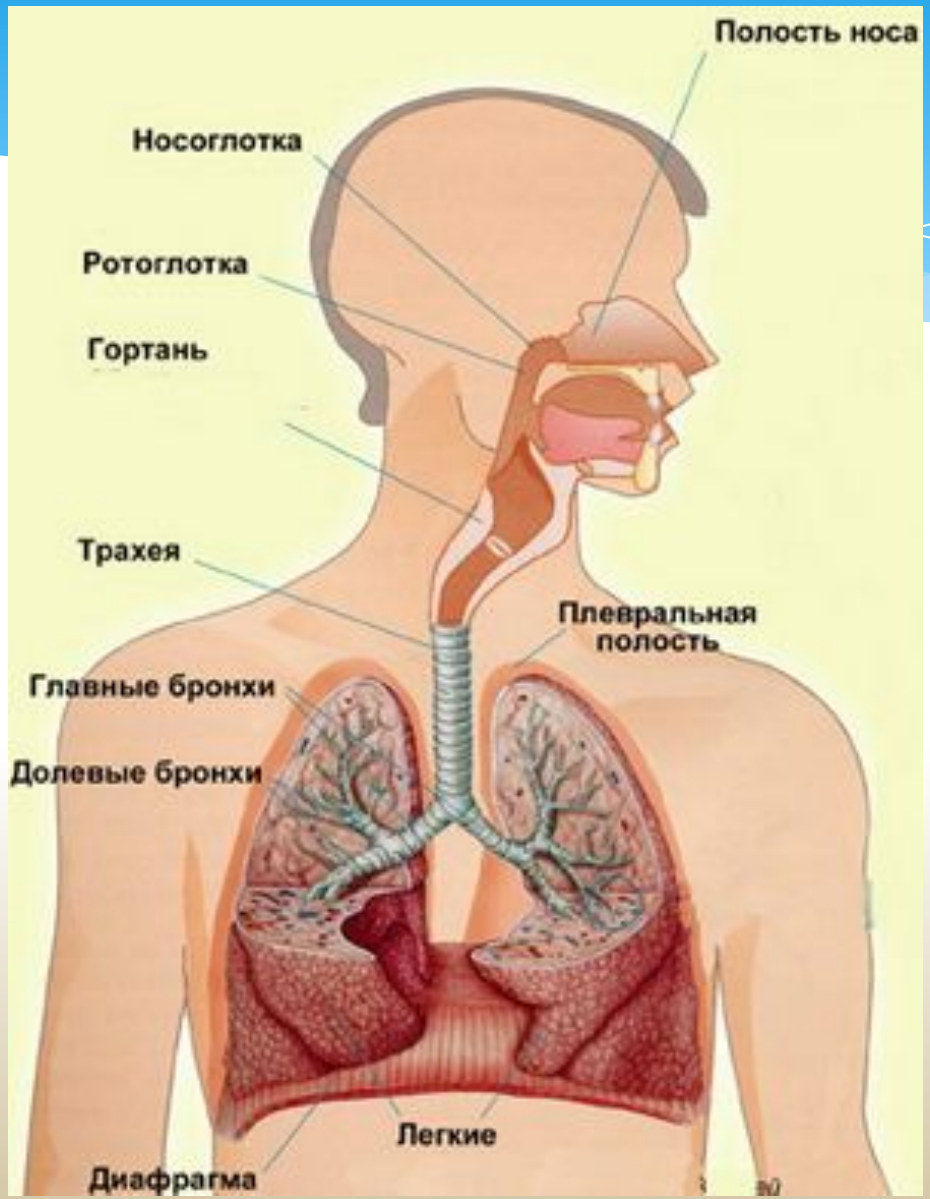
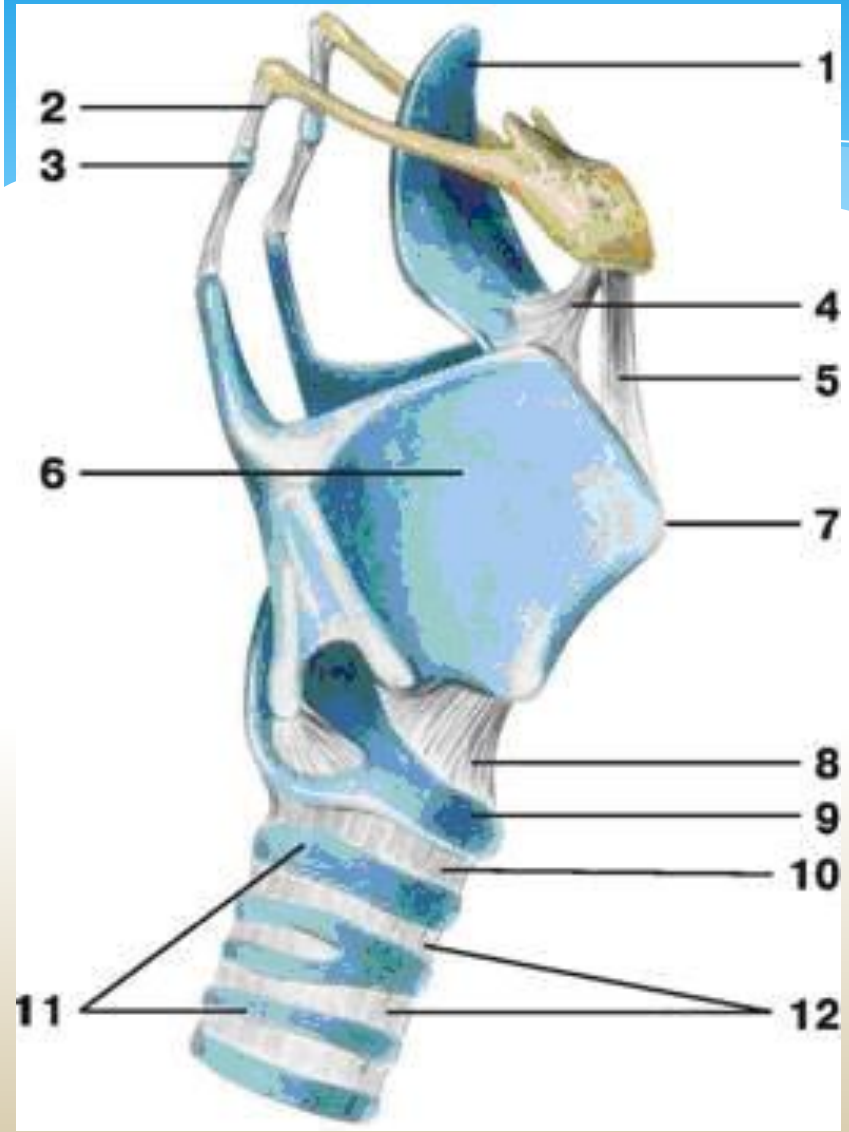
Дыхательная система. ДЫХАНИЕ

ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



ГОРТАНЬ



Хрящи гортани:

три *непарных* (надгортанный-1, щитовидный-2, перстневидный-9) и

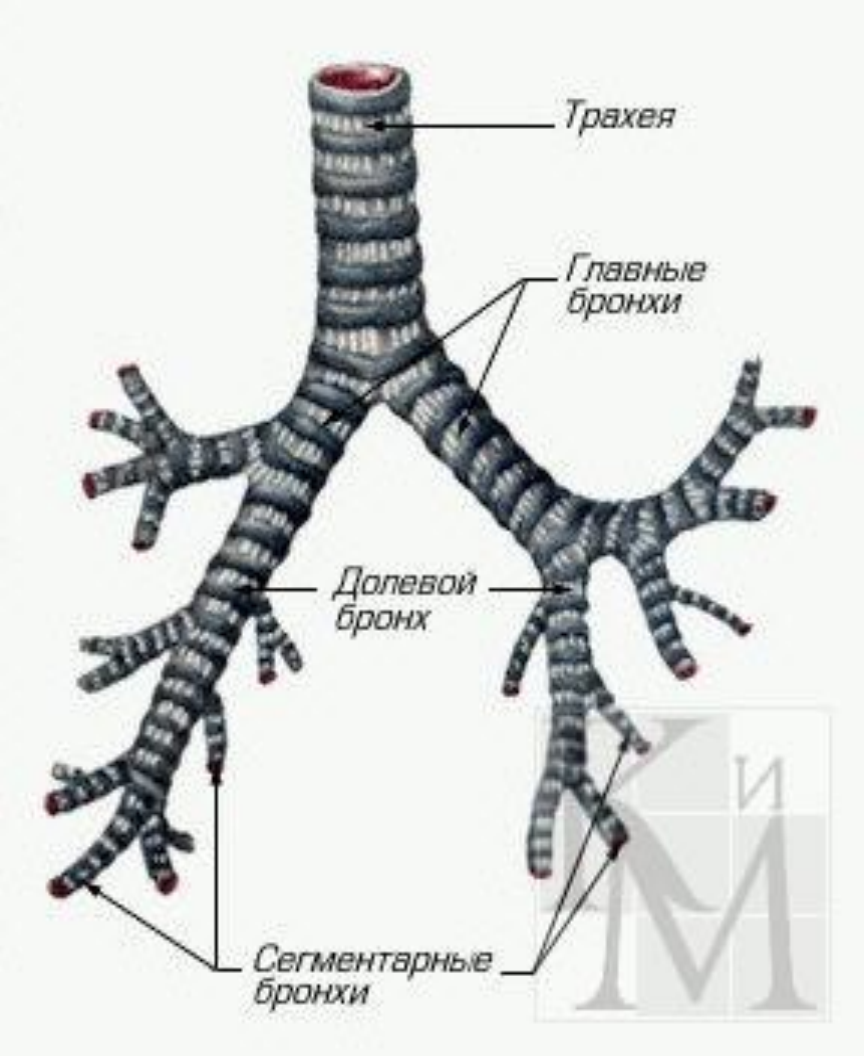
три *парных* (черпаловидные, клиновидные, рожковидные);

суставы, связки и поперечнополосатые мышцы.

Функции гортани

участвует в проведении воздуха и образовании звука, так как на боковых её стенках расположены ***голосовые связки***.

ТРАХЕЯ И БРОНХИ

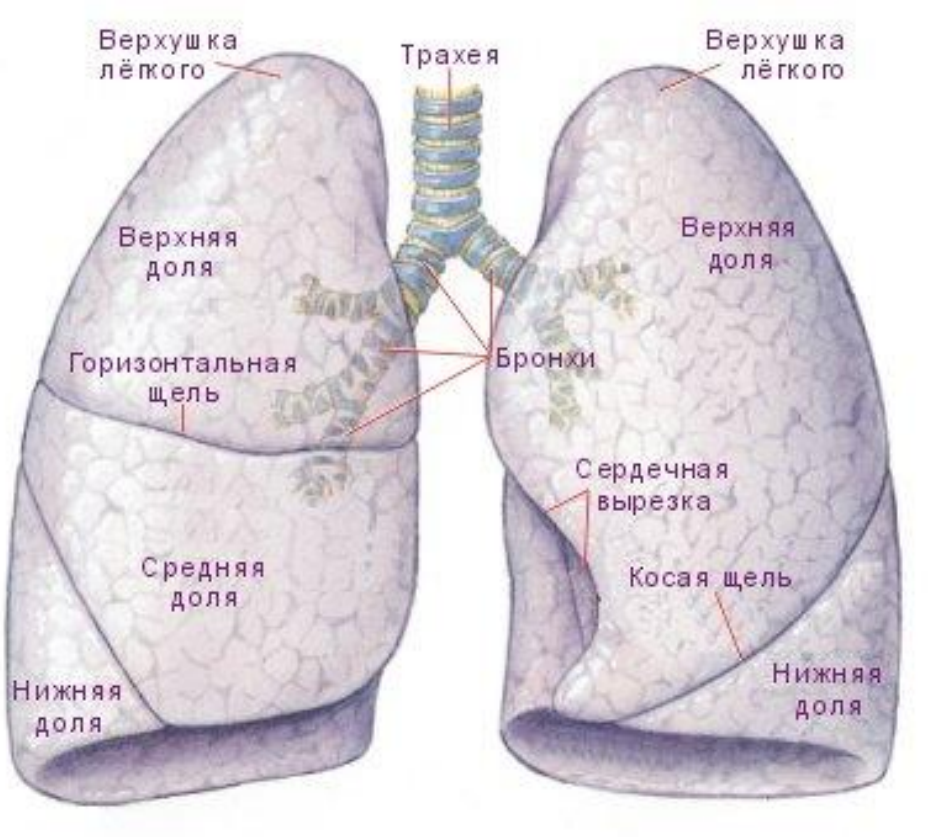


Трахея состоит из 16-20 полуколец, состоящих из гиалиновых хрящей, сзади соединенных фиброзно-мышечной пластинкой.

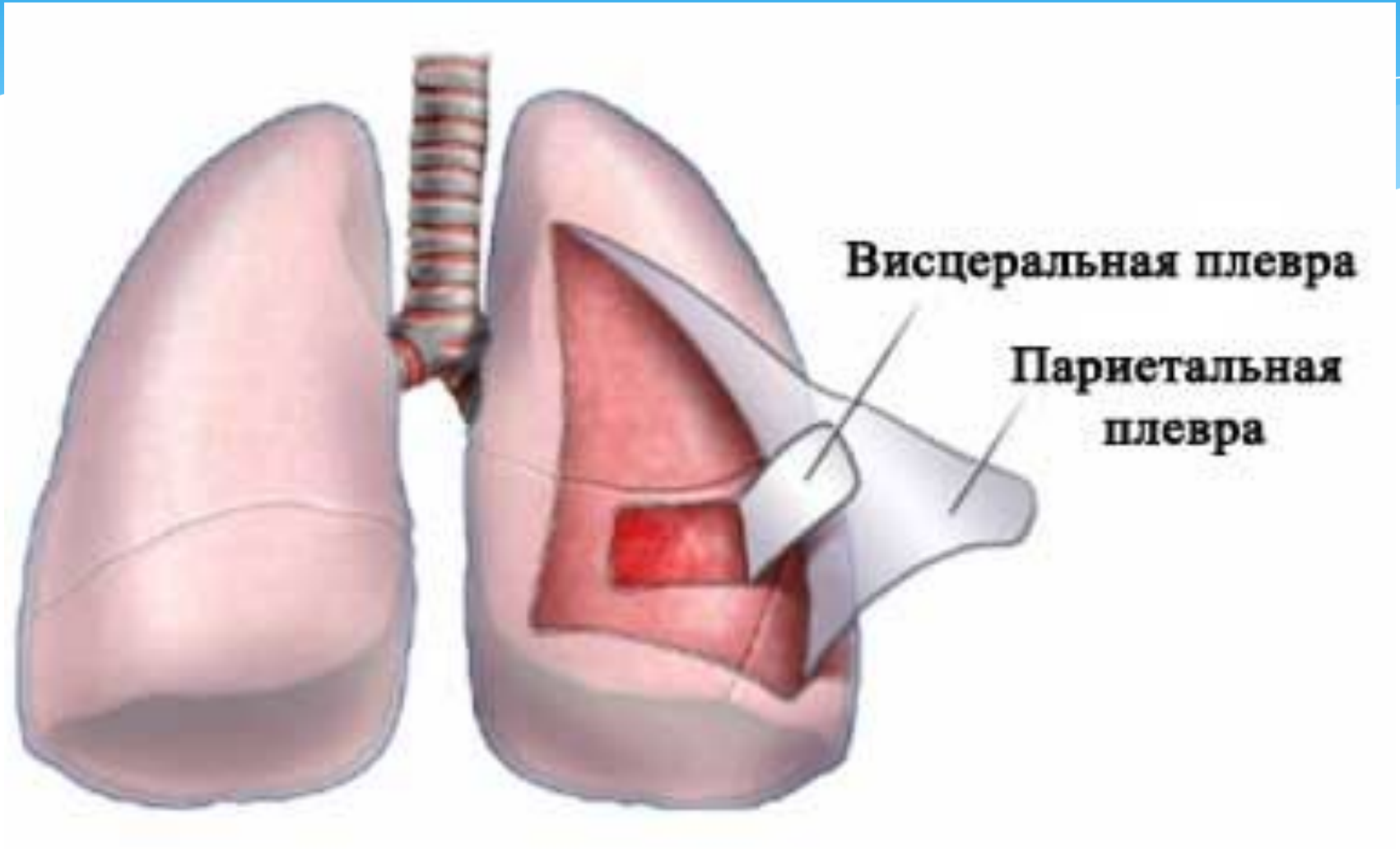
Бронхи. На уровне IV-V грудных позвонков трахея делится на 2 главных бронха, которые входят в лёгкие и ветвятся, образуя бронхиальное дерево, включающее долевые, сегментарные, дольковые, концевые и дыхательные (респираторные) бронхиолы.

Стенка главных бронхов состоит из хрящевых полуколец, долевые и сегментарные бронхи состоят из хрящевых колец. В дольковых бронхиолах хрящи постепенно исчезают, а в **концевых и дыхательных** бронхиолах хрящей нет.

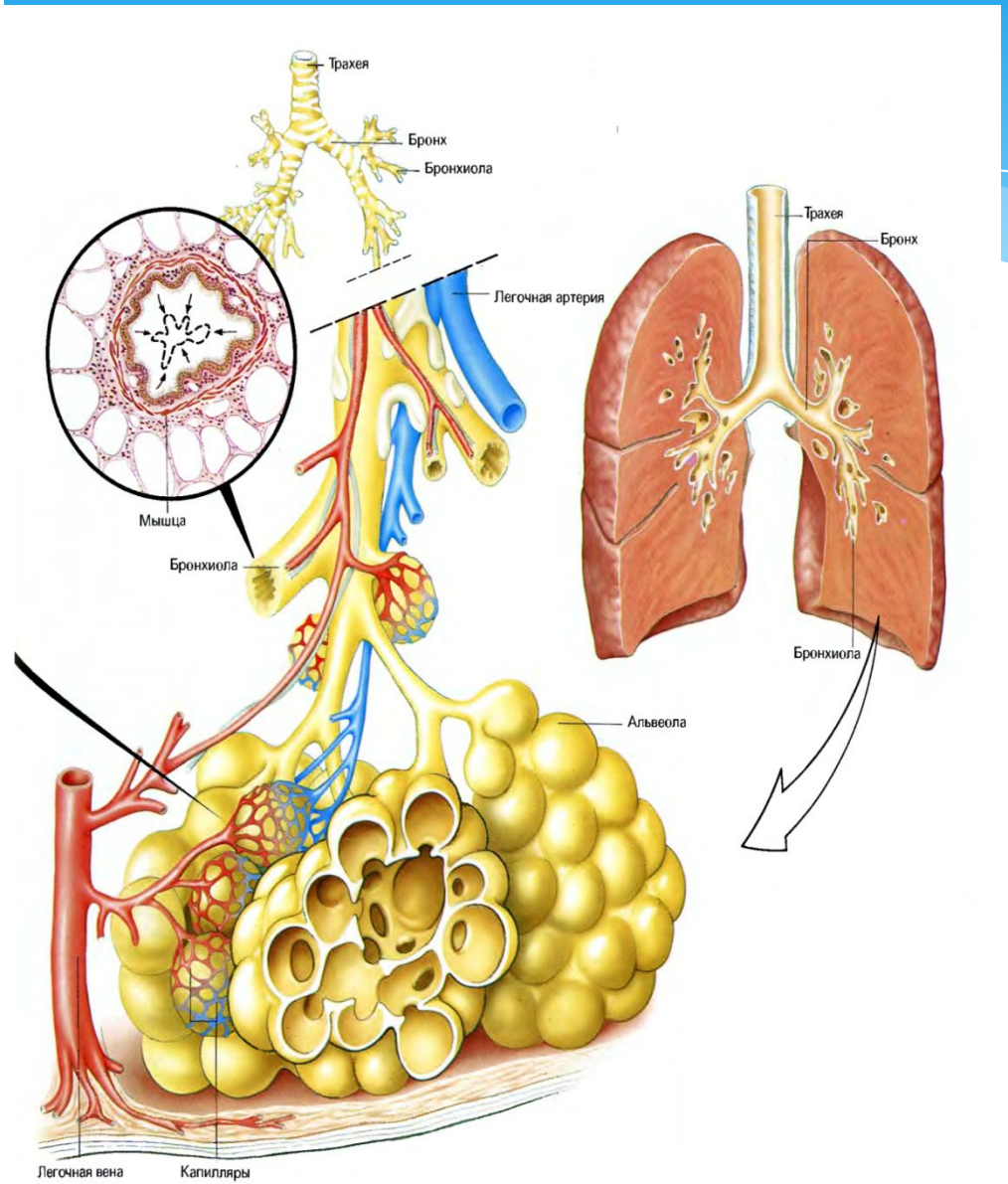
ЛЕГКИЕ


Верхушка лёгкого
Трахея
Верхушка лёгкого
Верхняя доля
Верхняя доля
Горизонтальная щель
Бронхи
Сердечная вырезка
Средняя доля
Косая щель
Нижняя доля
Нижняя доля

ПЛЕВРА



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЛЕГКИХ



В каждую дольку легкого входит дольковая бронхиола, которая делится на 3-7 концевых бронхиол. Функциональная единица лёгкого - ***ацинус***.

Он включает **одну концевую бронхиолу, которая делится на дыхательные бронхиолы разных порядков, альвеолярные ходы, альвеолы и мешочки.**

В одном лёгком 300-350 млн. альвеол. Общая поверхность альвеол двух лёгких при вдохе составляет 80-120 м^2. Каждая альвеола окружена капиллярами малого круга кровообращения.

АЛЬВЕОЛЫ. СУРФАКТАНТ

* Стенка альвеолы состоит из 1 слоя эпителиальных клеток, расположенных на базальной мембране. 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 бактерицидными свойствами;
* 5) защищает альвеолы от действия перекисей и окислителей;
* 6) облегчает диффузию кислорода из альвеол в кровь;
* 7) увеличивает ЖЕЛ;
* 8) содержит клетки – макрофаги, участвующие в фагоцитозе.

ОСОБЕННОСТЬ КРОВООБРАЩЕНИЯ В ЛЕГКИХ

* **а) из большого круга** кровообращения артериальная кровь по бронхиальным артериям поступает в лёгкие; венозная кровь оттекает по полунепарной и непарной венам, которые впадают в верхнюю полую вену;
* **б) из малого круга** кровообращения венозная кровь по легочным артериям поступает в легкие, осуществляя газообмен с альвеолярным воздухом; артериальная кровь из легких поступает в сердце по четырем легочным венам.
* Давление крови в легочных сосудах 20-25/10-15 мм рт. ст.

ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ

1. ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ, ДВА ЭТАПА:

А) ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЁГКИХ;

Б) ГАЗООБМЕН В ЛЁГКИХ;

2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ;

3. ГАЗООБМЕН МЕЖДУ КРОВЬЮ И ТКАНЯМИ;

4. ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ.

1. ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ
А. Вентиляция легких

ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЁГКИХ происходит в результате периодических изменений объема грудной клетки. Основные дыхательные (инспираторные) мышцы - ***диафрагма, наружные косые межрёберные и межхрящевые*** (поперечнополосатые).

Спокойный вдох начинается смещением вниз верхней части диафрагмы; при этом объём грудной полости увеличивается в вертикальном направлении. Сокращение наружных межрёберных и межхрящевых мышц увеличивает объем грудной полости в сагиттальном и фронтальном направлениях.

При глубоком вдохе участвуют вспомогательные ***мышцы шеи, груди, спины.***

Спокойный выдох происходит пассивно. Обеспечивают спокойный выдох:

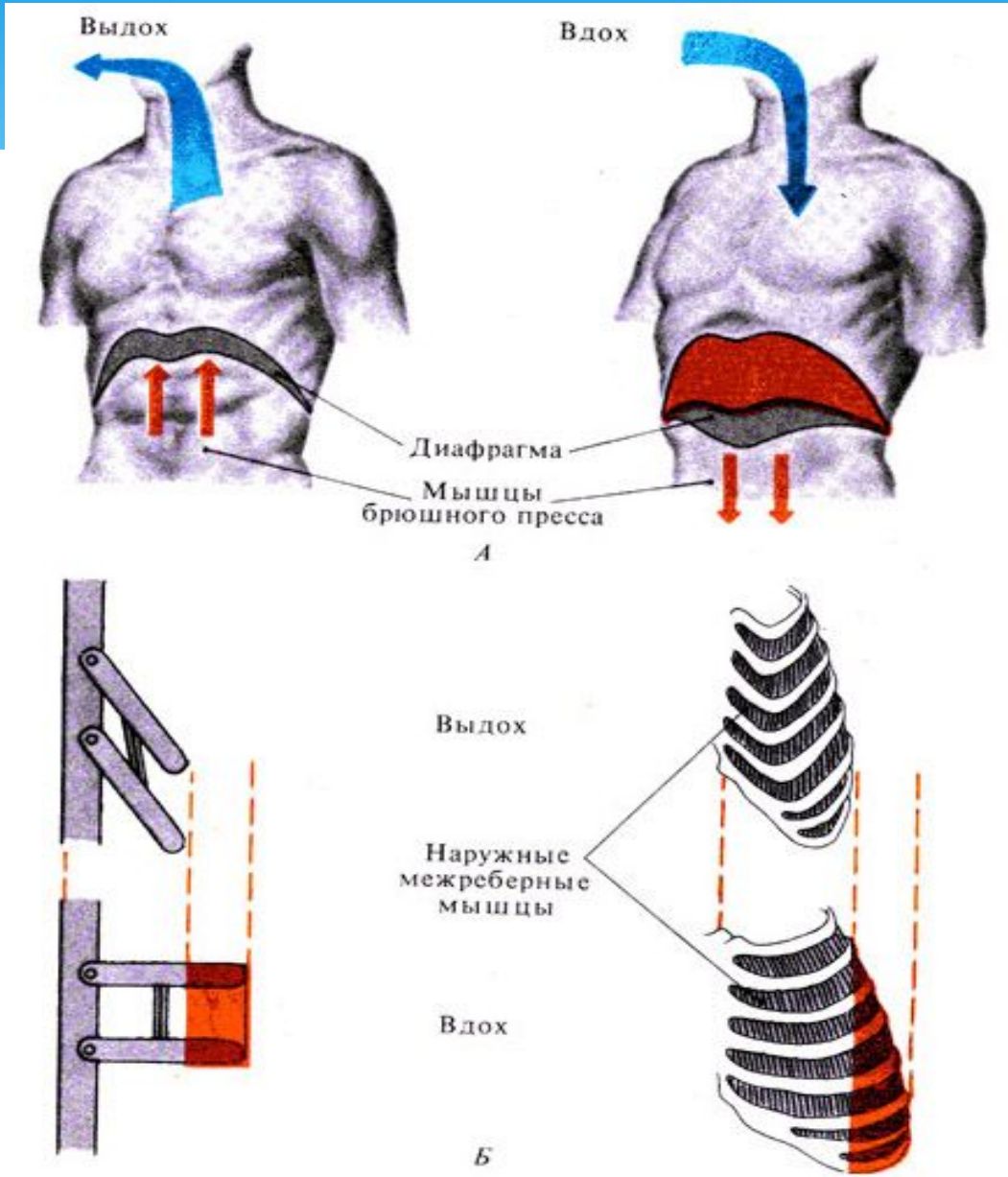
- ***масса*** *грудной клетки, которая возвращается к исходному состоянию под действием силы тяжести;*
- ***эластическая*** *тяга легких и скрученных во время вдоха реберных хрящей;*
- ***давление*** *органов брюшной полости.*

В результате воздух в альвеолах сжимается, его давление становится выше атмосферного, и он выходит наружу.

В активном выдохе участвуют ***внутренние межреберные мышцы и мышцы живота***.

При попадании в плевральную полость воздуха легкие сжимаются и газообмен прекращается – наступает ***пневмоторакс.***

ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ



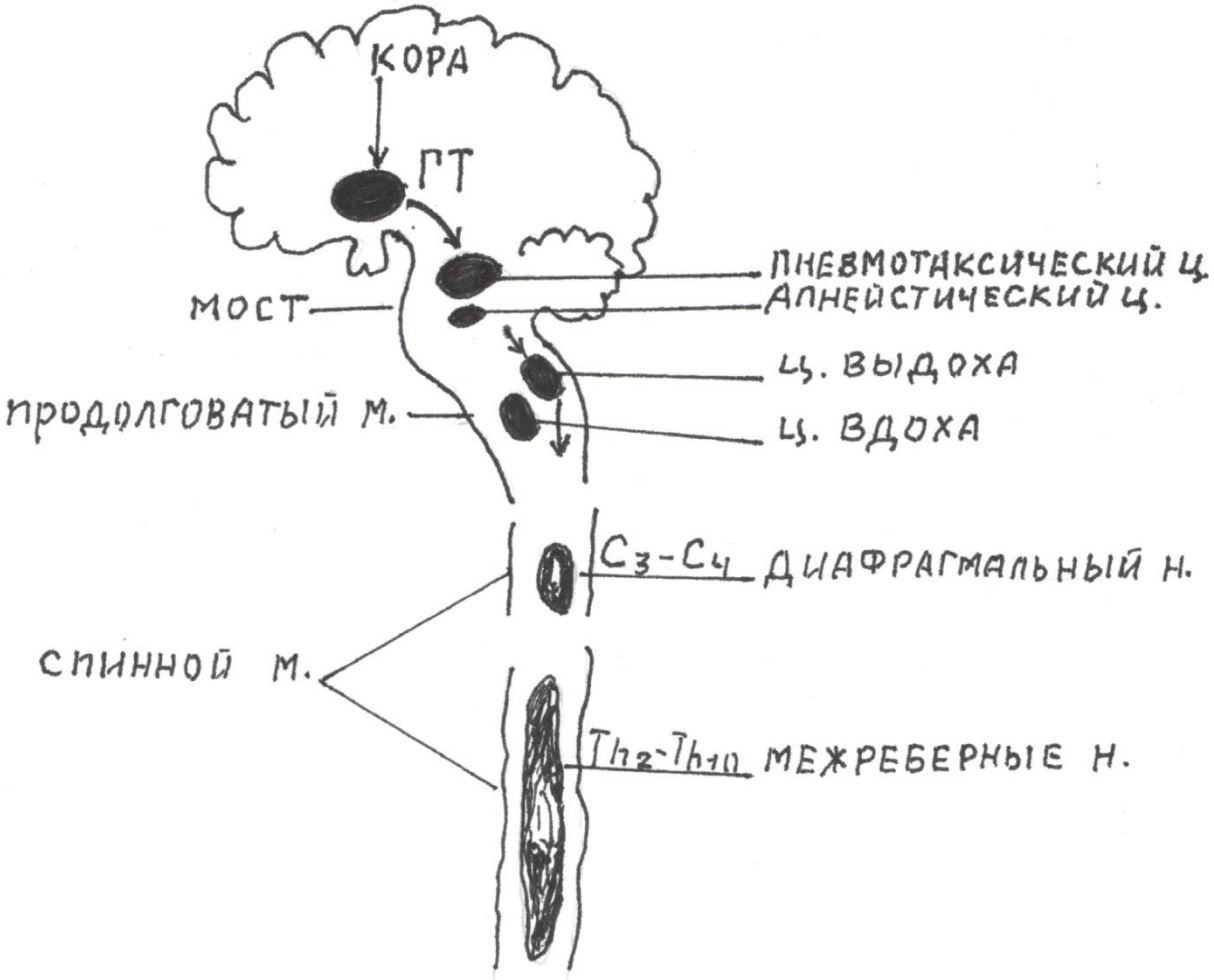
ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ И ЕМКОСТИ

* Измерение легочных объемов называется **спирометрией**, а их регистрация –спирографией.
* Частота дыхания (ЧД) – 12-18 в минуту.
* 1. ***Дыхательный объем (ДО)*** – 500 мл воздуха за один спокойный вдох или выдох.
* 2. ***Резервный объем (РО) вдоха*** – 1500-2000 мл – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после нормального вдоха.
* 3. ***РО выдоха*** – 1500 мл – максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после спокойного выдоха.
* 4. ***Жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ)*** – 3500-4000 мл – наибольшее количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимально глубокого вдоха.
* 5. ***Остаточный объем*** – 1000-1200 мл – объем воздуха в легких после максимального выдоха, он не входит в состав ЖЕЛ.
* 6. ***Минутный объем дыхания (МОД)*** – количество воздуха, поступившее в легкие за 1 минуту. МОД = ДО х 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.***
* 7. ***Альвеолярная вентиляция*** = (ДО - объем **мертвого пространства**) хЧД.

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

* 1) ***Продолговатый мозг:*** включает **отдел вдоха** (инспираторный) и **отдел выдоха** (экспираторный).
* 2) ***Варолиев мост***: включает центр **пневмотаксиса**, который переключает фазы вдоха и выдоха, и **апнейстический** центр, который увеличивает глубину дыхательных движений.
* 3) ***Спинной мозг*** получает импульсы от продолговатого, которые идут к *диафрагме и межрёберным мышцам.*
* 4) ***Гипоталамус*** регулирует дыхание при физической работе; осуществляет связь дыхания с обменом веществ и терморегуляцией в организме.
* 5) ***Лимбическая*** система связывает дыхание с вегетативной регуляцией органов и с эмоциями.
* 6) ***Кора больших полушарий*** регулирует дыхание во время разговора, дублирует автоматию дыхательного центра.

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР



РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ. РЕФЛЕКТОРНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

* В дыхательной системе 4 типа рецепторов:
* а) ***Рецепторы верхних дыхательных путей*** расположены в носу, гортани, носоглотке и трахее. Реагируют на механические и химические стимулы, вызывая кашель, чихание и бронхоспазм.
* *б)* ***Ирритантные*** рецепторы в слизистой гортани, трахеи и бронхов реагируют на пыль, дым, холодный воздух, пар**ы** химических веществ. В результате сужаются бронхи, голосовая щель, сосуды кожи и мышц и возникает частое поверхностное дыхание.
* *в)* ***Рецепторы растяжения*** – механорецепторы - расположены в гладких мышцах трахеи и бронхов. Они реагируют на растяжение легких. С них возникает тормозящий рефлекс Геринга-Брейера: прекращается вдох и начинается выдох.
* г*)* ***Юкстакапиллярные рецепторы*** находятся в капиллярах и интерстиции альвеол и дыхательных бронхов. Они реагируют на застой крови в капиллярах и увеличение жидкости в межклеточном пространстве лёгких, вызывая одышку.

РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

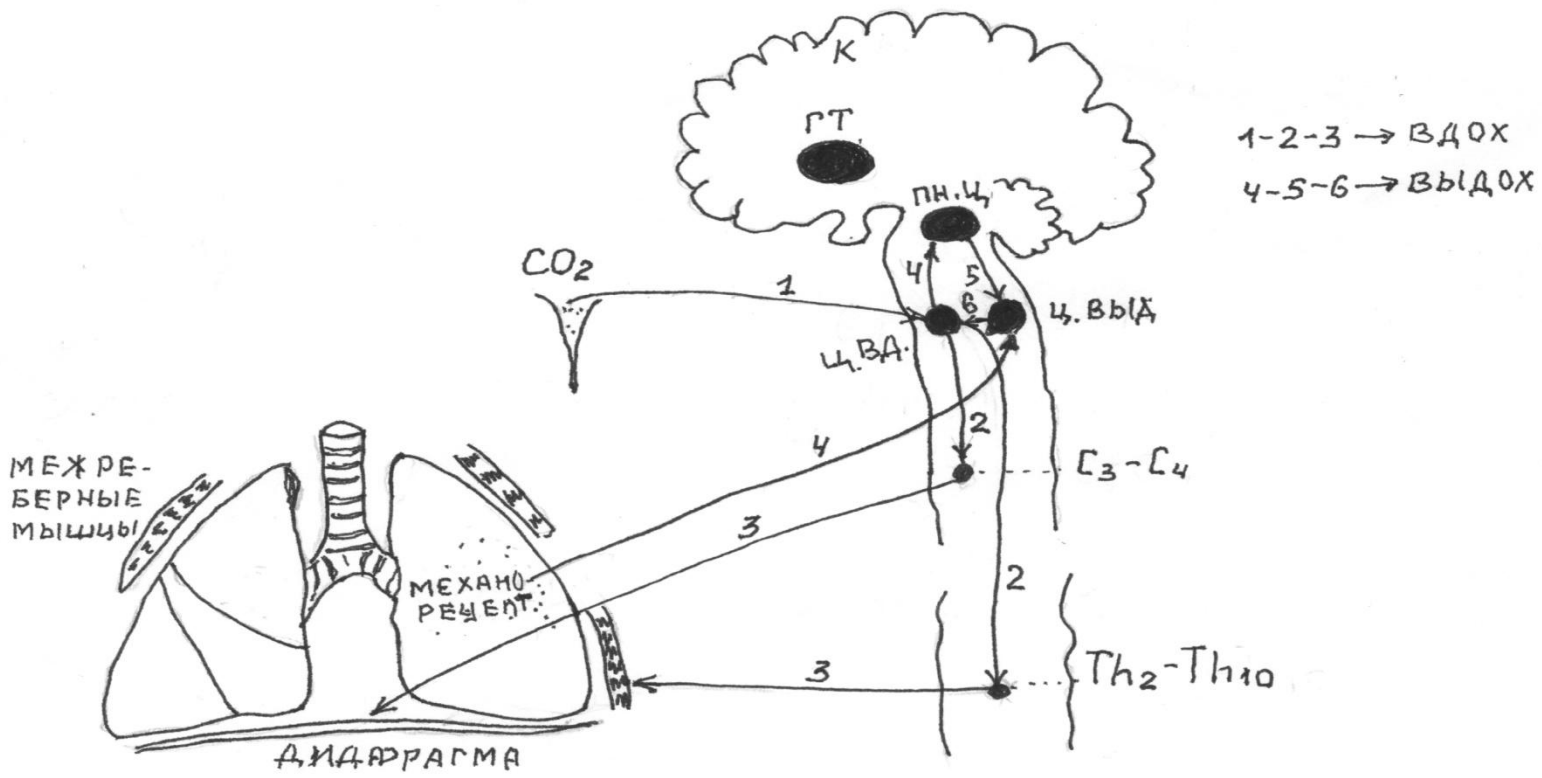
* Газообмен зависит от трех параметров арт. крови: **PO_2, pH и PCO_2** . Стимулируют лёгочную вентиляцию ***гипоксемия*** (снижение PO_2), ***ацидоз*** (снижение pH) и ***гиперкапния*** (повышение PCO_2).
* Влияние этих параметров опосредуется хеморецепторами:
* 1) ***Периферические хеморецепторы:*** *аортальные тельца (в дуге аорты)* и *каротидные тельца (в каротидном синусе)*.
* Эти рецепторы особенно чувствительны при гипоксии.
* При **гипоксии,** которой предшествует **гипоксемия, ацидозе** и **гиперкапнии** импульсы от каротидных телец поступают по н. Геринга (IX, языкоглоточный), а от аортальных телец по н. Циона-Людвига (X, блуждающий) в дыхательный отдел продолговатого мозга. Это приводит к увеличению вентиляции легких.
* 2) ***Центральные хеморецепторы*** располагаются *в продолговатом мозге* и *мосте* и очень чувствительны к изменению pH. При снижении pH резко усиливается дыхание. Они реагируют и на изменение PCO_2, но позже, чем периферические хеморецепторы.

РЕГУЛЯЦИЯ ПРОСВЕТА БРОНХОВ

* **1.** ***Нервная регуляция.*** Просвет бронхов регулирует ВНС:
* А) PSS (vagus): - через **АХ** и вещество **Р** ***суживает*** бронхи (к концу выдоха гладкие мышцы бронхов сокращаются);
* Б) SS через адреналин надпочечников (β_2-адренорец.) ***расширяет*** бронхи (при вдохе гладкие мышцы стенок бронхов расслабляются).

* **2.** ***Гуморальная регуляция*****:**
* Гистамин (через H_1 рецепторы), серотонин, брадикинин ***суживают*** *бронхи;* гистамин (через H_2 рецепторы), глюкокортикоиды, адреналин – ***расширяют бронхи***.

МЕХАНИЗМ ЧЕРЕДОВАНИЯ ВДОХА И ВЫДОХА



МЕХАНИЗМ ЧЕРЕДОВАНИЯ ВДОХА И ВЫДОХА. ВДОХ

* При действии CO_2 в отделе вдоха продолговатого мозга возникают нервные импульсы. Оттуда они поступают в двигательные нейроны передних рогов $\mathbf{C_3}$-$\mathbf{C_4}$ и далее по диафрагмальному нерву к диафрагме. Одновременно они поступают в передние рога $\boldsymbol{T_1}$-$\boldsymbol{T_6}$ и далее по межреберным нервам к межреберным и межхрящевым мышцам. Мышцы диафрагмы и межреберные сокращаются, объём грудной клетки увеличивается.
* Давление в плевральной полости ниже атмосферного на 4 **Hg** и поэтому его называют отрицательным (-).
* К концу нормального вдоха давление в плевральной полости снижается от (-) 4 **Hg** до (-) 5-*7* **Hg**, а при максимальном вдохе до (-) *15 -20* **Hg**.
* В результате понижения давления воздух в лёгких расширяется, его давление в альвеолах становится ниже атмосферного. Из-за разности между давлением в альвеолах и окружающей среде наружный воздух поступает по ВП в альвеолы. Лёгкие растягиваются и происходит вдох.

МЕХАНИЗМ ЧЕРЕДОВАНИЯ ВДОХА И ВЫДОХА. ВЫДОХ

* При растяжении лёгких импульсы от *механорецепторов* альвеол по афф. волокнам vagusa поступают в отдел **выдоха** и возбуждают его. Одновременно нервные импульсы из отдела **вдоха** поступают в варолиев мост в центр *пневмотаксиса*, а от него к отделу **выдоха**. В нём возникает возбуждение, и оно тормозит отдел вдоха. Сразу прекращается поток импульсов к дыхательным мышцам.
* (-) давление в плевральной полости уменьшается. На выдохе оно составляет (-)*2-3* **Hg**, а при максимальном выдохе равно *(-)1-2* **Hg.** Объем грудной клетки и лёгких уменьшаются, давление в них становится выше атмосферного, воздух выходит из лёгких – происходит выдох.

1Б. ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ

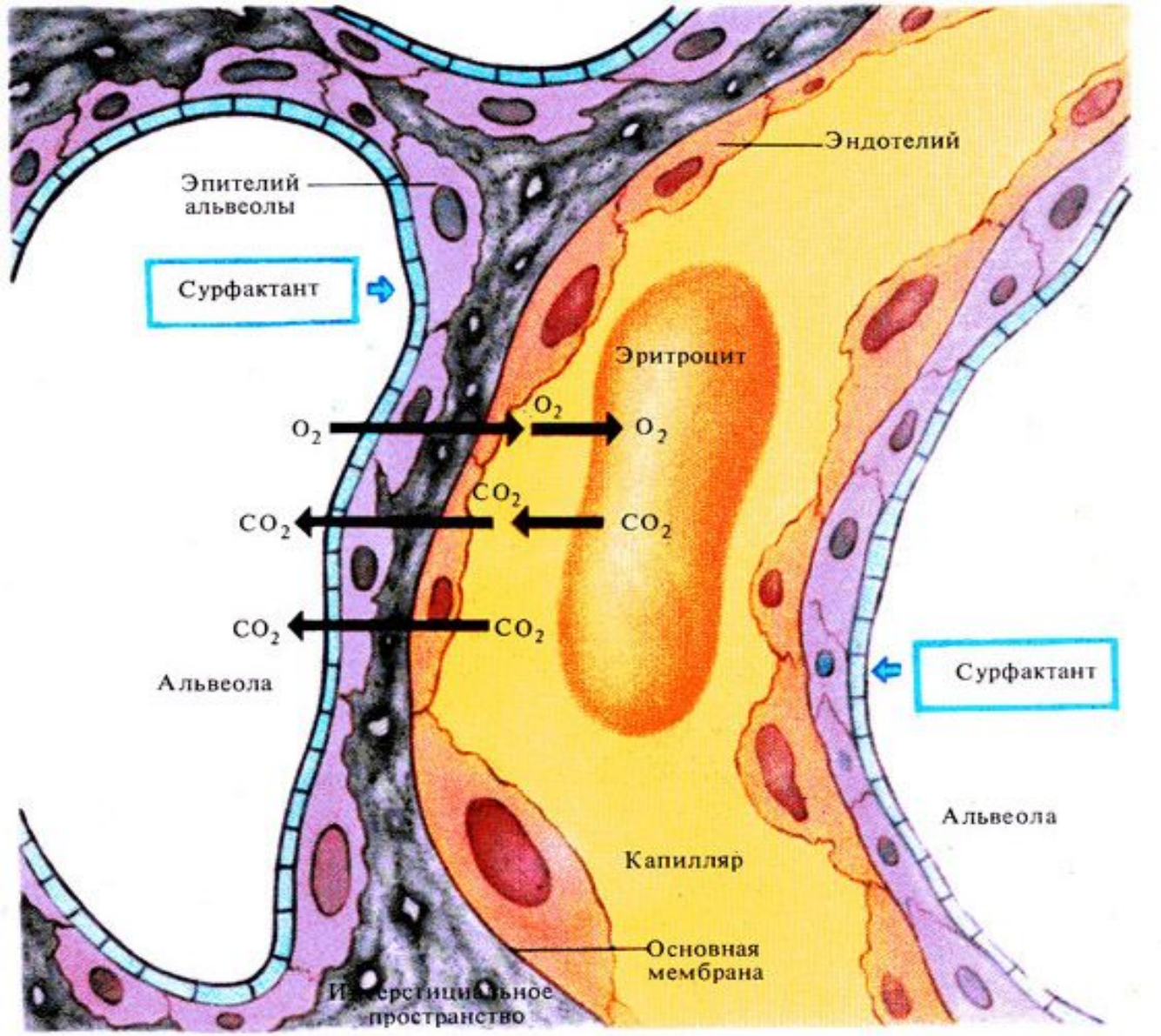
* **Содержание газов (%) в воздухе**

Газы	Вдыхаемый (атм.) воздух	Выдыхаемый воздух
O_2	20,93	16,0
CO_2	0,03	4,5

ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ. АЭРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

* Газообмен в легких совершается через **аэрогематический барьер**, который включает сурфактант, альвеолоцит, интерстиций, эндотелий капилляра.
* Давление газов в газовой смеси называется парциальным давлением.
* Давление газов в крови называется их напряжением (Р).
* Движущей силой газообмена является разность между парциальным давлением O_2 и CO_2 в АГС и напряжением этих газов в крови.
* В результате **диффузии** O_2 из альвеолярного воздуха поступает в кровь (500 л в сутки), а CO_2 из крови капилляров малого круга в альвеолярный воздух.

ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ



2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ. ТРАНСПОРТ O_2

* 1). **2%** O_2 переносится **плазмой** крови,
* 2). **98%** O_2 поступает в эритроциты: $O_2 + Hb \rightarrow \mathbf{HbO_2}$ (оксигемоглобин).
* Максимальное количество O_2, которое может поглотить 100 мл крови, называется кислородной ёмкостью крови. В норме в 1 л артериальной крови содержится 180-200 мл O_2.

* В тканях, где концентрация O_2 мала, а концентрация CO_2 увеличена, HbO_2 отдает O_2 клеткам и присоединяет CO_2. В альвеолах CO_2 выходит в альвеолярный воздух и Hb вновь связывается с O_2.

2. ТРАНСПОРТ ГАЗОВ КРОВЬЮ. ТРАНСПОРТ CO_2

* ***А)* ЭРИТРОЦИТАМИ:**
* 1) $CO_2 + Hb \rightarrow$ ***$HbCO_2$*** **(**карбгемоглобин**)** (5%).
* 2) $CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{карбоангидраза}} H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$. $HCO_3^- + K^+, \rightarrow$ ***$KHCO_3$*** (14%).
* ***Б)* ПЛАЗМОЙ:**
* 1) в виде свободного газа ***CO_2*** (4%)
* 2) в виде угольной кислоты ***H_2CO_3*** (2%),
* 3) в виде гидрокарбоната натрия ***$NaHCO_3$*** (33%) :
* **часть** HCO_3^- выходит из эритроцитов в плазму. На место HCO_3^- в эритроцит из плазмы поступают Cl^-.
* **В плазме** $Na^+ + HCO_3^- \rightarrow NaHCO_3$.
* В легких вначале выходит в альвеолы физически растворенный в плазме CO_2, затем CO_2, связанный с **Hb.** O_2 из воздуха поступает в кровь и вступает в реакцию с Hb, образуя HbO_2. HbO_2 как более сильная кислота, чем $\mathbf{H_2CO_3}$ вступает в реакцию с бикарбонатами и вытесняет из них H_2CO_3. В капиллярах легких с помощью карбоангидразы свободная H_2CO_3 расщепляется на CO_2 и H_2O и $\mathbf{CO_2}$ выходит в альвеолярный воздух.

3. ГАЗООБМЕН В ТКАНЯХ

ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГАЗОВ В ВОЗДУХЕ И НАПРЯЖЕНИЕ ИХ В КРОВИ

Газ	Атмосферный воздух	Воздух в АГС	Венозная кровь в капиллярах малого круга	Клетки тканей
O_2	159 Hg→	110 Hg→	40 Hg→	0-1 Hg
CO_2	0,2-0,3 Hg	←40 Hg	←47 Hg	←60 Hg

ДЫХАНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

* **1) Низкое атм. давление:** на высоте 2,5-5 км - гипоксия, усиливается вентиляция легких, увеличивается ЧСС и АД. Часто гипоксия сочетается с гипокапнией (CO_2 удаляется из крови), уменьшается вентиляция легких, результат – **высотная болезнь:** снижение ЧС, АД, потеря сознания. **Адаптация:** увеличивается плотность капилляров, количество эритроцитов и концентрация гемоглобина.
* **2) Высокое атм.давление:** во время водолазных работ; увеличивается количество азота, растворенного в крови. При быстром подъеме азот закупоривает мелкие сосуды и наступает ***кессонова*** болезнь.
* **3) Физическая нагрузка:** учащается дыхание, увеличивается глубина дыхательных движений. МОД равен 50-60 л в минуту (в покое 6-8 л). Усиливается работа сердца и ЧСС. Депонированная кровь выходит в кровяное русло и увеличивается количество эритроцитов и гемоглобина; расширяются сосуды мышц и кровь в большем количестве притекает к рабочим органам
* Дыхание чистым O_2 во время физической работы снижает вентиляцию легких.

НЕГАЗООБМЕННЫЕ ФУНКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

* **- осаждение** примесей, увлажнение, согревание вдыхаемого воздуха в полости носа;
* **- защитные** рефлексы кашля, чихания;
* **- депонирование** крови;
* **- синтез** тромбопластина, гепарина, гистамина, серотонина, простагландинов;
* **- участие** в жировом обмене – эмульгированные жиры, жирные кислоты и глицериды, попадая через грудной лимфатический проток в венозный кровоток, окисляются липопротеазами легких до CO_2 с выделением энергии;
* **- легкие** синтезируют фосфолипиды и белки, составляющих основу сурфактанта;
* **- участие** в водно-солевом обмене: за сутки из легких удаляется до 500 мл воды;
* **- удаление** ацетона, этанола, эфира, закиси азота и др.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Гиперкапния - увеличение CO_2 в крови вызывает стимуляцию дыхания (одышка, **гиперпноэ**) (или стимуляция дыхания у новорожденного).

Гипоксемия - пониженное напряжение O_2 в крови. Следствием гипоксемии является гипоксия.

Гипоксия – недостаток O_2 в тканях стимулирует работу сердца, вызывает гипервентиляцию (**гиперпноэ**).

Ацидоз – пониженное pH крови (закисление крови).

Гиперпноэ - наступает при гиперкапнии и снижении pH крови (ацидоз); увеличивается вентиляция лёгких и выводится избыток $\mathbf{CO_2}$ из организма.

Гипокапния – уменьшение CO_2 в крови – угнетение дыхания и его остановка (**апноэ**).

Апноэ - наступает при гипокапнии и повышении pH крови (алкалоз), что приводит к уменьшению вентиляции и остановке дыхания.

Эйпноэ - это нормальное дыхание в состоянии покоя.

Гипероксия – увеличение O_2 в альвеолярном воздухе вызывает торможение дыхательного центра и остановку дыхания – апноэ.

Ацидоз увеличивает вентиляцию легких, **алкалоз**–уменьшает.

Асфиксия - это состояние, при котором гиперкапния и гипоксия существуют одновременно, в результате нарушения проходимости воздухоносных путей.