

АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ.

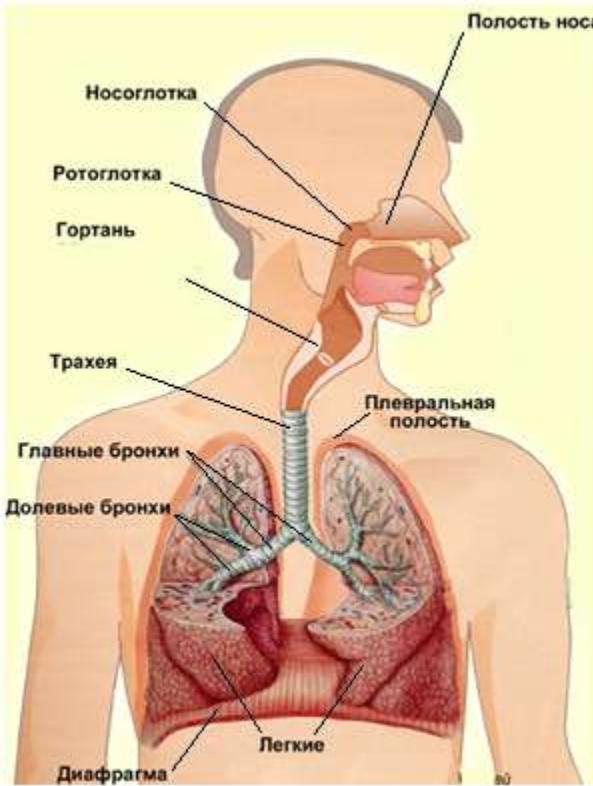
Обмен кислорода ( $O_2$ ) и углекислоты ( $CO_2$ ) между организмом и средой называется дыханием.

Дыхание - сложный биологический процесс, обеспечивающий доставку кислорода тканям, использование его в процессе метаболизма и удаление образующегося CO<sub>2</sub> из организма.

У человека дыхание осуществляется благодаря ряду последовательных процессов:

- 1) обмен газов между средой и легкими (легочная вентиляция);
- 2) обмен газов между альвеолами легких и кровью (легочное дыхание);
- 3) обмен газов между кровью и тканями(клеточное дыхание).

Дыхательная система объединяет органы, которые выполняют воздухоносную и дыхательную, или газообменную, функции.



## **Легкие**

Легкие представляют собой важнейшую структуру, осуществляющую физиологическую связь организма с окружающей средой

Легкие имеют вид губчатых, конусовидных образований, лежащих в обеих половинах грудной полости.

Наименьший структурный элемент легкого — долька состоит из конечной бронхиолы, ведущей в легочную бронхиолу и альвеолярный мешок. Стенки легочной бронхиолы и альвеолярного мешка образуют углубления — альвеолы. Стенки альвеол состоят из одного слоя эпителиальных клеток типа I и окружены легочными капиллярами.

## **Плевра**

Каждое легкое окружено мешком, образованным серозной оболочкой — плеврой.

Наружный ( pariентальный ) листок плевры прымыкает к внутренней поверхности грудной стенки и диафрагме, внутренний ( висцеральный ) покрывает легкое.

Щель между листками называется плевральной полостью. При движении грудной клетки внутренний листок обычно легко скользит по наружному. Давление в плевральной полости всегда меньше атмосферного (отрицательное). В условиях покоя внутриплевральное давление у человека в среднем на 4,5 торр ниже атмосферного (—4,5 торр).

## **Грудная полость**

Грудная полость ограничена сзади первыми десятью грудными позвонками, последние два грудных позвонка функционально относятся к брюшной полости и не принимают активного участия в дыхании.

Переднюю стенку грудной клетки образует грудина.

Боковая стенка грудной клетки образована ребрами и реберными хрящами.

Каждое ребро наклонено вниз от уровня своего сочленения с позвонком и прикреплено к грудине ниже.

Пространства между ребрами называется межреберным.

## **Дыхательные мышцы**

Мышцы, сокращения которых изменяют объем грудной клетки:

- мышцы, направляющиеся от головы, шеи, рук и некоторых верхних грудных и нижних шейных позвонков, а также наружные межреберные мышцы, соединяющие ребро с ребром, приподнимают ребра и увеличивают объем грудной клетки.
- диафрагма — это главная мышца, участвующая в нормальном вдохе.
- При усиленном вдохе сокращаются дополнительные группы мышц.
- При усиленном выдохе участвуют мышцы, прикрепленные между ребрами (внутренние межреберные мышцы) к ребрам и нижним грудным и верхним поясничным позвонкам, а также мышцы брюшной полости, они опускают ребра и прижимают брюшные органы к расслабившейся диафрагме, уменьшая таким образом емкость грудной клетки.

Во время вдоха дыхательные мышцы человека преодолевают ряд сил:

- 1) тяжесть приподнимаемых кверху ребер;
- 2) эластическое сопротивление реберных хрящей;
- 3) сопротивление стенок живота и брюшных внутренностей, отдавливаемых книзу опускающимся куполом диафрагмы.

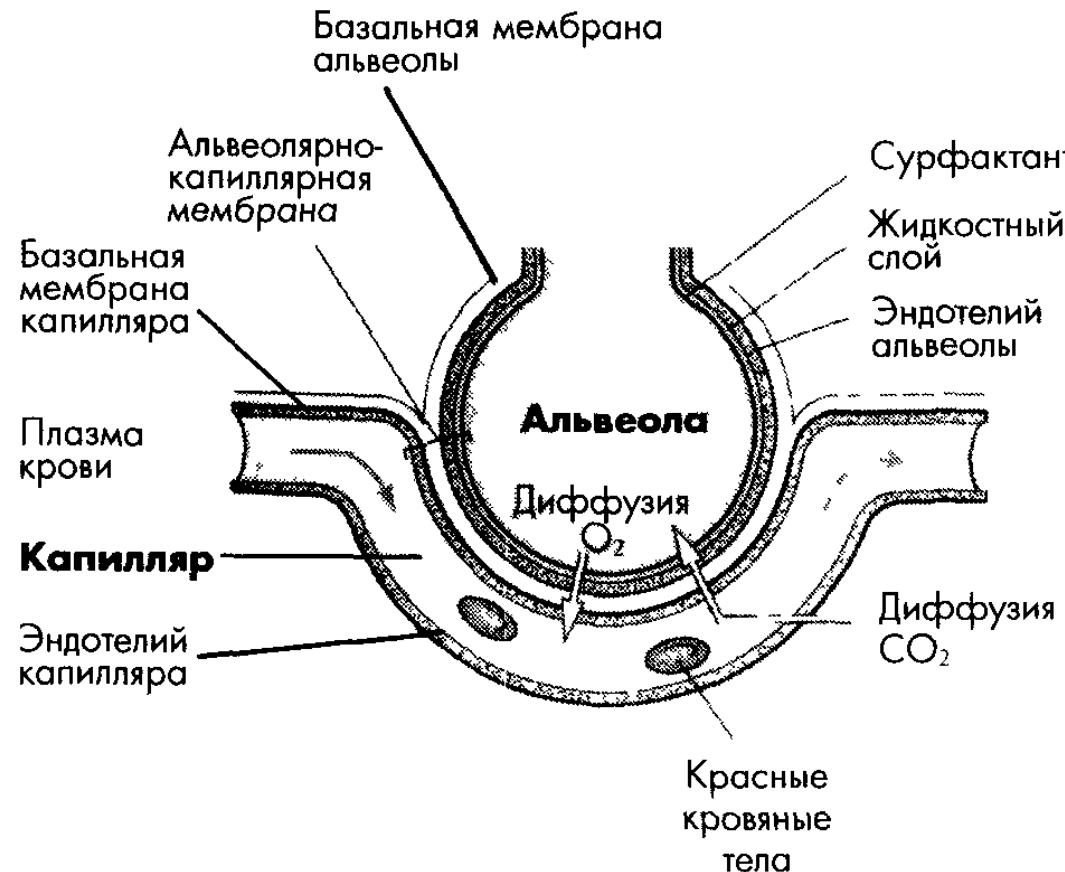
## **Механизм вдоха**

Акт вдоха (инспирация) совершается вследствие увеличения объема грудной полости в трех направлениях — вертикальном, сагиттальном и фронтальном. Это происходит вследствие поднятия ребер и опускания диафрагмы.

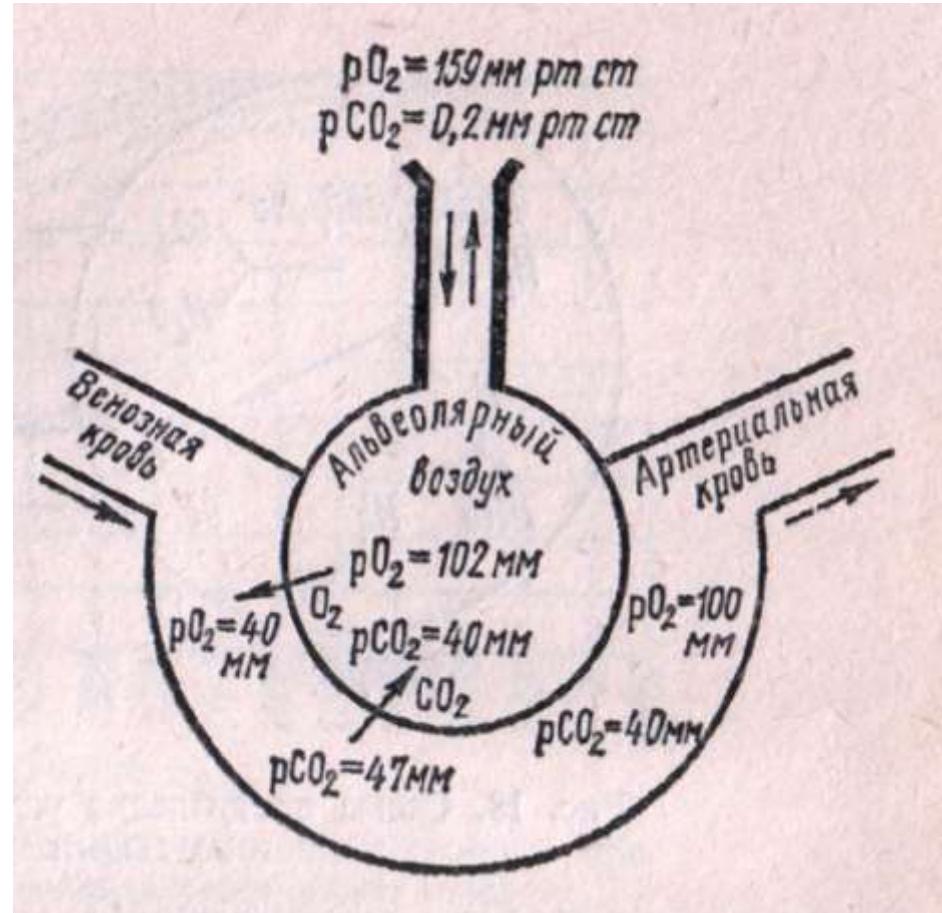
- в состоянии выдоха ребра опущены вниз;
- в состоянии вдоха — ребра принимают более горизонтальное положение, поднимаясь кверху; при этом нижний конец грудины отходит вперед.

Во время вдоха диафрагма сокращается, в результате чего ее купол становится более плоским и опускается.

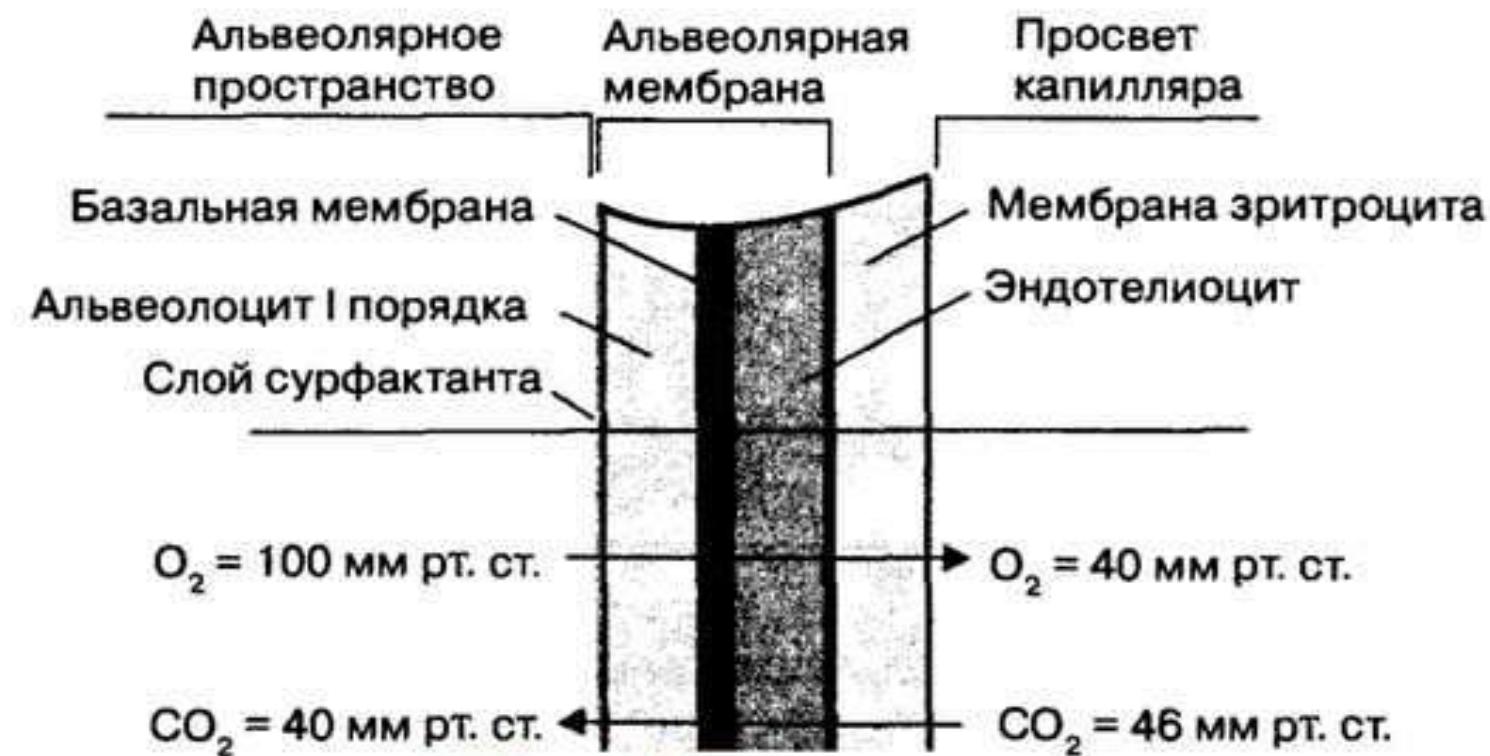
Основная функция органов дыхания – обеспечение газообмена между воздухом и кровью путем диффузии кислорода и углекислого газа через стенки легочных альвеол в кровеносные капилляры.



При диффузии молекулы перемещаются из области их высокой концентрации в область низкой концентрации за счет их собственной кинетической энергии.



Перемещаться путем диффузии молекулы могут лишь на малые расстояния. При переносе веществ на большие расстояния используются различные системы вентиляции и транспорта газов.



## **Механизм выдоха**

Дыхательные мышцы расслабляются, ребра опускаются, купол диафрагмы приподнимается. Объем грудной клетки вследствие этого уменьшается. Таким образом, акт выдоха (экспирация) происходит обычно пассивно, без участия мышц.

При форсированном выдохе к перечисленным силам, уменьшающим объем грудной клетки, присоединяется сокращение внутренних межреберных мышц, задних нижних зубчатых мышц и мышц живота.

При сокращении внутренних межреберных мышц, ребра опускаются.

Мышцы живота при их сокращении оттесняют органы брюшной полости и купол диафрагмы вверху.

При выдохе объем грудной клетки, а, следовательно, и легких, уменьшается, давление в альвеолах повышается и воздух выходит из легких наружу.

Для того, чтобы воздух вошел в легкие, должны быть преодолены:

- эластическое сопротивление;
- сопротивление воздушного потока в трахео-бронхиальном дереве;
- сопротивление неэластичных тканей (например ребер).

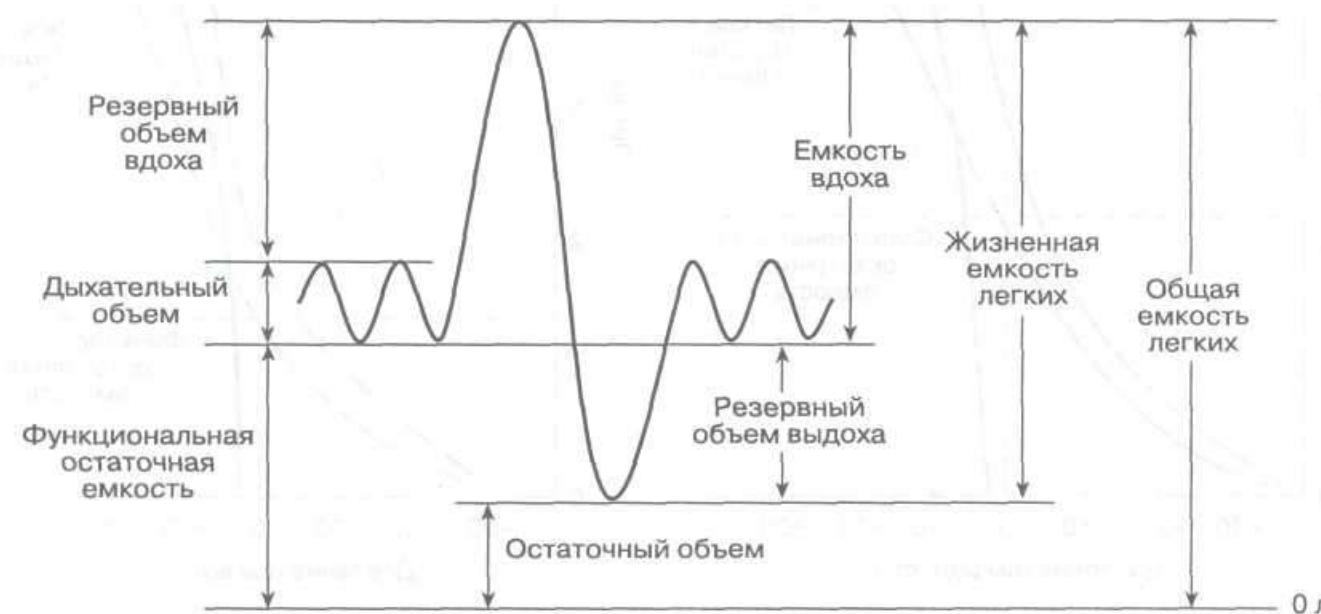
Расширение легких обусловлено увеличением объема грудной клетки.

Если давление снаружи становится выше атмосферного, из легких выходит лишь небольшое количество воздуха, так как мелкие воздухоносные пути спадаются, задерживая его в альвеолах.

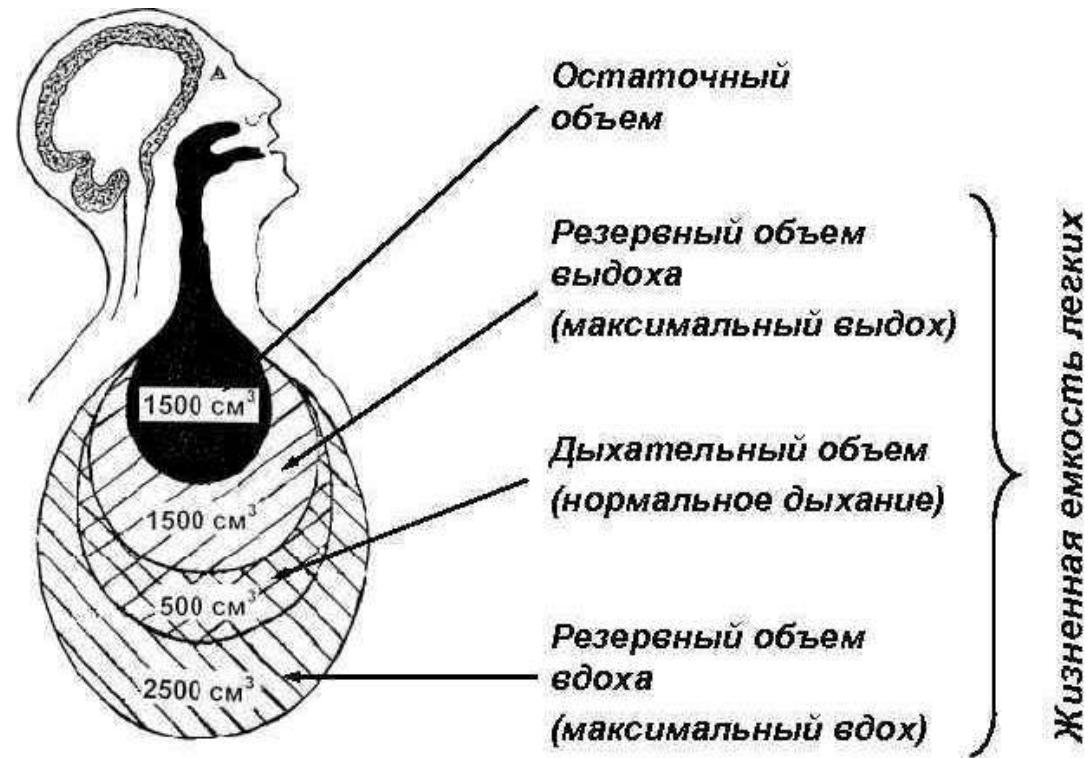
С возрастом, а также при некоторых легочных заболеваниях такое закрытие дыхательных путей происходит при большем объеме легких.

## Объемы легочного воздуха

Человек в состоянии покоя вдыхает и выдыхает около 500 мл воздуха. Этот объем воздуха называется дыхательным.



Если после спокойного вдоха сделать усиленный дополнительный вдох, то в легкие может поступить еще 1500-2500 мл воздуха. Такой объем называют резервным объемом вдоха.



После спокойного выдоха при максимальном напряжении дыхательных мышц можно выдохнуть еще 1500 мл воздуха. Этот объем носит название резервного объема выдоха.

После максимального выдоха в легких остается около 1200 мл воздуха – остаточный объем.

В легочной ткани всегда остается воздух, поэтому опущенный в воду кусочек легкого не тонет.

Сумма резервного объема выдоха и остаточного объема составляет около 2500 мл – функциональную остаточную емкость легких (альвеолярный воздух).

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – это в сумме дыхательный объем воздуха, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха (500+1500+1500).

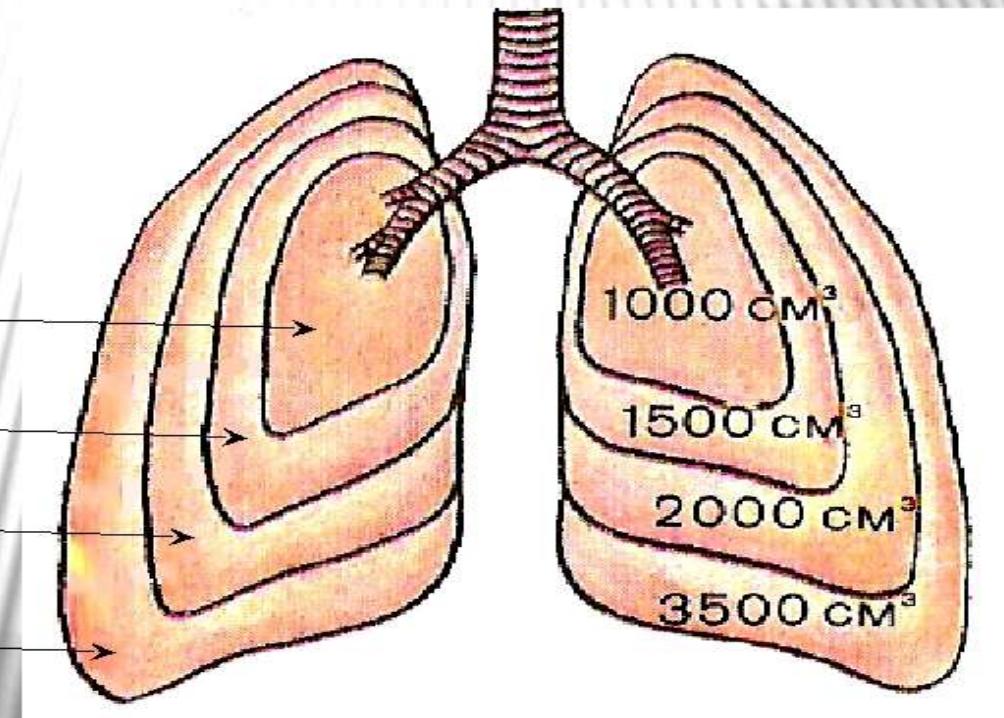
## Жизненная емкость легких

Глубокий выдох

Спокойный выдох

Спокойный вдох

Глубокий вдох



Нормальная ЖЕЛ, т.е. тот максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после самого глубокого вдоха, составляет у женщин в среднем 2700 мл, а у мужчин 3500 мл.

При физической тренировке ЖЕЛ увеличивается и может достигать 7500 мл.

Воздухоносные пути называют «мертвым пространством», так как воздух, находящийся в них, не участвует в газообмене.

Основные методы исследования функции внешнего  
дыхания.

**Пикфлоуметрия** - это измерение пиковой скорости выдоха с помощью специального прибора – пикфлоуметра, который объективно позволяет оценить функцию легких, в частности степень сужения воздухоносных путей.

Пиковая скорость выдоха (ПСВ) - это наибольшая скорость форсированного выдоха после глубокого вдоха, которая позволяет объективно судить о проходимости бронхов.

## Бодиплетизмография

Бодиплетизмография — метод исследования функции внешнего дыхания путем сопоставления показателей спирографии с показателями механического колебания грудной клетки во время дыхательного цикла. Метод базируется на использовании закона Бойля, который описывает постоянство соотношения давления ( $P$ ) и объема ( $V$ ) газа в случае неизменной (постоянной) температуры:

$$P_1V_1 = P_2V_2,$$

где  $P_1$  — начальное давление газа;  $V_1$  — начальный объем газа;  $P_2$  — давление после изменения объема газа;  $V_2$  — объем после изменения давления газа.

Бодиплетизмография позволяет определять все объемы и емкости легких, в том числе те, которые не определяются спирографией. К последним относятся: остаточный объем легких (ООЛ) — объем воздуха (в среднем — 1000—1500 мл), остающийся в легких после максимально глубокого выдоха; функциональная остаточная емкость (ФОЕ) — объем воздуха, остающийся в легких после спокойного выдоха. Определив указанные показатели, можно рассчитать общую емкость легких (ОЕЛ), представляющую собой сумму ЖЕЛ и ООЛ.

**Пневмотахометрия** — определение объемной скорости потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха на протяжении дыхательного цикла при помощи пневмотахометра.

**Спирометрия** – это метод определения жизненной емкости легких, легочных объемов, а также объемную скорость воздушного потока.

Выделяют 4 вида спирометрических проб:

- функциональные пробы, при которых используют специальные лекарства – бронходилататоры, снимающие бронхоспазм.
- проба спокойного дыхания;
- проба форсированного выдоха;
- проба максимальной вентиляции легких.

## **Типы вентиляционных нарушений:**

Выделяют три типа вентиляционных нарушений:

**1 Обструктивный тип** – связан с нарушением прохождения воздуха по бронхам (повышение аэродинамического сопротивления в бронхах);

**2 Рестриктивный тип** – связан со снижением способности легочной ткани к растяжению при дыхании.

**3 Смешанный тип** – обструктивные и рестриктивные нарушения регистрируются одновременно.

