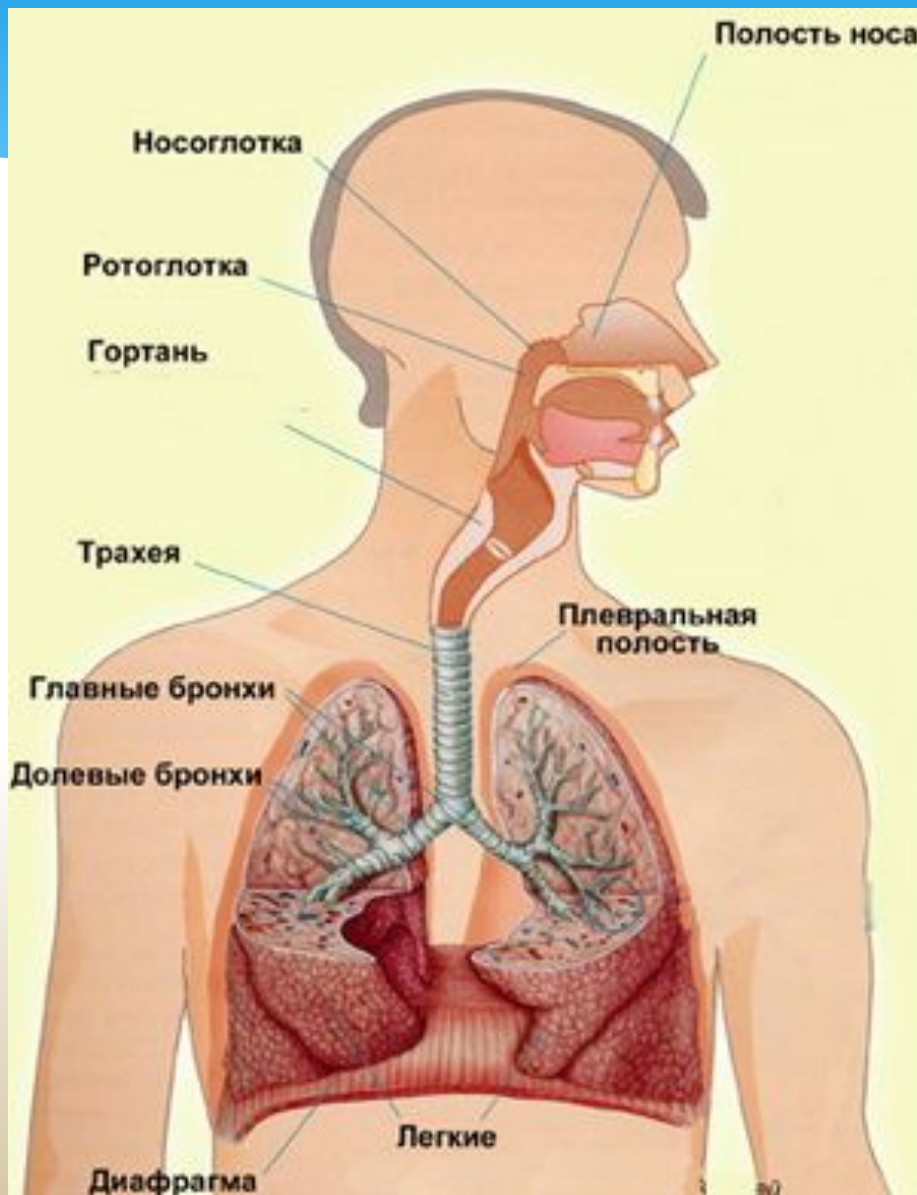
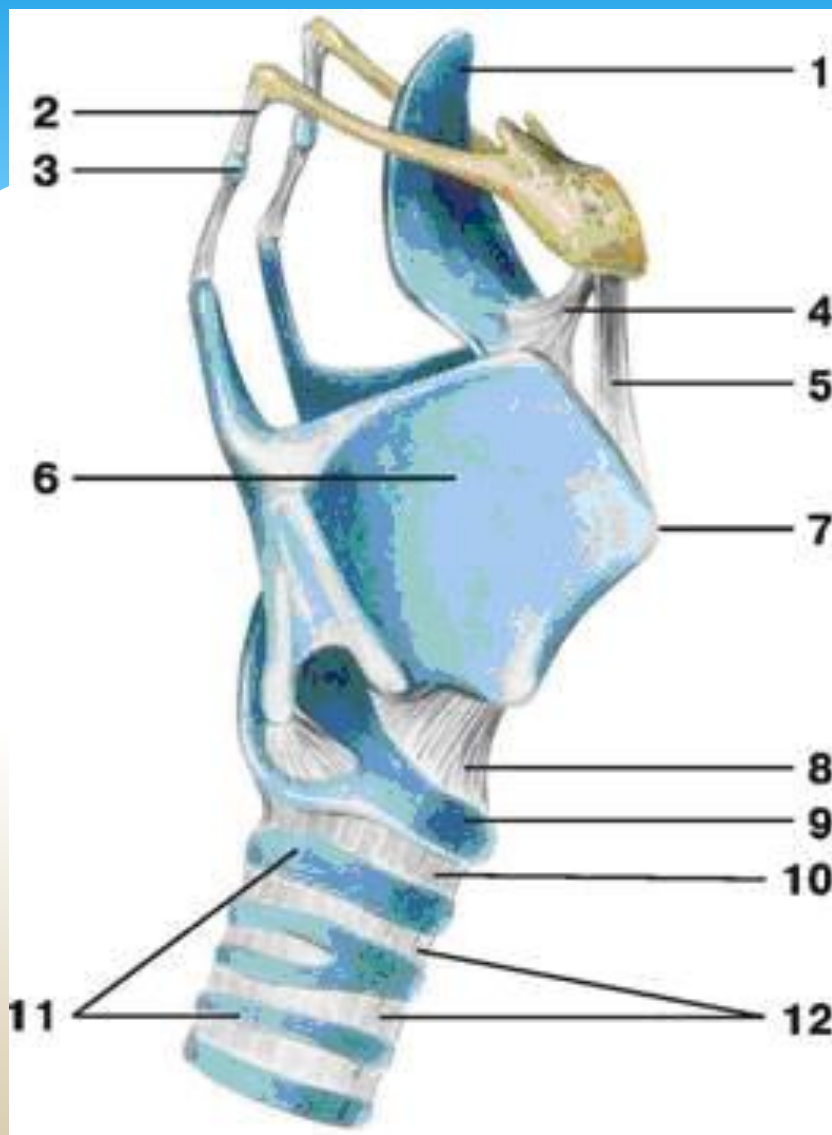


# Дыхательная система. ДЫХАНИЕ

# ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ



# ГОРТАНЬ



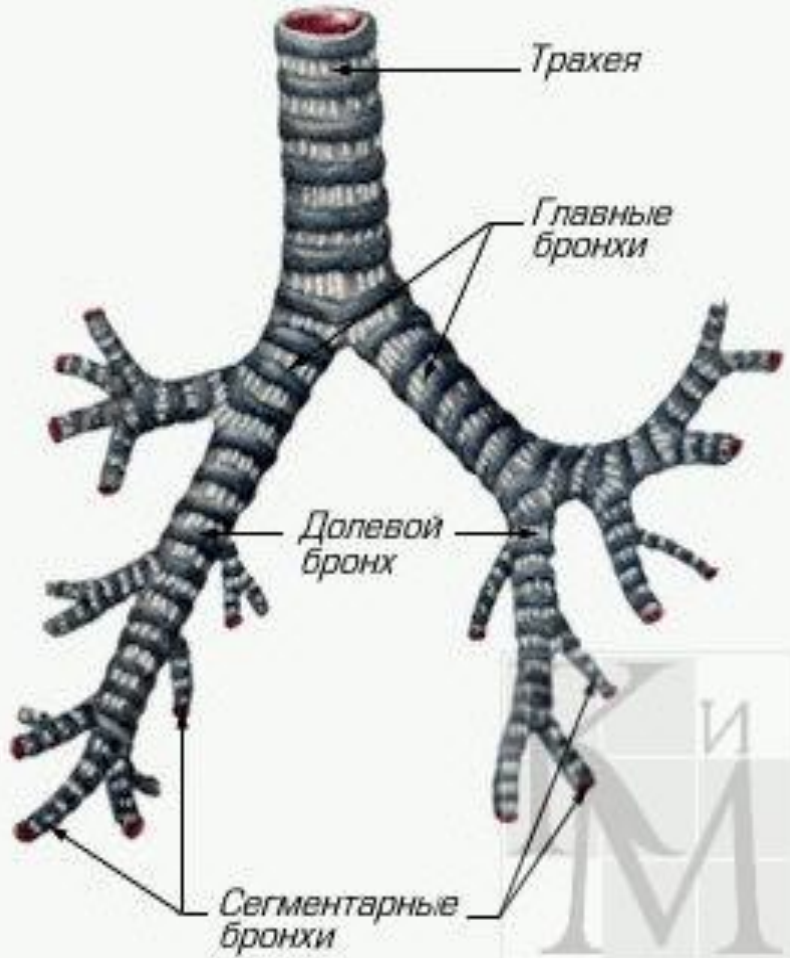
## Хрящи гортани:

**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

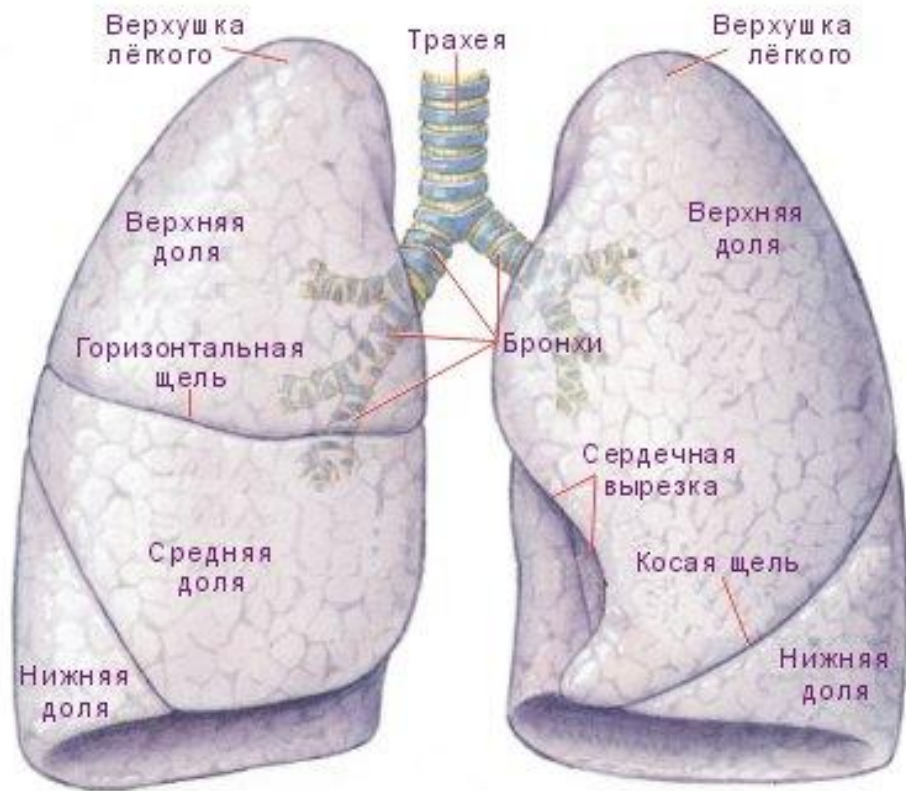


**Трахея** состоит из 16-20 полуколец, состоящих из гиалиновых хрящей, сзади соединенных фиброзно-мышечной пластинкой.

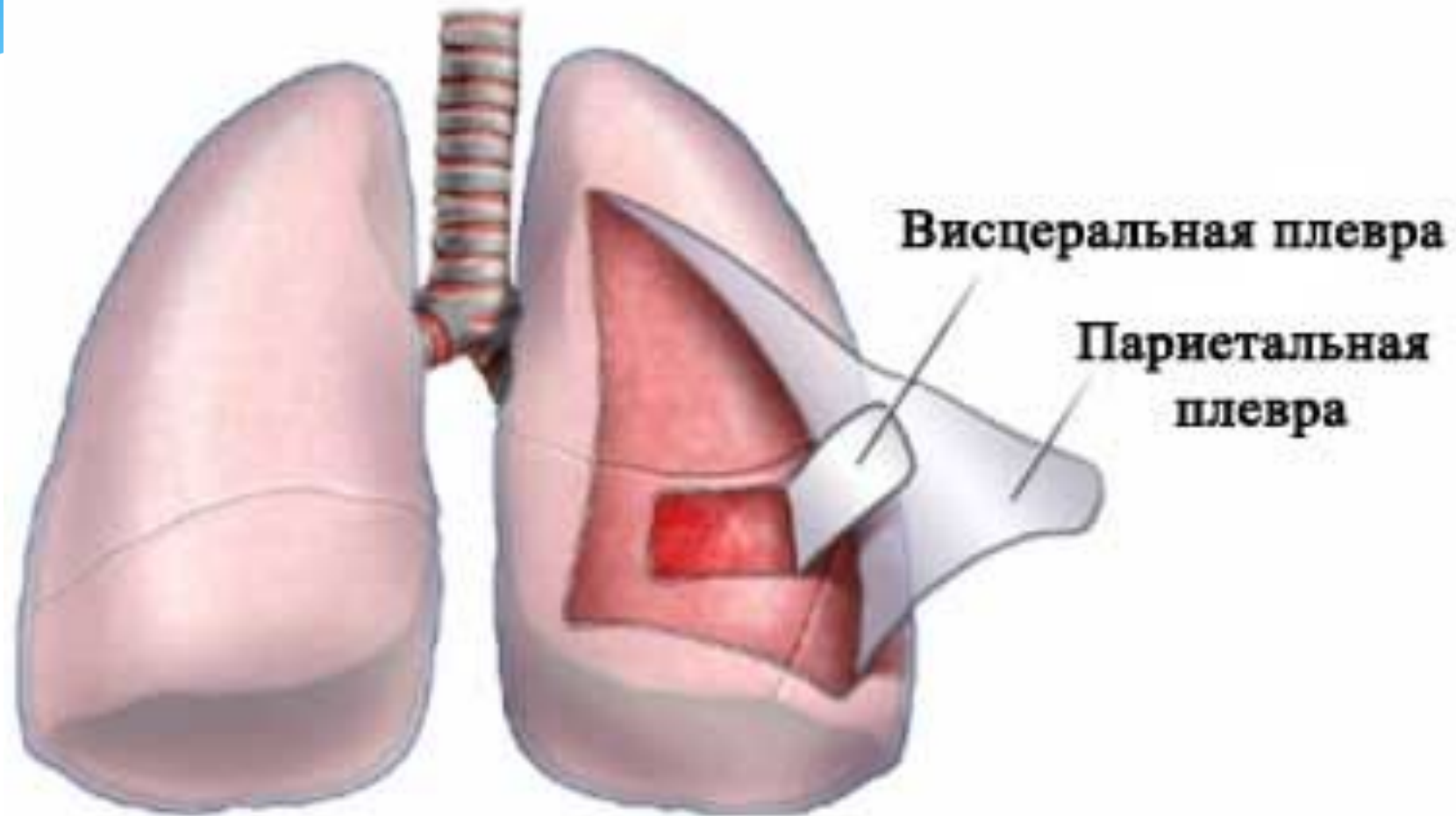
**Бронхи.** На уровне IV-V грудных позвонков трахея делится на 2 главных бронха, которые входят в лёгкие и ветвятся, образуя бронхиальное дерево, включающее долевые, сегментарные, дольковые, концевые и дыхательные (респираторные) бронхиолы.

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

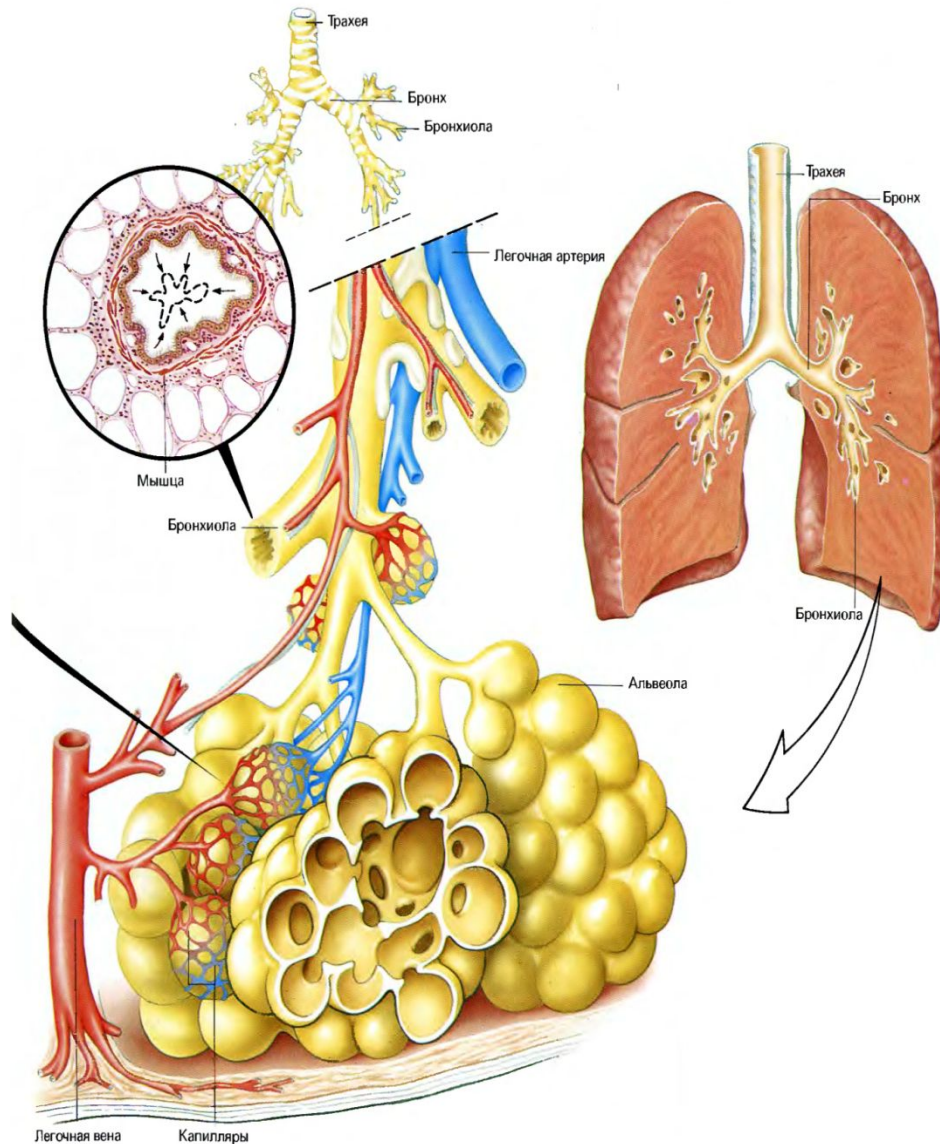


# ПЛЕВРА





# 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<sup>2</sup>. 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 объём грудной полости в сагиттальном и фронтальном направлениях.

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

**Спокойный выдох** происходит пассивно. Обеспечивают спокойный выдох:

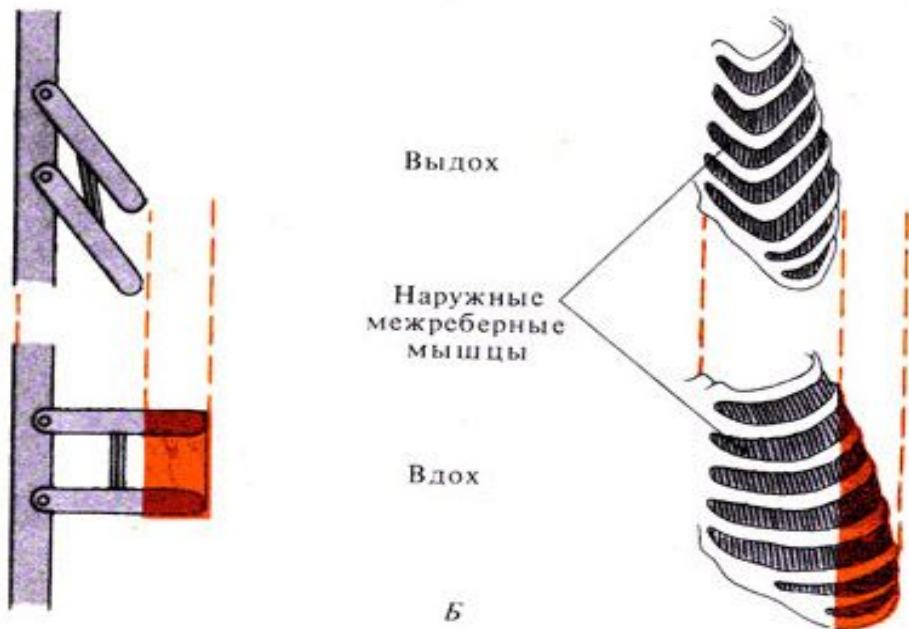
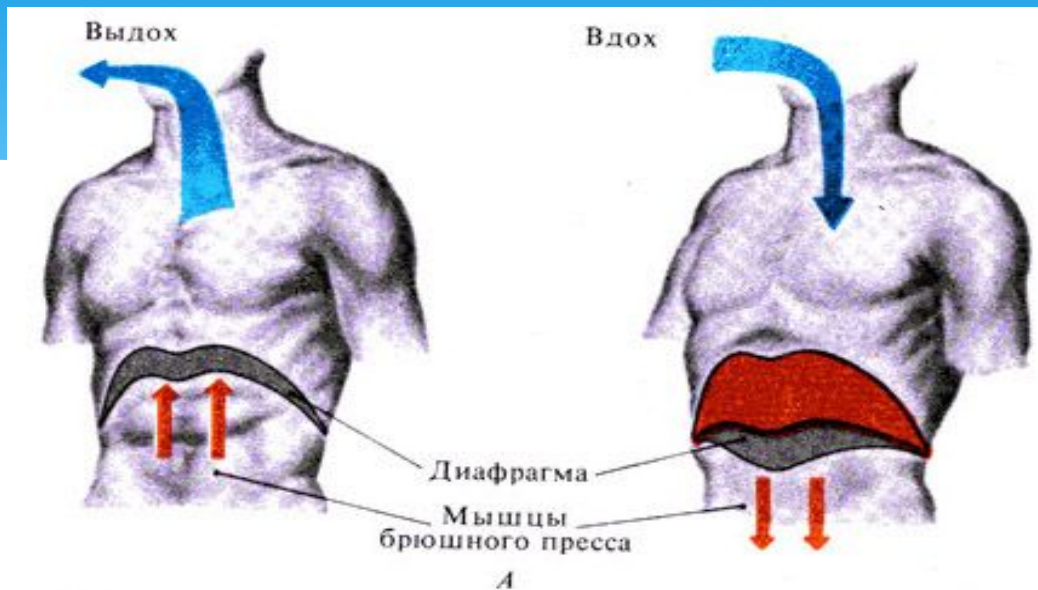
- *масса грудной клетки, которая возвращается к исходному состоянию под действием силы тяжести;*
- *эластическая тяга легких и скрученных во время вдоха реберных хрящей;*
- *давление органов брюшной полости.*

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

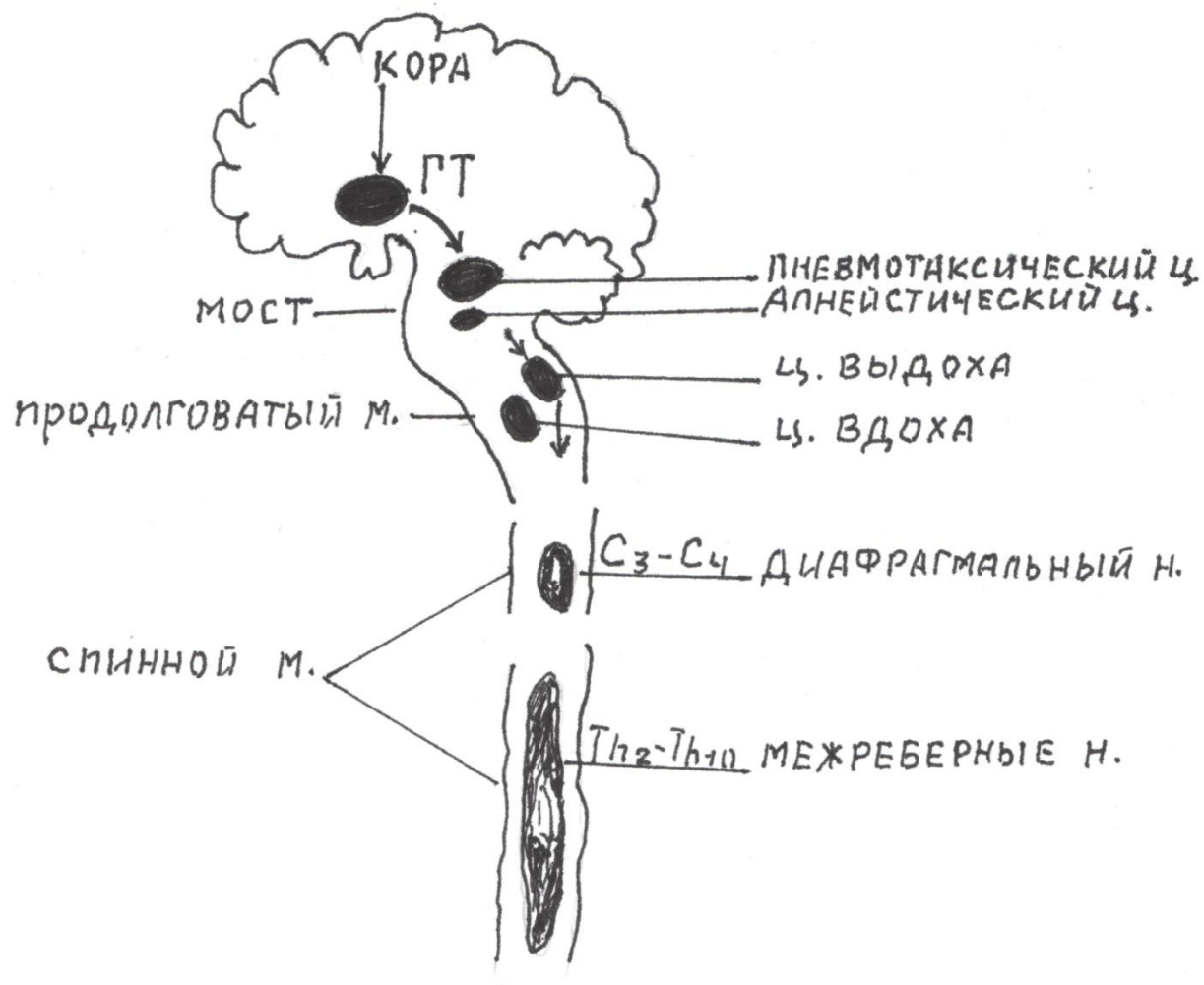
- \* Измерение легочных объемов называется **спирометрией**, а их регистрация –спирографией.
- \* Частота дыхания (ЧД) – 12-18 в минуту.
- \* 1. **Дыхательный объем (ДО)** – 500 мл воздуха за один спокойный вдох или выдох.
- \* 2. **Резервный объем (РО) вдоха** – 1500-2000 мл – максимальное количество 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.  $МОД = ДО \times ЧД$ . 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**.
- \* 7. **Альвеолярная вентиляция** =  $(ДО - \text{объем мертвого пространства}) \times ЧД$ .



# 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, пары 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) Юктакапиллярные 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

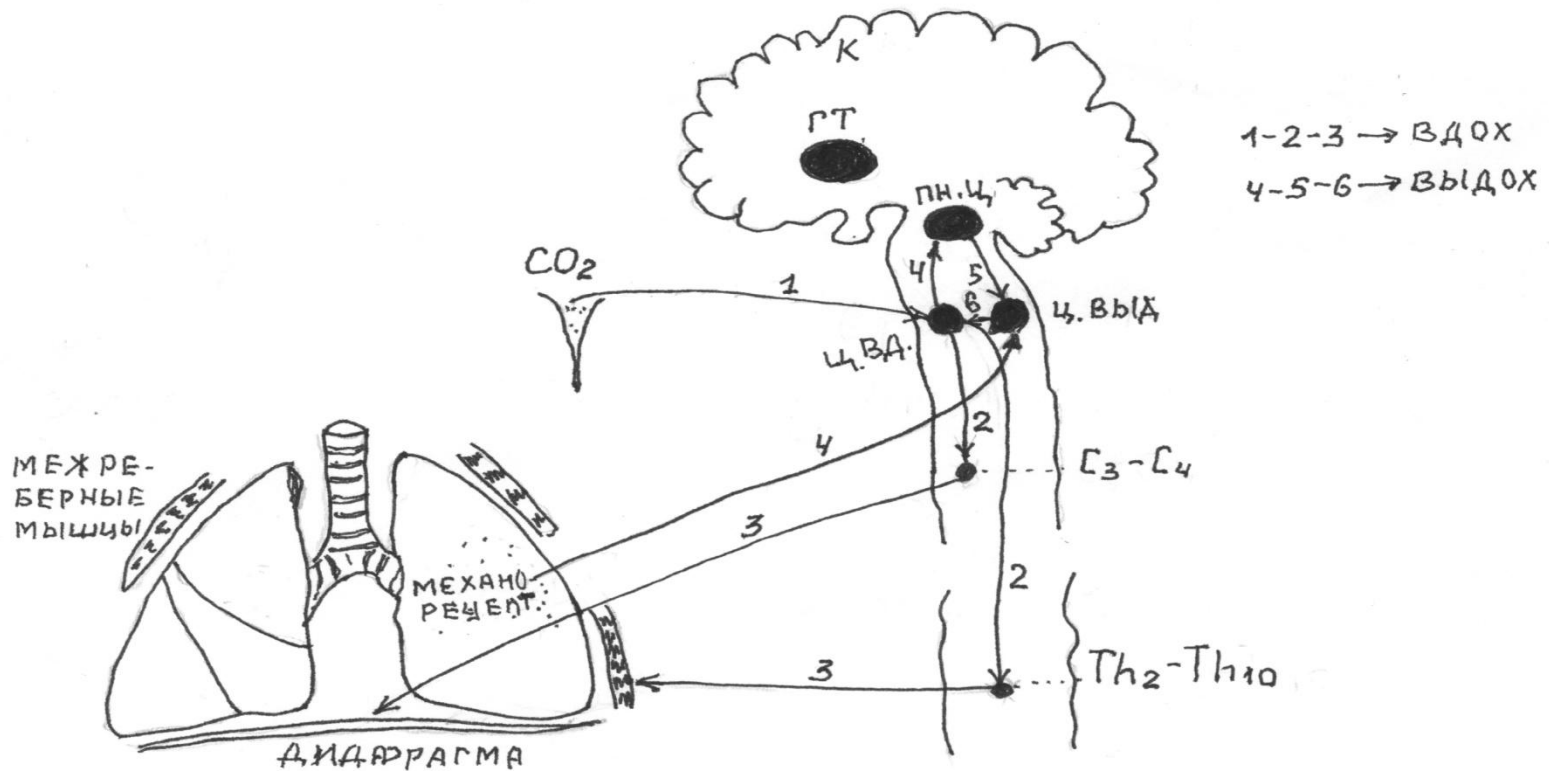
- \* Газообмен зависит от трех параметров арт. крови:  $PO_2$ , pH и  $PCO_2$ . Стимулируют лёгочную вентиляцию *гипоксемия* (снижение  $PO_2$ ), *ацидоз* (снижение pH) и *гиперкапния* (повышение  $PCO_2$ ).
- \* Влияние этих параметров опосредуется хеморецепторами:
- \* 1) Периферические хеморецепторы: 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 ( $\beta_2$ -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  $\text{CO}_2$  в отделе вдоха продолговатого мозга возникают нервные импульсы. Оттуда они поступают в двигательные нейроны передних рогов  $\text{C}_3$ - $\text{C}_4$  и далее по диафрагмальному нерву к диафрагме. Одновременно они поступают в передние рога  $\text{T}_1$ - $\text{T}_6$  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 аффер. волокнам *vagus* 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

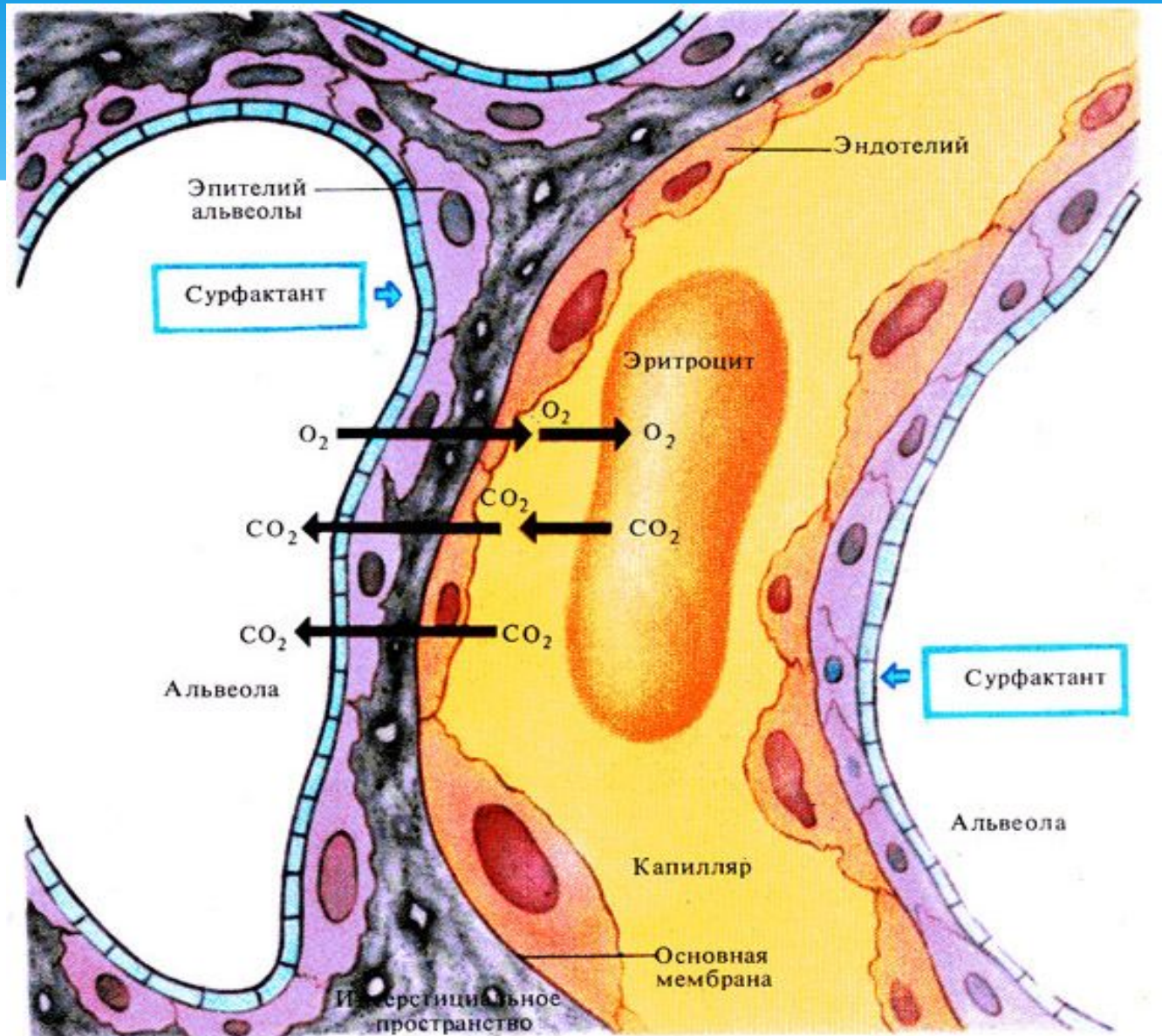
Газы	Вдыхаемый (атм.) воздух	Выдыхаемый воздух
O <sub>2</sub>	20,93	16,0
CO <sub>2</sub>	0,03	4,5

## 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:  $O_2 + Hb \rightarrow HbO_2$  (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<sub>2</sub>

#### \* А) ЭРИТРОЦИТАМИ:

\* 1) CO<sub>2</sub> + Hb → HbCO<sub>2</sub> (карбгемоглобин) (5%).

\* 2) CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O <sup>карбоангидраза</sup> → H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> → H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + K<sup>+</sup> → KHCO<sub>3</sub> (14%).

#### \* Б) ПЛАЗМОЙ:

\* 1) в виде свободного газа CO<sub>2</sub> (4%)

\* 2) в виде угольной кислоты H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (2%),

\* 3) в виде гидрокарбоната натрия NaHCO<sub>3</sub> (33%) :

\* **часть** HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> выходит из эритроцитов в плазму. На место HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в эритроцит из плазмы поступают Cl<sup>-</sup>.

\* **В плазме** Na<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NaHCO<sub>3</sub>.

\* В легких вначале выходит в альвеолы физически растворенный в плазме CO<sub>2</sub>, затем CO<sub>2</sub>, связанный с **Hb**. O<sub>2</sub> из воздуха поступает в кровь и вступает в реакцию с Hb, образуя HbO<sub>2</sub>. HbO<sub>2</sub> как более сильная кислота, чем H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> вступает в реакцию с бикарбонатами и вытесняет из них H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. В капиллярах легких с помощью карбоангидразы свободная H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> расщепляется на CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>	159 Hg→	110 Hg→	40 Hg→	0-1 Hg
CO <sub>2</sub>	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 ( $\text{CO}_2$  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  $\text{O}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  в крови вызывает стимуляцию дыхания (одышка, **гиперпноэ**) (или стимуляция дыхания у новорожденного).

**Гипоксемия** - пониженное напряжение  $\text{O}_2$  в крови. Следствием гипоксемии является гипоксия.

**Гипоксия** – недостаток  $\text{O}_2$  в тканях стимулирует работу сердца, вызывает гипервентиляцию (**гиперпноэ**).

**Ацидоз** – пониженное рН крови (закисление крови).

**Гиперпноэ** - наступает при гиперкапнии и снижении рН крови (ацидоз); увеличивается вентиляция лёгких и выводится избыток  $\text{CO}_2$  из организма.

**Гипокапния** – уменьшение  $\text{CO}_2$  в крови – угнетение дыхания и его остановка (**апноэ**).

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

**Эйпноэ** - это нормальное дыхание в состоянии покоя.

**Гипероксия** – увеличение  $\text{O}_2$  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.