

# 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

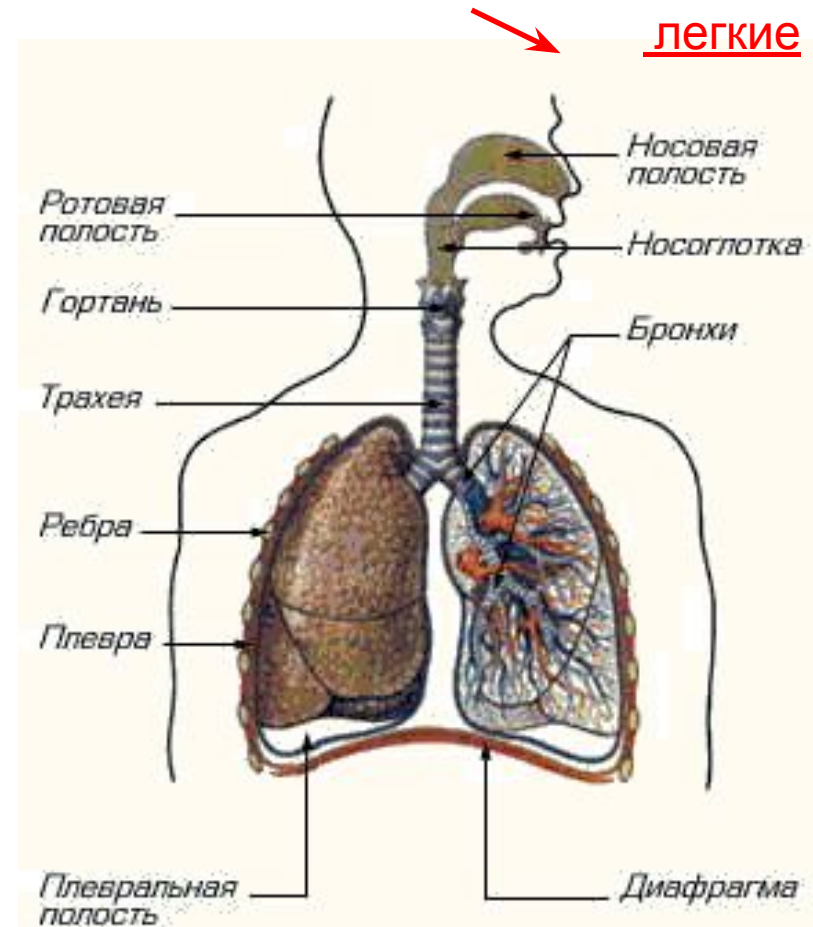
### Особенности:

- Д. пути состоят из трубок, просвет которых сохраняется из-за наличия в их стенках костного или хрящевого скелета.

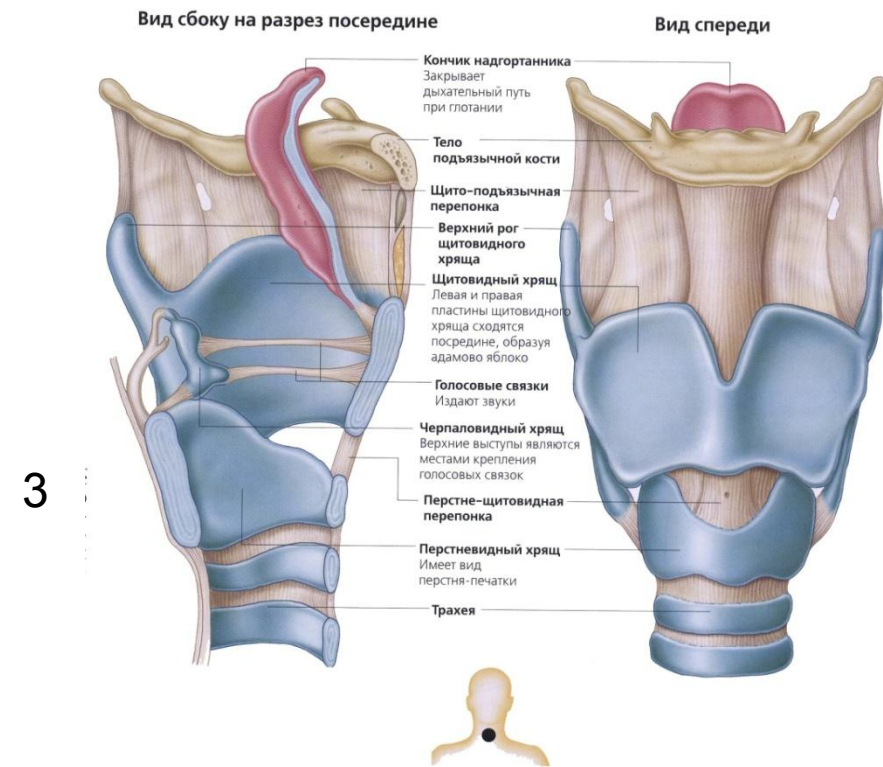
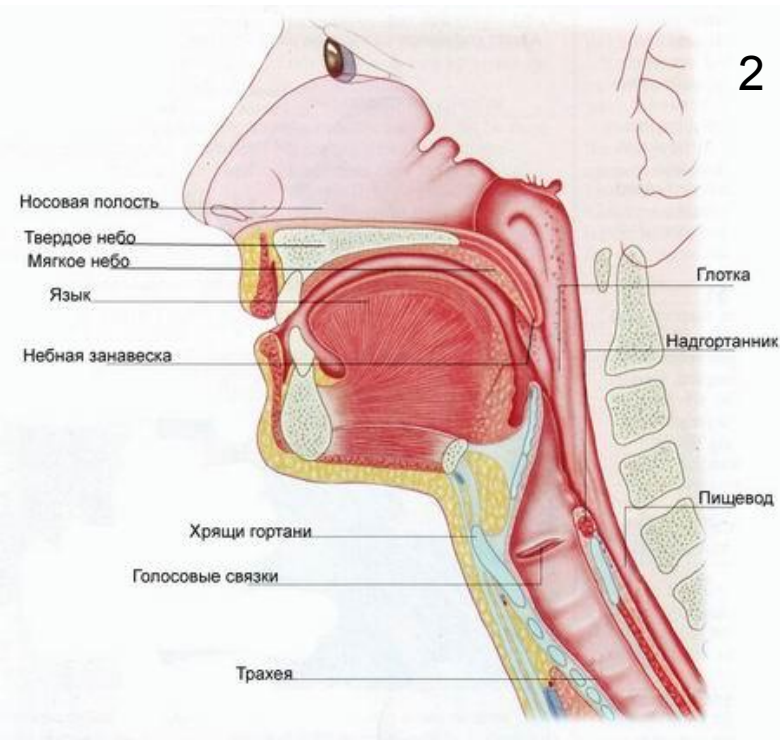
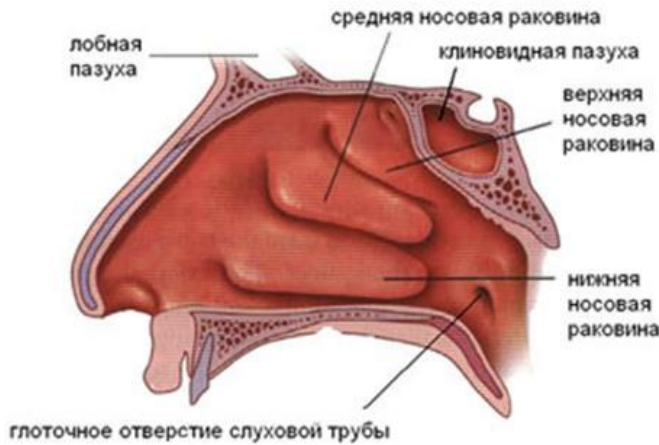
- Внутренняя поверхность д. путей покрыта слизистой оболочкой, которая выстлана мерцательным эпителием, содержащим железы (защитная функция).

- 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

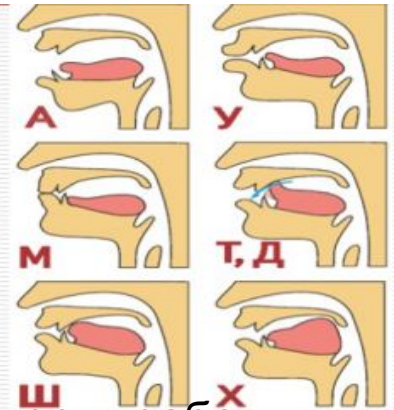


Гортань состоит из **непарных (больших)** хрящей: перстневидный, щитовидный, надгортанный, а также **парных (малых)** хрящей: черпаловидный, рожковидный и клиновидный.

**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:

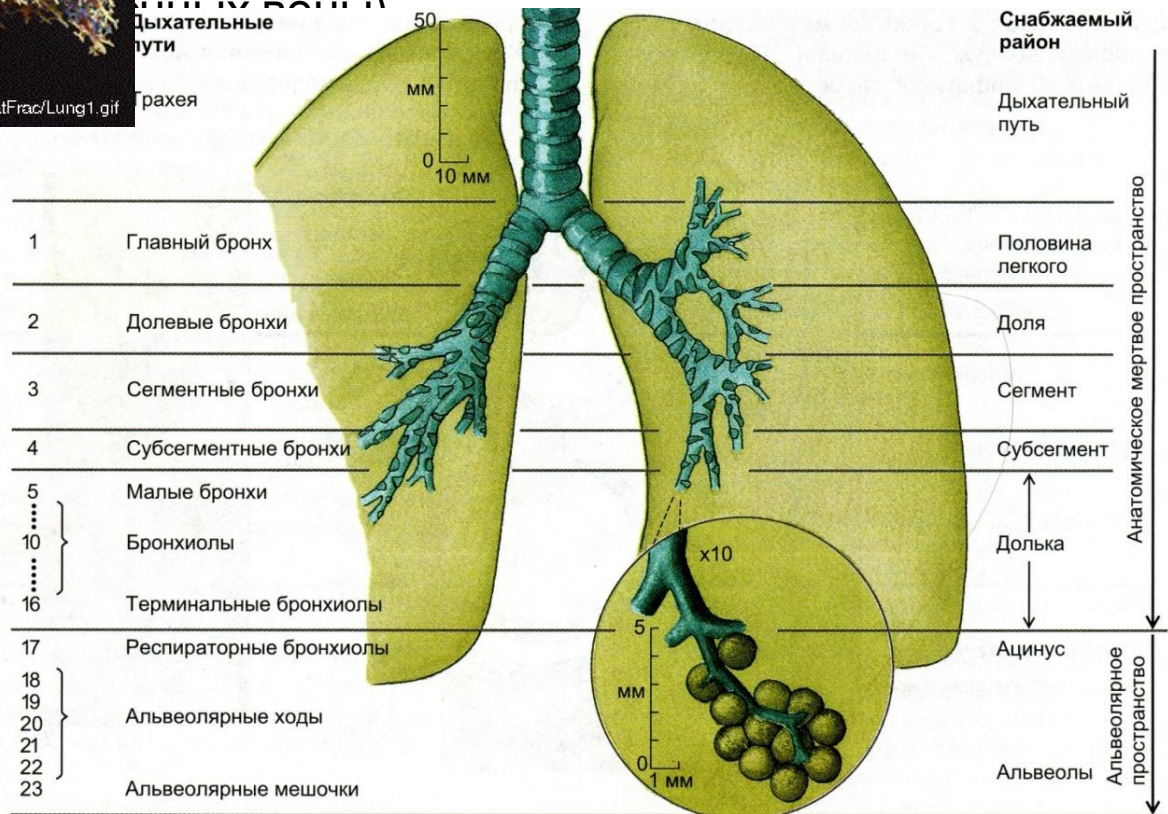
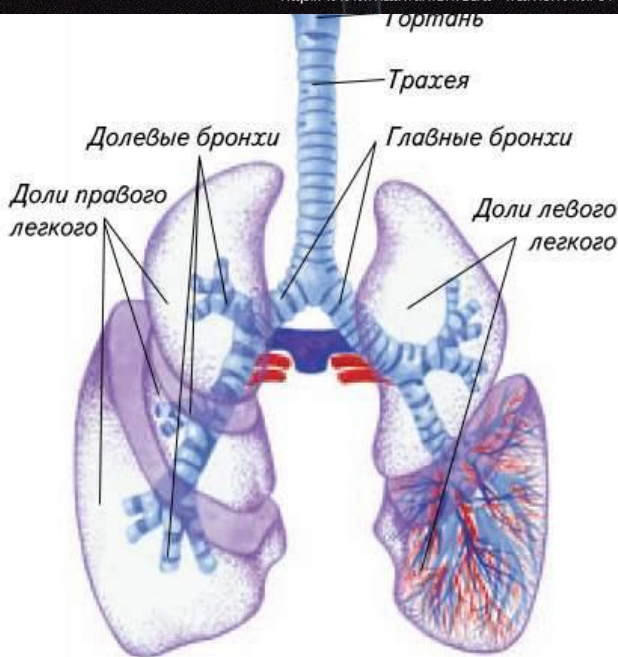
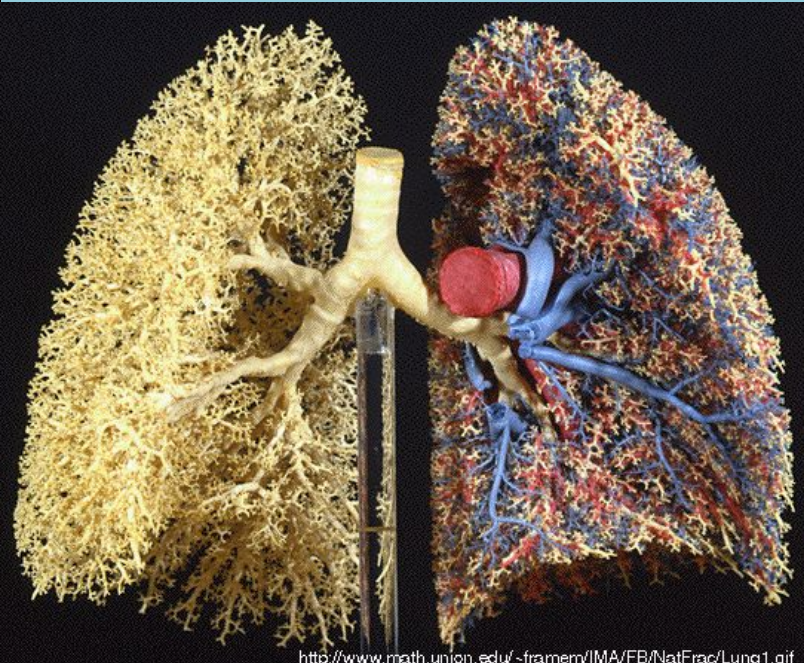
- Экскурсия — подготовка речевого аппарата к произнесению звука, или начало артикуляции;
- Выдержка — само произношение с сохранением положения органов, необходимых для произнесения;
- Рекурсия — окончание артикуляции, представляющее собой завершение звука, при котором органы речи меняют свое расположение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

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

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

Состоит из 2 долей. Доли из сегментов, а те из долек. Видно разветвляющиеся бронхи, а паренхиму покрывает серозной оболочкой — лёгочной плеврой и

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

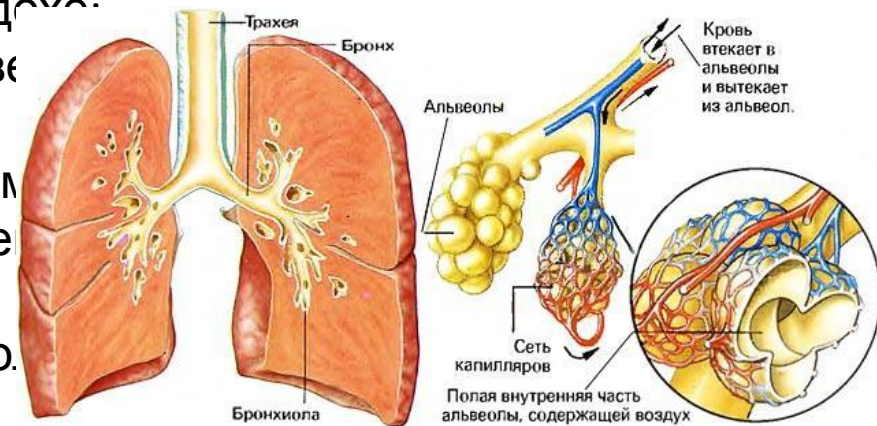
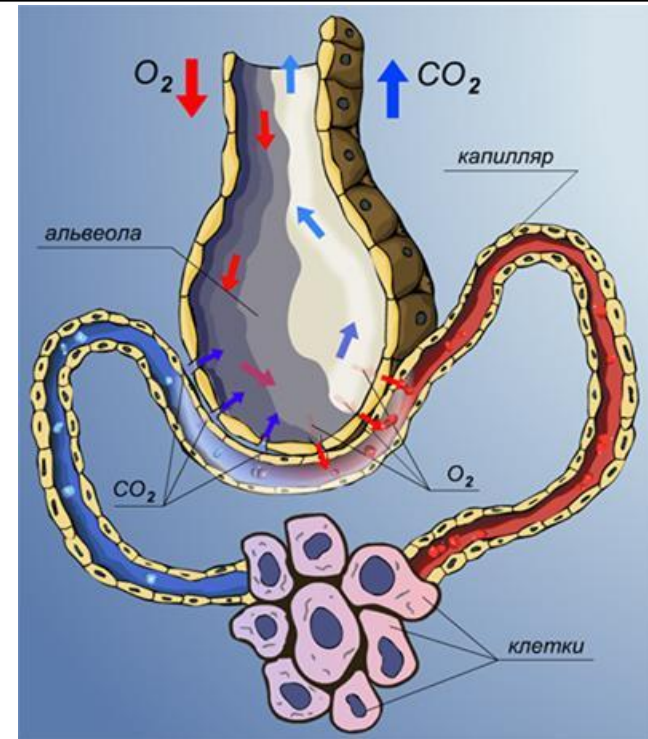


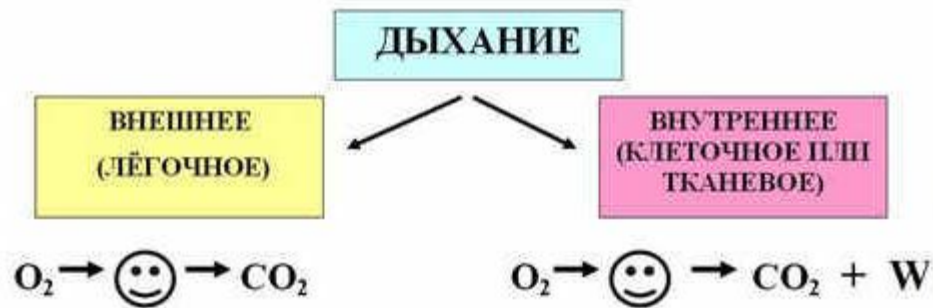
**Альвеолы** - полушаровидные выпячивания, состоящие из соединительной ткани и эластичных волокон (базальная мембрана), выстланы тонким 1слойным эпителием и оплетены сетью капилляров. В альвеолах два вида клеток: одни участвуют в газообмене, другие вырабатывают на внутреннюю поверхность альвеол - **сурфактант**.

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.



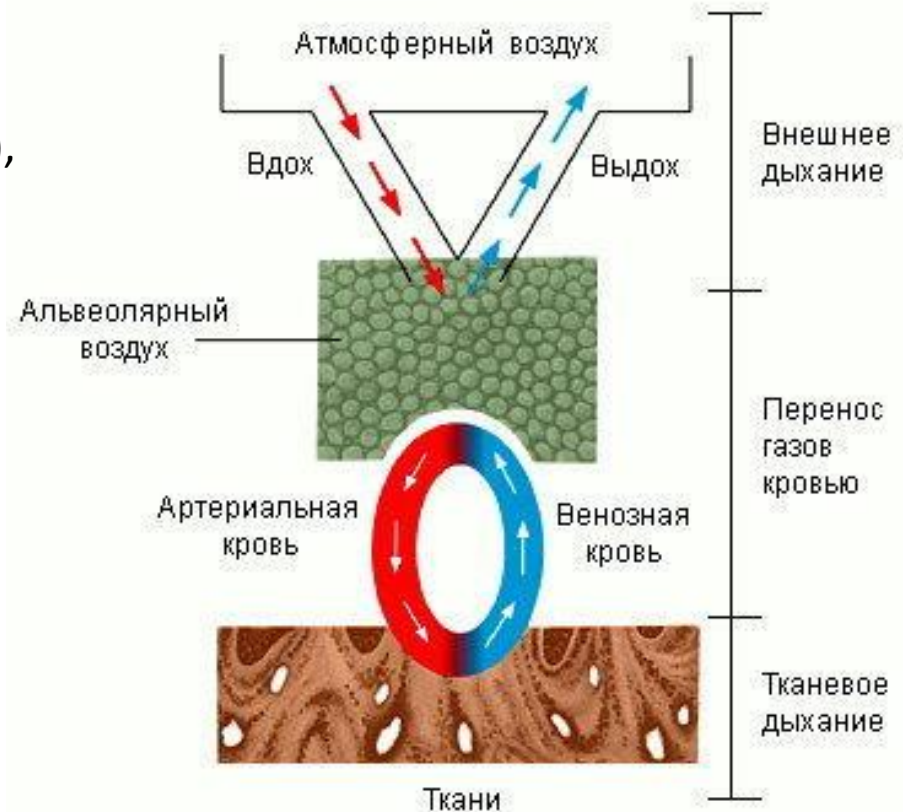


**Дыхание** – это совокупность физиологических процессов, обеспечивающих между организмом и окружающей средой сложную цепь биохимических реакций с участием кислорода (окисление органических веществ ведёт к выделению химической энергии).

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



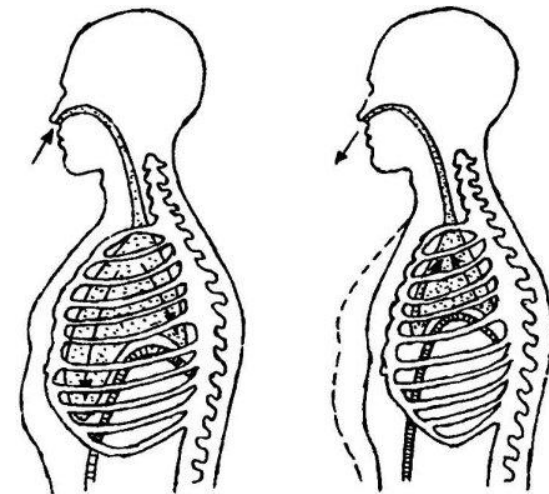
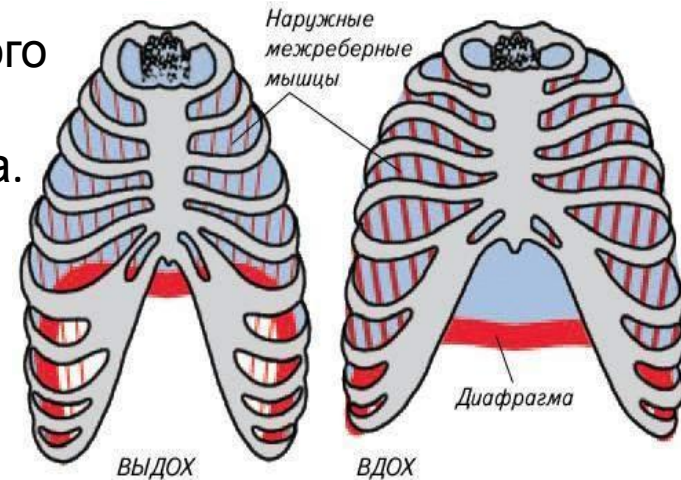
Вентиляция альвеол осуществляется чередованием вдоха (инспирация) и выдоха (экспирация). При сокращении межрёберных мышц и диафрагмы лёгкие растягиваются - **ВДОХ**, при расслаблении межрёберных мышц и диафрагмы лёгкие сжимаются – **ВЫДОХ**.

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

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

Виды легочного 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.

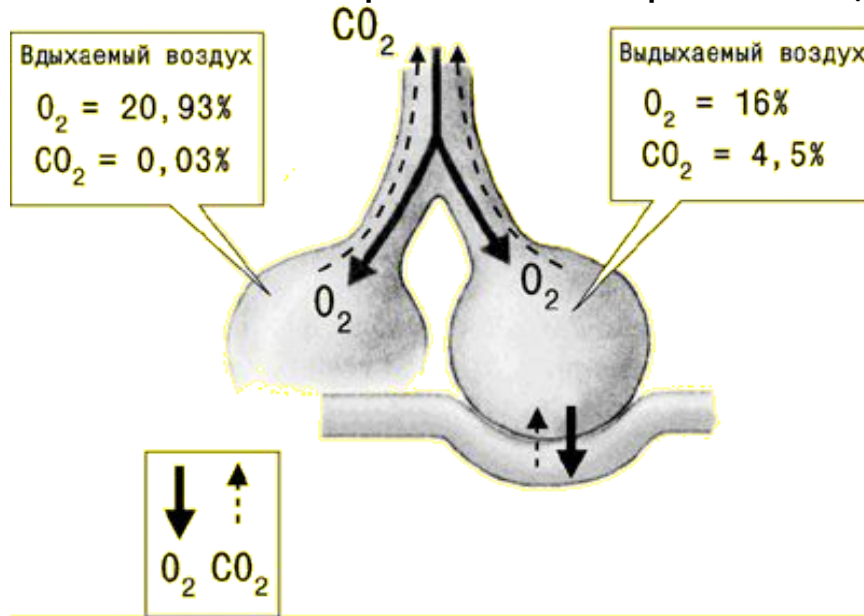


### **Функция внешнего дыхания:**

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

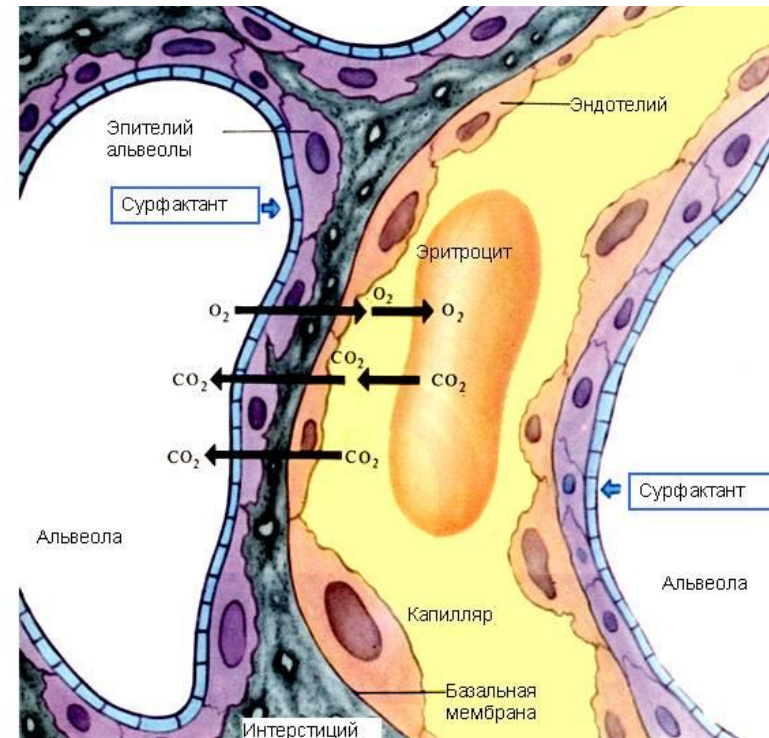
В альвеолах происходит газообмен между кровью и атмосферным воздухом. При этом кислород и углекислый газ проходят в процессе диффузии путь от эритроцита крови до альвеолы, преодолевая суммарный диффузионный барьер из сурфактанта, альвеолоцита, интерстиция, эндотелия капилляра (**аэрогематический барьер**)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



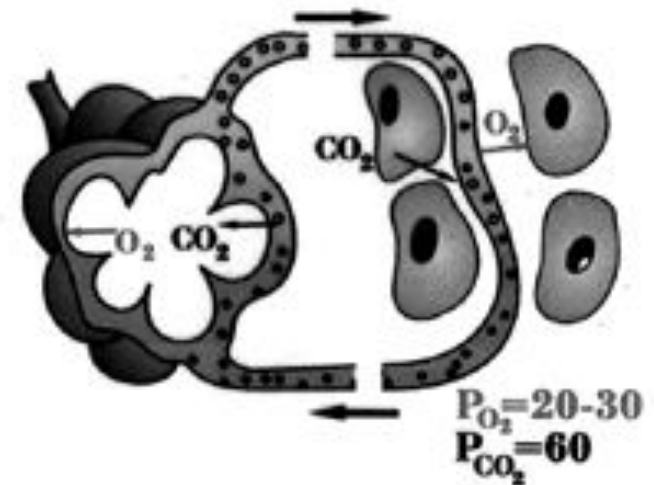
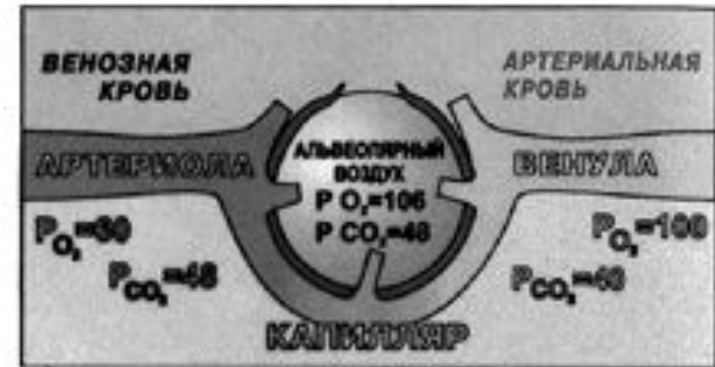
### Причины газообмена

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

Строение аэрогематического барьера



## ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ

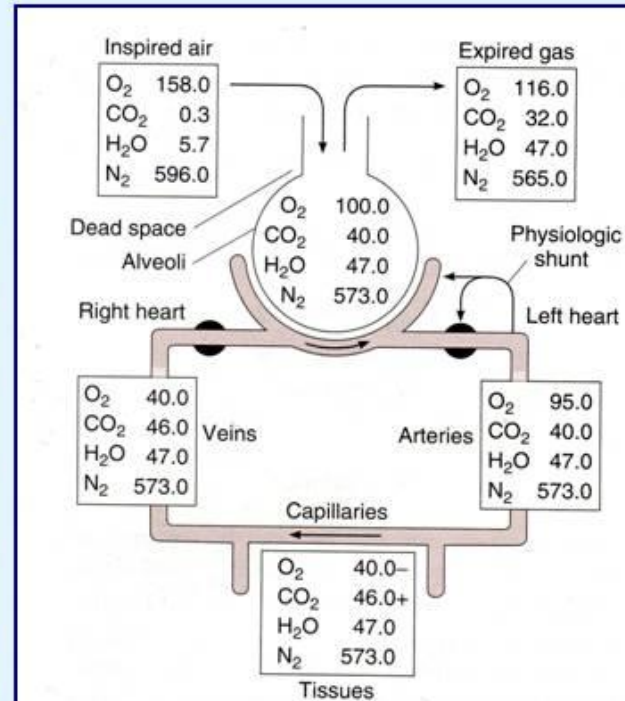


Газообмен в тканях

### Причины газообмена

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

| область                | парциальное давление,<br>мм Hg | O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|
| Вдыхаемый воздух       | 158                            | 158            | 0,3             |
| Альвеолы               | 100<br>(13,3 кПа)              | 100            | 40<br>(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              |



**Figure 34-18.** Partial pressures of gases (mm Hg) in various parts of the respiratory system and in the circulatory system.

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.

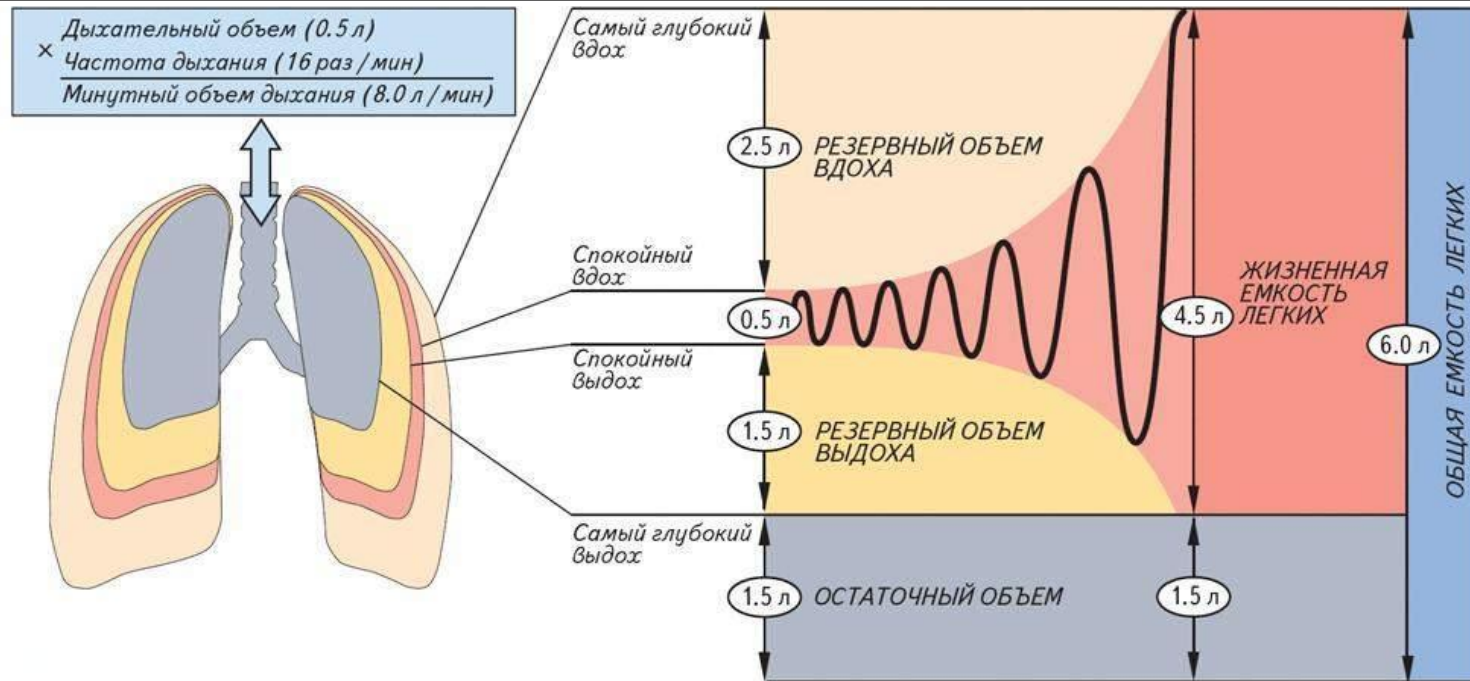
□ **Остаточный объем** – 1000-1200 мл – объем воздуха в легких после максимального выдоха, он не входит в состав ЖЕЛ.

□ **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 **зупноз** (дословно – хорошее дыхание).

□ При разговоре, приеме пищи ритм дыхания временно меняется: периодически могут наступать задержки дыхания на вдохе или на выходе (**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 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 сосудо-двигательный 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 вакуса 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 юкта-альвеолярные и юкта-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.

