

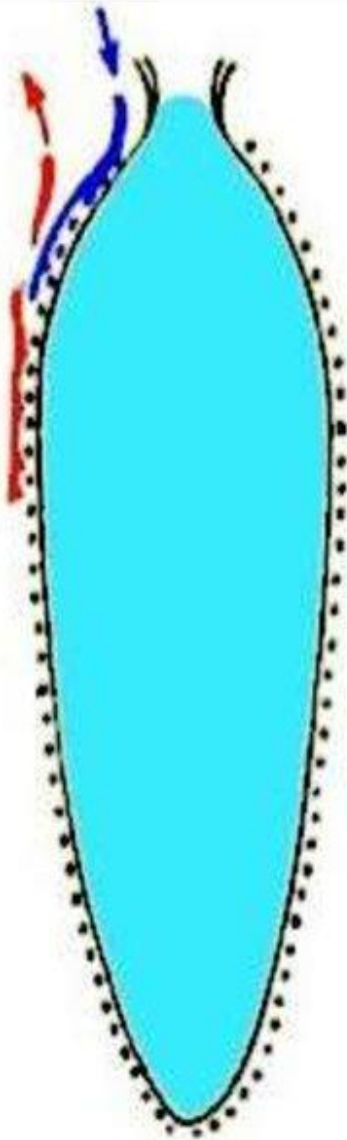
*Тема:*  
*«Дыхательная система»*

Задачи:

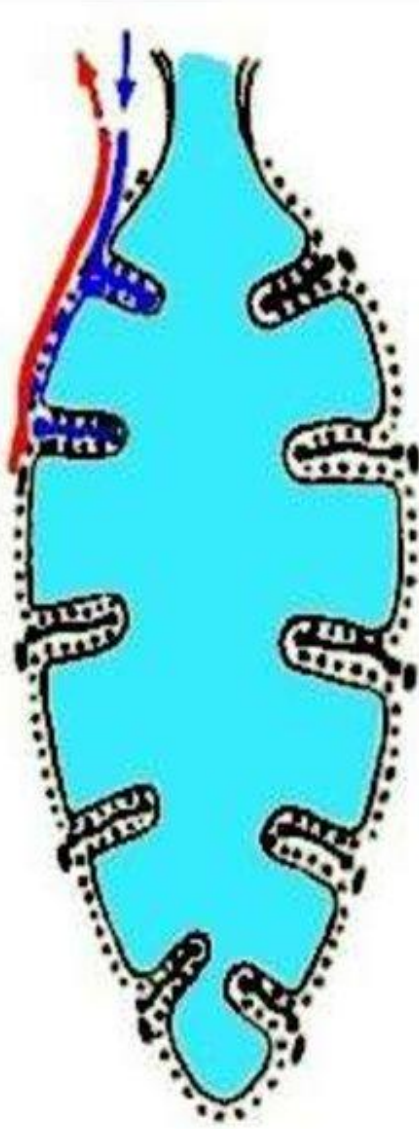
Изучить особенности строения, работу и гигиену органов дыхания

*Пименов А.В.*

# Эволюция легких позвоночных животных



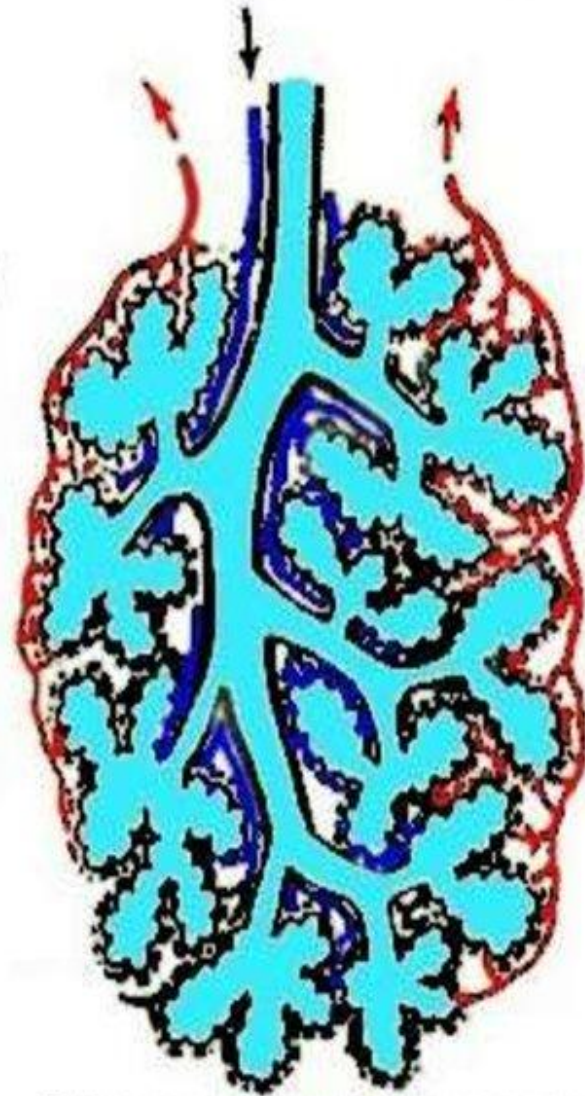
Амфибии



Амфибии  
Рептилии



Рептилии  
Амфибии



Млекопитающие

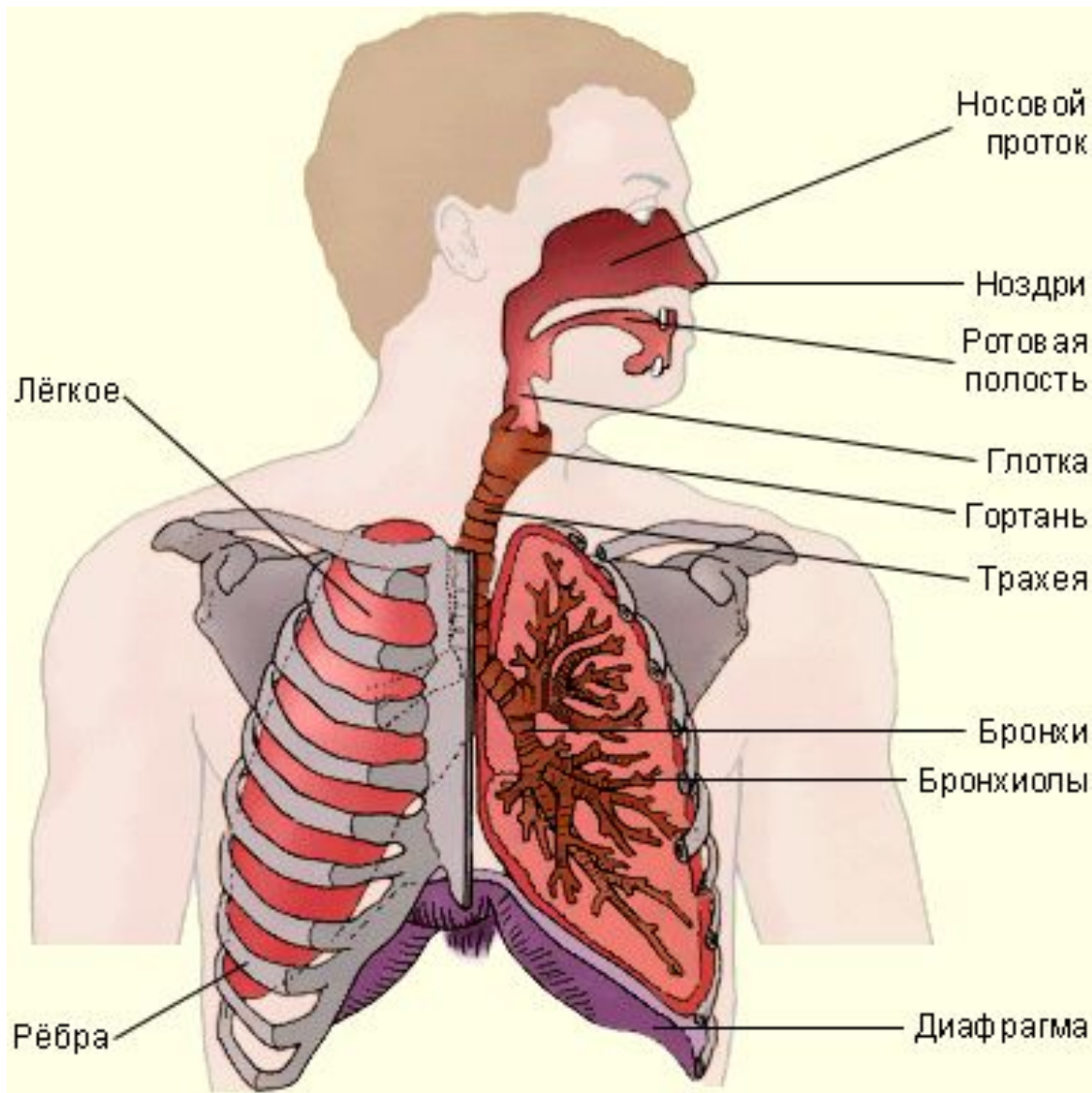
# Значение дыхания

бескислородный этап	кислородный этап
Внутри клетки.	В митохондриях.
Ферментами мембран клеток.	Ферментами митохондрий.
Глюкоза → 2 молекулы молочной кислоты + энергия.	Пировиноградная кислота до $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$
За счет 40% - синтезируется АТФ, 60% - рассеивается в виде тепла.	Более 55% энергии запасается в виде АТФ.
2 молекулы АТФ.	36 молекул АТФ.



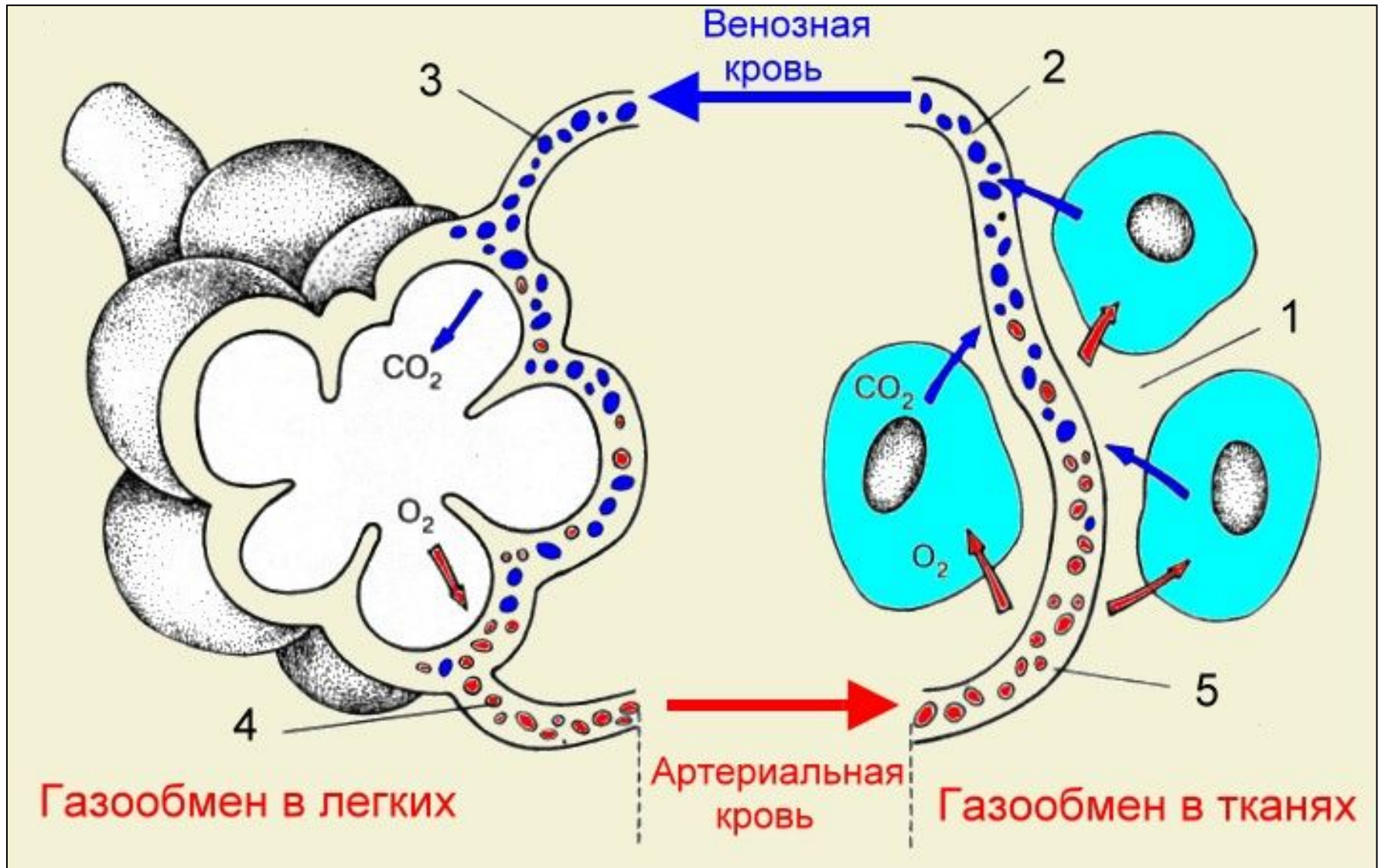
Источником энергии в организме человека являются органические вещества. В клетках происходит их **бескислородное окисление** (гликолиз) и **кислородное окисление** (дыхание).

## Значение дыхания



Различают **внешнее (легочное)** дыхание, при котором происходит газообмен между атмосферным воздухом и кровью, и **тканевое**, или внутреннее дыхание, связанное с потреблением кислорода митохондриями и выделением углекислого газа.

# Значение дыхания



Вдыхаемый воздух

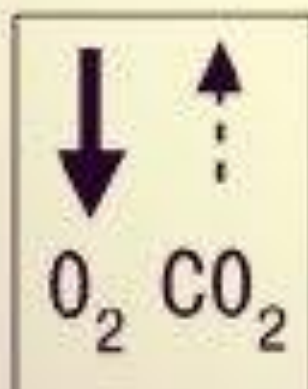
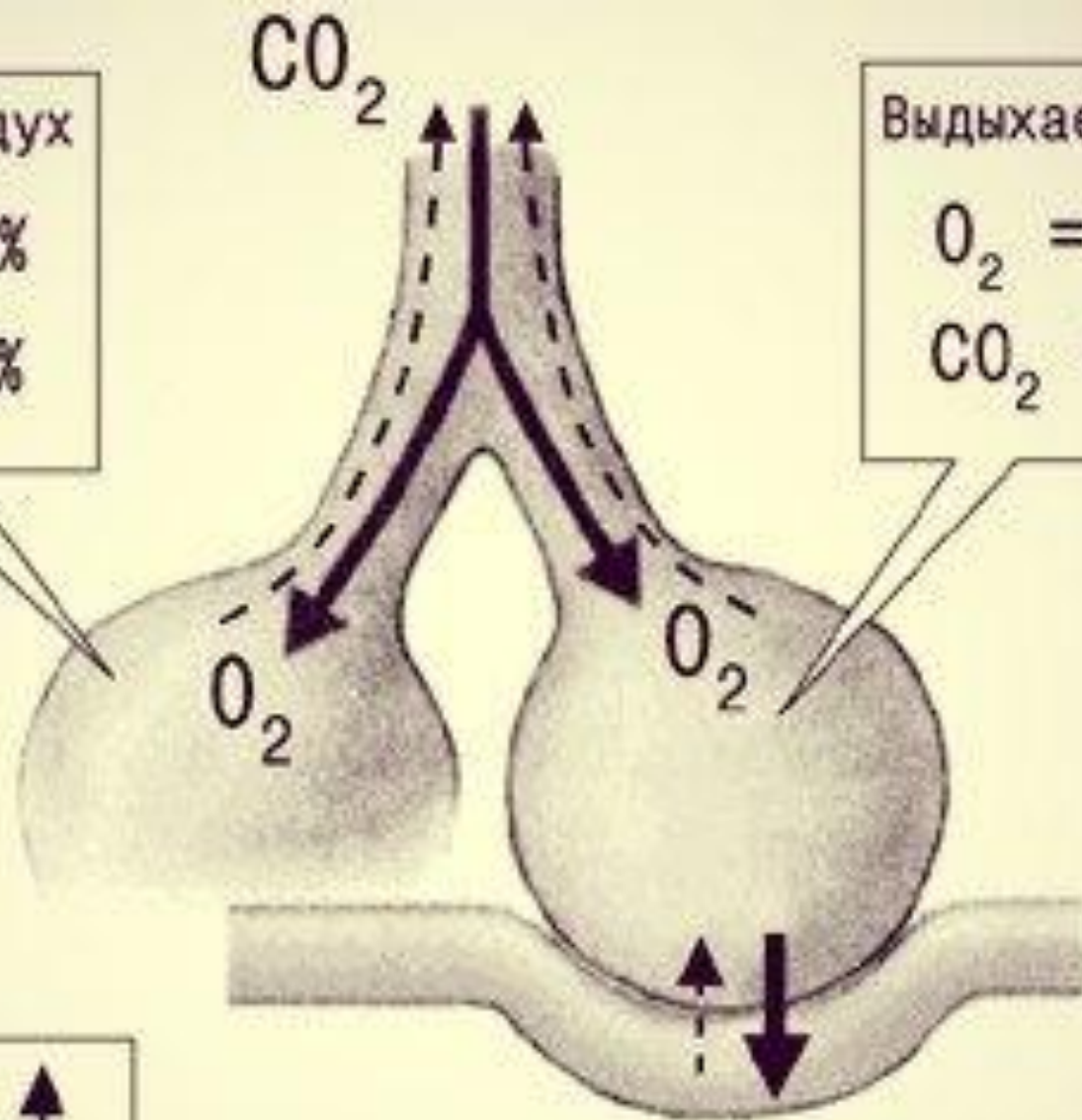
$O_2 = 20,93\%$

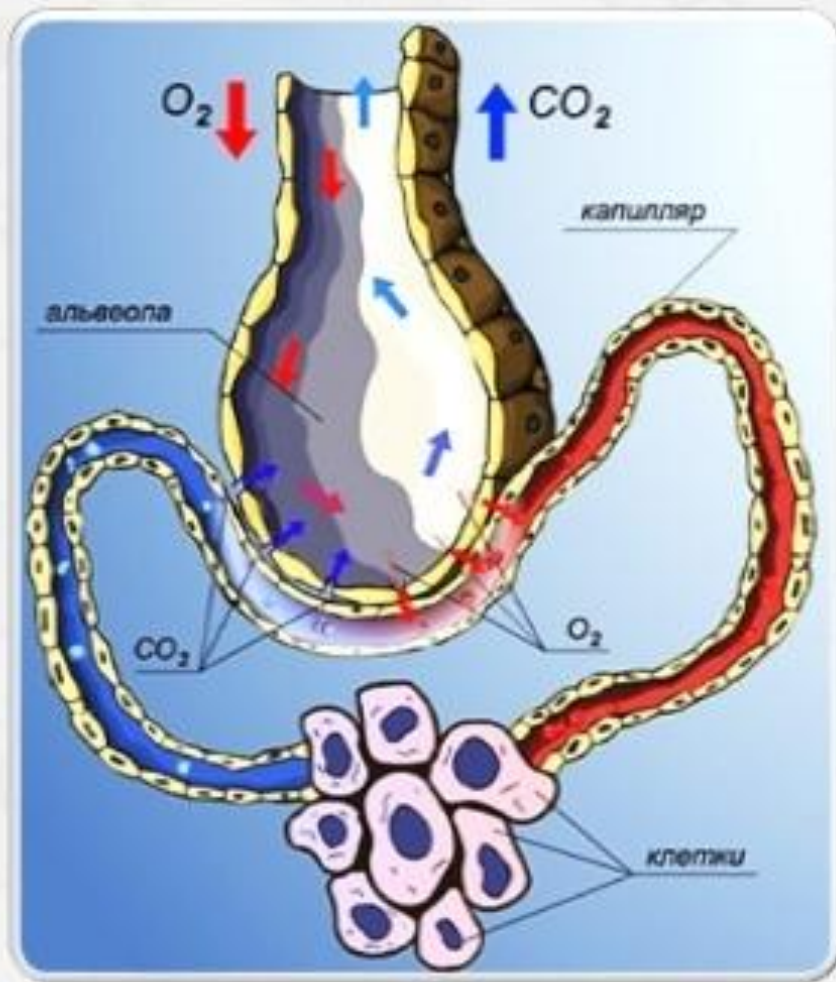
$CO_2 = 0,03\%$

Выдыхаемый воздух

$O_2 = 16\%$

$CO_2 = 4,5\%$





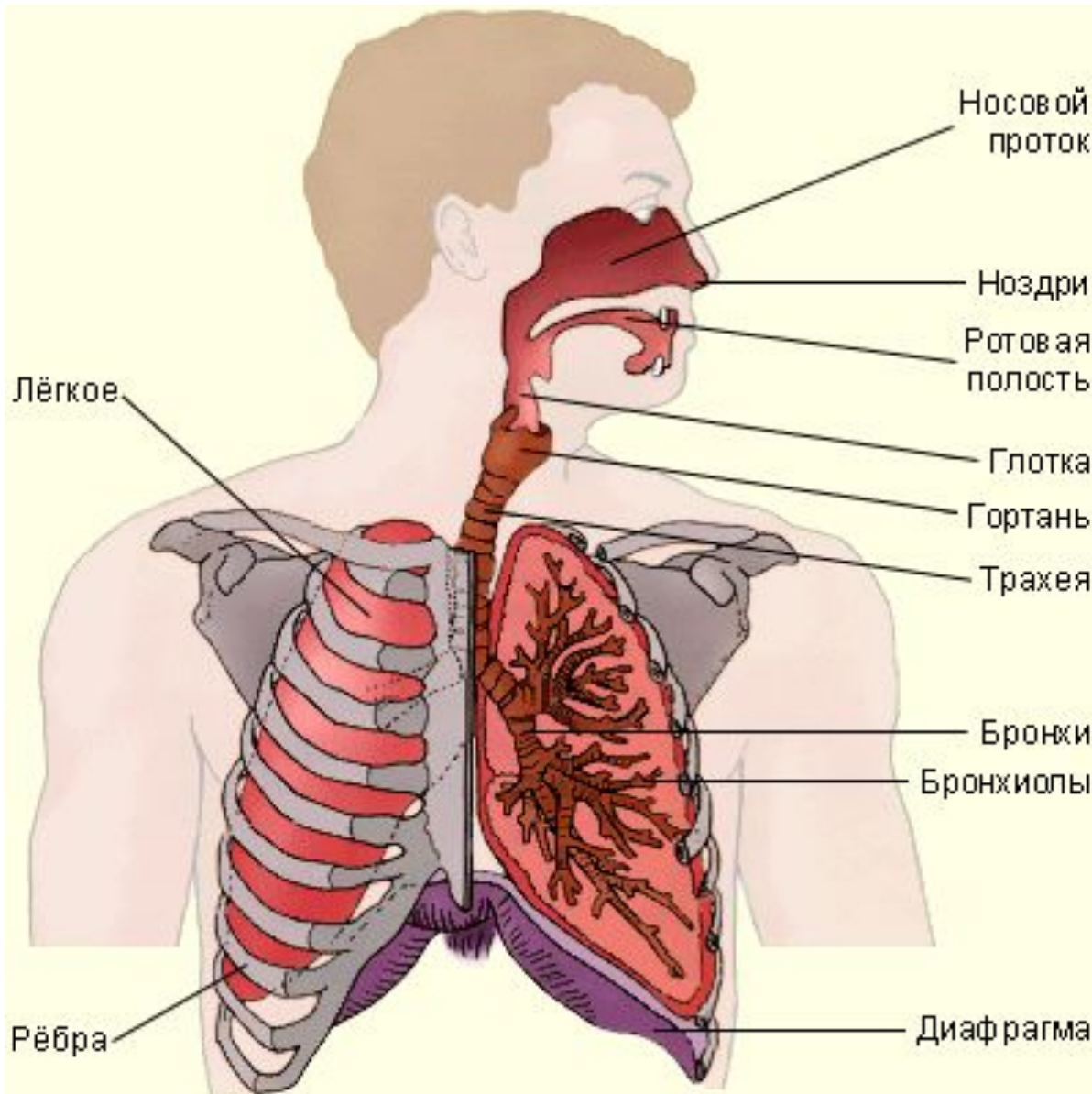
## ПРО ГАЗООБМЕН

**МАРИНА БРЕЙН**

[https://vk.com/marina\\_bio](https://vk.com/marina_bio)



# Дыхательная система



К дыхательной системе относят **дыхательные пути и легкие.**

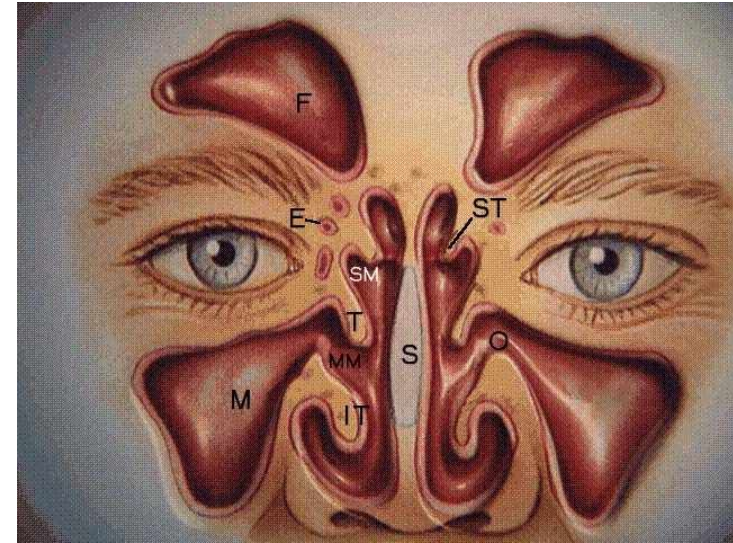
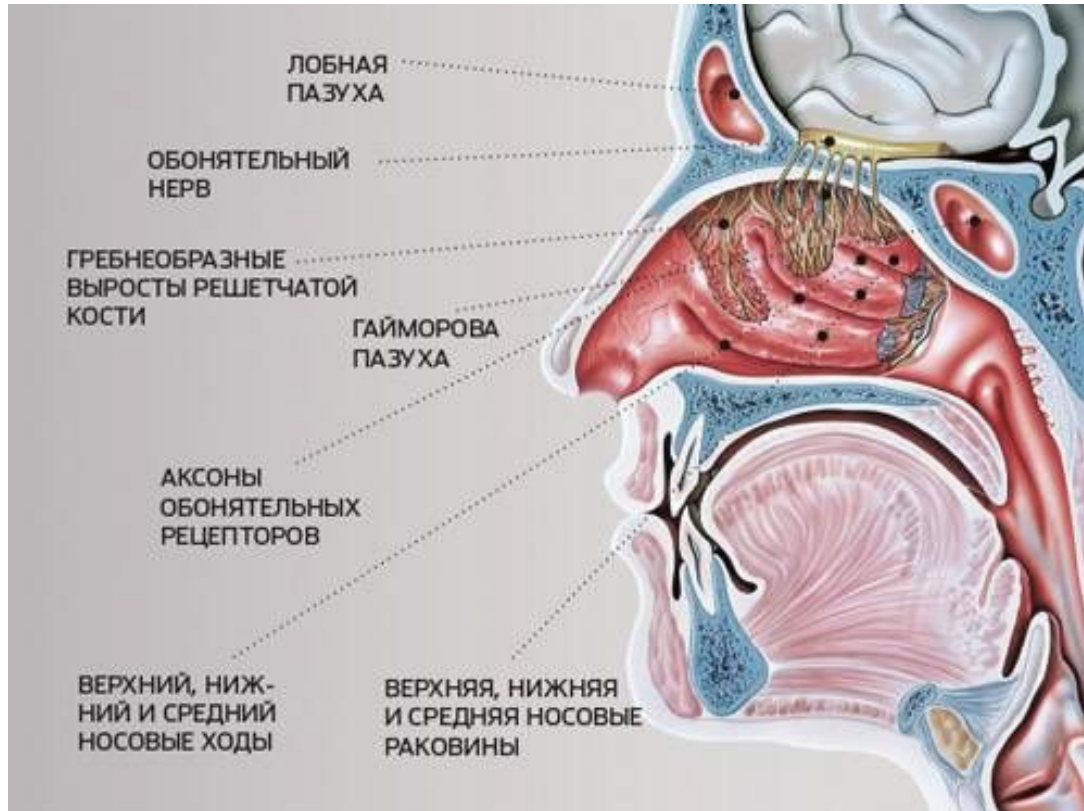
Дыхательные пути представлены носовыми полостями, носоглоткой, гортанью, трахеей и бронхами.



# ДЫХАНИЕ



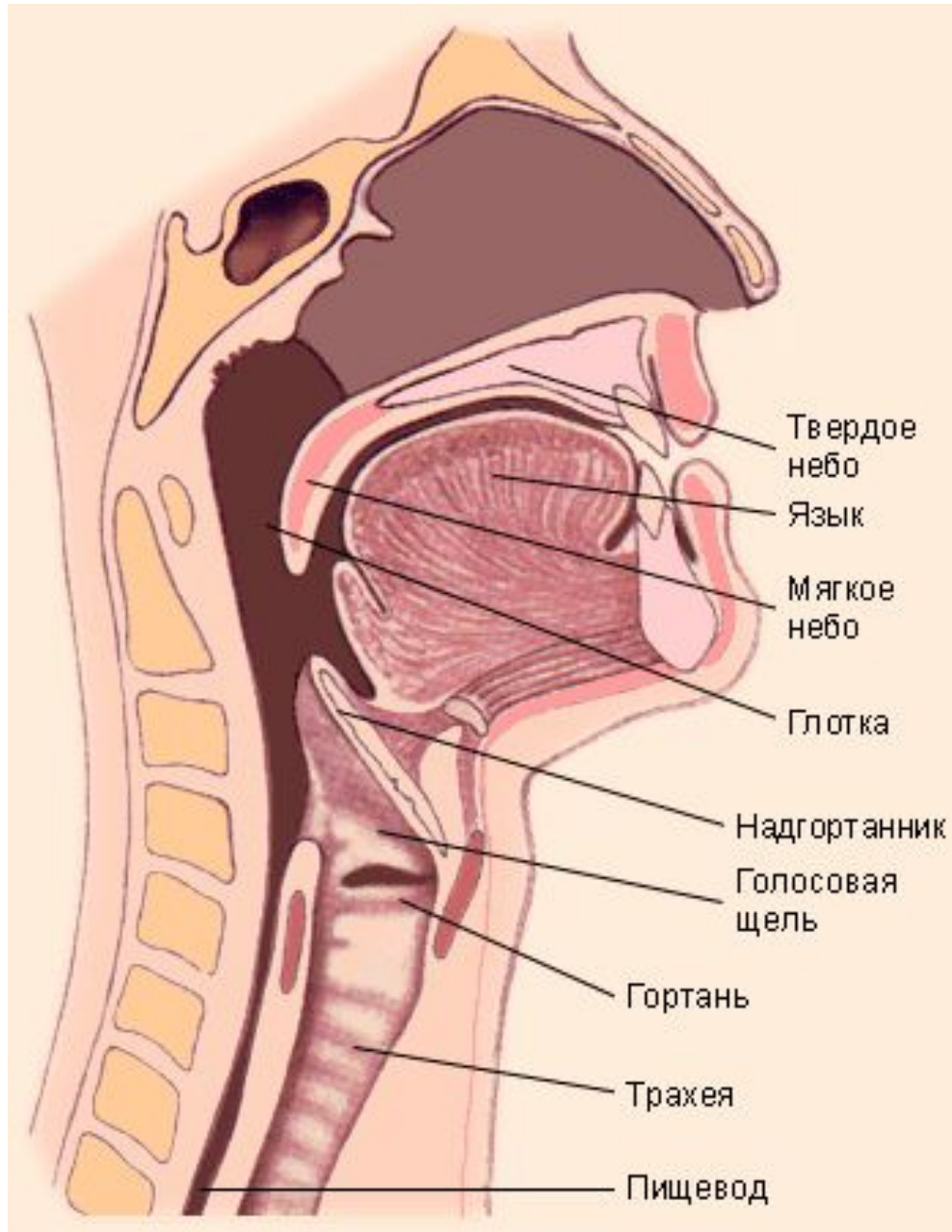
# Дыхательная система



Хрящевая перегородка разделяет **носовые полости**, в каждой **три** носовых хода.

Здесь воздух **согревается, увлажняется, частично очищается от пыли и микроорганизмов, анализируется с помощью обонятельного анализатора. Ресничный эпителий способствует продвижению слизи к носоглотке.**

## Дыхательная система



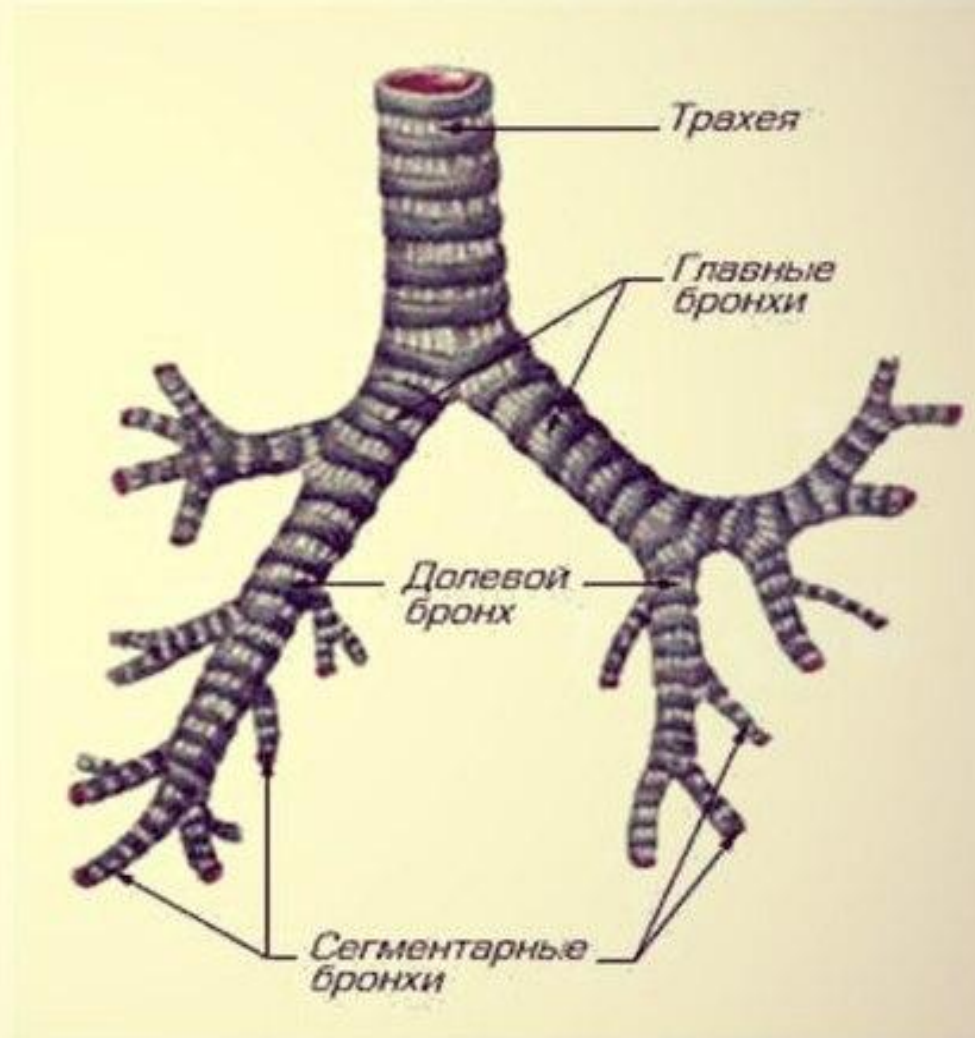
Затем через хоаны воздух попадает в *носоглотку*, в *ротовую часть глотки* и *гортань*.

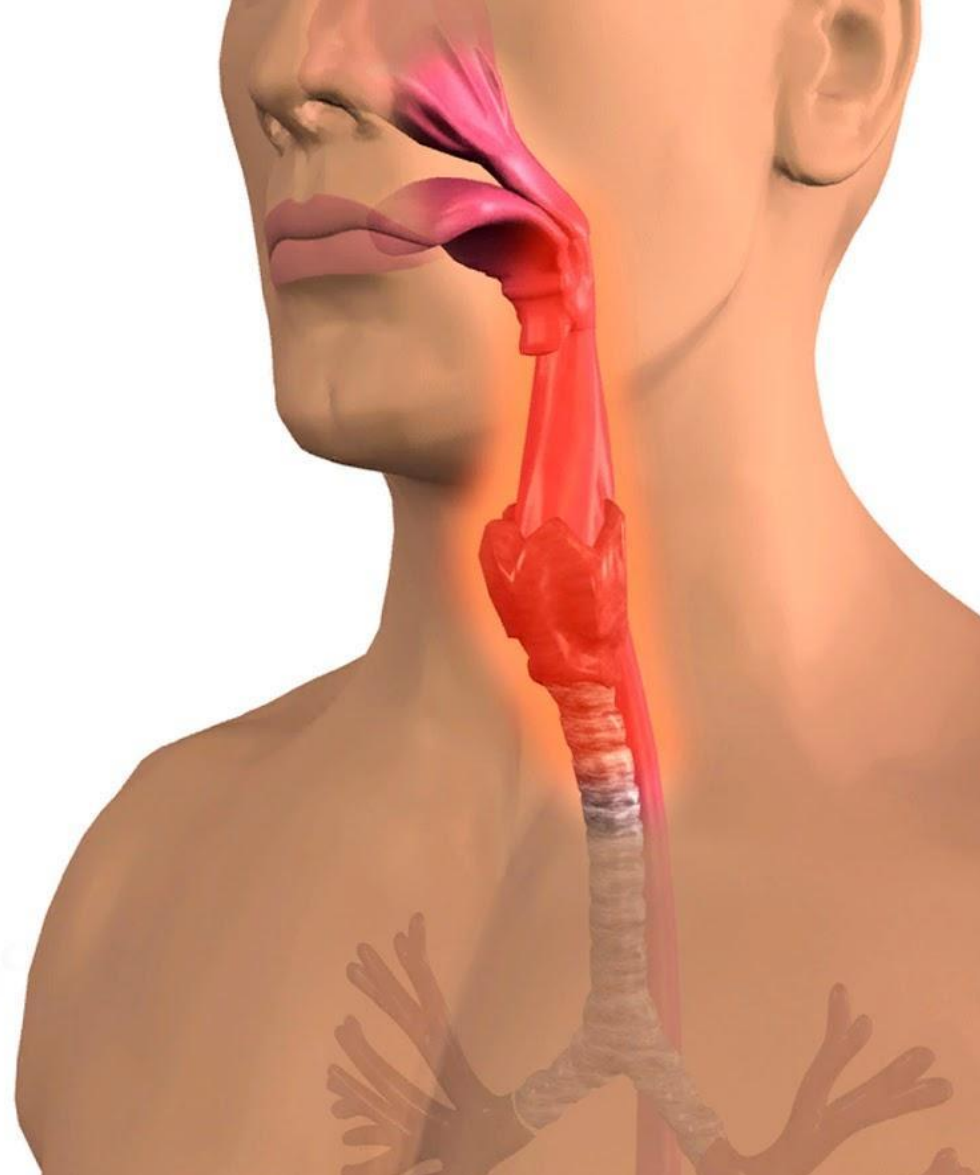
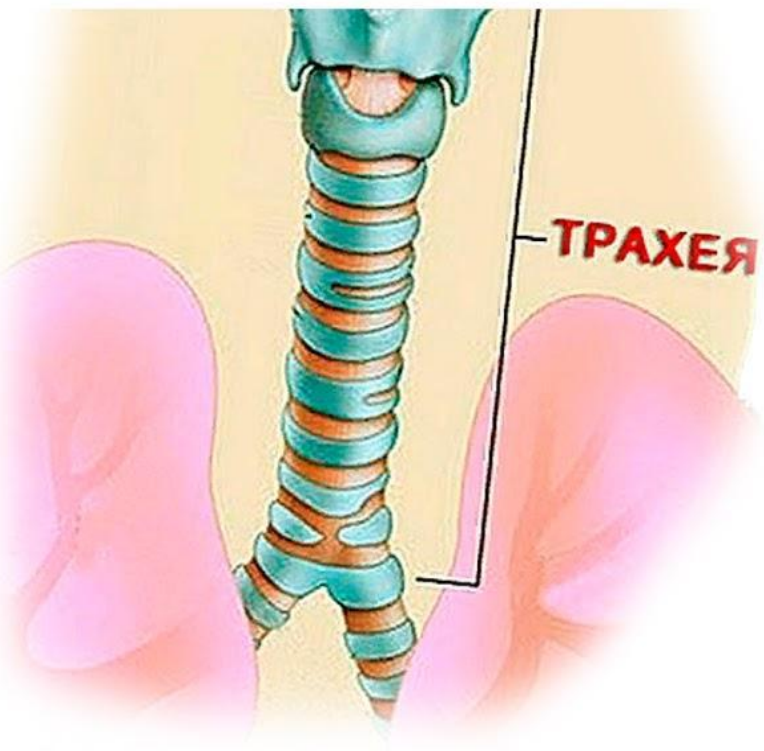
*Гортань* проводит воздух и функционирует как голосовой аппарат. Имеет парные и три непарных (щитовидный, надгортанник и перстневидный) хряща.

В средней части гортани располагаются *две пары складок, образующих голосовые связки*, натянутые между щитовидным и черпаловидными хрящами.

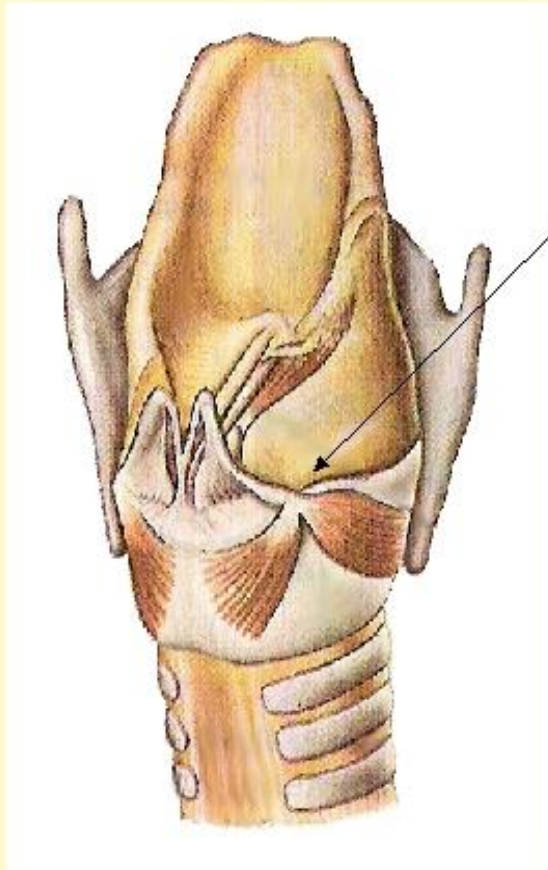
# Трахея

■ Трахея – часть дыхательных путей позвоночных животных и человека; расположена между гортанью и бронхами впереди пищевода. У человека длина 10-13 см, диаметр 15-18 мм. Состоит из хрящевых полуколец, соединенных связками. Разветвляется на 2 бронха.

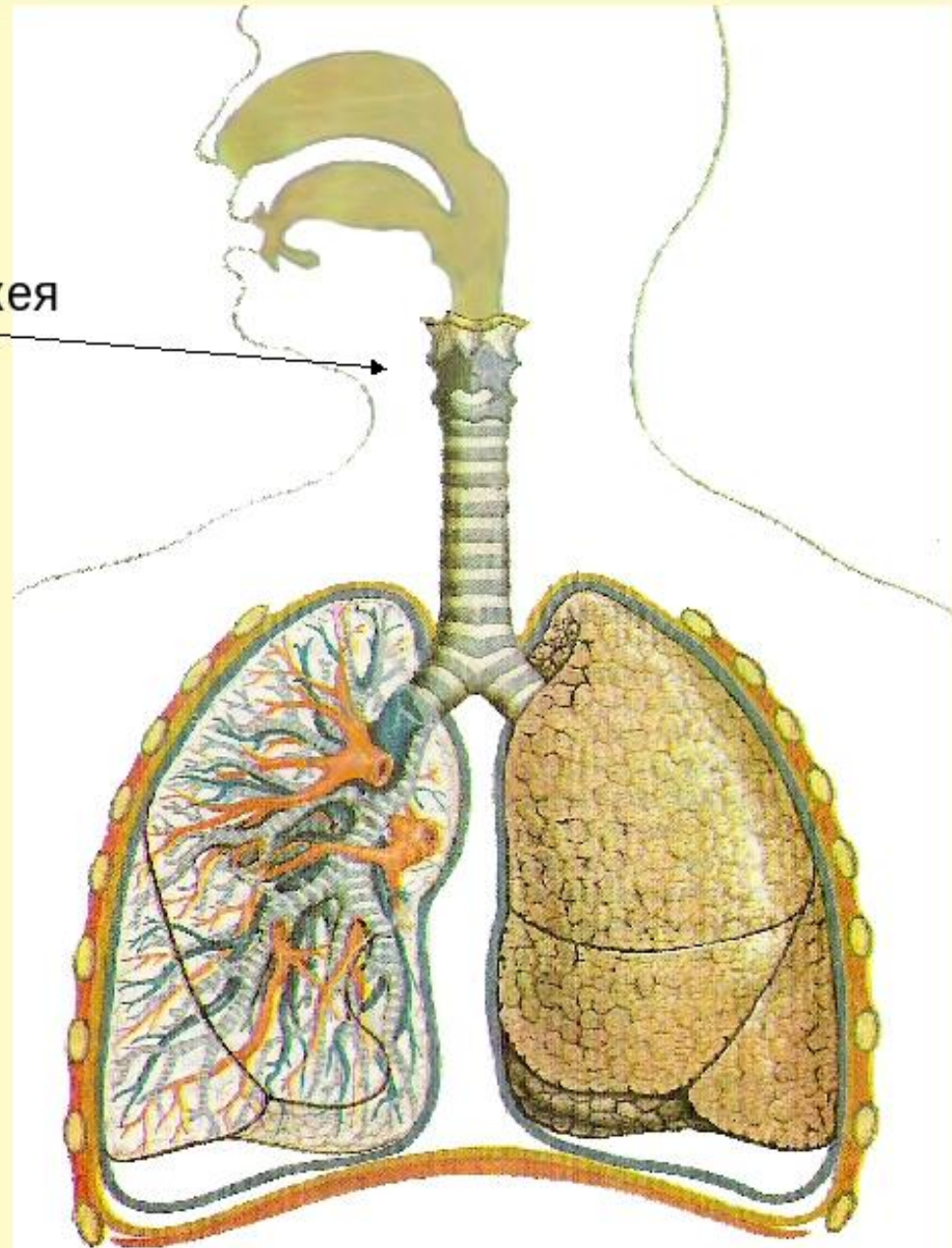




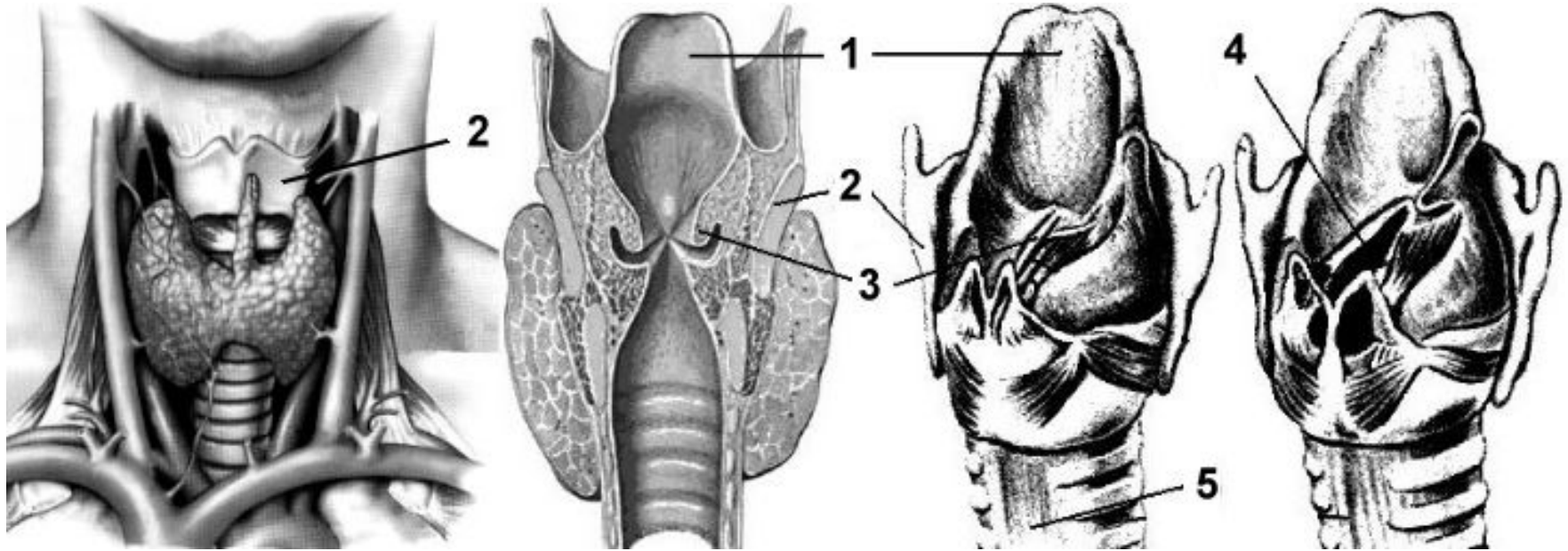
# Где ошибка?



Трахея



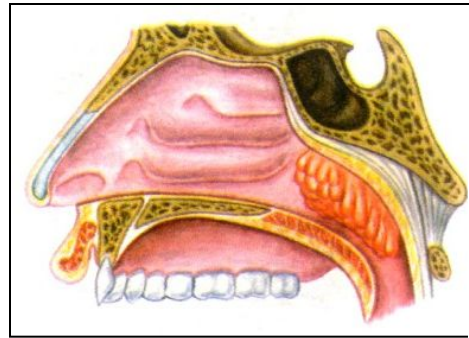
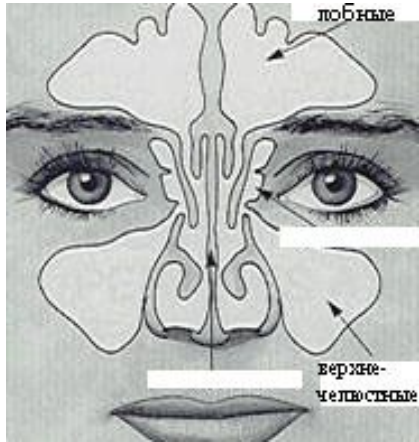
## Дыхательная система



При глотании надгортанник опускается, закрывая вход в гортань. Что обозначено на рисунке?

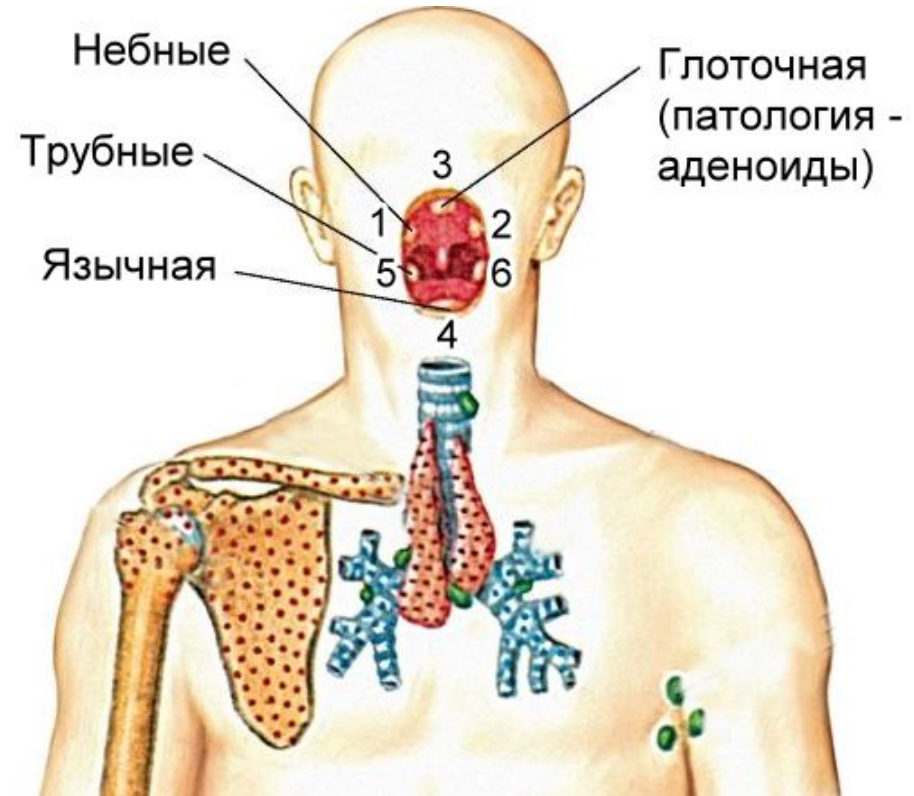
- 1 – надгортанник;
- 2 – щитовидный хрящ;
- 3 – голосовые связки;
- 4 – голосовая щель;
- 5 – мягкая часть трахеи со стороны пищевода.

# Дыхательная система



В костях черепа имеются околоносовые пазухи, связанные с носовой полостью – **лобные и верхнечелюстные**.

Аденоиды – это воспаление и увеличение носоглоточной (глотовочной) миндалины у детей.

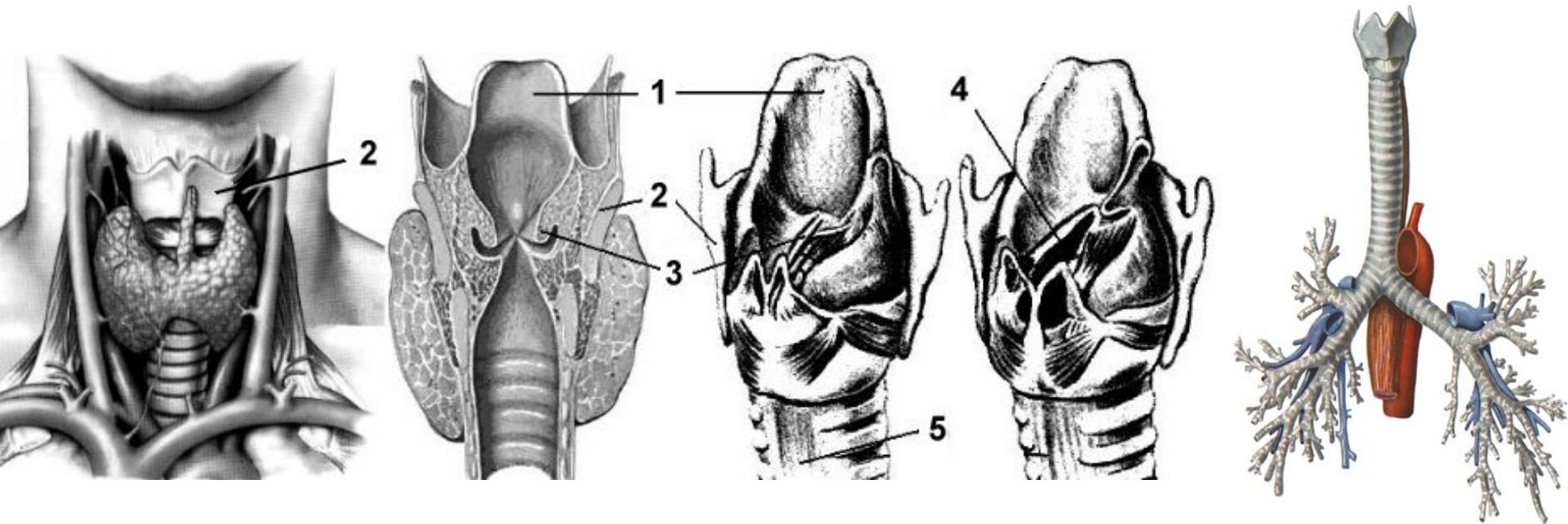




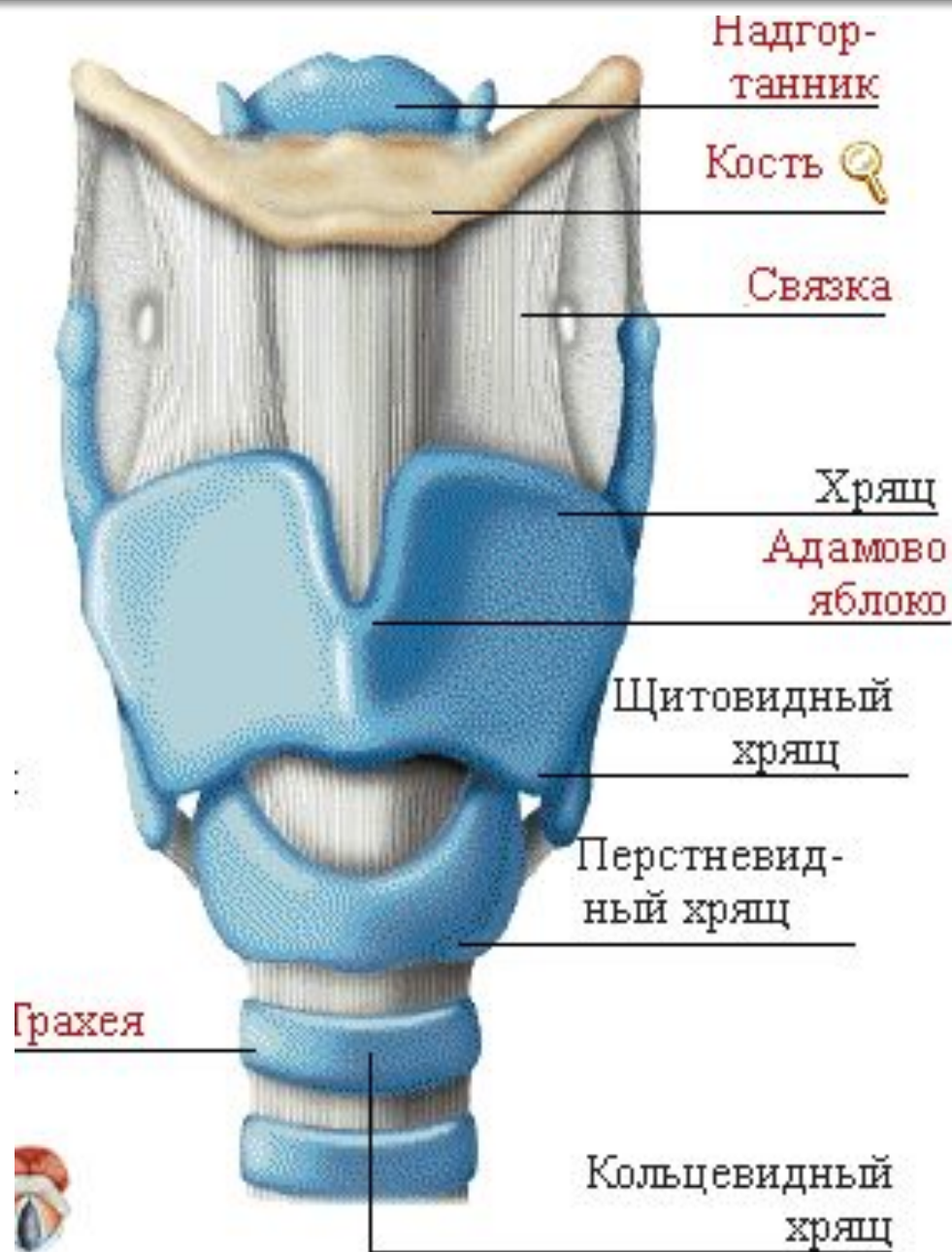
## Дыхательная система

При дыхании голосовая щель открыта, при глотании надгортанник закрывает вход в гортань. Внизу гортань переходит в трахею.

Трахея – мышечная трубка с хрящевыми полукольцами, длиной 10-15 см. Снизу делится на два бронха, последние в легких образуют бронхиальные деревья, состоящие из бронхиол.



# Дыхательная система



большой рог  
подъязычной кости

верхний рог  
щитовидного хряща



надгортанник

подъязычная  
кость

щитоподъязычная  
мембрана

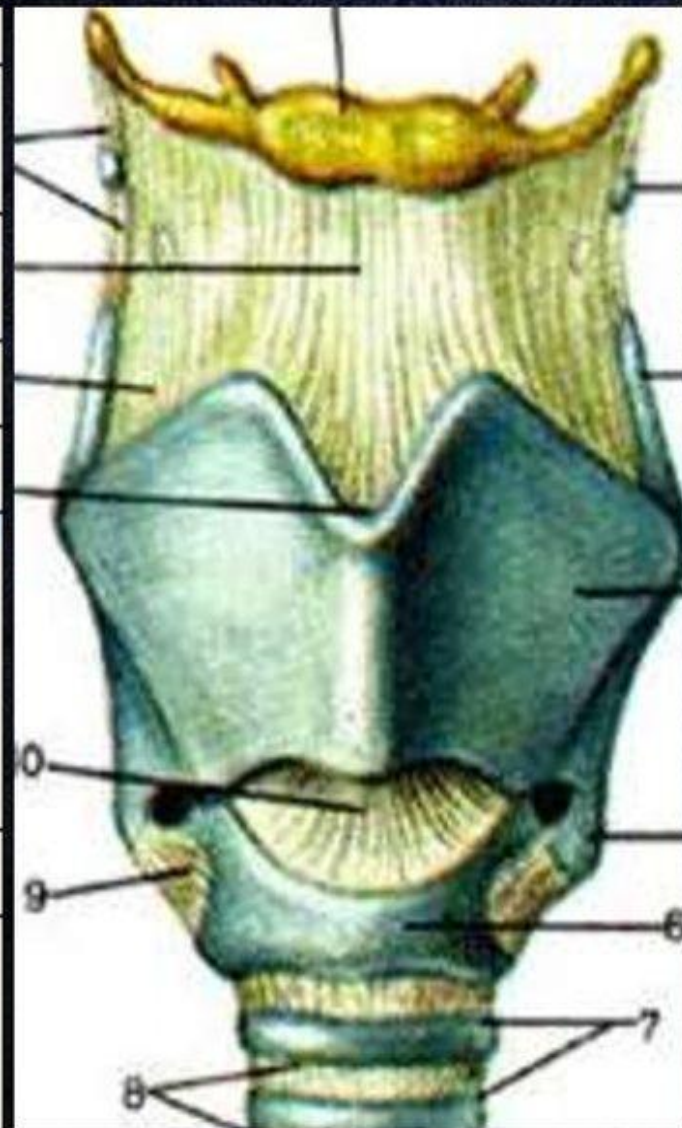
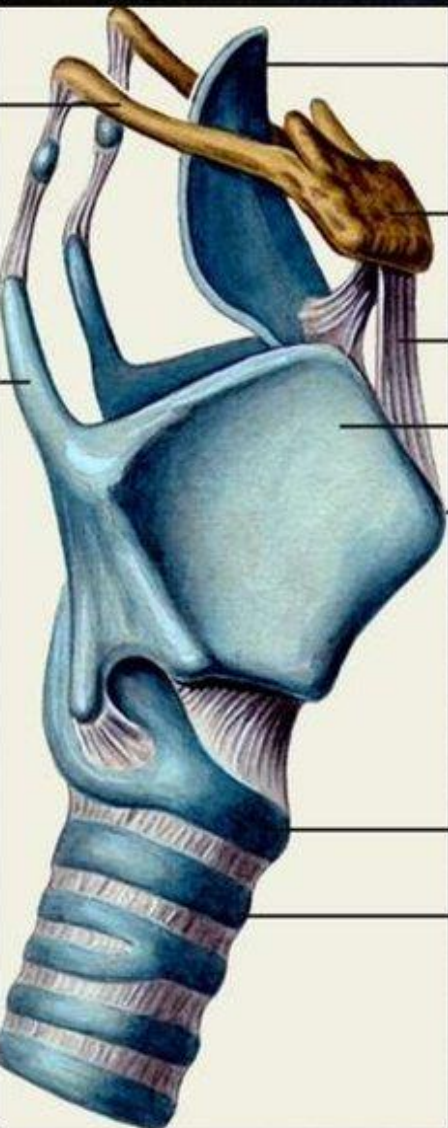
щитовидный  
хрящ

выступ  
гортани

перстeneвидный  
хрящ

первое кольцо  
трахеи

# Хрящи гортани



## • непарные (3):

- щитовидный: гиалиновый
- перстневидный: гиалиновый
- надгортанник: эластический

## • парные (3):

- черпаловидный: гиалиновый
- рожковидный: гиалиновый
- клиновидный: эластический

## 2 сустава:

- перстнещитовидный: вокруг фронтальной оси
- перстнечерпаловидный: вокруг вертикальной оси

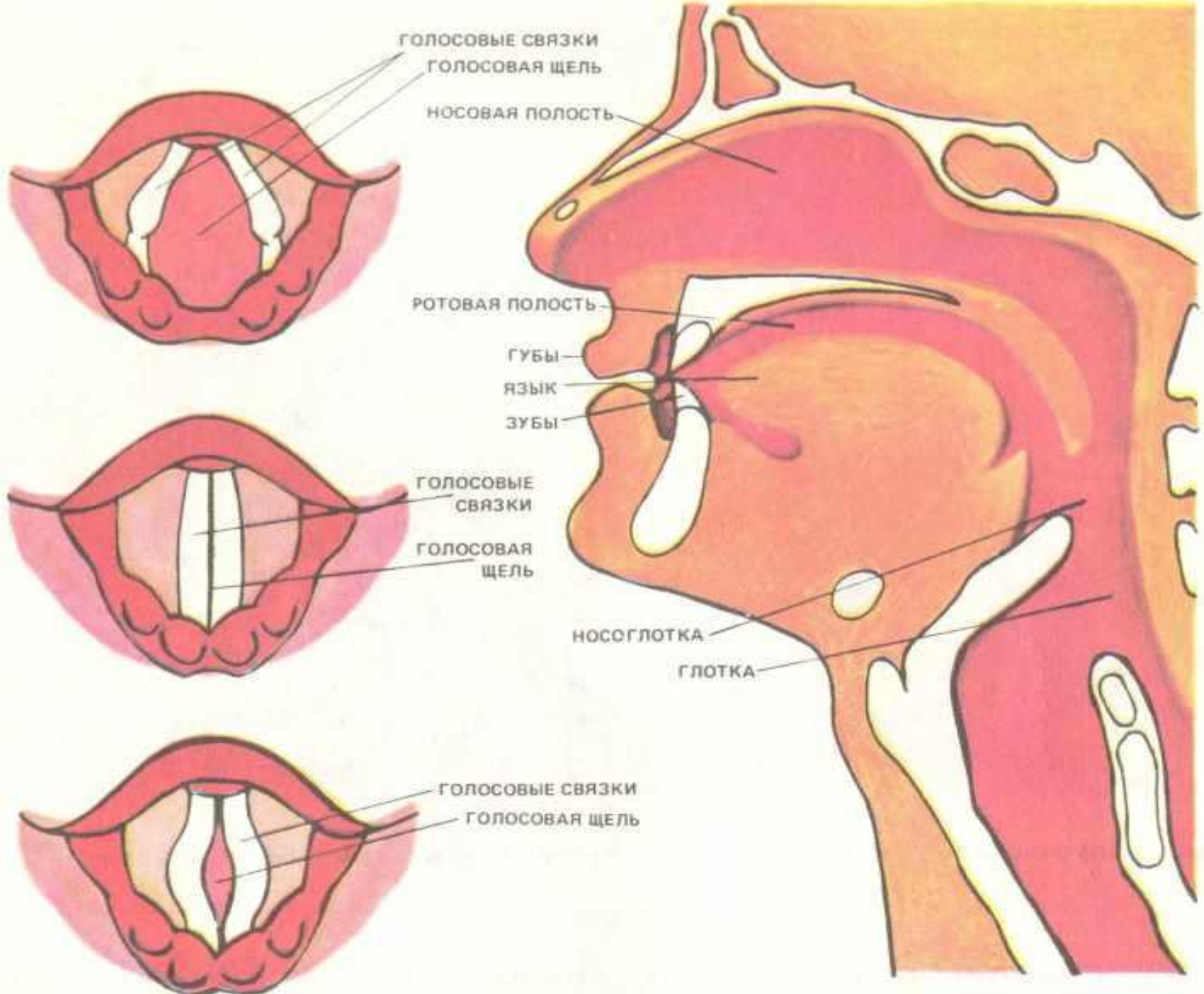
ГОЛОСОВЫЕ СВЯЗКИ  
ГОЛОСОВАЯ ЩЕЛЬ  
НОСОВАЯ ПОЛОСТЬ

РОТОВАЯ ПОЛОСТЬ  
ГУБЫ  
ЯЗЫК  
ЗУБЫ

ГОЛОСОВЫЕ СВЯЗКИ  
ГОЛОСОВАЯ ЩЕЛЬ

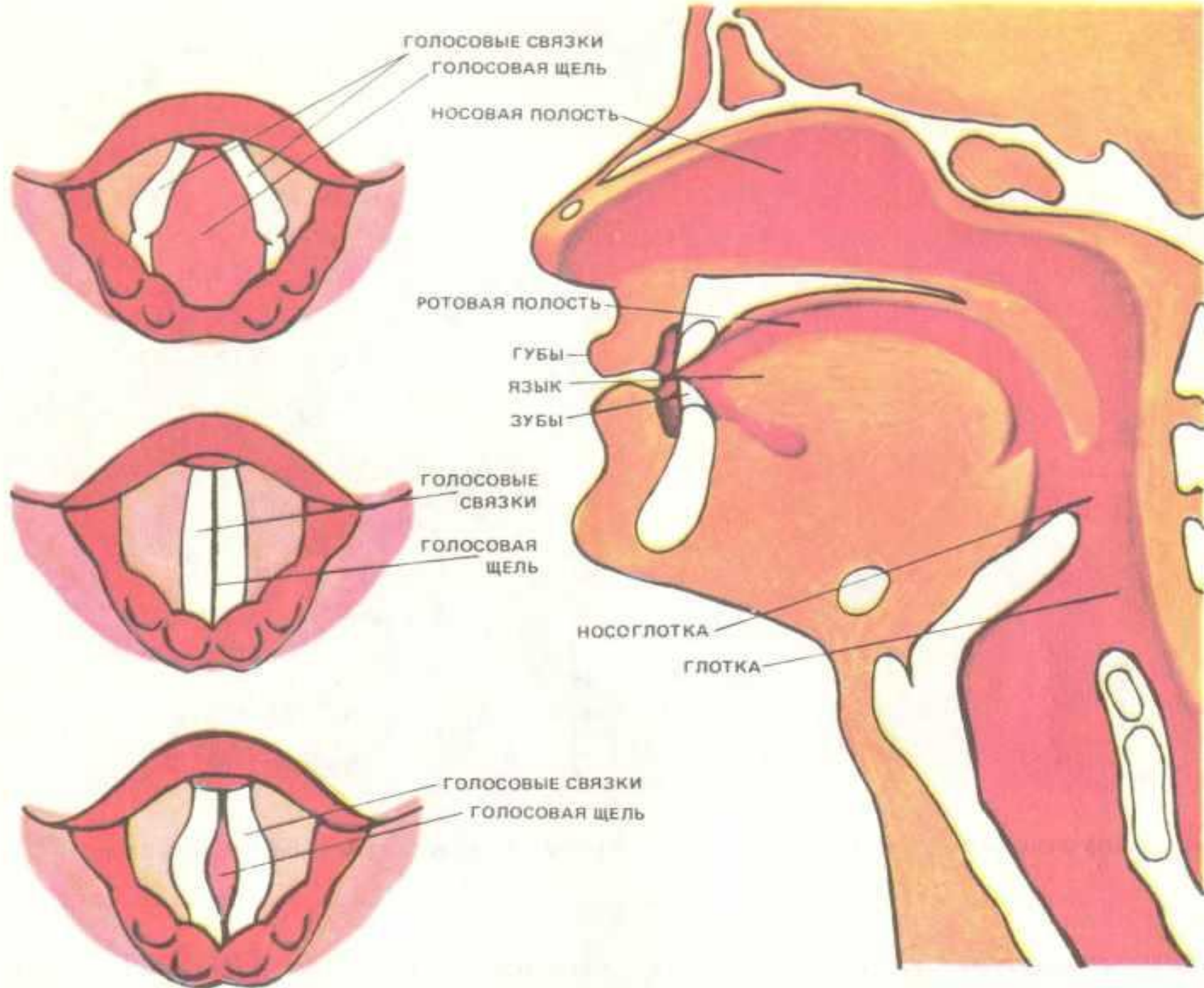
ГОЛОСОВЫЕ СВЯЗКИ  
ГОЛОСОВАЯ ЩЕЛЬ

НОСОГЛОТКА  
ГЛОТКА



# Голосовые связки

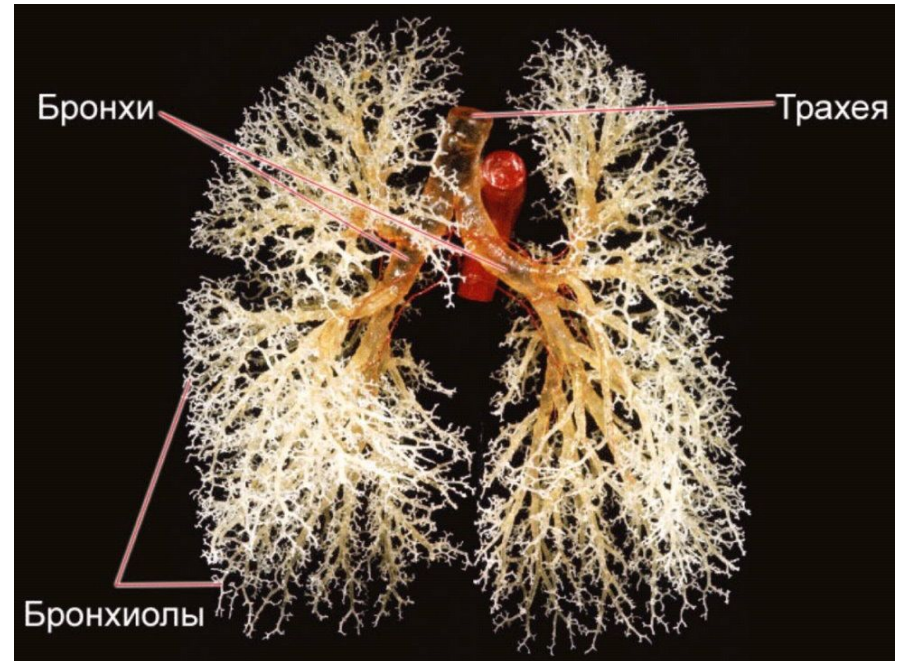
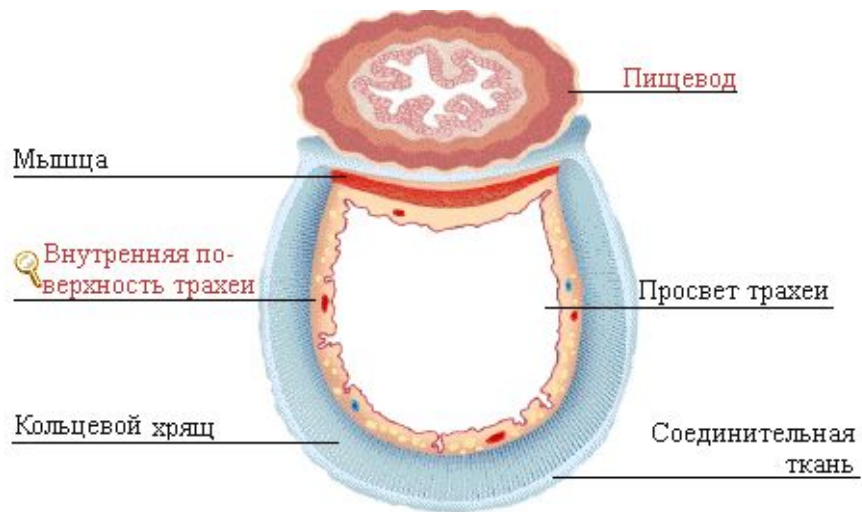




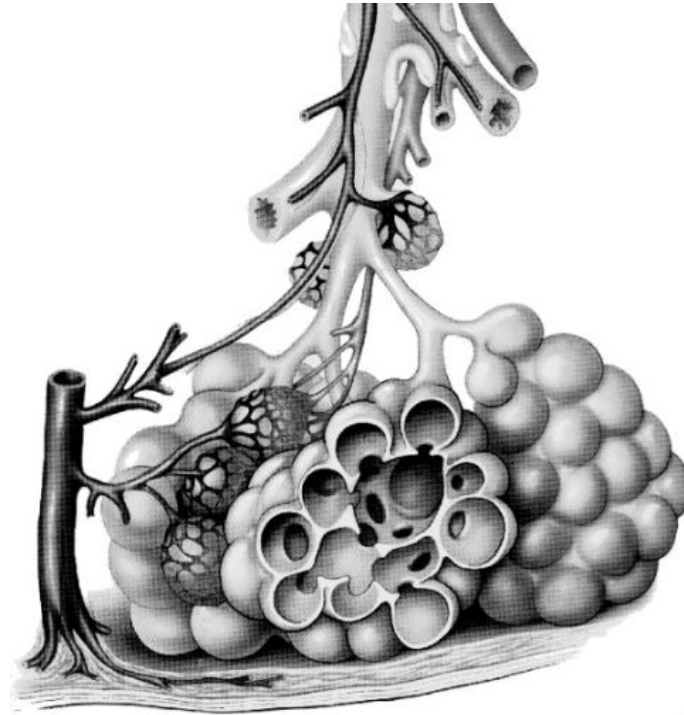
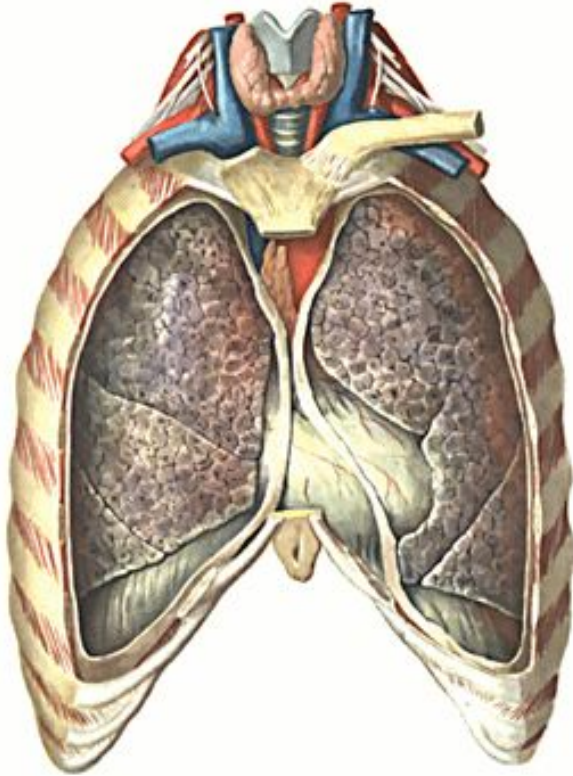




# Дыхательная система



## Дыхательная система

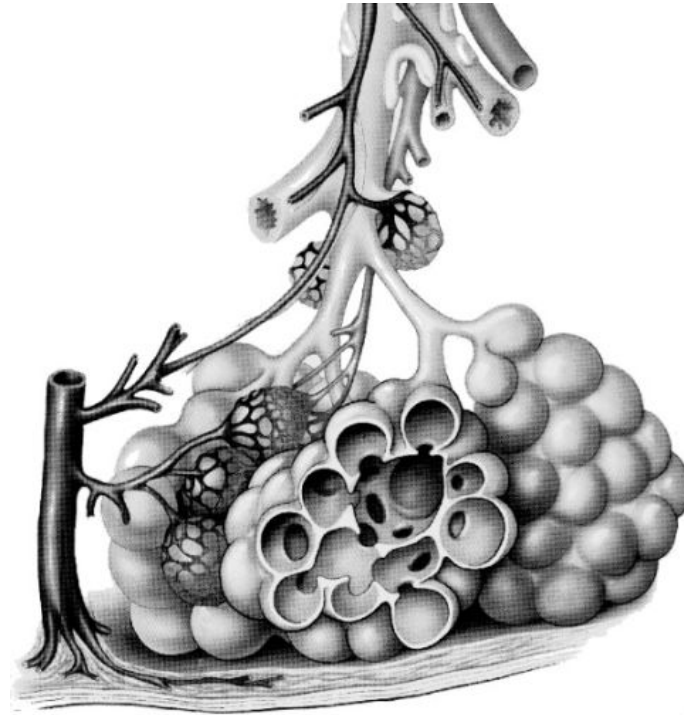
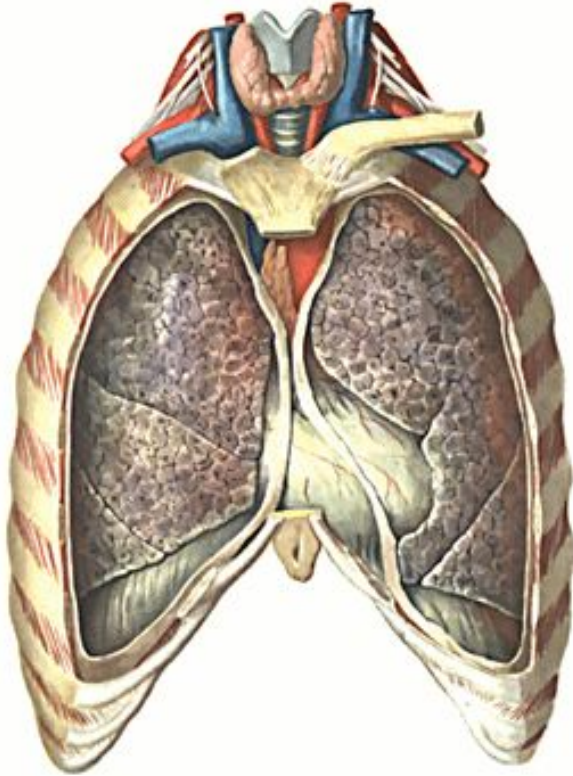


Легкие располагаются в грудной полости, правое состоит из трех, левое легкое – из двух долей.

Морфологической и функциональной единицей легкого является **ацинус – система разветвления одной концевой бронхиолы**.

По бронхиолам воздух проникает в альвеолярные ходы и в **альвеолы**. Внутренняя поверхность альвеол покрыта **сурфактантом**, бактерицидной пленкой, которая к тому же препятствует слипанию альвеол.

## Дыхательная система

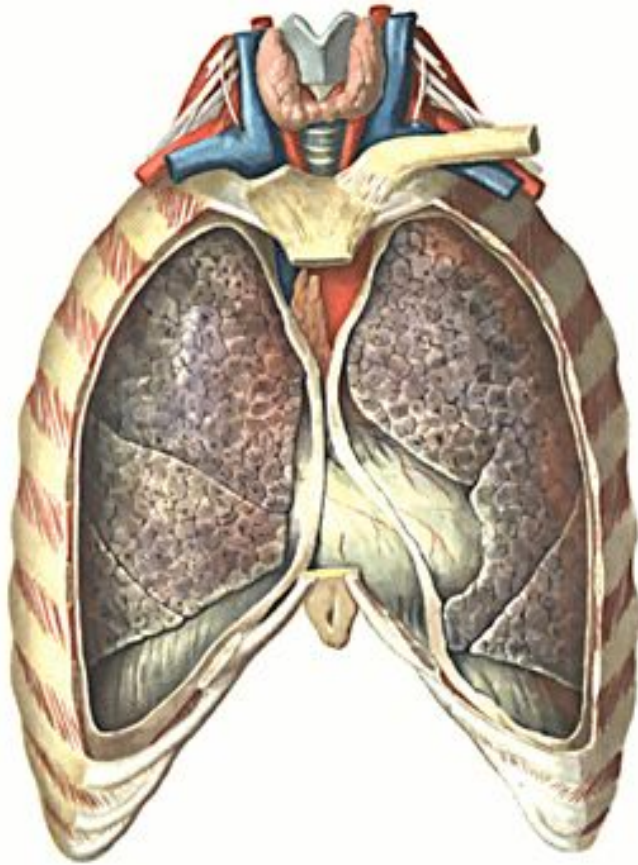


Число альвеол достигает 700 млн., общая их поверхность до  $120 \text{ м}^2$ .

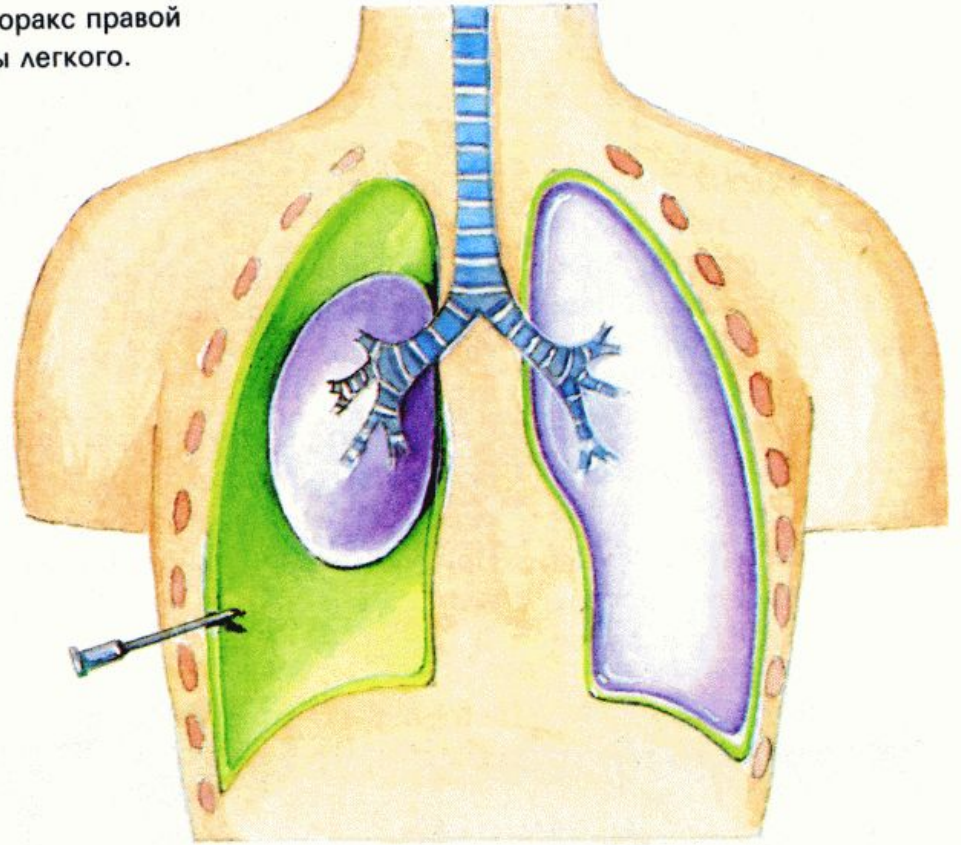
Каждое легкое погружено в серозный мешок. Он образован внутренним, висцеральным листком, покрывающим легкое и наружным – париетальным, срастающимся со стенкой грудной полости.

Между ними *плевральная полость* с давлением ниже атмосферного и *серозной* жидкостью.

## Дыхательная система



Пневмоторакс правой  
половины легкого.



Если принять атмосферное давление за нулевое, то при вдохе давление в плевральной полости равно:

- 9 мм рт. ст., при выдохе: - 4 мм рт. ст.

Если при ранении давление в плевральной полости становится равным атмосферному, легкое перестает растягиваться при вдохе, это явление называется **пневмотораксом**.

## Подведем итоги:

Энергия, необходимая для жизнедеятельности клеток человека, образуется в результате двух процессов:

*Гликолиза и кислородного окисления.*

Отверстия, через которые воздух из носовых полостей попадает в носоглотку, называются:

*Хоаны.*

Во время глотания надгортанник:

*Опускается, закрывает вход в гортань.*

При дыхании голосовая щель имеет форму:

*Треугольника, голосовые связки раздвигаются.*

Легкие снаружи покрыты ( ) и находятся каждое в своей:

*Покрываются легочной плеврой, находятся в своей плевральной полости.*

Давление в плевральной полости всегда:

*Отрицательное.*

Явление, когда в плевральную полость при ранении попадает воздух, называется ( ), при этом легкое:

*Пневмоторакс, легкое спадается.*

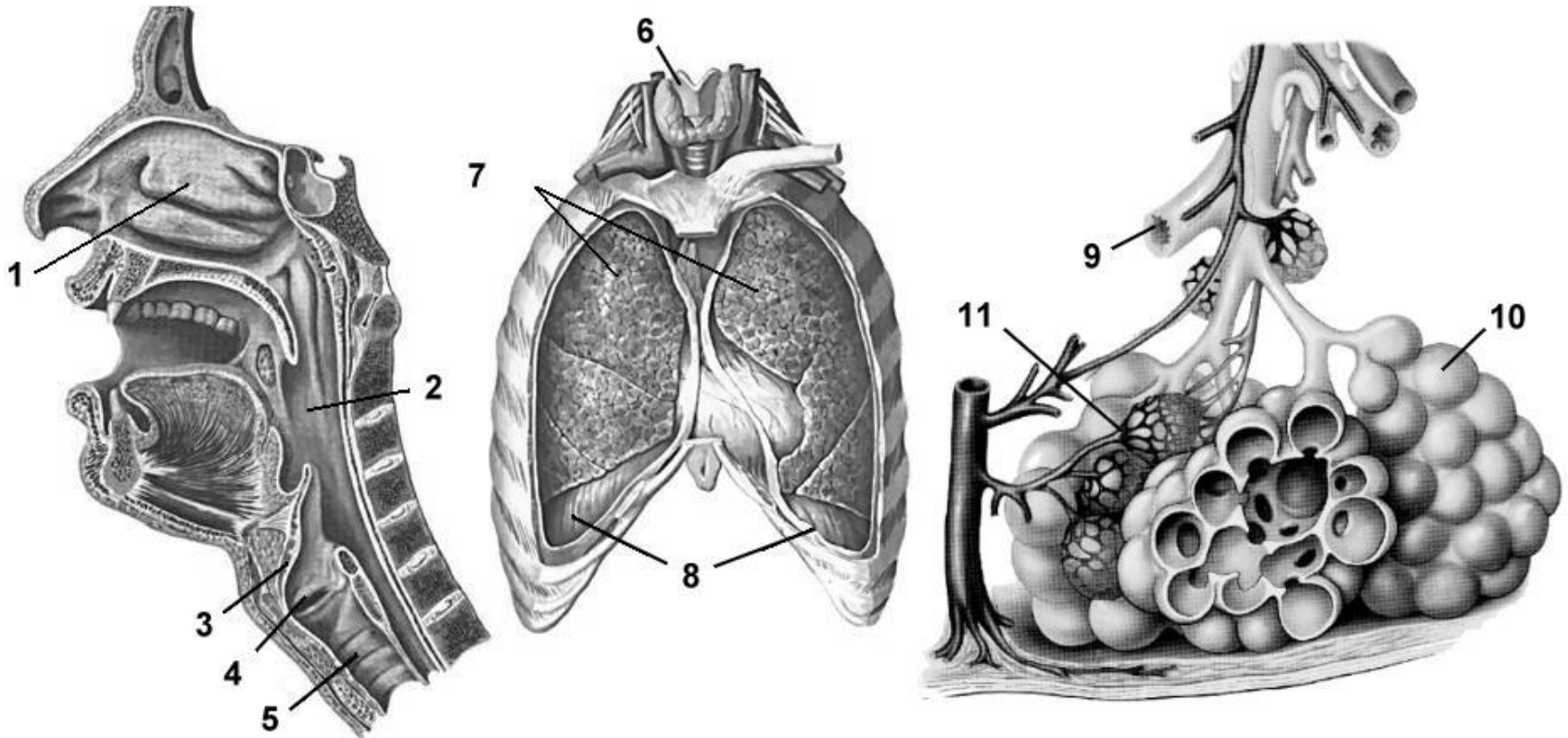
Альвеолы изнутри покрыты:

*Сурфактантом.*

Общая поверхность газообмена в легких около:

*120 м<sup>2</sup>.*

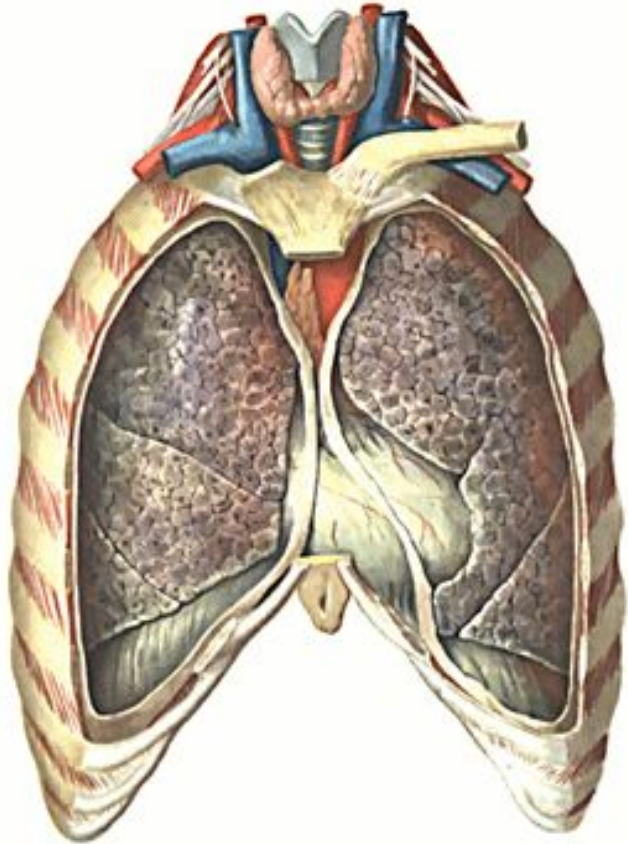
*Подведем итоги. Что обозначено на рисунке:*



- 1 – складки в носовой полости
- 2 – носоглотка
- 3 – надгортанник
- 4 – голосовые связки
- 5 – трахея
- 6 – щитовидный хрящ

- 7 – легкие
- 8 – плевральные полости
- 9 – бронхиолы
- 10 – альвеолы
- 11 – капилляры, оплетающие альвеолы

## Жизненная емкость легких



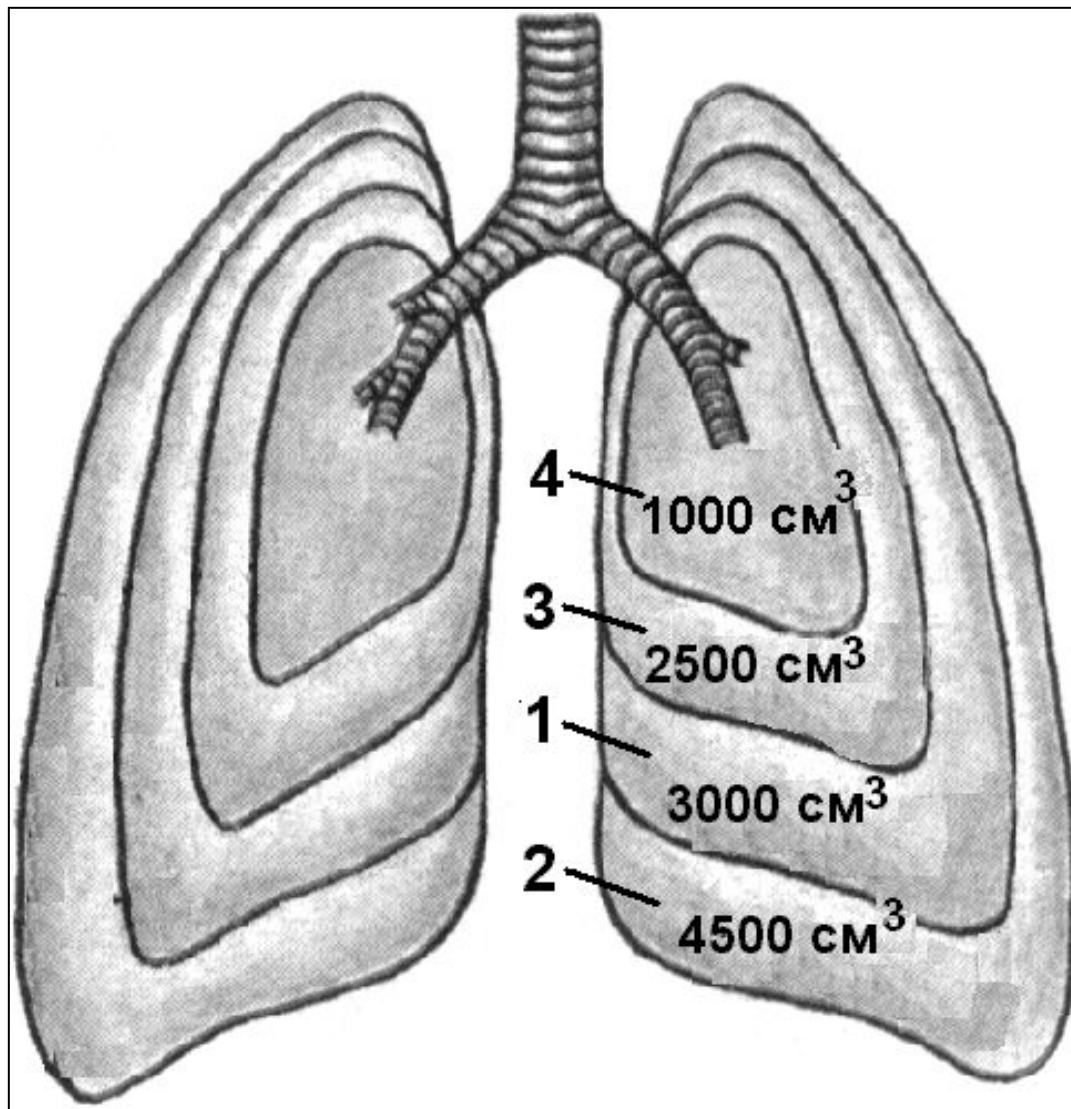
Вдох вызывается сокращением дыхательных мышц – *наружных межреберных* и *диафрагмы*, при этом грудная клетка поднимается, диафрагма уплощается.

Выдох в покое у человека осуществляется пассивно под действием эластической тяги легких, которая возвращает объем легких к *исходной величине*. При выдохе наружные межреберные мышцы расслабляются, и грудная клетка опускается. Органы брюшной полости давят на диафрагму, она приподнимается, объем грудной полости уменьшается.

При глубоком выдохе сокращаются *внутренние межреберные* мышцы и мышцы живота.

Различают два типа дыхания – у юношей преобладает брюшной тип дыхания – за счет диафрагмы, у девушек – грудной тип дыхания, за счет мышц грудной клетки.

## Жизненная емкость легких



**ЖЕЛ** – максимальное количество воздуха, которое может выдохнуть человек после самого глубокого вдоха.

Слагается из **дыхательного, дополнительного, резервного** объемов воздуха.

**Дыхательный объем** – количество воздуха, которое вдыхается и выдыхается при спокойном дыхании.

Объем воздуха, который человек может вдохнуть после спокойного вдоха, называется **дополнительным**.





## Жизненная емкость легких

Дополнительный V,  
 $1500 \text{ см}^3$

Дыхательный V,  
 $500 \text{ см}^3$

Резервный V,  
 $1500 \text{ см}^3$

Остаточная емкость,  
 $1000 \text{ см}^3$

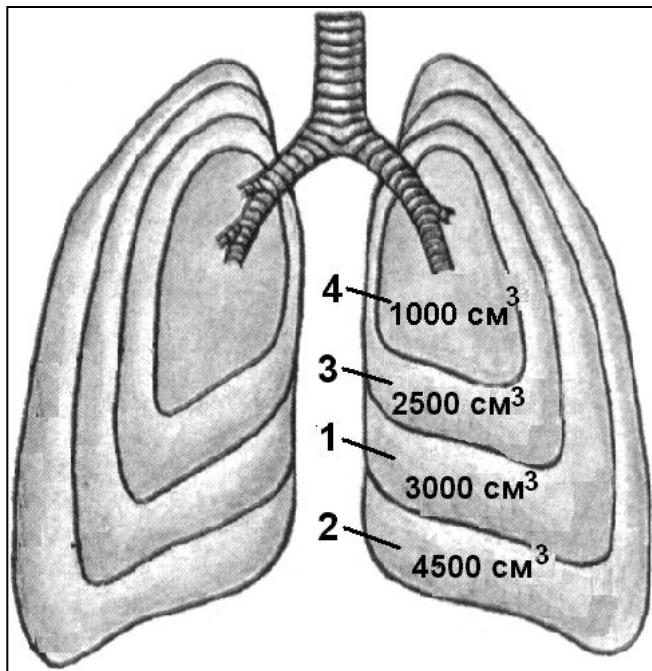
Объем воздуха, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха, называется **резервным**.

В легких всегда остается **остаточный** объем, объем воздуха, который человек не может выдохнуть (около  $1000 \text{ см}^3$ ).

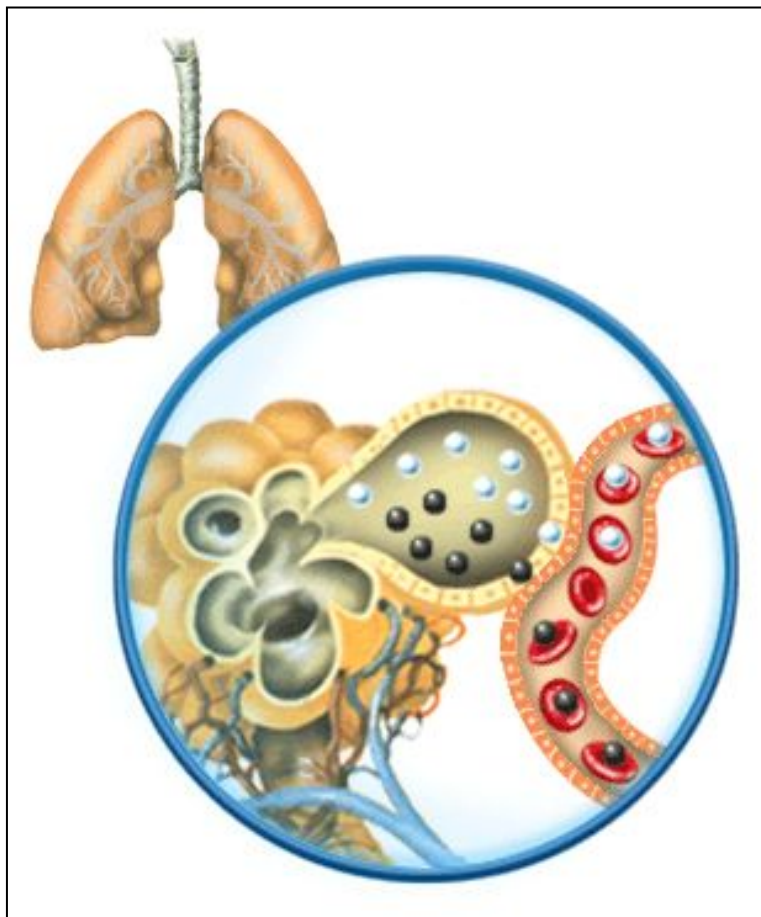
**Дыхательное мертвое пространство** – объем дыхательных путей, в котором не происходит газообмена (около  $150 \text{ см}^3$ ).

Измеряется жизненная емкость легких с помощью **спирометра**.

Что обозначено на рисунке цифрами 1 – 4?



## Жизненная емкость легких



Во время вдоха поступающий в легкие воздух смешивается с воздухом, уже находившимся в дыхательных путях после выдоха, т.к. даже альвеолы полностью не спадаются при выдохе.

Содержание газов во вдыхаемом, и выдыхаемом воздухе (в %).

Воздух	Кислород	CO <sub>2</sub>	Азот, водяные пары
Вдыхаемый	20,9	0,03	79,1
Выдыхаемый	16	4,5	79,5

## Жизненная емкость легких

Признаки для сравнения	Вдыхаемый воздух	Выдыхаемый воздух	Альвеолярный воздух
Кислород	20,94%	16,1%	14,0%
Углекислый газ	0,03%	4%	5,6%
Азот, водяные пары	79,03%	79,9%	80,4%

Почему в составе альвеолярного воздуха кислорода меньше, чем в выдыхаемом?

При выдохе альвеолярный воздух смешивается с воздухом мертвого пространства, и процентное соотношение кислорода становится больше.

Почему в составе альвеолярного воздуха углекислого газа больше, чем в выдыхаемом воздухе?

При выдохе альвеолярный воздух смешивается с воздухом мертвого пространства, и процентное соотношение углекислого газа становится меньше.

## Жизненная емкость легких

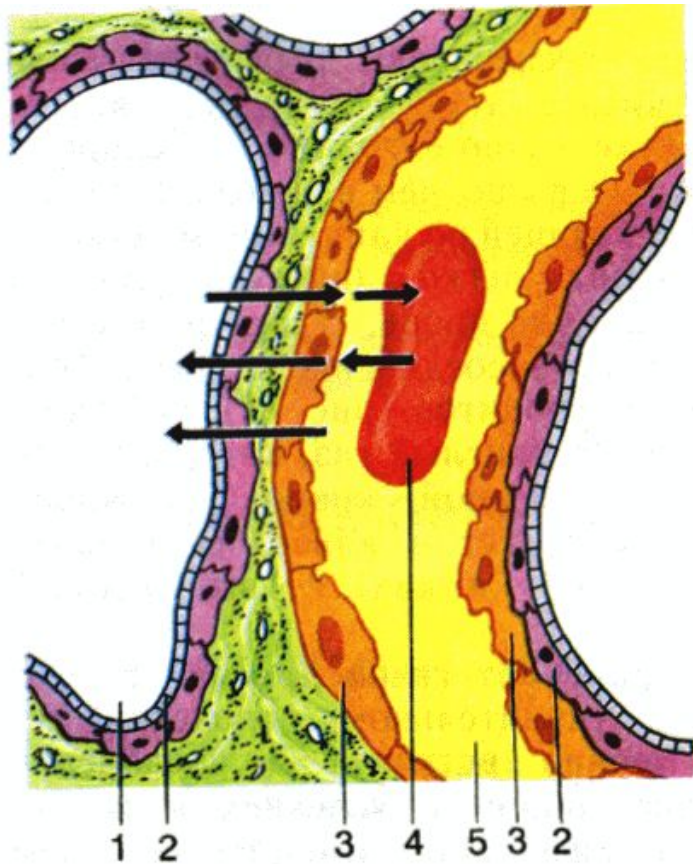


Рис. 72. Обмен газов в легких:  
1 — просвет альвеолы, 2 — стенки альвеол, 3 — стенки кровеносных капилляров, 4 — эритроцит в просвете кровеносного капилляра, 5 — просвет кровеносного капилляра.

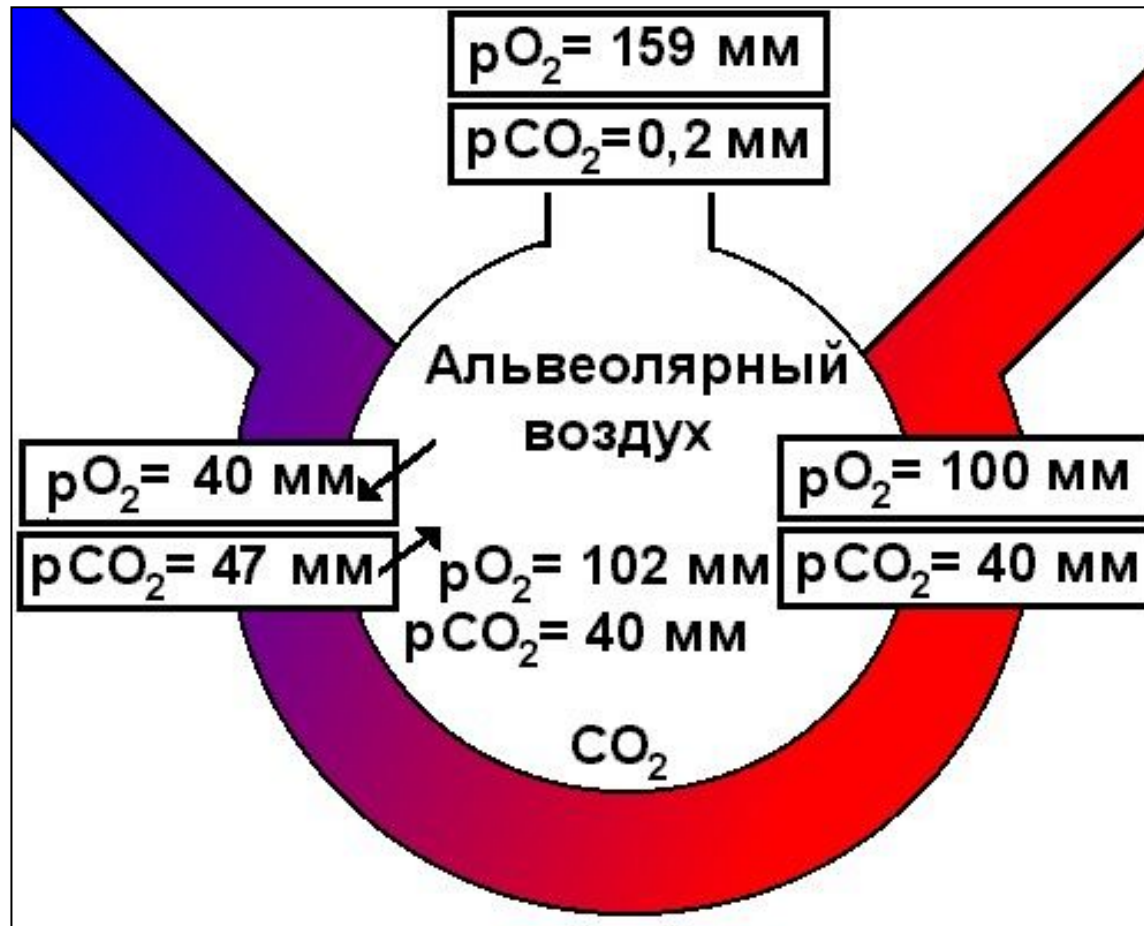
Газообмен в легких и тканях подчиняется законам движения газов в соответствии с их парциальным давлением.

*Парциальное давление – давление газа, которое приходится на его долю от общего давления смеси газов.*

Так, если атмосферное давление 760 мм рт. ст. и в атмосферном воздухе содержится 20,94% кислорода, 0,03% углекислого газа и 79,03% азота, то легко рассчитать парциальное давление каждого газа в отдельности.

100% смеси газов – 760 мм рт. ст.  
20,94% кислорода –  $x$

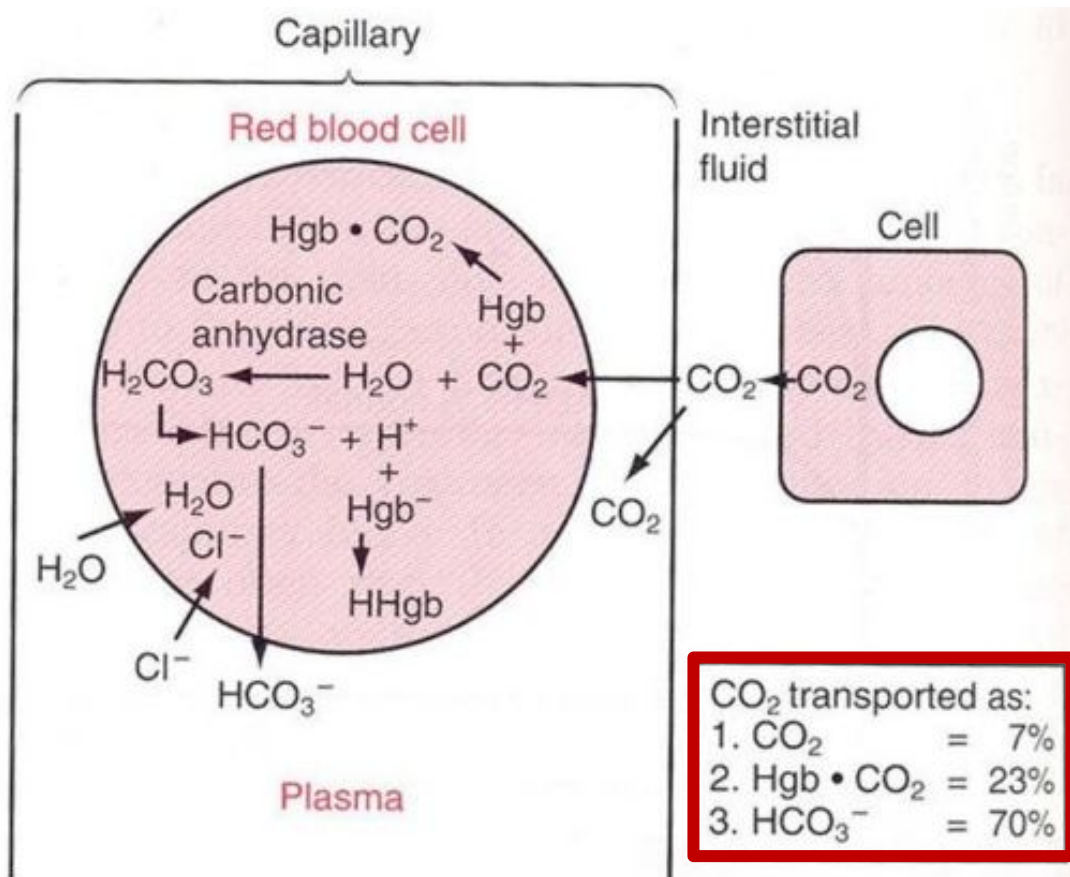
## Жизненная емкость легких



В альвеолах парциальное давление кислорода 102 мм рт. ст., в венозной крови – 40 мм рт. ст., кислород переходит из альвеолярного воздуха в кровь.

Парциальное давление углекислого газа выше в венозной крови (47 мм рт. ст.), чем в альвеолярном воздухе (40 мм рт. ст.) и он диффундирует в альвеолы.

## Жизненная емкость легких

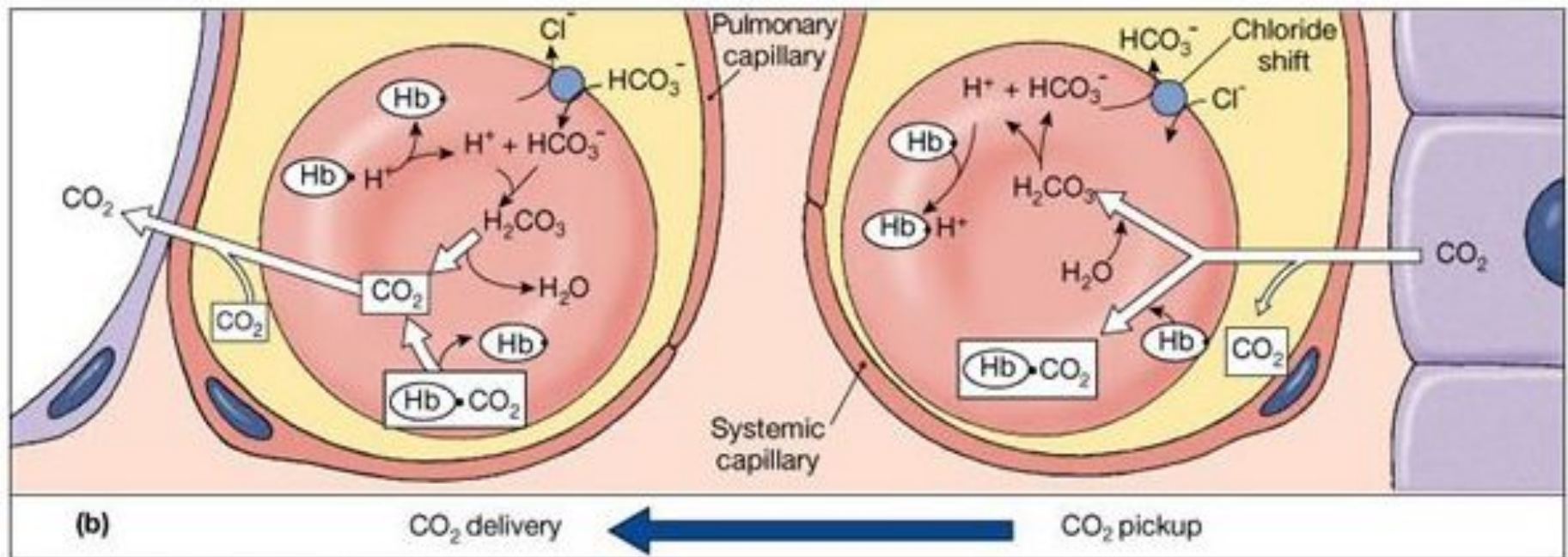
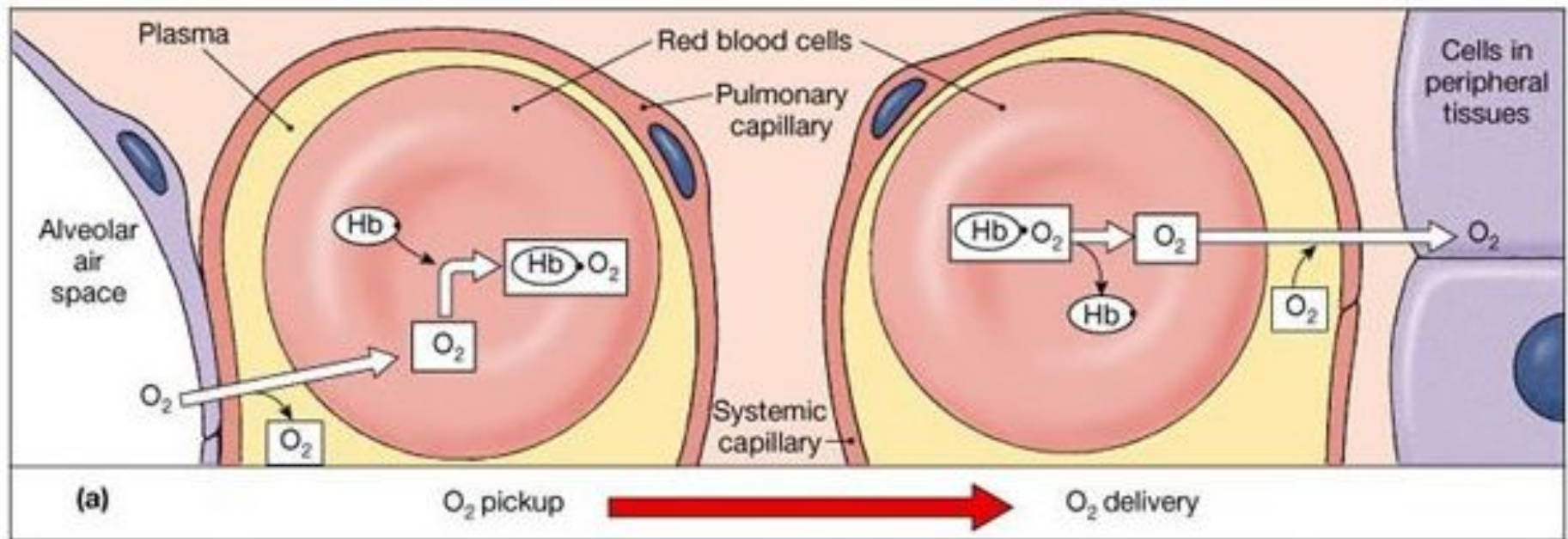


Кислород транспортируется в растворенном состоянии (менее 1%), и в соединении с Hb (99%) в форме **оксигемоглобина** Hb(O<sub>2</sub>)<sub>4</sub>.

Около 7% CO<sub>2</sub> транспортируется плазмой крови в **растворенном состоянии**;

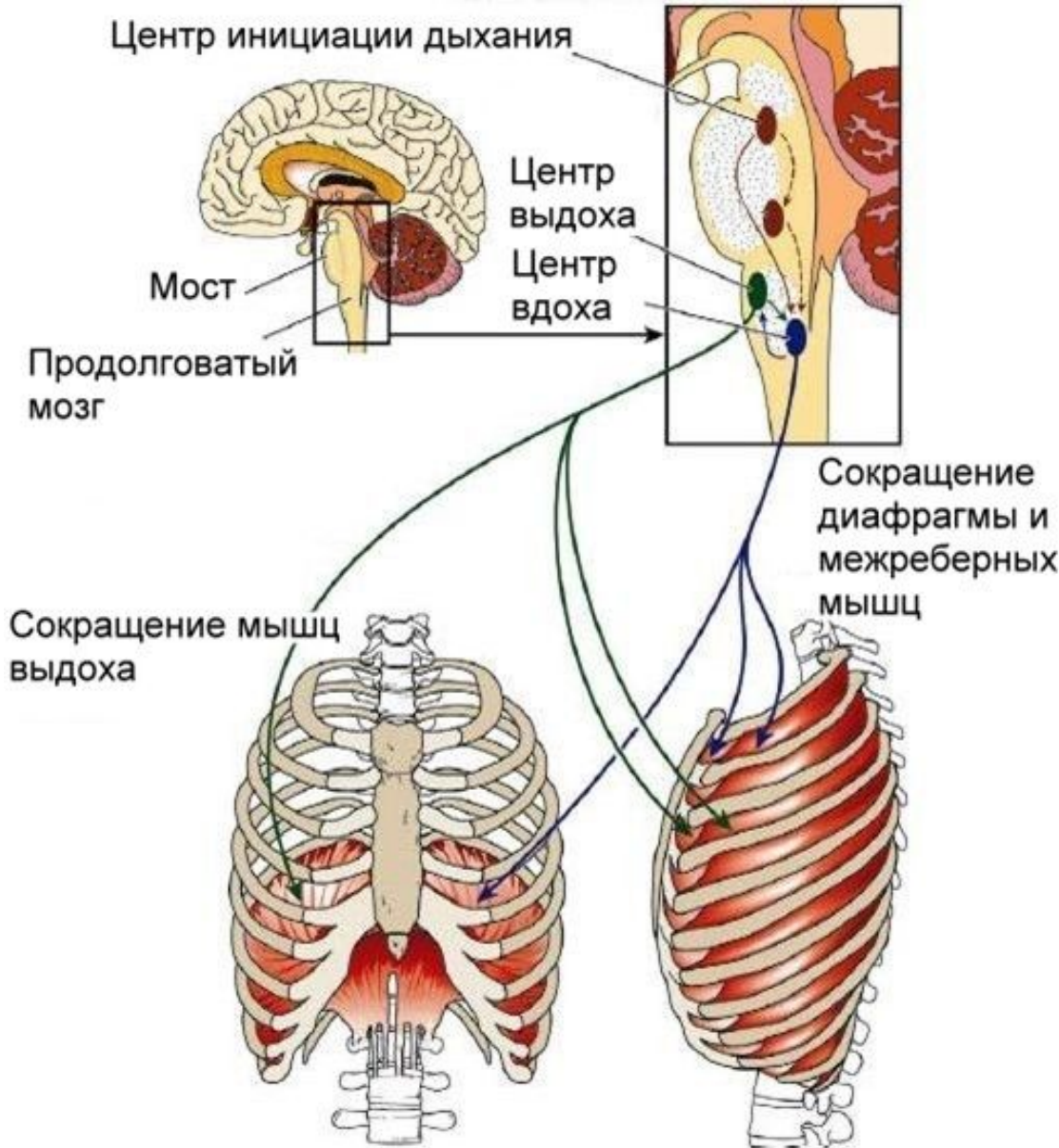
Около 23% CO<sub>2</sub> транспортируется в форме **карбгемоглобина** HbCO<sub>2</sub>;

Остальная часть с помощью фермента **карбоангидразы** превращается в H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, которая тут же диссоциирует на H<sup>+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Протоны связываются с гемоглобином, большая часть бикарбонатов выводится в плазму крови и связывается с ионами Na<sup>+</sup> образуя NaHCO<sub>3</sub>, меньшая часть остается в эритроцитах в **форме бикарбоната калия** – KHCO<sub>3</sub>. **70% образовавшейся угольной кислоты** транспортируется в виде бикарбонатов щелочных металлов.





## Жизненная емкость легких



### Продолговатый мозг.

Рефлекторные функции связаны с регуляцией работы органов **дыхания, пищеварения и кровообращения**; здесь находятся центры защитных рефлексов – **кашля, чихания, рвоты, мигания, слезоотделения.**

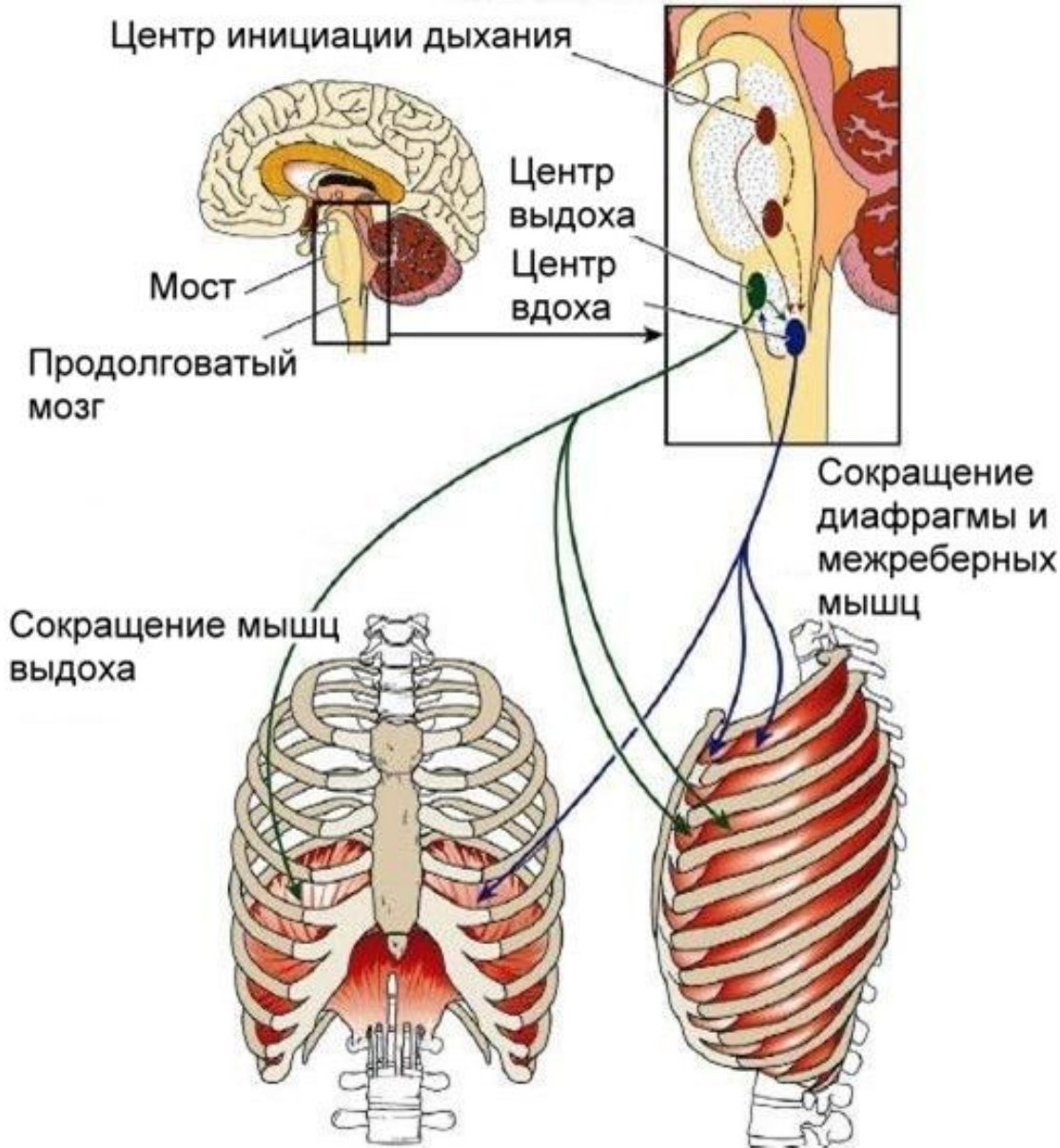
### Нервная регуляция

осуществляется дыхательными центрами продолговатого мозга - центром вдоха и выдоха.

### Центру вдоха

(инспираторному) свойственна автоматия, **раз в 4 с здесь возникает** возбуждение, которое проводится к дыхательным мышцам, происходит вдох.

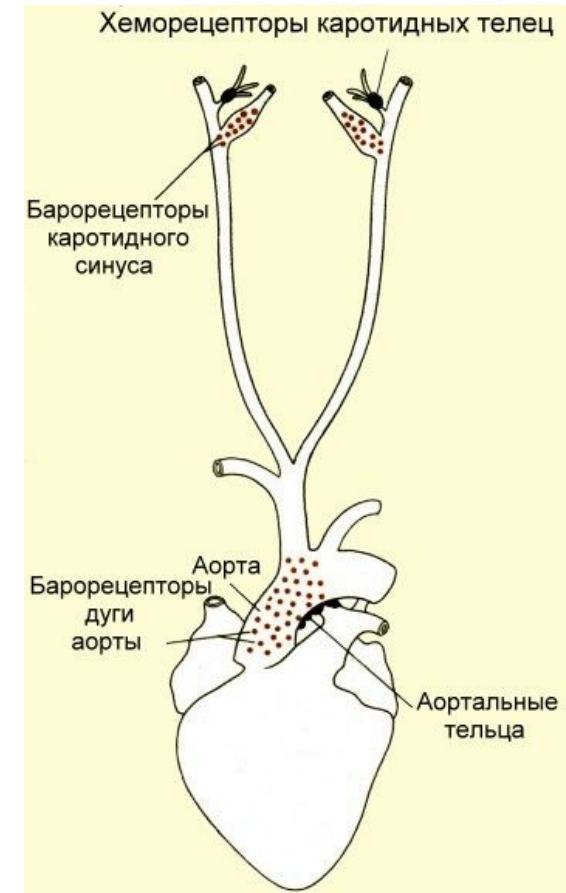
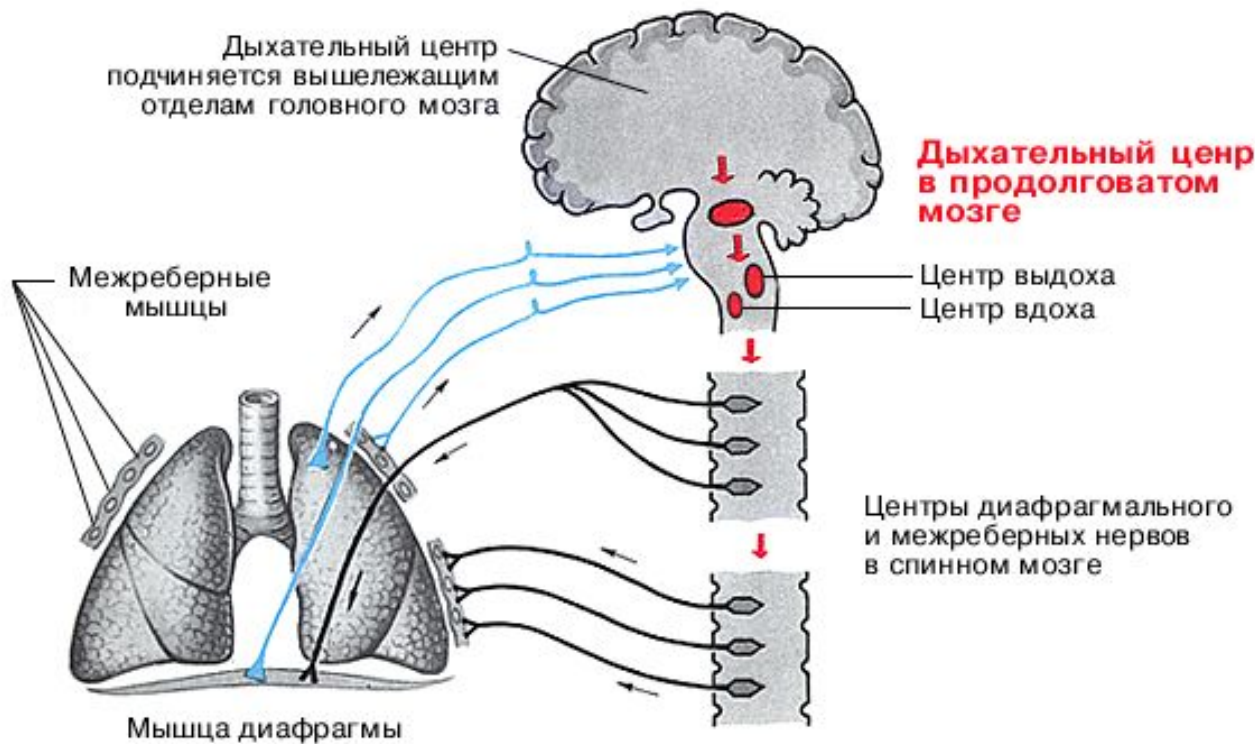
## Жизненная емкость легких



При растяжении альвеол происходит возбуждение рецепторов в их стенках, возбуждается *центр выдоха (экспираторный)* и тормозится центр вдоха. Происходит выдох, стенки альвеол спадаются, происходит возбуждение рецепторов на сжатие, от которых импульсы проводятся в центр вдоха и начинается вдох.

Таким образом, вдох рефлекторно вызывает выдох, а выдох – вдох. На дыхательные движения оказывает влияние и кора больших полушарий.

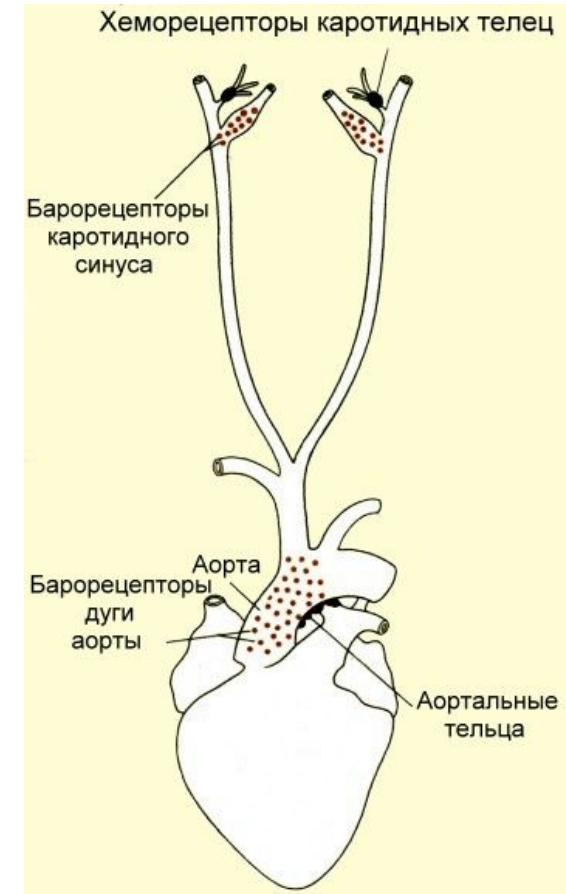
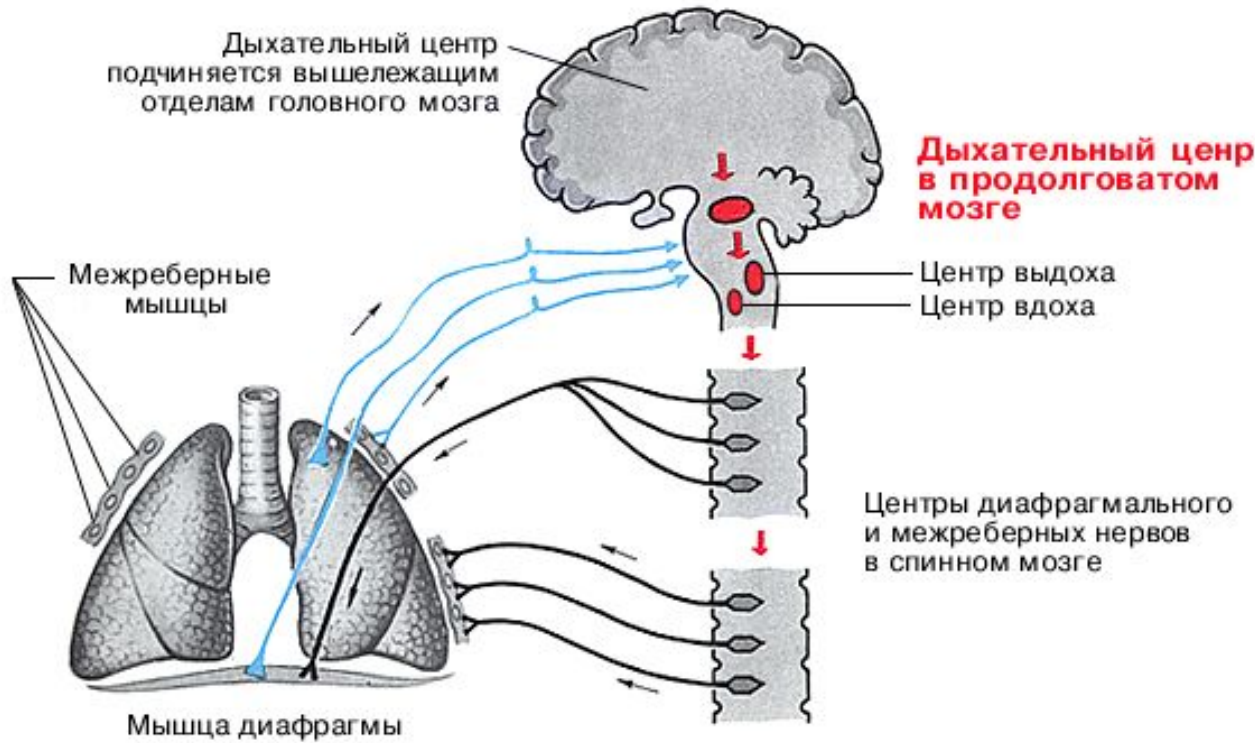
# Регуляция дыхания



В гуморальной регуляции дыхания принимают участие **хеморецепторы**, расположенные в сосудах и продолговатом мозге.

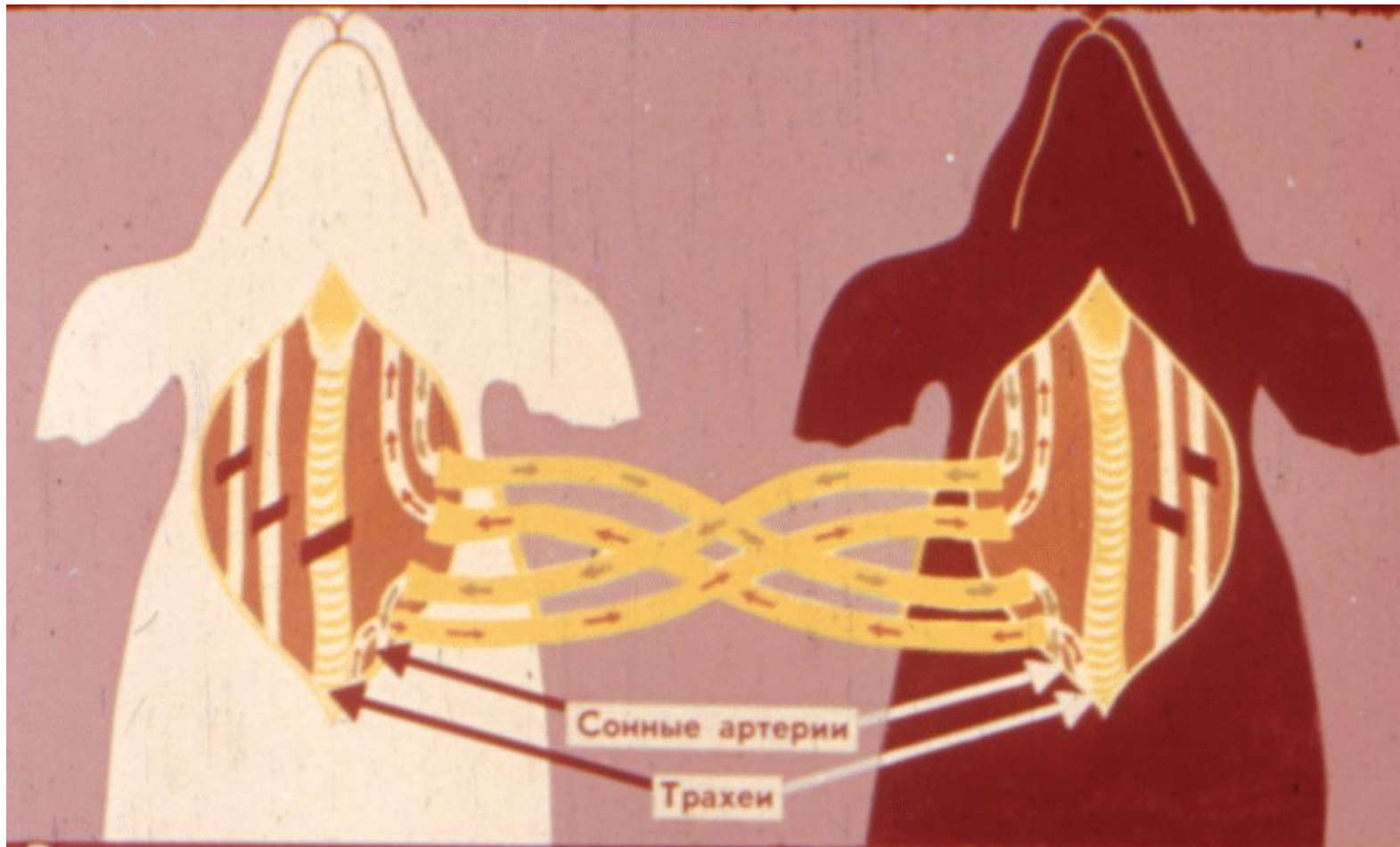
Периферические хеморецепторы находятся в стенке дуги аорты и каротидных синусов. Они реагируют на напряжение углекислого газа и кислорода в крови.

# Регуляция дыхания



Рецепторные нейроны продолговатого мозга чувствительны к катионам водорода. Рецепторы реагируют **на протоны**, которые накапливаются в межклеточной и спинномозговой жидкости в результате поступления в них углекислого газа. Под влиянием катионов водорода дыхание учащается и углубляется.

## Регуляция дыхания



Впервые влияние состава крови на деятельность дыхательного центра было доказано на опыте с перекрестным кровообращением.

Подумайте, как изменится дыхание у черной собаки, если у белой собаки зажать трахею?

Опыт с перекрестным кровообращением.



Рис. 56. Откачивание утопленника

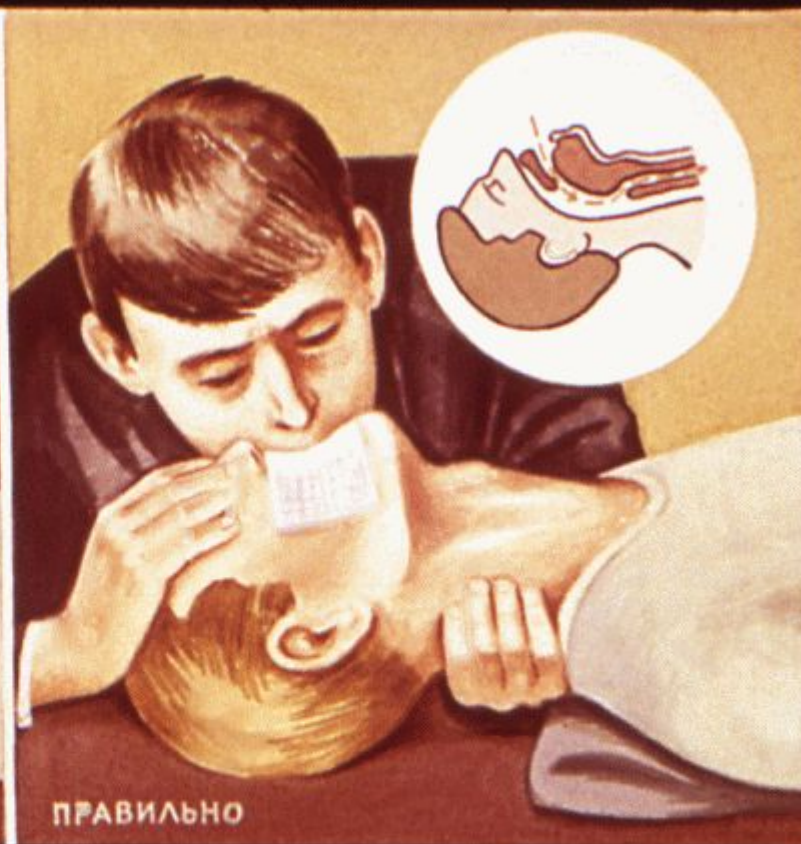


Рис. 57. Искусственное дыхание



Наиболее просто осуществлять дыхание «рот в рот» или «рот в нос». Пострадавшего кладут на спину, а под лопатки подкладывают валик из одежды. Голову откидывают назад так, чтобы шея с подбородком составляла одну линию.

Оказывающий помощь становится на колени сбоку от пострадавшего, поддерживая его голову за темя и под шею. Он сначала делает глубокий вдох, затем свой воздух выдыхает, нагнетая его в рот пострадавшего. Эта процедура осуществляется 12-20 раз в 1 мин. При этом губы спасателя должны плотно охватывать рот пострадавшего, чтобы предотвратить утечку воздуха. Выход воздуха через нос предотвращают, прижимаясь щекой к ноздрям пострадавшего. Если рот пострадавшего открыть не удастся, воздух закачивают через нос, зажимая рукой рот, чтобы воздух оттуда не выходил. Выдох у пострадавшего, как и при нормальном дыхании, осуществляется пассивно. Искусственное дыхание, не прерывая ни на минуту, производят до восстановления самостоятельного устойчивого дыхания.



**В случае нарушения или остановки дыхания применяют искусственное дыхание способом «изо рта в рот». При неправильном положении пострадавшего воздух в его легкие не поступит. Дыхание проводят ритмично с частотой 16—18 раз в мин.**

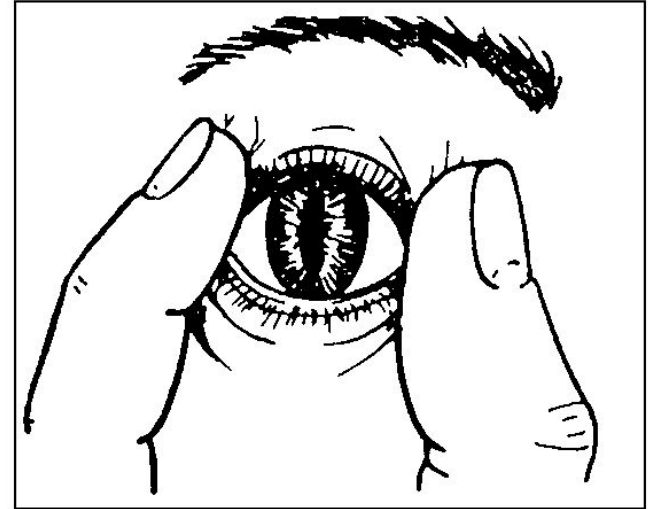


Высыхание роговицы  
«селёдочный блеск»



Деформация зрачка  
«кошачий зрачок»

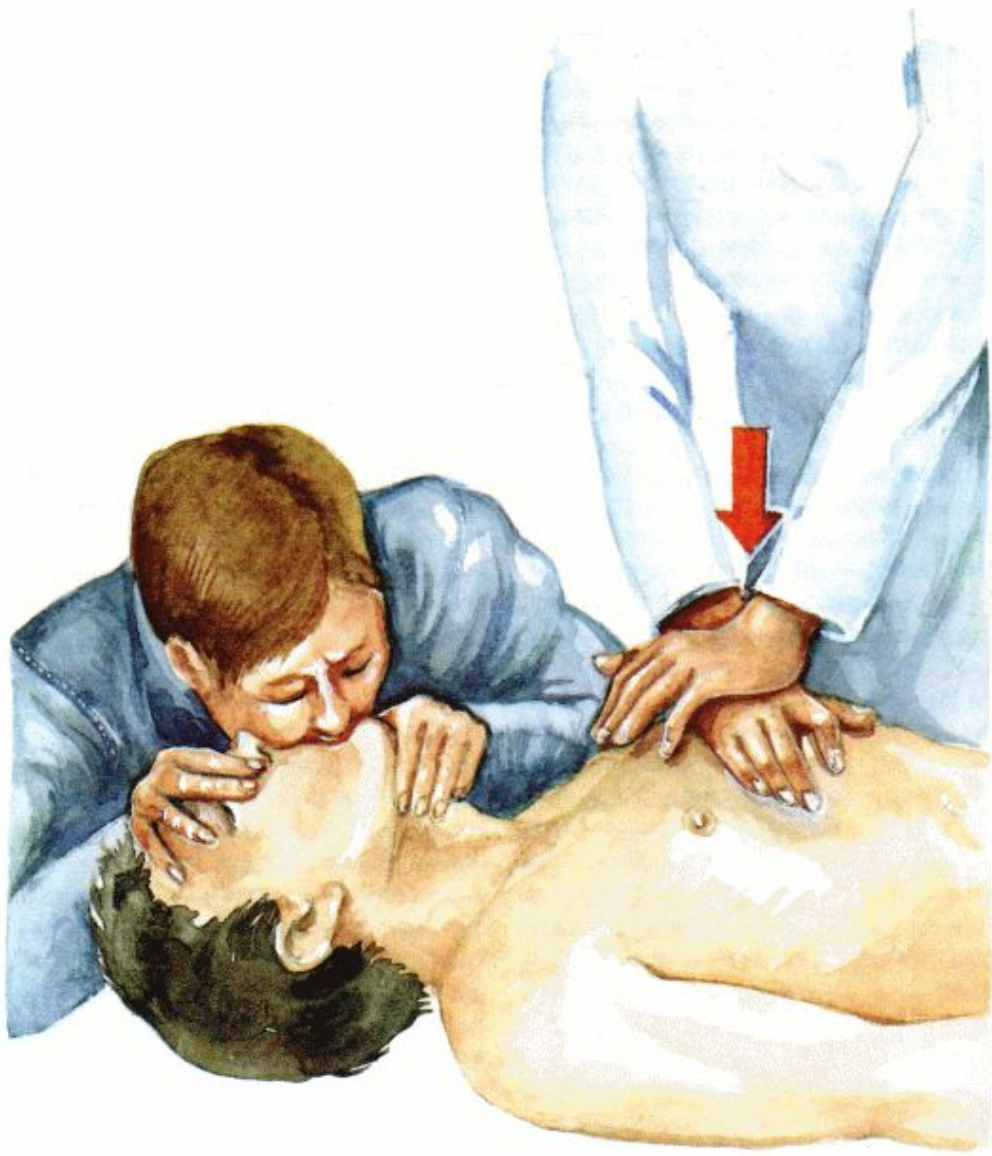
### ПРИЗНАК БИОЛОГИЧЕСКОЙ СМЕРТИ



Изменение формы зрачка – «кошачий зрачок» (симптом Белоглазова)

В результате несчастного случая (тяжелая травма, утопление, поражение электрическим током или молнией, тяжелое отравление и т.д.) у человека может произойти остановка сердца или как говорят медики **«состояние клинической смерти»**. Состояние клинической смерти длится обычно **4-5 минут**, затем в организме пострадавшего начинают развиваться необратимые процессы против которых медицина бессильна (**биологическая смерть**).





Если около пострадавшего находится один человек, он производит искусственное дыхание и массаж в следующем порядке: два-три вдувания через рот или нос, шесть-восемь нажатий на грудную клетку.

Если около пострадавшего находятся двое, то один производит искусственное дыхание, а второй – непрямой массаж сердца, надавливая на грудину на глубину 4 – 5 см. Необходимо повторять эти движения с частотой не менее 60 раз в 1 мин (1 сдвливание в 1 с), в следующем ритме: одно вдувание воздуха – пять массажных движений.

## Гигиена дыхания

Содержащийся в табаке никотин является сильным ядом для организма. Он оказывает вредное воздействие на все органы дыхательной системы, способствует сужению кровеносных сосудов. **Курящие люди значительно чаще болевают хроническим бронхитом, раком легких, туберкулезом и астмой.**

С одной затяжкой курящий вводит в свой организм десятки ядовитых веществ, содержащихся в табачном дыме. **При этом происходит гибель клеток реснитчатого эпителия, усиленное выделение слизи и воспаление голосовых связок.** При каждой затяжке нарушается обогащение крови кислородом: часть гемоглобина прочно соединяется с угарным газом и не может участвовать в нормальном дыхании. В результате клетки организма не получают необходимого количества кислорода и не могут избавляться от углекислого газа. Эти поначалу незаметные нарушения дыхания отражаются на нормальной работе многих физиологических систем организма курящего человека и являются причиной возникновения многих хронических болезней.



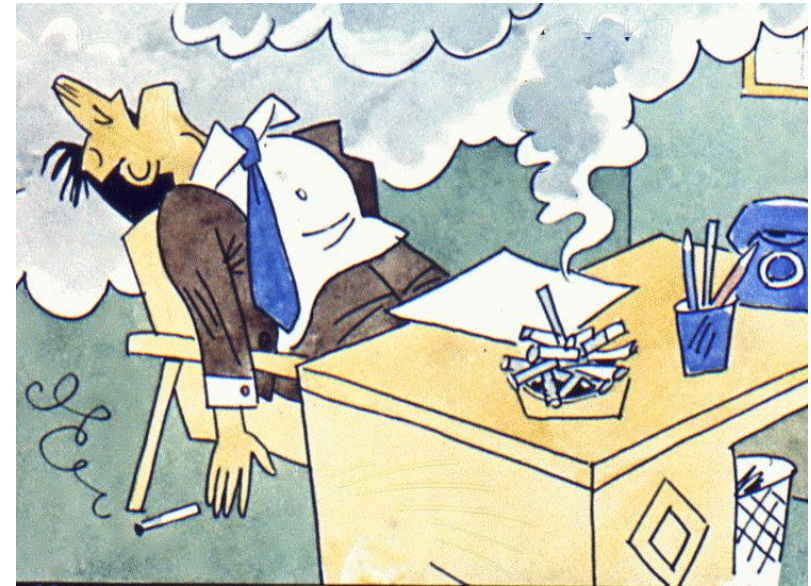
Что легче – воздух (29 г/моль), углекислый газ или угарный газ?

$M(\text{CO}_2) = 12 + 16 \times 2 = 44$  г/моль.

$M(\text{воздух}) = 29$  г/моль, углекислый газ в 1,5 раза тяжелее воздуха.

$M(\text{CO}) = 12 + 16 = 28$  г/моль, угарный газ легче воздуха.

## Гигиена дыхания



Благодаря тому, что **углекислый газ в 1,5 раза тяжелее воздуха**, он может накапливаться в нижней части замкнутых пространств, где идет интенсивное разложение органических веществ: в силосных ямах, бродильных чанах. В воздухе герметически закрытых помещений содержание углекислого газа тоже может возрастать до величин, опасных для человека. Этот газ возбуждает дыхательный центр. **Поэтому при повышении концентрации углекислого газа до 2-3% у человека углубляется и учащается дыхание, а при 4-5% появляются первые признаки отравления. При достижении концентрации 10-12% наступает быстрая потеря сознания и смерть.** Так как углекислый газ не имеет запаха, не вызывает раздражения дыхательных путей и вообще никак не ощущается, места его скопления являются коварными ловушками для всего живого.

## Подведем итоги:

Что обозначено цифрами 1 – 4?

*1 – дыхательный объем;*

*2 – дополнительный объем;*

*3 – резервный объем;*

*4 – остаточная емкость легких.*

Чему равен дыхательный объем легких, изображенных на рисунке?

*500 см<sup>3</sup>.*

Чему равен резервный объем легких?

*1500 см<sup>3</sup>.*

Чему равен дополнительный объем легких?

*1500 см<sup>3</sup>.*

Чему равен остаточный объем легких?

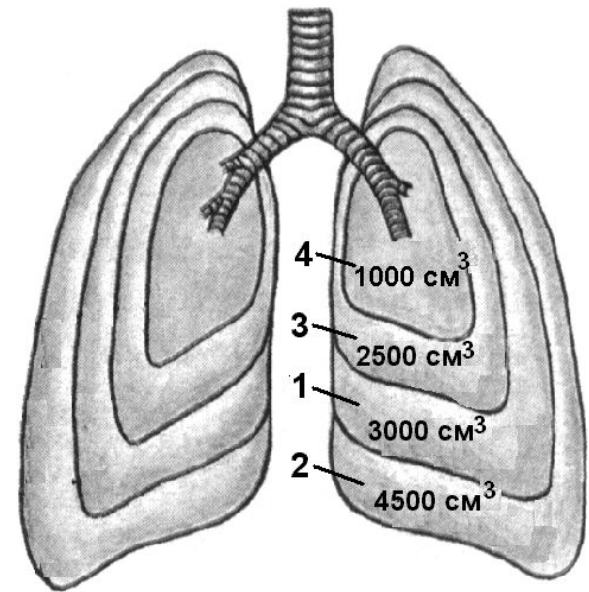
*1000 см<sup>3</sup>.*

Чему равна жизненная емкость легких?

*3500 см<sup>3</sup>.*

Чему равен объем «мертвого пространства»?

*150 см<sup>3</sup>.*



## *Подведем итоги. Верные суждения:*

Диафрагма относится к дыхательным мышцам.

*Да.*

Между легочной и пристеночной плеврой имеется плевральная полость, общая для обоих легких.

*Нет, каждое легкое в своей полости.*

Внутригрудное давление меньше атмосферного и обеспечивает растяжение легких при вдохе.

*Да.*

Дыхательный центр находится в промежуточном мозге, в его состав входит центр вдоха и центр выдоха.

*Нет.*

Гуморальная регуляция дыхания связана, в основном, с измерением количества кислорода в крови.

*Нет.*

В кровеносной системе имеются хеморецепторы, чувствительные к изменениям напряжения углекислого газа и кислорода в крови.

*Да.*

В альвеолах легких заложены механорецепторы растяжения и сжатия, обеспечивающие дыхательные рефлексы – при растяжении альвеол возбуждение активирует центр выдоха, при сжатии – центр вдоха.

*Да.*

## *Подведем итоги. Верные суждения:*

Жизненная емкость легких состоит из дыхательного (покойных вдох), резервного (глубокий выдох), дополнительного (глубокий вдох) и остаточного объемов.

*Нет, остаточный объем не входит в жизненную емкость легких.*

70% углекислого газа транспортируется в виде солей угольной кислоты – гидрокарбонатов калия и натрия.

*Да.*

Соединение углекислого газа с гемоглобином называется карбоксигемоглобином.

*Нет, карбогемоглобином.*

Газообмен в легких происходит в результате разности парциальных давлений газов и диффузии вследствие этой разности.

*Да.*

"Мертвое пространство" – это воздух, находящийся в дыхательных путях.

*Да.*

Объем мертвого пространства не входит в жизненную емкость легких и составляет около 140-150 мл.

*Да.*

Сокращения наружных межреберных мышц поднимают грудную клетку при вдохе.

*Да.*

## Олимпиадникам

Определите объем и массу кислорода, который потребляет организм человека за сутки, если количество кислорода, отданное тканям каждые 100 мл крови составляет 7 мл. Минутный объем выброшенной сердцем крови равен 5 литрам.

*1. Определим объем кислорода, отданный тканям за сутки:*

*Минутный объем выброшенной крови 5000 мл.*

*100 мл отдает – 7 мл O<sub>2</sub>*

*5000 мл \* 60 \* 24 отдает – x*

*x = 7 \* 5000 \* 60 \* 24 / 100 = 504 л.*

*2. Определим массу кислорода:*

*Моль любого газа – 22,4 л;*

*32 г (O<sub>2</sub>) – 22,4 л,*

*x г – 504 л. Отсюда x = 32 \* 504 / 22,4 = 720 г.*



## Олимпиадникам

В одном литре воздуха содержится 210 мл  $O_2$ . Сколько  $O_2$  содержится в литре выдыхаемого воздуха, если его массовая доля меньше на 0,04 чем во вдыхаемом воздухе.

*210 мл – 21%. 0,04 – 4%. 21 – 4 = 17% или 170 мл.*

Выдыхаемый воздух содержит 18% кислорода (на 3% меньше, чем вдыхаемый). Рассчитайте сколько кислорода потребляет ученик за 40 минут урока, если в минуту он делает 18 дыхательных движений, поглощая каждый раз по  $500 \text{ см}^3$  воздуха.

*Находим количество воздуха , поглощенного за 1 мин и за 40 мин:  $500 \times 18 \times 40 = 360\ 000 \text{ см}^3$ . 3% от этого объема приходится на поглощенный кислород –  $10\ 800 \text{ см}^3 = 10,8 \text{ л}$ .*

Ломоносова 2014 г.

Масса мышц 70-килограммового человека равна примерно 35 кг. Кровоток и потребление кислорода в покое практически равны и составляют 20% от общего для организма. Каково потребление кислорода (в г кислорода/100 г массы за мин), если считать, что мышцы утилизируют весь кислород из крови.

1. Определяем, сколько кислорода попало в мышцы за 1 минуту:

Потребление кислорода рассчитываем исходя из дыхательного объема 0,5 л /мин и частоты дыхания 16 вдохов-выдохов за минуту. Доля кислорода во вдыхаемом воздухе = 21%, в выдыхаемом = 16%. Отсюда количество поглощённого кислорода: 21% - 16% = 5% от прошедшего через лёгкие воздуха. За минуту через лёгкие проходит  $0,5 \cdot 16 = 8$  л воздуха, а значит поглощается  $8 \cdot 0,05 = 0,4$  л кислорода. Учитывая долю получаемой крови и потребляемого кислорода, потребление кислорода мышцами в покое =  $0,4 \cdot 0,2 = 0,08$  л.

2. Переведем в граммы:

32 г кислорода (1 моль) – это 22,4 л

X г – это 0,08 л

Следовательно,  $X = 0,11$  г  $O_2$  всеми мышцами в минуту.

3. Рассчитываем на 100 г массы:

35000 г - 0.107 г  $O_2$

100 г - X.  $(0,107 \text{ г} \times 100) / 35000 \text{ г} = 0,0003 \text{ г } O_2 / 100 \text{ г массы в минуту.}$

Ответ: 0,0003 г кислорода/100 г мышечной массы \*мин.

Масса мышц 70-килограммового человека равна примерно 35 кг. Кровоток и потребление кислорода в покое практически равны и составляют 20% от общего для организма. Каково потребление кислорода (в г кислорода/100 г массы за мин), если считать, что мышцы утилизируют весь кислород из крови.

1. Считаем количество кислорода, используемого организмом за минуту: 15 дыхательных движений по 0,5 л – 7,5 л воздуха, прошедшие за минуту. Кислорода стало на 5% меньше (21% - 16% = 5%)

7,5 л – 100%

x л – 5%.  $x = 0,375$  л кислорода попало в кровь.

2. Определяем количество кислорода, которое используют мышцы: Мышцы используют 20% от общего количества кислорода, отсюда  $0,375 \text{ л} \times 0,2 = 0,075$  л кислорода использовано мышцами.

3. Определяем массу 0,075 л кислорода:

Молярный объем газа 22,4л, масса  $O_2 = 32$ .

32 г – 22,4 л.

x г – 0,075 л.  $x = 0,107$  г кислорода на 35 кг массы.

4. Переводим на 100 г массы:

35 000 г – 0,107 г кислорода

100 г – x.  $x = 0,0003$  г.

Ответ: 0,0003 г кислорода на 100 г массы мышц.