

# ДЫХАТЕЛЬН АЯ СИСТЕМА

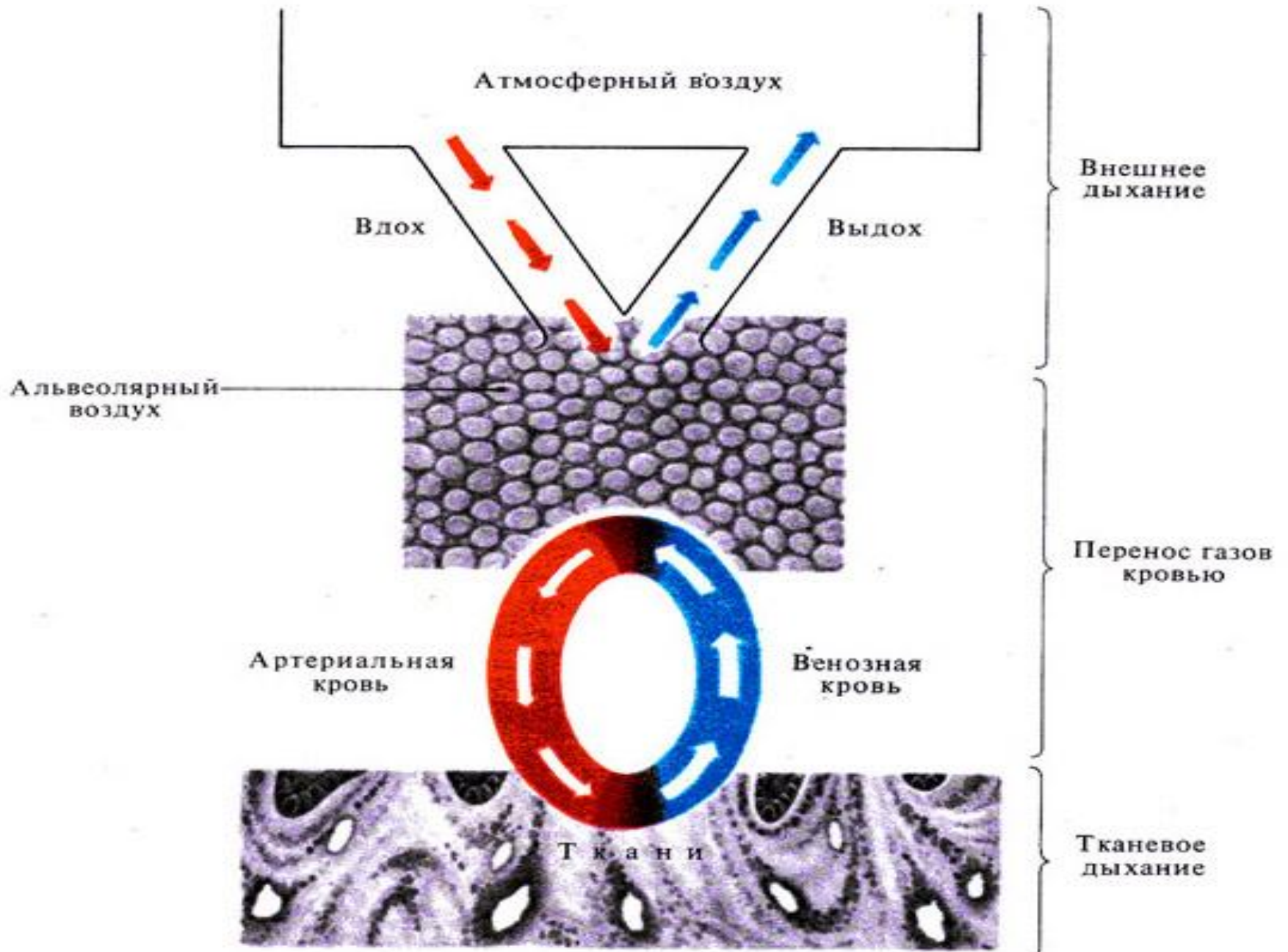
# ***Дыхание —***

**это совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода, использование его для окисления органических веществ с освобождением энергии и выделением углекислого газа в окружающую среду.**

- В среднем в состоянии покоя человек потребляет в течение минуты 250 мл  $O_2$  и выделяет 230 мл  $CO_2$ .
- **Процесс аэробного окисления является главным в организме и обеспечивает освобождение энергии.**

**Дыхание - это единый процесс, осуществляемый целостным организмом и состоящий из трех неразрывных звеньев:**

- а) **внешнего дыхания**, т. е. газообмена между внешней средой и кровью легочных капилляров;
- б) **переноса газов**, осуществляемого системами кровообращения;
- в) **внутреннего (тканевого) дыхания**, т. е. газообмена между кровью и клеткой, в процессе которого клетки потребляют кислород и выделяют углекислоту.



- **Основу тканевого дыхания** составляют сложные окислительно-восстановительные реакции, сопровождающиеся освобождением энергии, которая необходима для жизнедеятельности организма.
- **Работоспособность человека** (в частности, спортсмена) **определяется в основном тем, какое количество кислорода забрано из атмосферного воздуха в кровь легочных капилляров и доставлено в ткани и клетки.**

**Указанные выше три звена дыхания тесно связаны между собой и обладают взаимной компенсацией звена.**

- Так, при сердечной недостаточности наступает **одышка**,
- при недостатке  $O_2$  в атмосферном воздухе (например, в среднегорье) **увеличивается количество эритроцитов** - переносчиков кислорода,
- при заболеваниях легких наступает **тахикардия**.

**Дыхание** — один из основных процессов, поддерживающих жизнь.

Прекращение его даже на небольшой срок ведет к скорой гибели организма от кислородной недостаточности — ***гипоксии***.

**Различают:**

- ***дыхательные (воздухоносные) пути***
- ***собственно дыхательные органы — легкие***.



## **Дыхательные пути** в связи с

вертикальным положением тела делят на **верхние** и **нижние**.

- **К верхним дыхательным путям относятся:** наружный нос, полость носа, носоглотку, ротоглотку, гортань.
- **Нижние дыхательные пути** — трахея и бронхи, включая их внутрилегочные разветвления, или бронхиальное дерево, легкие.

- **Дыхательные пути** представляют собой систему трубок, стенки которых имеют костную или хрящевую основу. Благодаря этому они не слипаются.
- Их просвет всегда зияет, и **воздух свободно циркулирует в обе стороны**, несмотря на изменения давления при вдохе и выдохе.
- Внутренняя (слизистая) оболочка дыхательных путей **выстлана мерцательным эпителием и содержит железы, вырабатывающие слизь.** Благодаря этому **вдыхаемый воздух**

# *Трахея –*

- трубчатый полый орган длиной 9–12 см,
- стенки которой образованы 16 -20 хрящевыми полукольцами, соединенными между собой связками.

**На уровне пятого грудного позвонка трахея делится на два главных бронха – правый и левый.**

# ***Бронхи –***

- Это полый орган.
- **Главные бронхи** – правый и левый – **направляются к воротам легких.**
- **Правый главный бронх шире и короче левого.** Стенки бронхов по своему строению напоминают стенки трахеи.
- **В воротах легких главные бронхи делятся на долевые бронхи: три в правом и два в левом.**

- В свою очередь, долевые бронхи разбиваются на сегментарные, а сегментарные бронхи дробятся на бронхи до 8–12 порядков.
- Конечные разветвления бронхов **переходят в бронхиолы**.
- В стенках бронхиол **отсутствуют хрящи и появляются гладкомышечные волокна**.

**Легкое** – орган в форме конуса, у которого выделяют **три поверхности**:

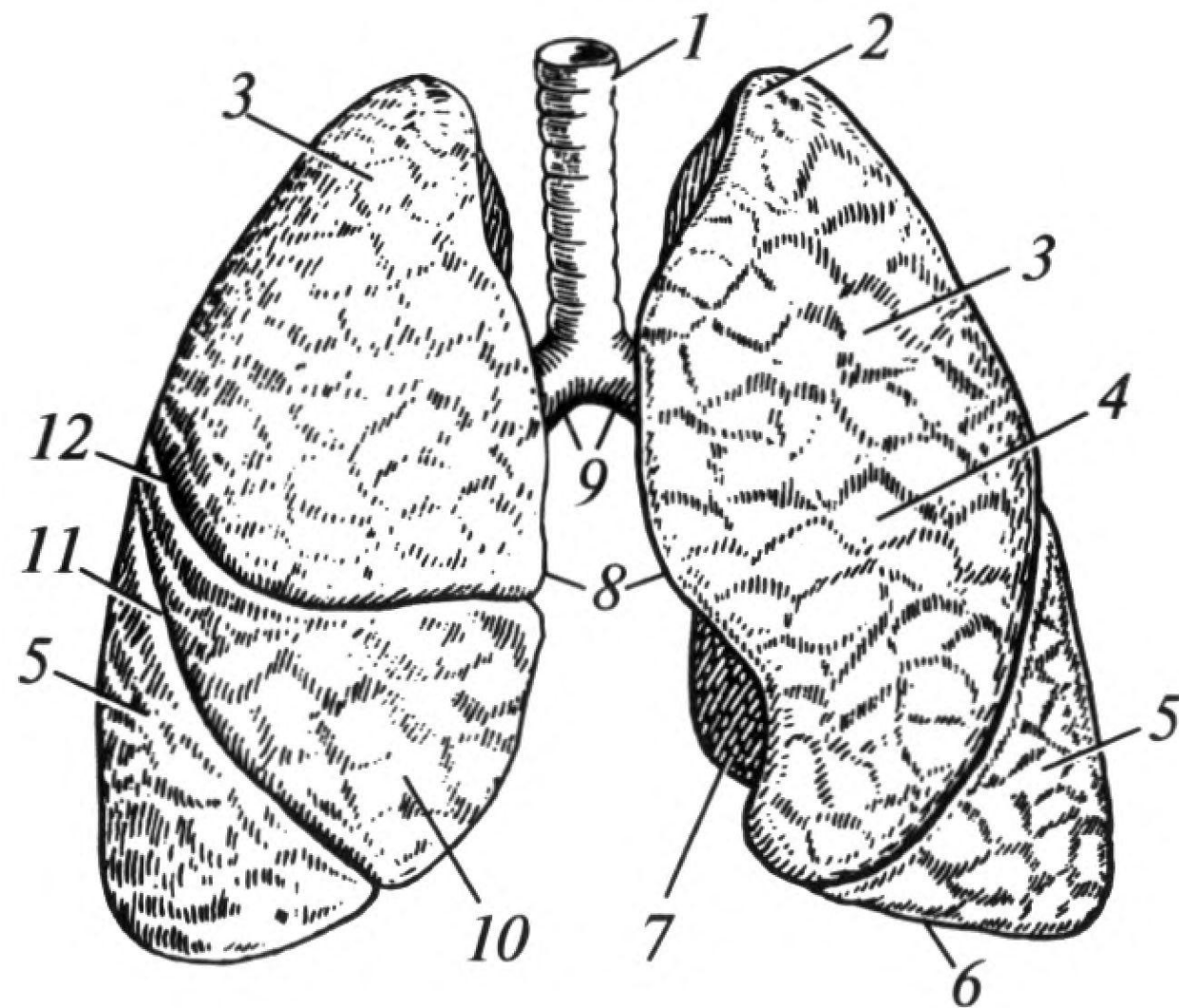
- реберную,
- диафрагмальную
- средостенную.

Каждое легкое при помощи щелей подразделяется **на доли**:

- у **правого** легкого **три доли** (верхняя, средняя, нижняя),
- у **левого** – **две доли** (верхняя, нижняя).

**У долей определяют сегменты** (по 10 в каждом легком), границы между которыми на поверхности легкого не видны.

**Сегменты делятся на дольки, в одном сегменте примерно 80 долей.**



## Легкие:

*1* — трахея;

*2* — верхушка  
легкого;

*3* — верхняя доля;

*4* — реберная  
поверхность;

*5* — нижняя доля;

*6* — нижний край;

*7* — средостенная  
поверхность;

*8* — передний  
край;

*9* — главные  
bronхи;

*10* — средняя  
доля;

*11* — косая щель;

На внутренней поверхности каждого легкого находятся ворота, через которые **в легкие входят:**

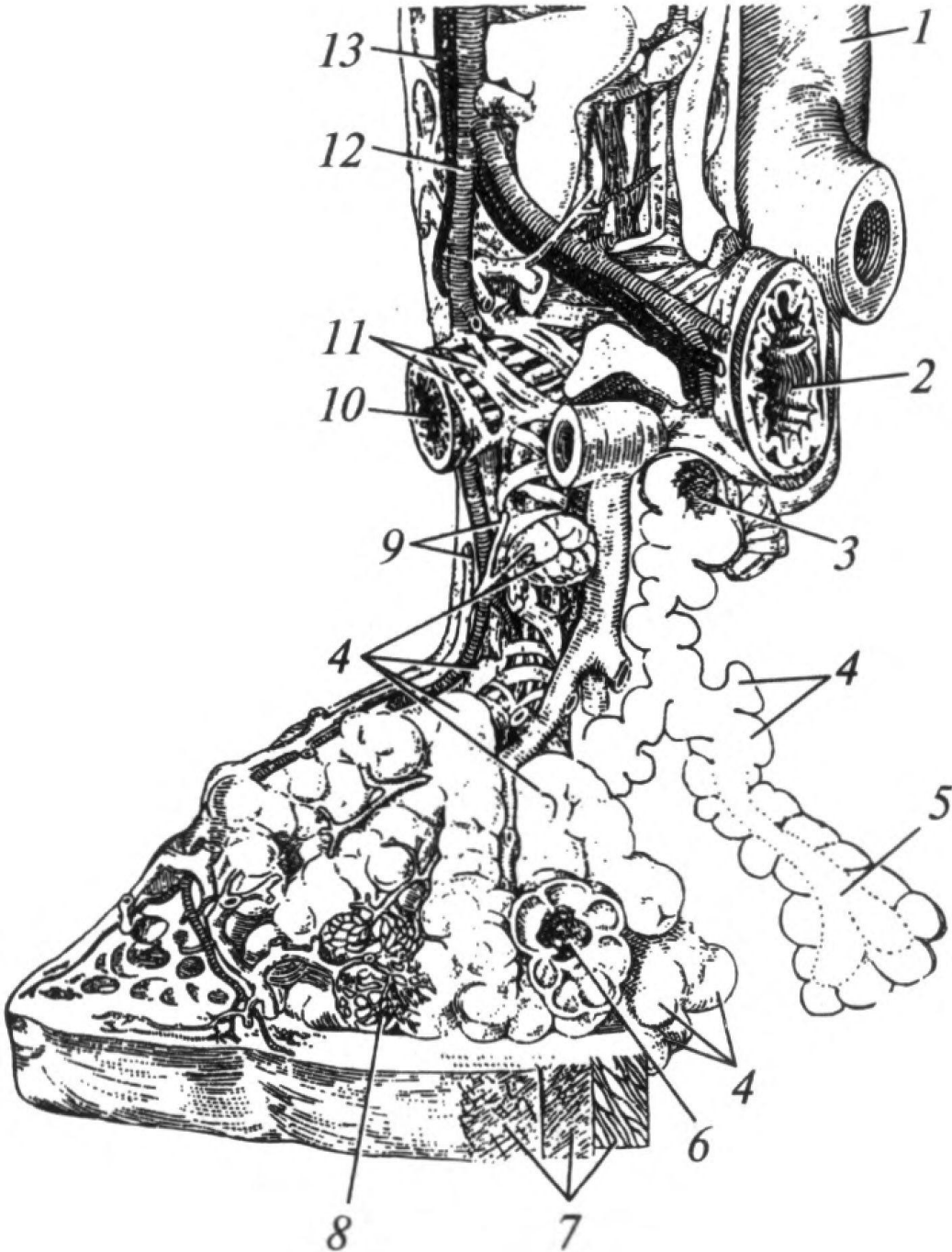
- главный бронх,
- легочная артерия,
- нервы,
- **а выходят:** легочные вены и лимфатические сосуды.

Эти образования составляют **корень легкого**. Разветвление бронхов в легких формируют бронхиальное дерево.



- Бронх диаметром около 1 мм входит в дольку легкого, поэтому называется **дольковым**. Он также многократно делится.
- **Бронхиальное дерево** заканчивается **концевыми** (терминальными) **бронхиолами**.

- Дыхательные бронхиолы, отходящие от концевых бронхиол, переходят в альвеолярные ходы, окруженные альвеолярными мешочками (маленькими воздушными сумками, снабженными кровью через сеть мелких капилляров, в которых идет обмен кислорода и углекислого газа).
- Альвеолярные мешочки и альвеолы с оплетающими их кровеносными капиллярами образуют структурно-функциональную единицу легкого – ацинус.



## **Схема внутреннего строения легкого:**

**1** — ветвь легочной  
артерии;

**2** — сегментарный бронх;

**3** — терминальная  
бронхиола;

**4** — альвеолы;

**5** — альвеолярный ход;

**6** — респираторная  
бронхиола;

**7** — висцеральная плевра;

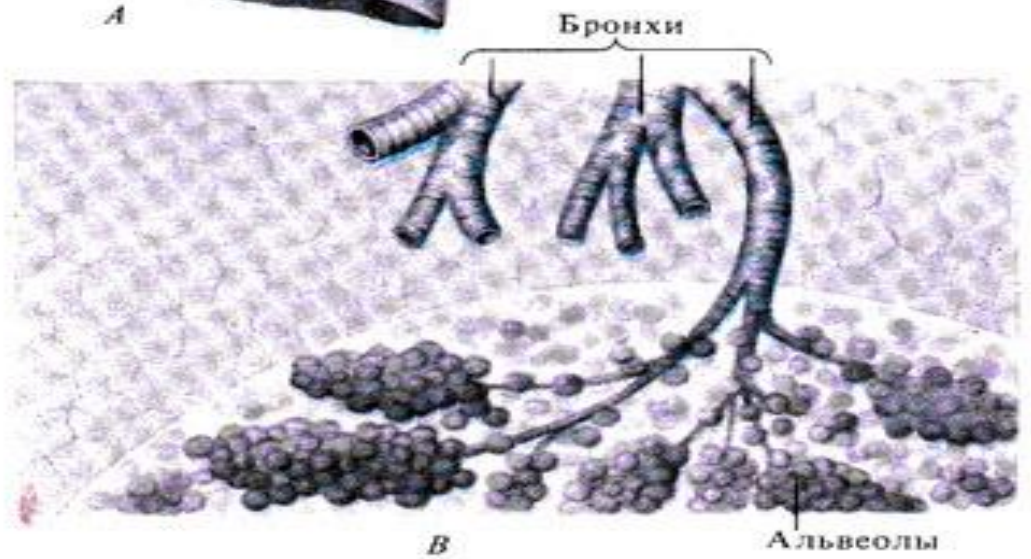
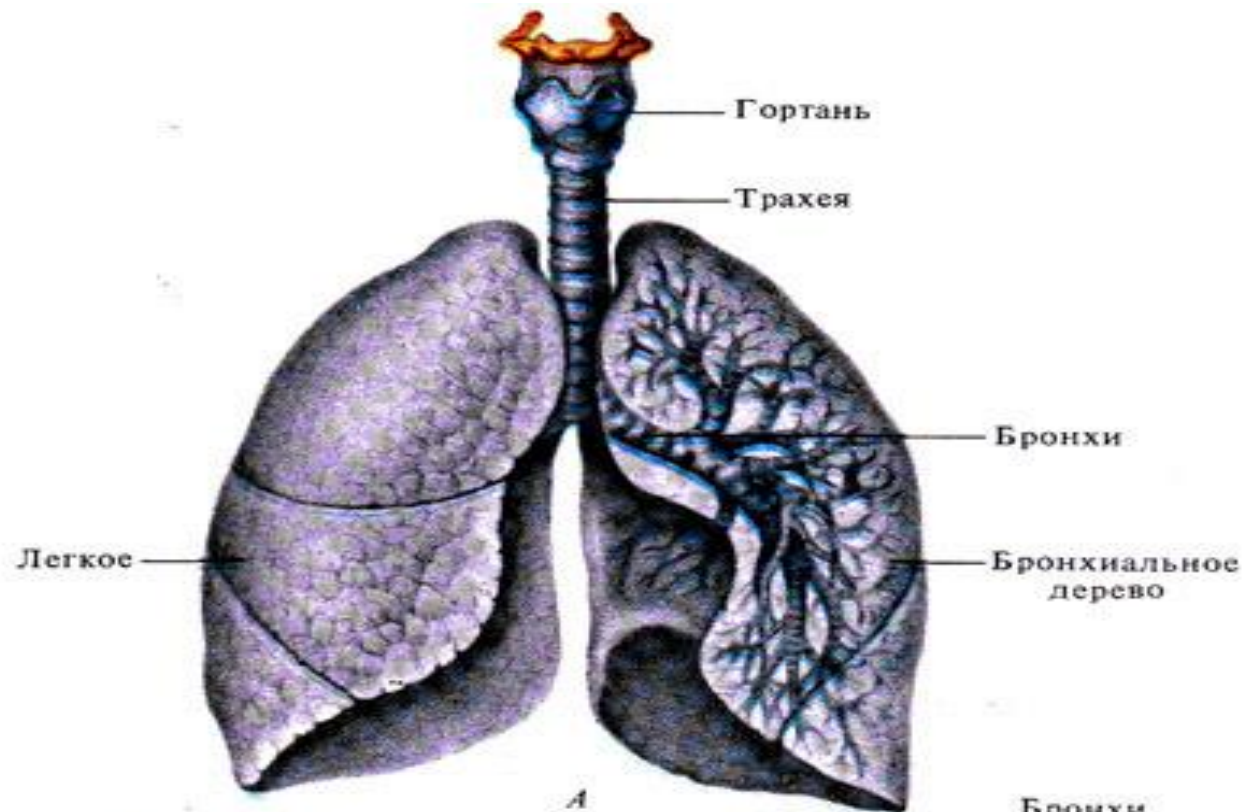
**8** — сеть капилляров;

**9** — нервные волокна;

**10** — субсегментарный  
бронх;

**11** — гладкие мышцы;

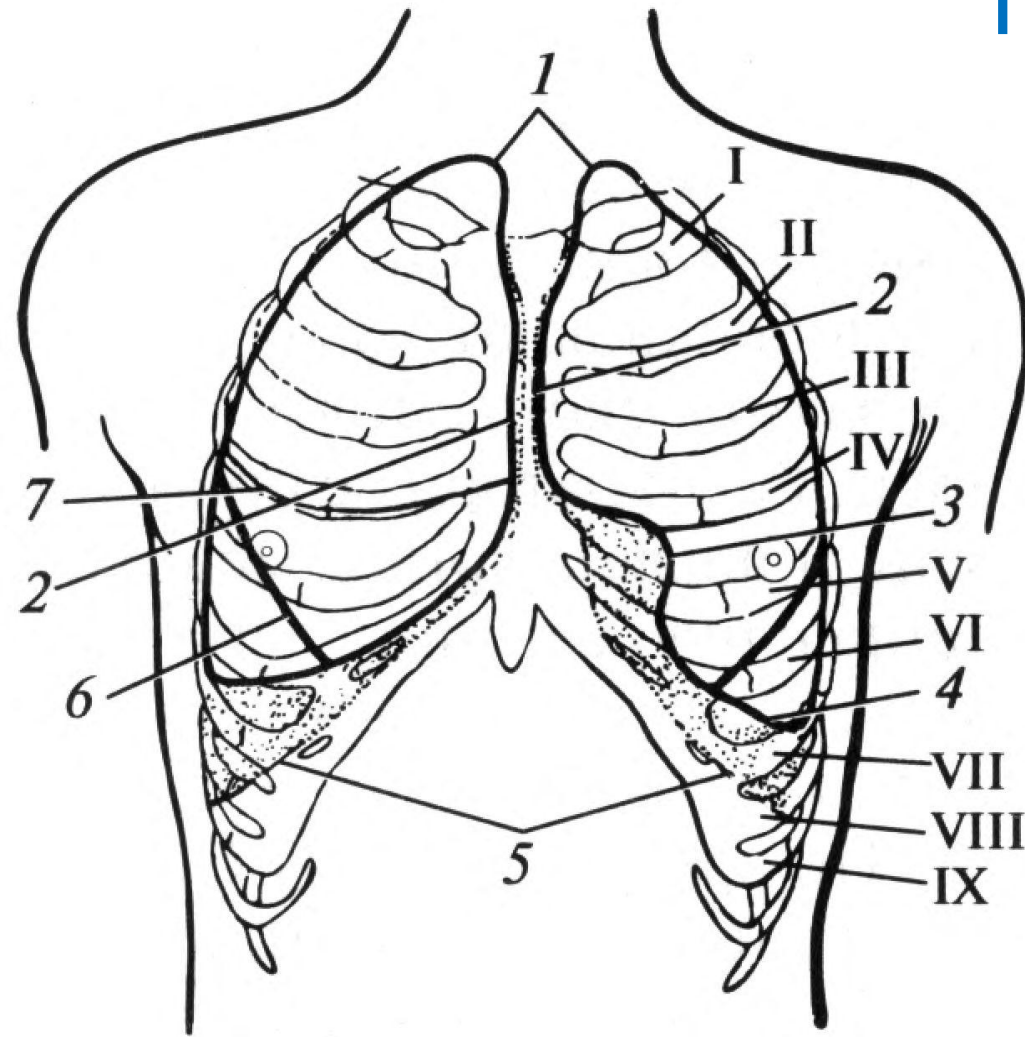
**12** — бронхиальная



## таким образом (повторяем):

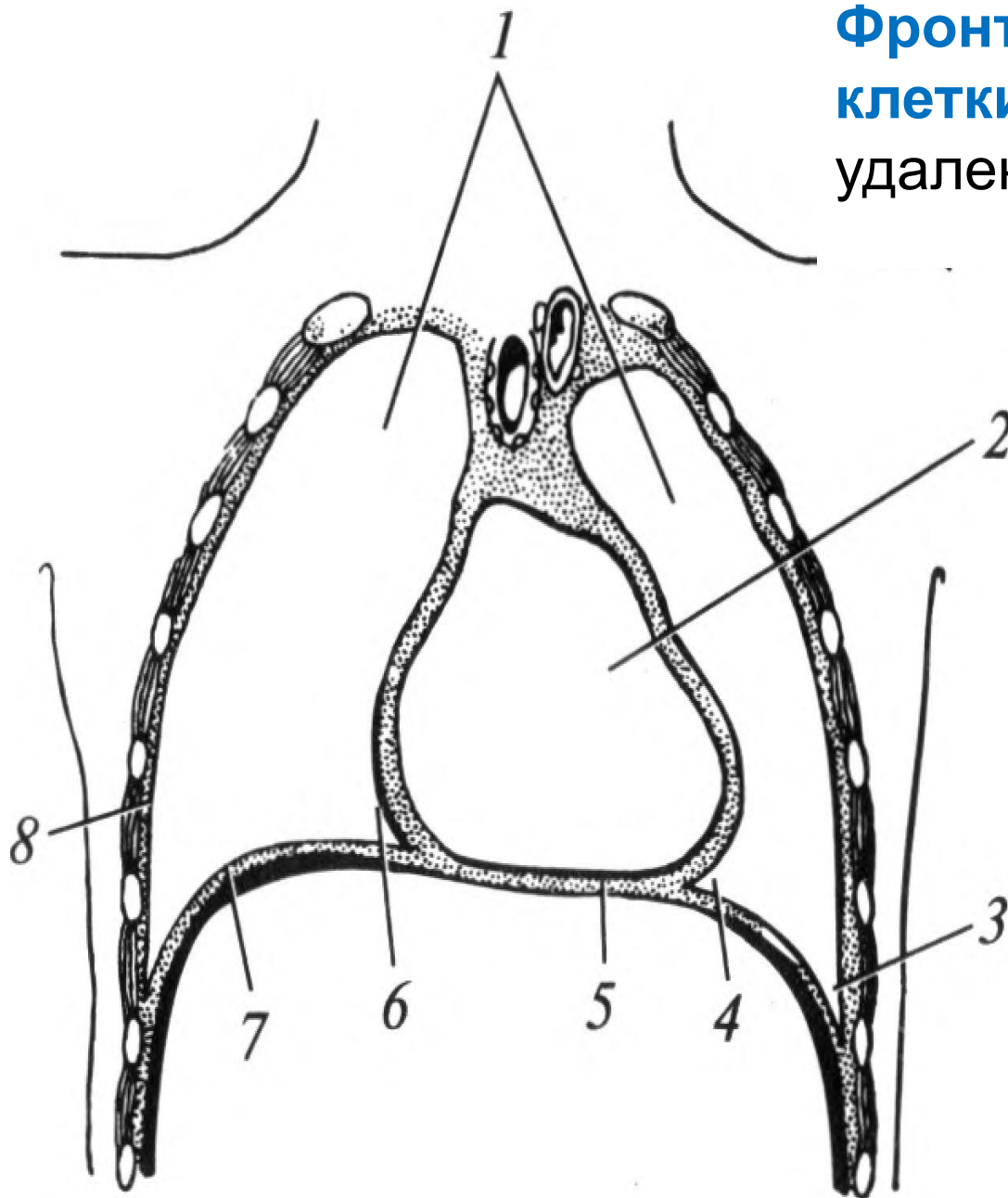
- Концевая (терминальная) бронхиола →  
Респираторные бронхиолы дают начало →  
альвеолярным ходам, → которые  
заканчиваются скоплениями альвеол —  
альвеолярными мешочками.
- Респираторные бронхиолы, альвеолярные  
ходы и альвеолярные мешочки образуют  
**ацинус** — структурно-функциональную  
единицу легкого, **в которой происходит  
обмен газов между внешней средой и  
кровью.**

## Границы легких и плевры:



- 1 — верхняя граница легких и плевры;
- 2 — передняя граница легких и плевры;
- 3 — сердечная вырезка (проекция);
- 4 — нижняя граница легкого;
- 5 — нижняя граница плевры;
- 6 — косая щель (проекция);
- 7 — горизонтальная щель (проекция);
- I — IX — ребра

# Фронтальный разрез грудной клетки (сердце и легкие удалены):



- 1—плевральная полость;
- 2 — **полость перикарда**;
- 3—реберно-диафрагмальный синус;
- 4—диафрагмально-средостенный синус**;
- 5—диафрагма (сухожильный центр);
- 6—средостенная плевра**;
- 7—диафрагмальная плевра;
- 8 — реберная плевра.

**Средостение** — это комплекс органов ,  
расположенных между двумя легкими  
(между плевральными полостями).

**Средостение подразделяют на два  
отдела:**

- *переднее*
- *заднее.*

**Условная граница между ними  
проходит по передней поверхности  
трахеи и главных бронхов.**



# **В переднем средостении расположены:**

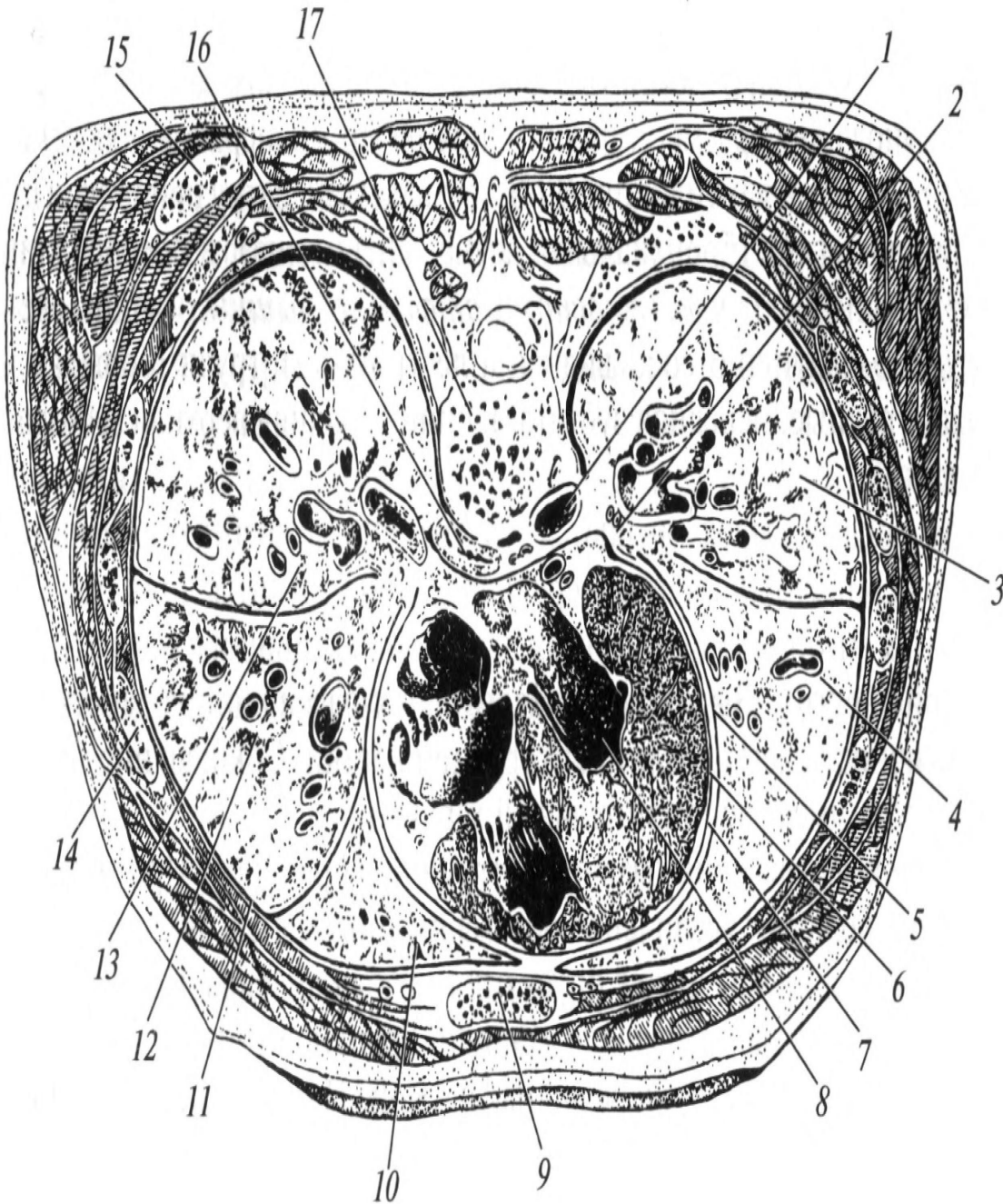
- сердце с перикардом,
- вилочковая железа,
- диафрагмальные нервы
- лимфатические узлы.

## **В заднем средостении находятся:**

- трахея и главные бронхи,
- пищевод,
- блуждающий нерв,
- грудная часть аорты,
- симпатический ствол,
- грудной лимфатический проток,
- непарная и полунепарная вены,
- лимфатические узлы.

**Все пространство между этими органами  
заполнено рыхлой волокнистой  
соединительной тканью и жировой  
клетчаткой.**

**Горизонтальный разрез грудной клетки на уровне VI грудного позвонка:**



- 1 — аорта;**
- 2 — ворота легкого;**
- 3 — нижняя доля левого легкого;**
- 4 — верхняя доля левого легкого;**
- 5 — висцеральная плевра;**
- 6 — перикард;**
- 7 — плевральная полость;**
- 8 — сердце;**
- 9 — грудина;**
- 10 — верхняя доля правого легкого;**
- 11 — реберная плевра;**
- 12 — средняя доля правого легкого;**
- 13 — нижняя доля правого легкого;**
- 14 — ребро;**
- 15 — нижний угол лопатки;**
- 16 — пищевод;**
- 17 — тело VI грудного позвонка**

# Биомеханика дыхательного акта

- Частота дыхания (ЧД) в покое составляет 14 — 18 в минуту и обеспечивается дыхательными мышцами.
- Учащенное дыхание называют тахипноэ, а редкое — брадипноэ.
- Различают мышцы вдоха и выдоха, к.е в свою очередь классифицируют на основные и вспомогательные.
- При этом вспомогательные мышцы включаются в обеспечение вдоха только в экстренных ситуациях, а в обычных условиях они выполняют иные функции.

## К основным мышцам вдоха относятся:

- диафрагму,
- наружные межреберные мышцы
- мышцы, поднимающие ребра.

Во время вдоха объем грудной полости увеличивается в основном за счет опускания купола диафрагмы и поднимания ребер. Диафрагма обеспечивает  $\frac{2}{3}$

**В обстоятельствах, затрудняющих вентиляцию легких (бронхиальная астма, пневмония), в обеспечении вдоха принимают участие вспомогательные мышцы:**

- мышцы шеи (грудино-ключично-сосцевидная и лестничные),
- груди (большая и малая грудные, передняя зубчатая),
- спины (задняя верхняя зубчатая мышца).

# Мышцами выдоха

## являются:

- внутренние межреберные мышцы,
- подреберные мышцы и поперечная мышца груди,
- задняя нижняя зубчатая мышца.

При этом **вдох** идет более активно и с большей затратой энергии.

**Выдох** же осуществляется пассивно под действием эластичности легких и тяжести грудной клетки.

**Сокращение мышц на выдохе имеет вспомогательный характер.**



**Вдох**

**Выдох**

Межреберные  
мышцы  
сокращаются

Рёбра под-  
нимаются

Диафрагма  
распрямляется

Мышцы диафрагмы  
сокращаются

Межреберные  
мышцы  
расслабляются

Рёбра  
опускаются

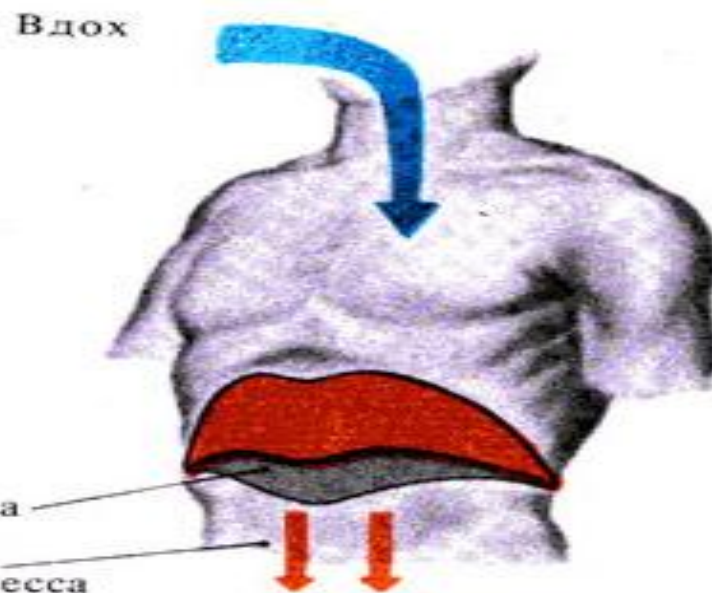
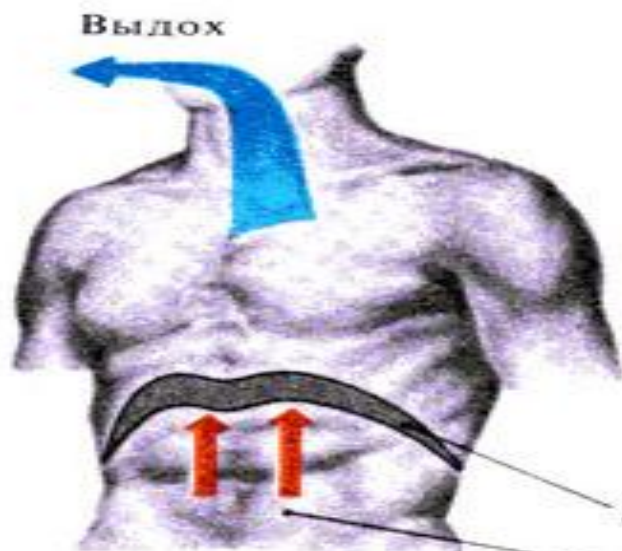
Объем  
грудной  
клетки  
увеличива-  
ется, запус-  
кая в легкие  
воздух

Диафрагма  
поднимается

Мышцы  
диафрагмы  
расслабляются

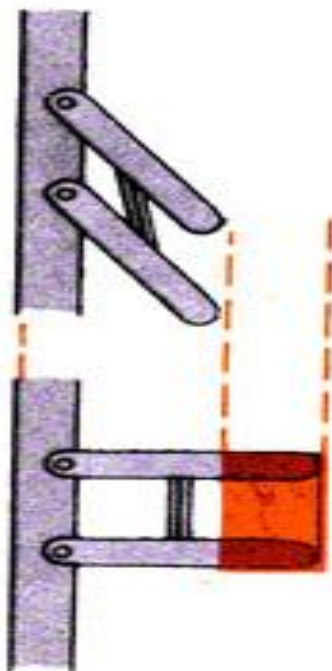
Объем  
грудной  
клетки  
уменьша-  
ется,  
вытесняя  
воздух

**Дыхание: вдох и выдох**



Диафрагма  
Мышцы  
брюшного пресса

А



Выдох  
Наружные  
межреберные  
мышцы

Вдох



Б

# Выделяют два типа дыхания — грудной и брюшной

- При грудном типе преобладает увеличение объема грудной клетки за счет поднимания ребер, а не за счет опускания купола диафрагмы.
- Этот тип дыхания более характерен для женщин.

- **Брюшной тип дыхания обеспечивается в первую очередь диафрагмой.**
- **При опускании купола происходит смещение органов живота вниз, что сопровождается выпячиванием передней брюшной стенки на вдохе.**
- **На выдохе купол диафрагмы поднимается и передняя брюшная стенка возвращается в исходное положение.**
- **Брюшной тип дыхания чаще наблюдается у мужчин.**

# Смешанный тип дыхания

(размеры грудной клетки  
увеличиваются во всех  
направлениях)

**встречается при  
физических и  
эмоциональных нагрузках.**

# Дыхание

- При спокойном дыхании импульсы дыхательного центра **неодинаково** поступают к мышцам в момент вдоха и выдоха.
- **Вдох** – активный процесс, **выдох** – пассивный.

**В дыхательном центре имеются две группы нейронов, благодаря которым происходит дыхательный цикл:**

- **инспираторные нейроны ЦНС** обеспечивают вдох (**инспирация**),
- **экспираторные нейроны ЦНС** – выдох (**экспирация**).

**После выдоха возникает небольшая пауза перед новым вдохом, когда давление в легких одинаково с давлением воздуха снаружи организма.**

**Это состояние называется равновесием.**

- **Вдох** короче выдоха и длится 0,9–4,7 с.
- **Выдох** длится 1,2–6 с.
- **Дыхательная пауза** может отсутствовать.
- При нормальном дыхании **частота дыхательных движений (ЧДД)** равна 16–20 в минуту.
- **На одно дыхание** приходится 4–5 сердечных сокращений.
- **ЧДД зависит от интенсивности дыхательной нагрузки.**



**Механизмы регуляции  
дыхания**  
обеспечивают постоянство  
газового состава крови  
при изменениях  
парциального давления  
кислорода в окружающем  
воздухе

- **нормоксия** – нормальное напряжение (сила, с к.й. газ переходит из ткани в кровь) кислорода в крови;
- **гипоксемия** – пониженное напряжение кислорода в крови;
- **гипероксия** – повышенное содержание кислорода в крови;
- **гипоксия** – сниженное содержание кислорода в организм;
- **нормокапния** – нормальное содержание в крови углекислого газа;
- **гиперкапния** – повышенное содержание в крови углекислого газа;
- **гипокапния** – пониженное содержание в крови углекислого газа.

# Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха

Во вдыхаемом воздухе  
содержится :

- $O_2$  около 20,9 – 21 %,
- $CO_2$  — 0,03 %,
- **Азот** – 79 %

В выдыхаемом воздухе  
содержится :

- $O_2$  около 14—17 %,
- $CO_2$  — 4 – 5,7 %,
- **Азот** – 79,9 – 80 %

# **Состав выдыхаемого воздуха непостоянен и зависит:**

- От интенсивности обмена веществ
- От частоты и глубины дыхания

- В зависимости от напряжения в крови **углекислого газа и кислорода**, а также от функционального состояния организма **меняются частота и глубина дыхания**.
- Эти изменения обусловлены **рефлекторными механизмами**.
- Частота и глубина дыхания **определяются тонусом дыхательного центра**, который зависит от общего состояния центральной нервной системы (ЦНС).

# **Уровни регуляции активности дыхательного центра:**

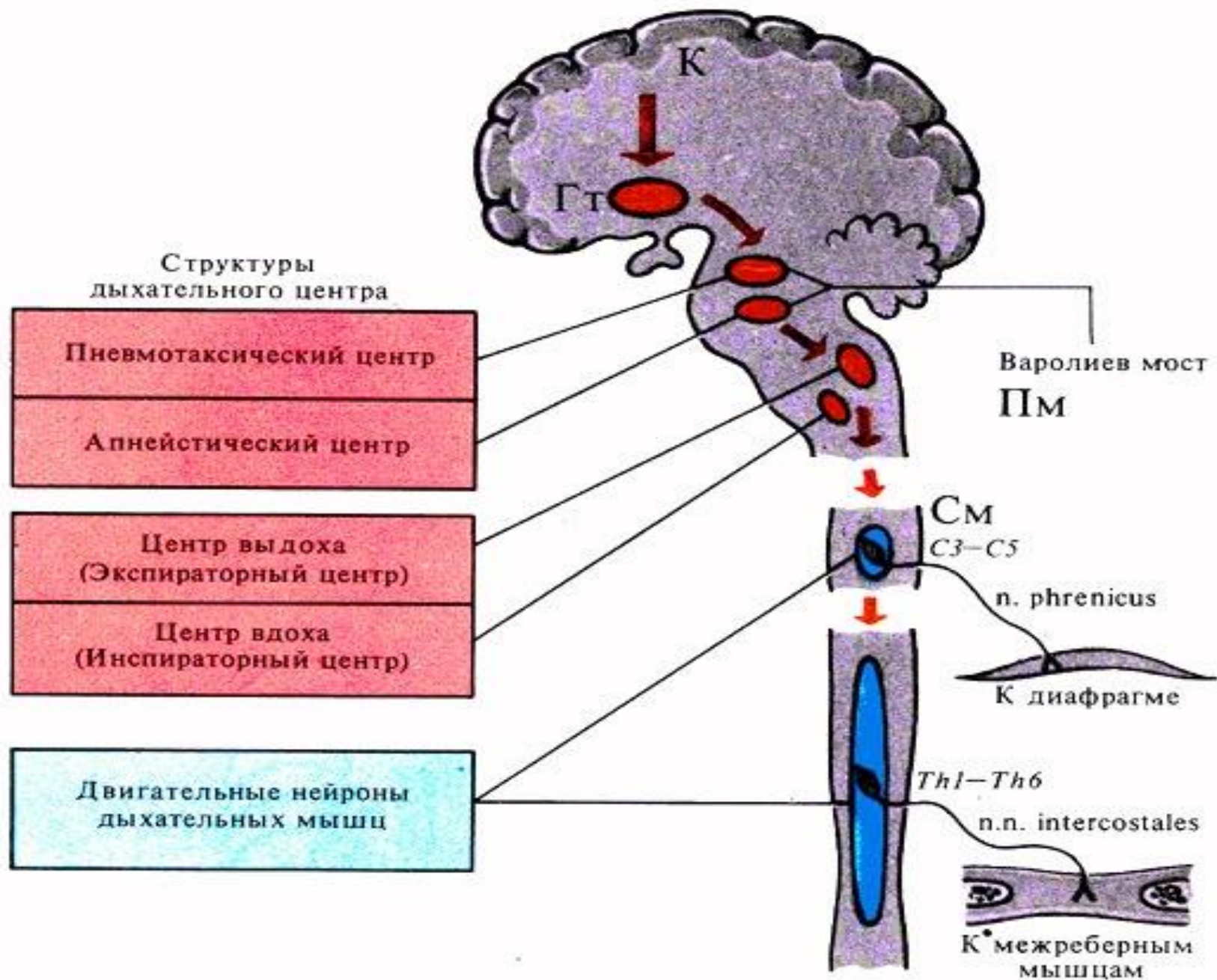
- **первый – спинной мозг:** обеспечивает эфферентную иннервацию дыхательных мышц, **является исполнительной структурой**, не обладающей самостоятельной активностью;
- **второй – продолговатый мозг:** представляет собой генератор центрального дыхательного ритма, так как именно **здесь находится дыхательный центр**;

- **третий – верхние отделы головного мозга, включающие и корковые нейроны.**

**Воролиев мост** отвечает за правильность центрального дыхательного ритма, оптимальное соотношение между продолжительностью вдоха и выдоха.

**Гипоталамус** осуществляет безусловно-рефлекторные адаптивные реакции внешнего дыхания.

**Высшие отделы мозга (новая кора и лимбическая система)** обеспечивают условно-рефлекторные механизмы адаптивных реакций дыхания.





# Роль углекислого газа

Углекислый газ оказывает прямое действие на дыхательные нейроны.

Повышение содержания углекислого газа сопровождается **закислением** внутренней среды организма, или **ацидозом**.

- **При оптимальном содержании в крови  $O_2$  и  $CO_2$**  – наблюдаются дыхательные движения, отражающие умеренную степень возбуждения нейронов дыхательного центра. Эти дыхательные движения грудной клеткой получили название – **ЭЙПНОЭ**.

- **Избыточное содержание в крови  $\text{CO}_2$  и недостаток  $\text{O}_2$**  – усиливают активность дыхательного центра, что обуславливает возникновение частых и глубоких дыхательных движений – **ГИПЕРПНОЭ.**
- **Еще большее нарастание количества  $\text{CO}_2$**  в крови приводит к нарушению ритма дыхания и появлению одышки – **ДИСПНОЭ.**
- **Одышка** в связи с застоем крови в малом круге кровообращения –

- **Понижение** концентрации **в крови**  $\text{CO}_2$  и **избыток**  $\text{O}_2$  угнетают **активность дыхательного центра**. В этом случае дыхание становится **поверхностным, редким** и может наступить его **остановка – АПНОЭ**.
- **Остановка дыхания** в связи с **параличом дыхательного центра – АСФИКСИЯ**.

# Механизм первого вдоха новорожденного

- Установлено, что, еще находясь в организме матери, **плод активно тренирует дыхательную мускулатуру:** диафрагма и другие дыхательные мышцы периодически сокращаются, имитируя вдох и выдох.
- Однако околоплодная жидкость при этом **не поступает в легкие:** голосовая щель у плода находится в сомкнутом состоянии

- После родов поступление кислорода в организм новорожденного прекращается, так как пуповина перевязывается.
- Концентрация  $O_2$  в крови плода постепенно уменьшается.
- В то же время постоянно увеличивается содержание  $CO_2$ , что **приводит к закислению** внутренней среды организма.
- Эти изменения регистрируются хеморецепторами дыхательного центра, который расположен в продолговатом мозге.

- Они сигнализируют об изменении гомеостаза, что ведет к активации дыхательного центра.
- Последний посылает импульсы к дыхательным мышцам — возникает первый вдох.
- Голосовая щель раскрывается, и воздух устремляется в нижние дыхательные пути и далее — в альвеолы легких, расправляя их.
- Первый выдох сопровождается возникновением характерного крика новорожденного.

# Функции дыхательной системы:

## 1. Основная дыхательная функция – дыхание:

- **внешнее** – обмен газов между альвеолами и внешней средой, в результате которого, кислород из легких поступает в кровь и переносится кровью к тканям организма, а углекислый газ транспортируется от тканей в противоположном направлении; **диффузию газов** ( $O_2$  и  $CO_2$ ) между альвеолами легких и кровью (газообмен);
- **внутреннее (тканевое)** – **транспорт дыхательных газов кровью**; циклическое обогащение ткани и крови кислородом и диффузия газов;
- **клеточное** – **усвоение клетками кислорода**

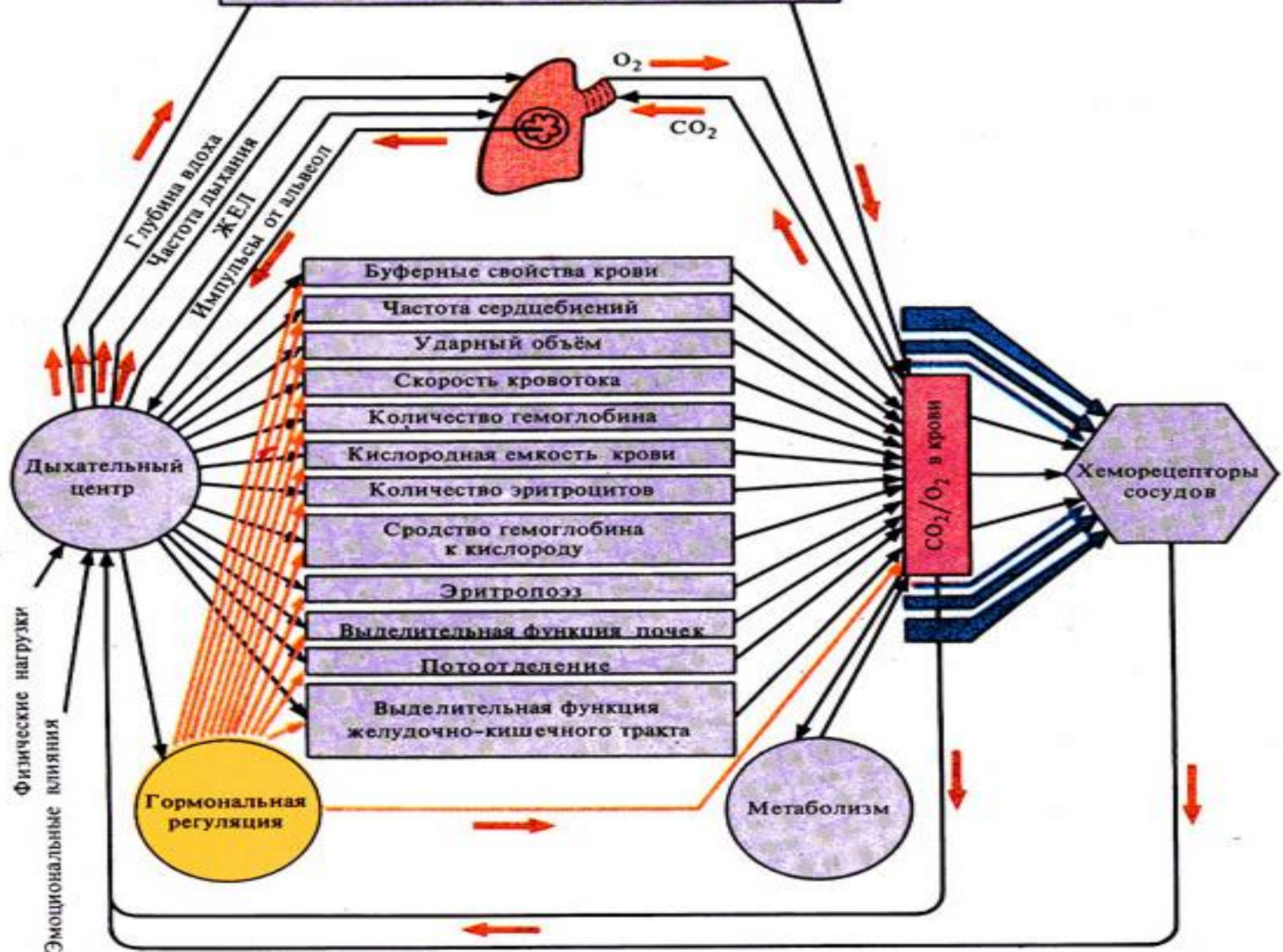
2. **Дыхательная:** поддерживает газовый гомеостазис внутренней среды организма в соответствии с уровнем метаболизма его тканей.
3. **Защитная:** слизистой оболочкой дыхательных путей задерживаются и затем удаляются из легких с помощью защитных рефлексов (кашель, чиханье) и механизмов мукоцилиарного очищения микрочастицы пыли.
4. **Метаболическая:** синтез, активация и инактивация биологически активных веществ при участии альвеолоцитов, тучных клеток и эндотелия капилляров легких.



**5. Выделительная:** с выдыхаемым воздухом из организма выводятся молекулы летучих веществ и пары воды (за сутки через легкие из организма выводится 500–600 мл воды в спокойном состоянии, при физических нагрузках больше).

**6. Терморегулирующая:** образование тепла за счет интенсивных обменных процессов, протекающих с выделением энергии; выделение тепла за счет испарения воды, путем конвекции (теплопроводение – отдача тепла).

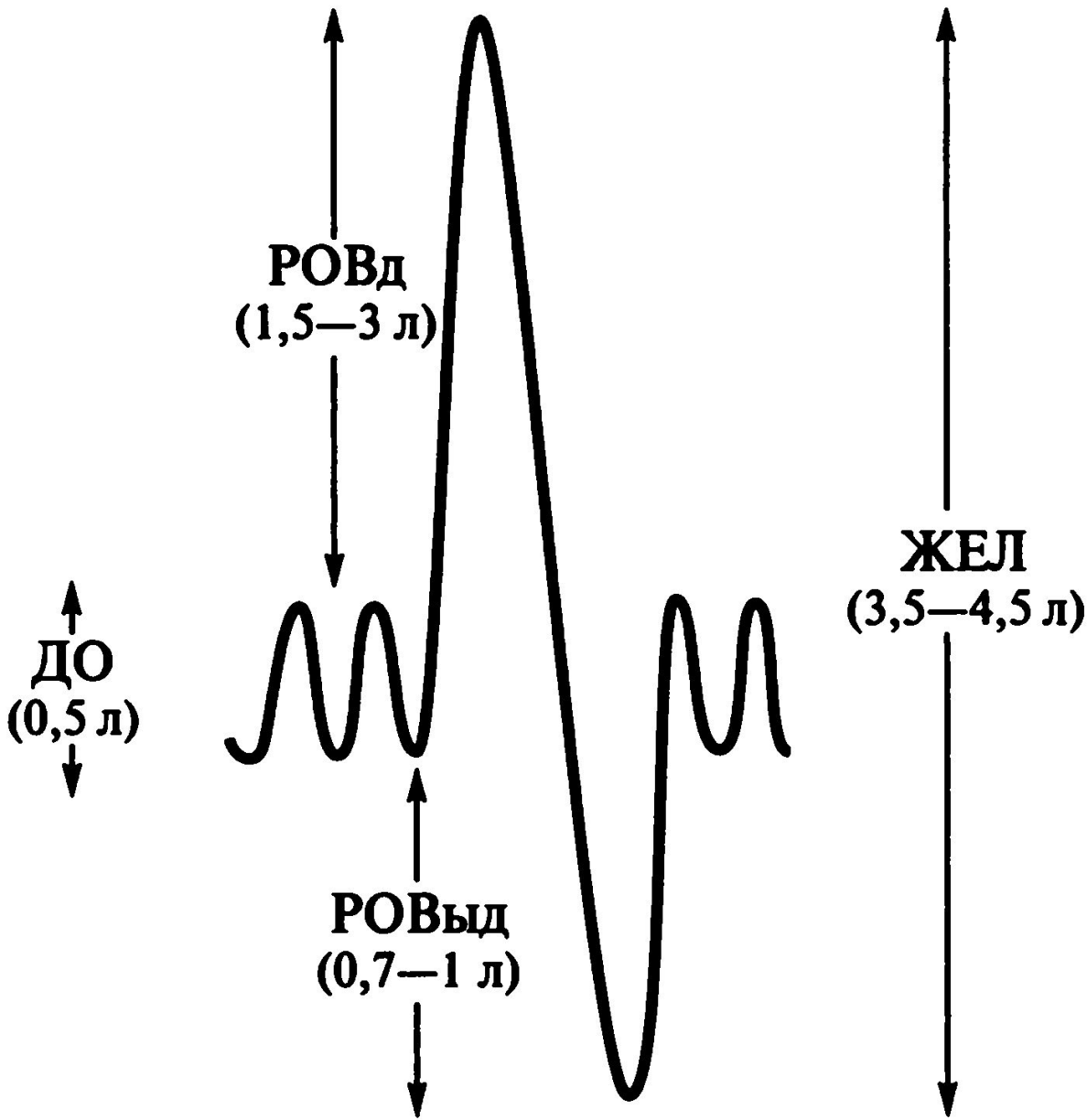
Поведение в экстремальных условиях



# Дыхательные объемы

Для оценки функции легких большое значение имеет определение дыхательных объемов, **т.е. количества вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.**

**Данное исследование** проводится при помощи специальных приборов — **спирометров.**



## Спирограмма:

ДО —

дыхательный  
объем;

РОВД —

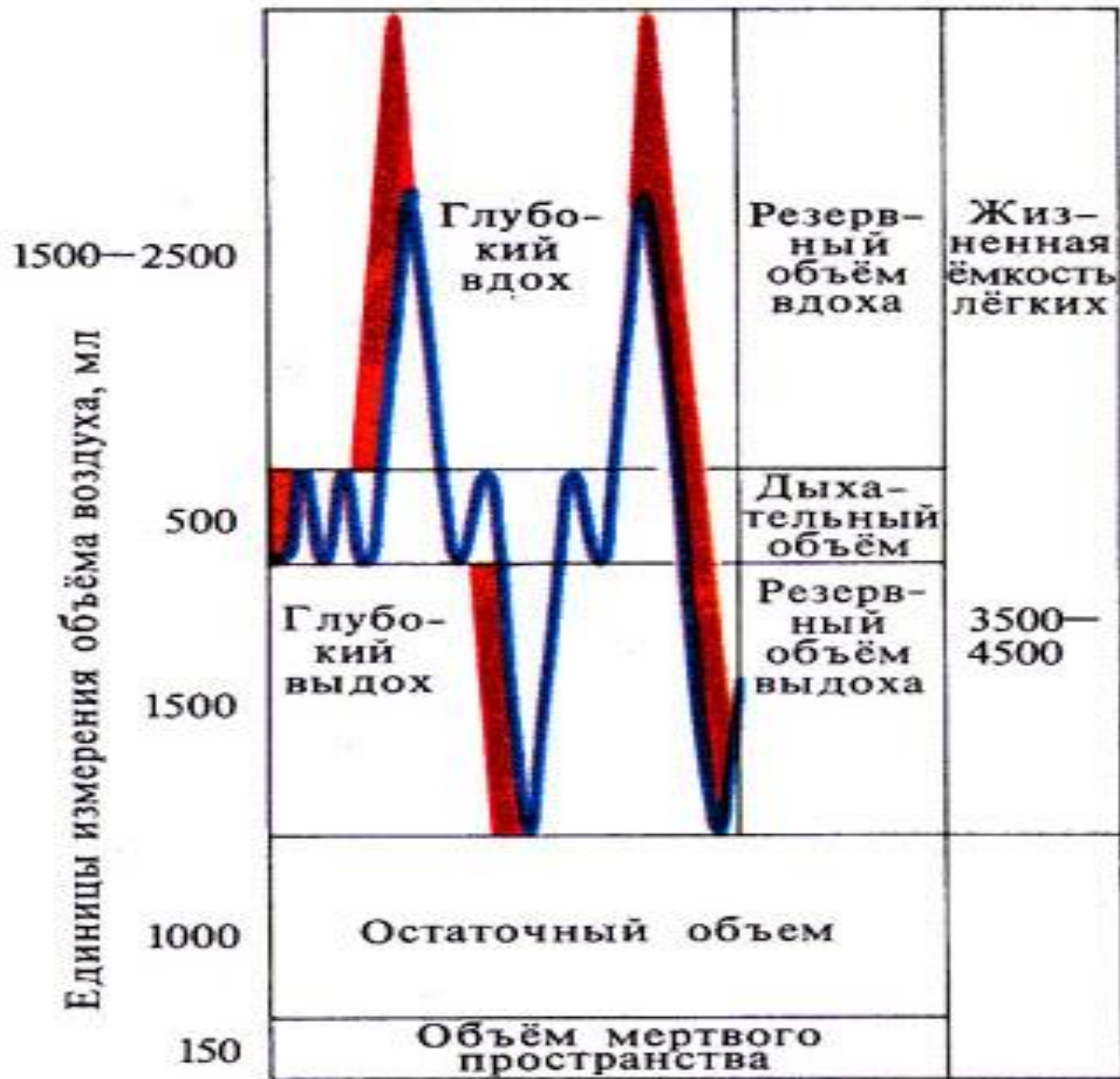
резервный объем  
вдоха;

РОВыд —

резервный объем  
выдоха;

ЖЕЛ —

Жизненная  
емкость  
легких



- **Дыхательный объем (ДО)** — количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании за один цикл. Он составляет в среднем 400 — 500 мл.
- Объем воздуха, проходящий через легкие при спокойном дыхании за 1 мин, называют **минутным объемом дыхания (МОД)**.

Его вычисляют, умножая ДО на частоту дыхания (ЧД).

В состоянии покоя человеку требуется 8 — 9 л воздуха в минуту, т.е. около 500 л в час, 12000 — 13 000 л в сутки.

- При тяжелой физической работе МОД может многократно увеличиваться (до 80 и более литров в минуту).
- Необходимо отметить, что **не весь объем вдыхаемого воздуха участвует в вентиляции альвеол**. Во время вдоха **часть его не доходит до ацинусов**.
- Объем воздухоносных путей, в котором находящийся воздух не принимает участия в газообмене, называют **«дыхательным мертвым пространством»**. У взрослого человека на «мертвое пространство» приходится около 140—150 мл, т.е. примерно  $\frac{1}{3}$  ДО.

# Анатомическое мертвое пространство

**Выполняет ряд защитных функций:**

- **Согревание-охлаждение воздуха,**
- **Увлажнение-конденсация влаги,**
- **Очищение от пыли и ее удаление с помощью**



- **Резервный объем вдоха (РОВд)** — количество воздуха, которое человек может вдохнуть при самом сильном максимальном вдохе после спокойного вдоха, т.е. сверх дыхательного объема. Он составляет в среднем 1500—3000 мл.
- **Резервный объем выдоха (РОВвд)** — количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха. Он составляет около 700—1000 мл.

- **Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)** — это количество воздуха, которое человек может максимально выдохнуть после самого глубокого вдоха. Этот объем включает в себя все предыдущие ( $ЖЕЛ = ДО + РОВд + РОВыд$ ) и составляет в среднем 3500—4500 мл.
- **Остаточный объем легких (ООЛ)** — это количество воздуха, остающееся в легких после максимального выдоха. Этот показатель в среднем равен 1000—1500 мл.

**За счет остаточного объема препараты легких не тонут в воде.**

## На этом явлении основана судебно-медицинская экспертиза мертворожденных:

- если плод родился живым и дышал, его легкие, будучи погруженными в воду, не тонут.
- В случае же рождения мертвого, не дышавшего плода, легкие опустятся на дно.

- **Общая емкость легких (ОЕЛ)** — это максимальное количество воздуха, которое может находиться в легких. Этот объем включает в себя жизненную емкость и остаточный объем ( $ОЕЛ = ЖЕЛ + ООЛ$ ). Он составляет в среднем 4500 — 6000 мл.
- **Жизненная емкость легких находится в прямой зависимости от степени развития грудной клетки.**
- Известно, что **физические упражнения и тренировка дыхательной мускулатуры способствуют формированию широкой грудной клетки с хорошо развитыми легкими.**
- **После 40 лет ЖЕЛ начинает постепенно уменьшаться.**

# Дыхательные тесты

## *Проба Штанге.*

- **Измеряется максимальное время задержки дыхания после глубокого вдоха.**
- При этом рот должен быть закрыт и нос зажат пальцами.
- **Здоровые люди** задерживают дыхание в среднем на 40-50 с; **спортсмены** высокой квалификации - до 5 мин.
- С улучшением физической подготовленности в результате адаптации к двигательной гипоксии **время задержки нарастает.**
- Следовательно, увеличение этого показателя при повторном обследовании расценивается (с учетом других показателей) как улучшение подготовленности (тренированности) спортсмена.

## ***Проба Генчи.***

- После неглубокого вдоха сделать выдох и задержать дыхание.
- **У здоровых людей** время задержки дыхания составляет 25-30 с.
- **Спортсмены** способны задержать дыхание на 60-90 с.
- **При хроническом утомлении** время задержки дыхания резко уменьшается.

**Значение проб Штанге и Генчи увеличивается, если вести наблюдения постоянно, т.е. в динамике.**