



ТАМБОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Г.Р. ДЕРЖАВИНА

Лекция на тему:

# ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Шутова С.В.  
к.б.н., доцент

Тамбов 2019

# **Физиология дыхания**

- 1. Общая характеристика процесса дыхания.**
- 2. Дыхательный акт.**
- 3. Газообмен в легких**
- 4. Транспорт газов кровью**
- 5. Транспорт кислорода и углекислого газа в тканях.**
- 6. Регуляция дыхания.**
- 7. Особенности дыхания в различных условиях**

# Дыхательная система

Легкие

Дыхательные  
(воздухоносные) пути

Носовая полость

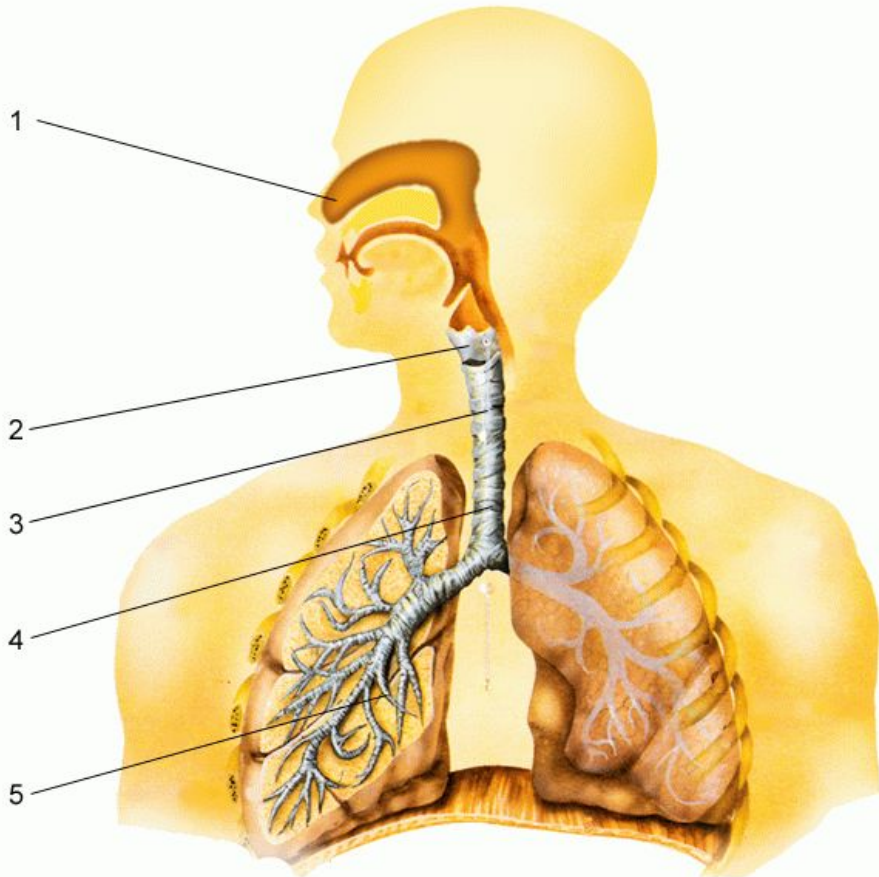
Носоглотка

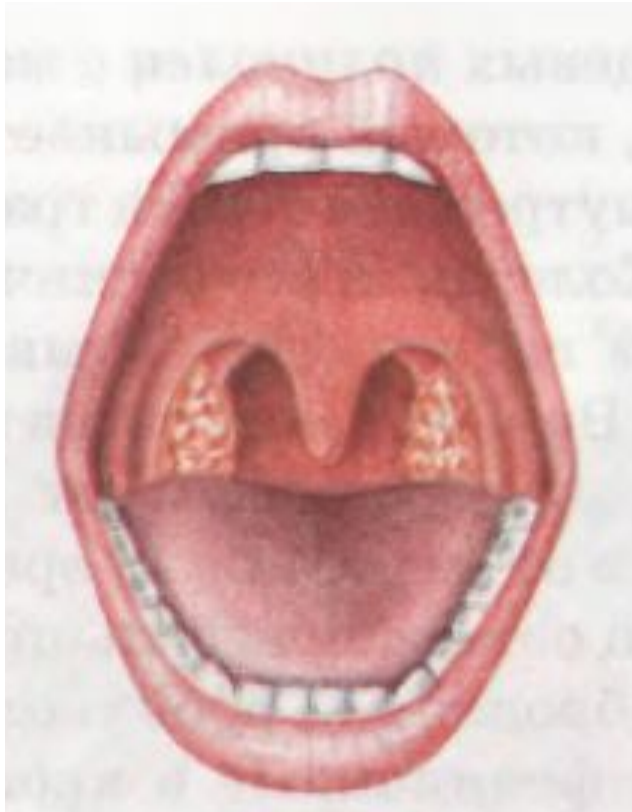
Глотка

Гортань

Трахея

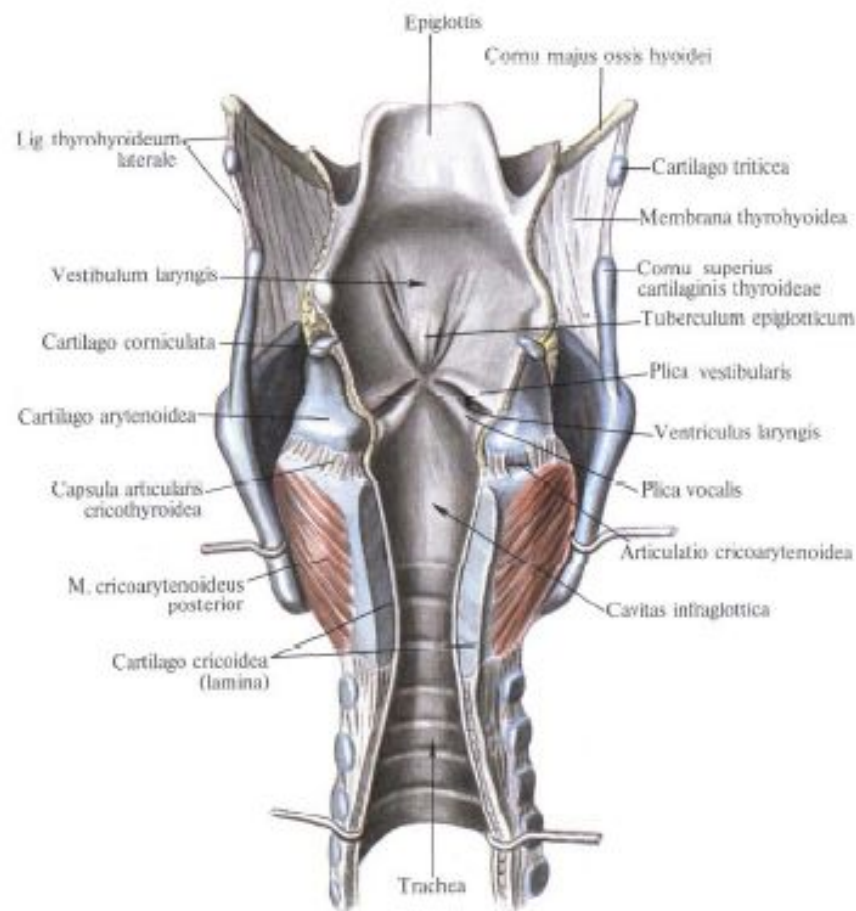
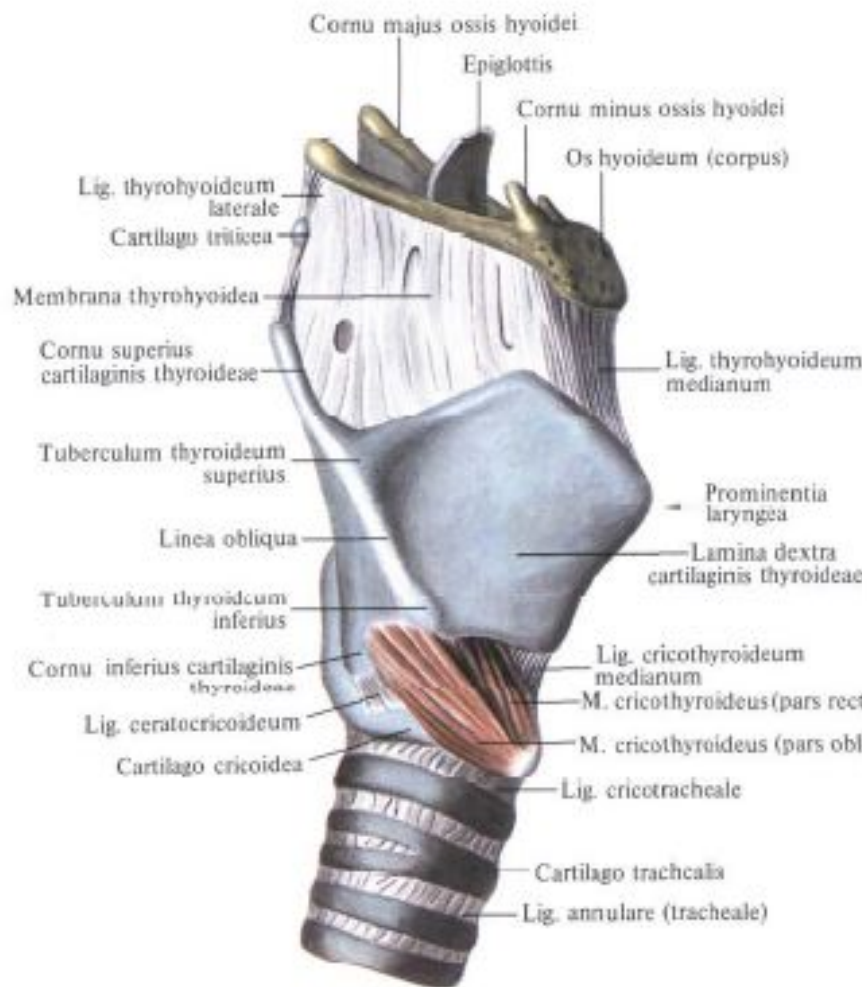
Бронхи





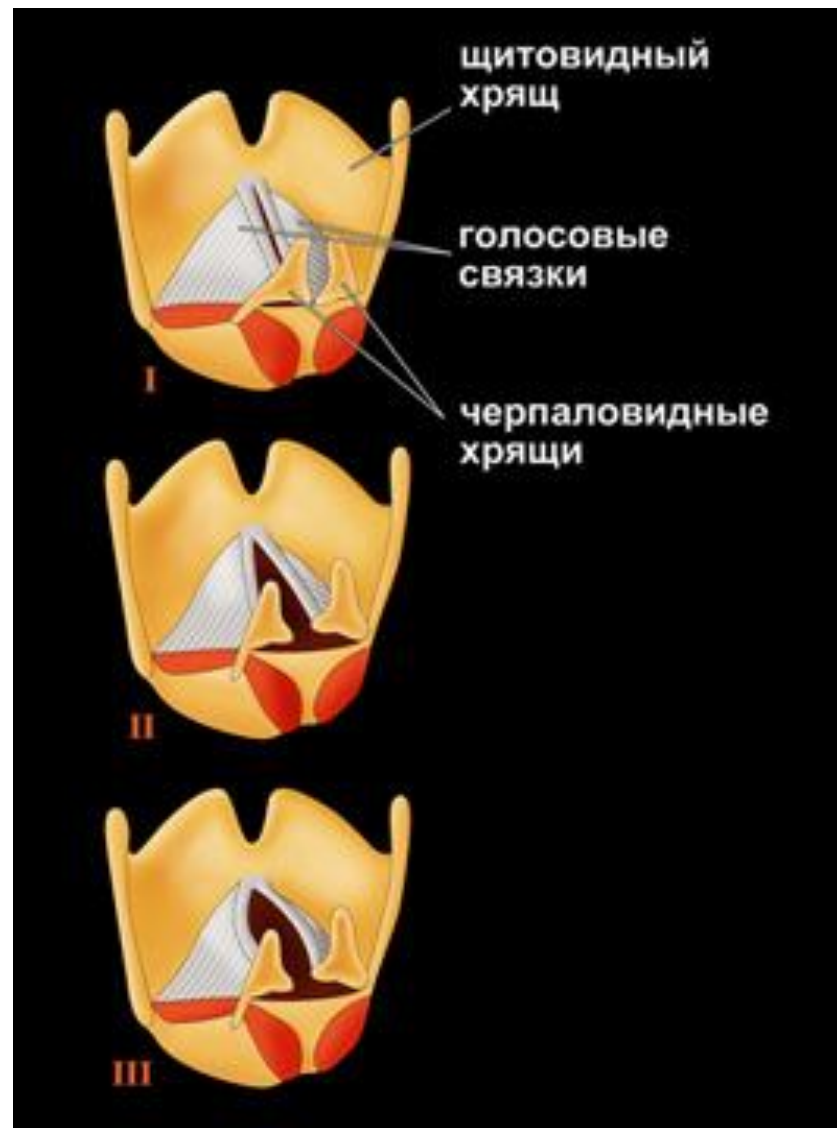
**Языкоглоточные (слева) и глоточные (справа) миндалины (увеличены)**

# Гортань

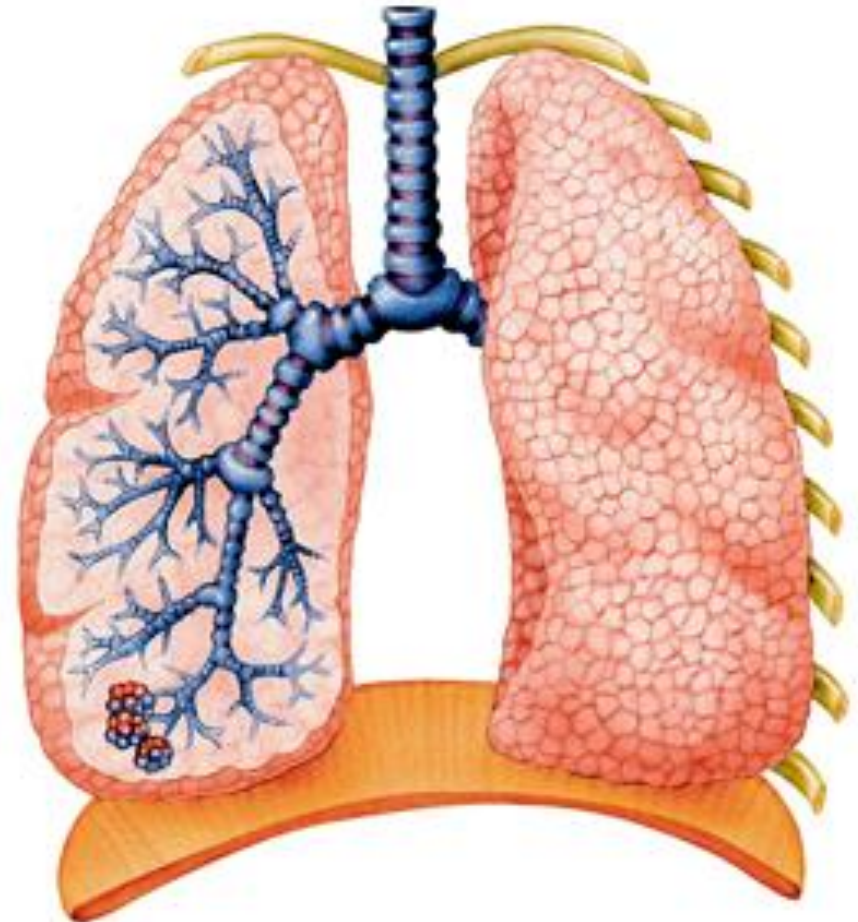
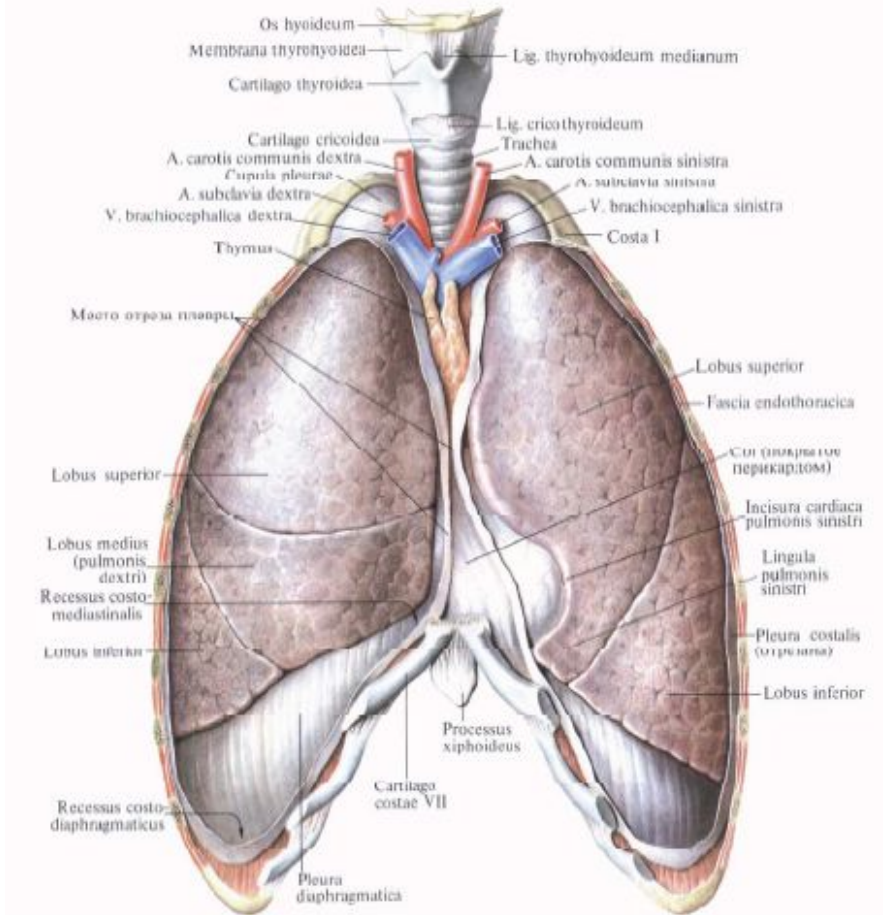




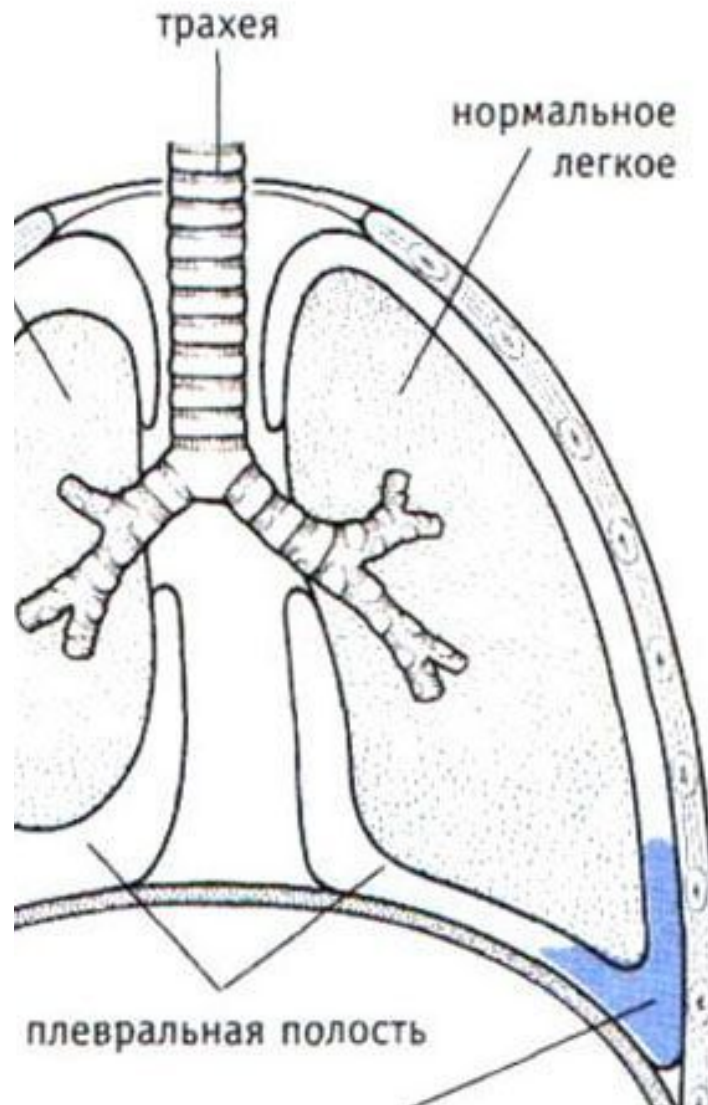
# Образование звука



# Лёгкие

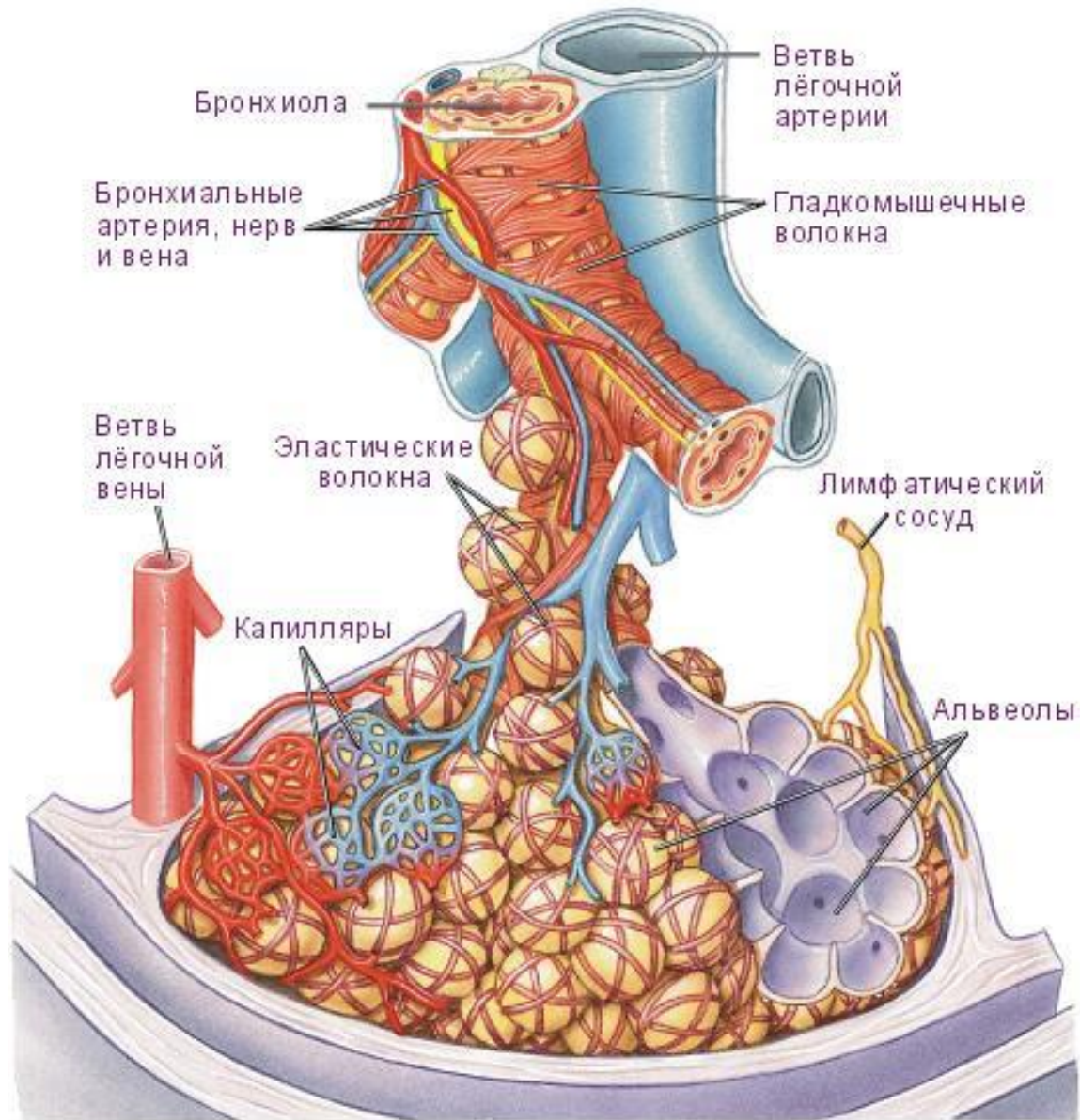


# Плевральная полость





# Ацинус



## **Функции дыхательной системы:**

- *газообмен*
- *теплорегуляция*
- *голособразование*
- *обоняние*
- *выделение*
- *защитная функция*

# **1. Общая характеристика процесса дыхания**

**Дыхание** – совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода, использование кислорода в биологическом окислении и удаление из него углекислого газа.

**Дыхательный гомеостаз** — состояние, характеризующееся оптимальным для жизнедеятельности относительным постоянством газового состава крови и тканей.



Поступление O<sub>2</sub>

Удаление CO<sub>2</sub>

Дыхательный  
гомеостаз

Изменение функционального состояния организма:  
мышечная деятельность,  
эмоциональные реакции

Изменение внешних условий:  
состав атмосферного воздуха,  
атмосферное давление



## **Стадии дыхания:**

- 1. Легочное, или внешнее, дыхание** — обмен газов между атмосферой и альвеолами.
- 2. Газообмен в легких** между альвеолярным воздухом и легочными капиллярами.
- 3. Транспорт газов кровью:**  $O_2$  — из легких к тканям,  $CO_2$  — из тканей в легкие.
- 4. Тканевое (внутреннее) дыхание** — метаболические процессы утилизации кислорода клетками и образование двуокиси углерода.

# Атмосферное давление воздуха:

Верхняя граница Атмосферы



# Состав сухого воздуха:

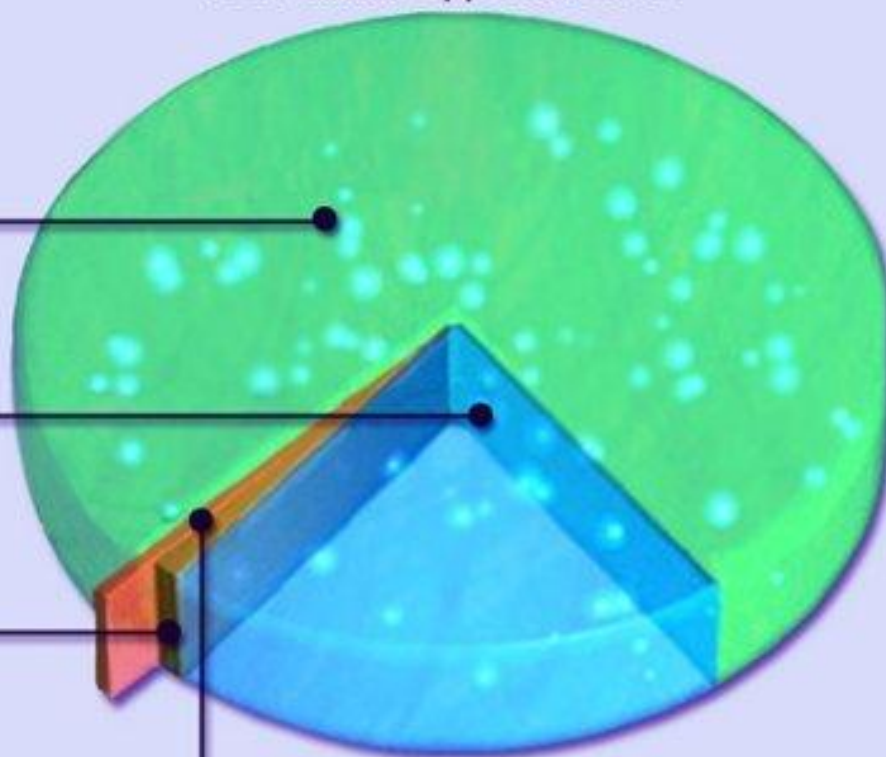
объемные доли газов

Азот 78,09 %

Кислород 20,95 %

Аргон 0,93 %

Углекислый газ 0,03%



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

### ЗАКОН ДАЛЬТОНА

$$P_{\text{ГАЗА}} = \frac{P_{\text{СМЕСИ}} \times C (\%)}{100\%}$$

Для воздуха:  $P_{\text{атм}} = 760$  мм рт. ст.;

$C_{\text{кислорода}} = 20,9\%$ ;

$P_{\text{кислорода}} = 159$  мм рт. ст.

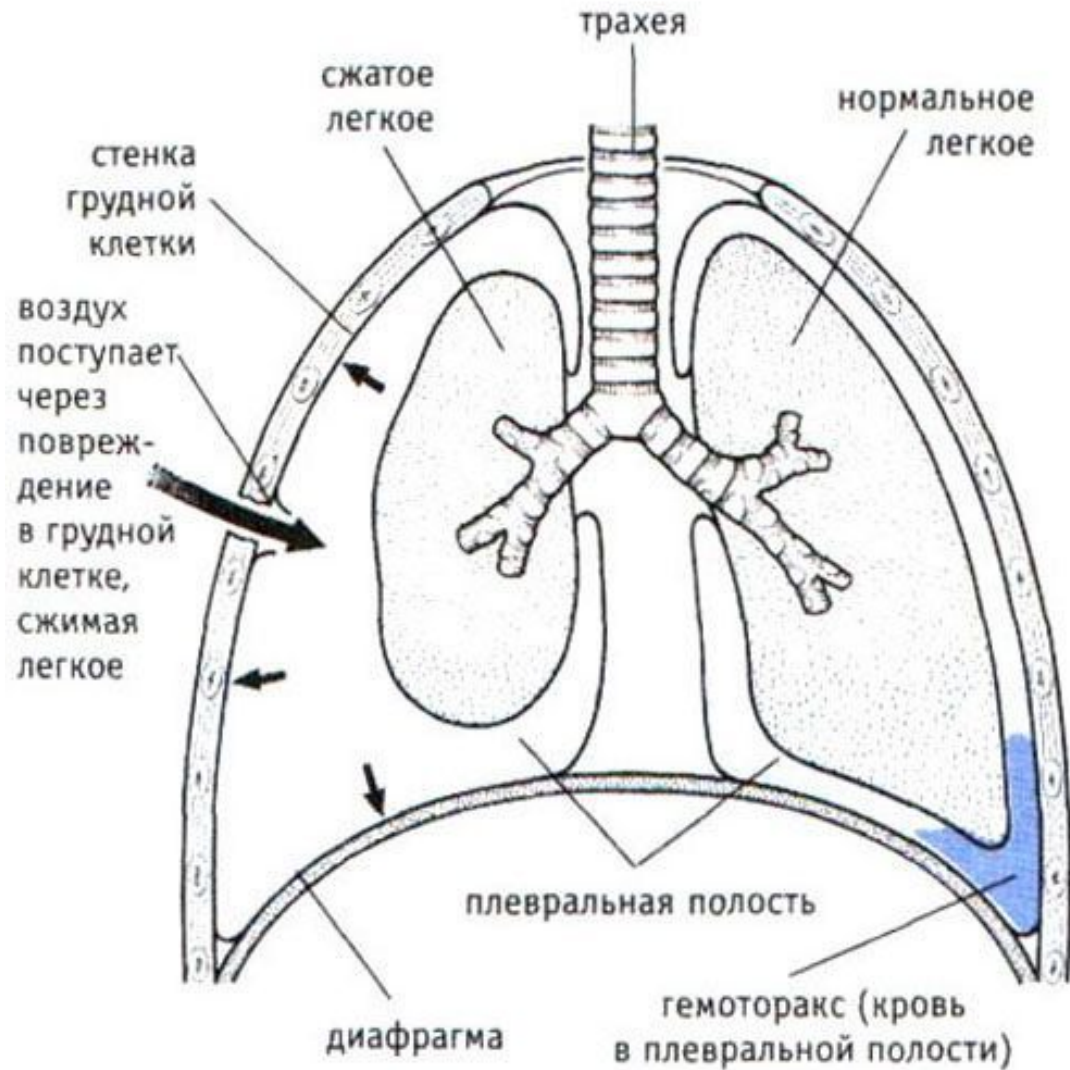


## Содержание и парциальное давление (напряжение) кислорода и углекислого газа в различных средах

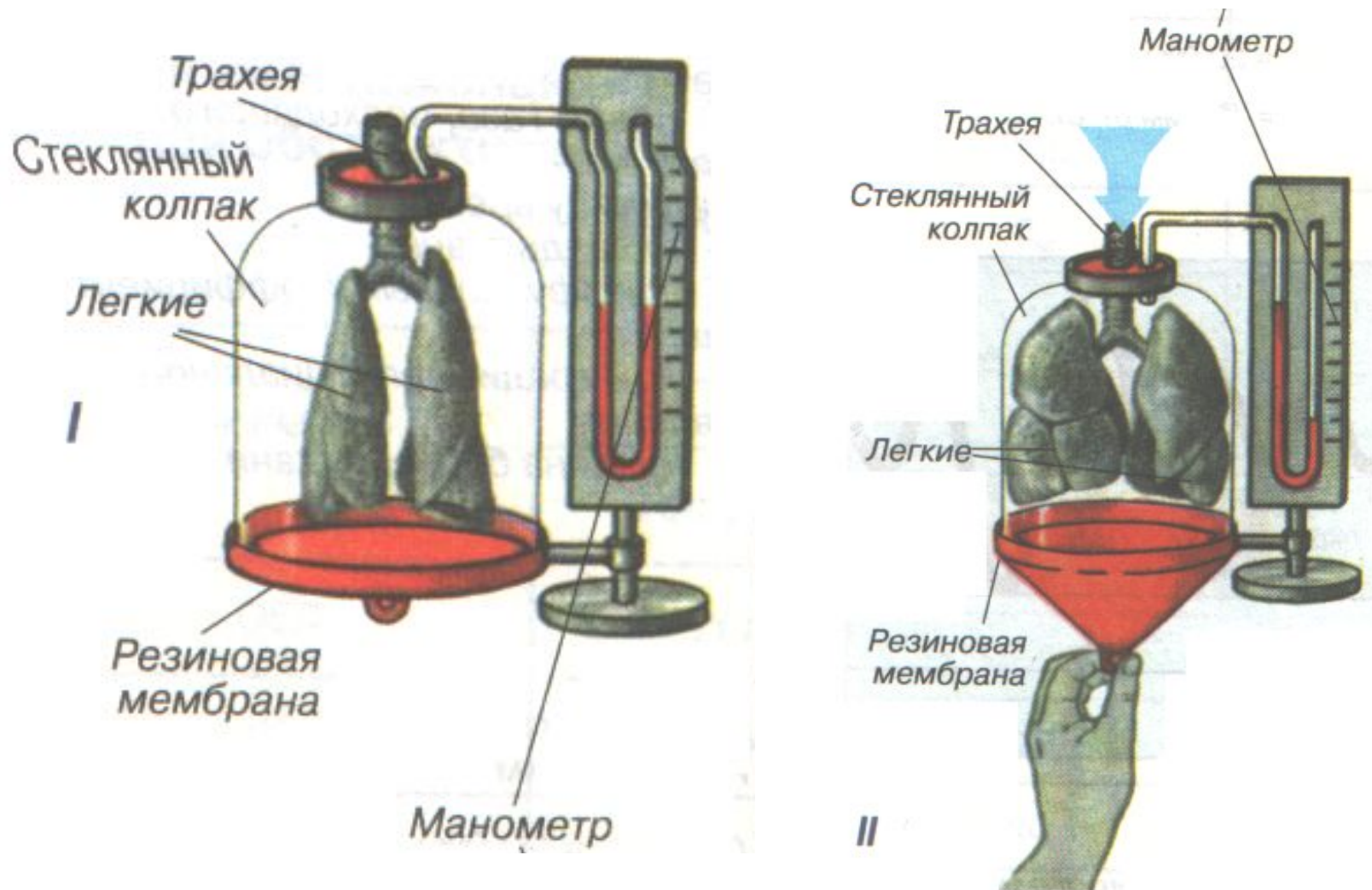
Среда	Кислород		Углекислый газ	
	%	мм рт.ст.	%	мм рт.ст.
Вдыхаемый воздух	20,93	159	0,03	0,2
Выдыхаемый воздух	16,0	121	4,5	34
Альвеолярный воздух	14,0	100	5,5	40
Артериальная кровь	-	100	-	40
Венозная кровь	-	40	-	46
Ткань	-	10	-	60
Около митохондрий	-	0,1	-	70

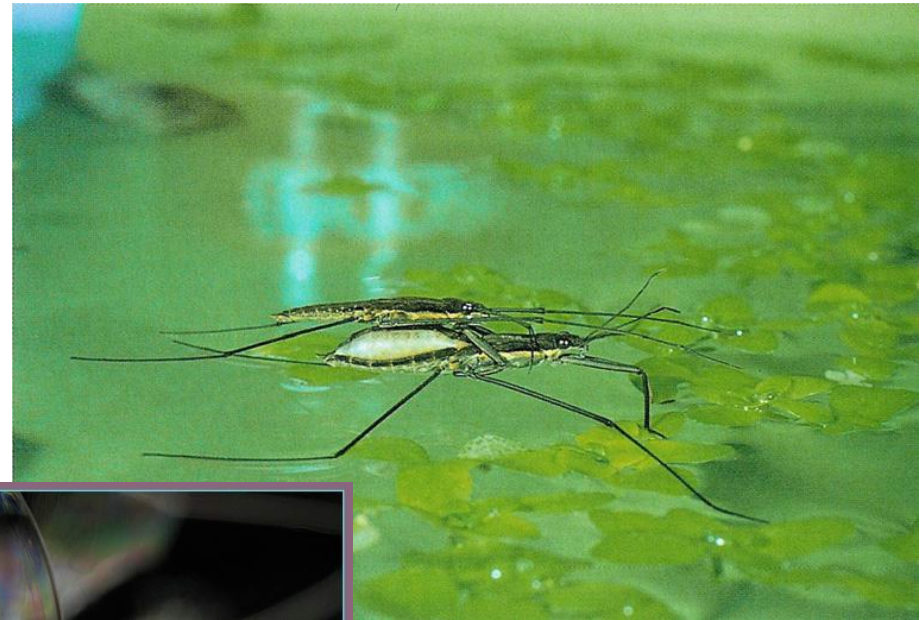
## **2. Дыхательный акт**

# Плевральная полость



# Модель Дондерса





Поверхностно активные вещества увеличивают поверхностное натяжение жидкости. К таким веществам относят **сурфактанты** легких.



Мышцы, осуществляющие дыхательный акт, подразделяют на:

**1) инспираторные** (вдоха) - диафрагма и наружные межреберные мышцы.

**2) экспираторные** (выдоха) – внутренние межреберные и мышцы брюшной стенки

**3) вспомогательные**, которые включаются при форсированном дыхании. Это ряд мышц шеи, груди и спины.

## Мышцы вдоха

### Дополнительные

M. sternocleidomastoideus  
(поднимает грудину)

Mm. scaleni  
anterior  
medius  
posterior

поднимают и фиксируют  
верхние рёбра

### Главные

Mm. intercostales  
externi (поднимают  
рёбра, увеличивая  
ширину грудной клетки)

Mm. intercostales  
interni, pars  
intercartilaginea  
(также поднимают  
рёбра)

Diaphragma  
(при сокращении  
опускается вниз,  
увеличивая  
вертикальный размер  
грудной полости,  
также поднимает  
нижние рёбра)

## Мышцы выдоха

### Спокойный выдох

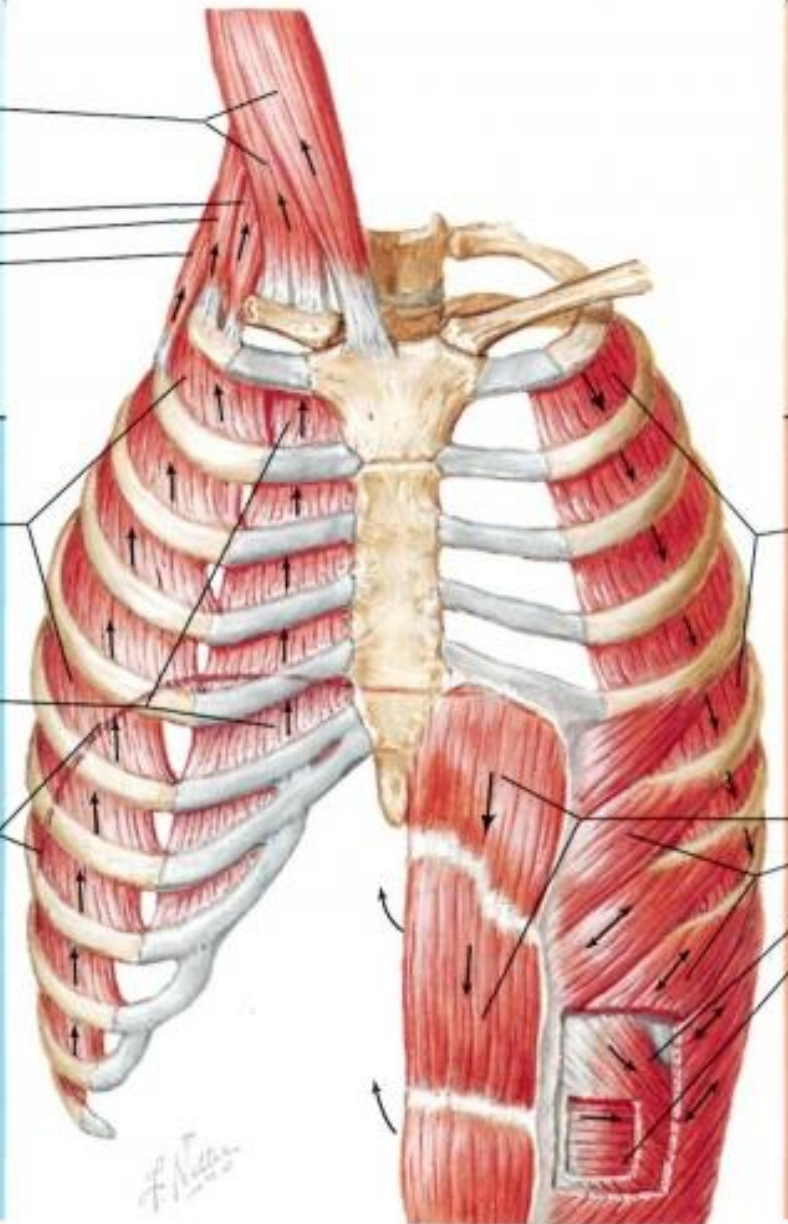
Выдох происходит  
пассивно за счёт  
эластичности лёгких,  
выдавливающих воздух,  
и опускания рёбер

### Активный (форсированный) выдох

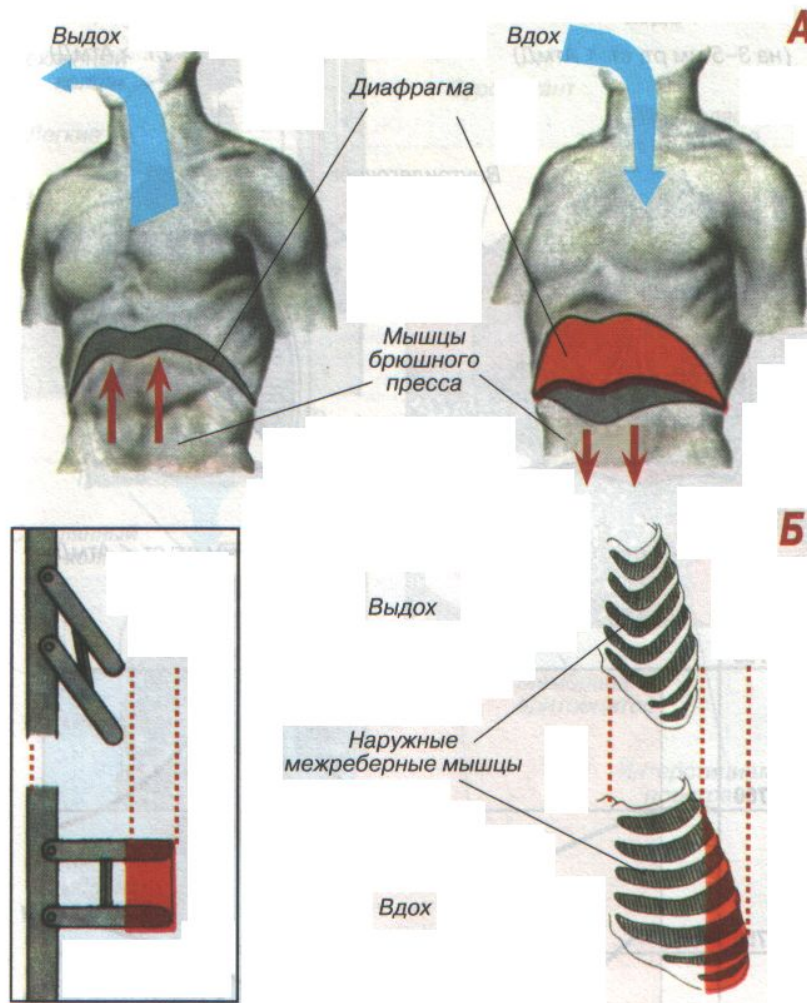
Сокращение mm.  
intercostales interni (за  
исключением pars  
intercartilaginea)

Сокращение мышц  
брюшной стенки (опускают  
нижние рёбра, повышают  
внутрибрюшное давление,  
в результате диафрагма  
поднимается вверх)

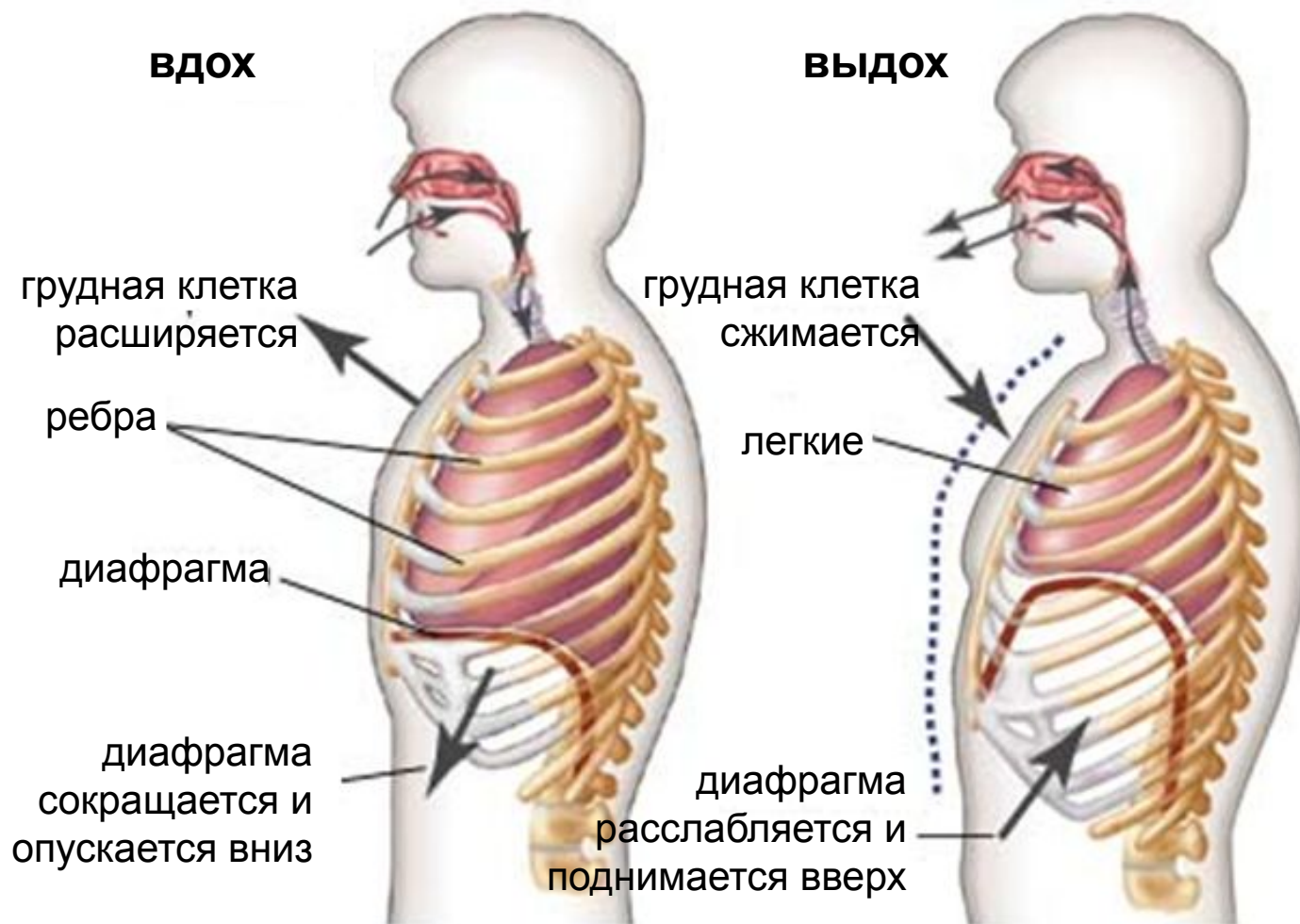
M. rectus abdominis  
M. obliquus externus  
abdominis  
M. obliquus internus  
abdominis  
M. transversus  
abdominis



# Механизм вдоха и выдоха

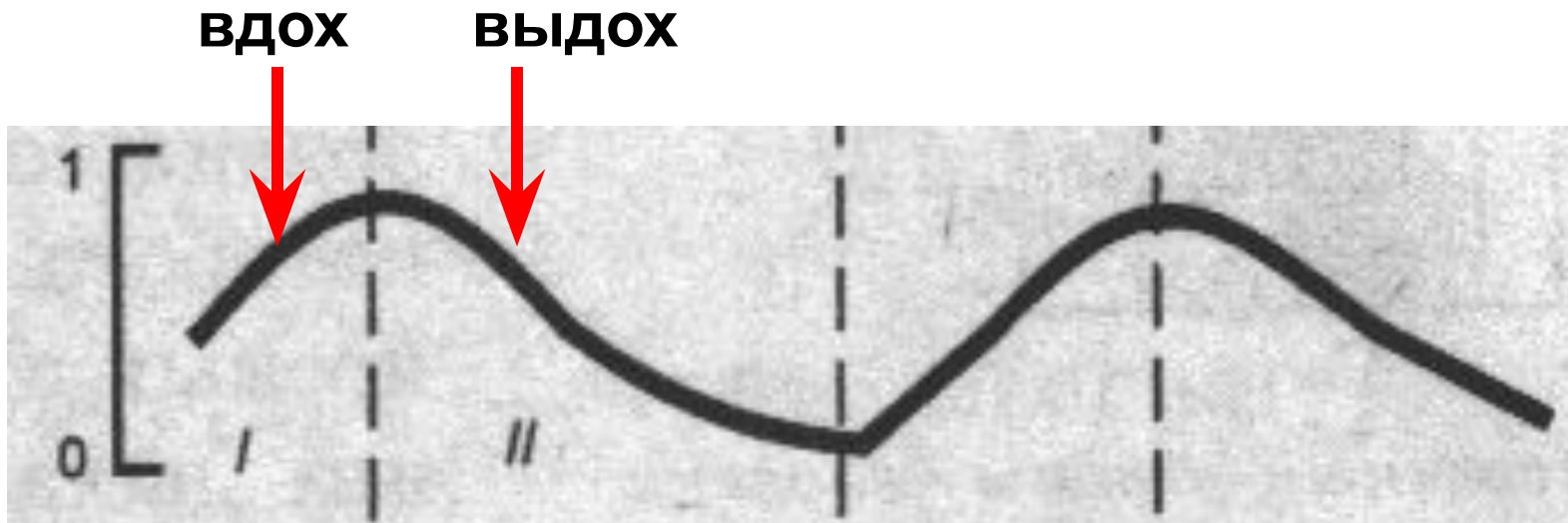


# Механизм вдоха и выдоха



## **2.3. Паттерны дыхания**

Один цикл чередования вдоха и выдоха составляет **дыхательный акт**.

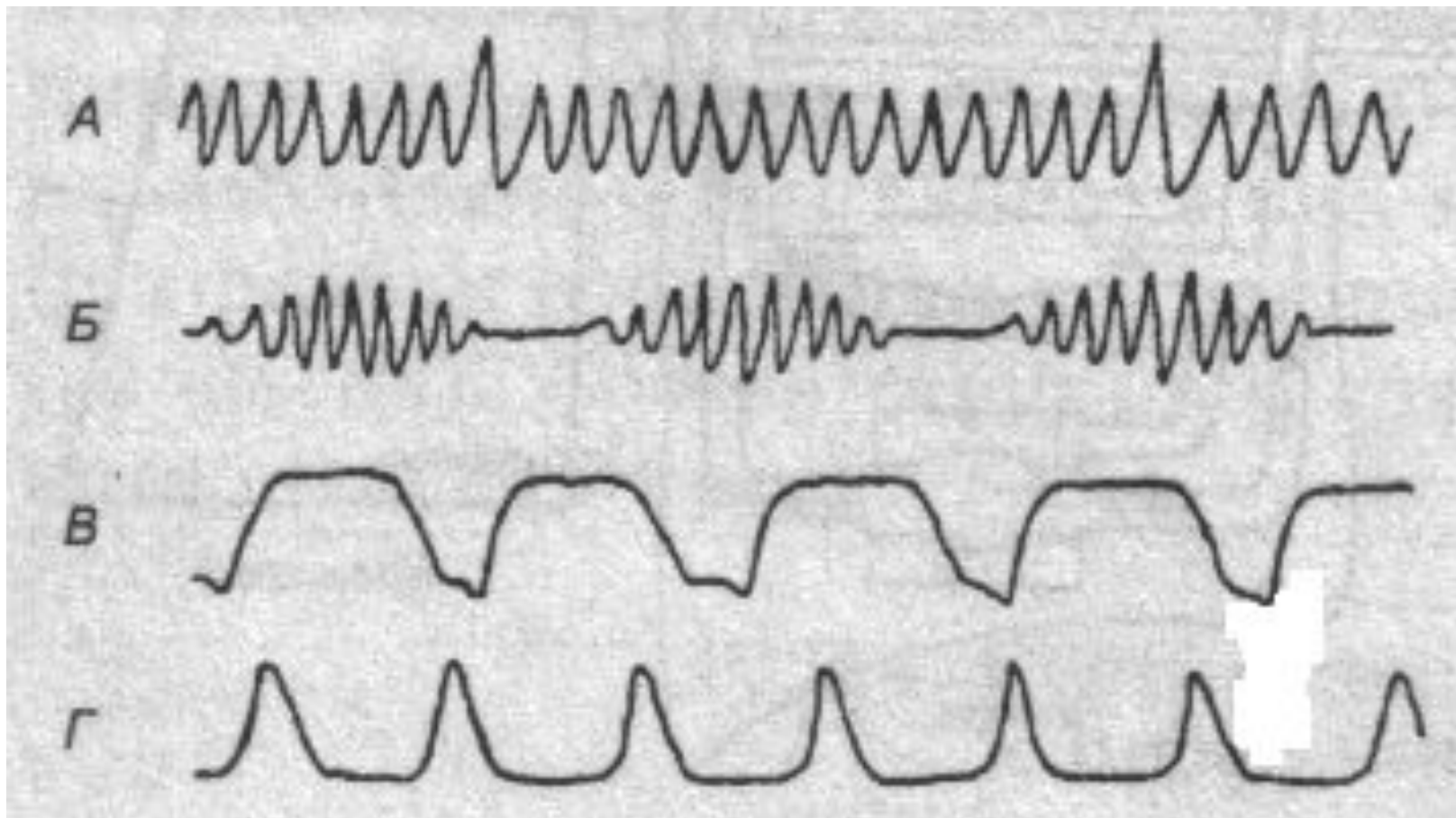


**Фазы дыхательного акта (спирограмма)**



**Паттерн дыхания** - это соотношение компонентов дыхательного акта (длительность фаз, глубина дыхания, динамика давления и потоков в воздухоносных путях).

Организм избирает такой паттерн дыхания, при котором требуемый уровень альвеолярной вентиляции достигается с наименьшей затратой энергии на работу дыхательных мышц.



**Паттерны дыхания.** А – нормальное дыхание; Б – дыхание Чейна-Стокса; В – апнейстическое дыхание; Г – дыхание типа «гаспинг».

**Легочной вентиляцией** называют объем воздуха, вдыхаемого за единицу времени.

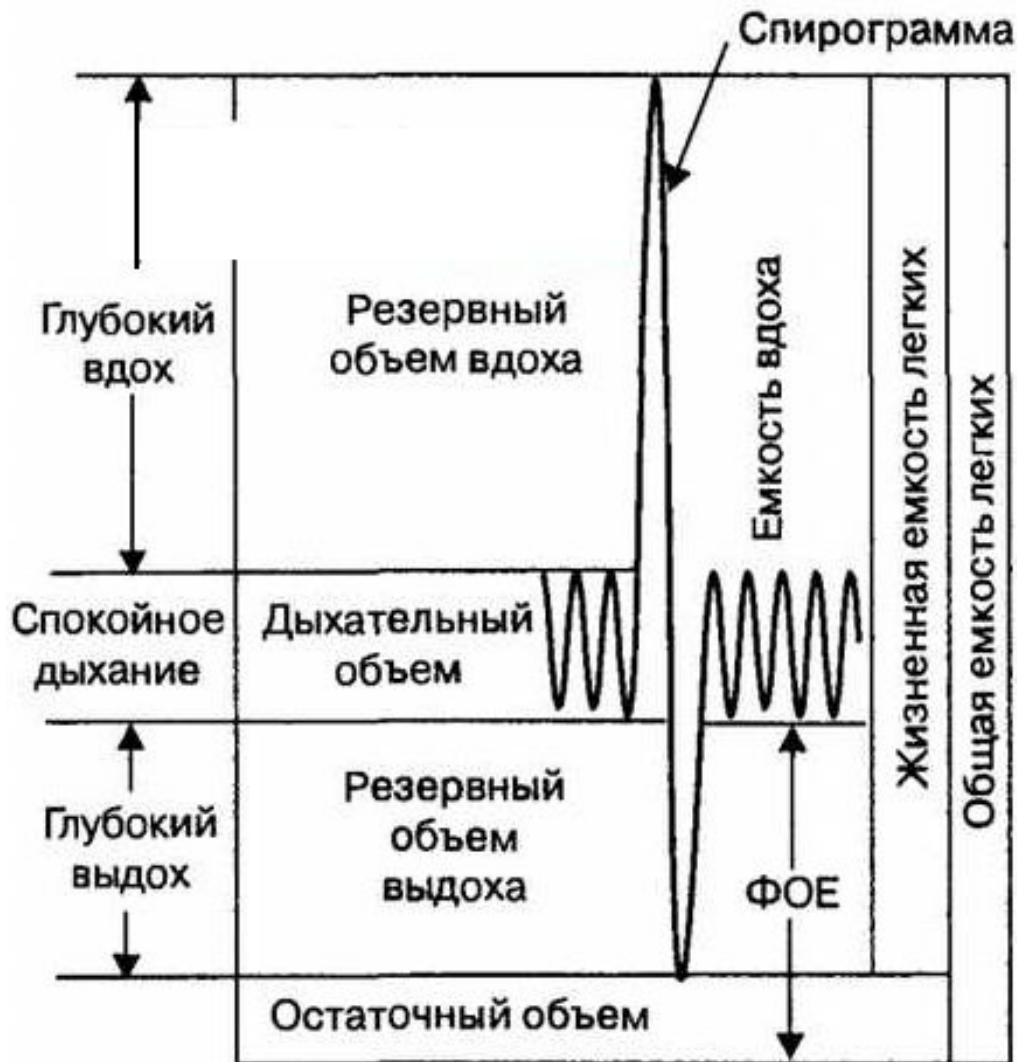
**Компоненты легочной вентиляции:**

- **Дыхательный объем** — количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает в покое.
- **Резервный объем вдоха** — количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после нормального вдоха.
- **Резервный объем выдоха** — количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха.

## **Компоненты легочной вентиляции:**

- **Остаточный объем** — количество воздуха, оставшееся в легких после максимального выдоха.
- **Жизненная емкость легких** — максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после наибольшего вдоха.  $ЖЕЛ = ДО + РО_{вд} + РО_{выд}$
- **Общая емкость легких** — максимальное количество воздуха, содержащегося в легких при наибольшем вдохе, является суммой жизненной емкости и общей емкости легких.
- **«Мертвое» воздушное пространство** объем воздуха, занимающего полости носа, рта, трахеи, бронхов, и не участвует в газообмене.

# Схема легочных объемов и емкостей, их отражение на спирограмме



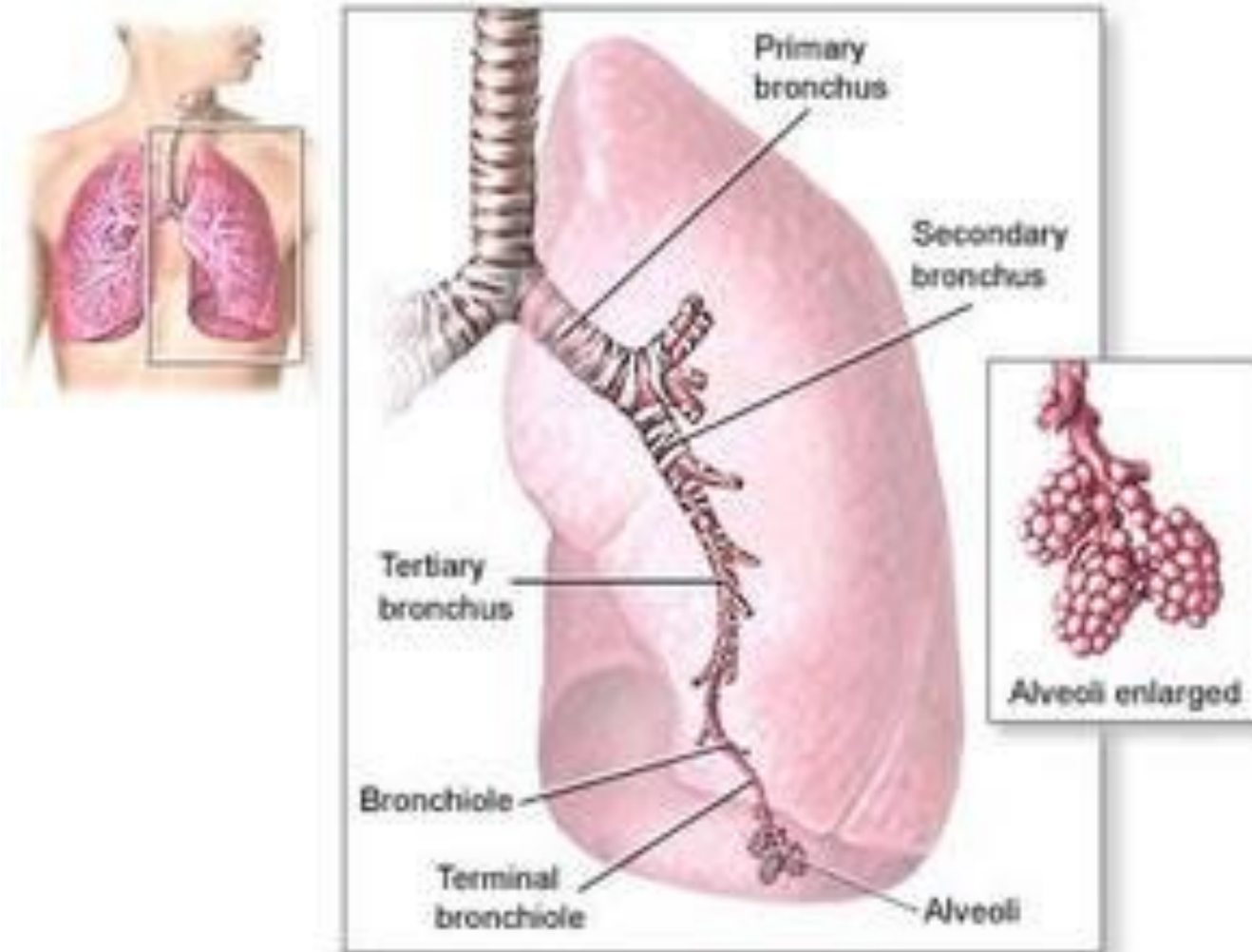
# Физиологические нормы легочного дыхания

Показатель	Должная величина
ДО, мл	500
РО <sub>вд</sub> , мл	1500-2000
РО <sub>выд</sub> , мл	800-1500
ЖЕЛ, мл	2700-6200
ЧД, цикл/мин	16-18
МОД, л/мин	8-12

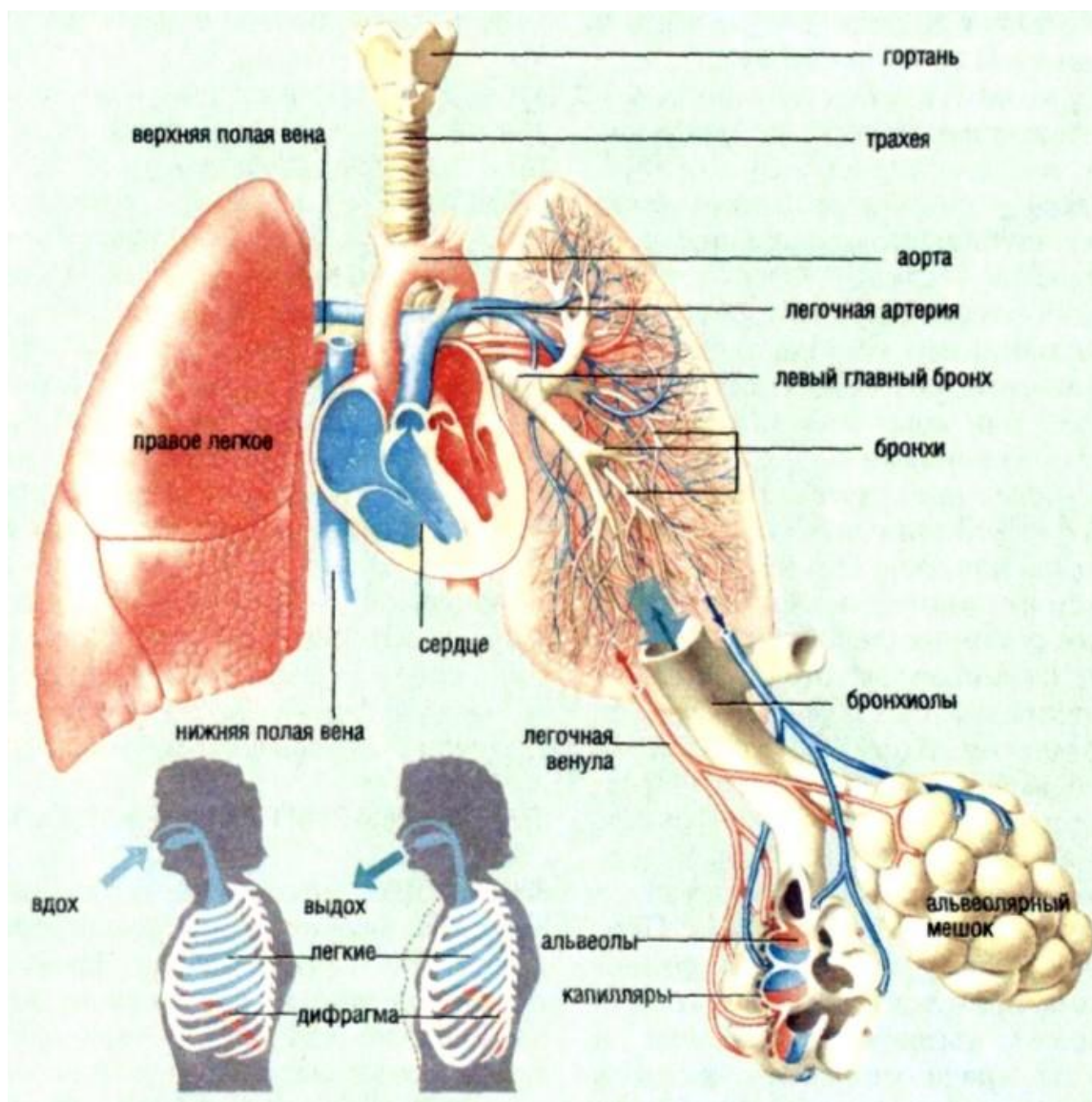


### **3. Газообмен в легких**

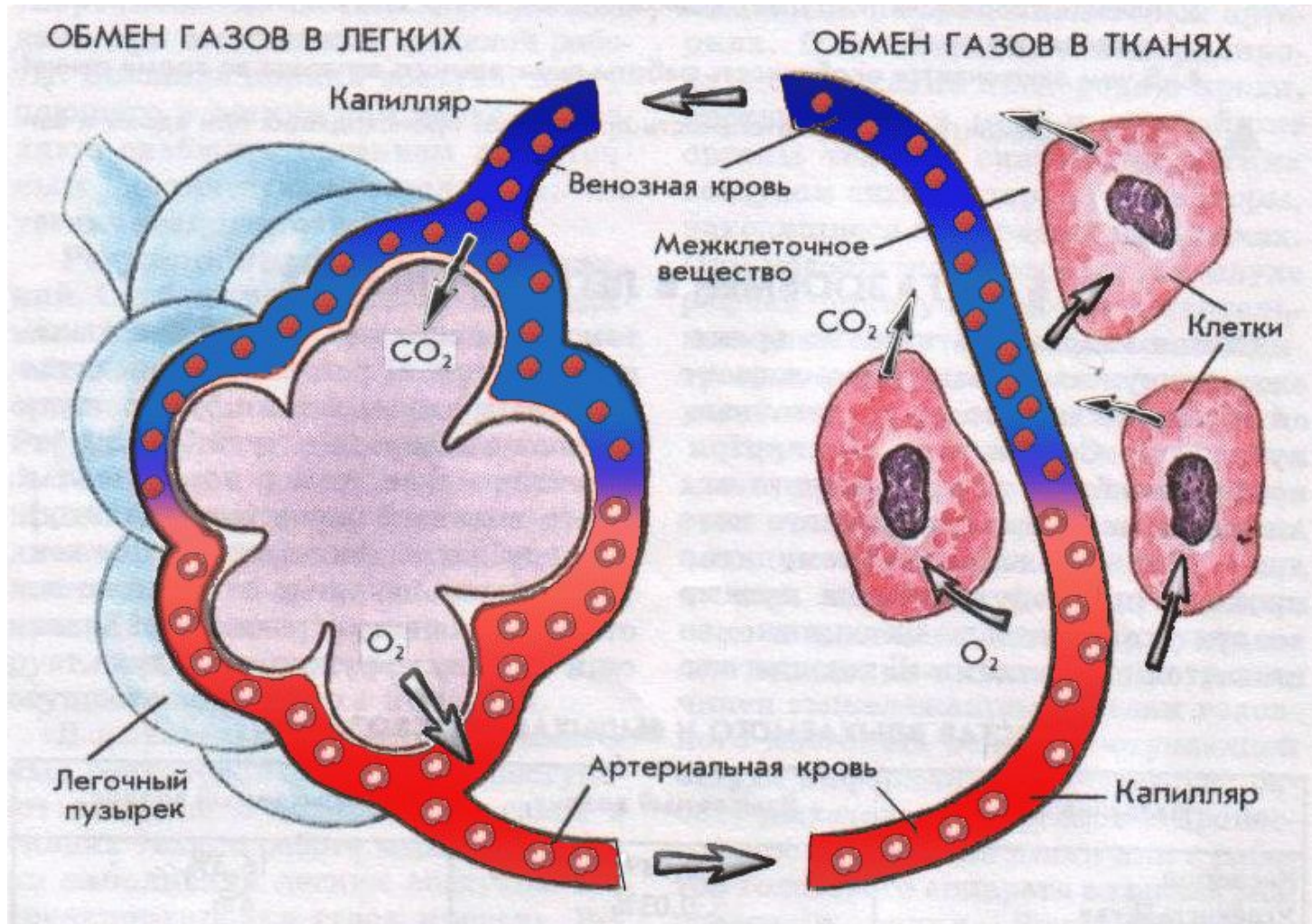
# Поступление воздуха в легкие



# Поступление крови к легким

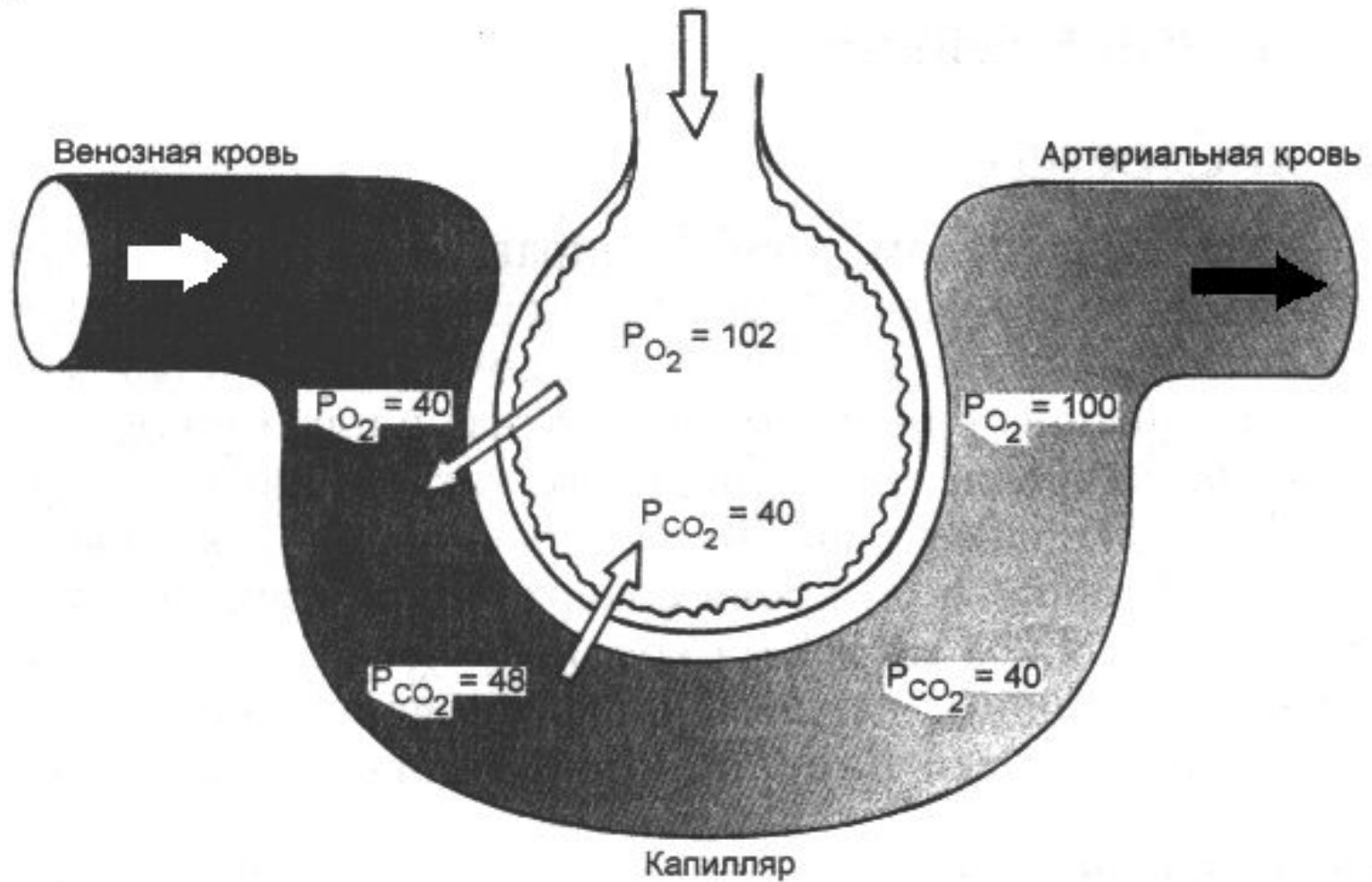


# Газообмен в легких и тканях

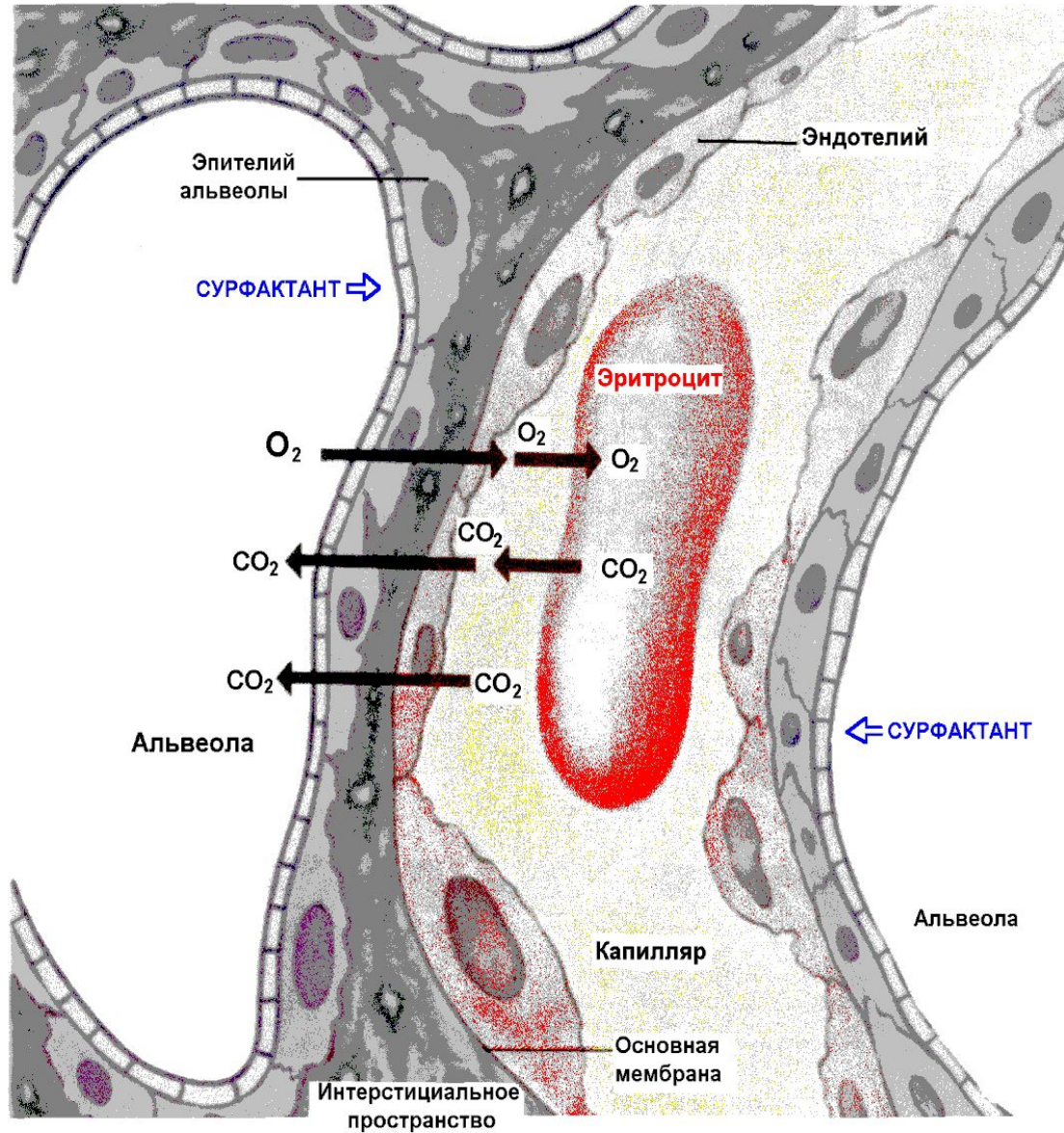




# Газообмен в легких



# Аэрогематический барьер

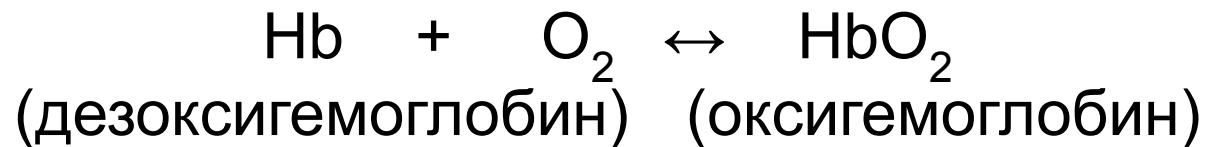




### **3. Газообмен в легких**

## **Транспорт кислорода кровью:**

- в связанном с гемоглобином виде — в форме оксигемоглобина:
- за счет физического растворения газа в плазме крови (около 2%).



1 моль гемоглобина связывает 4 моль  $\text{O}_2$   
1 г гемоглобина связывает 1,34—1,36 мл  $\text{O}_2$

В крови человека содержится примерно 150 г/л гемоглобина, поэтому

100 мл крови могут переносить около 21 мл  $\text{O}_2$

Это так называемая **кислородная емкость крови.**

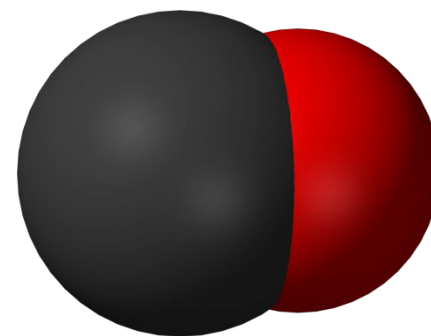
В эмбриональный период гемоглобин человека имеет особую форму – **фетальный гемоглобин F**. Он способен переносить на 20-30 % больше кислорода, обладает большей способностью связываться с ним (**средством к кислороду**).

К моменту рождения гемоглобин F составляет 50-80%, к 3 годам около 2 %, затем исчезает.

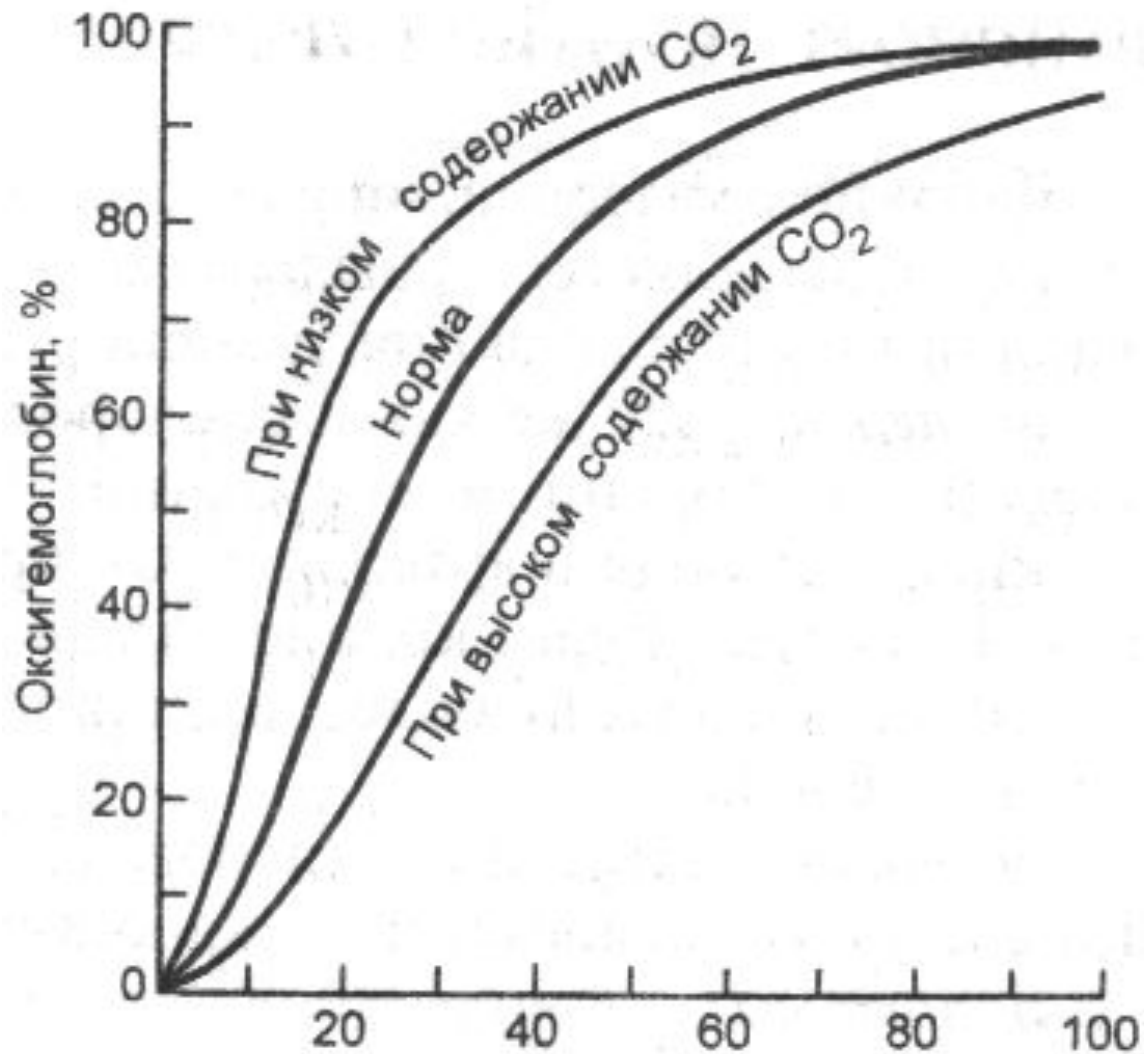
Большая часть гемоглобина взрослого человека (95-98%) состоит из фракции А (взрослый гемоглобин), около 1-2% гемоглобин F (фетальный).



Гемоглобин легко соединяется с угарным газом – оксидом углерода CO, образуя устойчивое соединение - карбоксигемоглобин.



## Кривые диссоциации оксигемоглобина



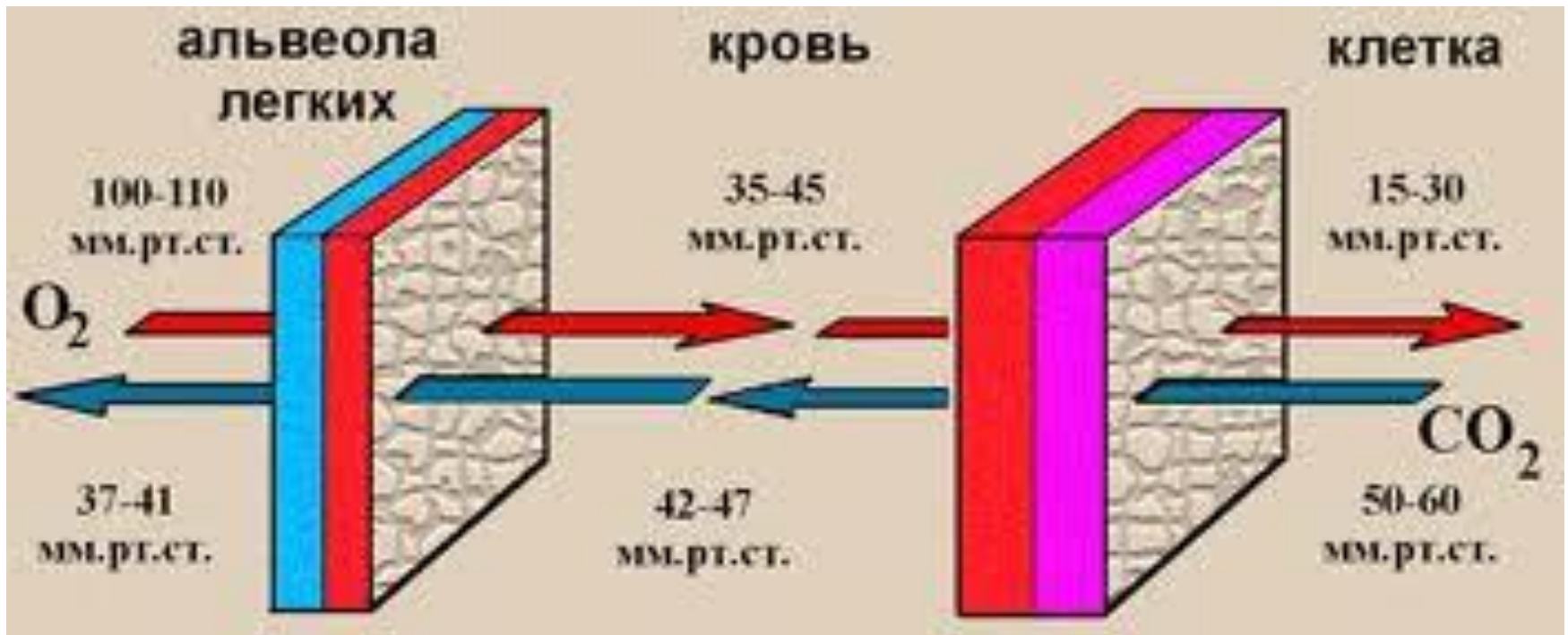


## Транспорт $\text{CO}_2$ :

- в виде гидрокарбоната  $\text{HCO}_3^-$ , образующегося в результате диссоциации угольной кислоты (около 4/5 всего  $\text{CO}_2$ );
- в физически растворенном состоянии (3-6% общего количества  $\text{CO}_2$ , в 9 раз больше физически растворенного  $\text{O}_2$ );
- в виде химического соединения с дезоксигенированным гемоглобином — карбогемоглобина (около 15 %).

## **5. Транспорт кислорода и углекислого газа в тканях**

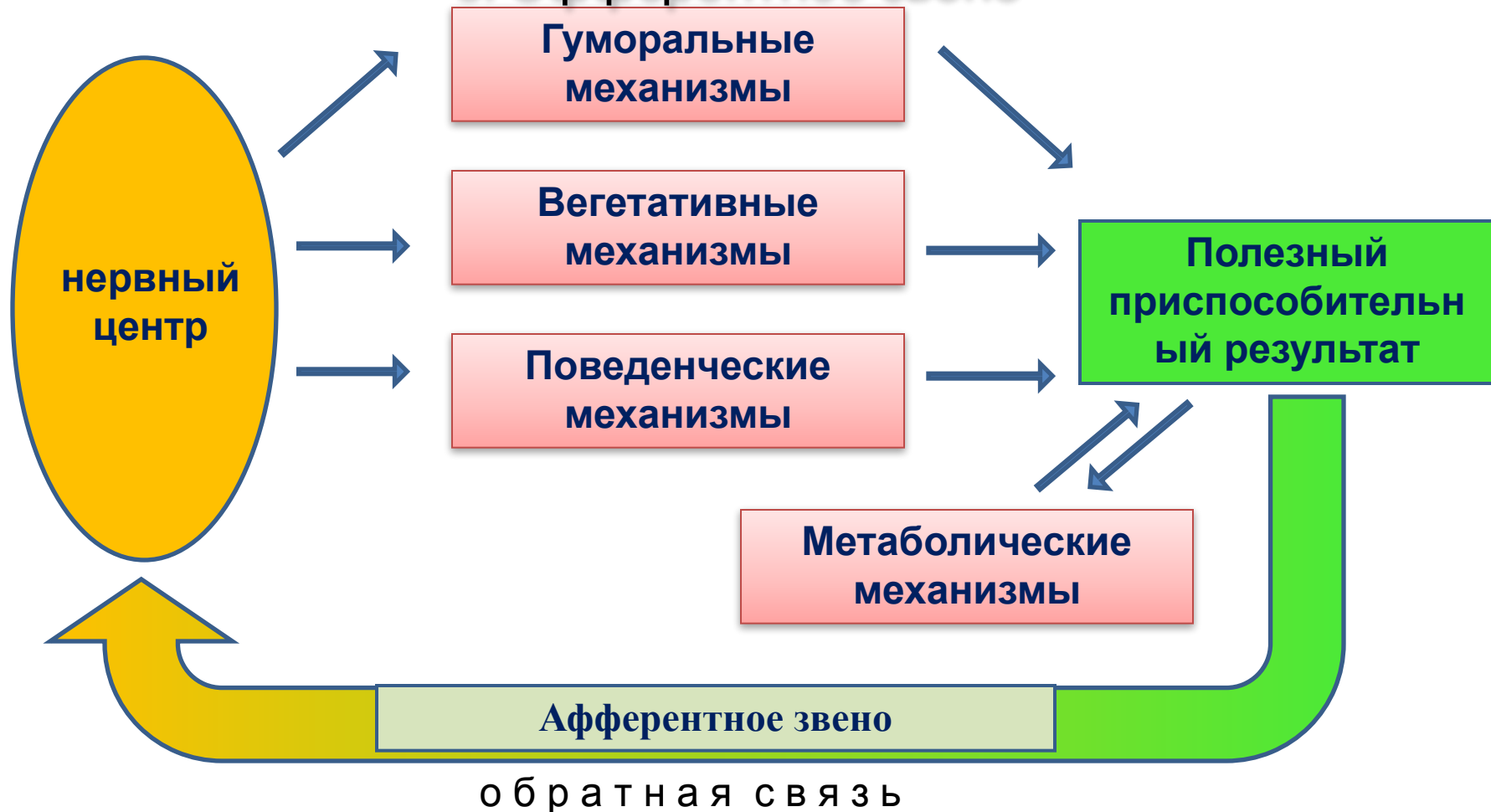
# Транспорт кислорода и углекислого газа в тканях



## **6. Регуляция дыхания.**

Механизмы регуляции включают:

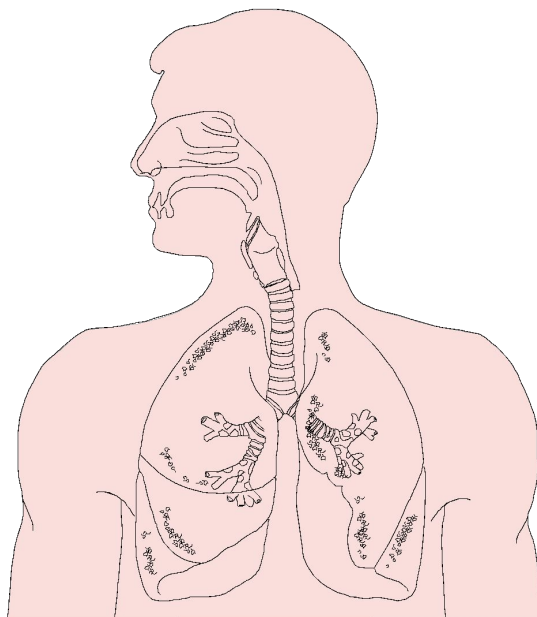
1. Чувствительное звено
2. Центральное звено
3. Эфферентное звено



# Афферентное звено

## Основные рефлексогенные зоны:

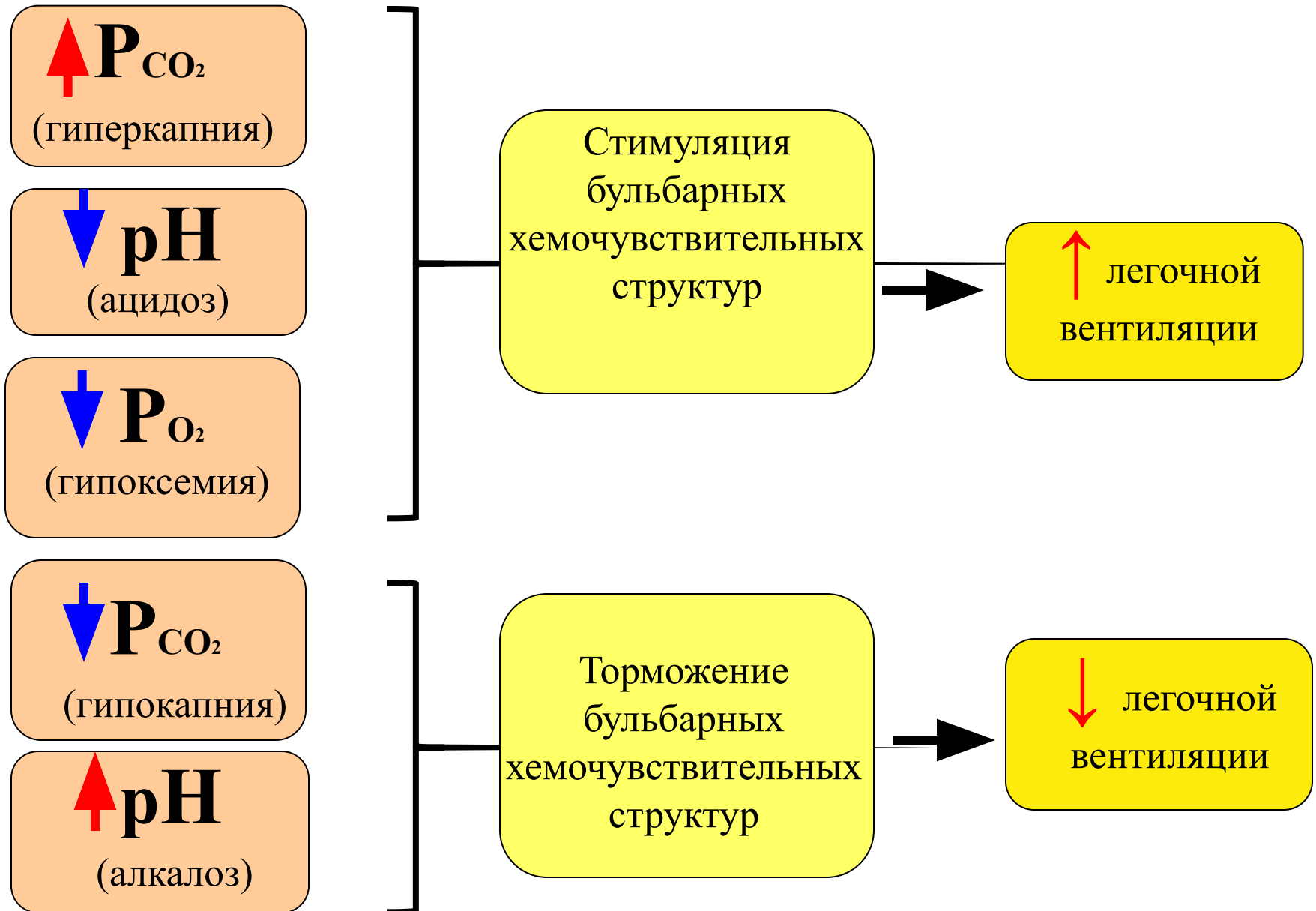
- центральные рецепторы (ствол мозга)
- периферические рецепторы (рефлексогенные зоны сосудов)
- рецепторы легких



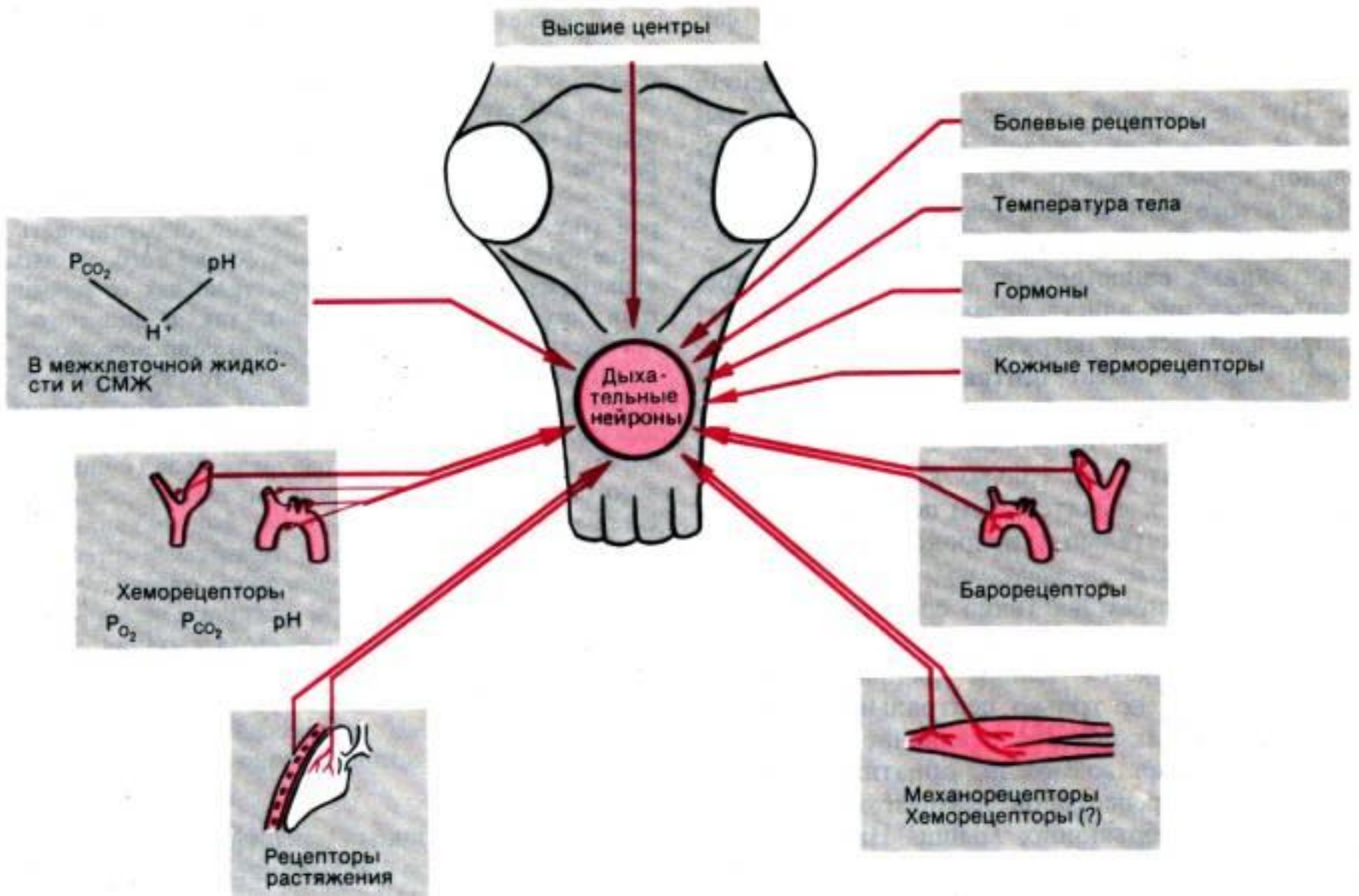
Хеморецепторы  
( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$ )

Механорецепторы

# ЧУВСТВИТЕЛЬНОЕ ЗВЕНО



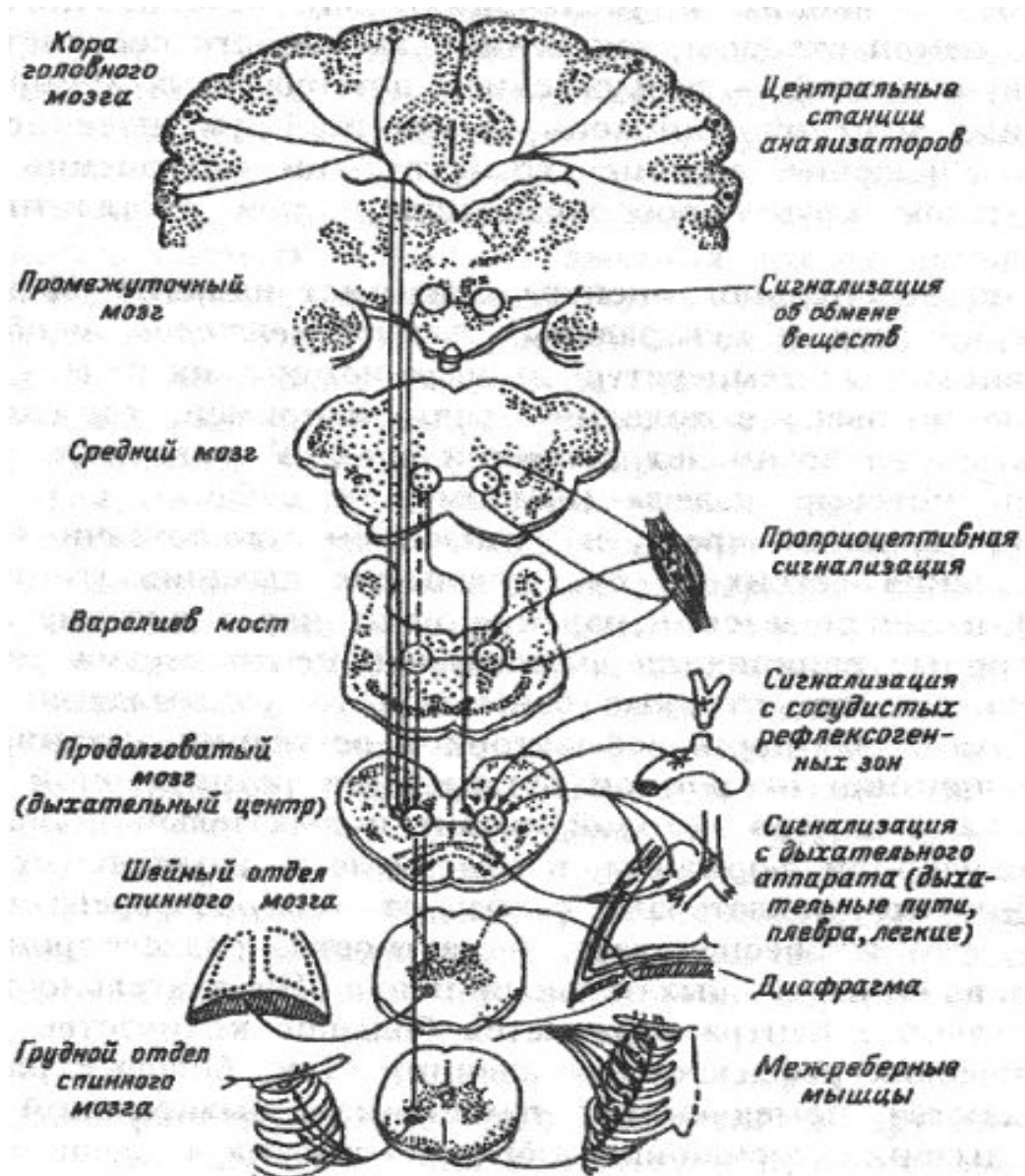




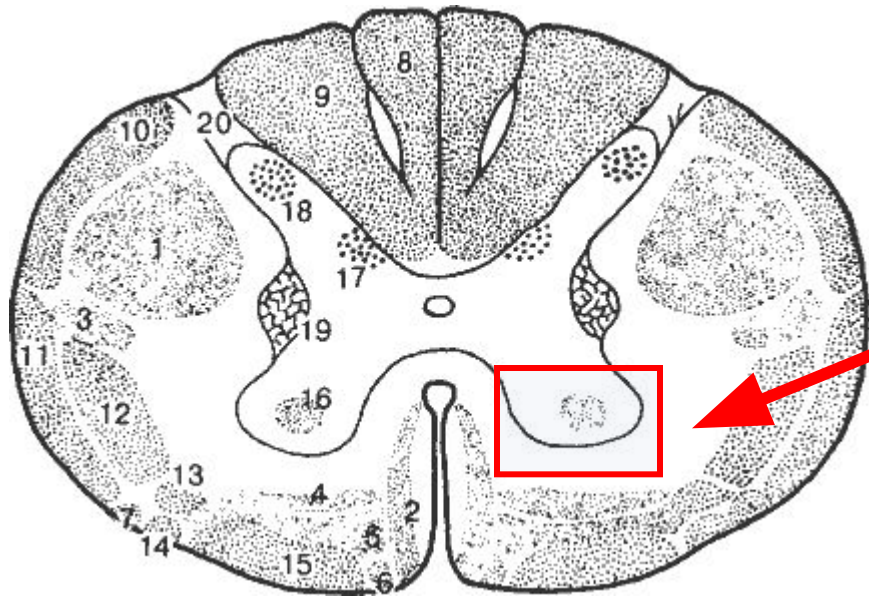
**ДЫХАТЕЛЬНЫЙ НЕРВНЫЙ ЦЕНТР** – совокупность структур мозга, так или иначе участвующих в регуляции дыхания и в наиболее совершенном приспособлении его к изменяющимся дыхательным потребностям организма. Включает:

- 1. Спинальный уровень**
- 2. Бульбарный уровень + уровень варолиевого моста**
- 3. Гипоталамический уровень**
- 4. Кортикальный уровень**

# Дыхательный центр

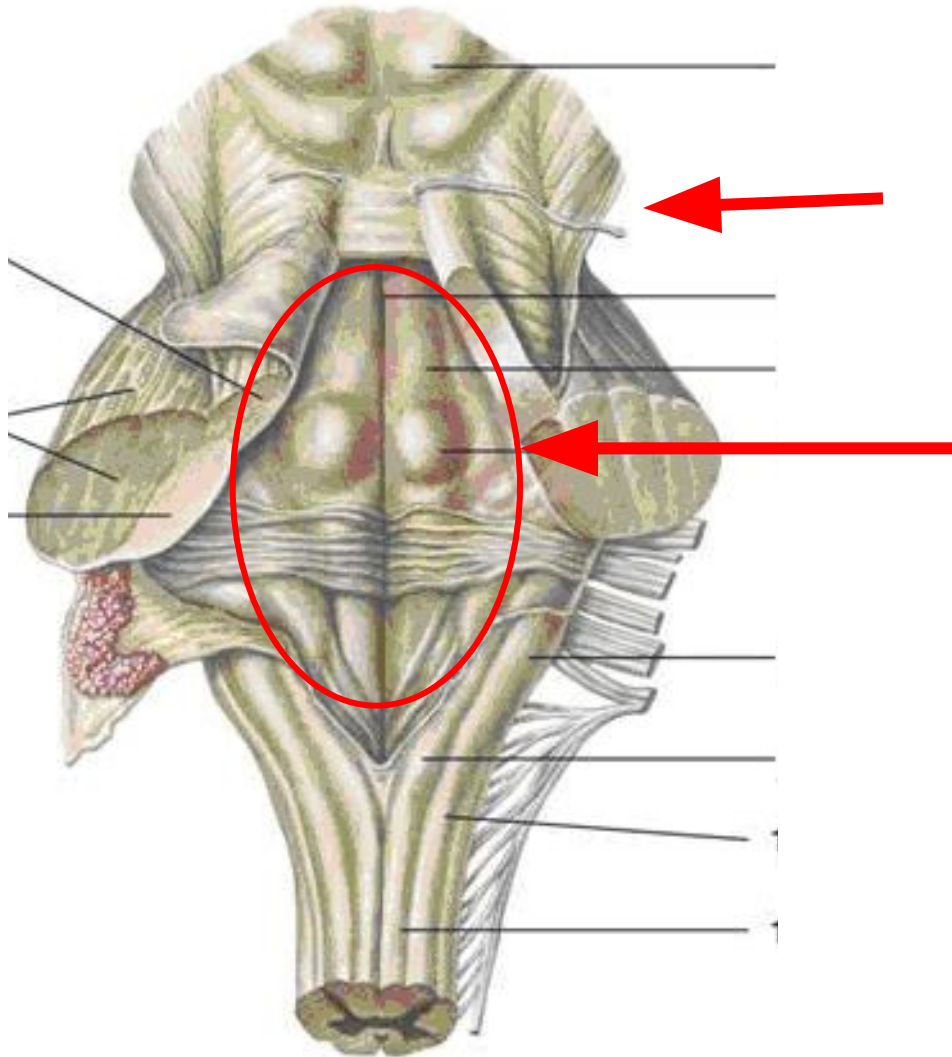


# Спинальный уровень



**Передние рога спинного  
мозга регулируют  
деятельность диафрагмы  
и дыхательных мышц**

# Бульбарный уровень и уровень варолиевого



## Варолиев мост

(центр регуляции частоты дыхания)

## Основные ядра дыхательного центра

(дно IV желудочка – инспираторный и экспираторный центры)

# Бульбарный уровень

Реципроктное  
взаимодействие

Дорсальные ядра  
(инспираторные нейроны)

Сокращение наружных  
межреберных и межхрящевых  
внутренних межреберных  
мышц

Поднимание ребер и  
увеличение диаметра грудной  
клетки

Вдох

Вентральные ядра  
(экспираторные нейроны)

Сокращение задних участков  
внутренних межреберных  
мышц

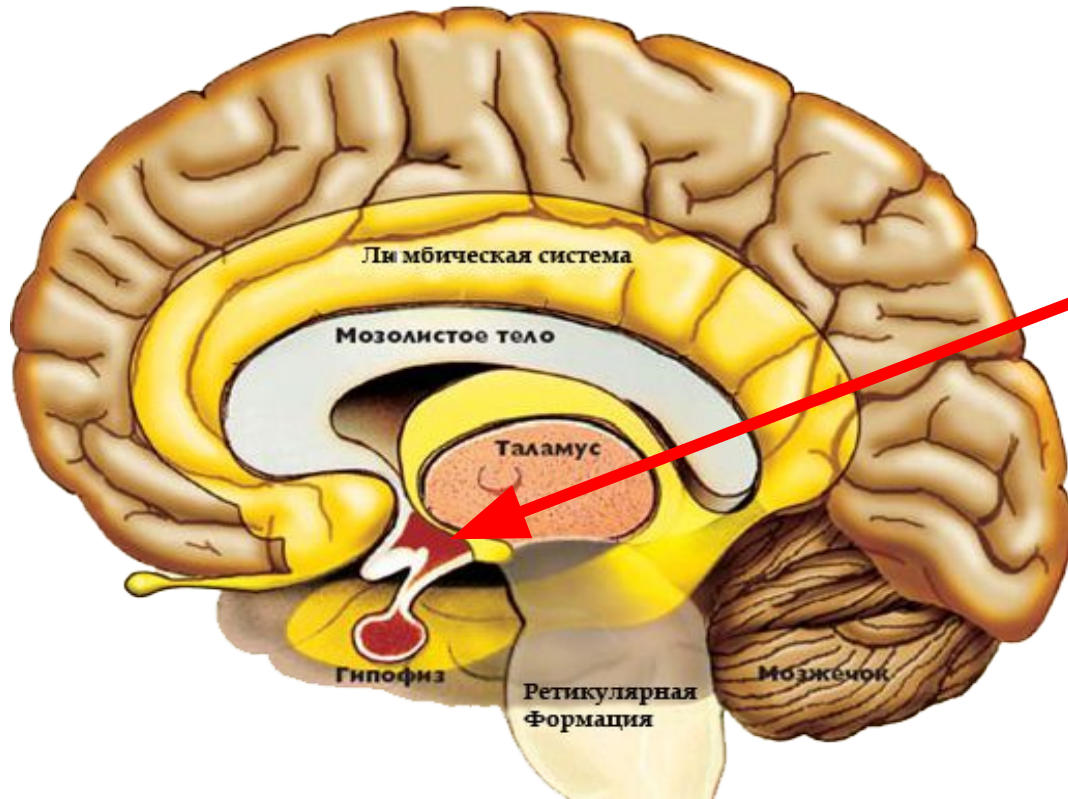
Опускание ребер, уменьшение  
объема грудной клетки

Выдох



# Гипоталамический уровень

Кора головного мозга



Передние и  
задние ядра  
гипоталамуса



# Гипоталамус





Задняя группа ядер

Передняя группа ядер

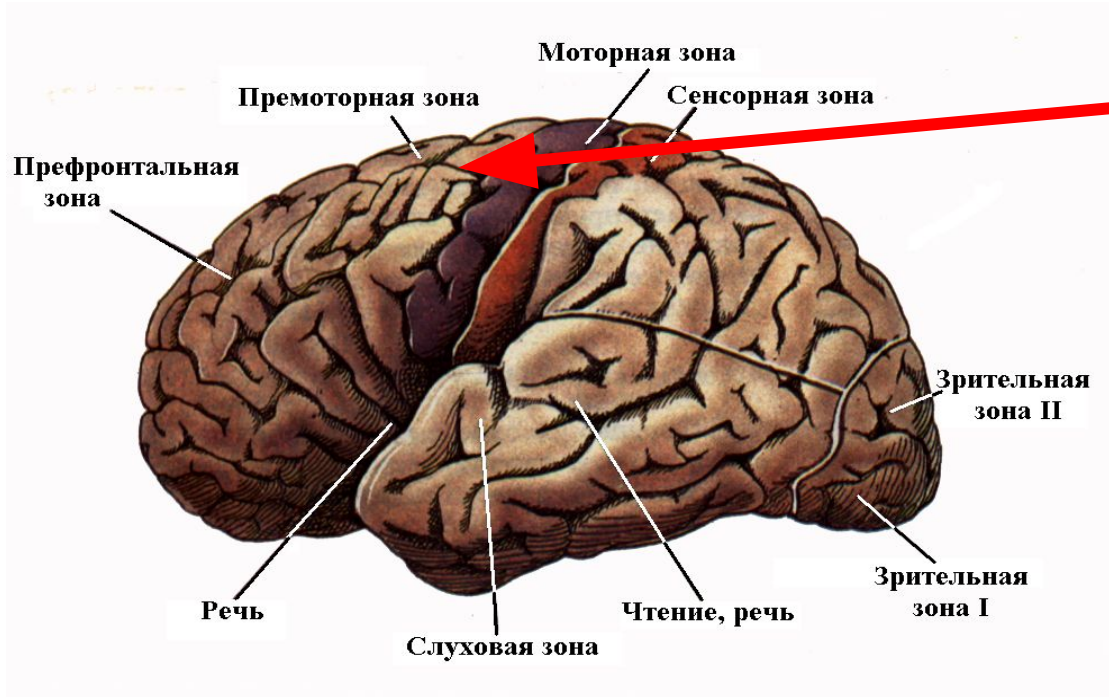
Увеличение частоты  
дыхательных движений и  
глубины дыхания

Уменьшение частоты  
дыхательных движений и  
глубины дыхания

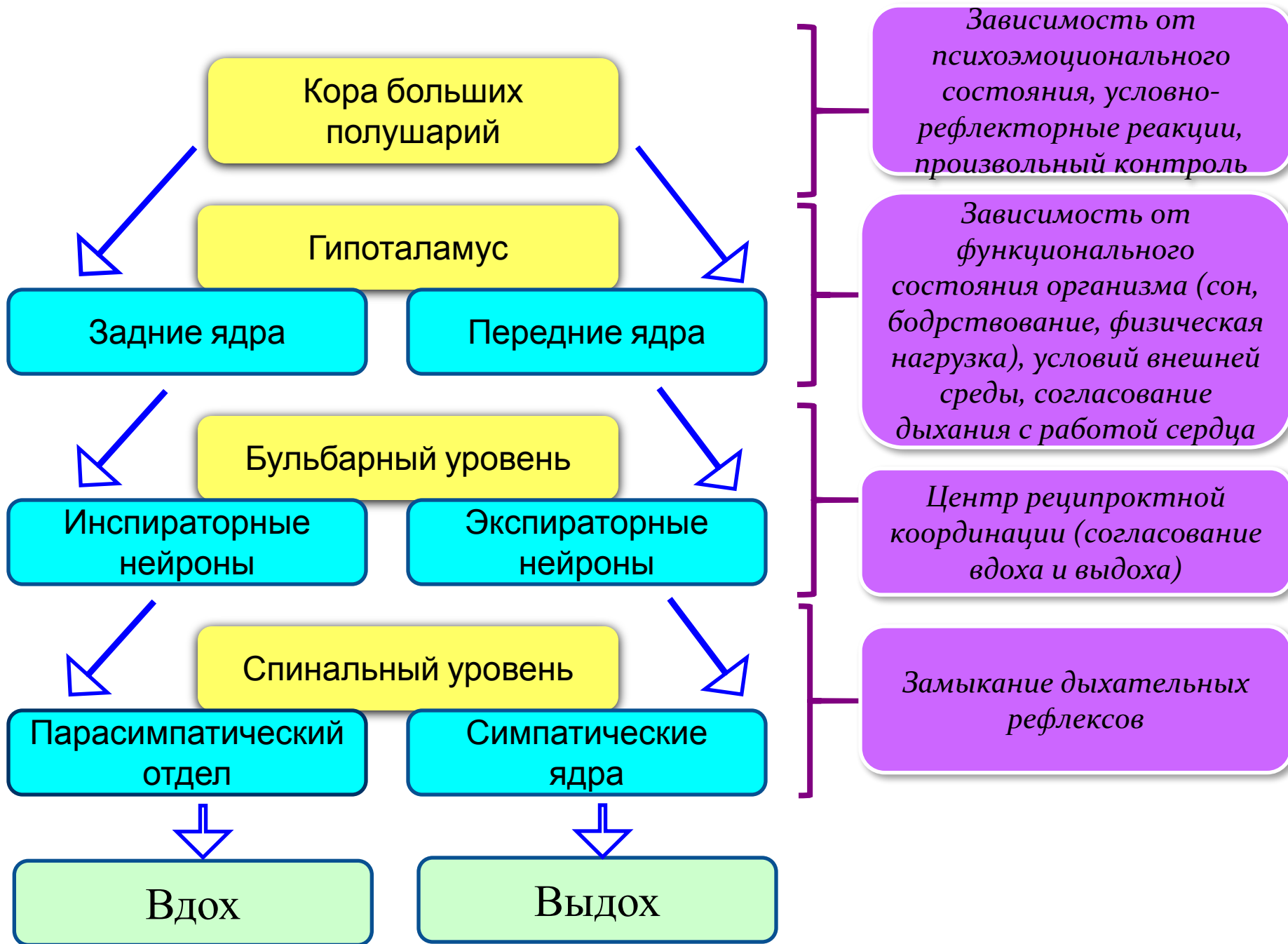
 Легочной  
вентиляции

 Легочной  
вентиляции

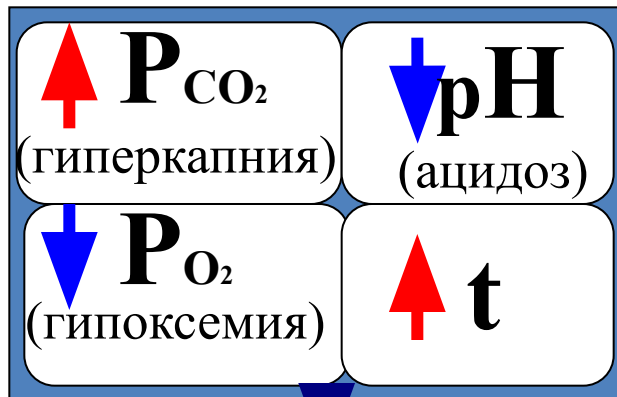
# Корковый уровень



**Моторная и  
премоторная зоны  
коры головного мозга**



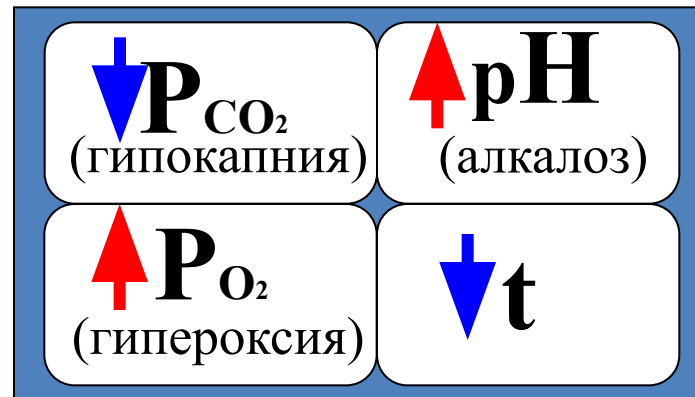
# ЭФФЕРЕНТНОЕ ЗВЕНО



Сокращение  
инспираторной мышцы  
(диафрагмы)

Активация наружных  
межреберных и  
вспомогательных мышц

Наращение частоты  
дыхания, увеличение  
дыхательного объема

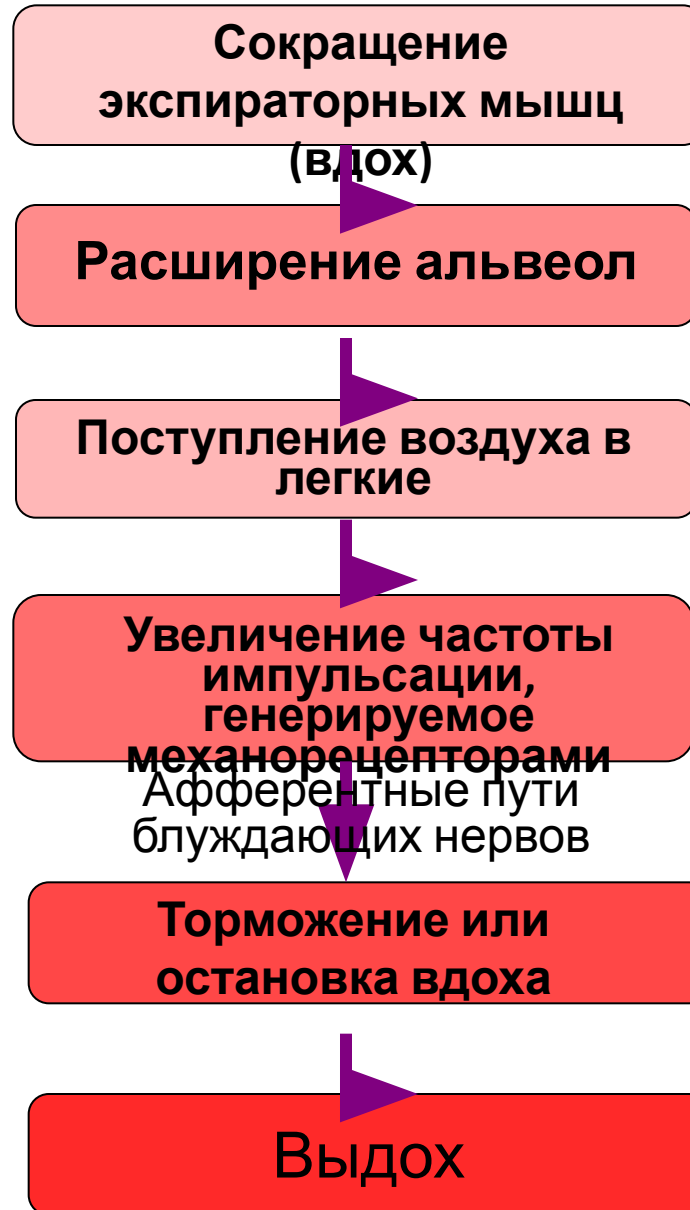


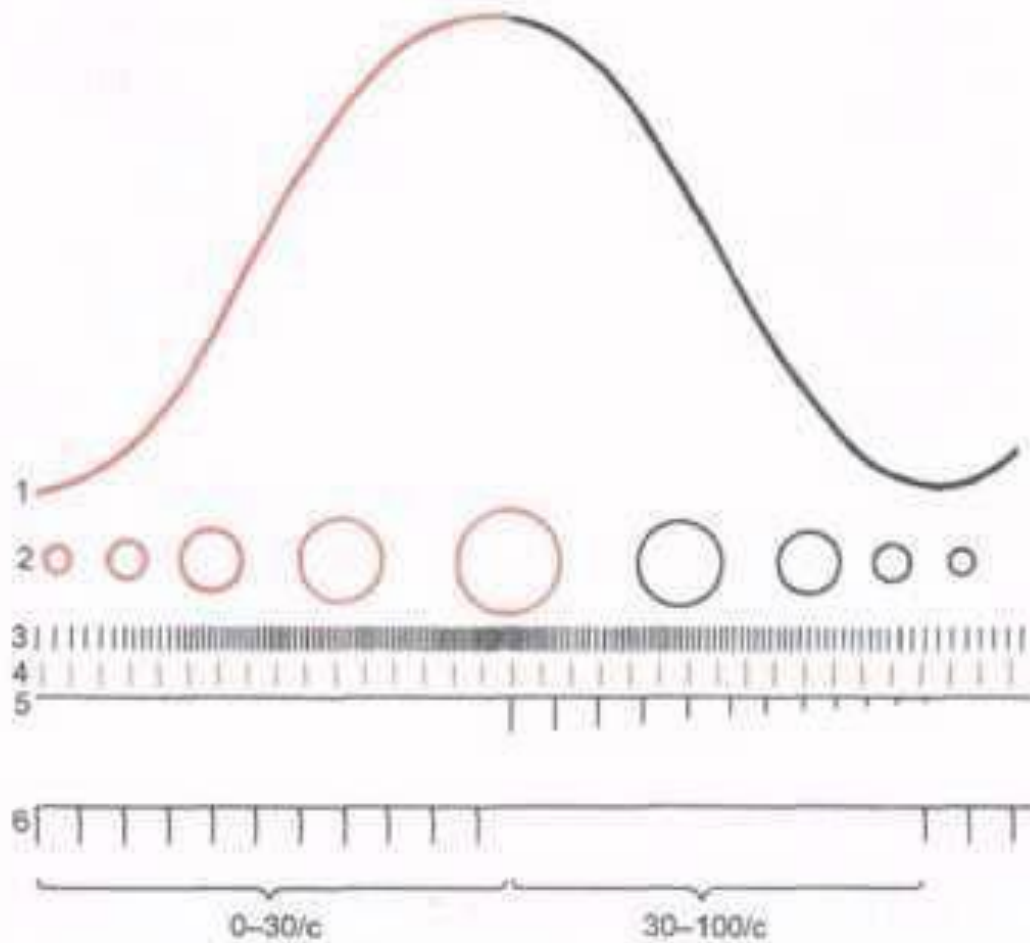
Сокращение  
экспираторных мышц  
(внутренней межреберной  
и мышцы брюшной  
стенки)

Снижение дыхательного  
объема, частоты дыхания

*Изменение характеристик легочной вентиляции (ДО, ЖЕЛ, P<sub>O<sub>вд</sub></sub>, O<sub>О</sub>, E<sub>вд</sub>, ФОЕ, ОЕЛ)*

# Легочно-вагусный рефлекс





Изменение импульсной активности в блуждающем и диафрагмальном нервах и просвета альвеолы во время дыхания

## **7. Особенности дыхания в различных условиях**



# Дыхание при разных температурах среды

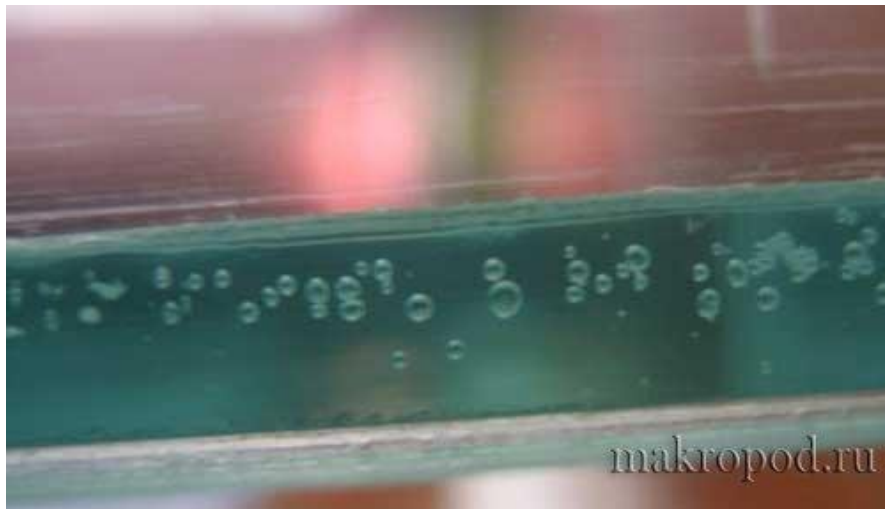


# Дыхание на большой высоте

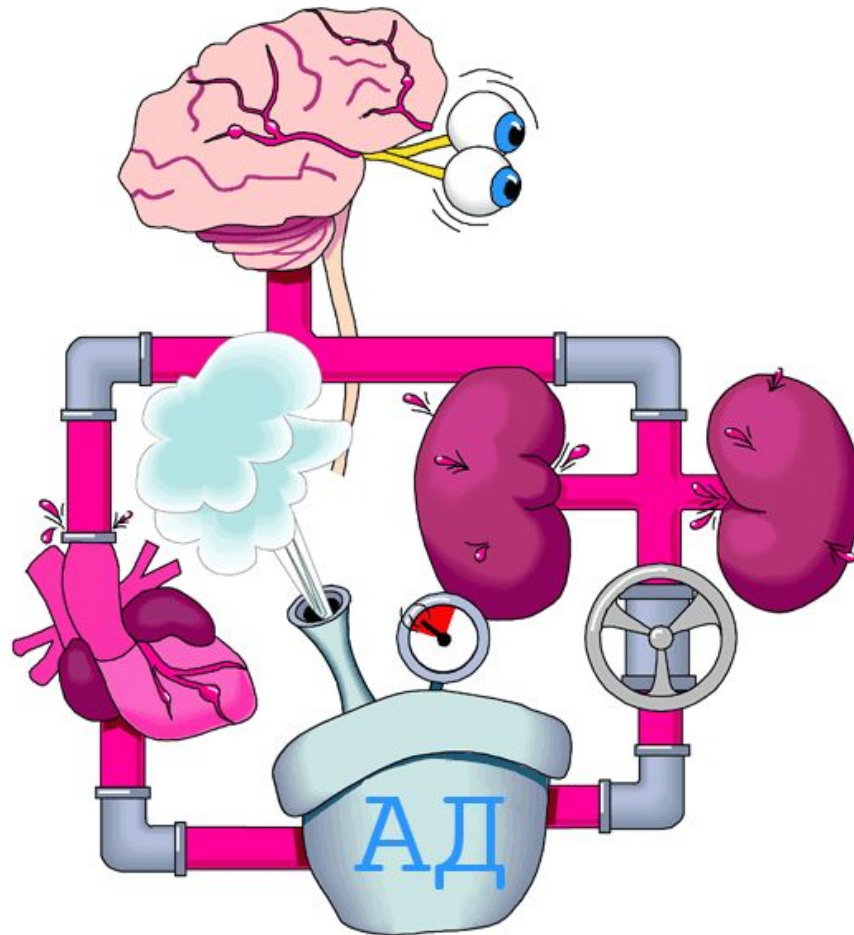




# Дыхание при повышенном давлении (кессонная болезнь)



# Дыхание при повышении артериального давления



# Сигнализация от мѣшц



# Болевые реакции

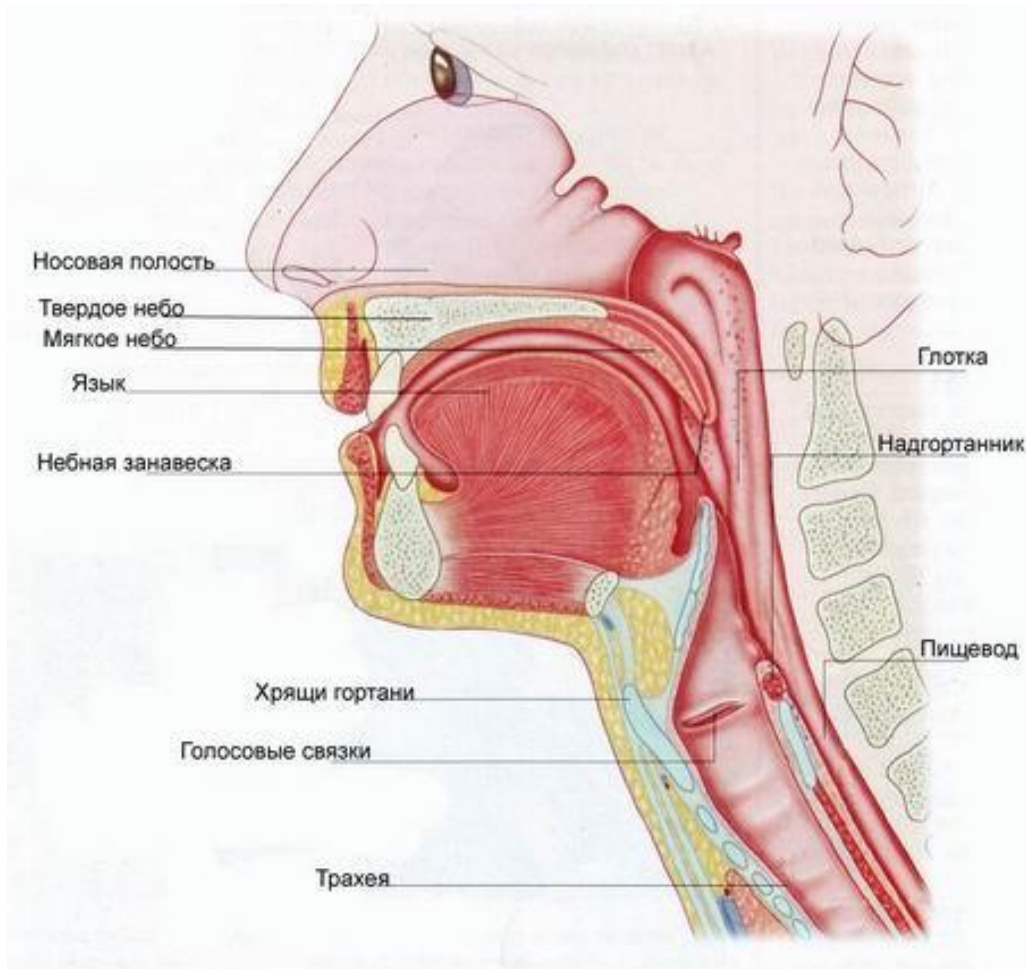


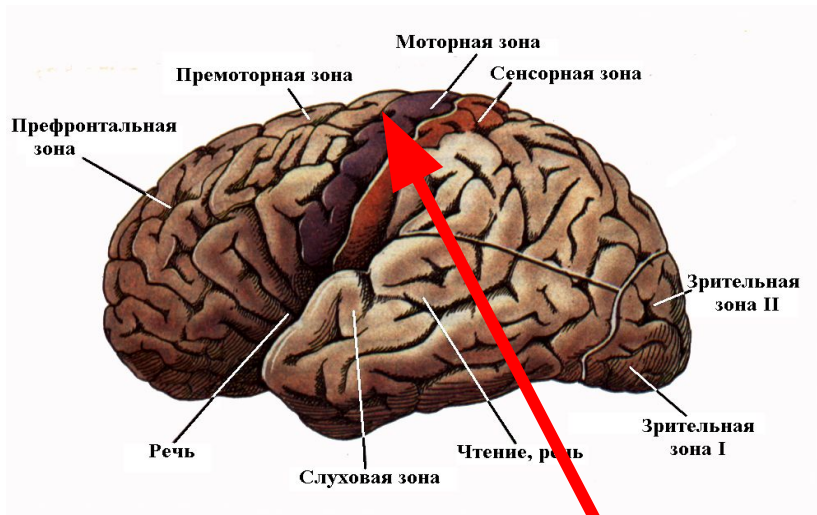
# Эмоциональные влияния





# Речь и дыхание





**Произвольный контроль  
дыхания**

**Спасибо за внимание!**