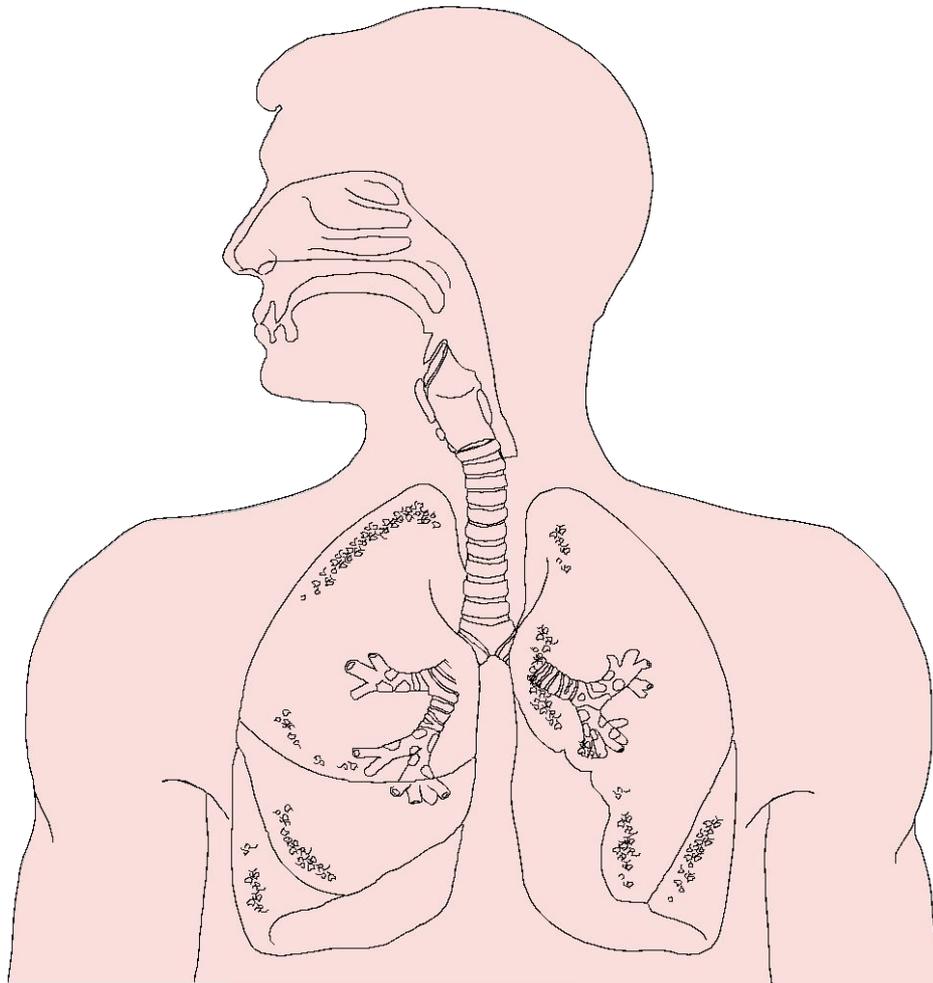


•  
•  
•

# КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ И ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ КБГУ



- Тема лекции:
  - **ФИЗИОЛОГИЯ  
ДЫХАНИЯ**
- •  
•  
•  
•  
•

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

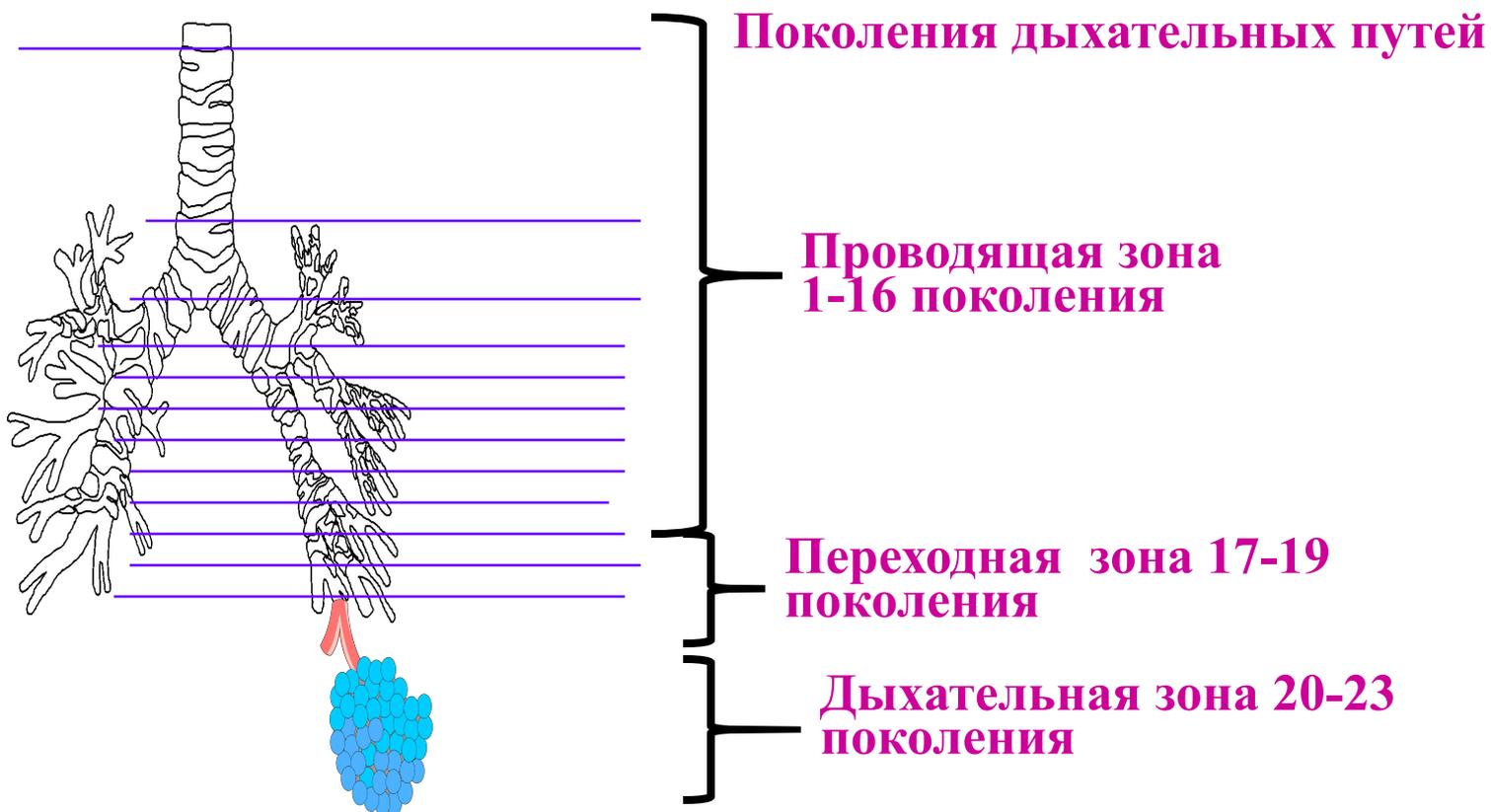
- ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ:
- - **ВНЕШНЕЕ** или **ЛЕГОЧНОЕ ДЫХАНИЕ**
- - **ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ**
- - **ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ**

•  
•  
•

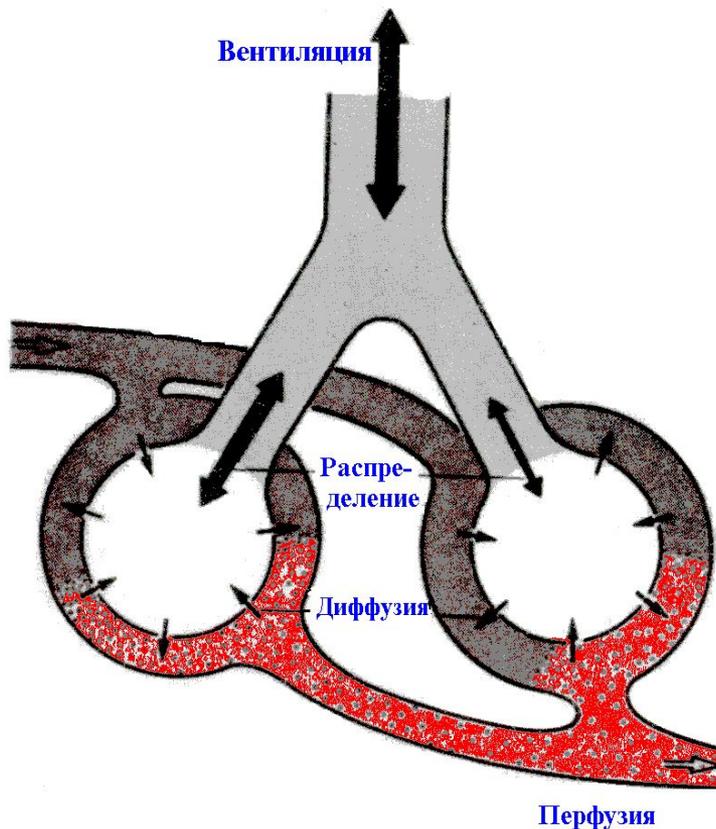
## **Структура аппарата внешнего дыхания**

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

# Ветвления и зоны трахеобронхиального дерева



# Внешнее дыхание



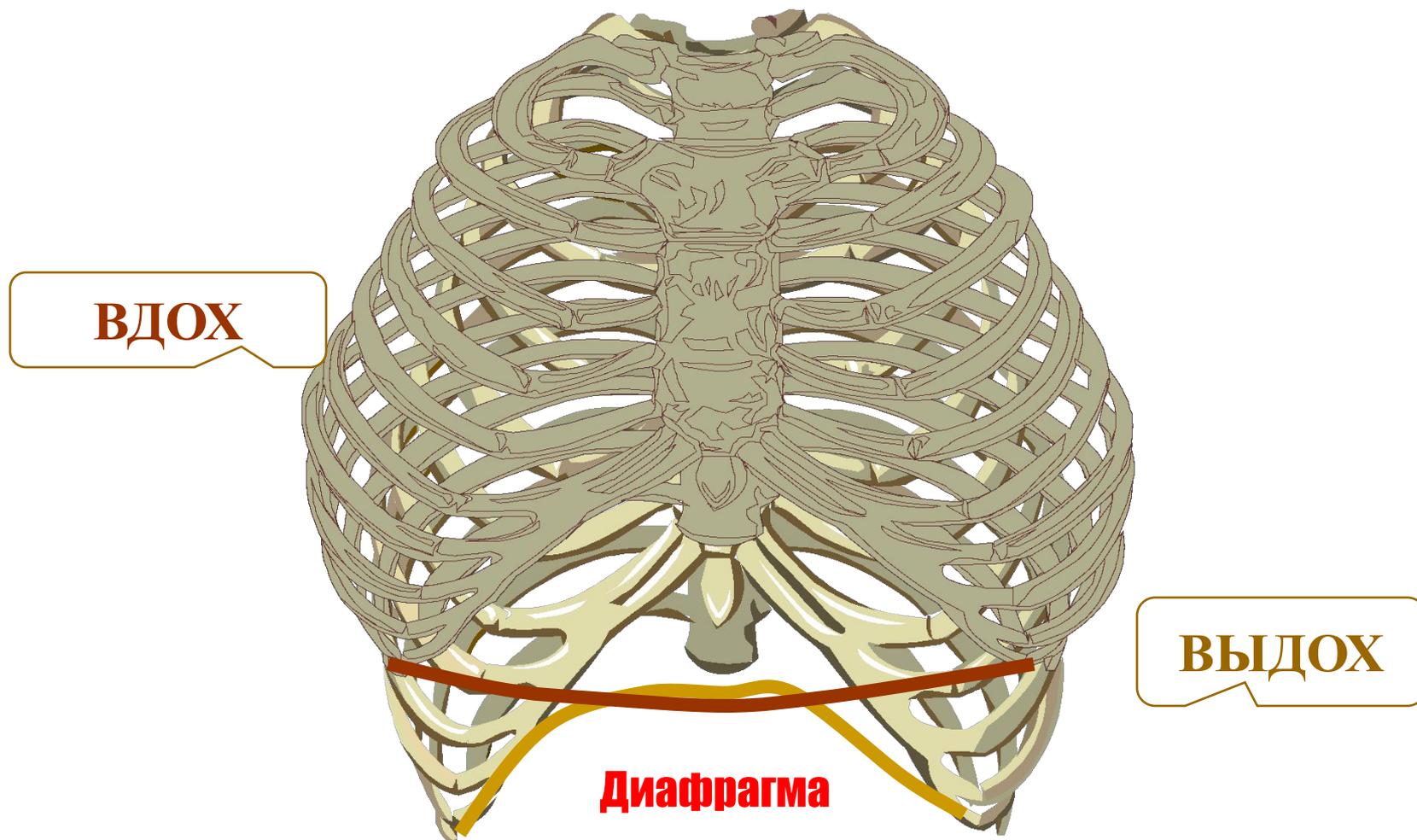
- 3 ПРОЦЕССА:

---

- - Вентиляция
- - Диффузия
- - Перфузия

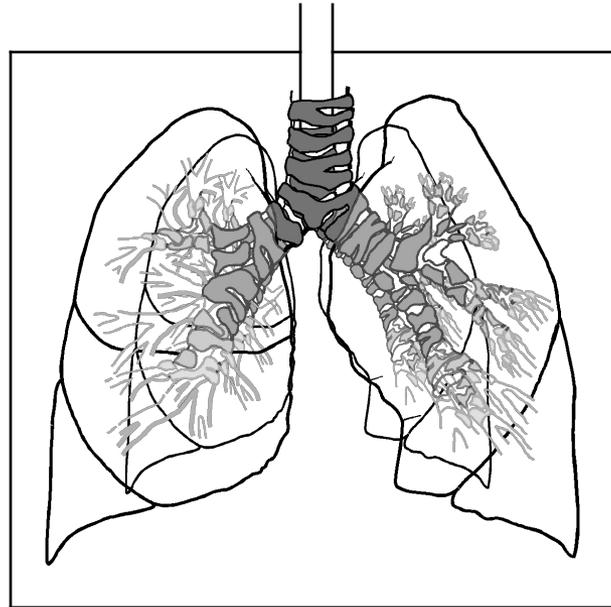
•  
•  
•

# Изменения грудной клетки при вдохе и выдохе



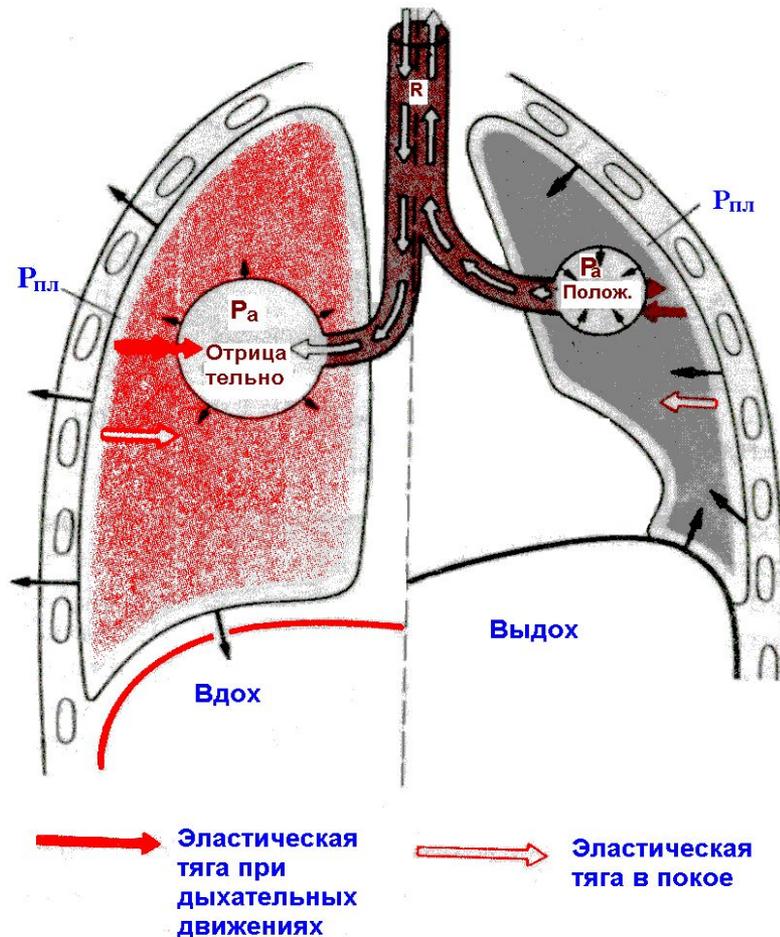
# Модель Дондерса

Атмосфера



Разрежение

# Механизм вдоха и выдоха



- **Транспульмональное давление:**  

$$P_{трп} = P_{альв} - P_{плевр}$$
- **На вдохе  $P_{плевр} = -9$  мм Нг**
- **Перед вдохом  $P_{плевр} = -3$  мм Нг**
- **На выдохе  $P_{плевр} = +4-10$  мм Нг**
- **Трансреспираторное давление:**  

$$P_{трр} = P_{альв.} - P_{внешн.}$$
- **На вдохе:  $P_{трр} = 756 - 760 = -4$  мм Нг**
- **На выдохе:  $P_{трр} = 764 - 760 = +4$  мм Нг**
- **Эластическая тяга дыхания = эластическая тяга легких + эластическая тяга грудной клетки**

•  
•  
•

# Определение легочных объемов на спирограмме

Резервный объем вдоха ( $PO_{вд}$ )

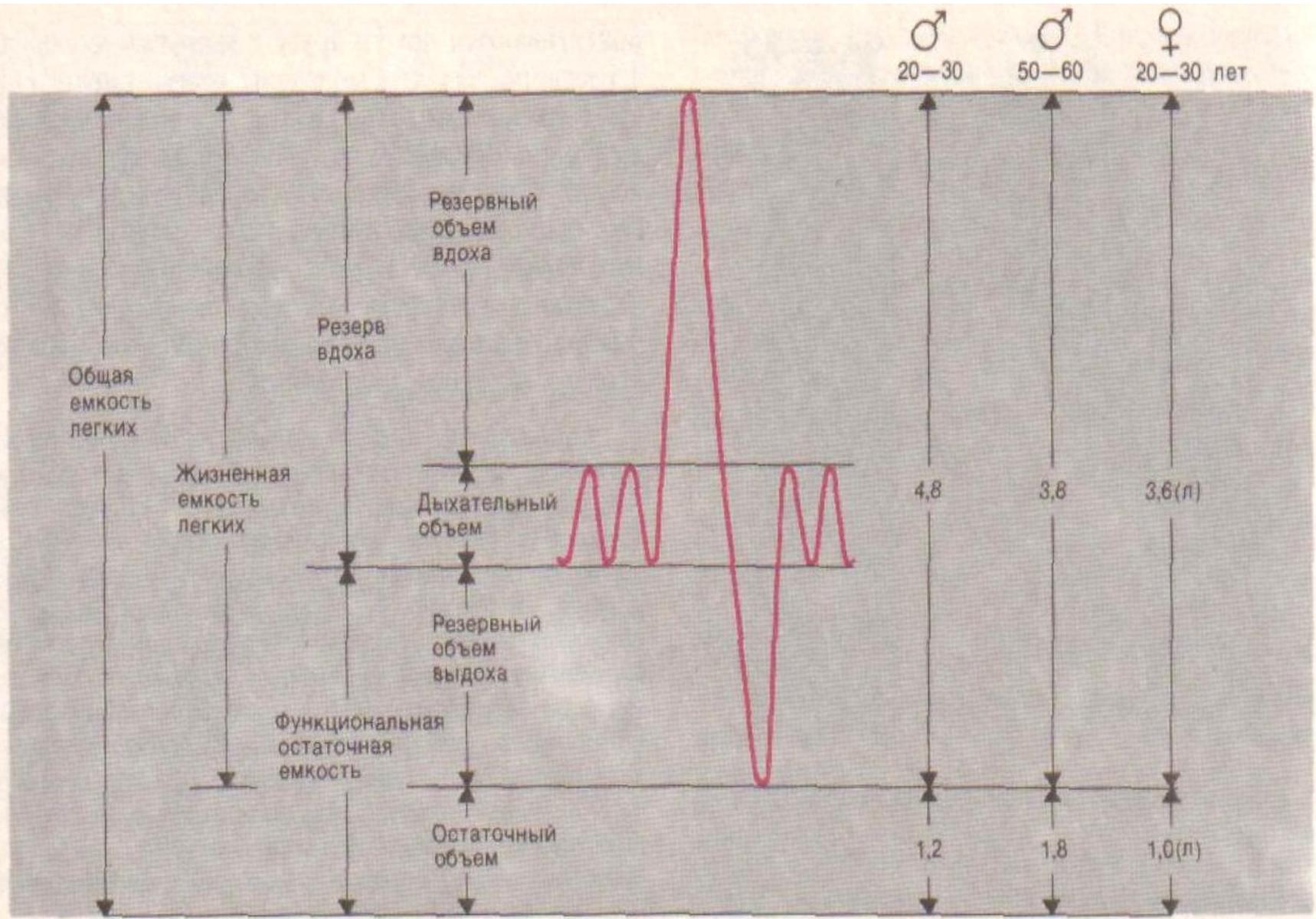
Максимальный вдох

Дыхательный  
объем  
Спокойное  
дыхание

Максимальный выдох

Резервный объем выдоха ( $PO_{выд}$ )

ЖИЗНЕННАЯ ЕМКОСТЬ  
ЛЕГКИХ  
 $ЖЕЛ = DO + PO_{вд} + PO_{выд}$



Легочные объемы и емкости. Величина жизненной емкости легких и остаточный объем (в правой части рисунка) зависят от пола и возраста

# Легочные объемы и емкости

- **Легочные объемы:**

- 1. Дыхательный объем (ДО) = 500 мл
- 2. Резервный объем вдоха ( $PO_{\text{вдоха}}$ ) = ♂ 3,3 л, ♀ 1,9 л
- 3. Резервный объем выдоха ( $PO_{\text{выдоха}}$ ) = ♂ 1,0 л, ♀ 0,7 л
- 4. Остаточный объем (ОО) = ♂ 1,2 л, ♀ 1,1 л

- **Легочные емкости:**

- - общая емкость легких (ОЕЛ) = (1+2+3+4) = ♂ 6,0 л, ♀ 4,4 л
- - жизненная емкость легких (ЖЕЛ) = (1+2+3) = ♂ 4,8 л, ♀ 3,3 л
- ЖЕЛ = 2,5 x РОСТ
- - функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ) = (3+4) = ♂ 2,2 л, ♀ 1,8 л
- - емкость вдоха (ЕВ) = (1+2) = ♂ 3,8 л, ♀ 2,4 л

# Основные показатели вентиляции

- 1. Частота дыхания (ЧД) = 12-16/мин
- 2. Минутный объем дыхания (МОД) = ДО x ЧД = 6 - 9 литров
- 3. Объем анатомического мертвого пространства (МП) = 140мл
- 4. Дыхательный альвеолярный объем (ДАО) = ДО - МП = 500 - 140 = 360мл
- 5. Коэффициент вентиляции альвеол (КВА) =  $\frac{\text{ДАО}}{\text{ФОЕ}} = \frac{\text{ДО} - \text{МП}}{\text{ОО} + \text{РО}_{\text{выдоха}}} = \frac{360}{2500} = 1/7$
- 6. Минутная альвеолярная вентиляция легких (МВЛ) = (ДО - МП) x ЧД = 3,5-4,5 л

# Парциальное давление

- Парциальное давление - часть давления в смеси газов, приходящаяся на отдельный газ

- Для сухого:  $PO_{2(CO_2)} = \frac{P_{\text{атм.}} \times C (\%)}{100\%}$

- Для влажного:  $PO_{2(CO_2)} = \frac{(P_{\text{атм.}} - 47,1) \times C (\%)}{100\%}$

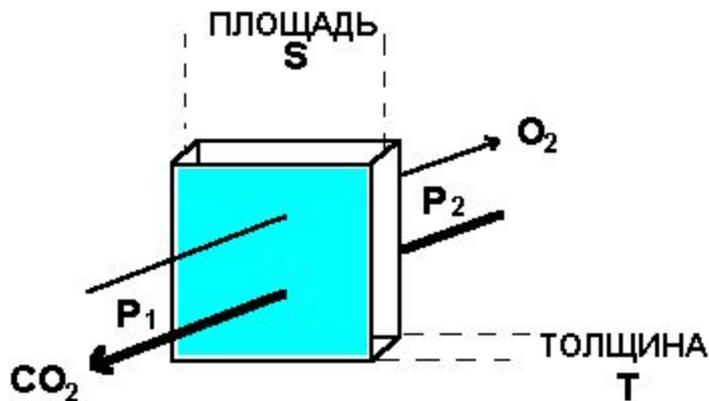
•  
•  
•

• • • • • • • • • •

# Показатель газообмена

Воздух и среды организма	$P_{O_2}$ (мм. р.ст.)	$P_{CO_2}$ (мм. р.ст.)	$O_2$ (%)	$CO_2$ (%)
Атмосферный воздух	150	0,2	20,94	0,03
Выдыхаемый воздух	114	32	16,5	4,5
Альвеолярный воздух	100	40	14,5	5,5
Артериальная кровь	100	40	20	52
Венозная кровь	40	46	12	57
Ткань	$\leq 40$ стремится к 0	46 стремится к 60-65		

# Диффузия газов через барьер



## • ЗАКОН ФИКА

$$Q_{\text{ГАЗА}} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

- где:  $Q_{\text{ГАЗА}}$  - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,
- $S$ - площадь ткани,  $DK$ -диффузионный коэффициент газа,
- $(P_1 - P_2)$  - градиент парциального давления газа;
- $T$  - толщина барьера ткани

# Диффузия газов через АГБ

- ЗАКОН ФИКА

- $$Q_{\text{газа}} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

- где:  $Q_{\text{газа}}$  - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,
- $S$  - площадь ткани,
- $DK$  - диффузионный коэффициент газа,
- $(P_1 - P_2)$  - градиент парциального давления газа;
- $T$  - толщина барьера ткани

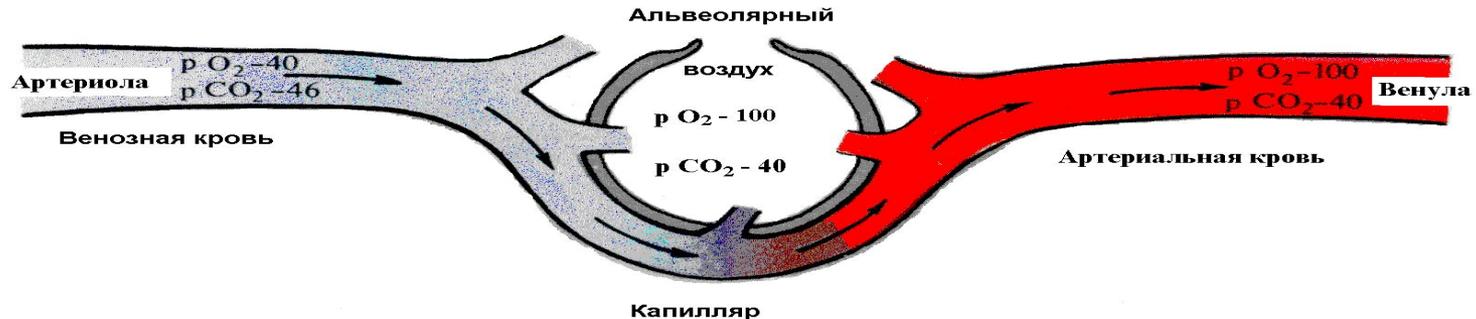
- Для кислорода:

- $P_{\text{альв.возд}} = 100 \text{ мм Нг}$
- $P_{\text{вен.крови}} = 40 \text{ мм Нг}$
- $P_1 - P_2 = 60 \text{ мм Нг}$

- Для  $\text{CO}_2$ :

- $P_{\text{вен.крови}} = 46 \text{ мм Нг}$
- $P_{\text{альв.возд.}} = 40 \text{ мм Нг}$
- $P_1 - P_2 = 6 \text{ мм Нг}$
- $DK \text{ CO}_2 > DK \text{ O}_2$  в 25 раз

# Диффузия кислорода



- $P_{O_2}$  в воздухе = 21% от 760 = 159 мм Нг
- В альвеолярном воздухе 47 мм Нг давления воздуха приходится на пары H<sub>2</sub>O, значит давление «сухого» воздуха = 760-47=713 мм Нг. Альвеолярный воздух обогащен CO<sub>2</sub>, значит кислорода в нем не 21%, а 14%, тогда парциальное давление кислорода составит в нем 14% от 713 = 100 мм Нг
- В венозной крови легочных капилляров напряжение кислорода = 40 мм Нг
- Градиент давлений, обеспечивающий диффузию кислорода равен 100-40=60 мм Нг

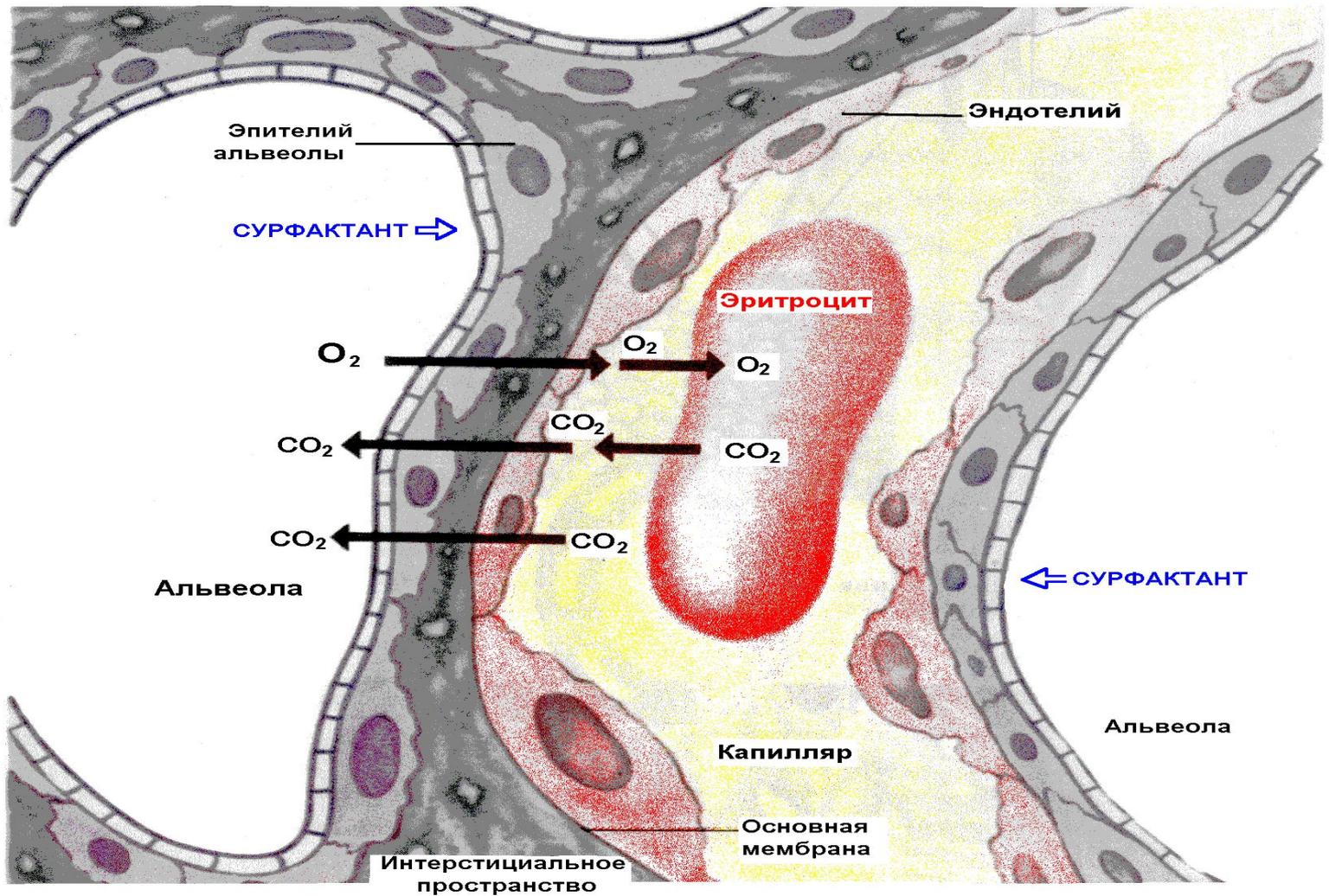
# ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РАЗНЫХ ЗОНАХ ЛЕГКИХ

<b>ЗОНА Легких</b>	<b>Кровоток на % объема</b>	<b>Вентиляция на % объема</b>	<b>ВПК</b>	<b>P O<sub>2</sub> в крови ( Hg)</b>
<b>1 Верхушки</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>3,0</b>	<b>120<sup>мм</sup></b>
<b>2 Средняя</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,8</b>	<b>98</b>
<b>3 Основания</b>	<b>0,1</b>	<b>0,07</b>	<b>0,7</b>	<b>92</b>

•  
• **Соотношение вентиляции и перфузии в разных отделах легких. Распределение вентиляционно-перфузионного коэффициента (ВПК)**



# АЗРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

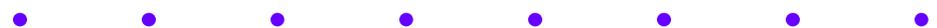




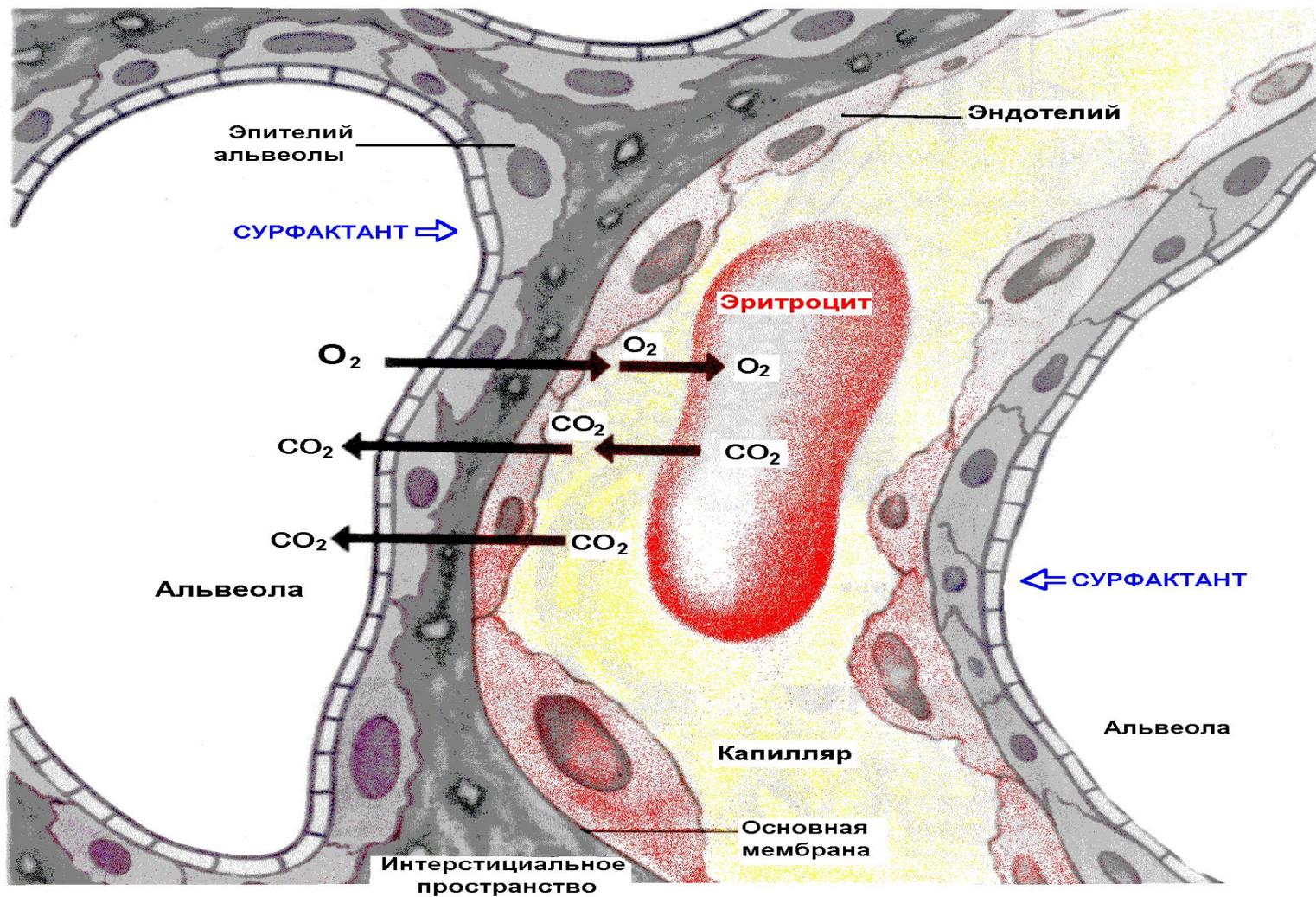
• ТЕМА ЛЕКЦИИ:

• **ТРАНСПОРТ ГАЗОВ**

**КРОВЬЮ**



# АЗРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР



# Транспорт $O_2$ кровью

- ДВЕ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА  
КИСЛОРОДА:

- - **физически растворенный газ:**

- **3 мл  $O_2$  в 1 л крови**

- **Закон Генри:  $C_{\text{газа}} = K \times P_{\text{газа}}$ , где**  
 **$C_{\text{газа}}$  - концентрация растворенного газа,**  
 **$K$  - константа растворимости газа,**  
 **$P_{\text{газа}}$  - парциальное давление газа над**  
**уровнем жидкости**

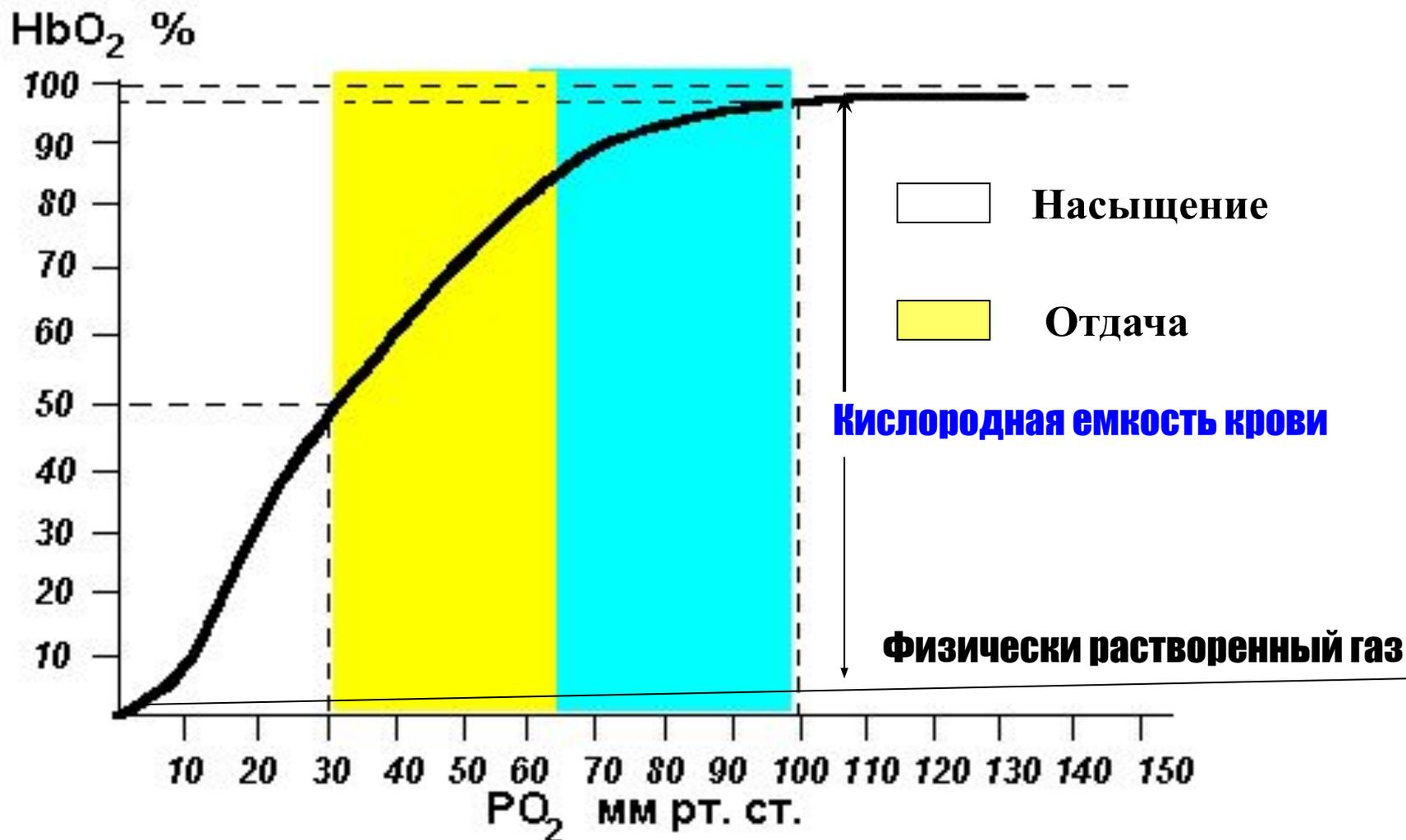
- **связанный с гемоглобином газ:**

# ХАРАКТЕРИСТИКИ КРОВИ

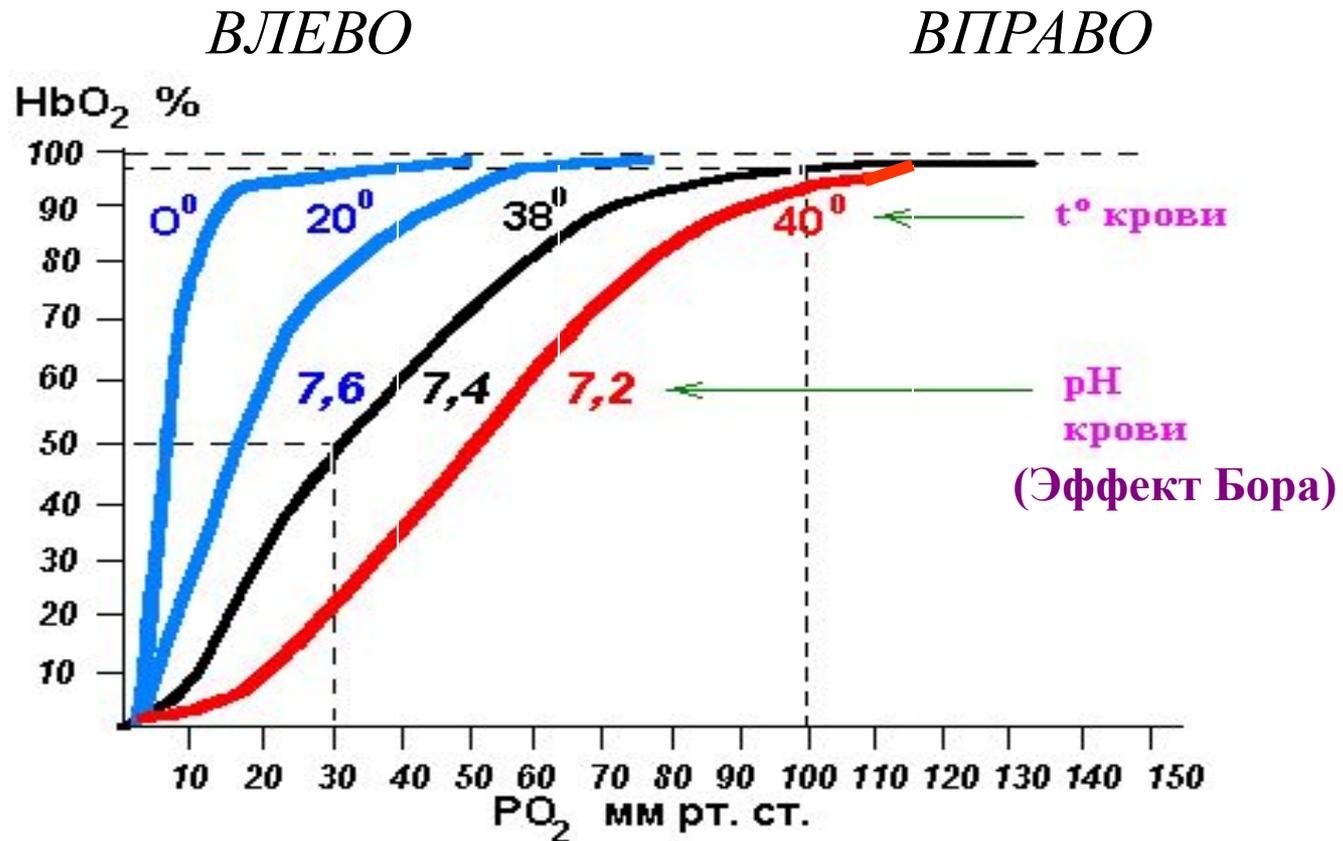
- $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$
- Кислородная емкость крови - количество  $\text{O}_2$ , которое связывается кровью до полного насыщения гемоглобина
- Константа Гюфнера: 1 г. Hb - 1,36 - 1,34 мл  $\text{O}_2$
- Кислородная емкость крови = 190 мл  $\text{O}_2$  в 1 л.

Всего в крови содержится около 1 литра

# Кривая диссоциации оксигемоглобина

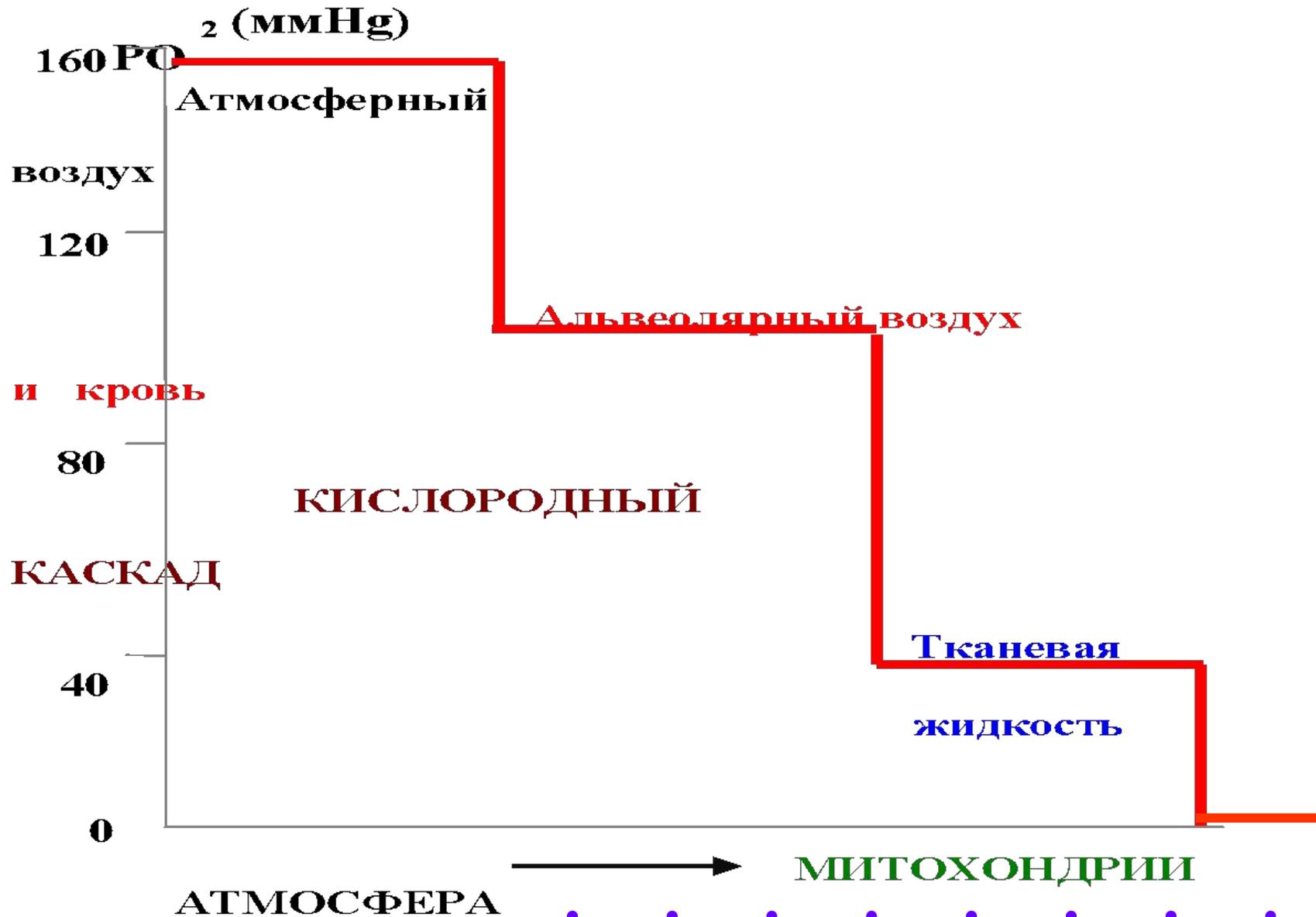


# Сдвиги кривой диссоциации



**Сдвиг влево - легче насыщение кислородом: <t; <Pco<sub>2</sub>; <2,3-ДФГ; >рН**  
**Сдвиг вправо - легче отдача кислорода: >t; >Pco<sub>2</sub>; >2,3-ДФГ; <рН**

# Каскад кислорода

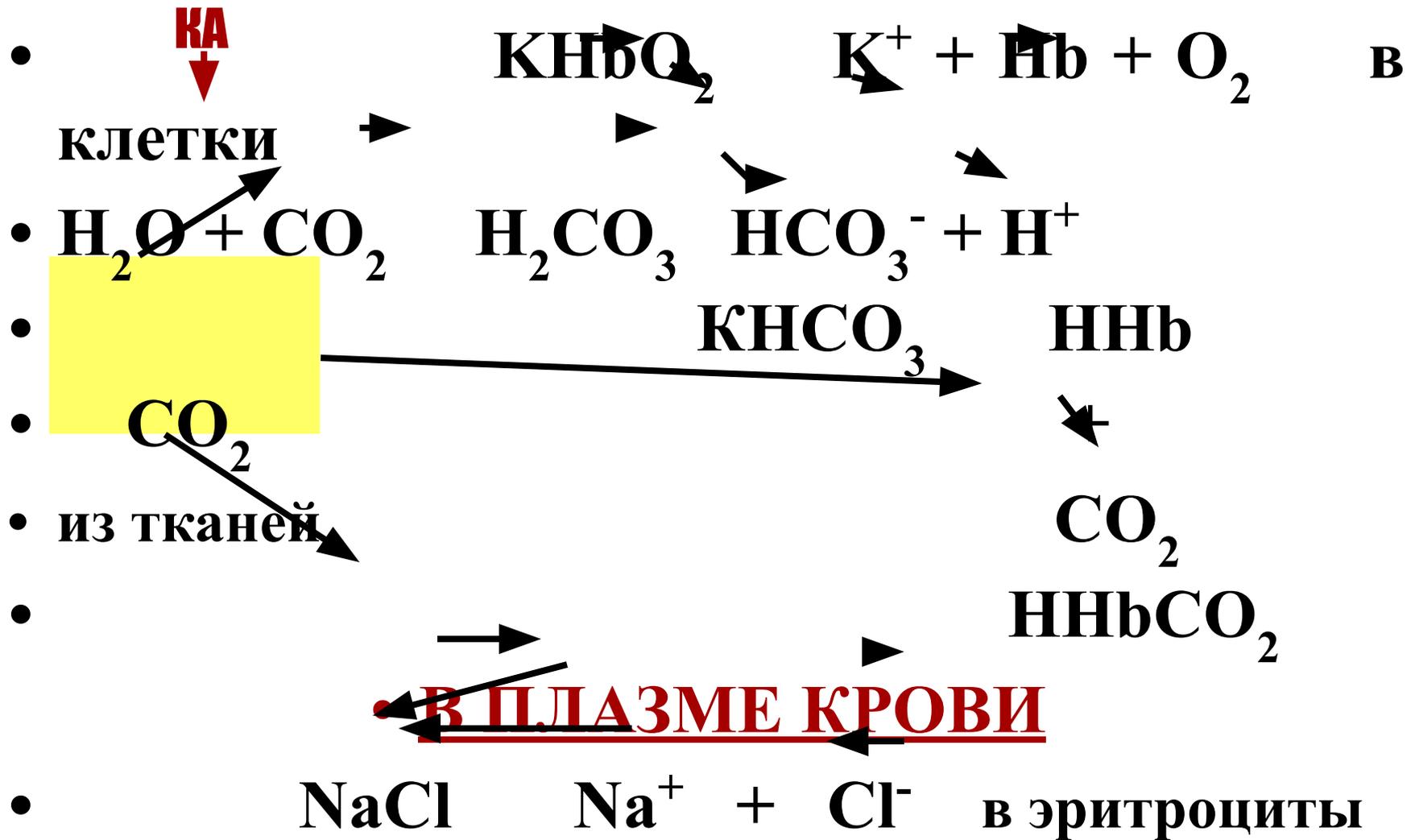


# Транспорт $\text{CO}_2$ кровью

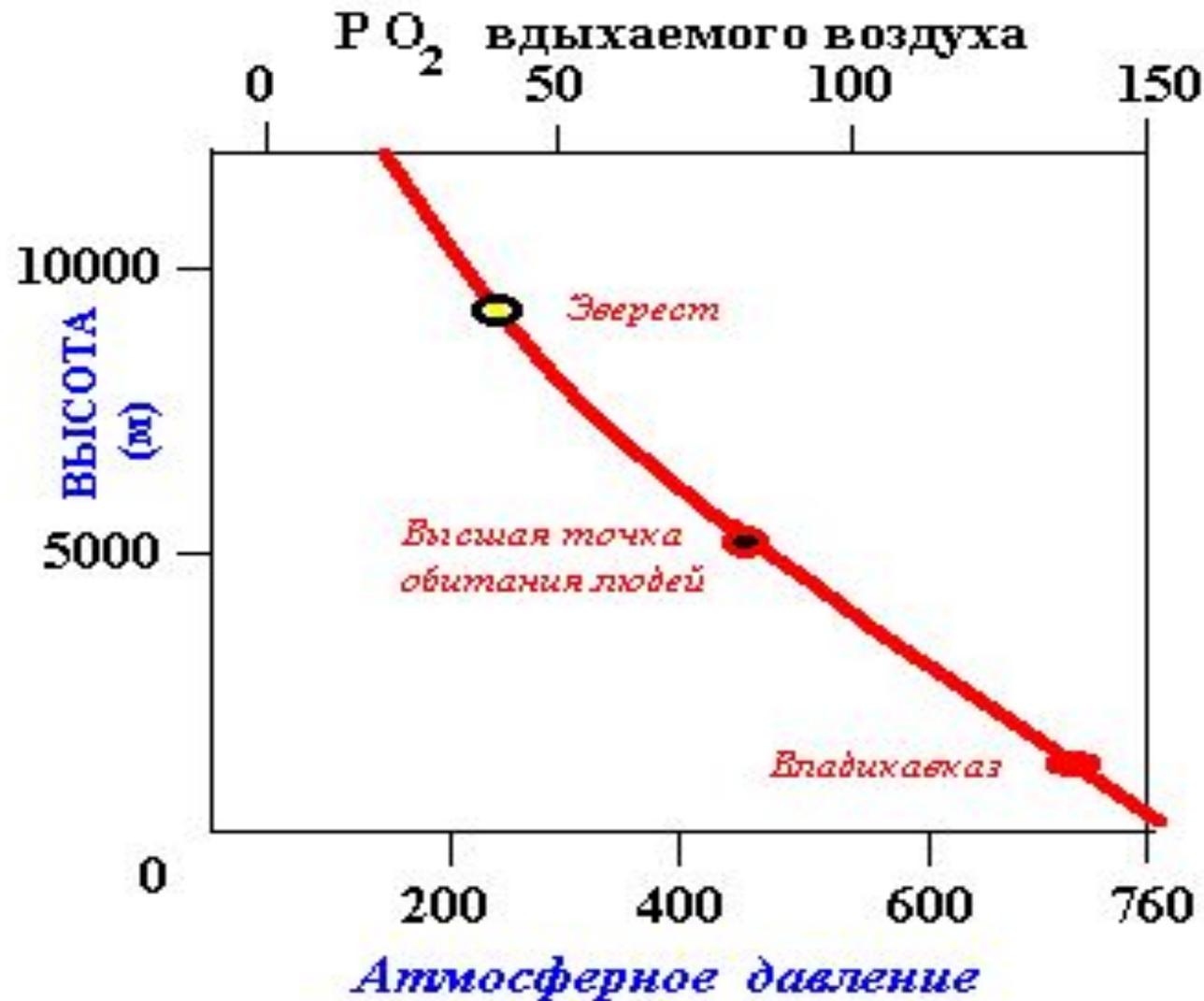
- ТРИ ФОРМЫ ТРАНСПОРТА :
- - физически растворенный газ - 5-10%
- - химически связанный в бикарбонатах:  
в плазме  $\text{NaHCO}_3$ , в эритроцитах  $\text{KHCO}_3$  - 80-90%
- - связанный в карбаминовых соединениях гемоглобина:  $\text{Hb} \cdot \text{NH}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HbNHCOOH}$  - 5-15%

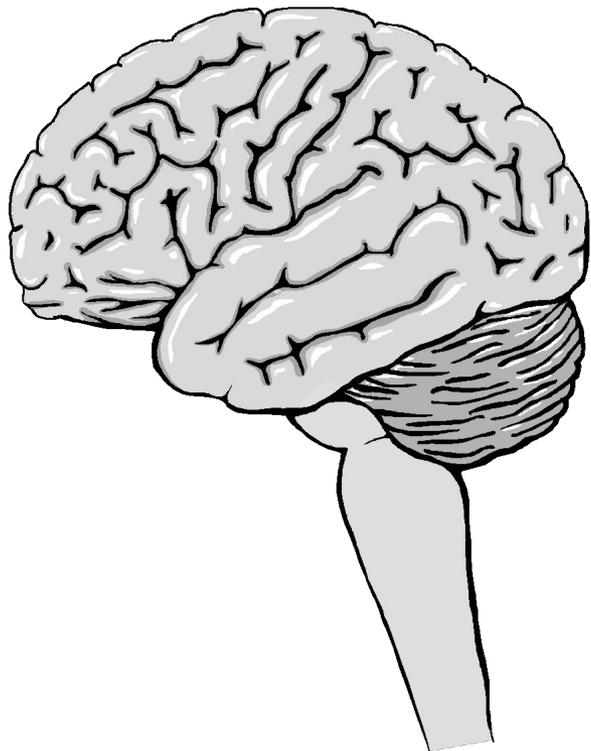
# Транспорт CO<sub>2</sub> кровью

## • В ЭРИТРОЦИТАХ



# Изменения атмосферного давления и $PO_2$ в горах



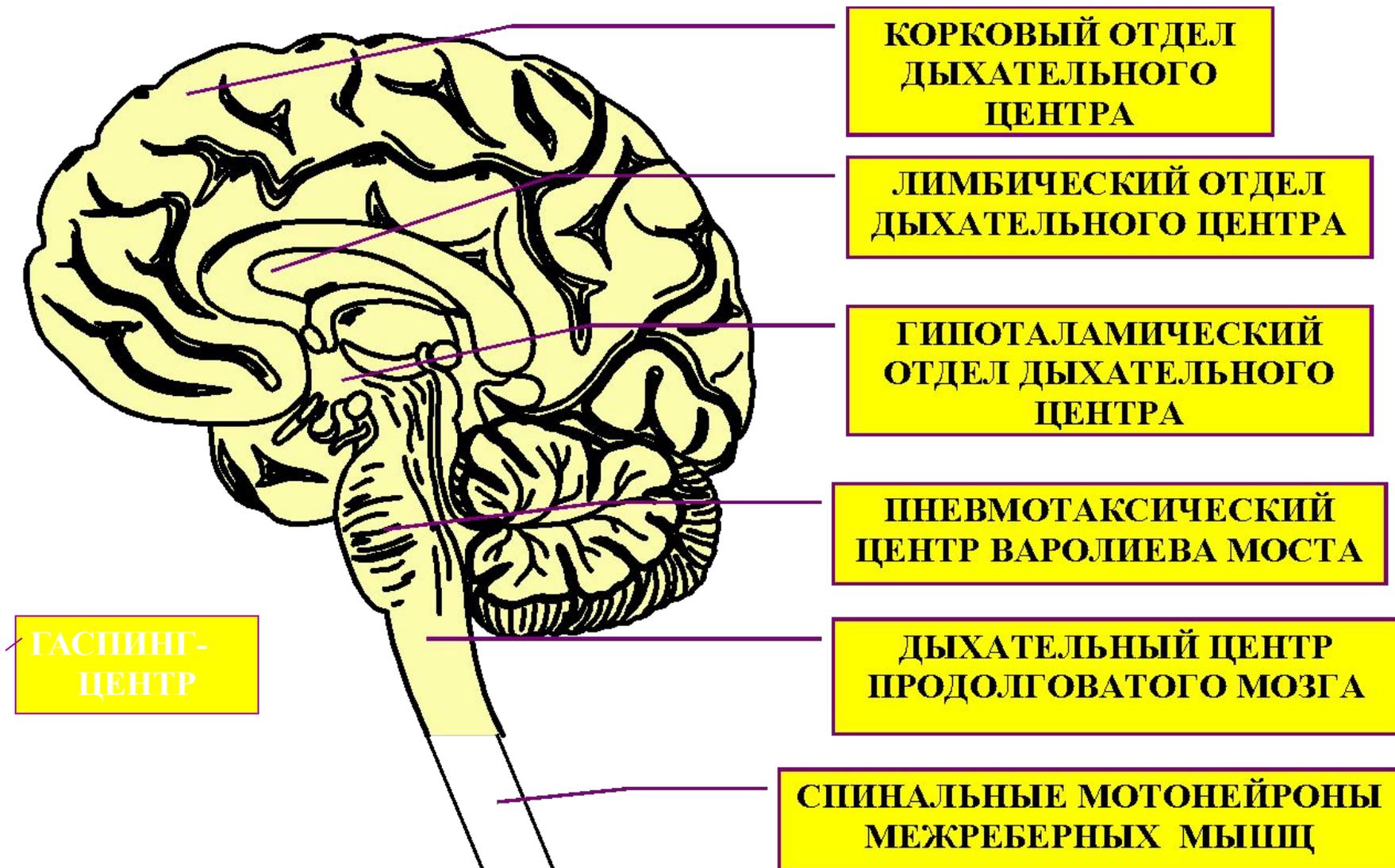


- 
- 
- 

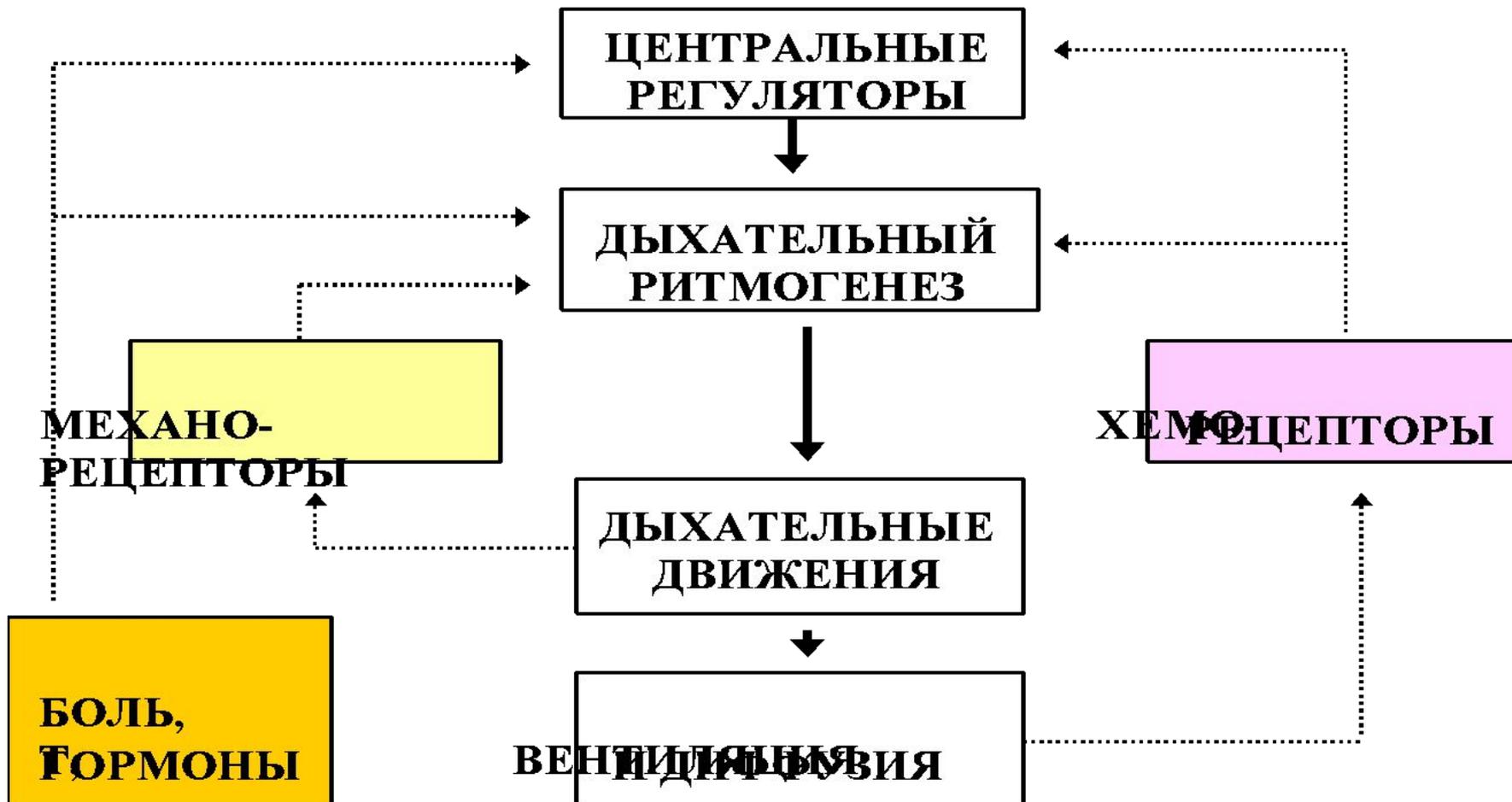


- - **моторная или двигательная**
- - **гомеостатическая**

# УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА



# Регуляция дыхания по отклонению и по возмущению

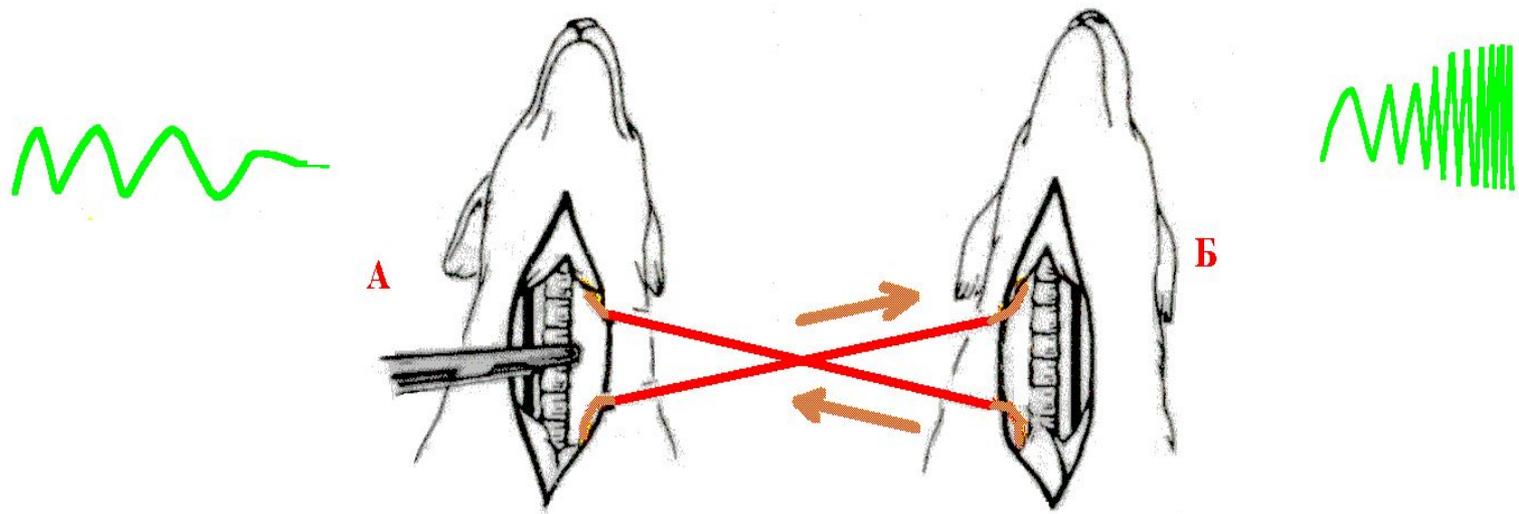


- -Ирритантные рецепторы слизистой оболочки дыхательных путей
- - Рецепторы растяжения гладких мышц дыхательных путей
- - Юкста-капиллярные рецепторы межалвеолярного интерстиция

- 
- 
- 
- - **ранние инспираторные**
- - **поздние инспираторные**
- - **полные инспираторные**
- - **постинспираторные**
- - **экспираторные**
- - **преинспираторные**

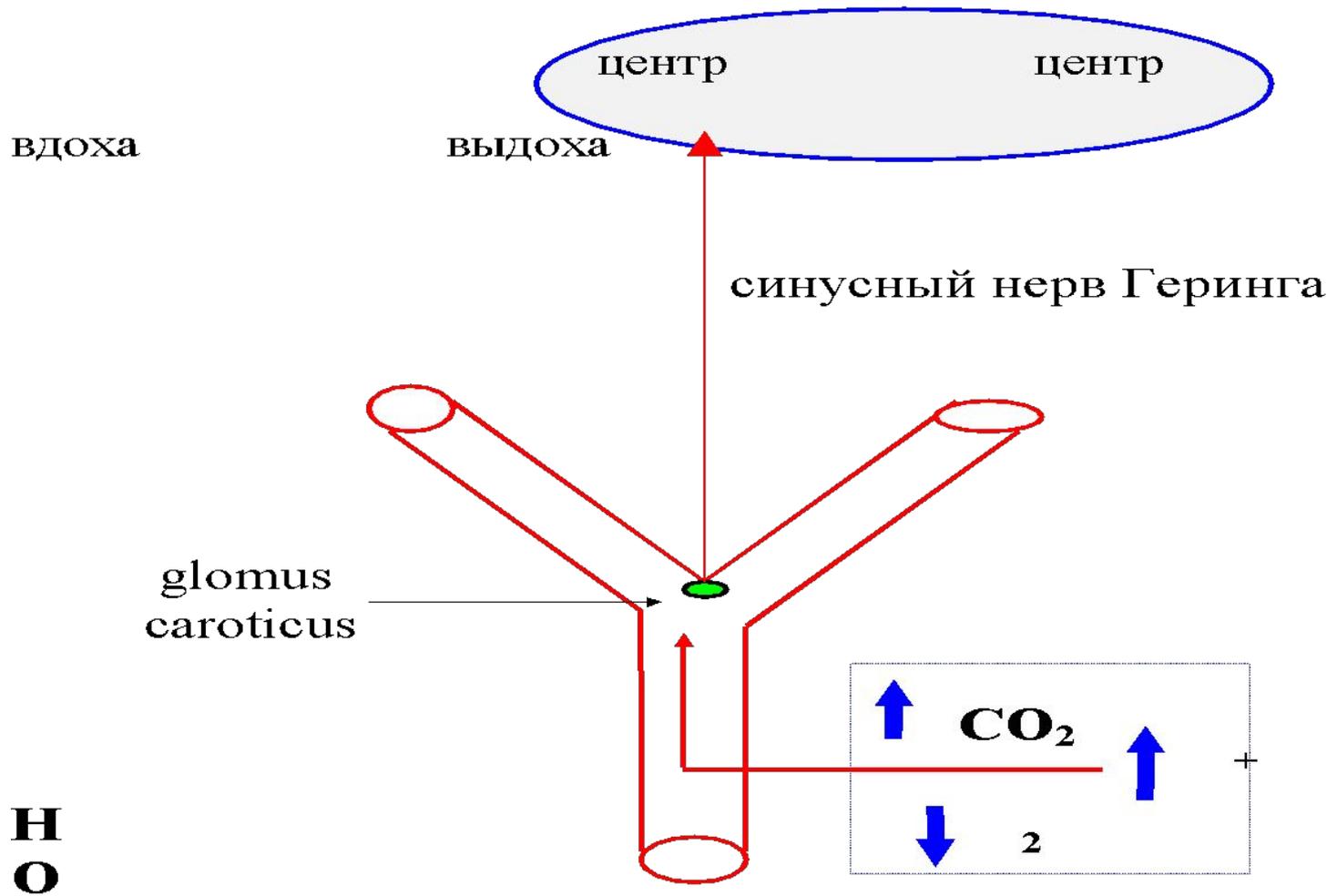


# ОПЫТ ФРЕДЕРИКА (ПАРАБИОЗ)

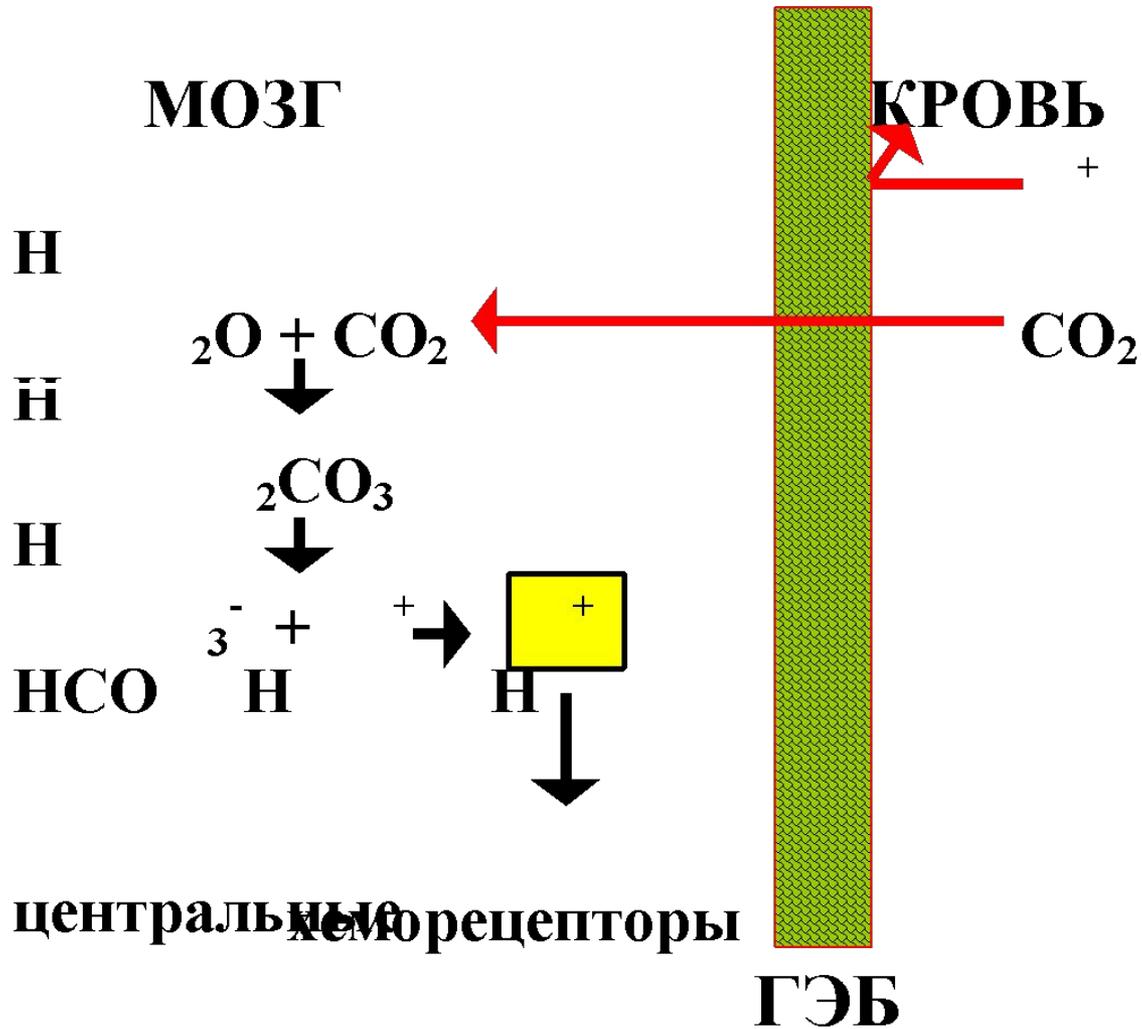


Перезатие трахей у собаки А вызывает одышку у собаки Б; одышка собаки Б вызывает замедление и остановку дыхания у собаки А.

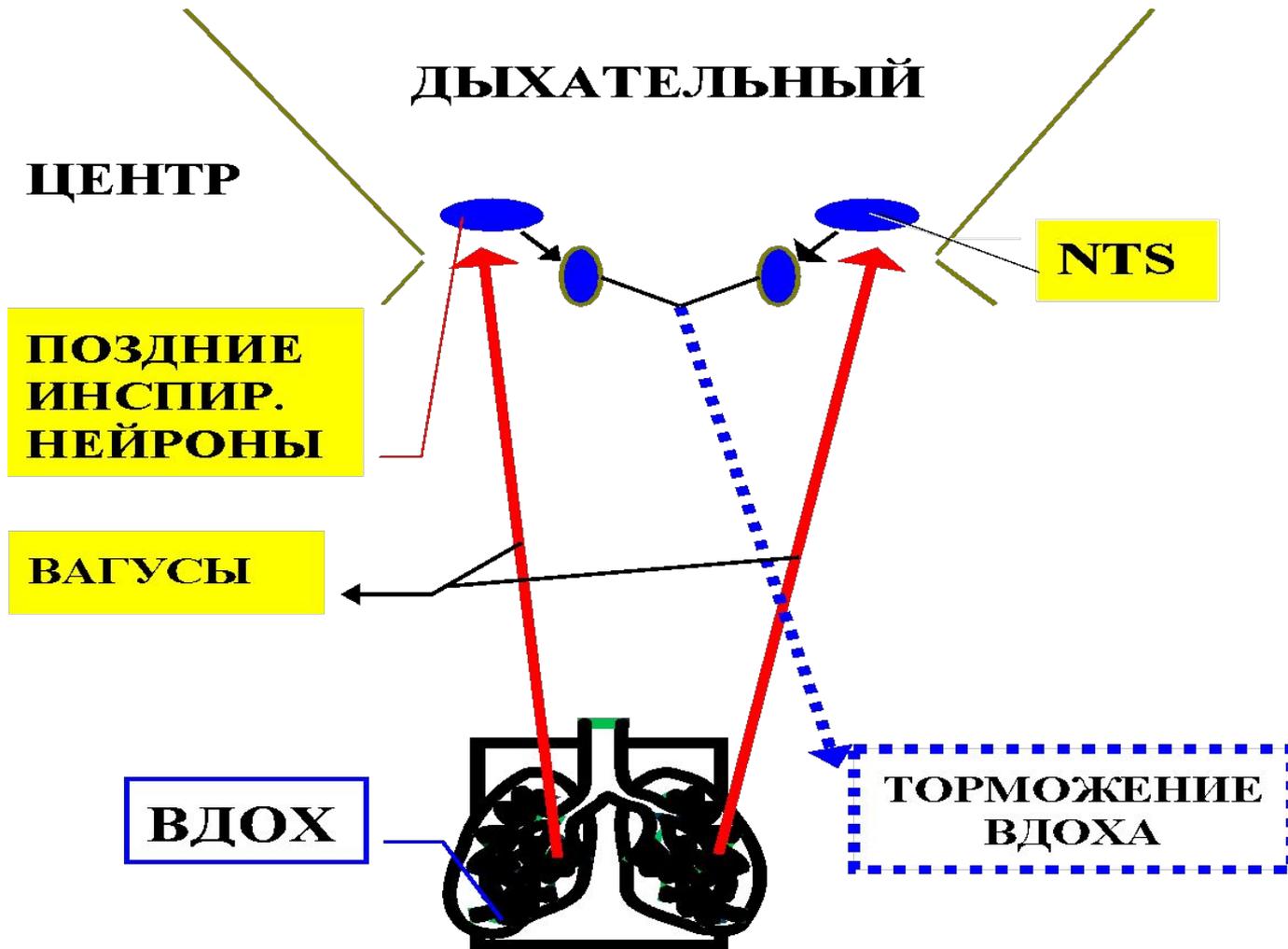
# Рефлекторная активация центра вдоха



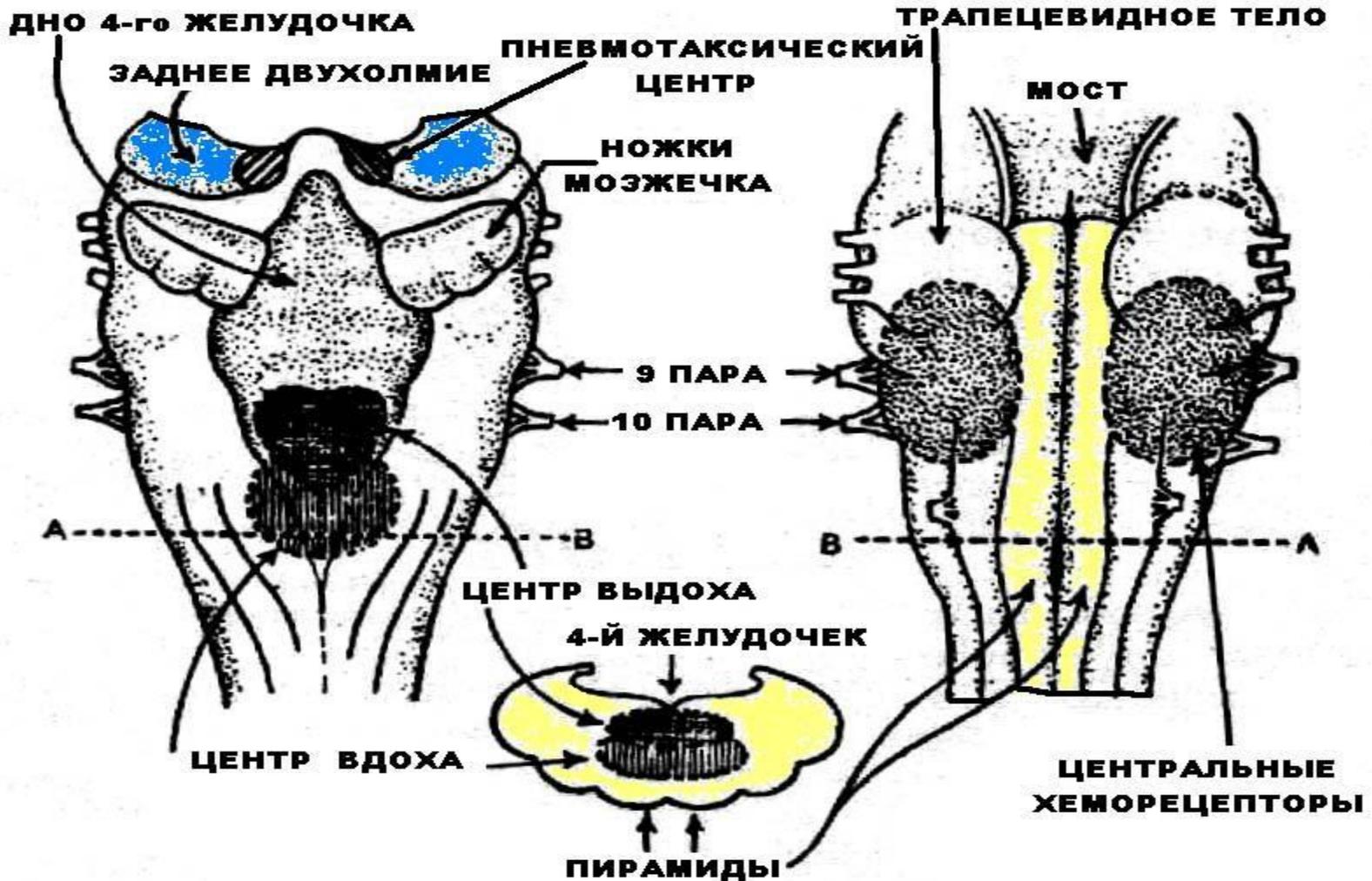
# Прямая (гуморальная) активация центра вдоха



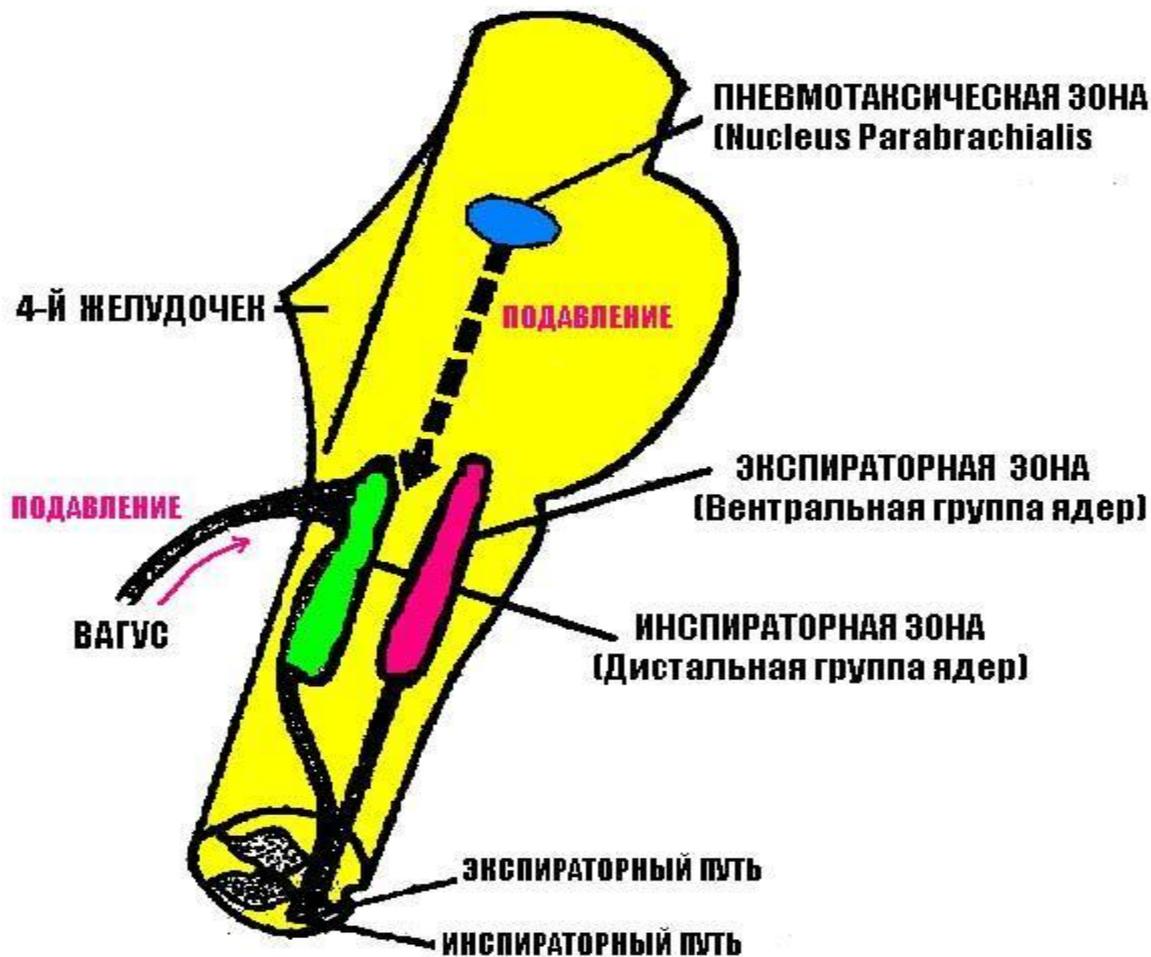
# Рефлекс Геринга - Брейера



# ЛОКАЛИЗАЦИЯ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА



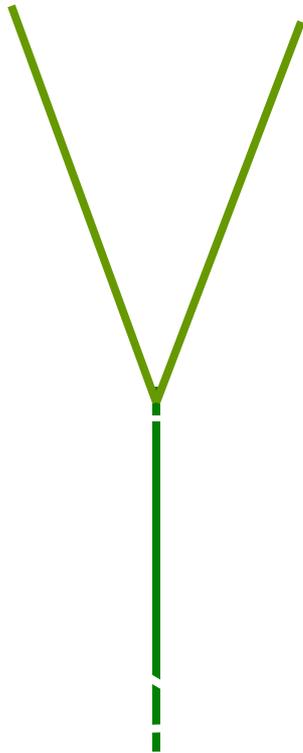
# СТРУКТУРЫ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА





# ЯДЕРНЫЕ ГРУППЫ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

*Продолговатый мозг*



*Спинной мозг*



•  
•  
•

# Нарушения и патологические ТИПЫ ДЫХАНИЯ

- - **асфиксия**
  - - **апноэ**
  - - **диспноэ - одышка**
  - - **периодическое дыхание типа Биота или Чейн-Стокса**
  - - **гаспинг - дыхание**
  - - **дыхание Куссмауля**
- • • • • • • • • •



# Кафедра нормальной физиологии

- ПОЗДРАВЛЯЕТ ВАС
- - с наступающим 1998 годом
- - с близящимся концом семестра
- ЖЕЛАЕМ ВАМ:
- -здоровья и счастья,
- -получения всех зачетов,
- -успешной сдачи сессии,
- -встречи со всеми вами без потерь в весеннем семестре

