ребер и грудины, подъем купола диафрагмы



Сокращение грудной клетки и объема легких



ВЫДОХ
(пассивный в норме)

In the human respiratory system, the lungs are two roughly cone-shaped structures that nearly fill the chest cavity.



Кликнуть по картинке

Основные показатели вентиляции

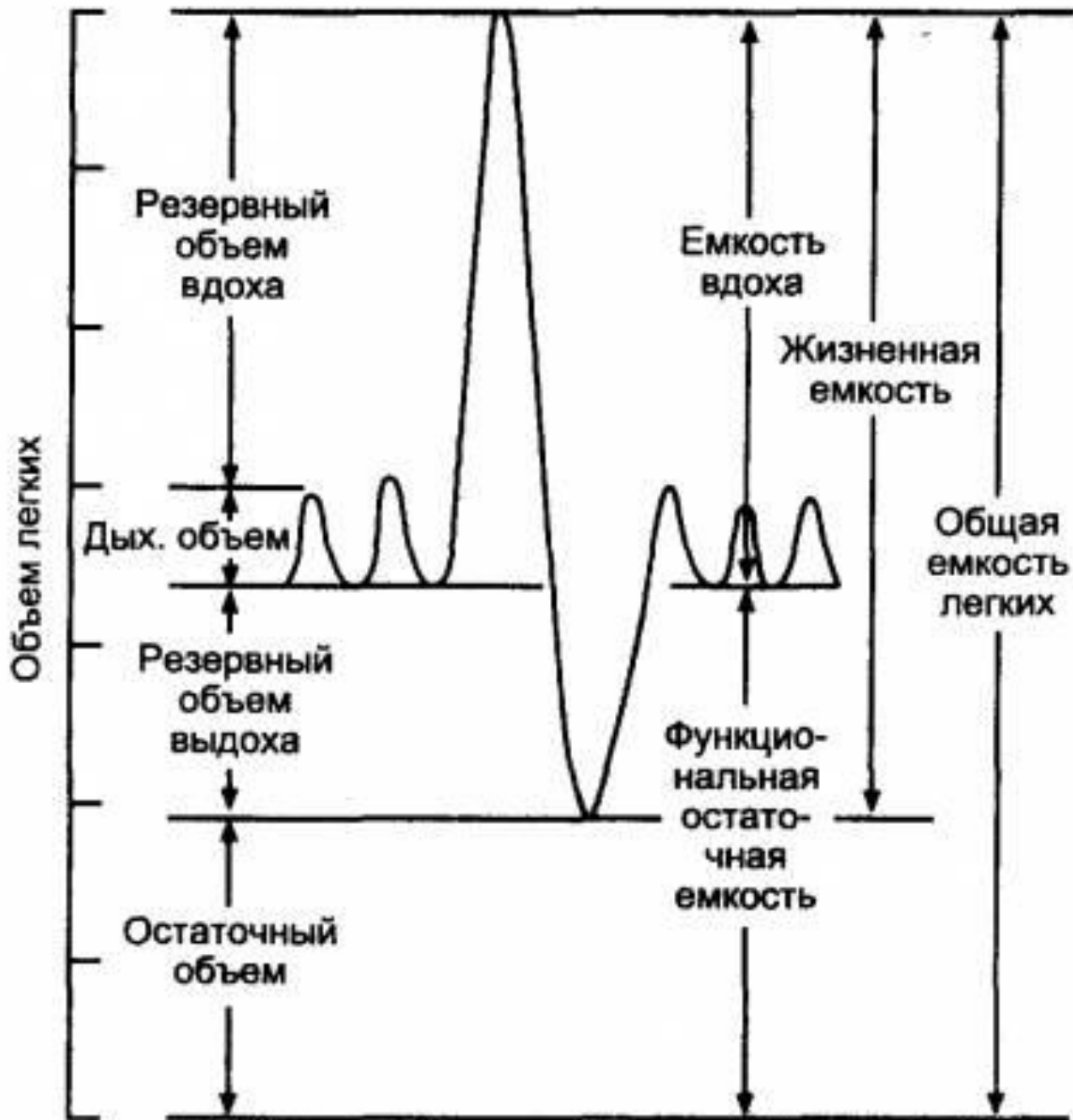
1. Частота дыхания ЧД = 12-16/мин
2. Минутный объем дыхания МОД=ДО x ЧД= 6-9 л/мин, при нагрузке до 200 л/мин

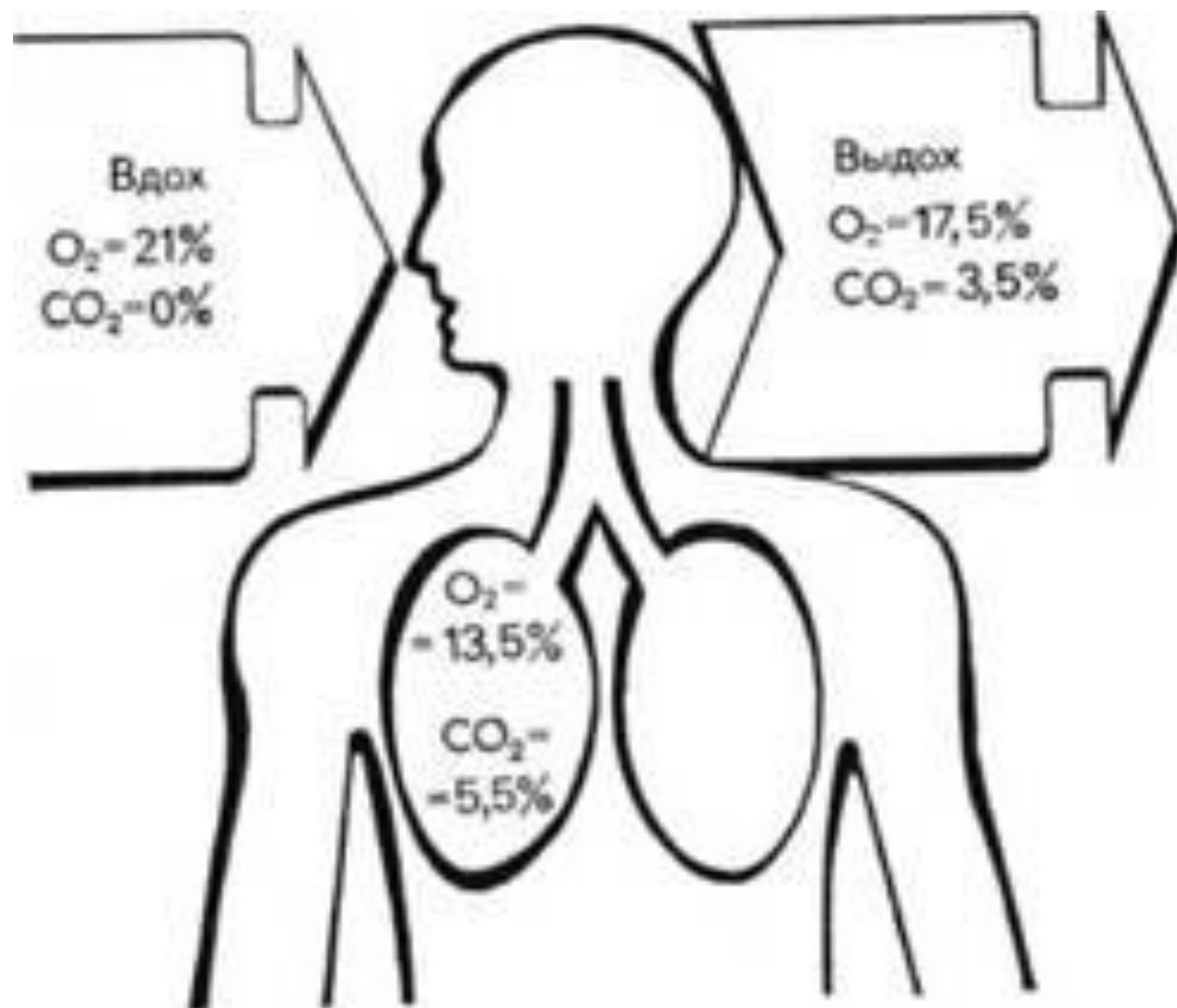
Легочные объемы:

1. Дыхательный объем (ДО) = 500 мл
2. Резервный объем вдоха ($PO_{вд}$) = 1500-2500 мл
3. Резервный объем выдоха ($PO_{выд}$) = 1000 мл
4. Остаточный объем (ОО) = 1000 -1500мл

Легочные емкости:

- Общая емкость легких (ОЕЛ) = (1+2+3+4) = 4-6 л
- Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) = (1+2+3) = 3,5-5 л
- Функциональная остаточная емкость (ФОЕ) = (3+4) = 2-3 л
- Ёмкость вдоха (ЕВ) = (1+2) = 2-3 литра





ВДЫХАЕМЫЙ
ВОЗДУХ

ВЫДЫХАЕМЫЙ
ВОЗДУХ

альвеола

вены БКК

аорта

капилляры
БКК

O ₂	158.0
CO ₂	0.3
H ₂ O	5.7
N ₂	596.0

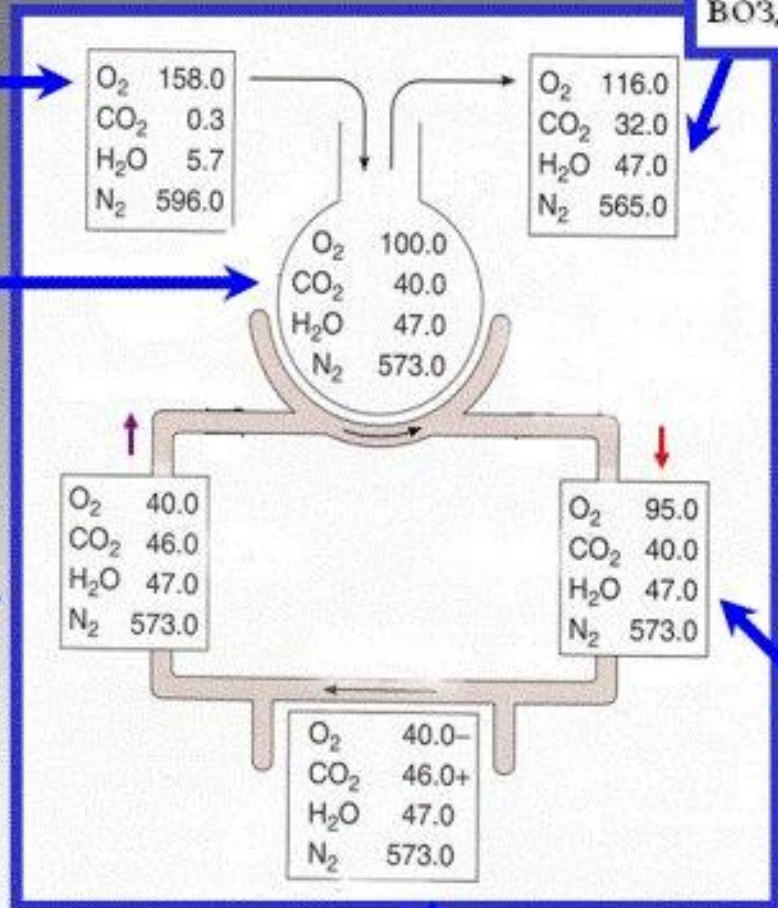
O ₂	116.0
CO ₂	32.0
H ₂ O	47.0
N ₂	565.0

O ₂	100.0
CO ₂	40.0
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0

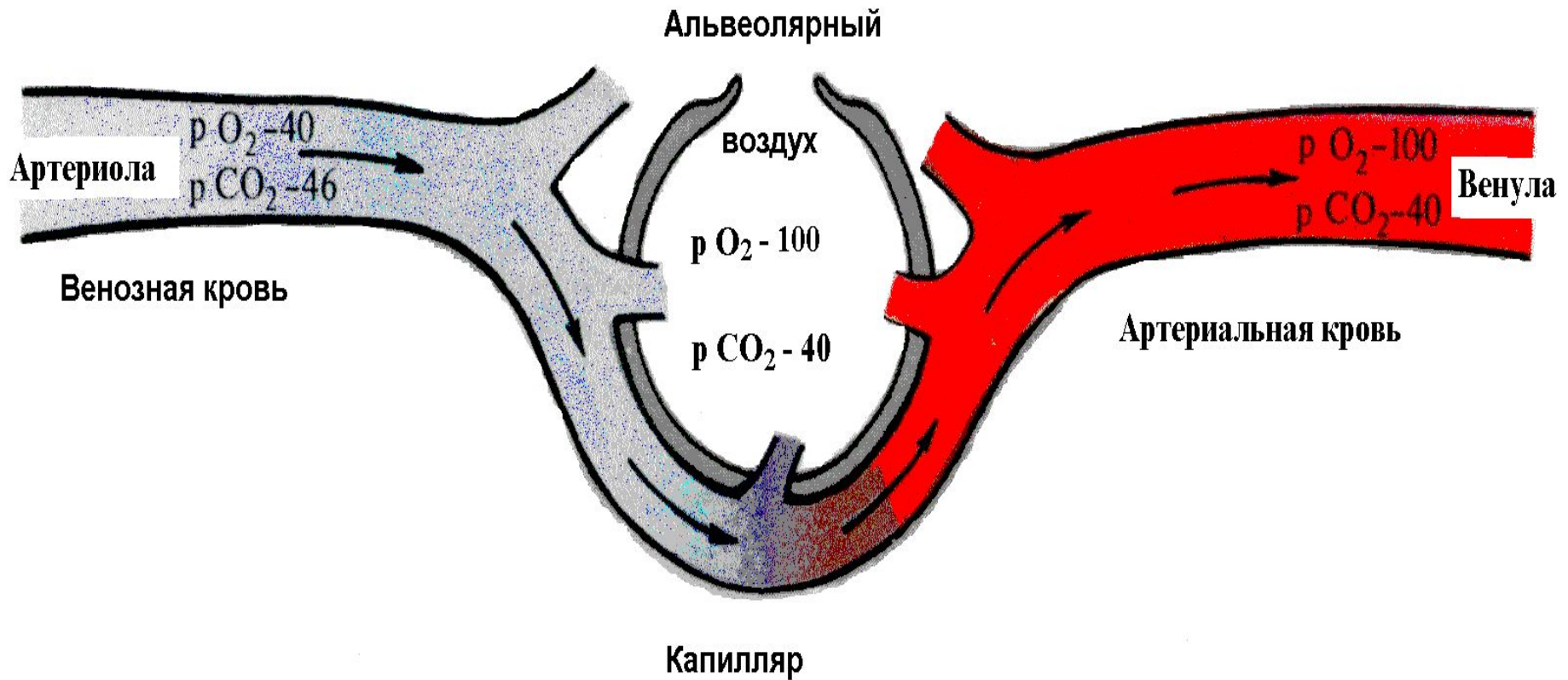
O ₂	40.0
CO ₂	46.0
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0

O ₂	95.0
CO ₂	40.0
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0

O ₂	40.0-
CO ₂	46.0+
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0



Диффузия кислорода – пассивный процесс



Что (какая сила) направляет направление движения газов ?

Парциальное давление - часть общего давления смеси газов, приходящаяся на отдельный газ (если бы он занимал весь объем смеси)

В газообмене разница давления (напряжение) газа является движущей силой - определяет направление и возможность диффузии газа

Для O_2

$$P_{\text{альв.возд}} = 100 \text{ мм Нг}$$

$$P_{\text{вен.крови}} = 40 \text{ мм Нг}$$

$$P_1 - P_2 = 60 \text{ мм Нг}$$

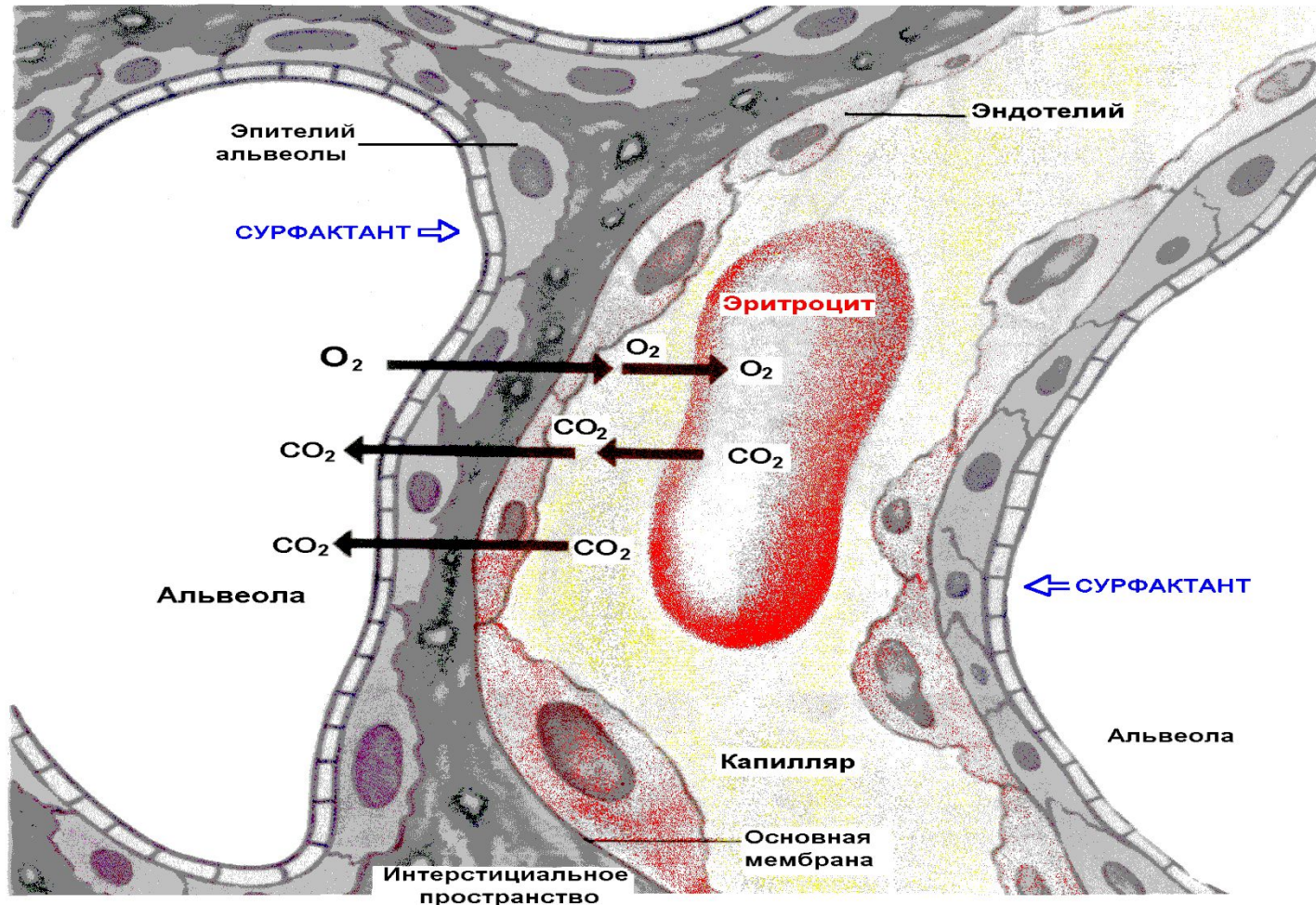
Для CO_2

$$P_{\text{вен. крови}} = 46 \text{ мм Нг}$$

$$P_{\text{альв. возд.}} = 40 \text{ мм Нг}$$

$$P_1 - P_2 = 6 \text{ мм Нг}$$

АЭРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР – пространство, необходимое пройти дыхательным газам при газообмене



Транспорт O_2 артериальной кровью

ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :

- *физически растворенный газ:*
3 мл O_2 в 1 л крови
- *связанный: O_2 + гемоглобин =
оксигемоглобин (насыщение Hb):*
190 мл O_2 в 1 л крови

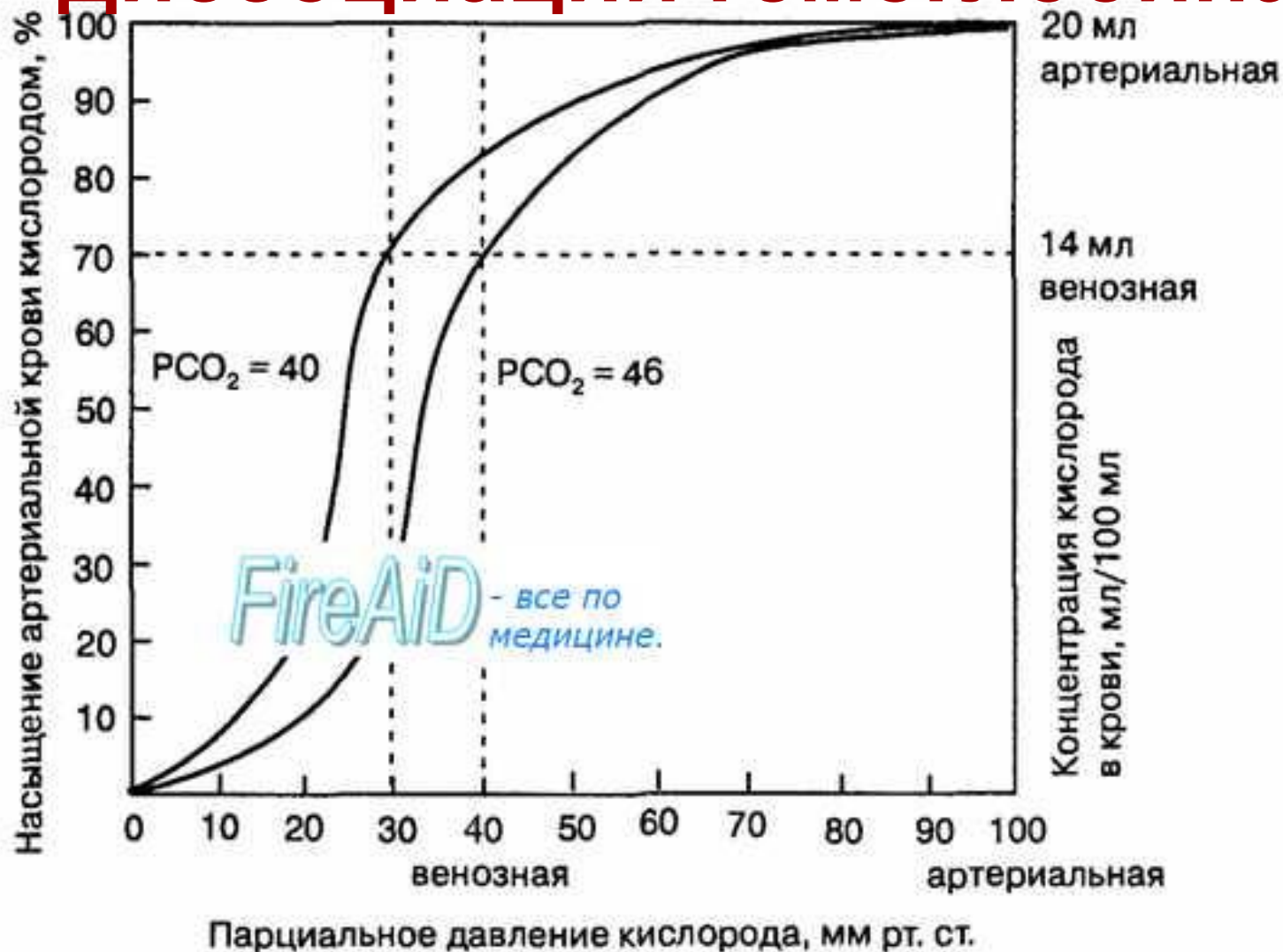
ХАРАКТЕРИСТИКИ КРОВИ

- $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$ (насыщение гемоглобина)
 $\text{HbO}_2 \rightleftharpoons \text{Hb} + \text{O}_2$ (диссоциация гемоглобина)
- **Константа Гюфнера:** 1 г Hb связывает 1,36 - 1,34 мл O_2
- **КЕК** - количество O_2 , которое связывается кровью до полного насыщения гемоглобина **КЕК = 190 мл O_2 в 1 л.**
- Всего в крови содержится около 1 л O_2

Коэффициент утилизации = % O₂ на окисление

- Артериальная кровь отдает не весь O₂
- O₂ артер. - O₂ венозн. = артерио-венозная разность по кислороду (АВР).
- АВР/ O₂ арт. кр. x 100% = коэффициент утилизации кислорода
- В покое в среднем = 30-40%; в миокарде, КБП, печени, почках = 40-60%; при физических нагрузках в мышцах и миокарде = 80-90%.

Кривая связывания-диссоциации гемоглобина



Условия диссоциации

- Снижение парциального давления кислорода (в тканях = 20 мм рт. ст.)
- Кислая реакция среды (CO_2 растворяется и дает ----- ?)

Газообмен в тканях

- Путем диффузии через **гематопаренхиматозный барьер**
 - градиент напряжения для $O_2 = 30 - 80$ мм рт. ст., для $CO_2 = 20 - 40$ мм рт. ст.
- На газообмен в тканях влияют:
 - ✓ площадь обменной поверхности,
 - ✓ количество эритроцитов в крови,
 - ✓ скорость кровотока,
 - ✓ коэффициенты диффузии газов

Транспорт CO_2 кровью

ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :

1. физически растворенный газ - 5-10%
2. химически связанный в бикарбонатах:
 NaHCO_3 и KHCO_3 - 80-90%
3. связанный с гемоглобином: $\text{Hb} + \text{CO}_2$
 HbHCO_3 (карбгемоглобин) - 5 -15%



Гипоксия

- острое снижение насыщенности крови кислородом — гипоксемия (гипоксия).
Причины:
- снижение $p\text{O}_2$ в альвеолярном воздухе (произвольная задержка дыхания, высокогорье)
- при физические нагрузки
- при неравномерной вентиляции различных отделов легких

**Регуляция дыхания –
процесс управления легочной
вентиляцией для обеспечения
оптимального газового
состава внутренней среды**

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

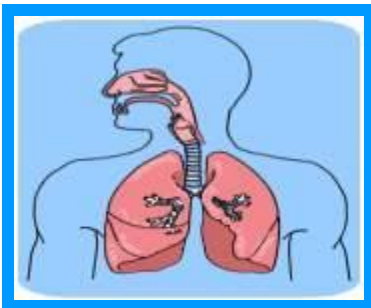
Частоту и глубину дыхания

ускоряет

Избыток CO_2

замедляет

Недостаток CO_2

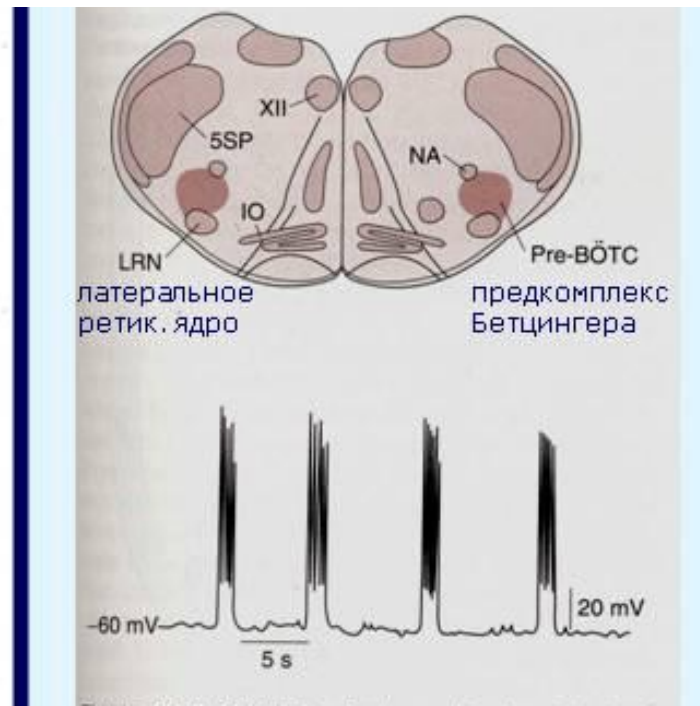
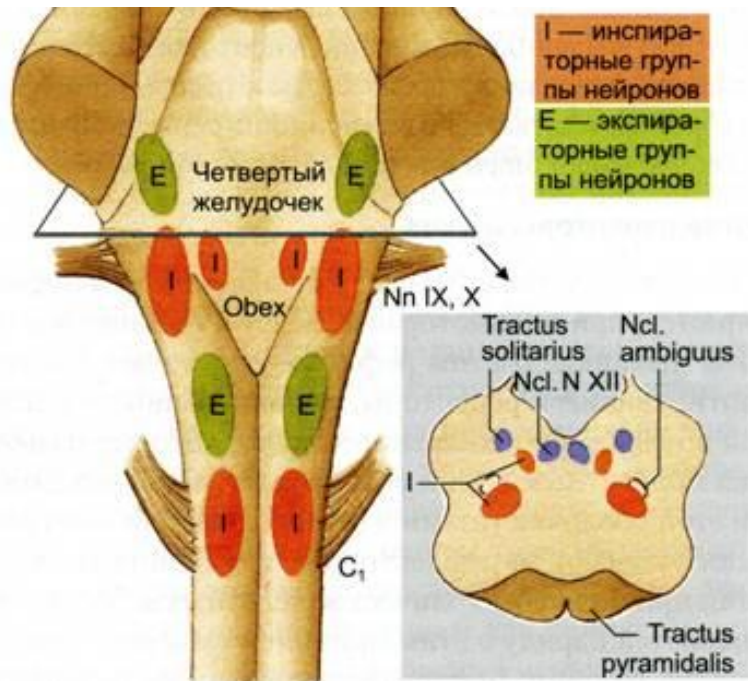


В результате усиления вентиляции легких дыхание приостанавливается, т.к. концентрация CO_2 в крови снижается.



Дыхательный центр (ДЦ)

- - совокупность дыхательных ядер продолговатого мозга и моста, способных генерировать и регулировать дыхательный ритм (центральный механизм дыхания)
- Функции ДЦ: **моторная и гомеостатическая**
- Состоит из инспираторных и экспираторных нейронов



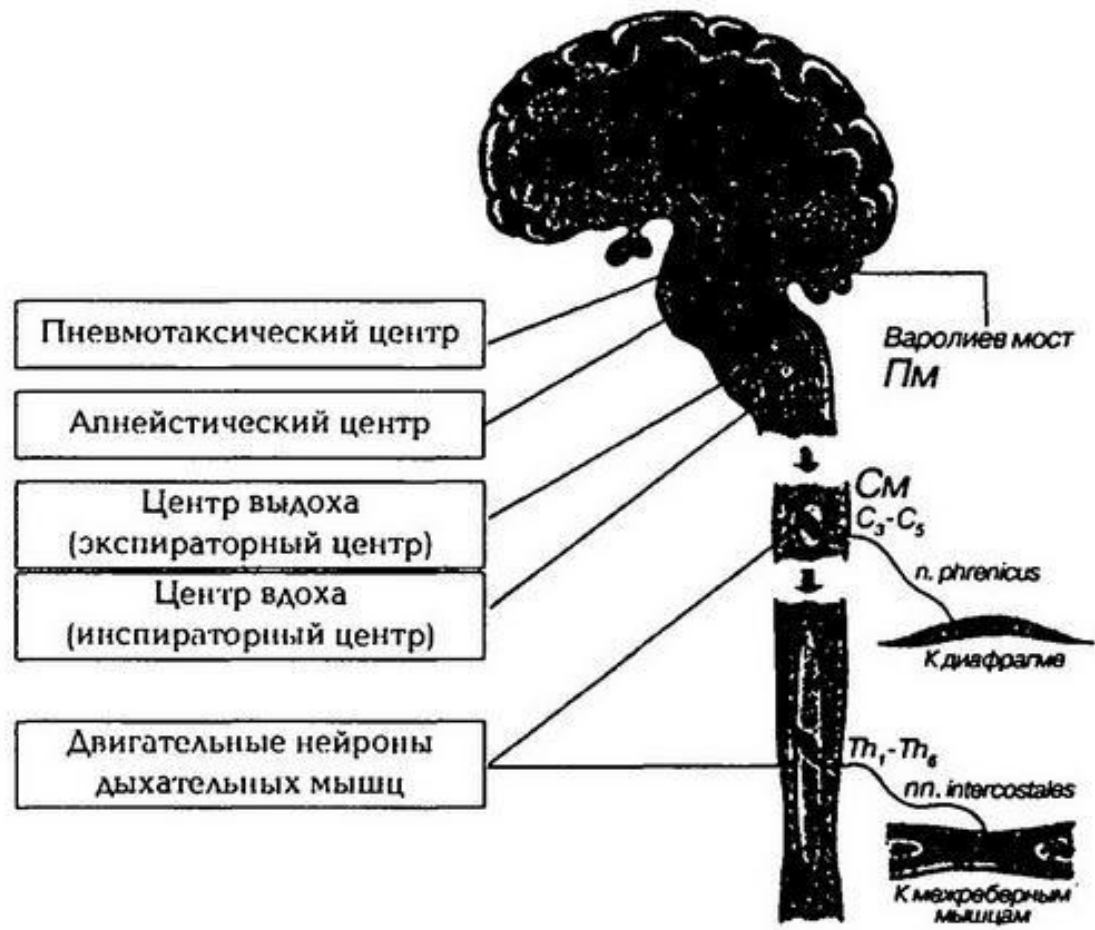
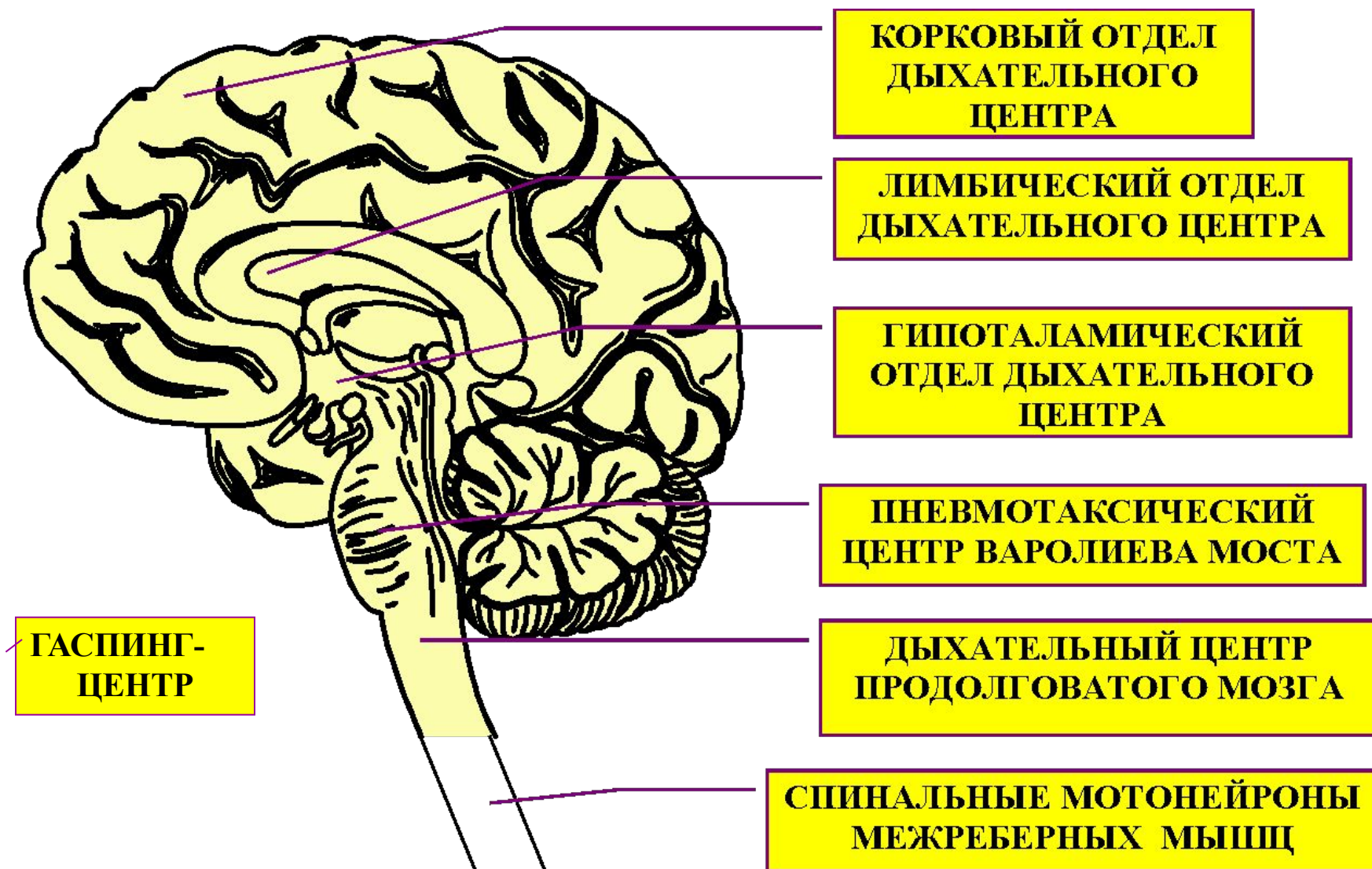


Рис.22. Дыхательный центр (его компоненты) и эфферентные нервы:
 К – кора; Гт – гипоталамус; Пм – продолговатый мозг; См – спинной мозг; Th₁ – Th₆ – грудной отдел; C₃ – C₅ – отдел спинного мозга

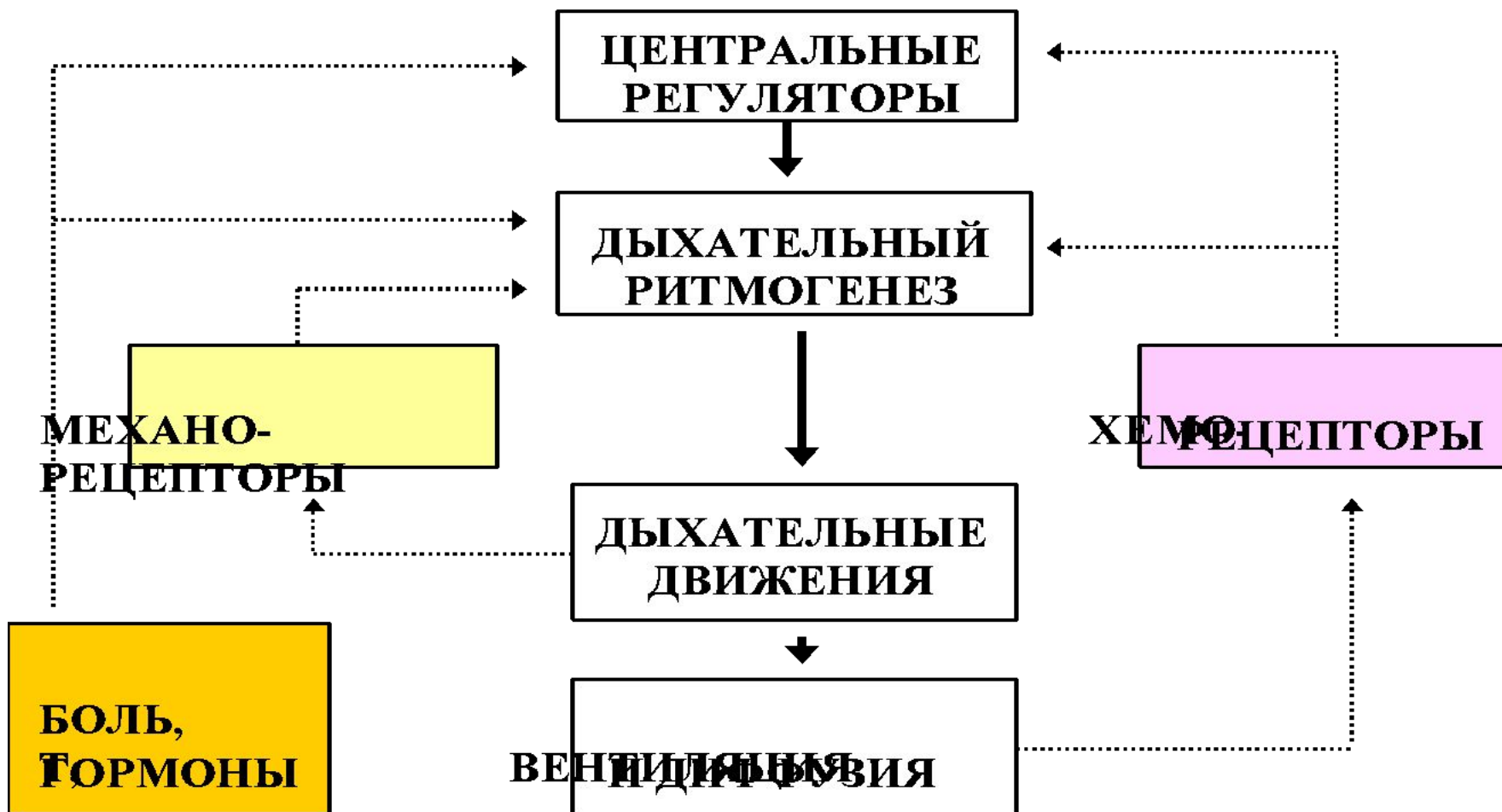
Уровни регуляции дыхания (по Сергиевскому)

- Спинальный
- Бульбарный
- Верхние отделы (лимбическая система, гипоталамус, КБП)

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЦМД



Регуляция дыхания по отклонению и возмущению



ДЗ:

- Рефлексогенные зоны (где?) и их рецепторы (механо-; хемо-)
- Примеры дыхательных рефлексов с разных групп рецепторов

Влияние CO₂

- Прямое влияние – изменяет возбудимость инспираторных нейронов
- Повышает возбудимость КБП, а оттуда ДЦ:
- Гиперкапния => **гиперпноэ, диспноэ – одышка**
- Гипокапния => вплоть до **апноэ**

Прямая (гуморальная) активация ЦМД

