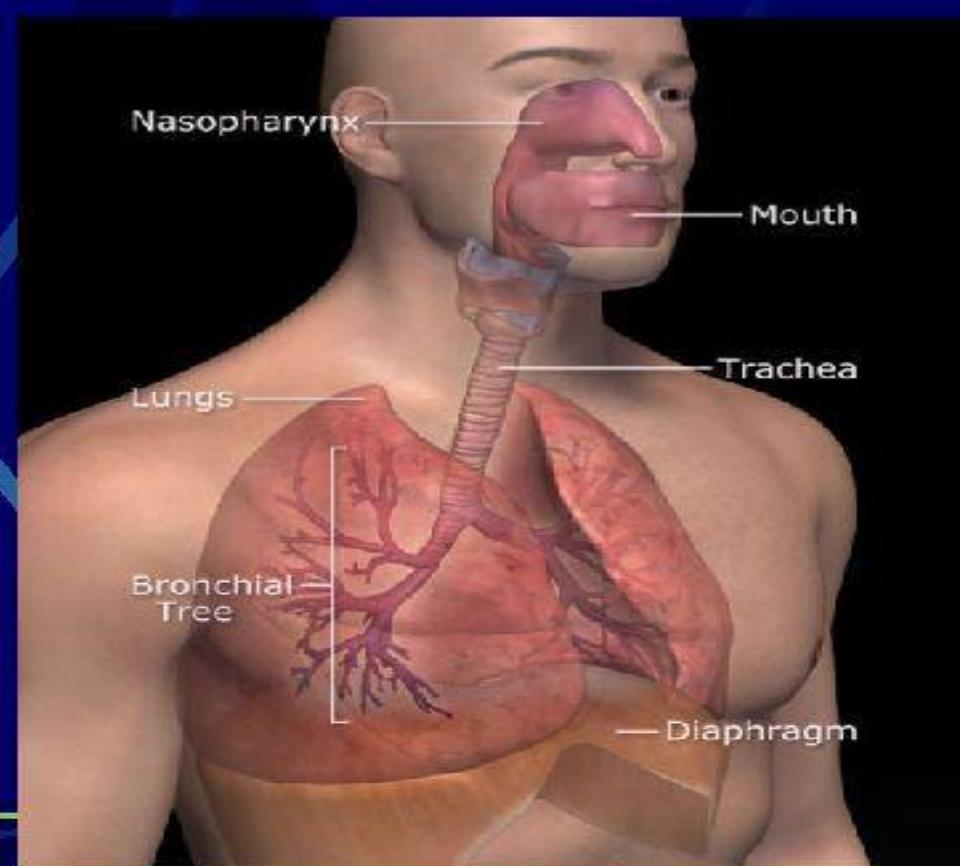
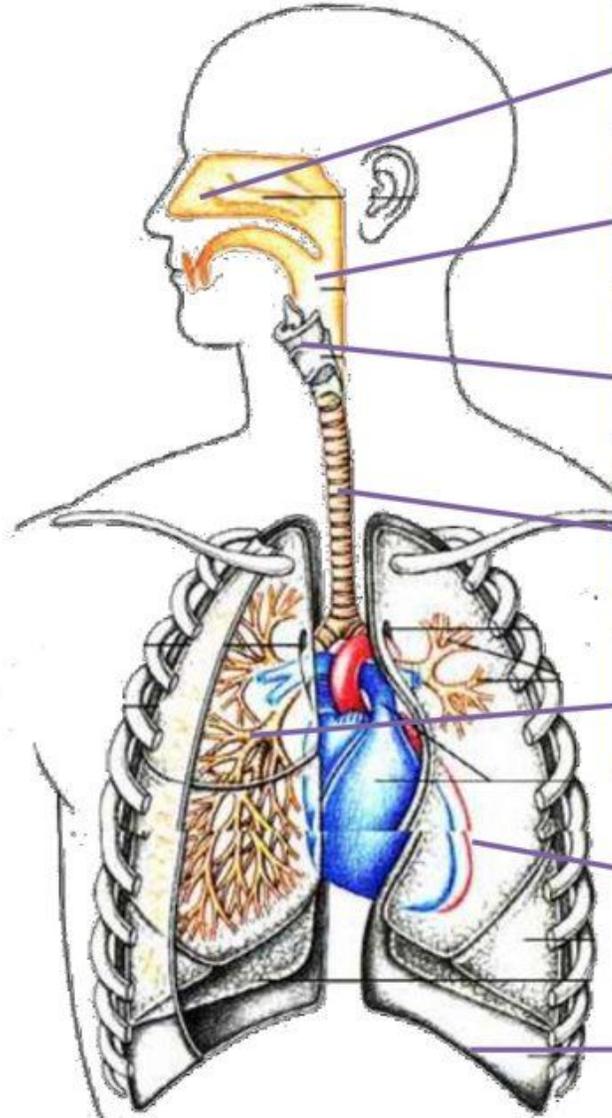


ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ



ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА – ЭТО СОВОКУПНОСТЬ ОРГАНОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ФУНКЦИЮ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА (ГАЗООБМЕН МЕЖДУ ВДЫХАЕМЫМ АТМОСФЕРНЫМ ВОЗДУХОМ И ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ ПО МАЛОМУ КРУГУ КРОВООБРАЩЕНИЯ КРОВЬЮ).



Носовая полость

В носовой полости воздух очищается от частиц пыли и микроорганизмов, согревается, охлаждается и увлажняется.

Глотка

Проведение воздуха из полости носа в гортань в глотке перекрещиваются дыхательные и пищеварительные пути.

Гортань

Участок дыхательной системы, который соединяет глотку с трахеей и содержит голосовой аппарат.

Трахея

Трахея имеет длину около 12-15 см. Основная функция трахеи — проводить воздух в легкие, а также выводить его.

Бронхиальное дерево

Это ветви дыхательного горла у человека, мельчайшей структурной единицей которых являются альвеолы.

Легкие

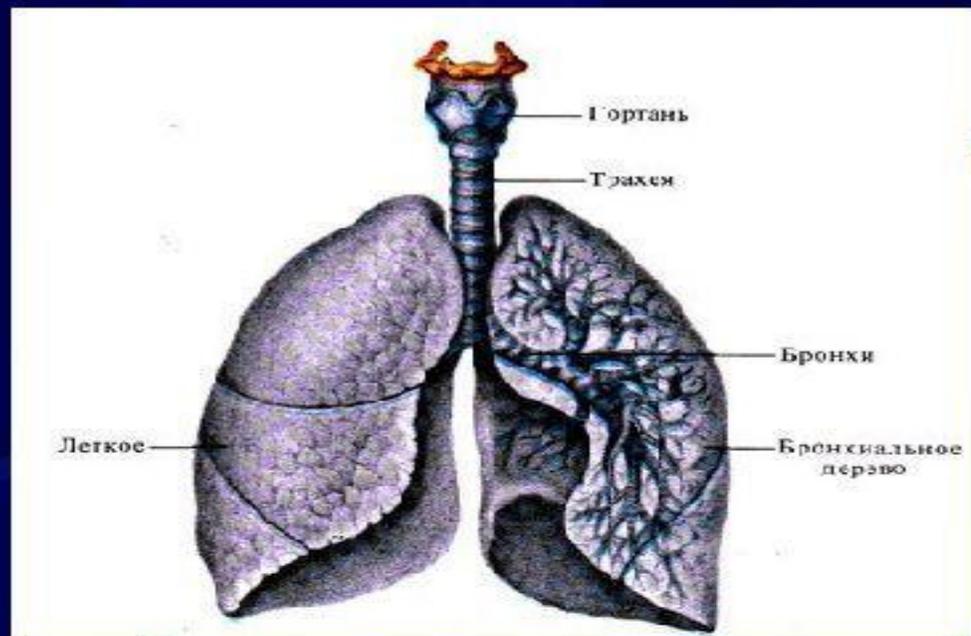
Основная функция легких – газообмен, который происходит при помощи альвеол.

Плевральная полость

Плевральная полость с формирующими её плевральными листками и плевральной жидкостью помогают осуществлению акта дыхания.

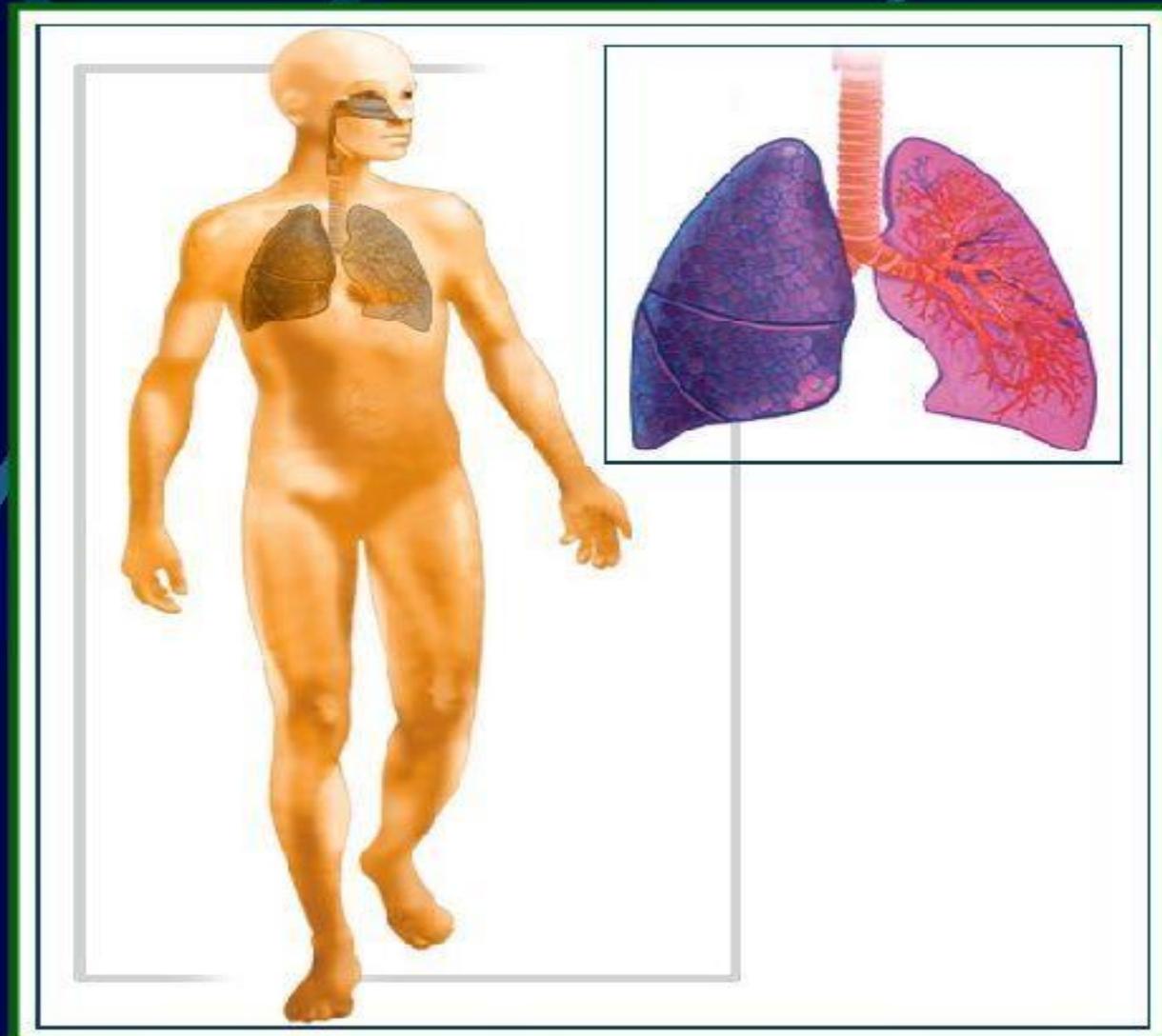
Сущность и значение процессов дыхания

- Дыхание является наиболее древним процессом, *основная задача которого* - регенерация газового состава крови, за счет чего происходят снабжение внутренних органов и тканей кислородом и удаление углекислого газа. Кислород принимает участие в окислительных процессах, в ходе которых происходит образование энергии. Эта энергия расходуется на рост, развитие и жизнедеятельность организма.

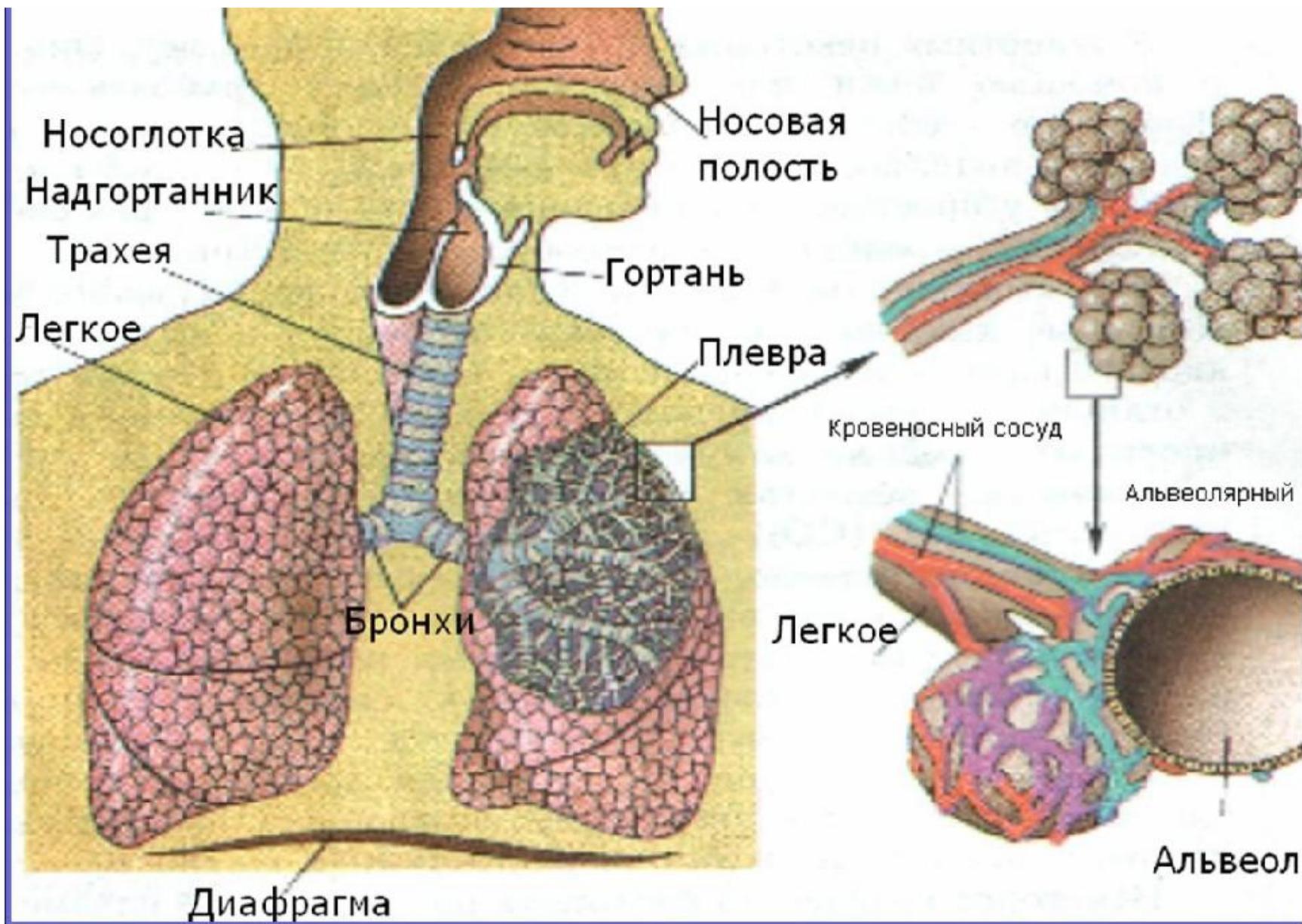


Функции дыхательной системы

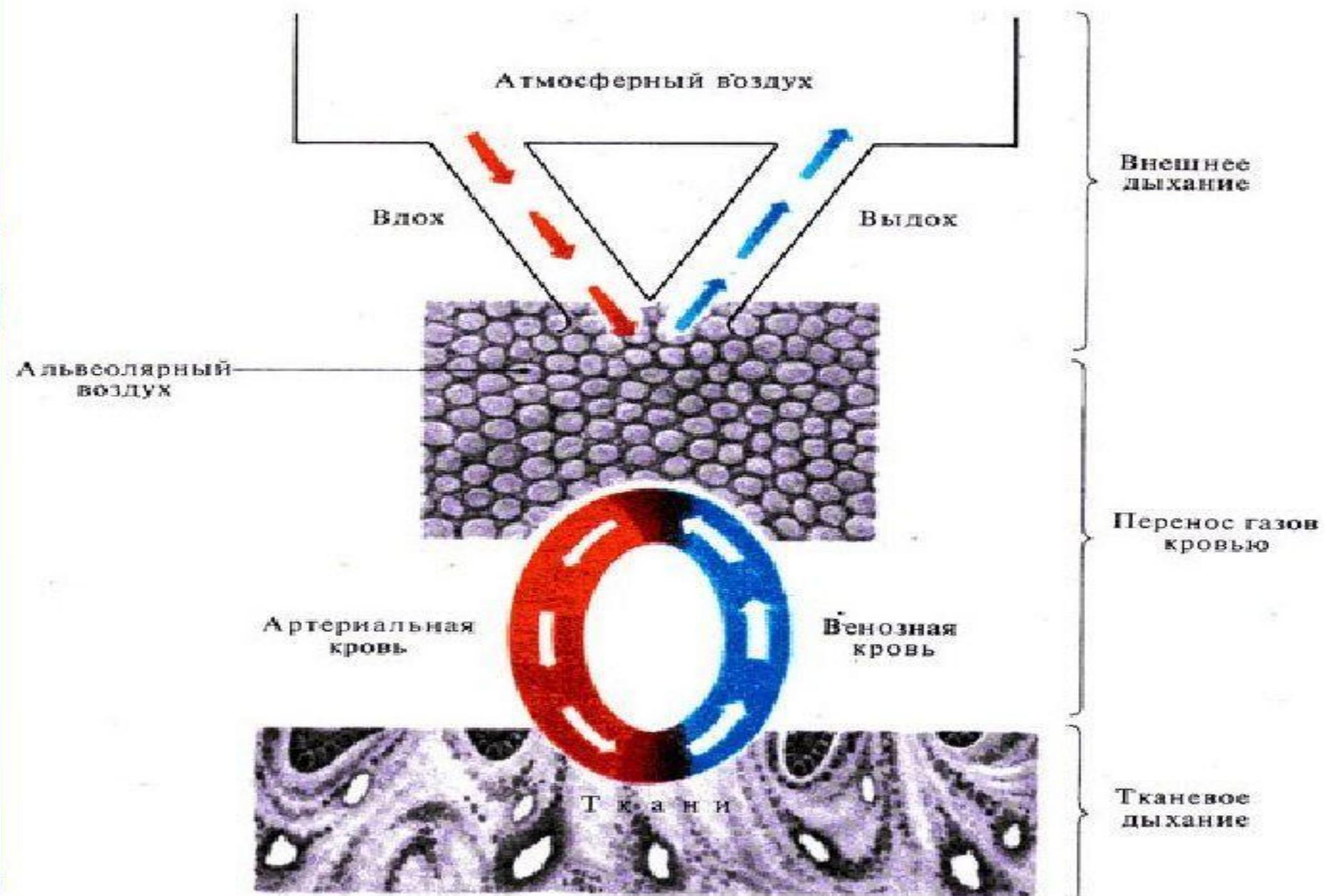
1. Газообмен
2. голосообразование
3. Теплообмен
4. Выделение
5. Обоняние



- *Основная задача дыхательных путей*-контакт легких с внешней средой. Они начинаются носовыми ходами, продолжаются гортанью, трахеей, бронхами. Бронхи крупного калибра имеют хрящевую основу, которая обеспечивает постоянную доступность дыхательных путей для воздуха. В состав главных бронхов также входят гладко - мышечные волокна, изменение тонуса которых приводит к изменению просвета дыхательных путей.



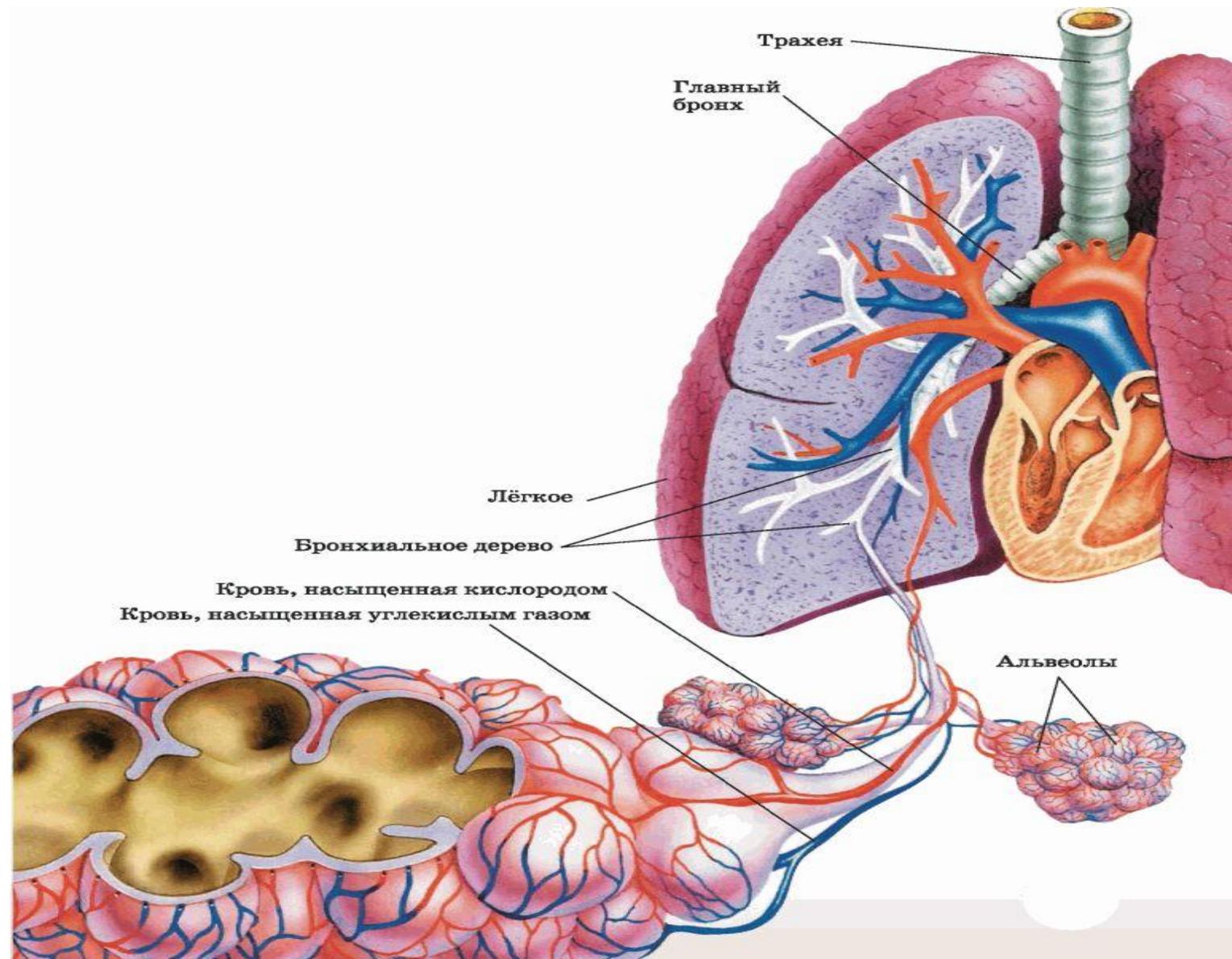
- Дыхательные пути имеют разветвленную сеть кровеносных капилляров, за счет которых осуществляется регуляция температуры вдыхаемого воздуха и происходит испарение жидкости из дыхательных путей.
- Слизистая оболочка дыхательных путей выстлана мерцательным эпителием, который задерживает пылевые частицы, микроорганизмы и обеспечивает их удаление вместе со слизью.



1. Внешнее дыхание – обмен газов между атмосферным воздухом и альвеолами. **Механизм – вдох и выдох**
2. Обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью.
3. Транспорт газов кровью.
4. Обмен газов между кровью и тканями
5. Внутриклеточное дыхание

**Легкие выполняют 2 основные функции-
дыхательную (обмен газов между организмом и
внешней средой) и недыхательную.**

- К недыхательным функциям относятся:**
- 1) удаление углекислого газа в виде паров (экскреторная функция);**
- 2) обмена воды в организме (с поверхности регуляция легких постоянно происходят испарение жидкости и отдача тепла);**
- 3) депонирование крови (легкие-депо крови II порядка);**



- 4) участие в метаболизме жиров (липидов являются составной частью сурфактанта);
- 5) защита организма от вредных микроорганизмов путем выделения слизи;
- 6) синтез факторов свертывания крови и компонентов плазминогенной системы;
- 7) образование биологически активных веществ гормонов (серотонина, бамбезина);
- 8) инактивация различных веществ.

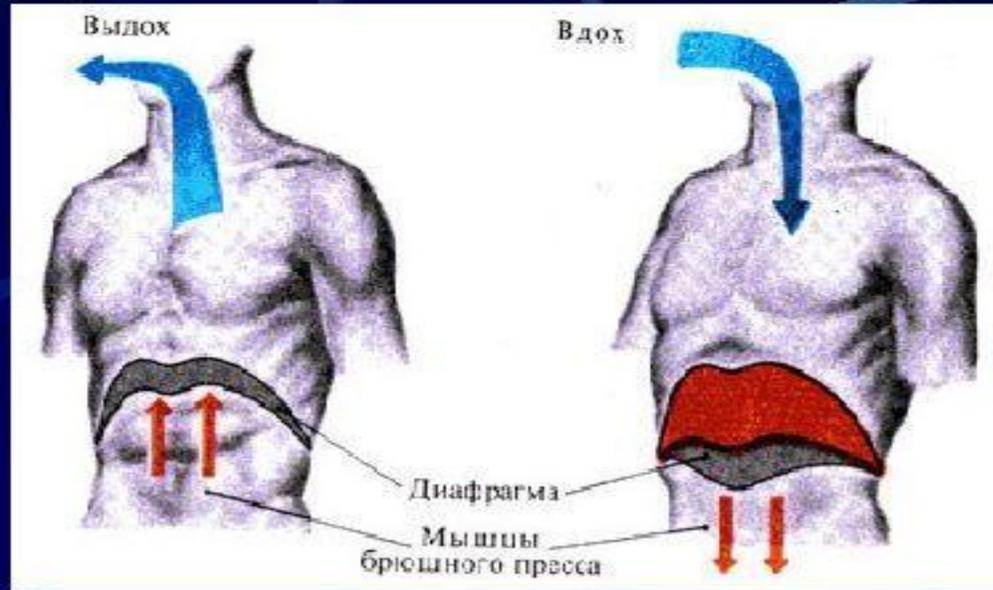
Типы дыхания:

Диафрагмальный (брюшной)	Изменение объема грудной полости достигается в основном за счёт движения диафрагмы. Преобладает у мужчин.
Рёберный (грудной)	Большой вклад в изменение объема грудной полости вносят сокращения межреберных мышц. Преобладает у женщин, обеспечивает вентиляцию лёгких при беременности
Смешанный (грудно-брюшной)	В изменении объёма грудной полости в равной степени участвуют и диафрагма, и межрёберные мышцы. Преобладает у детей

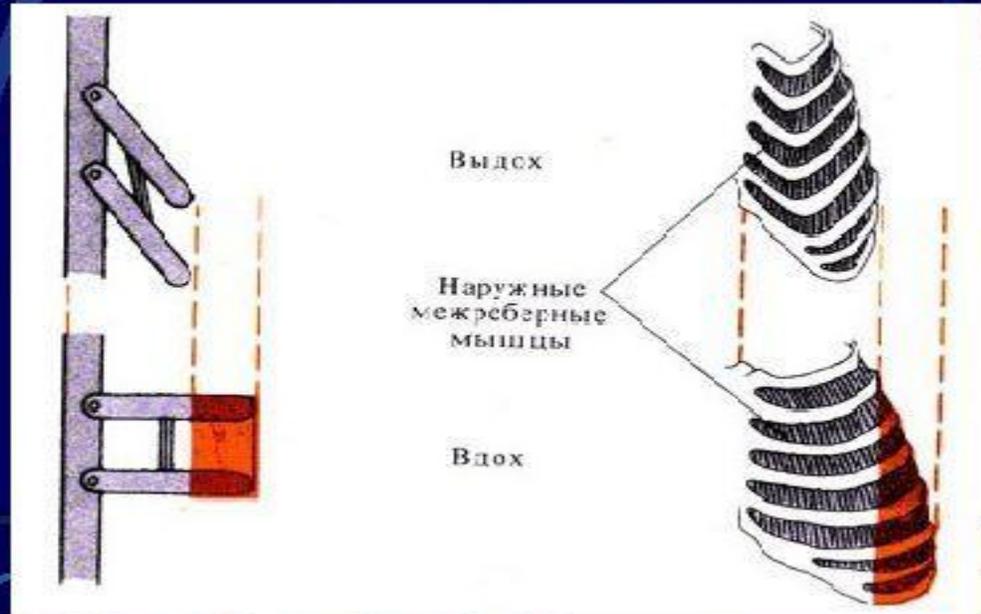
Типы дыхания

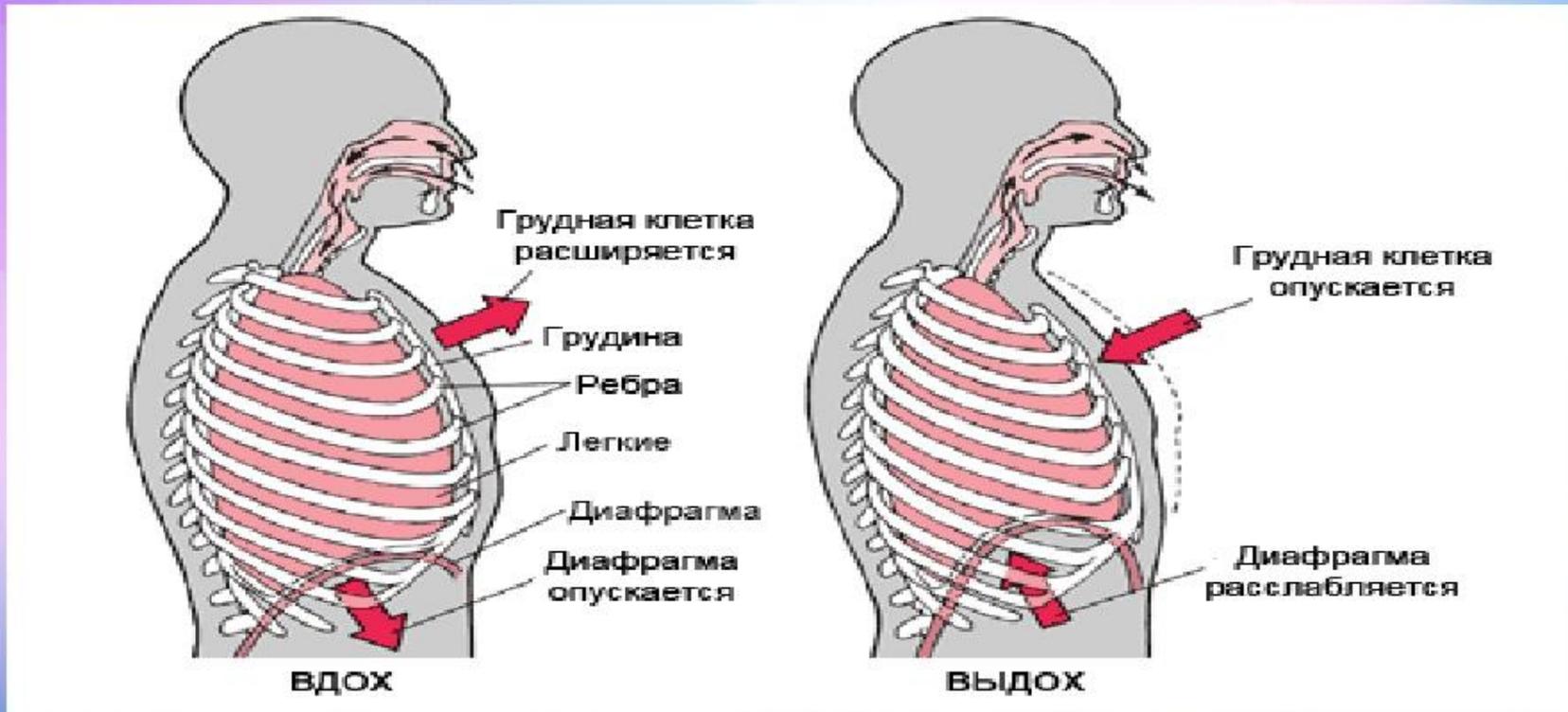
- **верхнее дыхание** (вдох и выдох совершаются за счёт сокращения мышц, поднимающих и опускающих плечи и верхнюю часть грудной клетки; это слабое поверхностное дыхание, при котором активно работают только верхушки легких);
- **грудное дыхание** (процесс дыхания совершается за счёт изменения поперечного объёма грудной клетки вследствие сокращения межрёберных мышц, при этом диафрагма – главная дыхательная мышца – малоподвижна, поэтому выдох получается недостаточно энергичным);
- **диафрагмальное дыхание** (процесс дыхания совершается за счёт изменения продольного объёма грудной клетки вследствие сокращения диафрагмы, при этом наблюдается сокращение межрёберных дыхательных мышц, но очень незначительное);
- **диафрагмально-рёберное дыхание** (вдох и выдох совершаются за счёт изменения объёма грудной клетки в продольном и поперечном направлениях вследствие сокращения диафрагмы, межрёберных дыхательных мышц, а также брюшных мышц живота; это дыхание считается правильным, и его используют как основу для речевого дыхания).

Внешнее дыхание – обмен газов между атмосферным воздухом и альвеолами. *Механизм – вдох и выдох*



- 70-80% вентиляции легких обусловлено движением диафрагмы
- Форсированное дыхание – дополнительные мышцы вдоха и выдоха (наружные и внутренние межреберные м. + м. живота + груди + спины).





В процессе дыхания легкие играют пассивную роль. Они не могут расширяться и сжиматься активно, так как в них нет мускулатуры. При спокойном вдохе сокращаются диафрагма, наружные мышцы. При спокойном выдохе вследствие ослабления дыхательных мышц грудина и ребра, благодаря своей тяжести, опускаются, реберные хрящи распрямляются и опускают ребра к низу, внутрибрюшное давление выпячивает расслабленную диафрагму кверху. В обычных условиях жизни дыхательные движения происходят без участия сознания. Они совершаются и в глубоком сне и в других случаях, когда

Механика вдоха

- Сокращение диафрагмы – уплощение и опускание, **ув. продольного размера** гр.клетки, ум. объема бр. полости – **ув. давления в бр.полости**
- Сокращение наружных межреберных косых мышц – поднятие ребер – **ув. поперечного размера гр.клетки**
- В результате увеличивается объем плевральной щели

Дыхательные движения

Мышцы вдоха

Мышцы выдоха

Дополнительные

Грудино-ключично-сосцевидная

Лестничные

Основные

Наружные межреберные

Внутренние межреберные

Диафрагма

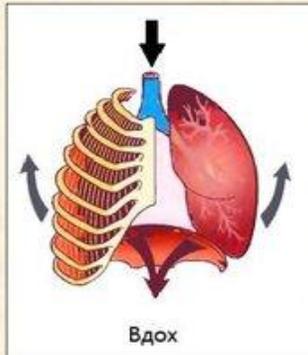
Внутренние межреберные

Прямая мышца живота

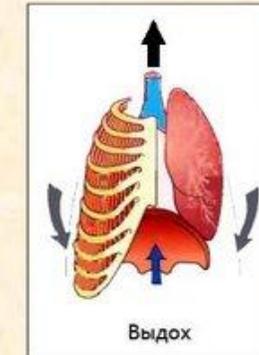
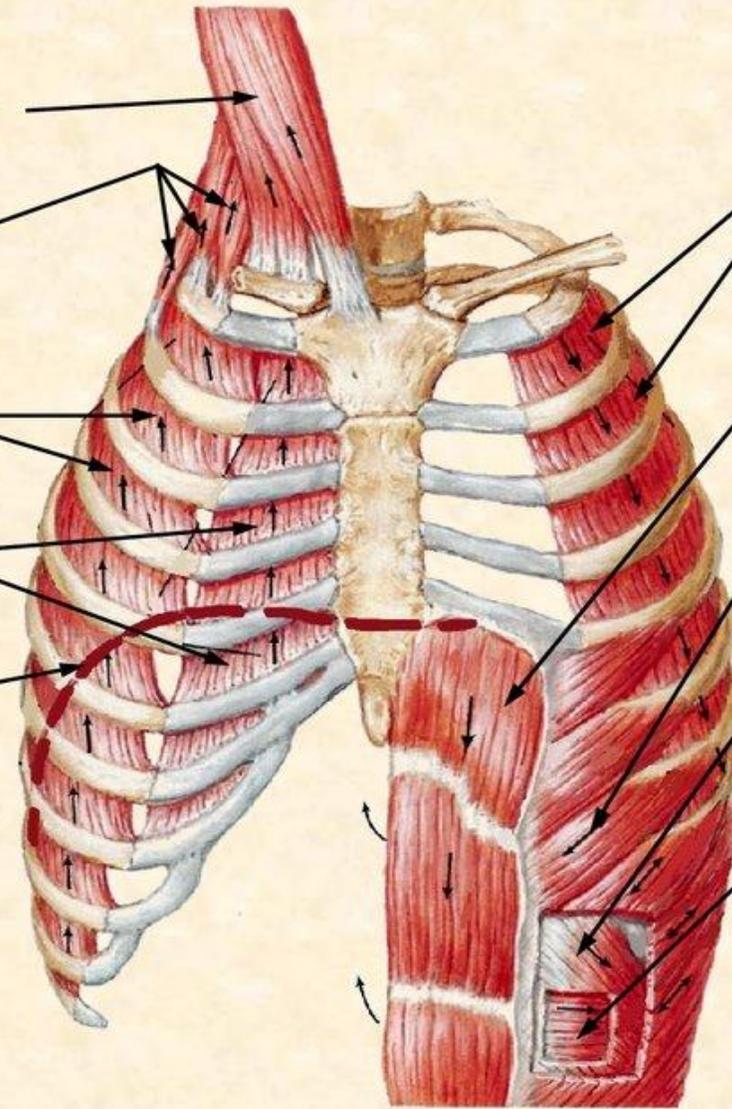
Наружная косая мышца живота

Внутренняя косая мышца живота

Поперечная мышца живота



Вдох



Выдох



- Грудная клетка вместе с вспомогательной дыхательной мускулатурой образует мешок для легких. За счет сокращения мышц во время вдоха и выдоха происходит изменение размеров грудной клетки. Инспираторные мышцы приподнимают передний отдел ребер, приводя к увеличению переднезаднего и бокового размера. В осуществлении глубокого вдоха принимают участие и вспомогательные мышцы (лестничная, большая и малая грудные, мышцы разгибающие позвоночник).

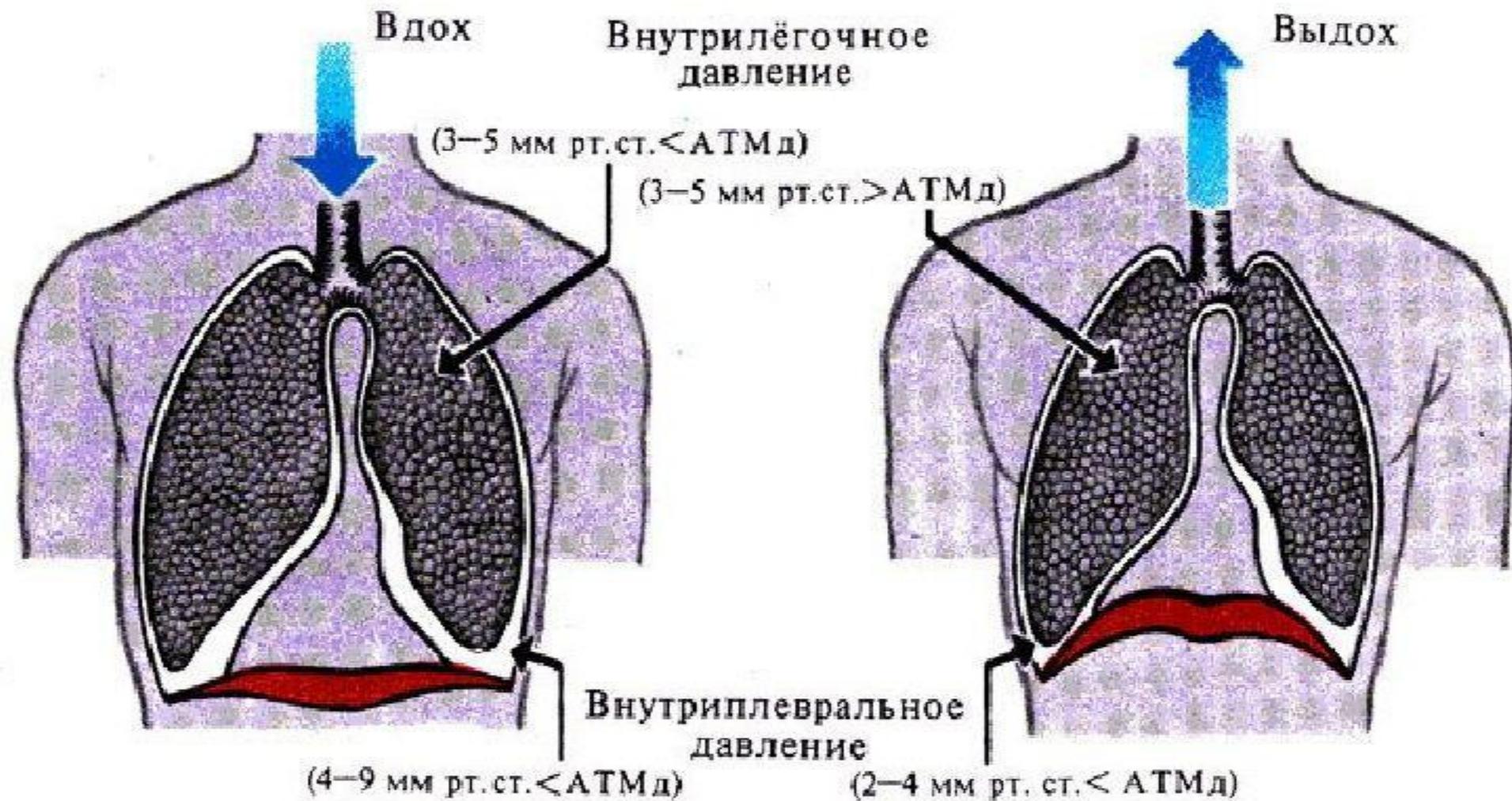
- Акт вдоха – активный процесс и сопровождается затратой энергии, которая расходуется на преодоление:
- 1.тяжести грудной клетки ;
- 2.сопротивления органов брюшной полости;
- 3.аэродинамического сопротивления;
- 4.эластической тяги легких (сила, с которой легочная ткань стремится сжаться).
- При глубоком (форсированном) вдохе дополнительно сокращаются мышцы шеи, груди и плечевого пояса.

Механика выдоха

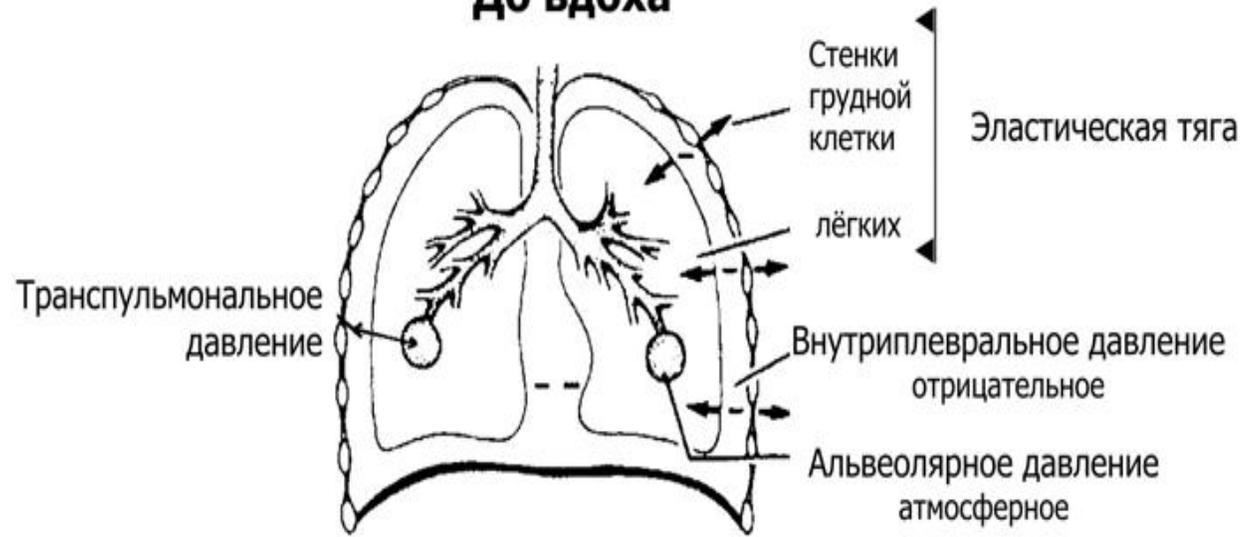
- Расслабление диафрагмы – под действием P бр. полости – диафрагма поднимается – *ум. продольный размер гр. клетки*
- Межреберные мышцы расслабляются – ребра под действием силы тяжести опускаются – *ум. поперечный размер гр. клетки*
- В результате уменьшается объем плевральной щели

- Акт выдоха – экспирация – процесс пассивный, хотя и участвуют диафрагма (приобретает форму купола) и внутренние межреберные мышцы. Рёбра опускаются, грудная клетка сужается, объем легких уменьшается (в том числе, за счет эластической тяги), увеличивается внутрилегочное давление и воздух изгоняется из легких. При форсированном выдохе дополнительно сокращаются мышцы живота, или брюшного пресса.

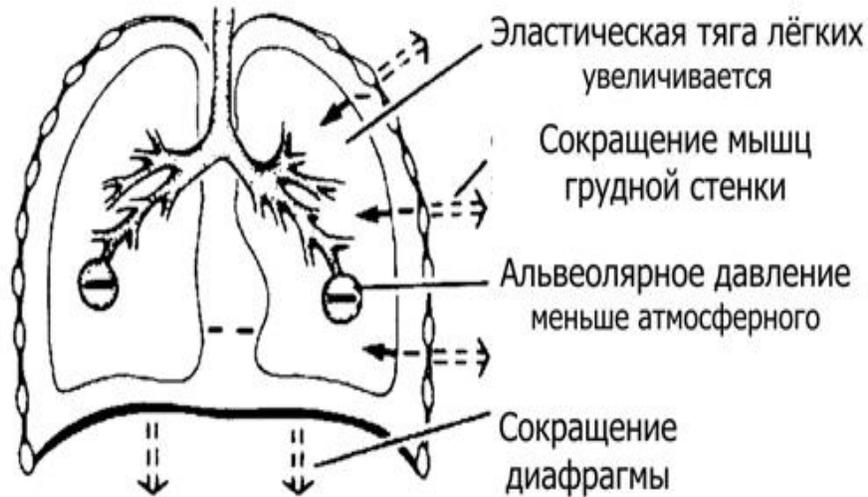
- Экспираторные мышцы при сокращении вызывают уменьшение объема грудной полости. В максимальном выдохе принимают участие мышцы передней брюшной стенки и мышцы, сгибающие позвоночник.



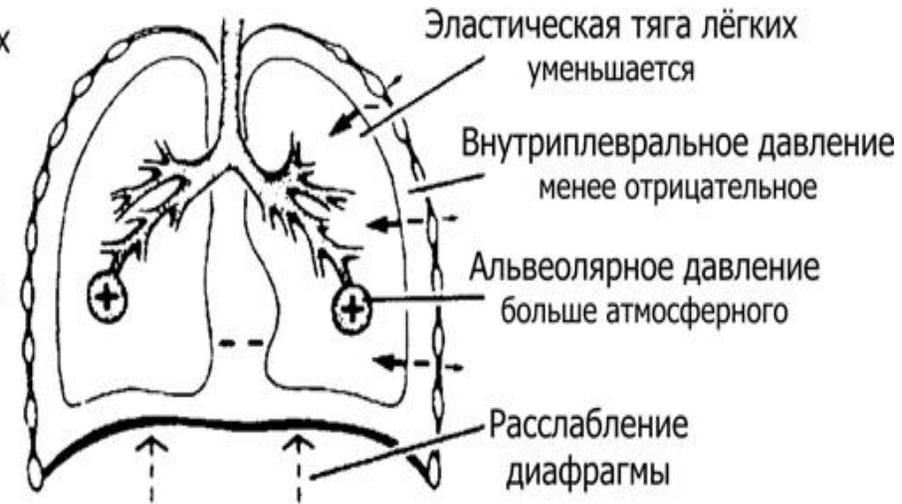
До вдоха



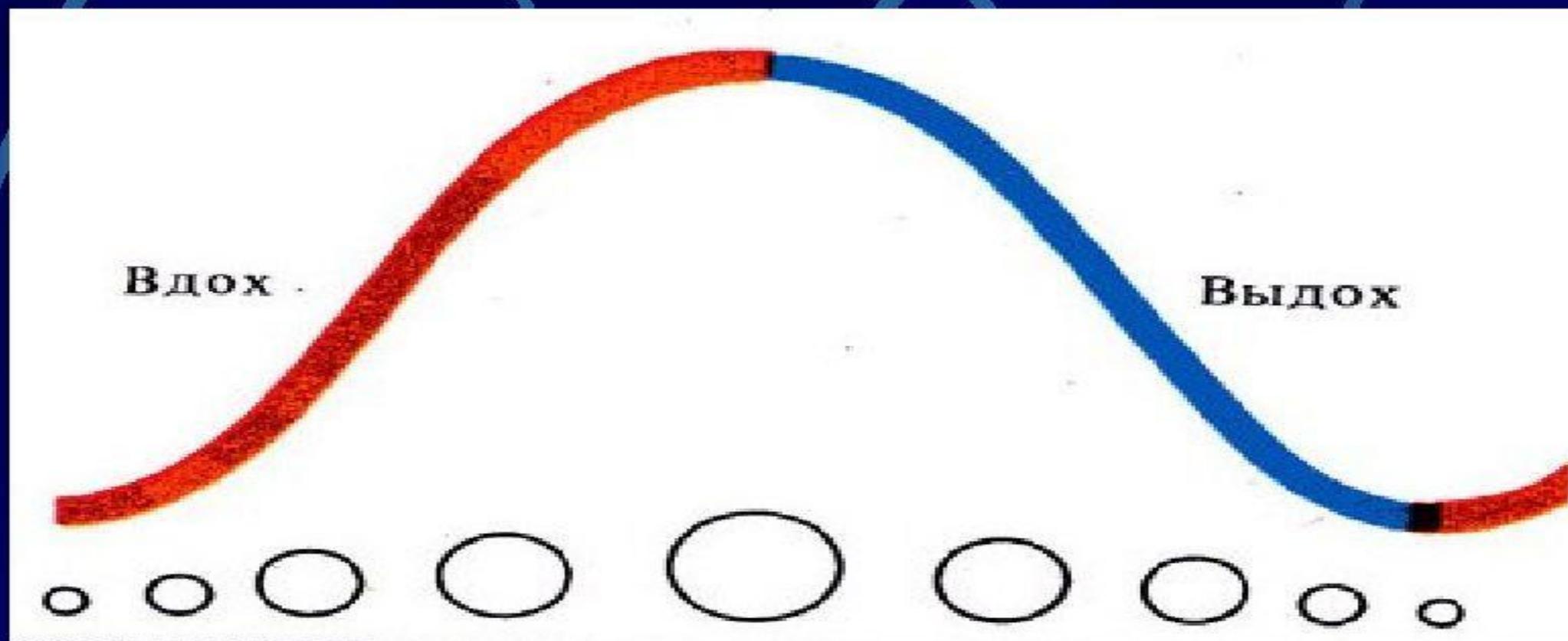
На вдохе



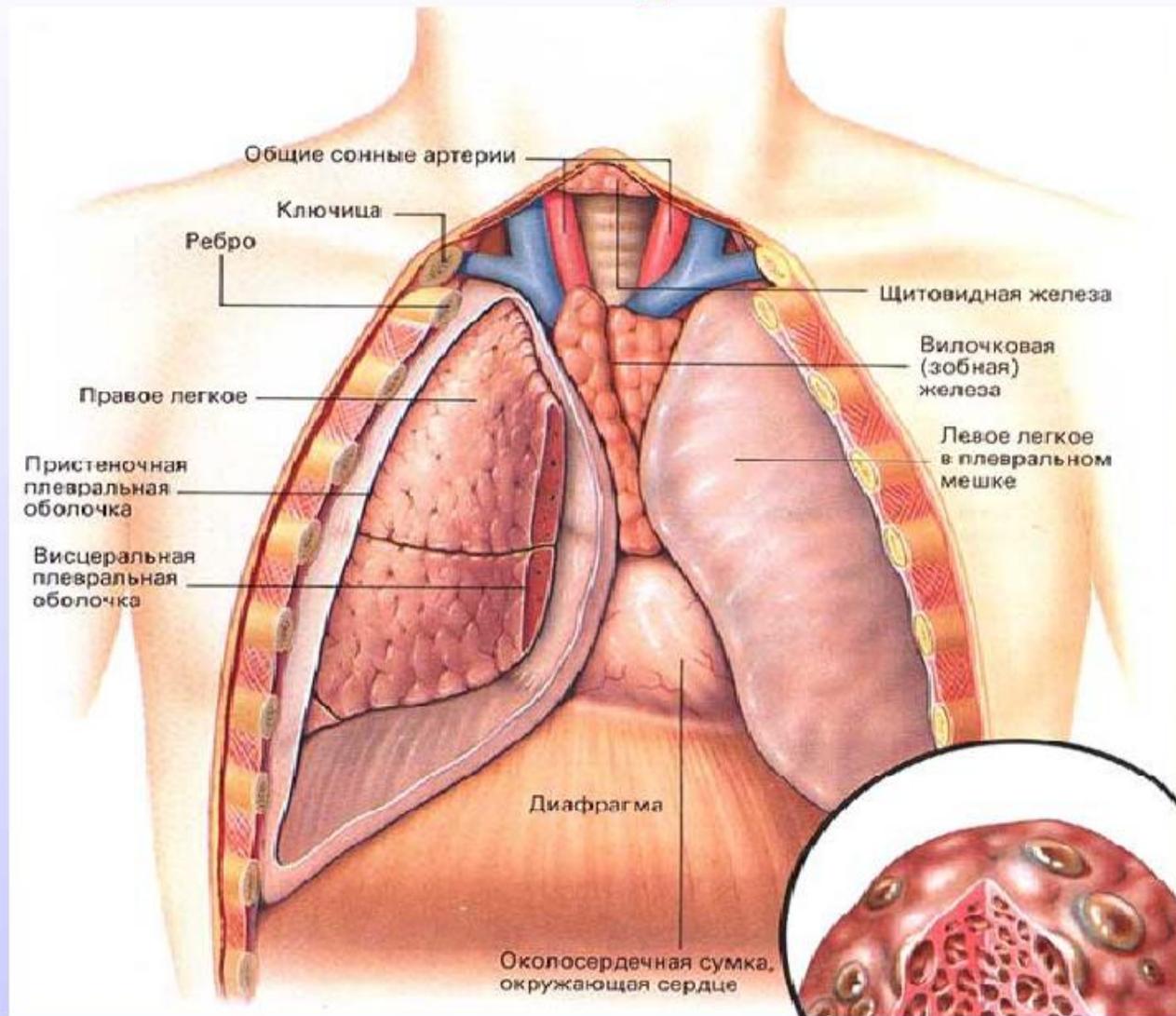
На выдохе



Изменение объема альвеол

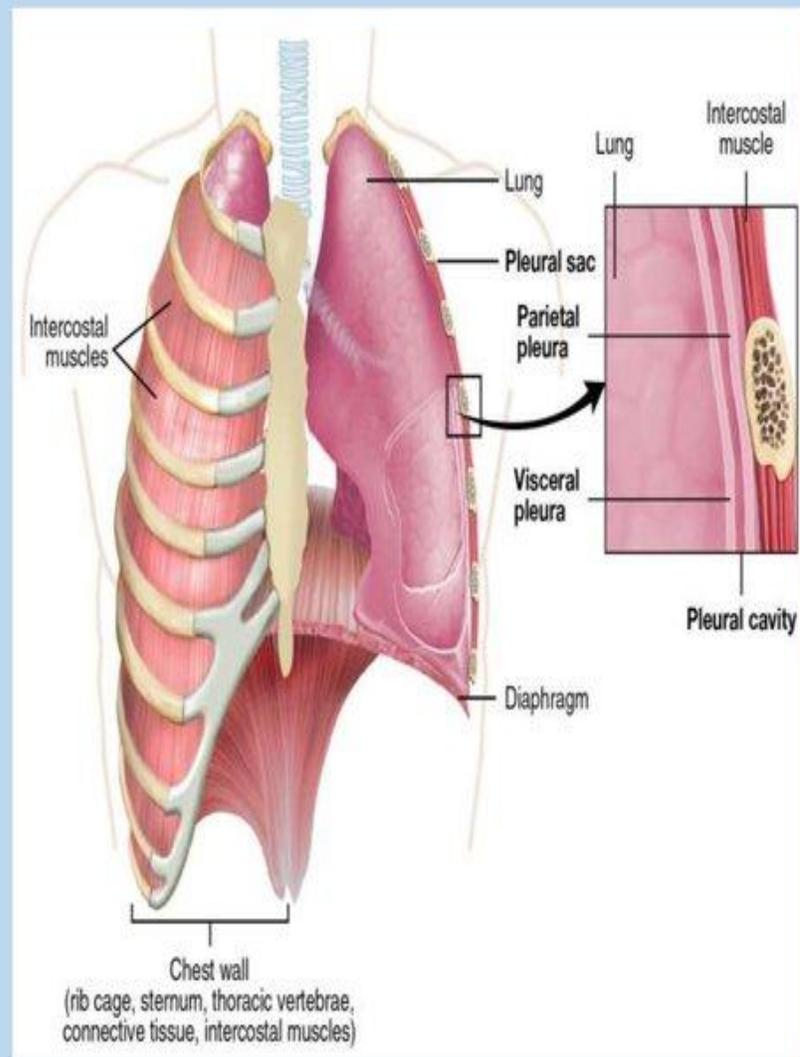


Плевра



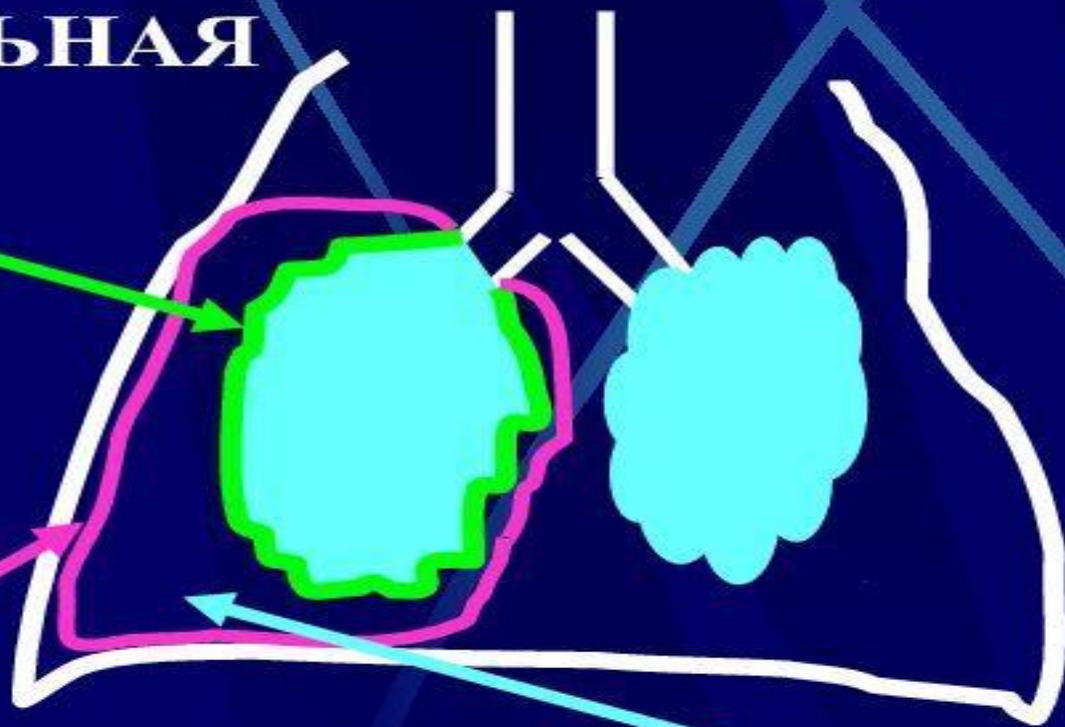
Плевра

Плевра — это тонкая серозная оболочка, покрытая с поверхности одним слоем плоских мезотелиальных клеток, лежащих на базальной мембране. Плевра представлена двумя плевральными листками, разделенными замкнутым щелевидным пространством. Внутренний листок — висцеральная плевра — срастается с поверхностью легкого и покрывает всю его поверхность, в том числе и в междолевых щелях, за исключением области ворот. Наружный листок — париетальная плевра. Замкнутое пространство между наружным и внутренним листком называется плевральной полостью, в которой имеется немного серозной жидкости, способствующей скольжению плевральных листков при дыхательных движениях легкого.



ПЛЕВРАЛЬНАЯ ЩЕЛЬ

ВИСЦЕРАЛЬНАЯ
ПЛЕВРА



ПАРИЕТАЛЬНАЯ
ПЛЕВРА

ПЛЕВРАЛЬНАЯ
ЩЕЛЬ

Давление в плевральной щели

- Ниже атмосферного – отрицательное:
 - Спокойный выдох - 3мм рт.ст
 - Форсированный выдох 0 мм рт.ст.
 - Спокойный вдох – 6мм рт.ст.
 - Форсированный вдох -20мм рт.ст.

Внутригрудное отрицательное давление.

- Легкие отделены от стенок грудной клетки плевральной полостью, которая образована 2-мя листками. Между ними имеется щель, объем которой меняется при вдохе и выдохе. При рождении ребенка давление в плевральной щели равно атмосферному. С возрастом грудная клетка растет быстрее, чем легкие, и плевральная щель увеличивается, а давление в ней, в силу герметичности, становится меньше атмосферного, т.е. становится отрицательным = -6 – 9 мм РТ.ст.

- При вдохе оно делается более отрицательным, поэтому воздух легко поступает в легкие. При выдохе растянутая легочная ткань сжимается (хотя и не до конца), внутрилегочное давление увеличивается, что способствует выдоху. Таким образом, отрицательное внутригрудное давление помогает осуществлять вдох, а эластическая тяга легких облегчает выдох.

Факторы, формирующие отрицательное давление в плевральной щели

- **Замкнутое пространство - герметичность**
- **Рост грудной клетки опережает рост паренхимы легкого (внутриутробно)**
- **Присасывающее действие листков плевры**
- **Эластическая тяга легких (легкие стремятся к спадению)**

Пневмоторакс

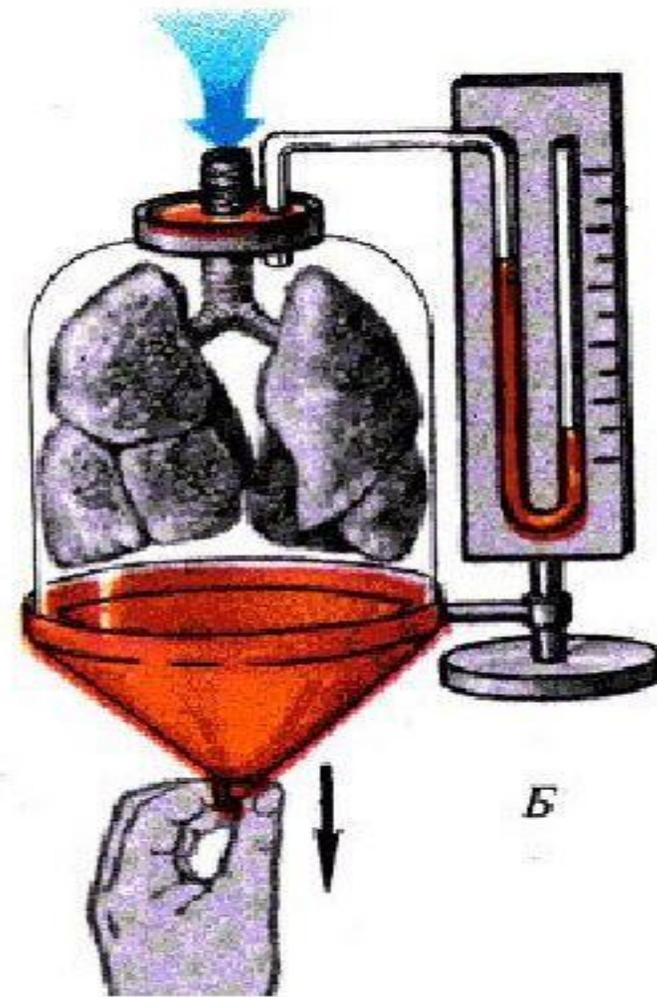
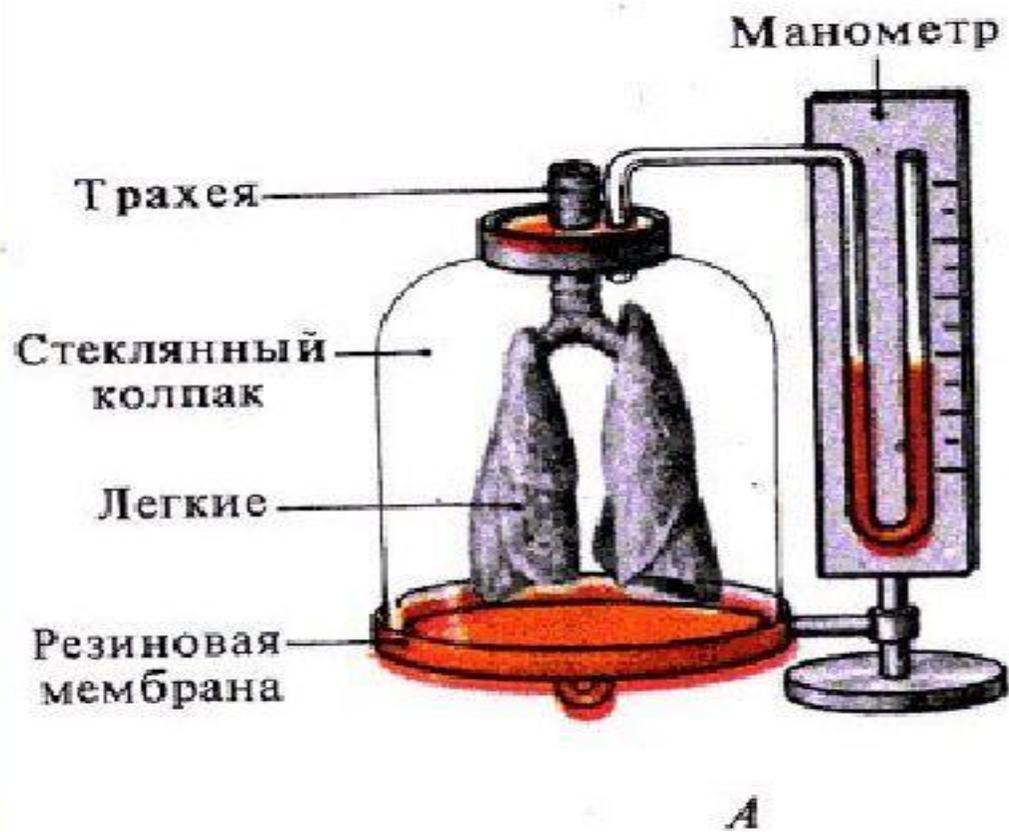
- **Нарушение герметичности плевральной щели:**
 - **Открытый**
 - **Закрытый**
 - **Клапанный**

Пневмоторакс

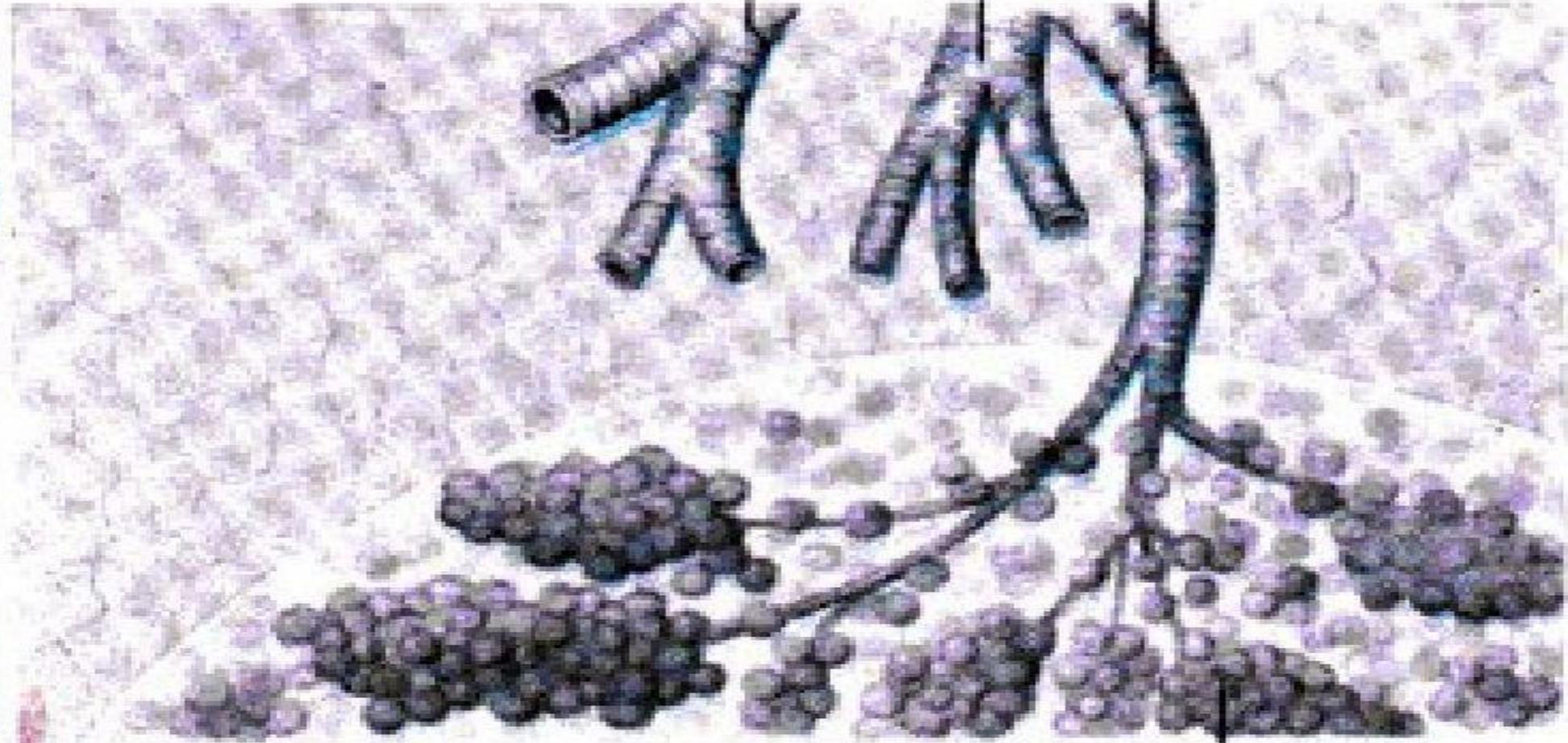
- Если по разным причинам атмосферный воздух попадает в плевральную щель, то возникает пневмоторакс. Это – тяжелое состояние, так легкие сжимаются и не участвуют в газообмене. Различают 3 вида пневмоторакса: 1. закрытый, 2. открытый, 3. клапанный – наиболее тяжелая форма, когда воздух с каждым вдохом накапливается в плевральной щели и поджимает легкое.

Причины пассивного ■ движения легких за грудной клеткой

Опыт Дондерса



Бронхи



Альвеолы

Мертвое пространство дыхательных путей.

- **Объем воздухоносных путей = 120-150 мл. Воздух, который, не участвует в газообмене и поэтому называется мертвым. «Физиологическое» мертвое пространство больше «анатомического», так как сюда включают и все невентилируемые альвеолы (которых с возрастом и после перенесенных здесь заболеваний легких становится больше).**



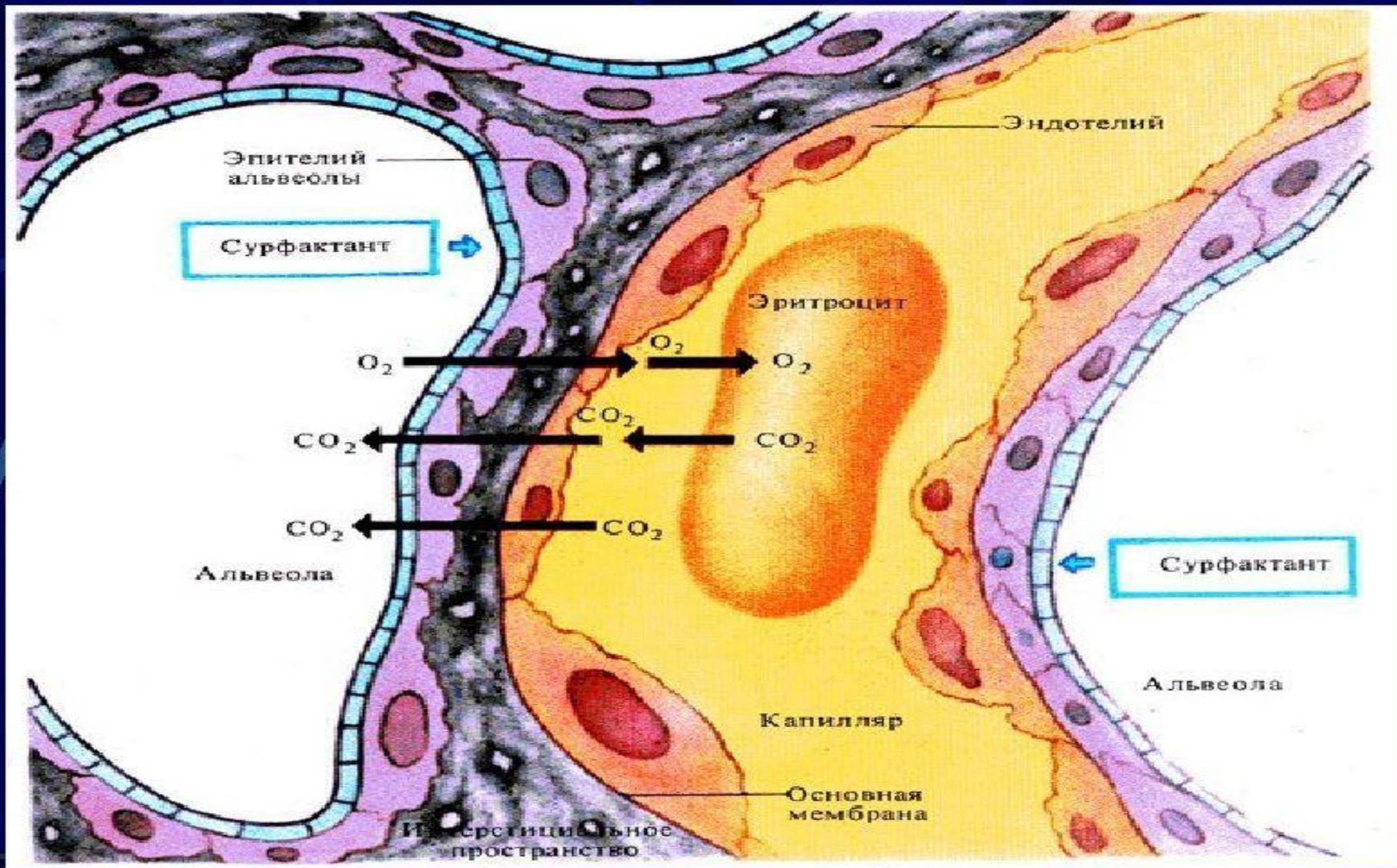
**Эластическая тяга легких –
это сила с которой легкие стремятся
к спадению**

**Факторы, формирующие эластическую
тягу легких**

- Отрицательное давление в плевральной щели
- Эластические свойства ткани легкого
- Поверхностное натяжение альвеолярной жидкости

Сурфактант

- Поверхностно-активное вещество – ПАВ – вырабатывается пневмоцитами II типа
- Фосфолипид – *дипальмитилфосфатидилхолин*
- *Снижает поверхностное натяжение в 10 раз*



Барьер, через который происходит обмен газов между альвеолами и капиллярами, называется **аэрогематическим**.

- *В его образовании участвуют:*
- 1) сурфактант;
- 2) альвеолярный эпителий;
- 3) базальная мембрана альвеол;
- 4) базальная мембрана капилляров;
- 5) эндотелий капилляров.

Функции сурфактанта

Сохранение размеров и формы альвеол



гидрофобный

гидрофильный

*Вдох –поверхностное
натяжение увеличивается,
альвеола не разрывается*

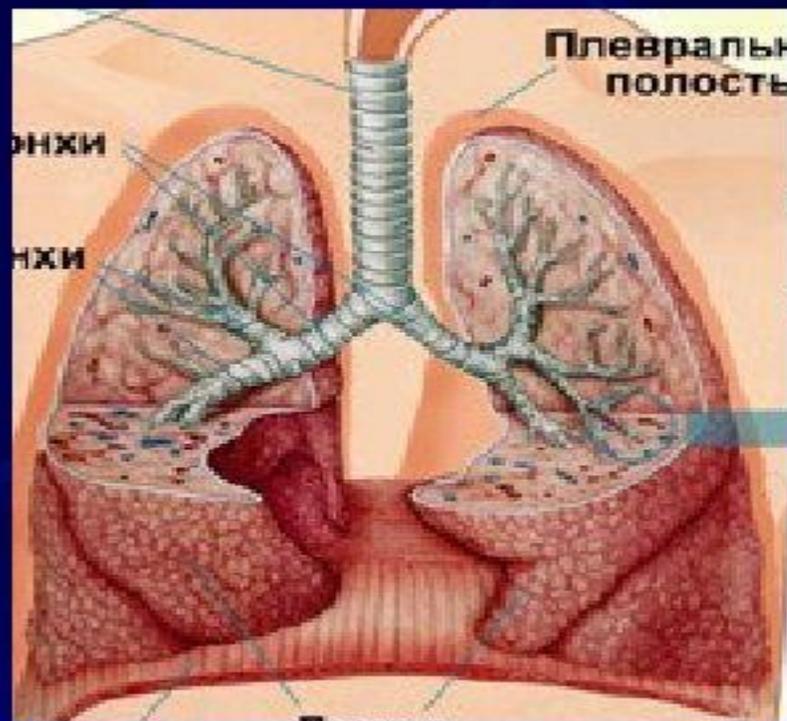
*Выдох –поверхностное
натяжение уменьшается,
альвеола не «слипается»*

- Обеспечивает **гистерезис** альвеол – задержка спадения альвеол при выдохе, т.к. при вдохе увеличивается концентрация ПАВ
- Периодическое выключение части альвеол из процесса дыхания (исчезает часть молекул сурфактанта и не обновляется)
- Очищение альвеол
- На 50% снижают испарение воды с поверхности альвеол

Функции воздухоносных путей

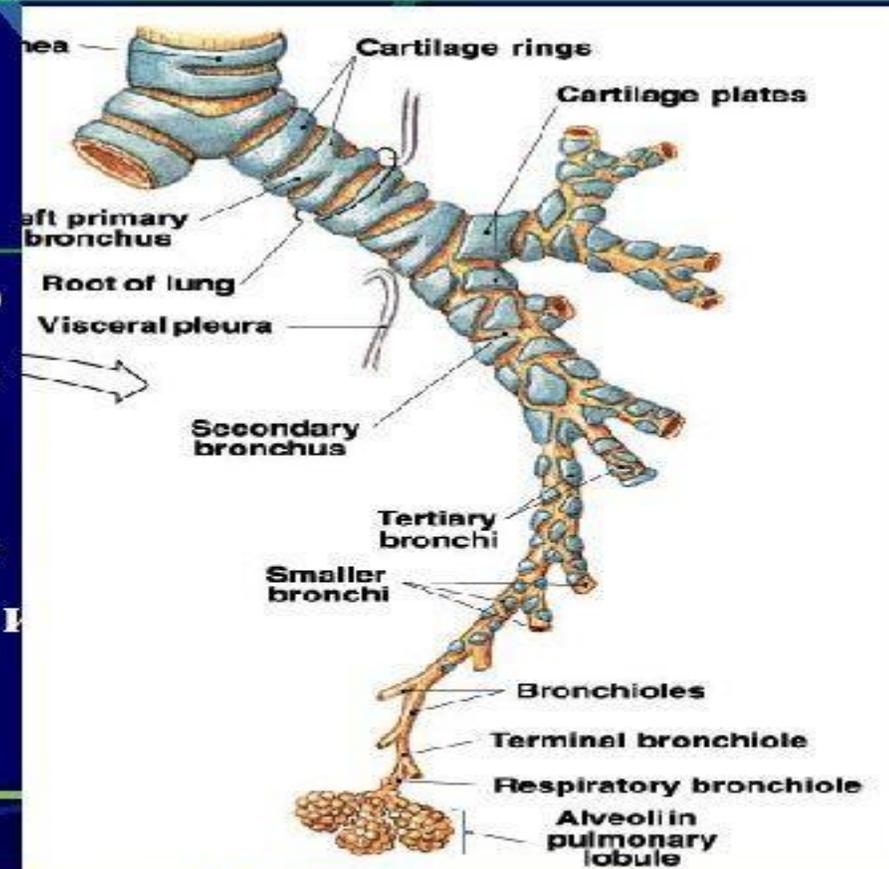
Функционально «мертвое пространство», т.е. не происходит газообмен. Однако, воздух здесь:

- Согревается**
- Очищается**
- Увлажняется**

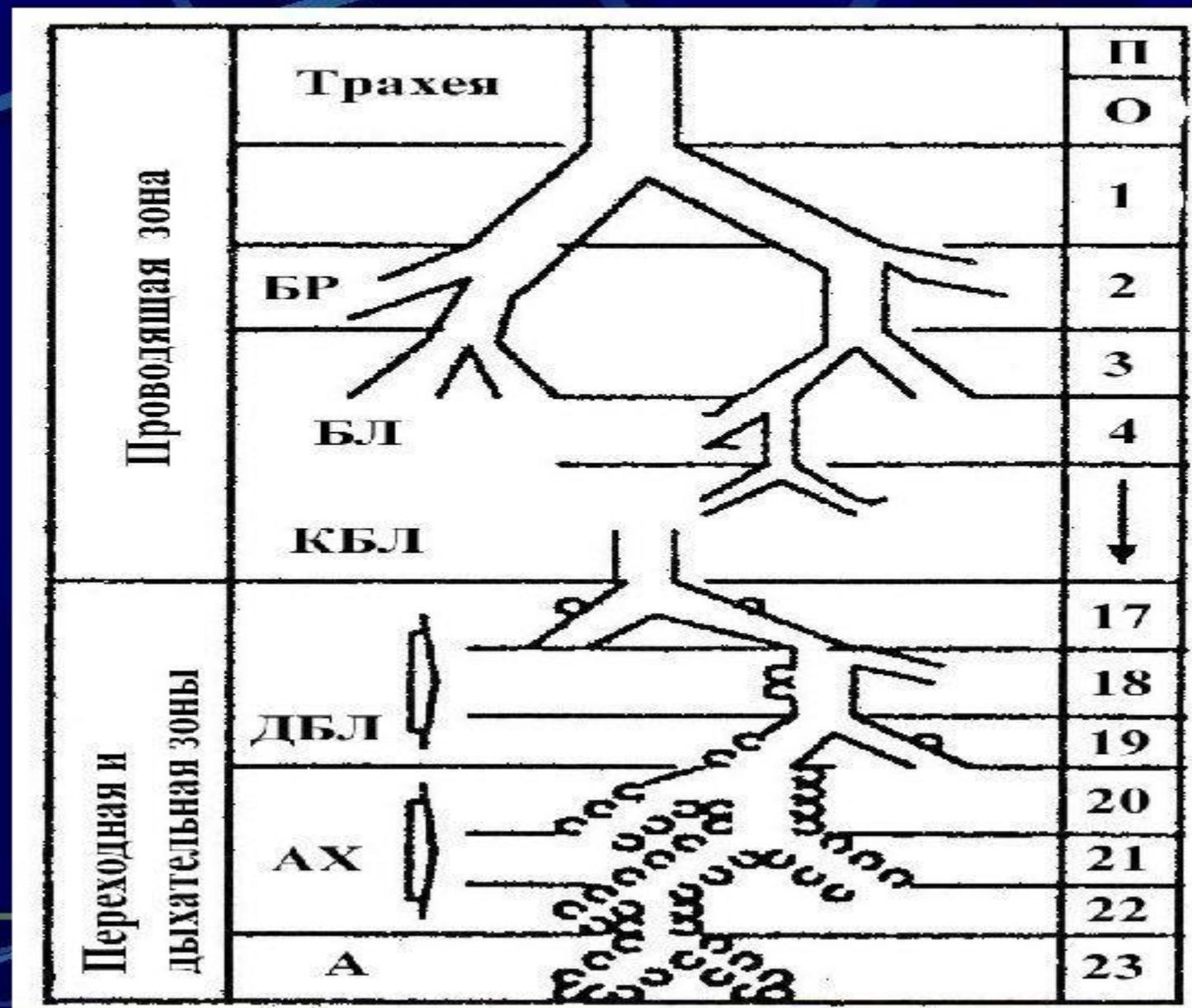


- Трахея спускается в грудную полость, где делится на правый и левый бронхи; стенка ее образована соединительной тканью и хрящом, который образует неполные кольца.
- Правый бронх обычно короче и шире левого.

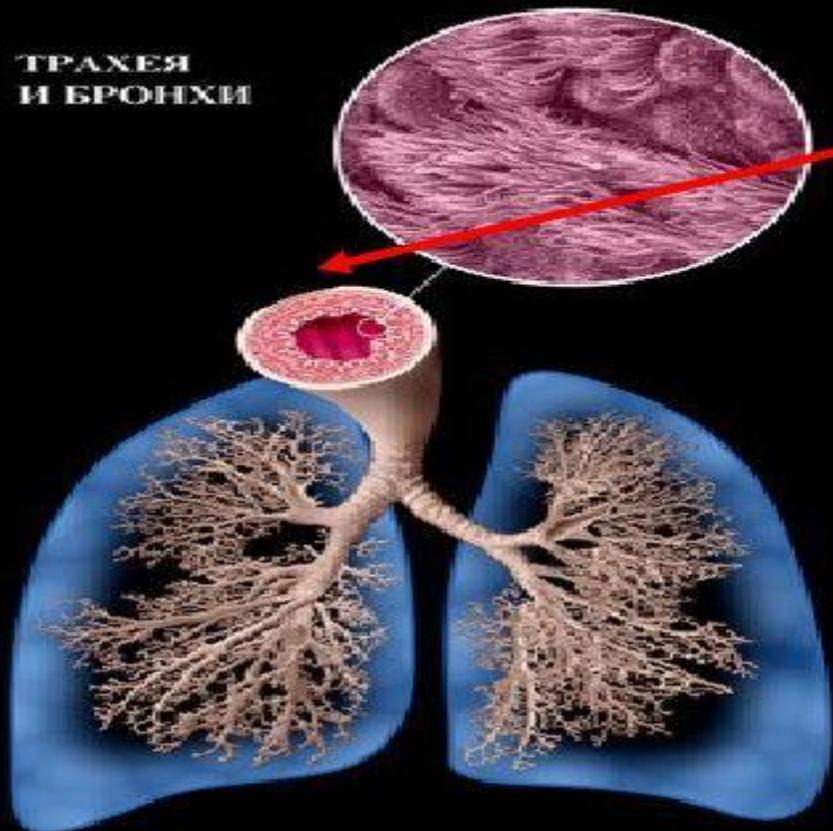
- Войдя в легкие, главные бронхи постепенно делятся на все более мелкие (2,3 порядков), образуя -бронхиальное дерево.
- Самые мелкие конечные бронхи, являются последним элементом воздухоносных путей и называются- бронхиолы.
- От гортани до конечных бронхиол трубки выстланы мерцательным эпителием.



Бронхиальное дерево



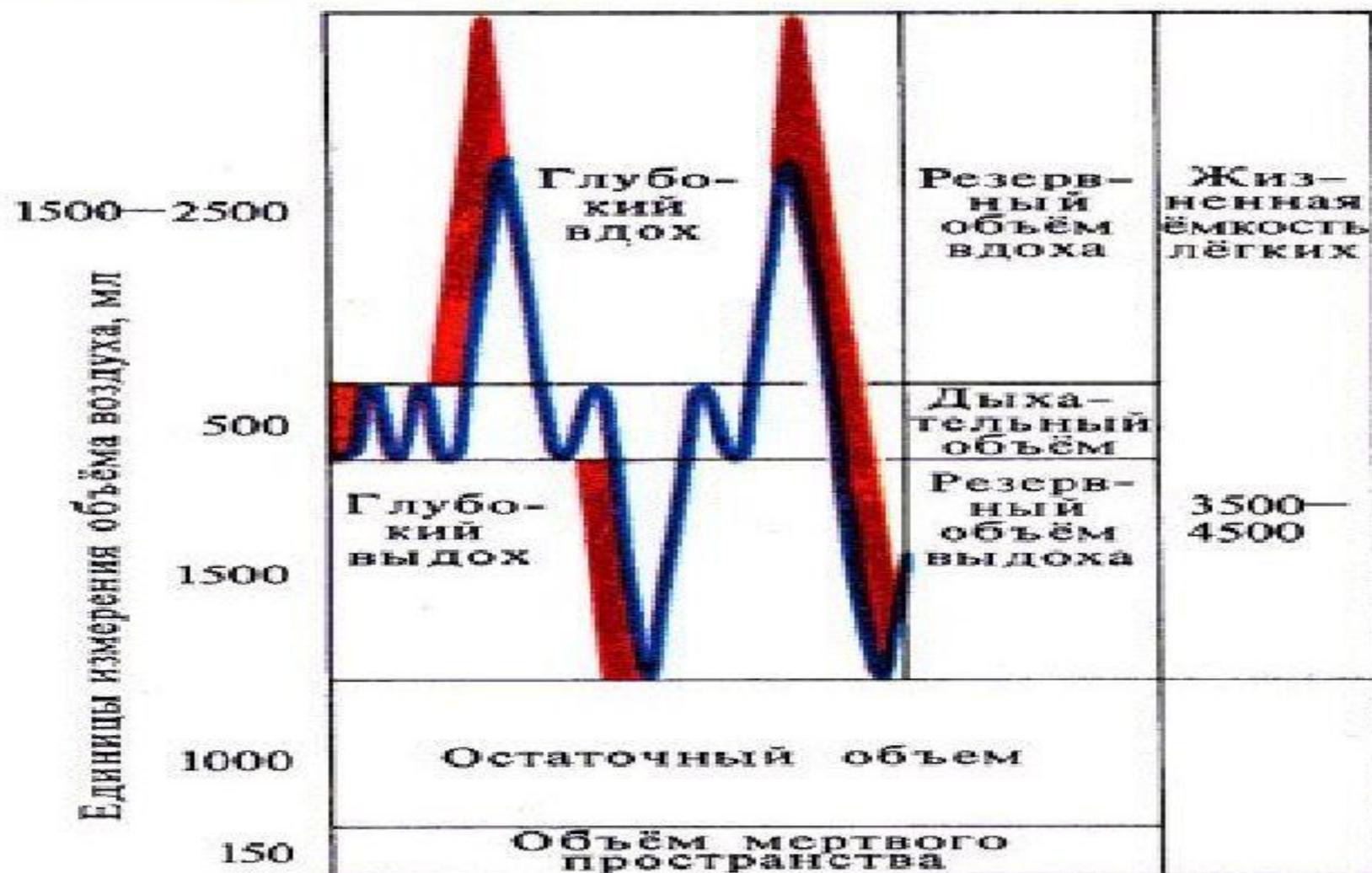
ТРАХЕЯ
И БРОНХИ



Трахея – имеет вид цилиндрической трубки, состоящей из хрящевых полуколец. Выстлан изнутри реснитчатым эпителием

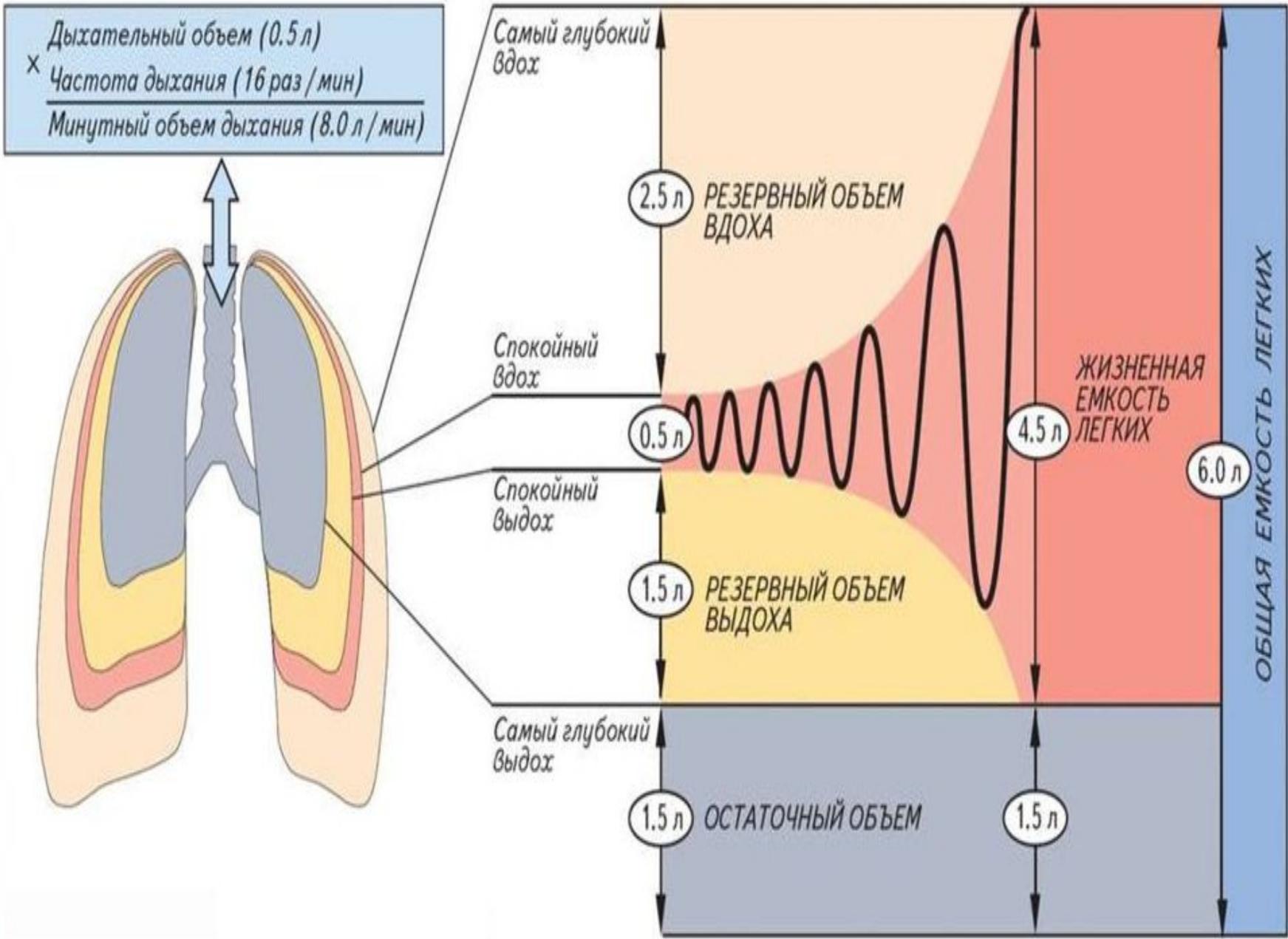


ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ

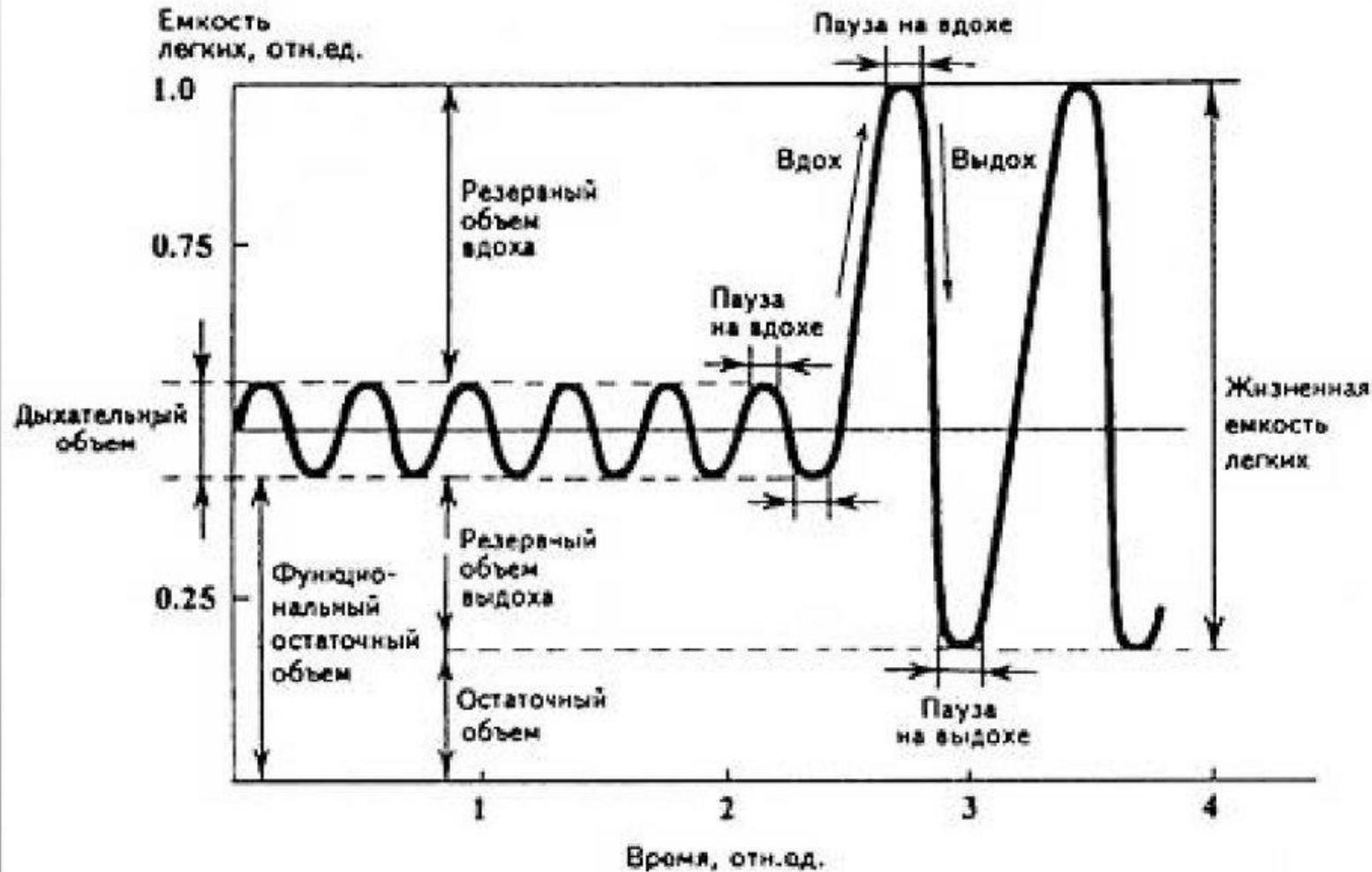


1. **Дыхательный объем (ДО) - количество воздуха, которое человек вдыхает или выдыхает при спокойном дыхании - 500 – 800 мл.**
2. **Резервный объем вдоха (РО вд) – количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха – около 3000 мл.**
3. **Резервный объем выдоха (РО выд) – количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха – около 1300 мл.**

4. **Остаточный объем (ОО) – количество воздуха, которое остается в легких после максимального выдоха – около 1200 мл.**
5. **Функциональная остаточная емкость (ФОЕ) – количество воздуха, которое остается в легких после спокойного выдоха – около 2500 мл.**
6. **Общая емкость легких – количество воздуха, которое содержится в легких при максимальном вдохе – около 6000 – 6500 мл.**



Легочные объемы.



Показатель работы дыхательной системы

● МИНУТНЫЙ ОБЪЕМ ДЫХАНИЯ

(МОД) - объем воздуха, который вдыхается или выдыхается за 1 минуту

$$\text{МОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО}$$

● МОД в покое около 7 – 10 л. При физической нагрузке МОД может достигать 120 л (при максимальной нагрузке)

РЕГУЛЯЦИЯ ПРОСВЕТА БРОНХИАЛЬНОГО ДЕРЕВА

- **БЛУЖДАЮЩИЙ НЕРВ** – через *M-холонорецепторы* (ацетилхолин) суживает бронхиолы
- **СИМПАТИЧЕСКИЕ ВЛИЯНИЯ** - через *β -адренорецепторы* (адреналин) – расширяет бронхиолы.

Вентиляция легких.

- В состоянии покоя частота дыхания = 12-20 за 1 минуту. У новорожденных до 40 в 1 минуту. Произведение ДО на ЧД составляет минутный объем дыхания (МОД). МОД зависит от характера работы, а также от возраста, пола и положения тела (сидя, лежа). Степень вентиляции легких зависит от глубины дыхания. Частое, поверхностное дыхание (тахипноэ) дает меньшую вентиляцию легких, чем глубокое и редкое дыхание (гиперпноэ).

- Существует также понятие о минутном объеме легочной вентиляции (МОЛВ), который рассчитывают с учетом объема мертвого пространства:
$$\text{МОЛВ} = (\text{ДО} - \text{O мертвого пространства}) \times \text{ЧД.}$$
 У спортсменов легочная вентиляция при физической работе увеличивается за счет увеличения ДО, не ЧД, как у нетренированных людей.

ГАЗООБМЕН

**ДВИЖУЩАЯ СИЛА ГАЗООБМЕНА
В ОРГАНИЗМЕ - РАЗНОСТЬ
ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И
НАПРЯЖЕНИЯ ГАЗОВ**

Газообмен на уровне легких

- происходит за счет капилляров, которые окружают альвеолы легких. Основным фактором, обеспечивающим газообмен, - это градиент парциального давления кислорода и углекислого газа в альвеолах и в крови. Скорость диффузии газов на уровне легких обеспечивают:
- крови в виде угольной кислоты и ее солей – бикарбонатов.

- В венозной крови CO_2 составляет 46 мм РТ.ст., в артериальной = 40 мм РТ.ст. (разность всего 6 мм РТ.ст.). O_2 в артериальной крови = 100 мм РТ.ст., а в венозной крови – 40 мм РТ.ст. (разность = 60 мм РТ.ст.).

ПАРЦИПАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ

- **ЭТО ТА ЧАСТЬ ОБЩЕГО
ДАВЛЕНИЯ СМЕСИ ГАЗОВ,
КОТОРУЮ СОЗДАЁТ ДАННЫЙ ГАЗ
ПРОПОРЦИОНАЛЬНО СВОЕМУ
ПРОЦЕНТНОМУ СОДЕРЖАНИЮ**

НАПРЯЖЕНИЕ ГАЗОВ

- ЭТО СИЛА, С КОТОРОЙ РАСТВОРЕННЫЙ ГАЗ СТРЕМИТСЯ ПЕРЕЙТИ В ГАЗООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ.
- ОНА ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ПРОЦЕНТНОМУ СОДЕРЖАНИЮ ГАЗА В ЖИДКОСТИ

ПРОЦЕНТНЫЙ СОСТАВ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

ВОЗДУХ	O_2	CO_2	N_2
АТМОС- ФЕРНЫЙ	20,93	0,03	79,04
ВЫДЫ- ХАЕМЫЙ	16,0	4,5	79,5
АЛЬВЕО- ЛЯРНЫЙ	14,0	5,5	80,5

РАСЧЕТ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

АЛЬВЕОЛЯРНЫЙ ВОЗДУХ СОСТОИТ ИЗ:

- КИСЛОРОДА
- УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА
- АЗОТА
- ВОДЯНЫХ ПАРОВ-

47 мм рт.ст.

760 мм
рт.ст.

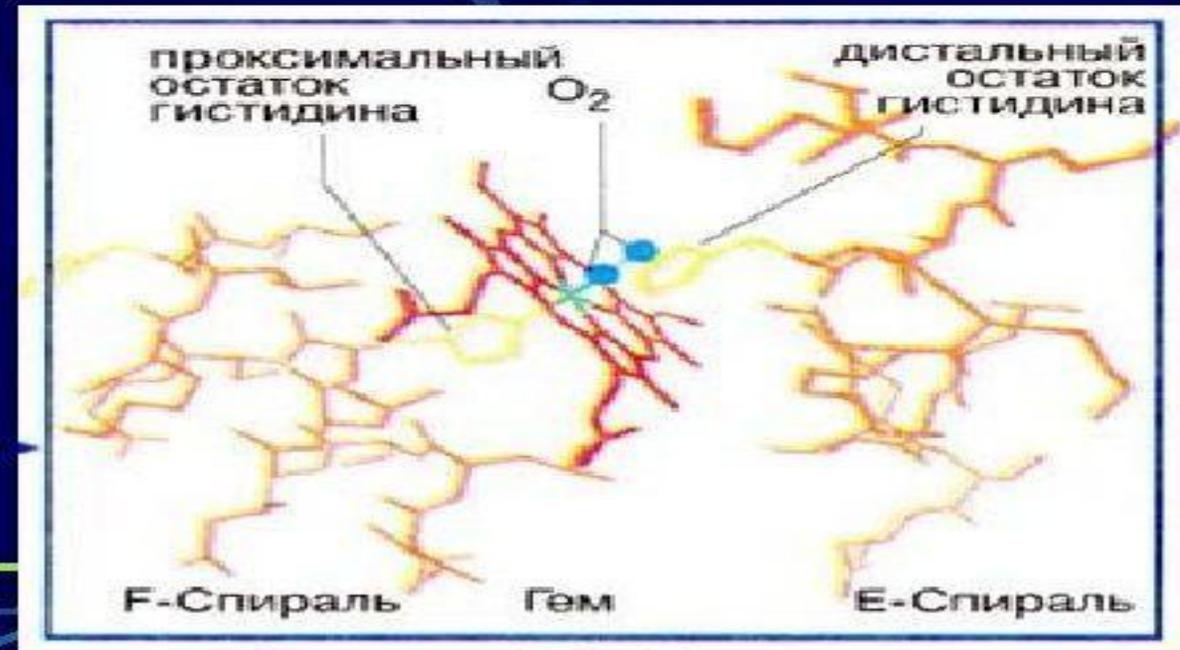
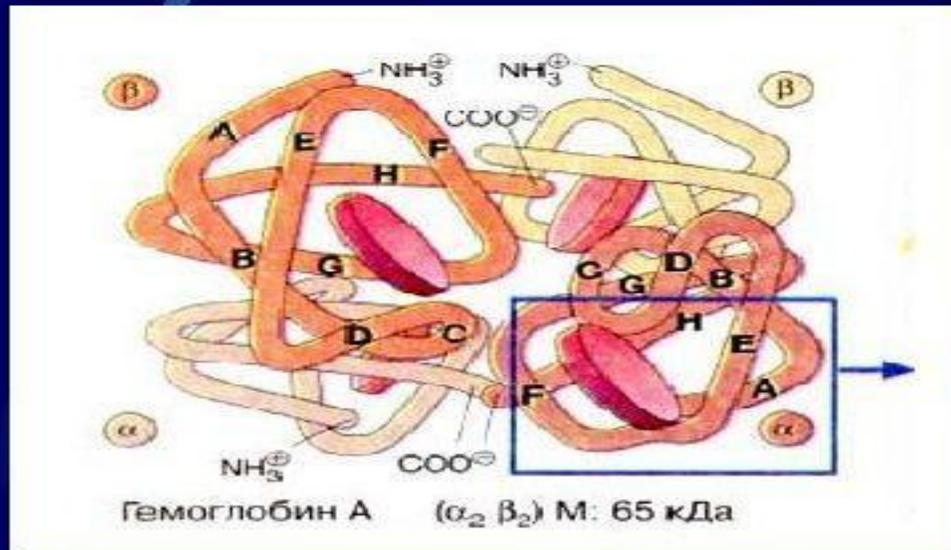
 Кислород + углекислый газ + азот =
760-47= 713мм рт.ст.

Кислород (X мм рт.ст.) – 14%
Смесь (713 мм рт.ст.) - 100%

713 x 14/ 100 ~100мм рт.ст.
(13,6 кПа)

Транспорт газов кровью

Структура гемоглобина



Транспорт газов кровью

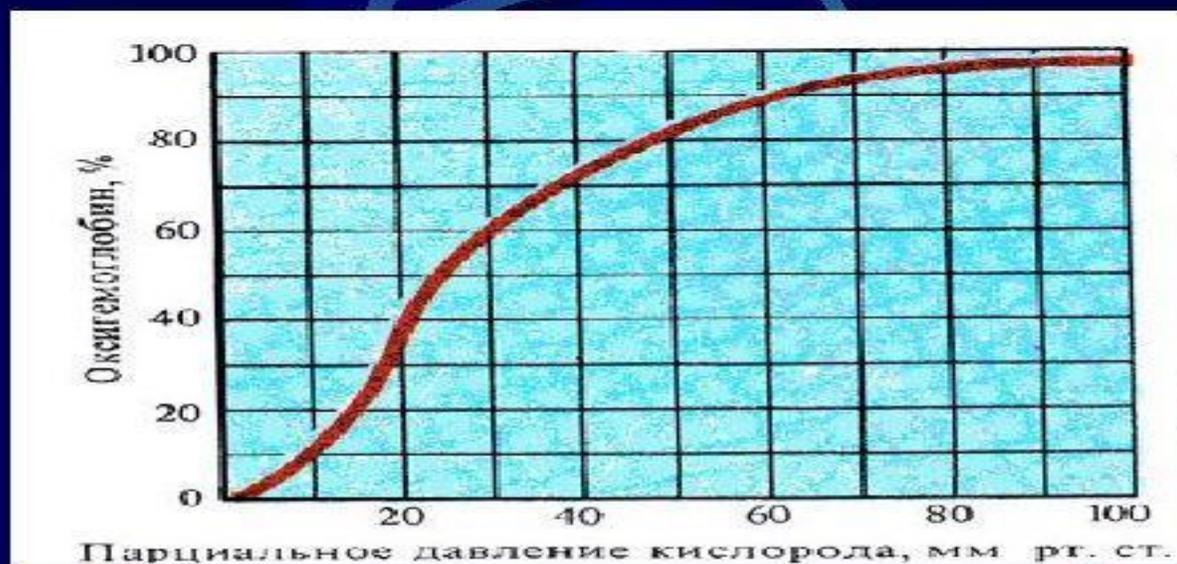
- Парциальное давление газа в крови называется напряжением. Газы в крови могут находиться в физически растворенном или химически связанном виде. Кислород почти весь связан с гемоглобином – оксиHb, а CO₂ – часть с Hb – карбHb, часть – с бикарбонатами.

Кислородная ёмкость крови (КЁК)

- 1 молекула Hb – 4 молекулы O₂
- 1г Hb - 1,34мл O₂
- 100 мл крови – 15г Hb
- КЁК=15х1,34=20мл O₂ в 100мл
крови
- Растворенный в крови O₂ –
0,3мл/100мл крови

- **Максимальное количество кислорода, которое содержится в 100 мл крови. Называется кислородной емкостью. Эта величина зависит от количества Нв в крови, так как 1г Нв связывает 1,34 мл O₂. Соединения Нв с газами крови непрочные, т.к. Нв легко отдает кислород в тканях и СО₂ в легких.**

Кривая диссоциации оксигемоглобина



Кривая диссоциации оксигемоглобина - отражает, что превращение гемоглобина в оксигемоглобин определяется напряжением растворенного кислорода. Когда напряжение кислорода равно нулю, в крови находится только восстановленный гемоглобин (дезоксигемоглобин). Повышение напряжения кислорода сопровождается увеличением количества оксигемоглобина.

Кривая имеет S-образную форму. Особенно быстро (до 75%) уровень оксигемоглобина возрастает при увеличении напряжения кислорода от 10 до 40 мм рт. ст.

При 60 мм рт. ст. насыщение гемоглобина кислородом достигает 90%, а при дальнейшем повышении напряжения кислорода приближается к полному насыщению очень медленно.

Крутая часть кривой диссоциации соответствует напряжениям кислорода, обычным для тканей организма (35 мм рт. ст. и ниже).

В тканях, поглощающих много кислорода (работающие мышцы, печень, почки), оксигемоглобин диссоциирует в большей степени, иногда почти полностью.

В тканях, в которых интенсивность окислительных процессов мала, большая часть оксигемоглобина не диссоциирует.

Формы транспорта CO_2

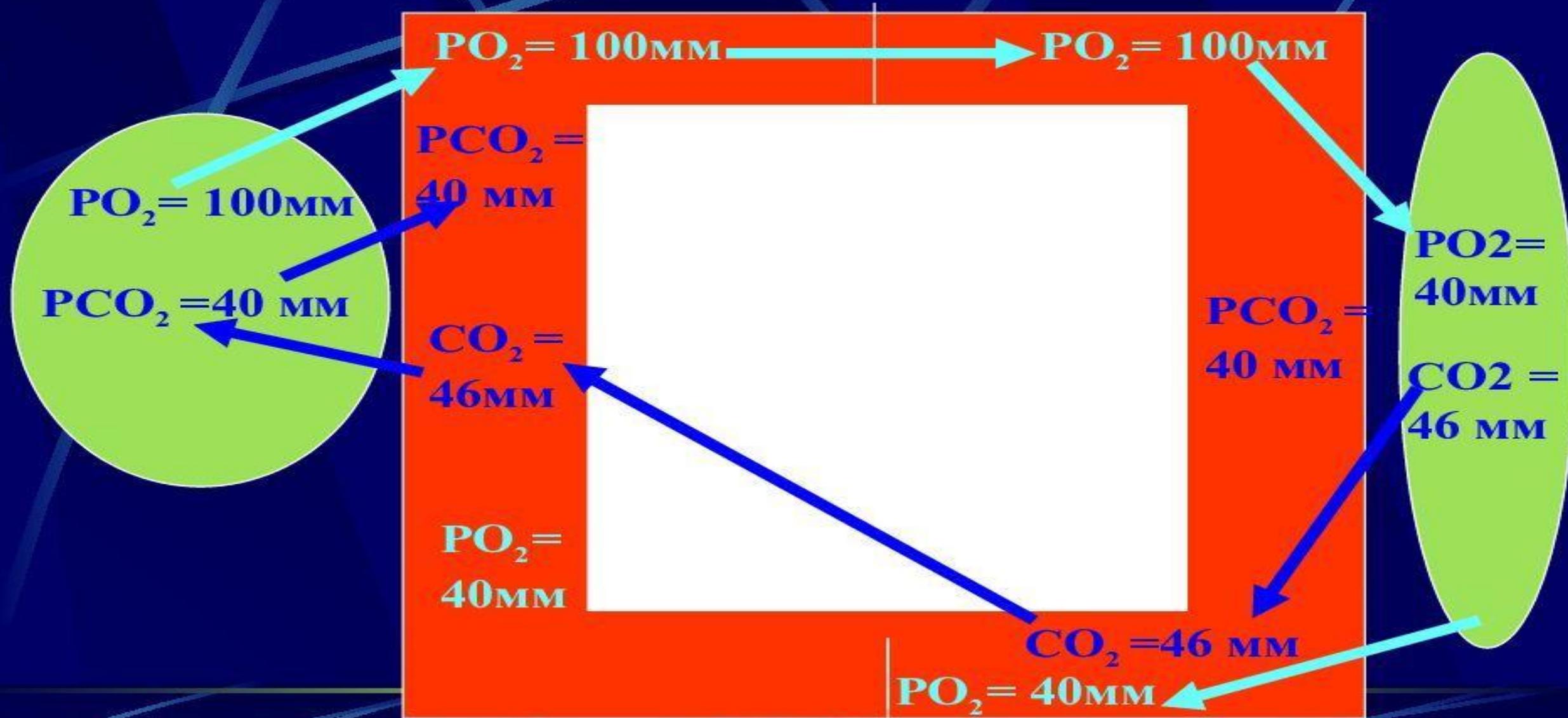
- Углекислотная кислота
- Соли углекислотной кислоты
- Растворенный (5% всего объема газа крови)

Формы химически связанного CO_2

- Угольная кислота H_2CO_3 – 7%
- Бикарбонатный ион - HCO_3^- - 70%
- Карбаминогемоглобин HbCO_2 – 23%

альвеолы

ткани



Газообмен в тканях

- Происходит в силу разности парциальных давлений O_2 и CO_2 в крови и тканях. CO_2 в тканях = 46 мм РТ.ст., а в притекающей крови – 40, поэтому кровь становится (из-за перехода в нее CO_2) венозной. Напряжение O_2 в тканях - от 20 до 40 мм РТ.ст., а в артериальной крови – 100 мм РТ.ст. , поэтому ткани получают O_2 . То количество кислорода (в%), которое получают ткани, называется коэффициентом утилизации кислорода – КУК. В покое КУК = 30-40%, а при мышечной работе = 60%.





Регуляция дыхания

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

После перерезки мозгового ствола между средним мозгом и мостом (децеребрация) дыхание у животных в состоянии покоя существенно не нарушается.

После отделения моста от продолговатого мозга дыхательный ритм может сохраниться, но будет отличаться от нормального.



важнейшие структуры дыхательного центра находятся в
продолговатом мозге.

ДЫХАТЕЛЬНЫЕ НЕЙРОНЫ МОСТА
+ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА
= бульбопонтинный дыхательный центр

ДЫХАТЕЛЬНЫЕ НЕЙРОНЫ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА
= бульбарный дыхательный центр

ДЫХАТЕЛЬНЫЕ НЕЙРОНЫ МОСТА
= пневмотаксический центр + апнейстический центр

Разрушение бульбарного дыхательного центра полностью прекращает

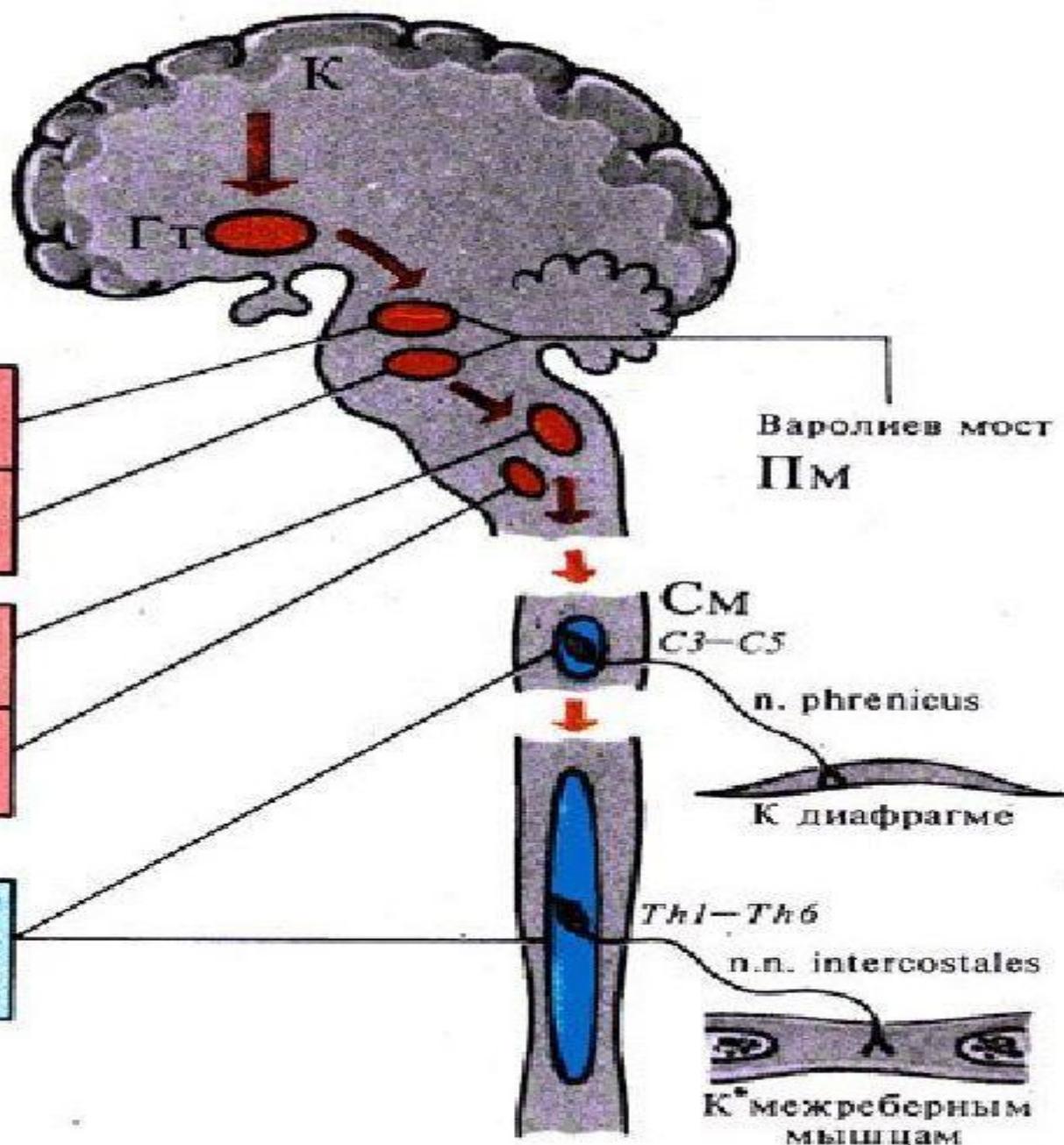
- К — представительство дыхательного центра в коре (условно),
- Гт — представительство дыхательного центра в гипоталамусе

Структуры
дыхательного центра

Пневмотаксический центр
Апнейстический центр

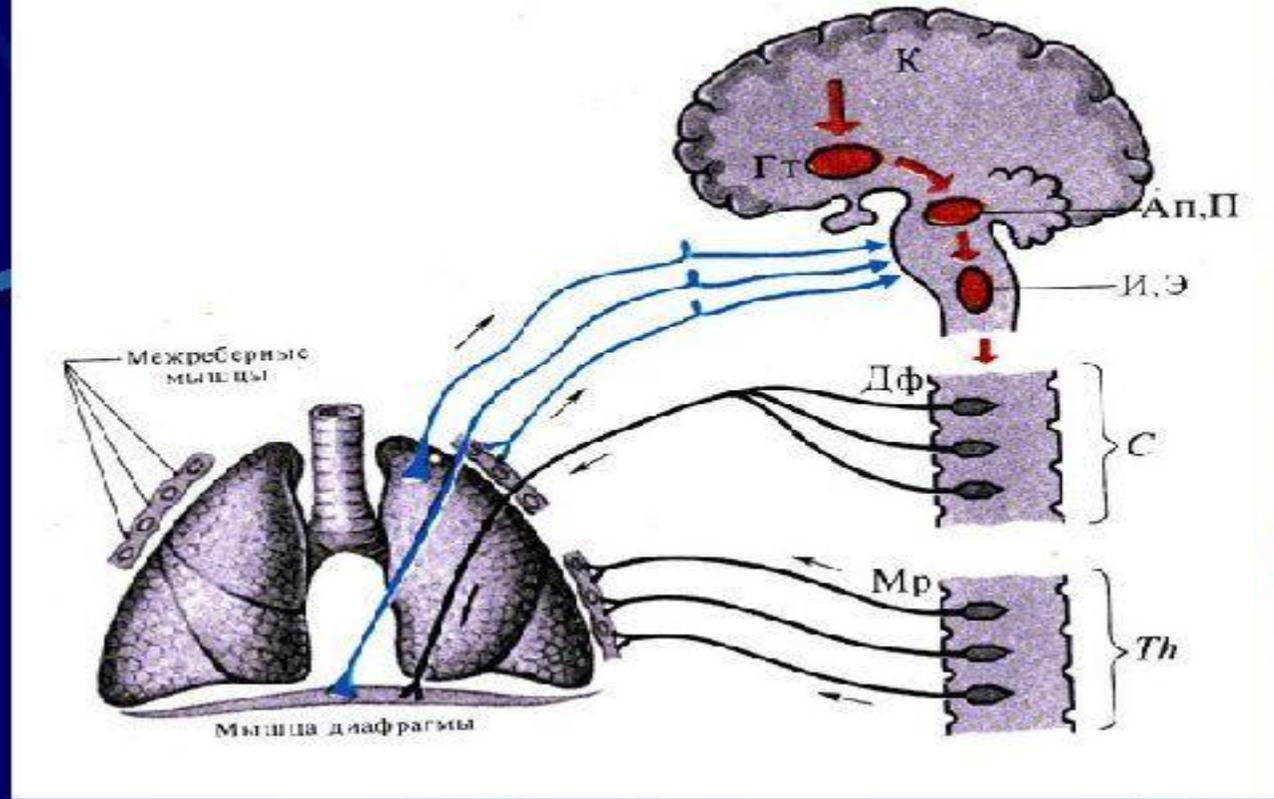
Центр выдоха
(Экспираторный центр)
Центр вдоха
(Инспираторный центр)

Двигательные нейроны
дыхательных мышц



Иннервация органов дыхания

- **Гт** — представительство дыхательного центра в гипоталамусе,
- **К** — корковое представительство дыхательного центра (условно),
- **Ап, П**— апнейстический и пневмотаксический центры моста.
- **И, Э**— инспираторный и экспираторный бульбарные центры,
- **Дф и Мр** — центры диафрагмального и межреберных нервов в спинном мозге



Мотонейроны, аксоны которых иннервируют диафрагму, находятся в спинном мозге в передних рогах серого вещества III и IV шейных сегментов.

Мотонейроны межреберных мышц и мышц живота расположены в грудных сегментах спинного мозга.

После отделения головного мозга от спинного на уровне верхних шейных сегментов дыхательные движения прекращаются.

Если перерезать мозг на уровне нижних шейных сегментов, дыхательная активность диафрагмы сохраняется, а межреберных мышц — прекращается.

Следовательно, в регуляции дыхания принимают участие и центры головного мозга.

● а — д — уровни перерезок и соответствующие им пневмограммы



Дыхание без изменений (нормальное)



Замедлённое дыхание



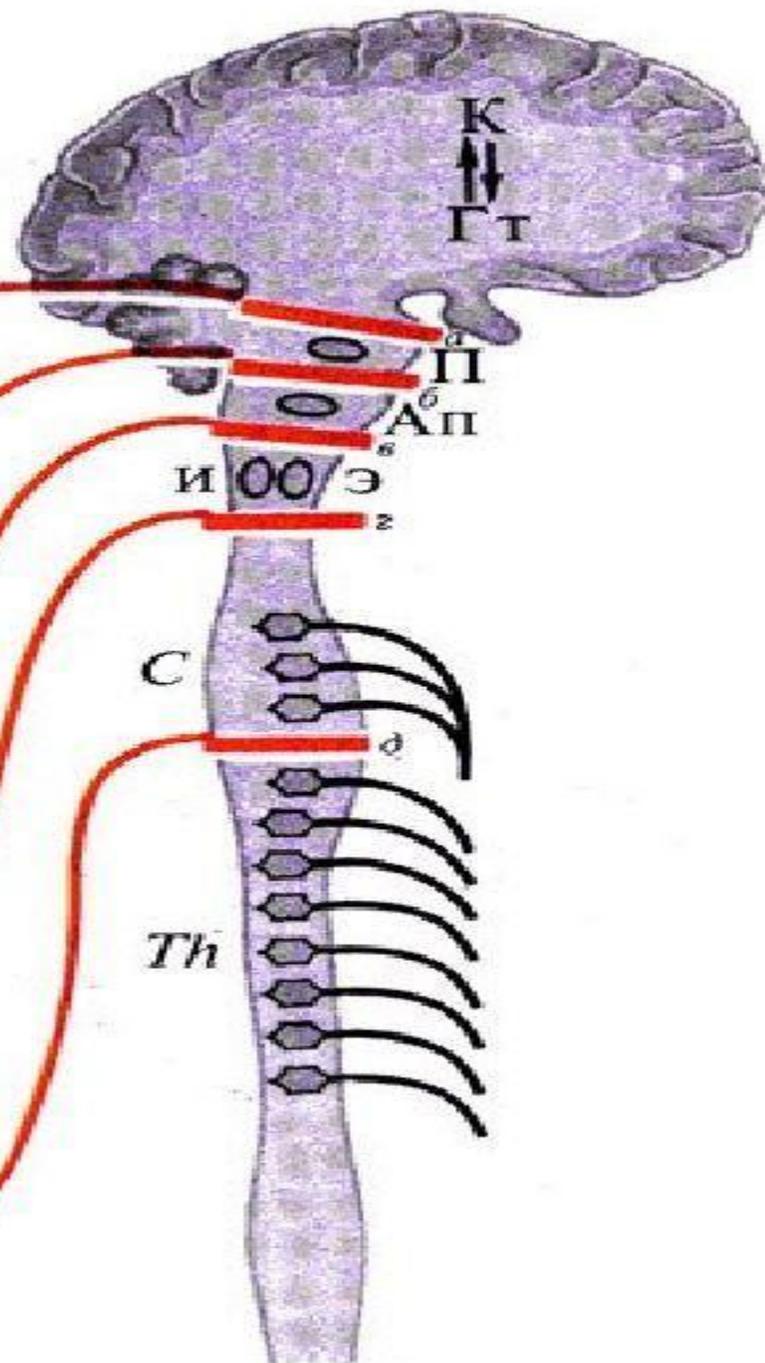
Замедленное дыхание



Остановка дыхания



Дыхание за счет диафрагмы



Дыхательный цикл

промежуток, времени, между двумя последовательными вдохами.

Фазы дыхательного центра:

1. **Вдох** - воздух поступает в легкие, дыхательный объем увеличивается, оканчивается при уменьшении положительного потока до нуля.
2. **Инспираторная пауза (плато)** - присутствует только при принудительных режимах искусственной вентиляции, характеризуется периодом нулевого потока между концом вдоха и началом выдоха. Объем воздуха в легких во время инспираторной паузы не меняется.
3. **Выдох** - воздух выходит из легких, дыхательный объем уменьшается.
4. **Период покоя** - характеризуется отсутствием потока в дыхательных путях между концом выдоха и началом вдоха следующего дыхательного цикла.

Зависимость деятельности дыхательного центра от газового состава крови

Деятельность дыхательного центра зависит:

- 1) от напряжения газов растворенных в крови(особенно CO_2 в артериальной крови),
- 2) концентрации в крови водородных ионов.

Образование в тканях CO_2 пропорционально интенсивности окислительных процессов. Количество этого газа в крови в значительной степени обуславливает ее кислотно-щелочное состояние.

CO_2 в крови	O_2 в крови
<i>Гиперкапния</i>	<i>Гипероксия</i>
<i>Нормокапния</i>	<i>Нормоксия</i>
<i>Гипокапния</i>	<i>Гипоксемия</i>
	<i>Гипоксия (в тканях)</i>

гиперкапния + гипоксия = асфиксией

**Нормальное дыхание в состоянии покоя называется эйпноэ.
Увеличение вентиляции легких — гиперпноэ.
Остановка дыхания — апноэ.**

Деятельность дыхательного центра человека находится под произвольным контролем. Произвольная задержка дыхания на 30—60 с вызывает асфиктические изменения газового состава крови, после прекращения задержки наблюдается гиперпноэ.

Гипокапнию легко вызвать произвольным усилением дыхания, а также избыточной искусственной вентиляцией легких (гипервентиляция). У бодрствующего человека даже после значительной гипервентиляции остановки дыхания обычно не возникает вследствие контроля дыхания передними отделами мозга.

Роль различных рецепторов в регуляции дыхания

В регуляции дыхания задействовано большое количество разнообразных рецепторов, так можно выделить:

- 1) хеморецепторы (каротидные, аортальные, центральные);**
- 2) механорецепторы легких (рецепторы растяжения, иритантные);**
- 3) рецепторы плевры;**
- 4) рецепторы верхних дыхательных путей;**
- 5) проприорецепторы дыхательных мышц;**
- 6) и др.**

Роль различных рецепторов в регуляции дыхания

1) хеморецепторы (каротидные, аортальные, центральные);

Деятельность ДЦ зависит от состава крови, поступающей в мозг по общим сонным артериям (Фредериком, 1890)

У двух собак перерезали и соединяли перекрестно сонные артерии и отдельно яремные вены.

Если у 1-ой, перекрывали трахею и вызывали таким путем асфиксию, то гиперпноэ развивалось у 2-ой собаки.

У первой же собаки, несмотря на увеличение в артериальной крови напряжения CO_2 и снижение напряжения O_2 , через некоторое время наступало апноэ.

Это объясняется тем, что в сонную артерию первой собаки поступала кровь второй собаки, у которой в результате гипервентиляции в артериальной крови снижалось напряжение CO_2 .



Различают несколько видов хеморецепторов:

- 1) хеморецепторы каротидных синусов, которые расположены в развилке общей сонной артерии на внутреннюю и наружную;**
- 2) хеморецепторы дуги аорты.**

Гипоксия оказывает на эти рецепторы стимулирующее влияние.

Хеморецепторы каротидных телец стимулируются также увеличением содержания CO_2 в крови.

**Гипоксии и гиперкапнии взаимно усиливает активацию хеморецепторов
В условиях гипероксии чувствительность хеморецепторов к CO_2 резко снижается.**

Чувствительность хеморецепторов находится под нервным контролем:

- эфферентные парасимпатические волокна снижают их чувствительность,**
- раздражение симпатических волокон повышает их чувствительность.**

2) Центральные хеморецепторы

Они обнаружены в продолговатом мозге латеральнее пирамид. Рецепторы постоянно стимулируются ионами H^+ , находящимися в спинномозговой жидкости. Концентрация H^+ в ней зависит от напряжения CO_2 в артериальной крови, она увеличивается при гиперкапнии.

Центральные хеморецепторы оказывают более сильное влияние на деятельность дыхательного центра, чем периферические. Они существенно изменяют вентиляцию легких.

Так, снижение pH спинномозговой жидкости на 0,01 сопровождается увеличением вентиляции легких на 4 л/мин.

Вместе с тем центральные хеморецепторы реагируют на изменение напряжения CO_2 в артериальной крови позже (через 20—30 с), чем периферические хеморецепторы (через 3—5 с). Указанная особенность обусловлена тем, что для диффузии стимулирующих факторов из крови в спинномозговую жидкость и далее в ткань мозга необходимо время.

3) Механорецепторы легких

Они способствуют смене дыхательных фаз, возбуждение от них поступает по волокнам блуждающих нервов.

После перерезки блуждающих нервов, выключающей эти импульсы, дыхание у животных становится более редким и глубоким.

Механорецепторы легких есть нескольких видов:

- **Рецепторы растяжения.** Они расположены в гладких мышцах стенок воздухоносных путей — от трахеи до мелких бронхов.
- **Иритантные рецепторы.** Они располагаются преимущественно в эпителии всех воздухоносных путей, особенно в области корней легких. Два вида стимуляции: они раздражаются при достаточно сильных изменениях объема легких, их могут раздражать пары едких веществ (аммиак, эфир, двуокись серы, табачный дым), гистамин. Их раздражение вызывает у человека неприятные ощущения типа першения и жжения. Кроме этого, они обуславливают фазное инспираторное возбуждение дыхательного центра в ответ на раздувание легких (приблизительно 3 глубоких вдоха в час), что ведет к расправлению легких и восстановлению равномерности их вентиляции.

4) Рецепторы верхних дыхательных путей

Импульсы от холодовых рецепторов и механорецепторы слизистой носа, раздражаемых потоками воздуха, поступают в мозг по волокнам V пары ЧМН и оказывают на дыхательный центр слабое тормозящее влияние.

Примесь к вдыхаемому воздуху паров пахучих веществ раздражает обонятельные рецепторы, вызывая короткие быстрые вдохи («принюхивание»).

Раздражением рецепторов верхних дыхательных путей вызывается ряд защитных рефлексов:

- вода попадая на область нижних носовых ходов вызывает апноэ, («рефлекс ныряльщиков»);
- дыхание тормозится во время глотания,
- дыхание тормозится при попадании в полость носа едких веществ;
- инородные частицы вызывают рефлекторное смыкание голосовых связок и сужение бронхов, препятствующие попаданию инородных частиц в нижние дыхательные пути;
- раздражение слизистой оболочки воздухоносных путей накапливающейся слизью, пылью, инородными телами вызывает чиханье или кашель.

Произвольная регуляция дыхания

- осуществляется за счет работы коры больших полушарий.

Изменение дыхания происходит:

- во время многие поведенческих актов,
- при разнообразных внешних воздействиях (световых, звуковых и т.д.),
- при различных психических процессах (мышление, внимание, эмоции),
- при речи, пении,
- во время сна,
- в предстартовом состоянии,
- при игре на музыкальных инструментах,
- и др.

Дыханию человека свойственно, с одной стороны, постоянство, а с другой — чрезвычайная изменчивость частоты и глубины.

В коре БП нет участков, специально изменяющих деятельность дыхательного центра. Наиболее существенные колебания дыхания наблюдаются при раздражениях соматосенсорной и орбитальной зон. Удаление коры БП у животных сопровождается увеличением частоты дыхания и показателей вентиляции легких. Отсюда следует, что преобладает тоническое тормозящее влияние коры мозга на деятельность дыхательного центра.

Человек может задержать дыхание на 40—60 с.

Наоборот, возможно произвольное увеличение вентиляции легких на короткое время — до 170 л в 1 мин (максимальная вентиляция легких).

