

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

## Дыхательная система

совокупность органов, обеспечивающих функцию внешнего дыхания человека

### дыхательные (воздухоносные) пути

верхние ↙

1. носовая полость
2. носоглотка
3. ротоглотка

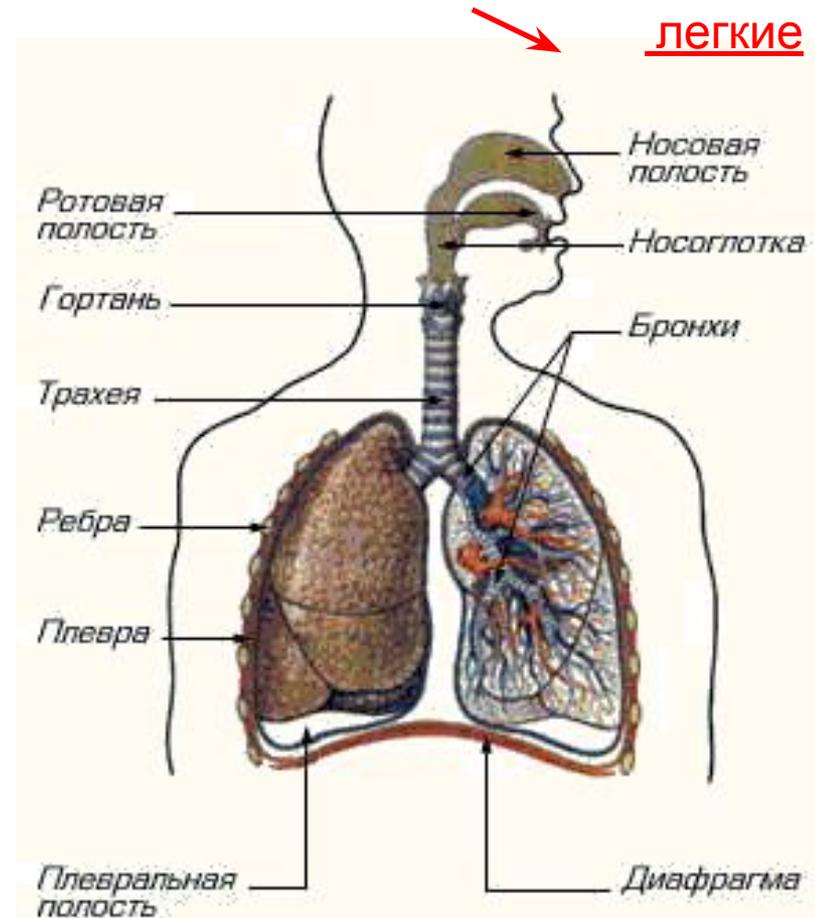
↘ нижние

4. гортань
5. трахея
6. бронхи

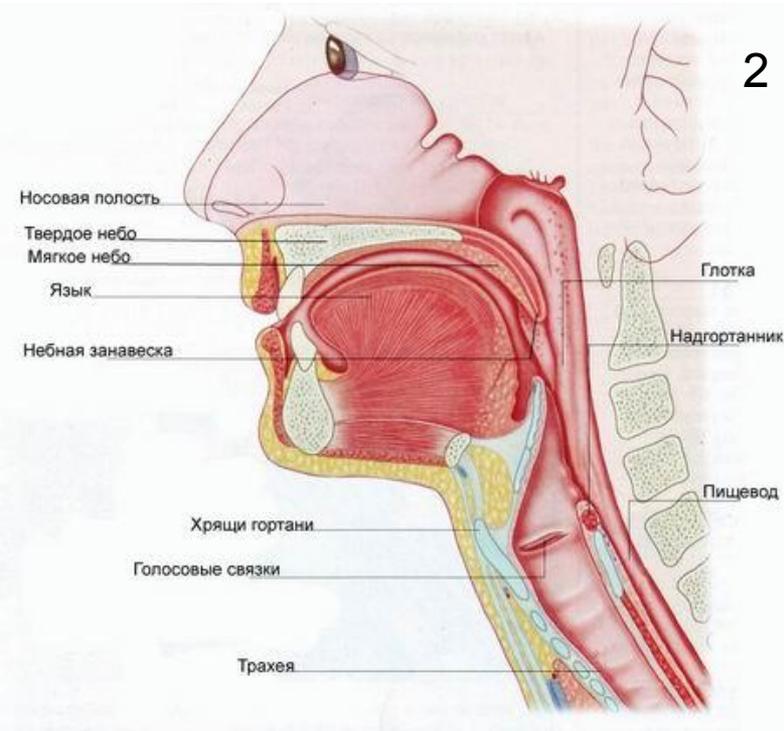
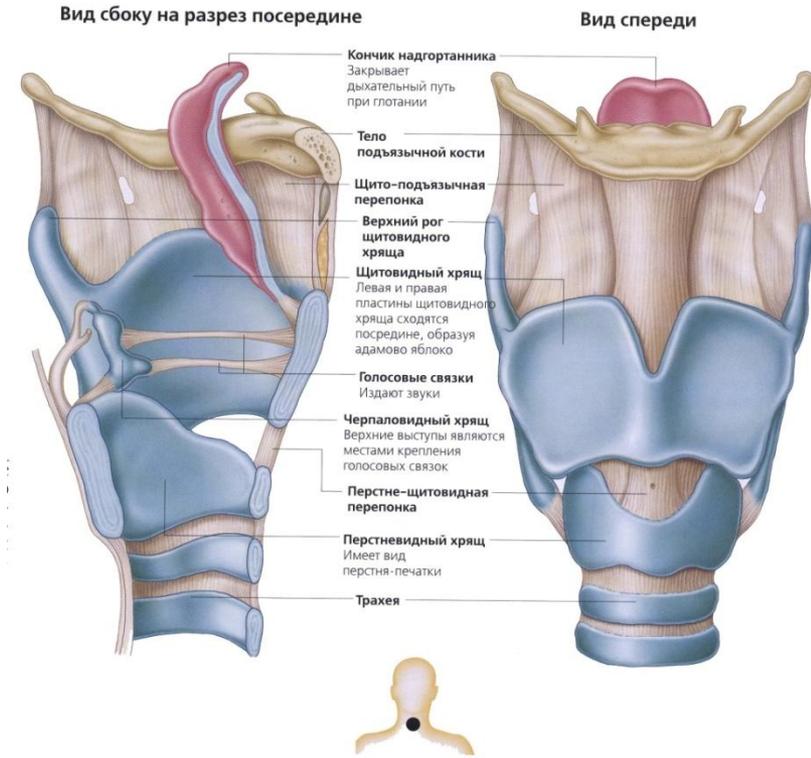
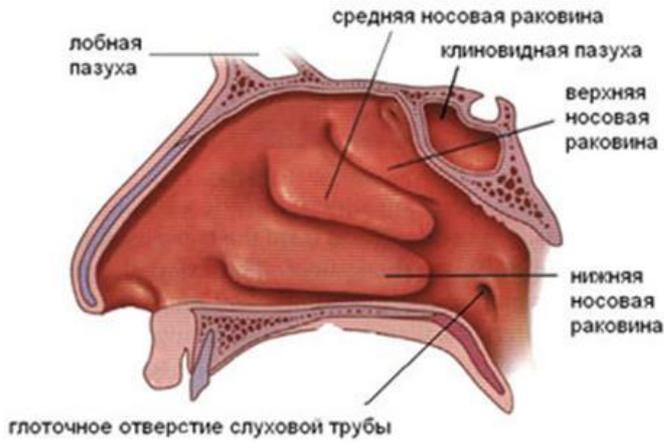
### Особенности:

- Д. пути состоят из трубок, просвет которых сохраняется из-за наличия в их стенках костного или хрящевого скелета.
- Внутренняя поверхность д. путей покрыта слизистой оболочкой, которая выстлана мерцательным эпителием, содержащим железы (защитная функция).
- Проходя через дыхательные пути, воздух очищается, согревается и увлажняется.

**Функции:** дыхание, газообмен, терморегуляция, голосообразование, обоняние, увлажнение вдыхаемого воздуха, синтез гормонов, водно-солевой и липидный обмен, депонирование крови, механическая и иммунная защита от факторов внешней среды.



# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

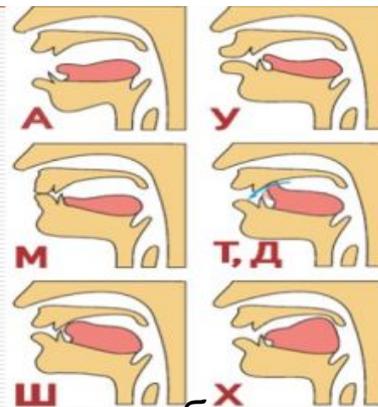


Гортань состоит из непарных (больших) хрящей: перстневидный, щитовидный, надгортанный, а также парных (малых) хрящей: черпаловидный, рожковидный и клиновидный.

**Голосовые складки (верхние и нижние)** — складки слизистой оболочки гортани (между ними голосовая щель), выступающие в её полость, и образующие голосовые связки и голосовые мышцы. Голосовые складки начинаются от голосовых отростков черпаловидных хрящей и прикрепляются на внутренней поверхности щитовидного хряща. Над голосовыми складками, параллельно им располагаются складки преддверия (ложные голосовые складки). При сокращении внутренних мышц гортани меняется степень натяжения голосовых связок и форма голосовой щели. При выдохе голосовые связки вибрируют и образуют звук, таким образом получаются гласные звуки. Большинство согласных образуются при помощи языка, нёба и губ, но и гортань может являться местом

голосовую щель воздух заставляет их вибрировать. Чем быстрее воздух проходит через голосовую щель, тем громче звук. Чем ближе связки находятся друг к другу, тем звук выше; чем слабее они натянуты, тем звук ниже.

В формировании голоса и речи кроме гортани принимают также участие ротовая и носовая полости, язык, губы, челюсти.



**Артикуляция** — совокупность работ отдельных произносительных органов при образовании звуков речи, состоит из 3х этапов:

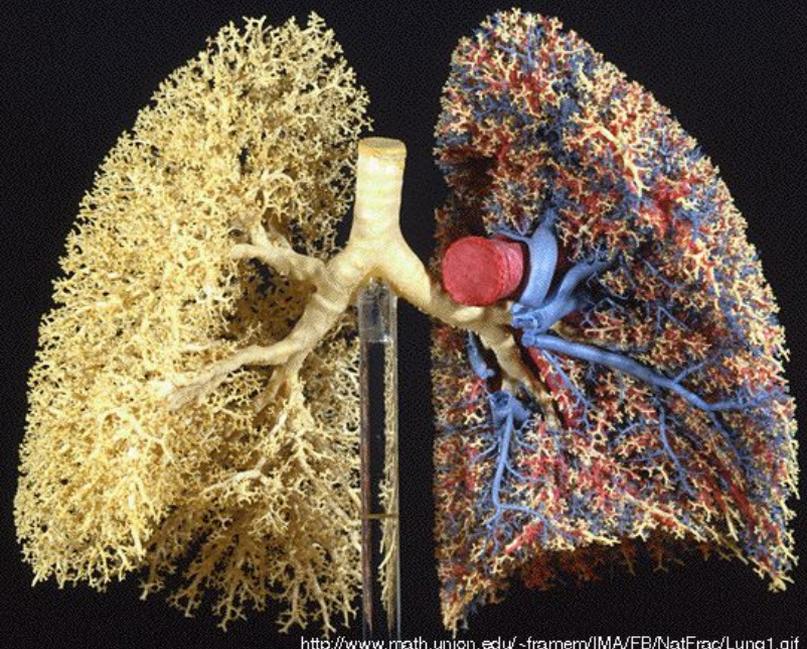
- Экскурсия — подготовка речевого аппарата к произнесению звука, или начало артикуляции;
- Выдержка — само произношение с сохранением положения органов, необходимых для произнесения;
- Рекурсия — окончание артикуляции, представляющее собой завершение звука, при котором органы речи меняют свое расположение для произнесения

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

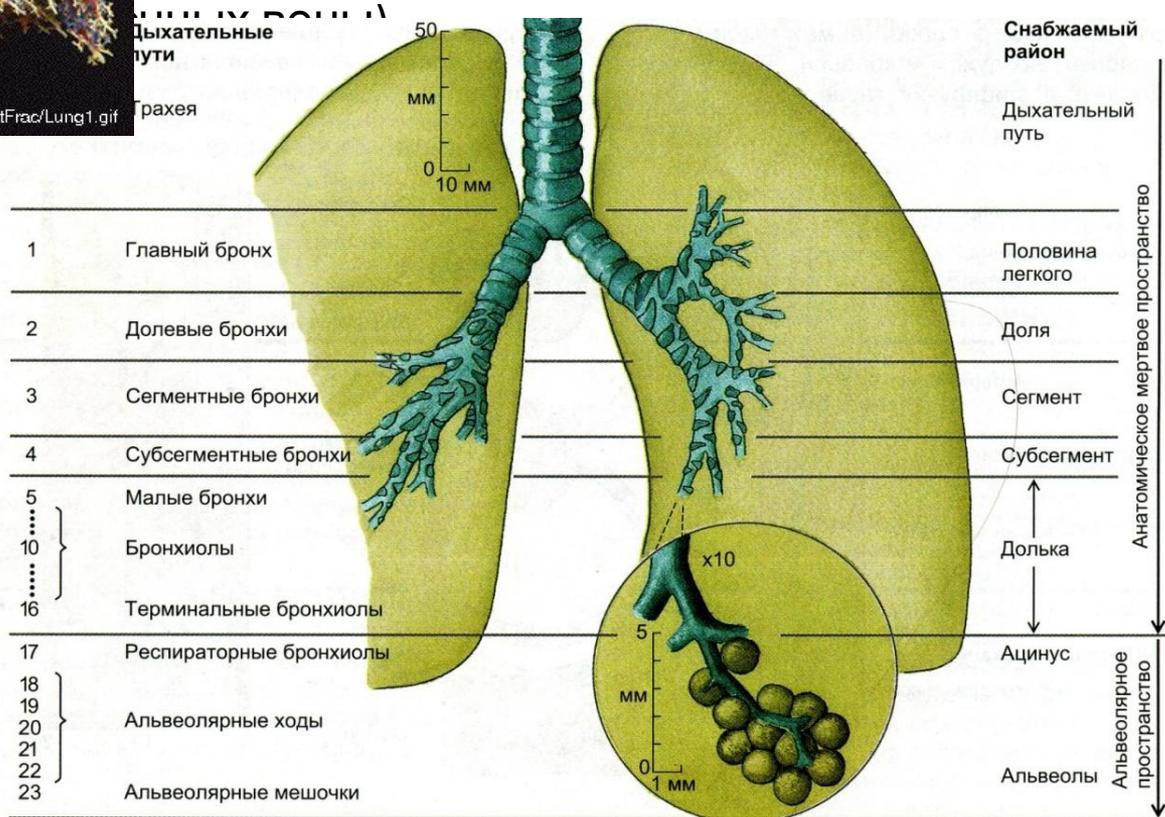
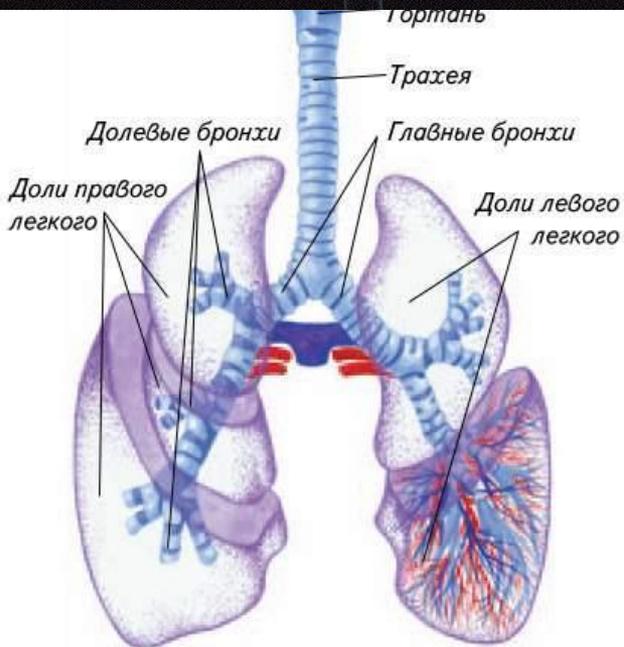
Длина шеи . Трубка 11-13см, из 16-20 хрящевых волоконистой соединенной тканью.

Состоит из 2 долей. Доли из сегментов, а те из долек. Видно разветвляющиеся бронхи, а паренхиму покрывает серозная оболочка — лёгочная плевра и

в середине между лёгкими - **средостение**. На границе лёгких имеется углубление — **ворота лёгких**



<http://www.math.union.edu/~framem/IMA/FB/NatFrac/Lung1.gif>

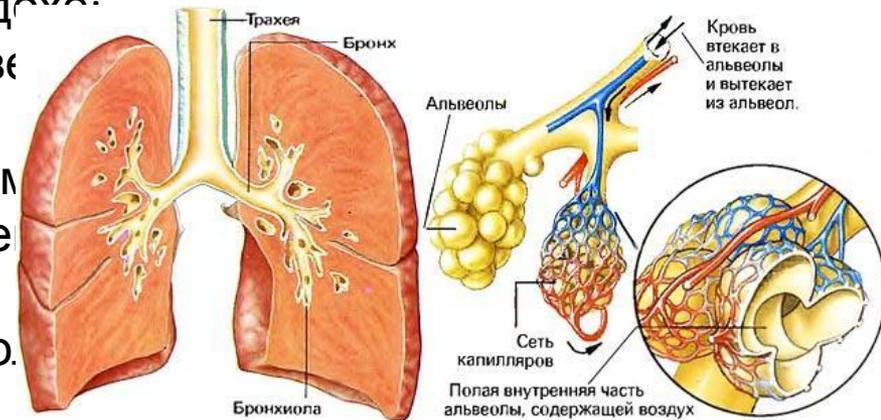
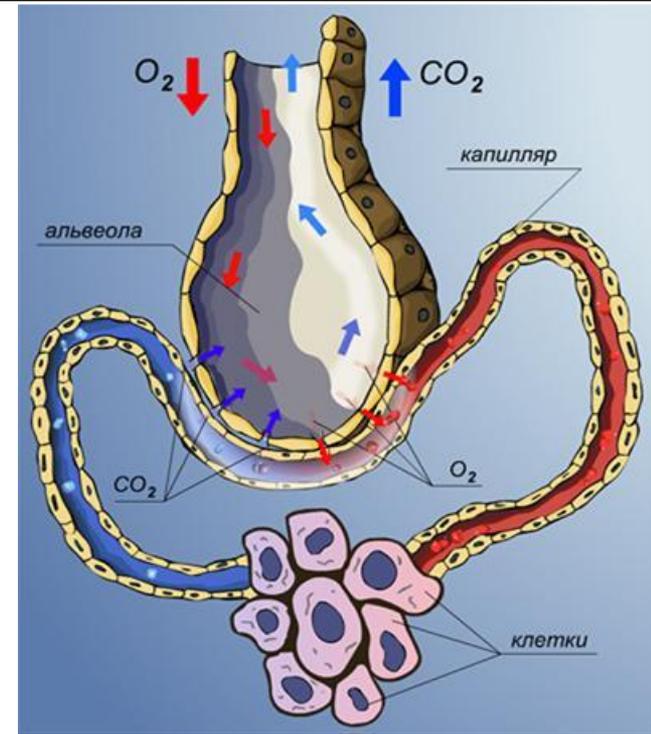


**Альвеолы** - полушаровидные выпячивания, состоящие из соединительной ткани и эластичных волокон (базальная мембрана), выстланы тонким 1-слойным эпителием и оплетены сетью капилляров. В альвеолах два вида клеток: одни участвуют в газообмене, другие вырабатывают на внутреннюю поверхность альвеол - **сурфактант**.

Состав сурфактанта: белки, полисахариды, фосфолипиды и др.

Функции сурфактанта:

- 1) поддерживает поверхностное натяжение альвеолы, ее способность к раздуванию при вдохе и противодействует спадению при выдохе;
- 2) предотвращает слипание (ателектаз) альвеол;
- 3) важен при первом вдохе новорождённого;
- 4) обладает бактериостатическими свойствами;
- 5) защищает альвеолы от действия перекисей окислителей;
- 6) облегчает диффузию кислорода из альвеол в кровь;
- 7) увеличивает жизненную емкость легких;
- 8) содержит клетки – макрофаги, участвующие в фагоцитозе.



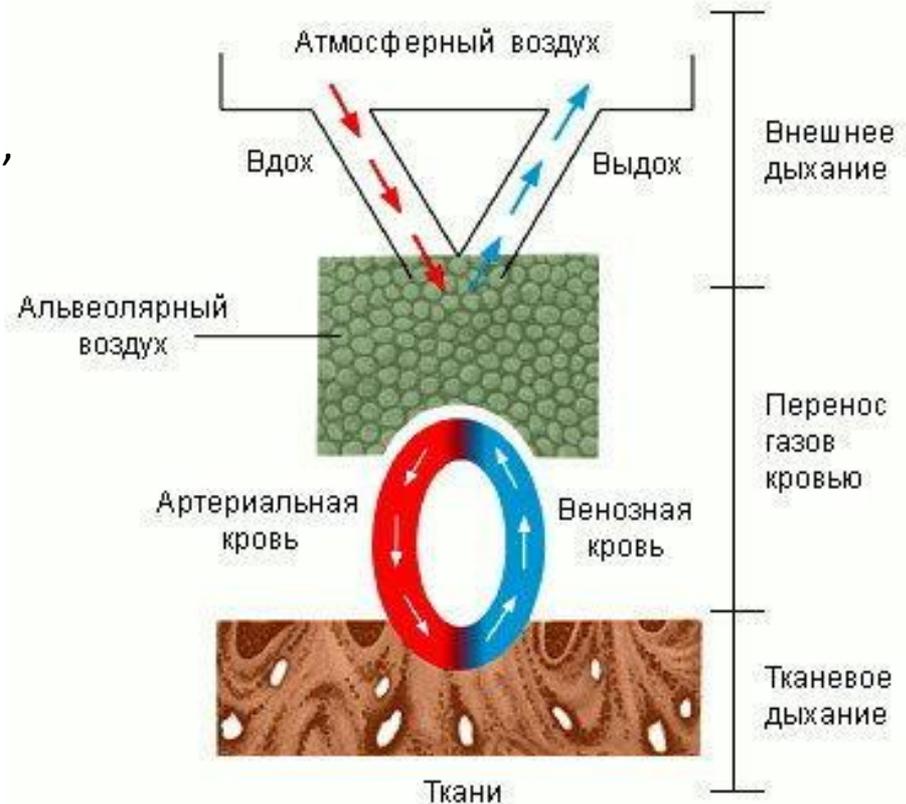


**Дыхание** – это совокупность физиологических процессов, обеспечивающих между организмом и окружающей средой сложную цепь биохимических реакций с участием кислорода (окисление органических веществ ведёт к выделению химической энергии).

Если для него требуется  $O_2$ , его называют **аэробным** (все позвоночные), если реакция идёт в отсутствие  $O_2$ , его называют **анаэробным**.

### Этапы дыхания:

1. Газообмен между воздушной средой и легкими
2. Газообмен между легкими и кровью, транспортировка газов кровью
3. Газообмен в тканях – цикл Кребса в митохондриях



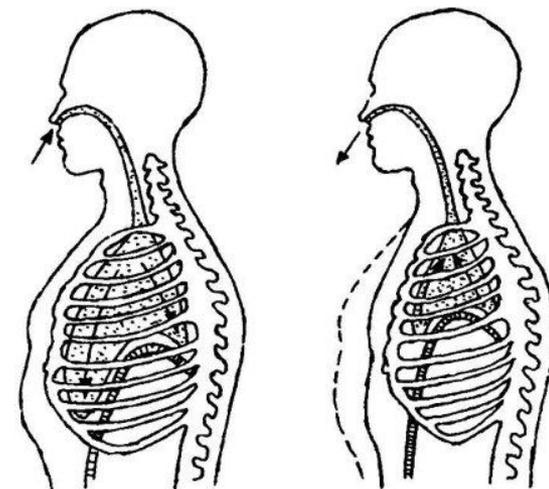
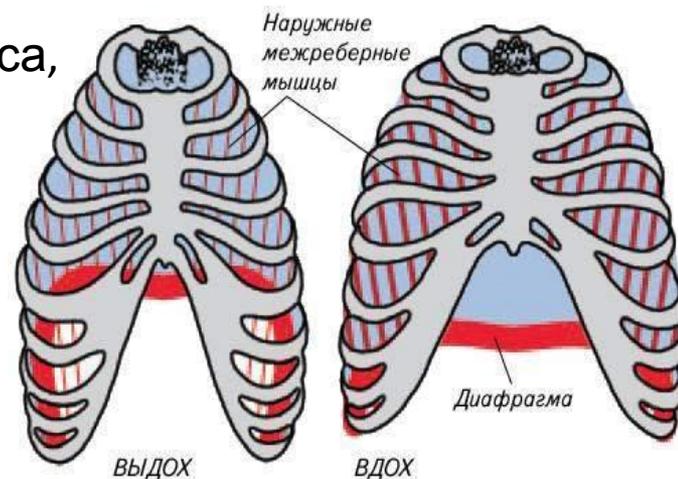
Вентиляция альвеол осуществляется чередованием вдоха (инспирация) и выдоха (экспирация). При сокращении межрёберных мышц и диафрагмы лёгкие растягиваются - **ВДОХ**, при расслаблении межрёберных мышц и диафрагмы лёгкие сжимаются – **ВЫДОХ**.

- ✓ При активном выдохе - мускулатура брюшного пресса, диафрагмы и межрёберные мышцы.
- ✓ При глубоком вдохе - мускулатура плечевого пояса.

В момент вдоха давление воздуха в полости лёгких становится меньше атмосферного и воздух поступает в легкие. При выдохе давление воздуха в лёгких становится немного выше атмосферного, и воздух из легких выходит в окружающую среду. Изменение давления воздуха в полости легких обусловлено изменением их объема при

## Виды внешнего дыхания:

- рёберное или грудное дыхание (расширение грудной клетки производится путём поднятия рёбер), чаще наблюдается у женщин;
- брюшное или диафрагмальное дыхание (расширение грудной клетки производится путём уплощения диафрагмы), чаще наблюдается у мужчин.

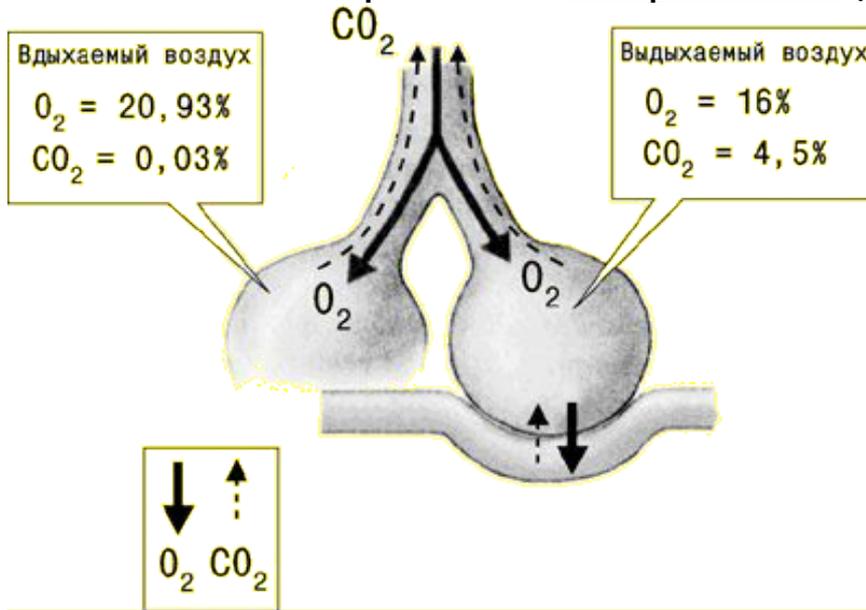


### Функция внешнего дыхания:

1. Вентиляция – между альвеолами и атм. воздухом. Объем вентиляции зависит от потребности организма в кислороде при выведении определенного количества углекислого газа, а также от состояния дыхательных мышц, проходимости бронхов и пр. Не весь вдыхаемый воздух достигает альвеолярного пространства, где происходит газообмен.
2. Диффузия – пассивный переход кислорода из легких через альвеоло-капиллярную мембрану в гемоглобин легочных капилляров, с которыми кислород вступает в химическую реакцию.
3. Перфузия (орошение) легких кровью по сосудам малого круга. Об эффективности работы легких судят по соотношению между вентиляцией и перфузией. Указанное соотношение определяется числом вентилируемых альвеол, которые соприкасаются с хорошо перфузируемыми капиллярами. При спокойном дыхании у человека верхние отделы легкого расправляются полнее, чем нижние. При вертикальном положении нижние отделы перфузируются кровью лучше, чем верхние.

2  
этап

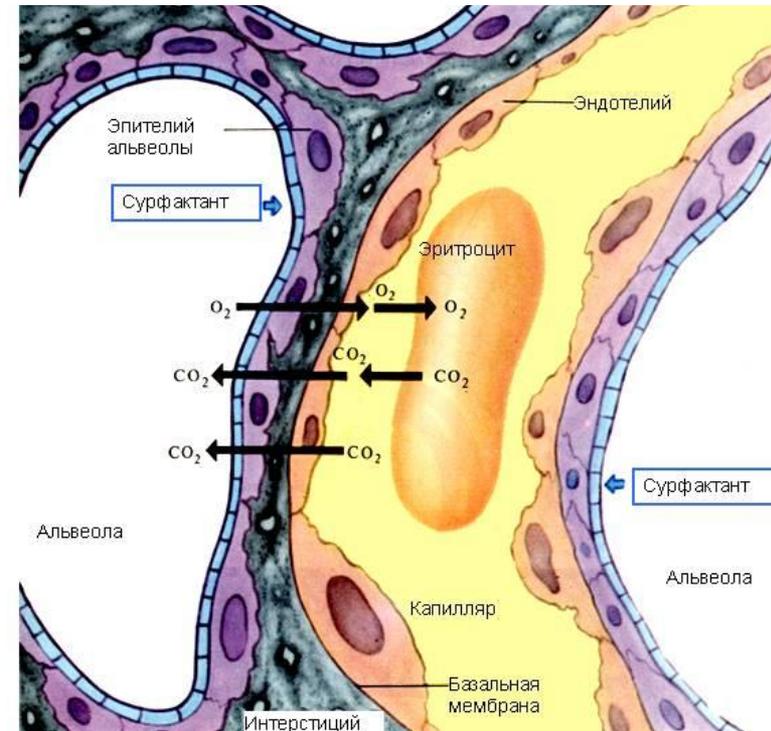
В альвеолах происходит газообмен между кровью и атмосферным воздухом. При этом кислород и углекислый газ проходят в процессе диффузии путь от эритроцита крови до альвеолы, преодолевая суммарный диффузионный барьер из сурфактанта, альвеолоцита, интерстиция, эндотелия капилляра (**аэрогематический барьер**) за 0,3 сек. Давление газов в газовой смеси - парциальное давление. Давление газов в крови - их напряжение (P).



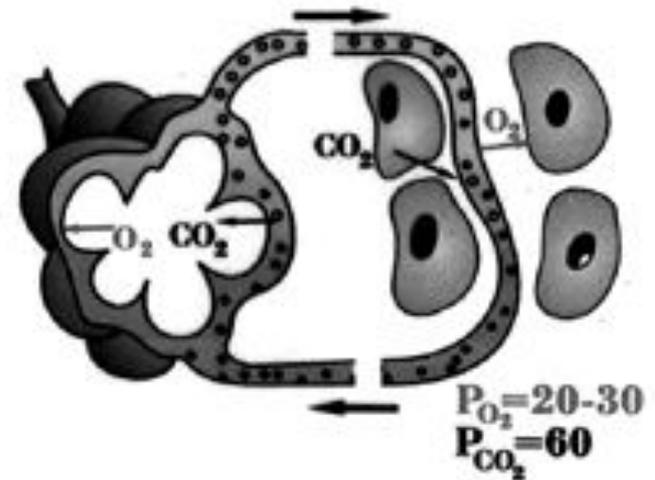
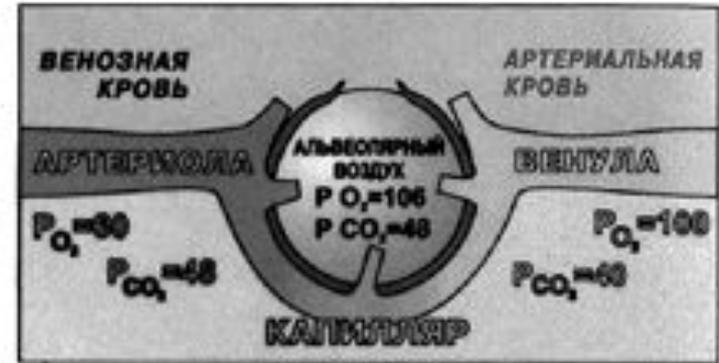
## Причины газообмена

Решающим фактором, обуславливающим непрерывность газообмена, является постоянство газового состава альвеолярного воздуха.

Строение аэрогематического барьера



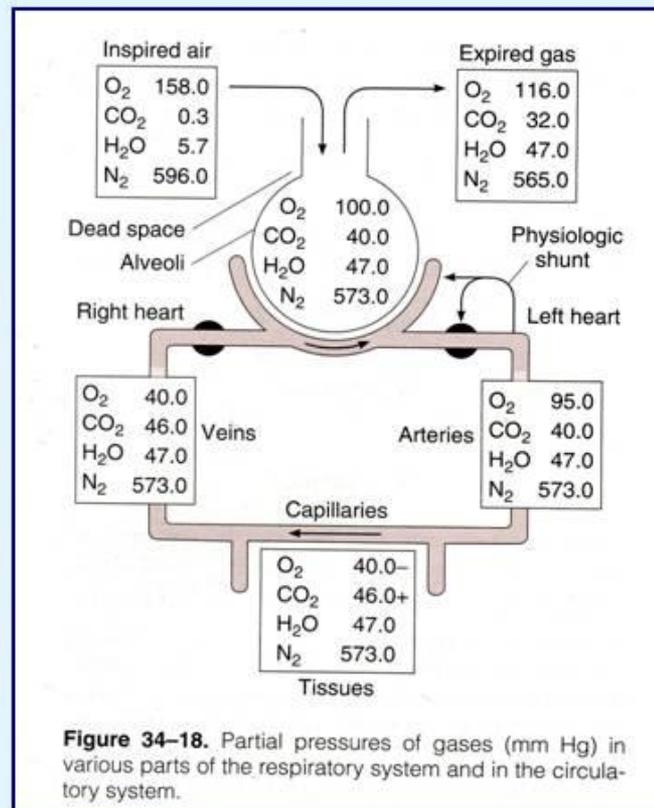
## ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ



### Причины газообмена

Решающим фактором, обуславливающим непрерывность газообмена, является постоянство газового состава альвеолярного воздуха.

область	парциальное давление, мм Hg	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Вдыхаемый воздух	158	158	0,3
Альвеолы	100 (13,3 кПа)	100	40 (5,3 кПа)
Артерии большого круга	95	95	40
Капилляры тканей тела	40	40	46
Вены большого круга	40	40	46
Выдыхаемый воздух	116	116	32



3

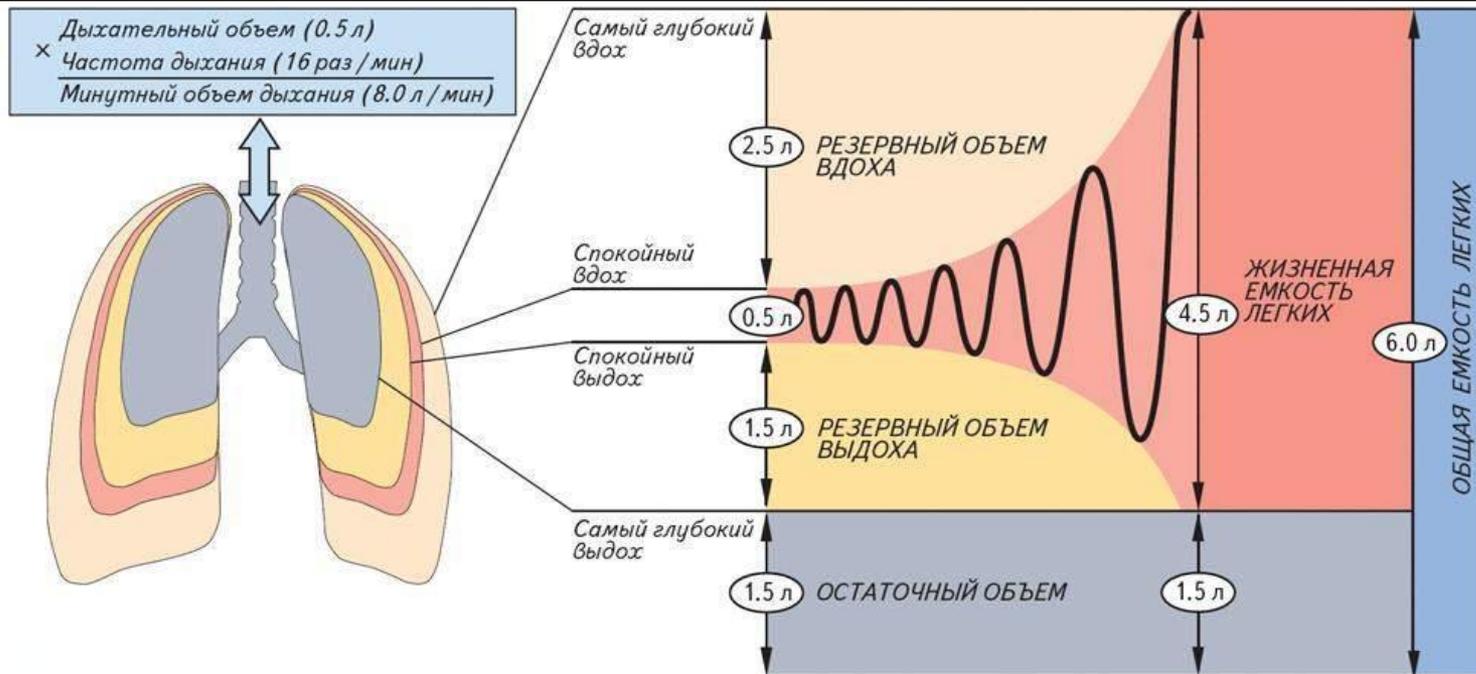
этап

**Утилизация кислорода в тканях в цикле Кребса** - биологическое окисление в митохондриях белков, жиров и углеводов, с целью выработки энергии - АТФ. Молекулярной основой клеточного дыхания является окисление углерода до углекислого газа и перенос атома водорода на атом кислорода с образованием молекулы воды. Это аэробный путь получения энергии, который в организме человека является ведущим.

Измерение легочных объемов называется **спирометрией**.

- В норме дыхание представлено равномерными **дыхательными циклами** **“вдох – выдох” до 12-16 дыхательных движений в минуту**. В среднем такой **акт дыхания** совершается за **4-6 с.**
- Полная ёмкость лёгких равна 5000 мл, жизненная (при максимальном вдохе и выдохе) — 3000—5000 мл и более
- **Дыхательный объем (ДО)** – 500 мл воздуха за один спокойный вдох или выдох.
- **Резервный объем (РО) вдоха** – 1500-2000 мл – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после нормального вдоха.
- **РО выдоха** – 1500 мл – максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после спокойного выдоха.
- **Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ)** – 3500-4000 мл – наибольшее количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимально глубокого вдоха.
- **Максимальный выдох** составляет около 2000 мл.
- **Остаточный объем** – 1000-1200 мл – объем воздуха в легких после максимального выдоха, он не входит в состав ЖЕЛ.
- **Минутный объем дыхания (МОД)** – количество воздуха, поступившее в легкие за 1 минуту.  $МОД = ДО \times ЧД$ . В покое  $МОД = 6-8$  л/мин.
- Воздух, находящийся в ВП (около 150 мл) (кроме дыхательных бронхиол), не участвует в газообмене. Поэтому эти пути называют **анатомически мертвым пространством**.
- **Альвеолярная вентиляция** =  $(ДО - \text{объем мертвого пространства}) \times ЧД$ .

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА



## Ритмичность дыхательного процесса, различные типы дыхания.

- Акт вдоха проходит несколько быстрее, чем акт выдоха (соотношение длительности вдоха и выдоха в норме составляет 1:1,1 или 1:1,4). Такой тип дыхания называется **зупноэ** (дословно – хорошее дыхание).
- При разговоре, приеме пищи ритм дыхания временно меняется: периодически могут наступать задержки дыхания на вдохе или на выдохе (**апноэ**).
- Во время сна также возможно изменение ритма дыхания: в период медленного сна дыхание становится поверхностным и редким, а в период быстрого – углубляется и учащается.
- При физической нагрузке за счет повышенной потребности в кислороде возрастает частота и глубина дыхания, и, в зависимости от интенсивности работы, частота дыхательных движений может достигать 40 в минуту.

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

## 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.

Регуляция дыхания направлена на выполнение двух задач: во-первых, на *автоматическую генерацию частоты и силы сокращения дыхательных мышц*, во-вторых — на *подстройку ритма и глубины дыхательных движений* к реальным потребностям организма (в пер-

## ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

ускоряет

замедляет

Избыток  $\text{CO}_2$

Частоту и глубину дыхания

Недостаток  $\text{CO}_2$

В результате усиления вентиляции легких дыхание приостанавливается, т.к. концентрация  $\text{CO}_2$  в крови снижается.

## Уровни дыхательного центра

1. **Спинальный** (в спинном мозге). В передних рогах спинного мозга расположены центры, координирующие деятельность диафрагмы и дыхательных мышц - L-мотонейроны. Диафрагмальные нейроны - в шейных сегментах, межреберные - в грудных. При перерезке проводящих путей между спинным и головным мозгом дыхание нарушается, т.к. спинальные центры *не обладают автономностью (т.е. самостоятельностью) и не поддерживают автоматию* дыхания.

2. **Бульбарный** (в продолговатом мозге) - *основной отдел* дыхательного центра. В продолговатом мозге и варолиевом мосту располагаются 2 основных вида нейронов дыхательного центра - *инспираторные* (вдыхательные) и *экспираторные* (выдыхательные).

**Инспираторные (вдыхательные)** - возбуждаются за 0,01-0,02 с до начала активного вдоха. Во время вдоха у них увеличивается частота импульсов, а затем мгновенно прекращается. Подразделяются на несколько видов.

### **Виды инспираторных нейронов**

По влиянию на другие нейроны:

- тормозные (прекращают вдох)
- облегчающие (стимулируют вдох).

По времени возбуждения:

- ранние (за несколько сотых долей секунды до вдоха)
- поздние (активны в процессе всего вдоха).

По связям с экспираторными нейронами:

- в бульбарном дыхательном центре
- в ретикулярной формации продолговатого мозга.

В дорсальном ядре 95% - инспираторные нейроны, в вентральном - 50%. Нейроны дорсального ядра связаны с диафрагмой, а вентрального - с межрёберными мышцами.

**Экспираторные (выдыхательные)** - возбуждение возникает за несколько сотых долей секунды до начала выдоха.

Различают: - ранние, - поздние, - экспираторно-инспираторные.

В дорсальном ядре 5% нейронов являются экспираторными, а в вентральном - 50%. В целом экспираторных нейронов значительно меньше, чем инспираторных. Получается, что вдох важнее выдоха. Автоматию дыхания обеспечивают комплексы из 4-х нейронов с обязательным присутствием тормозных.

## **Взаимодействие с другими центрами мозга**

Дыхательные инспираторные и экспираторные нейроны имеют выход не только на дыхательные мышцы, но и на другие ядра продолговатого мозга. Например, при возбуждении дыхательного центра реципрокно тормозится центр глотания и в то же время, наоборот, возбуждается сосудодвигательный центр регуляции сердечной деятельности.

На бульбарном уровне (т.е. в продолговатом мозге) можно выделить **пневмотаксический центр**, расположенный на уровне варолиева моста, выше инспираторных и экспираторных нейронов. Этот центр регулирует их активность и *обеспечивает смену вдоха и выдоха*. Инспираторные нейроны обеспечивают вдох и одновременно от них возбуждение поступает в пневмотаксический центр. Оттуда возбуждение бежит к экспираторным нейронам, которые возбуждаются и обеспечивают выдох. Если перерезать пути между продолговатым мозгом и варолиевым мостом, то уменьшится частота дыхательных движений, засчёт того, что уменьшается активирующее действие ПТДЦ (пневмотаксического дыхательного центра) на инспираторные и экспираторные нейроны. Это также приводит к удлинению вдоха засчёт длительного сохранения тормозного влияния экспираторных нейронов на инспираторные.

**3. Супрапонтальный (т.е. "надмостовый")** - включает в себя несколько областей промежуточного мозга:

Гипоталамическая область - при раздражении вызывает гиперпноэ - увеличение частоты дыхательных движений и глубины дыхания. Задняя группа ядер гипоталамуса вызывает гиперпноэ, передняя группа действует противоположным образом. Именно засчёт дыхательного центра гипоталамуса дыхание реагирует на температуру окружающей среды.

Гипоталамус совместно с таламусом обеспечивает изменение дыхания при *эмоциональных реакциях*. Таламус - обеспечивает изменение дыхания при болевых ощущениях.

Мозжечок - приспособливает дыхание к мышечной активности.

**4. Моторная и премоторная зона коры** больших полушарий головного мозга. Обеспечивает условно-рефлекторную регуляцию дыхания. Всего за 10-15 сочетаний можно выработать дыхательный условный рефлекс. Засчёт этого механизма, например, у спортсменов перед стартом возникает гиперпноэ. Асратян Э.А. в своих опытах удалял у животных эти области коры. При физической нагрузке у них быстро возникала одышка - диспноэ, т.к. им не хватало этого уровня регуляции дыхания. Дыхательные центры коры дают возможность произвольного изменения дыхания.

## Рефлекторное влияние на дыхательный центр.

### **1. Постоянное влияние.**

Рефлекс Гелинга-Брейера. Механорецепторы в тканях легких и дыхательных путей возбуждаются при растяжении и спадении легких. Они чувствительны к растяжению. От них импульсы по вакуусу (блуждающий нерв) идет в продолговатый мозг к инспираторным L-мотонейронам. Вдох прекращается и начинается пассивный выдох. Этот рефлекс обеспечивает смену вдоха и выдоха и поддерживает активность нейронов дыхательного центра. При перегрузке вакууса и перерезке рефлекс отменяется: снижается частота дыхательных движений, смена вдоха и выдоха осуществляется резко.

#### Другие рефлексy:

Растяжение легочной ткани тормозит последующий вдох (экспираторно-облегчающий рефлекс).

Растяжение легочной ткани при вдохе сверх нормального уровня вызывает дополнительный вздох (парадоксальный рефлекс Хеда).

Рефлекс Гейманса - возникает от хеморецепторов ССС на концентрацию CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>.

Рефлекторное влияние с проприорецепторов дыхательных мышц - при сокращении дыхательных мышц возникает поток импульсов от проприорецепторов к ЦНС. По принципу обратной связи изменяется активность инспираторных и экспираторных нейронов. При недостаточном сокращении инспираторных мышц возникает респираторно-облегчающий эффект и вдох усиливается.

### **2. Непостоянные**

Ирритантные - расположены в дыхательных путях под эпителием. Являются одновременно механо- и хеморецепторами. Имеют очень высокий порог раздражения, поэтому работают в экстраординарных случаях-рефлекс форсированного вдоха. В качестве хеморецепторов эти же рецепторы возбуждаются биологически активными веществами - никотин, гистамин, простогландин. Возникает чувство жжения, першения и в ответ - защитный кашлевой рефлекс.

в альвеолах рецепторы юкста-альвеолярные и юкста-капиллярные реагируют на объем легких и биологически активные вещества в капиллярах. Повышают частоту дыхания и сокращают бронхи.

На слизистых оболочках дыхательных путей - экстерорецепторы. Кашель, чихание, задержка дыхания.

На коже - тепловые и холодовые рецепторы. Задержка дыхания и активация дыхания.

Болевые рецепторы - кратковременная задержка дыхания, затем усиление.

Энтерорецепторы - с желудка.

Пропреорецепторы - со скелетных мышц.

Механорецепторы - с сердечно-сосудистой системы.

