

План

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания.
2. Основные этапы процесса дыхания.
3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха.
4. Объёмные характеристики внешнего дыхания.
5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Организм человека может нормально существовать только при постоянном поступлении энергии, необходимой для всех процессов жизнедеятельности.

Основным источником энергии является химическая энергия питательных веществ, которая освобождается в организме в результате окислительных процессов.

Поэтому организм человека нуждается в постоянном поступлении кислорода из окружающей среды.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

В результате окисления органических веществ в клетках образуется *углекислый газ*, который удаляется в окружающую среду.

Таким образом, **дыхание** – это совокупность процессов, которые обеспечивают поступление кислорода в организм, окисление субстратов в клетках и удаление, образовавшегося при этом углекислого газа из организма.

Дыхание осуществляется при помощи **органов дыхания**, которые представляют собой **воздухоносные пути** (носовая полость, глотка, гортань, трахея, бронхи) и **дыхательную часть** (лёгкие).

Носовая
полость

Ротовая
полость

Глотка

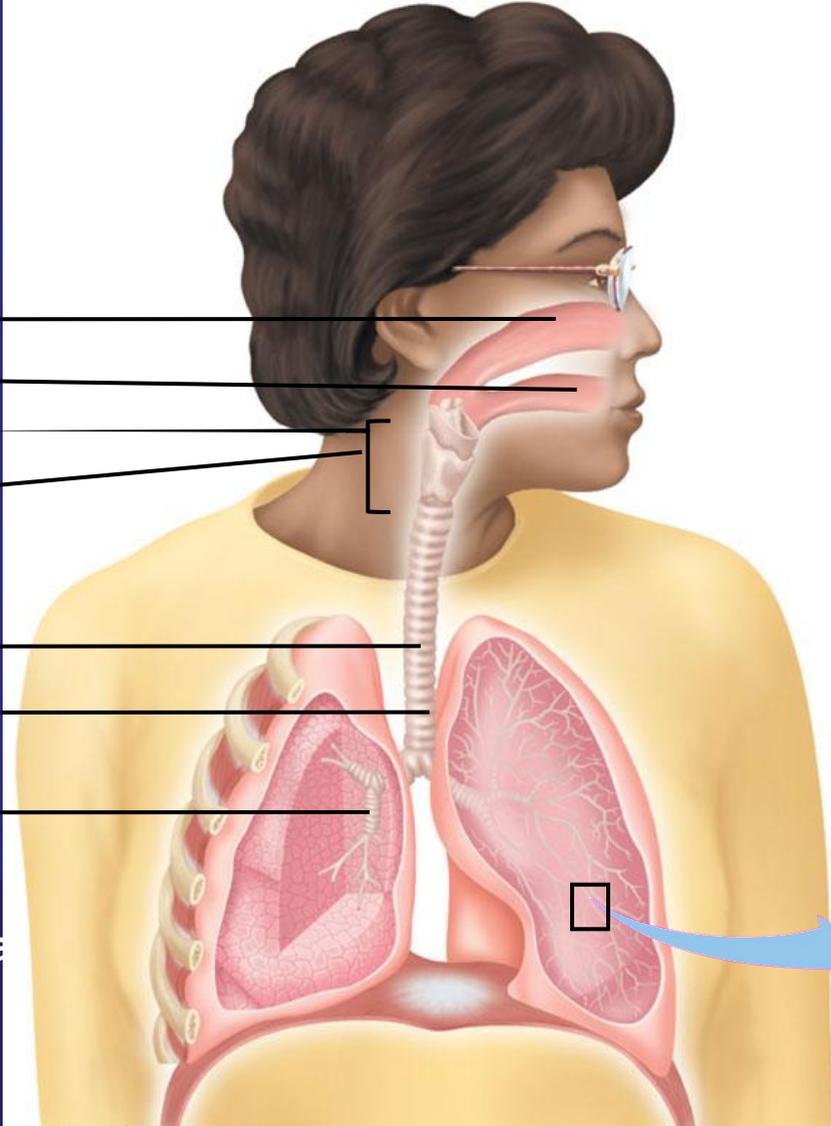
Гортань

Трахея

Хрящевые
кольца

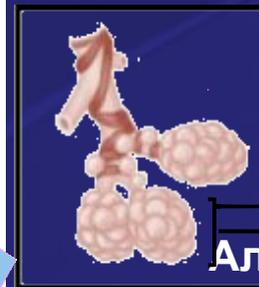
Правый
бронх

Бронхиола



Терминальные
бронхиолы

Респираторные
бронхиолы



Альвеолы

Терминальные
бронхиолы

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Особенностью *строения дыхательных путей* является наличие *хрящевого остова* (в результате стенки дыхательной трубки не спадаются) и *мерцательного эпителия*, выстилающего слизистую оболочку (его реснички колеблются по направлению движения выдыхаемого воздуха и изгоняют вместе со слизью инородные частицы, загрязняющие дыхательные пути).

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Полость носа образована *лицевыми костями* и хрящами и поделена носовой перегородкой на 2 симметричные половины, которые сообщаются с атмосферой через нос, а сзади – с глоткой при помощи хоан.

Слизистая оболочка содержит *слизистые железы*, секрет которых обволакивает частички пыли, увлажняет воздух и согревает его (слизистая оболочка богата поверхностно расположенными кровеносными сосудами). Носовая полость также выполняет функцию обоняния, так как слизистая оболочка выстлана обонятельным эпителием.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Из полости носа вдыхаемый воздух попадает в носоглотку, далее в ротовую часть глотки и затем в гортань.

Гортань находится на уровне IV-VI шейных позвонков. Она образована хрящами, соединёнными между собой суставами, связками и поперечно-полосатыми мышцами.

Внутреннюю поверхность гортани выстилает слизистая оболочка.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Сзади гортани находится *глотка*, с которой гортань сообщается при помощи отверстия, называемого входом в гортань. В *средней* части гортани находятся *голосовые связки*.

Вдыхаемый воздух вызывает их колебание, в результате чего появляются звуки различного тона и силы.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Внизу гортань переходит в *дыхательное горло* или *трахею*.

Трахея представляет собой хрящевую трубку (состоит из 15-20 гиалиновых хрящевых полуколец, соединённых кольцевыми связками) длиной 11-13 см, расположенной на уровне нижнего края VI шейного и IV-V грудного позвонков.

Здесь трахея делится на два **главных бронха** (правый и левый).

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Каждый из главных **бронхов** входит в ворота правого или левого лёгкого и разделяется (по числу основных долей лёгкого) на **долевые бронхи** (3 ветви - в правом и 2 ветви - в левом лёгком).

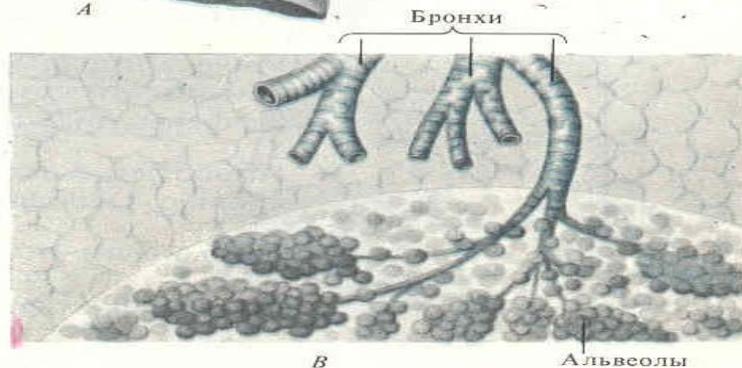
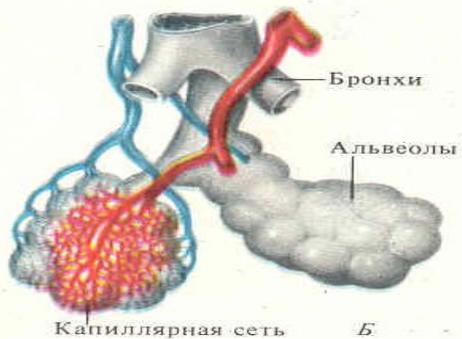
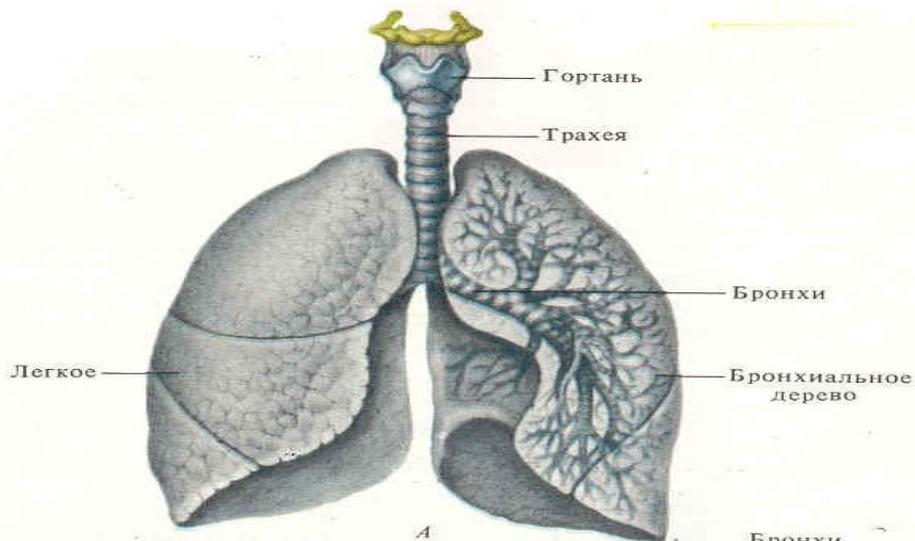
Эти крупные бронхиальные ветви разветвляются на более мелкие или сегментарные бронхи, которые, продолжая делиться, образуют **бронхиальное дерево**.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

По мере деления бронхов происходит уменьшение их калибра, уменьшение хрящевых пластин и увеличение мышечной пластинки слизистой. В мелких бронхах исчезают хрящевые пластинки и железы.

Лёгкие располагаются в грудной полости, по обеим сторонам от сердца. Имеют вид половины усечённого конуса, разрезанного пополам от вершины до основания. Основание обращено вниз и прилегает к диафрагме. Закруглённая верхушка лёгкого обращена вверх.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания



1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

На вогнутой поверхности, обращённой к средостению, находятся ворота лёгкого, куда входят бронхи, артерии и нервы и откуда выходят вены и лимфатические сосуды.

Наружная выпуклая поверхность лёгкого прилегает к рёбрам.

Правое лёгкое состоит из 3-х долей, отделённых междолевыми бороздами.

Левое - из 2-х долей, разделённых междолевой бороздой.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

Доли лёгкого состоят из сегментов, которые образованы дольками. *Морфологической и функциональной единицей* лёгкого является *ацинус* (12-18 ацинусов образуют одну лёгочную дольку).

Он начинается *респираторными бронхиолами*, которые переходят в разветвления *конечных бронхиол*.

Каждая *респираторная бронхиола* подразделяется на *альвеолярные ходы*, которые заканчиваются *альвеолярными мешочками*.

1. Дыхание, его значение. Органы дыхания

На стенках альвеолярных ходов и мешочков располагается несколько десятков альвеол.

Альвеолы имеют вид открытого пузырька и тесно примыкают друг к другу.

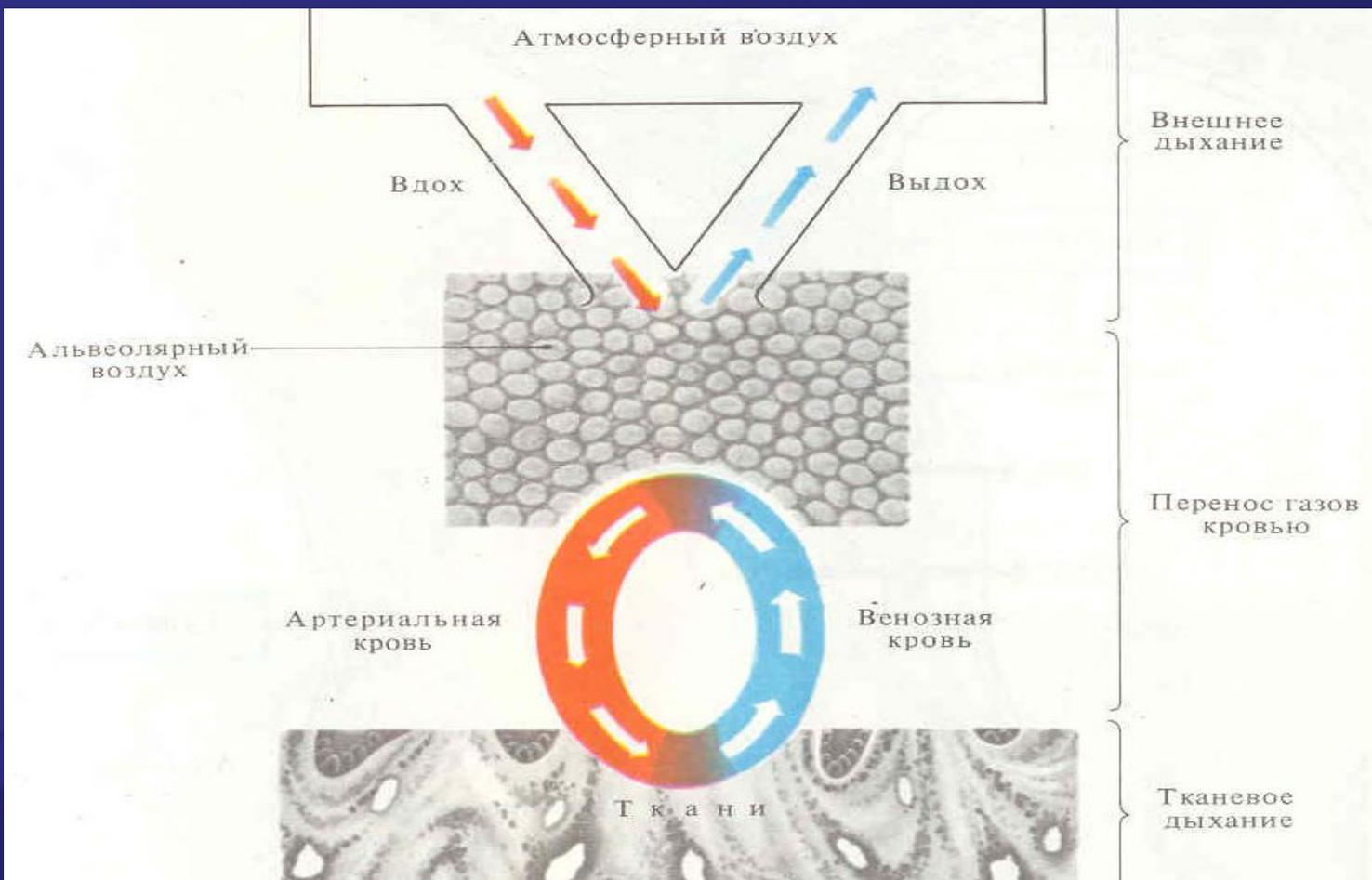
Ветви лёгочных артерий, сопровождая бронхиальное дерево, доходят до альвеол, где образуют капиллярную сеть. Альвеолярные капилляры собираются в посткапиллярные венулы, а затем в венулы, которые, сливаясь, образуют лёгочные вены. Такие морфологические особенности обеспечивают оптимальные условия для обмена газов между воздухом альвеол и кровью, протекающей в капиллярах.

2. Основные этапы процесса дыхания

Дыхание включает в себя следующие этапы:

1. **Внешнее дыхание** – обмен воздуха между внешней средой и альвеолами лёгких.
2. **Газообмен в лёгких** – газообмен между альвеолярным воздухом и кровью в лёгочных капиллярах.
3. **Транспорт газов кровью** – перенос газов кровью к тканям.
4. **Газообмен в тканях** – газообмен между кровью и тканями в тканевых капиллярах.
5. **Клеточное дыхание** – окисление органических веществ в клетках.

2. Основные этапы процесса дыхания



3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Внешнее дыхание включает в себя обмен воздуха между окружающей средой и лёгкими.

Атмосферный воздух, насыщенный кислородом, поступает в лёгкие через *воздухоносные пути* во время *вдоха*.

При выдохе альвеолярный воздух, насыщенный углекислым газом, удаляется по тем же путям в окружающую среду.

Вдох обеспечивается сокращением ***инспираторных дыхательных мышц.***

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Различают основные и вспомогательные дыхательные мышцы.

К **основным** относят диафрагму и межрёберные мышцы, обеспечивающие вентиляцию лёгких в физиологических условиях.

К **вспомогательным** относятся мышцы шеи, часть мышц верхнего плечевого пояса, мышцы брюшного пресса, принимающие участие в форсированном вдохе или выдохе в обстоятельствах, затрудняющих вентиляцию лёгких.

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

В результате сокращения *наружных косых межрёберных и межхрящевых мышц* рёбра поднимаются вверх, разворачиваясь вокруг оси, отходят в стороны, грудина отходит вперед.

Объём грудной клетки увеличивается во *фронтальном и сагиттальном* направлениях.

Диафрагма, сокращаясь, *уплощается* (опускается вниз) и объём грудной клетки увеличивается в *вертикальном* направлении.

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Листки плевры следуют за грудной клеткой и диафрагмой (*париетальный* листок плотно спаян со стенкой грудной клетки и диафрагмой, *висцеральный* – с тканью лёгкого, между ними действуют молекулярные силы сцепления, прижимающие их друг к другу).

В результате *лёгкие пассивно* следуют за увеличивающейся в размерах *грудной клеткой* и **объём лёгких увеличивается, внутрилёгочное давление падает.**

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Атмосферное давление становится **больше внутрилёгочного** и по градиенту давлений происходит пассивное **заполнение лёгких воздухом**.

*Чем больше градиент давлений (определяется степенью сокращения дыхательной мускулатуры, а, следовательно, и степенью увеличения объёма грудной клетки), тем **большой объём воздуха** поступает в лёгкие.*

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Выдох наступает в результате **расслабления дыхательной мускулатуры рёбра** (в силу тяжести) опускаются вниз, грудина возвращается назад, диафрагма вновь принимает куполообразную форму (под давлением брюшных органов).

Объём грудной клетки уменьшается (во **фронтальном, сагиттальном и вертикальном направлениях**).

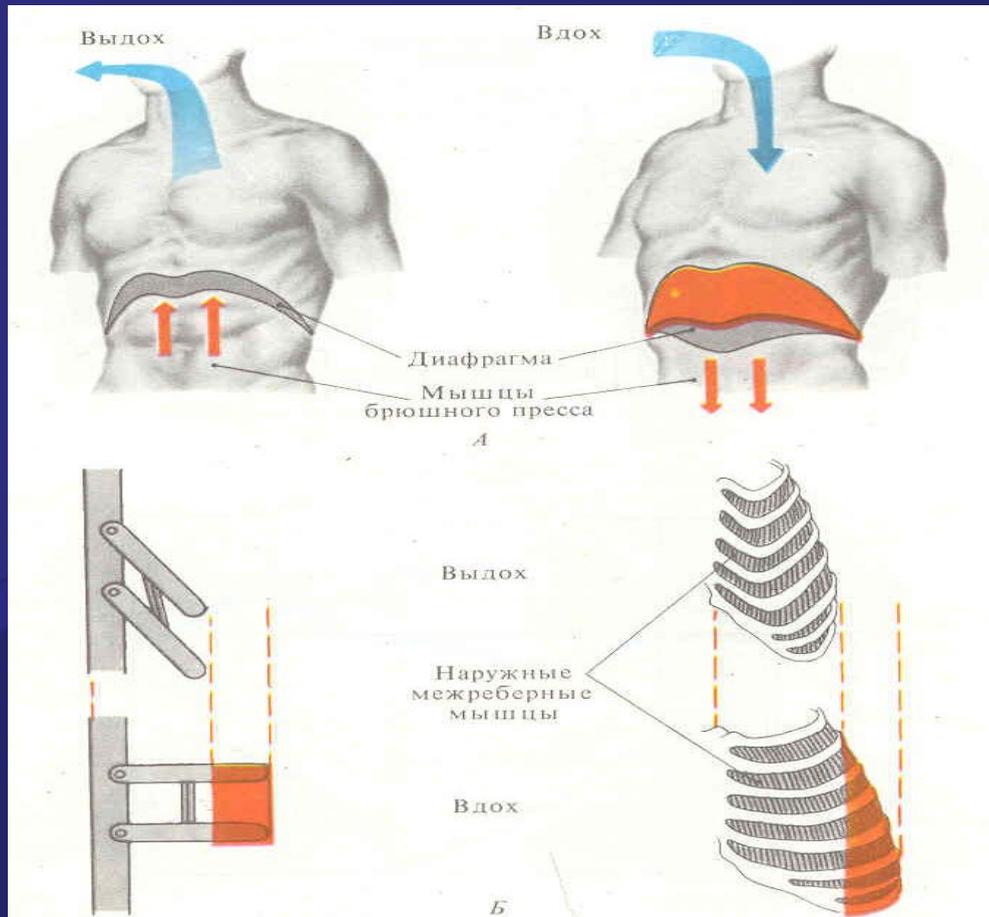
Листки плевры следуют за *грудной клеткой и диафрагмой*.

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Объём лёгких уменьшается, внутрилегочное давление увеличивается, становится больше атмосферного и по градиенту давлений воздух выходит из лёгких.

Следовательно, спокойный вдох – активный процесс, а спокойный выдох – пассивный.

3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха



3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Давление в плевральной полости всегда ниже атмосферного - **отрицательное давление**.

Величина отрицательного давления в плевральной полости:

к концу максимального выдоха - 1-2 мм рт. ст.,

к концу спокойного выдоха - 2-3 мм рт. ст.,

к концу спокойного вдоха - 5-7 мм рт. ст.,

к концу максимального вдоха - 15-20 мм рт. ст.

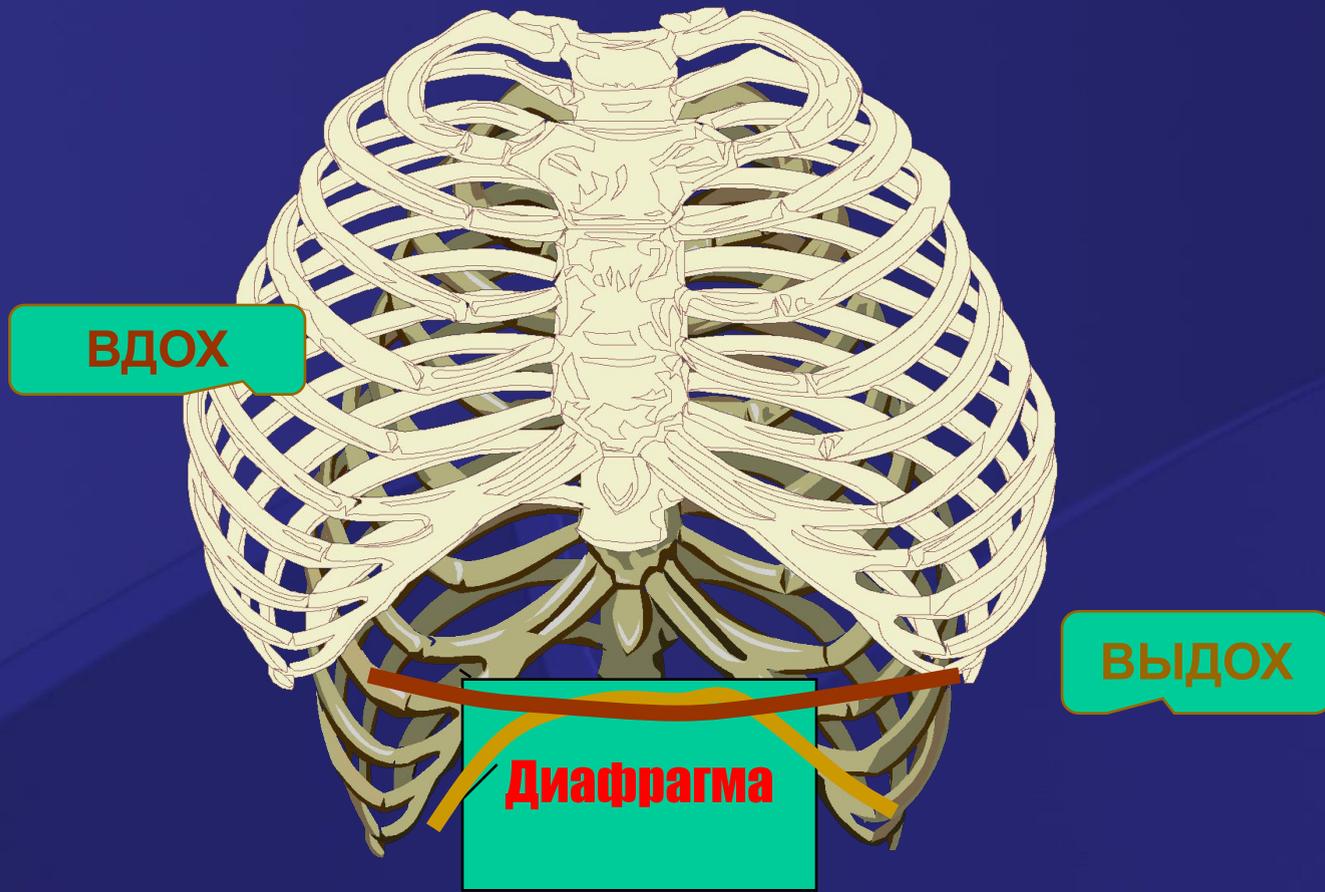
3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха

Отрицательное давление в плевральной полости обусловлено так называемой **эластической тягой лёгких - силой**, с которой лёгкие постоянно стремятся уменьшить свой объём.

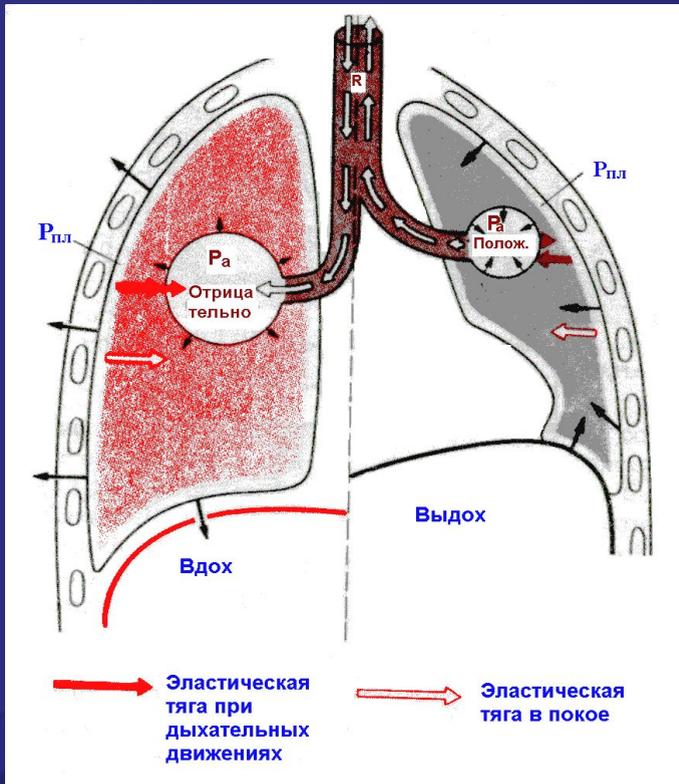
Эластическая тяга лёгких обусловлена:

- 1) поверхностным натяжением плёнки жидкости, покрывающей внутреннюю поверхность альвеол;
- 2) упругостью ткани стенок альвеол вследствие наличия в них эластических волокон;
- 3) тонусом бронхиальных мышц.

Изменения формы грудной клетки при вдохе и выдохе



3. Дыхательный цикл. Механизм вдоха и выдоха



Транспульмональное давление:

$$P_{\text{трп}} = P_{\text{альв}} - P_{\text{плевр}}$$

На вдохе $P_{\text{плевр}} = -9 \text{ мм Нг}$

Перед вдохом $P_{\text{плевр}} = -3 \text{ мм Нг}$

На выдохе $P_{\text{плевр}} = +4-10 \text{ мм Нг}$

Трансреспираторное давление:

$$P_{\text{трр}} = P_{\text{альв.}} - P_{\text{внешн.}}$$

На вдохе: $P_{\text{трр}} = 756 - 760 = -4 \text{ мм Нг}$

На выдохе: $P_{\text{трр}} = 764 - 760 = +4 \text{ мм Нг}$

Эластическая тяга дыхания = эластическая тяга лёгких + эластическая тяга грудной клетки

4. Объёмные характеристики внешнего дыхания

Движение воздуха в лёгких во время дыхания называют лёгочной вентиляцией. Она характеризуется минутным объёмом дыхания.

Минутный объём дыхания (МОД) – это то количество воздуха, которое проходит через лёгкие за одну минуту.

МОД зависит от величин **дыхательного объёма** и **частоты дыханий** в минуту.

Дыхательный объём – это то количество воздуха, которое поступает в лёгкие при одном спокойном вдохе.

4. Объёмные характеристики внешнего дыхания

Его величина, в среднем, составляет 500 мл, частота дыханий за минуту равна 12-16 и, следовательно, минутный объём дыхания, в среднем, составляет 6-8 л.

Однако, не весь воздух, поступивший в органы дыхания, принимает участие в газообмене. Часть воздуха заполняет воздухоносные пути (гортань, трахею, бронхи, бронхиолы) и не доходит до альвеол, поскольку при выдохе первым покидает организм.

4. Объёмные характеристики внешнего дыхания

Этот воздух получил название – **воздух вредного пространства**. Его объём, в среднем, составляет 140-150 мл. Поэтому вводится понятие эффективная лёгочная вентиляция.

Это то количество воздуха за одну минуту, которое принимает участие в газообмене.

Эффективная лёгочная вентиляция при одном и том же минутном объёме дыхания может быть различной. Так, чем больше дыхательный объём, тем меньше относительный объём воздуха вредного пространства. Поэтому редкое и глубокое дыхание более эффективно для снабжения организма кислородом, так как вентиляция альвеол увеличивается.

4. Объёмные характеристики внешнего дыхания

*Характеризует резервные возможности внешнего дыхания **жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ)**.*

Это тот объём воздуха, который человек максимально может вдохнуть после максимального глубокого выдоха. В среднем это величина составляет **3500 мл**. Чем выше жизненная ёмкость, тем лучше снабжается организм кислородом. Жизненная ёмкость лёгких, как правило, выше у мужчин и у физически тренированных лиц.

Легочные объёмы и ёмкости

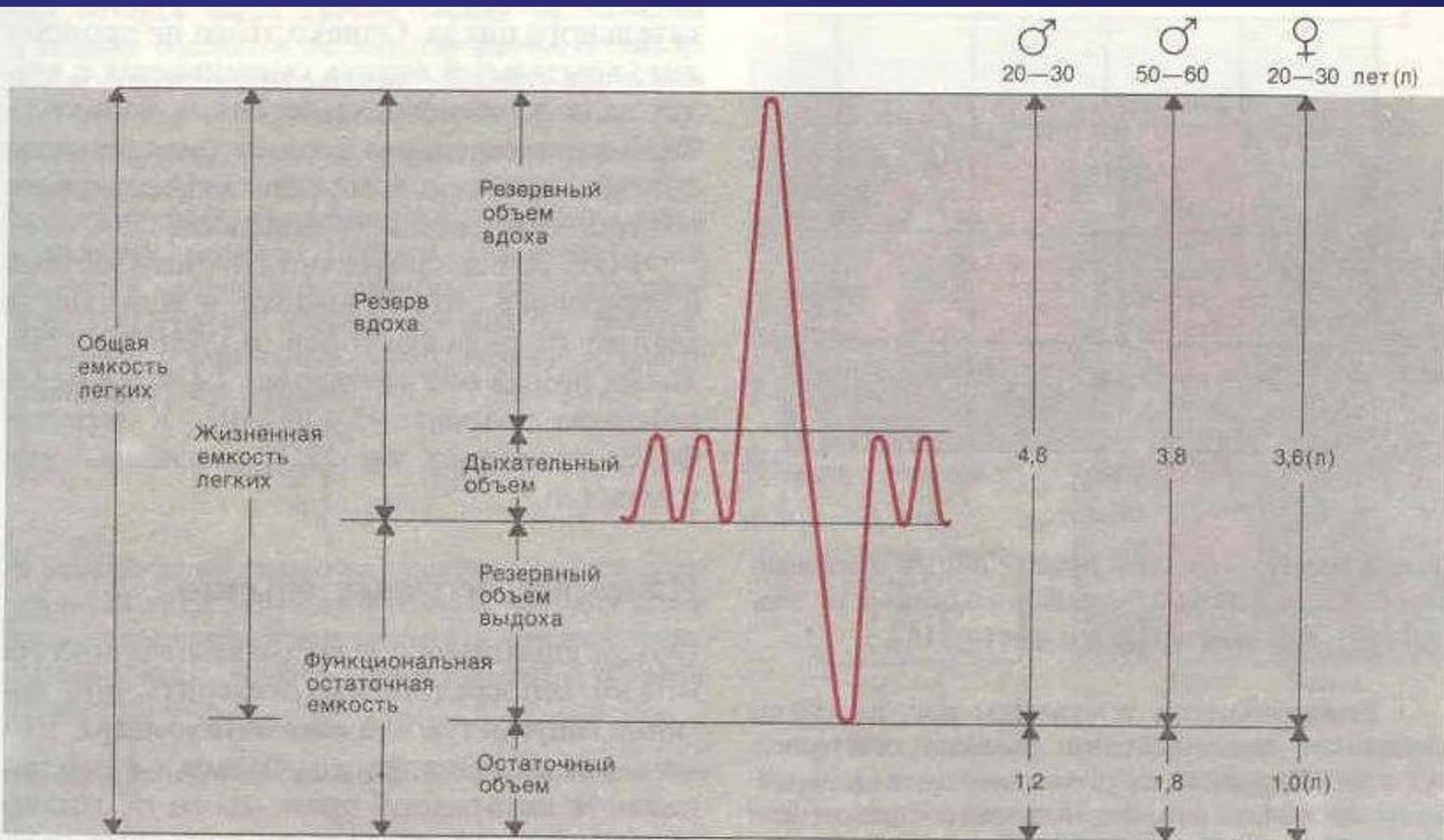
Лёгочные объёмы:

1. Дыхательный объём (ДО) = 500 мл
2. Резервный объём вдоха ($PO_{\text{вдоха}}$) = 1500-2500 мл
3. Резервный объём выдоха ($PO_{\text{выдоха}}$) = 1000 мл
4. Остаточный объём (ОО) = 1000 -1500мл

Лёгочные ёмкости:

- общая ёмкость лёгких (ОЕЛ) = (1+2+3+4) = 4-6 литров
- жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ) = (1+2+3) = 3,5-5 литров
- функциональная остаточная ёмкость лёгких (ФОЕ) = (3+4) = 2-3 литра
- ёмкость вдоха (ЕВ) = (1+2) = 2-3 литра

4. Объёмные характеристики внешнего дыхания



5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

В лёгких совершается обмен O_2 и CO_2 между воздухом и кровью. Этот обмен происходит благодаря разнице парциального давления газов в альвеолярном воздухе и в крови, протекающей в капиллярах лёгких.

Диффузия газов из окружающей среды в жидкость подчиняется законам движения газов.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Если над жидкостью находится смесь газов, то каждый газ растворяется в жидкости соответственно его парциальному давлению, то есть тому давлению, которое приходится на его долю от общего давления смеси газов. Парциальное давление пропорционально содержанию каждого газа в смеси.

При **атмосферном** давлении 760 мм рт. ст. и температуре 22 °С парциальное давление кислорода воздуха умеренной влажности составляет 21 % от 760 мм рт. ст. и равно 159 мм рт. ст.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

В тех же условиях парциальное давление углекислого газа составляет 0,03 % от 760 мм рт. ст. и равно 0,23 мм рт. ст.

Остальная часть атмосферного давления приходится на азот, пары воды и инертные газы.

В альвеолярном воздухе содержится O_2 – 14 %, CO_2 – 6 % и присутствует *большее количество воды.*

Поэтому здесь парциальное давление $O_2 = 105$, а $pCO_2 = 40$ мм рт. ст.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Парциальное давление газов в крови называется их *напряжением*.

Оно также пропорционально содержанию газа в крови.

Альвеолярный воздух непосредственно не соприкасается с кровью, так как отделён от неё тканевыми мембранами.

Однако анатомо-физиологические особенности лёгких создают благоприятные условия для газообмена.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

В притекающей к альвеолам лёгких венозной крови pO_2 ниже, чем в альвеолярном воздухе, и не превышает 40 мм рт. ст., а pCO_2 , наоборот, выше и равно 46 мм рт. ст.

Благодаря градиенту давлений происходит диффузия CO_2 из венозной крови в альвеолярный воздух и O_2 - наоборот, из альвеол в кровь.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

В оттекающей от альвеол *артериальной крови* парциальное напряжение O_2 составляет 100 мм рт. ст. и pCO_2 - 40 мм рт. ст.

Артериальная кровь направляется к *тканям*, где в процессе *тканевого дыхания* происходит утилизация O_2 и образование CO_2 .

В результате pO_2 в тканях снижается до 20 мм рт. ст., а pCO_2 увеличивается до 60 мм рт. ст.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Возникший градиент давлений обеспечивает переход O_2 из артериальной крови в ткани и, наоборот, CO_2 - от тканей в кровь образовавшаяся **венозная кровь** направляется к альвеолам лёгких, где она вновь отдаёт CO_2 и обогащается кислородом.

После газообмена в альвеолах воздух проходит через воздухоносные пути и смешивается с воздухом вредного пространства, который не принимает участия в газообмене.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Поэтому *выдыхаемый воздух* отличается от *альвеолярного* большим содержанием O_2 (16 %) и меньшим содержанием CO_2 (4 %)

Таким образом, для парциальных напряжений как O_2 , так и CO_2 существует **артерио-венозная разница**, которая характеризует различия в парциальных напряжениях газов в притекающей к тканям артериальной крови и оттекающей от них венозной крови.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Величина артерио-венозной разницы определяет степень утилизации O_2 тканями и образование CO_2 .

Эта величина также зависит от общего содержания O_2 и CO_2 в организме.

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Атмосферный воздух:

O_2 — 20,93 %

CO_2 — 0,03 %

Альвеолярный воздух:

O_2 — 14 %

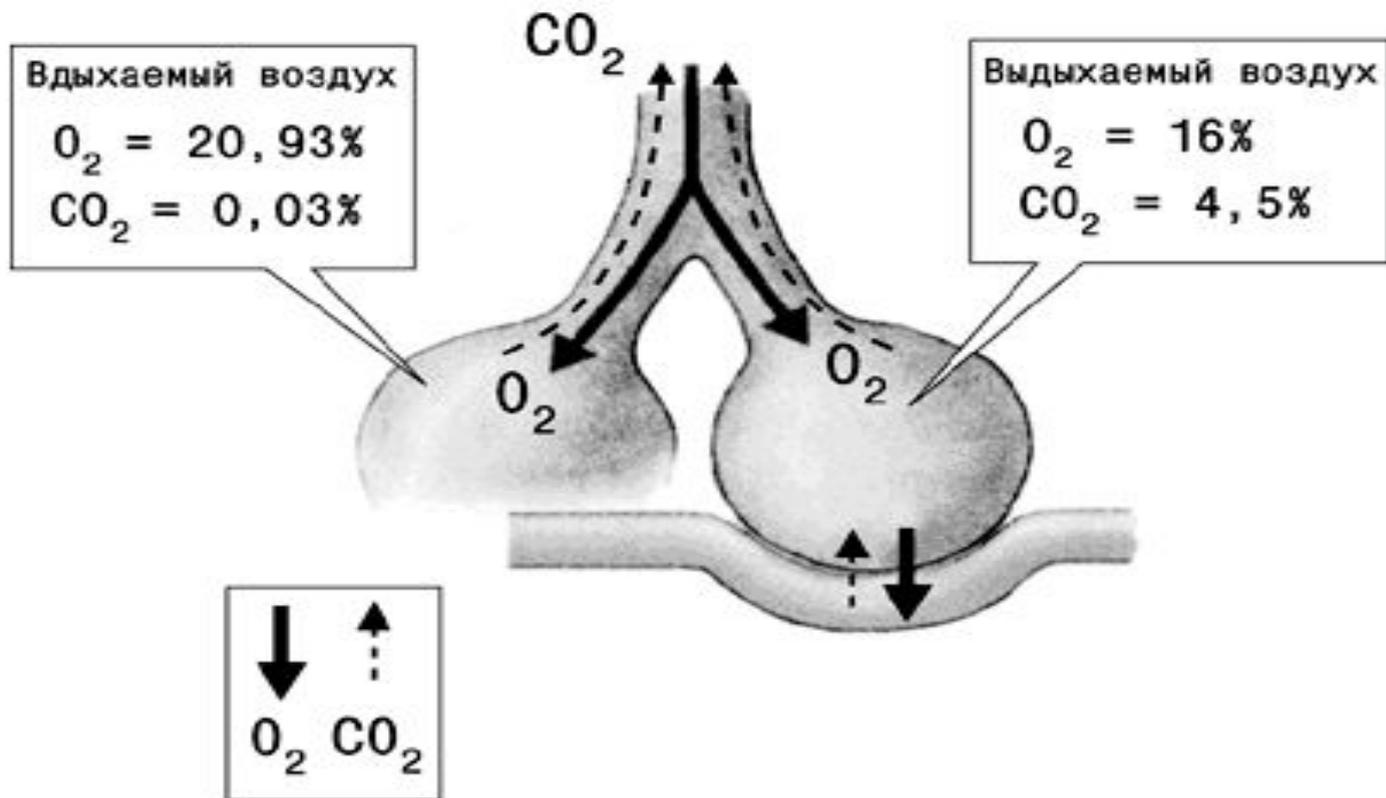
CO_2 — 6 %

Выдыхаемый воздух:

O_2 — 16 %

CO_2 — 4,5 %

5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности



5. Газообмен в лёгких, его физические и биологические закономерности

Атмосферный воздух:

$pO_2=159$ мм рт. ст., $pCO_2=0,23$ мм рт. ст.

Альвеолярный воздух:

$pO_2=105$ мм рт. ст., $pCO_2=40$ мм рт. ст.

Венозная кровь:

$pO_2=40$ мм рт. ст., $pCO_2=46$ мм рт. ст.

Артериальная кровь:

$pO_2=100$ мм рт. ст., $pCO_2=40$ мм рт. ст.

Ткани:

$pO_2=20$ мм рт. ст., $pCO_2=60$ мм рт. ст.

Альвеолярный воздух:

$pO_2=105$ мм рт. ст., $pCO_2=40$ мм рт. ст.

Спасибо за внимание!

