

# Физиология дыхания

Внешнее дыхание  
(Вентиляция легких)

# Структура дыхательной системы.

1. Воздухопроводящая зона
2. Респираторная зона

# Воздухопроводящая

## зона

**Верхние  
дыхательные  
пути.**

**носовые ходы,  
носоглотка,  
полость рта,  
придаточные  
пазухи  
носа**

**Нижние  
дыхательные  
пути.**

**гортань,  
трахея,  
все бронхи**

# Функция

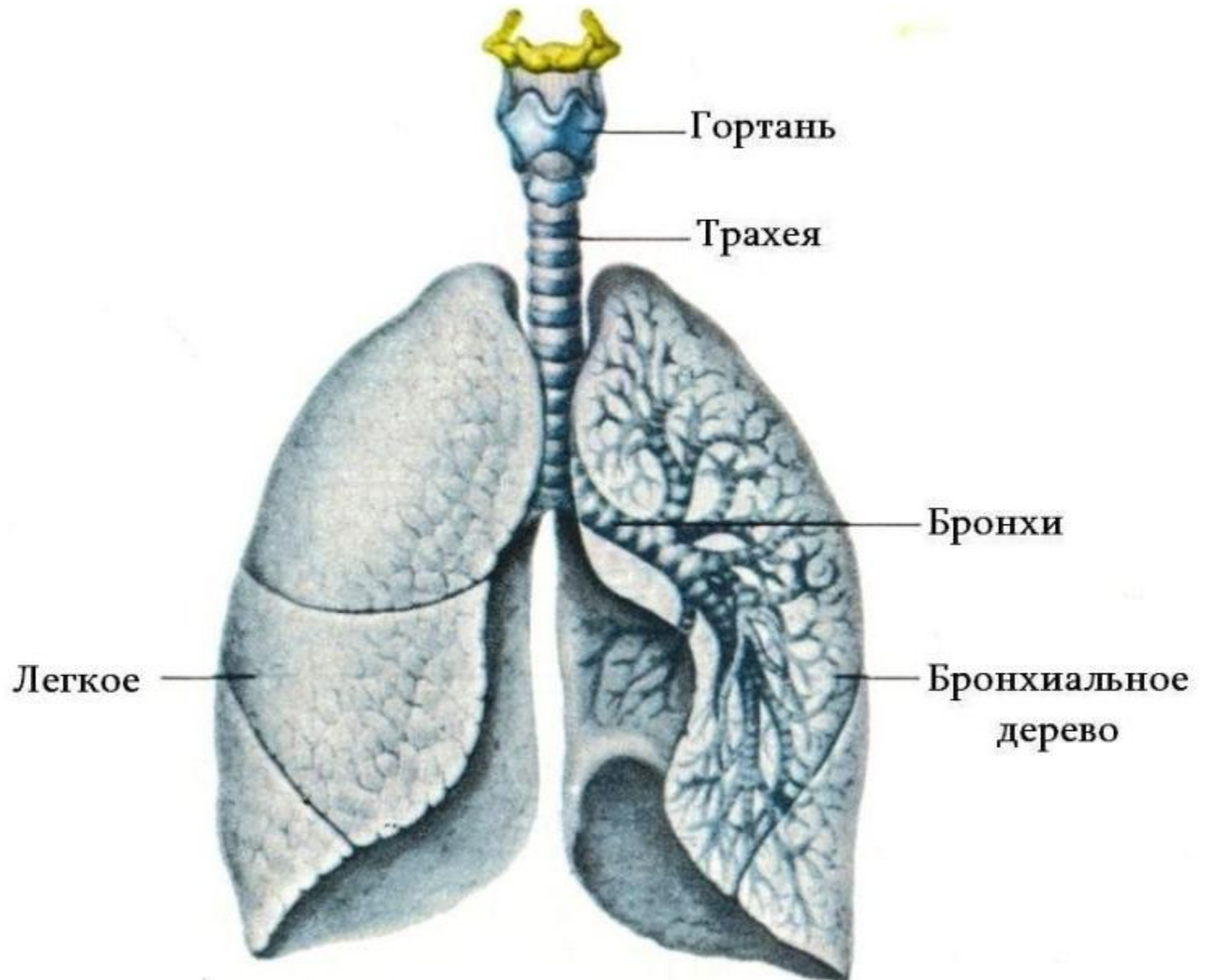
- 1) Увлажнение воздуха до 95-98%)
- 2) Согревание до 31 -32° С  
• или охлаждение.
- 3) Очищение.

- Трахея и 16 генераций бронхов – анатомическое мертвое пространство.
- Отсутствует контакт с капиллярами.
- Незначительный газообмен происходит в бронхиолах 17, 18 и 19 генерации.

# Респираторный отдел

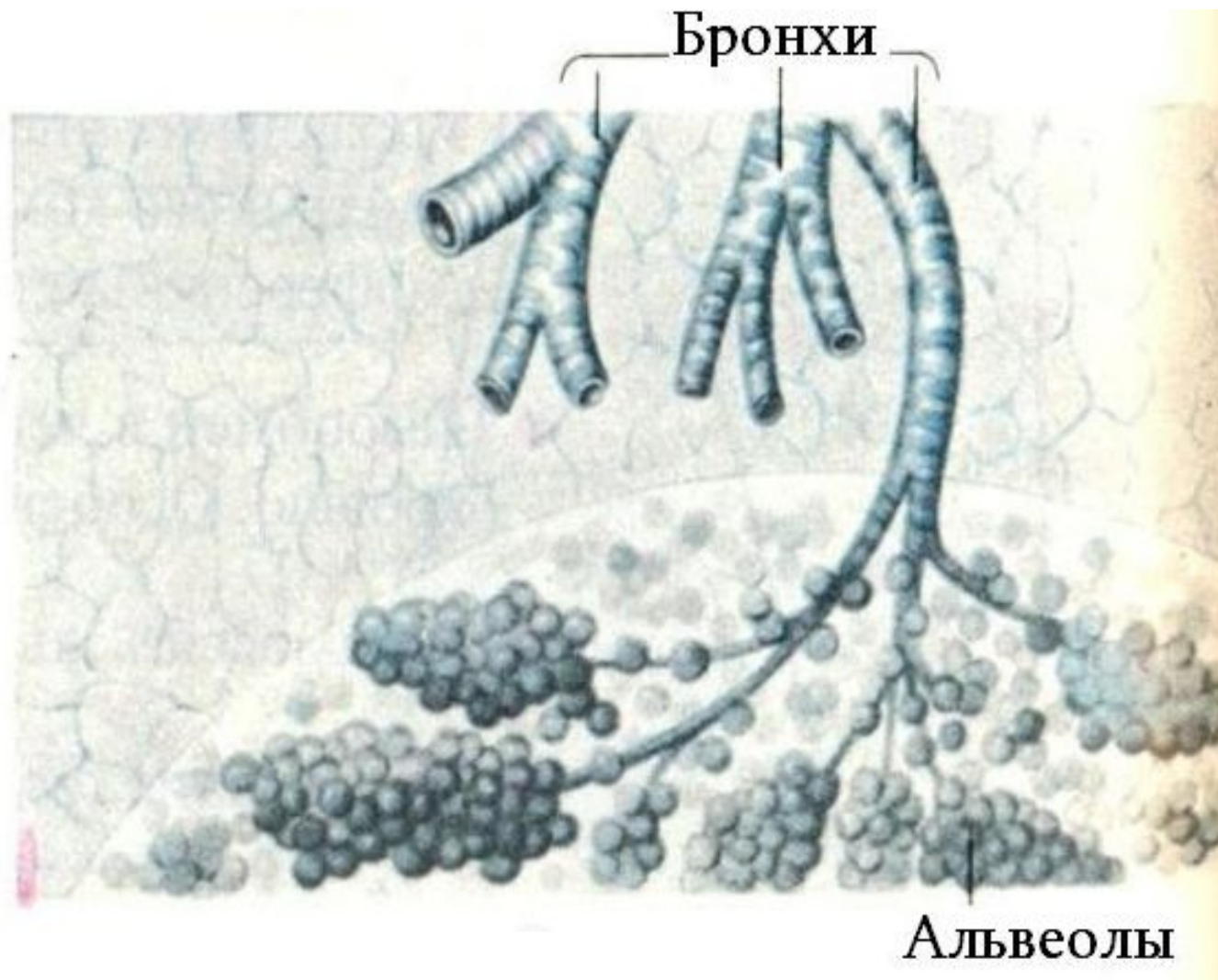
- Последние 4 генерации бронхиол (20, 21, 22, 23)
- являются альвеолярными ходами и альвеолярными мешочками,
- которые переходят в альвеолы.
- Здесь происходит газообмен.

# Воздухоносные пути и респираторные отделы





# Долька легкого



# **Значение легких в физиологических процессах**

1) Участвуют в регуляции содержания БАВ во внутренней среде организма:

- а) переводят АТ – I в АТ – II;
- б) ингибируют:
- норадреналин на 30%,
- брадикинин на 80%,
- простагландины;

- в) при патологии выделяют:
- серотонин,
- брадикинин,
- гистамин
- и вызывают нежелательные реакции.

## 2) Защитная функция легких заключается:

- а) в очищении воздуха в воздухоносных путях (60% пыли задерживается в носовых ходах);
- б) в выработке Ig A и выделении его в бронхиальную слизь;

- в) в рефлекторных актах,
- предупреждающие попадание веществ
- в дыхательные пути
- (например, рефлекс ныряльщика,
- задержка дыхания при действии резко пахнущих веществ);

- г) рефлексы изгнания веществ – (кашель, чихание);

- 3) Осуществляют регуляцию ОЦК и АД путем депонирования крови в малом круге кровообращения.
- 4) Легкие участвуют в терморегуляции.



- 5). Поддержание РН крови путем выведения  $\text{CO}_2$
- 6) Участвуют в регуляции уровня липидов в крови:
- ГИСТИОЦИТЫ ЛЕГКИХ – ДЕПО ДЛЯ ЛИПИДОВ.

Главная функция легких –  
дыхательная.

- Дыхание – совокупность процессов,
- в результате которых происходит потребление  $O_2$ ,
- выделение  $CO_2$
- и преобразование энергии химических веществ
- в биологически полезные формы.

# Этапы дыхания

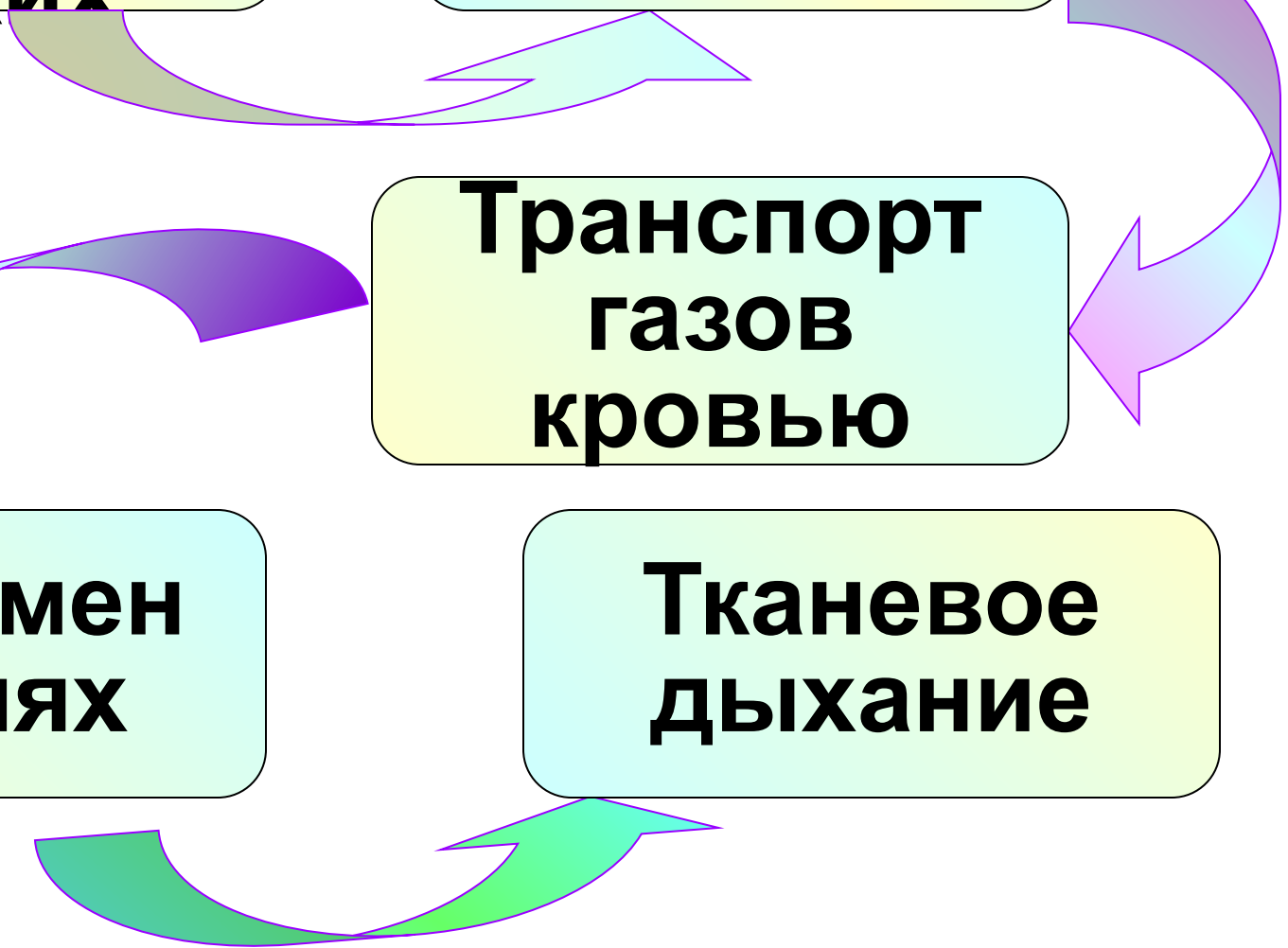
**Вентиляция  
я  
легких**

**Диффузия  
газов в  
легких**

**Транспорт  
газов  
кровью**

**Газообмен  
в тканях**

**Тканевое  
дыхание**



# Вентиляция легких.

- **Вентиляция легких** или **внешнее дыхание** - это **газообмен** между **альвеолярным** и **атмосферным** **воздухом**.
- **Обеспечивается** двумя **процессами**: **вдохом** и **выдохом**.

# Биомеханика вдоха

- Вдох (инспирация) – активный процесс.
- Осуществляется сокращением наружных межреберных мышц и диафрагмы.
- При вдохе грудная клетка увеличивается в трех направлениях:

# 1) В вертикальном –

- за счет сокращения диафрагмы и опусканием ее сухожильного центра.
- При этом отодвигаются вниз внутренние органы;



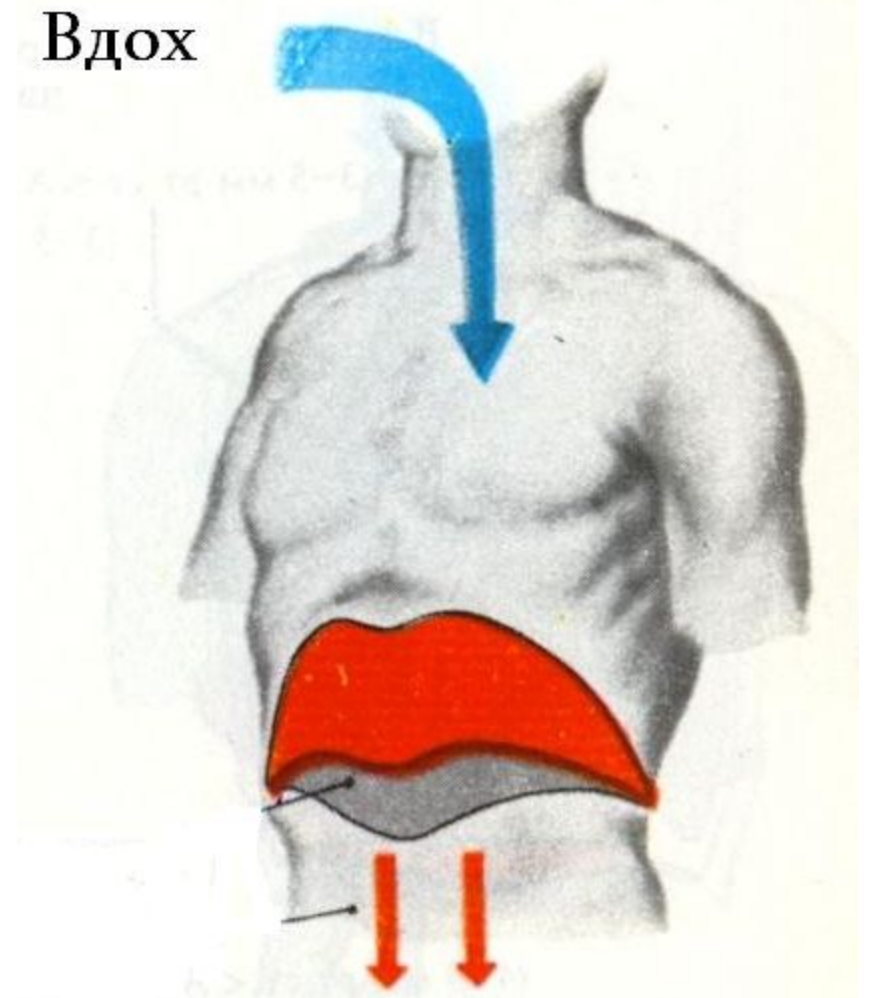
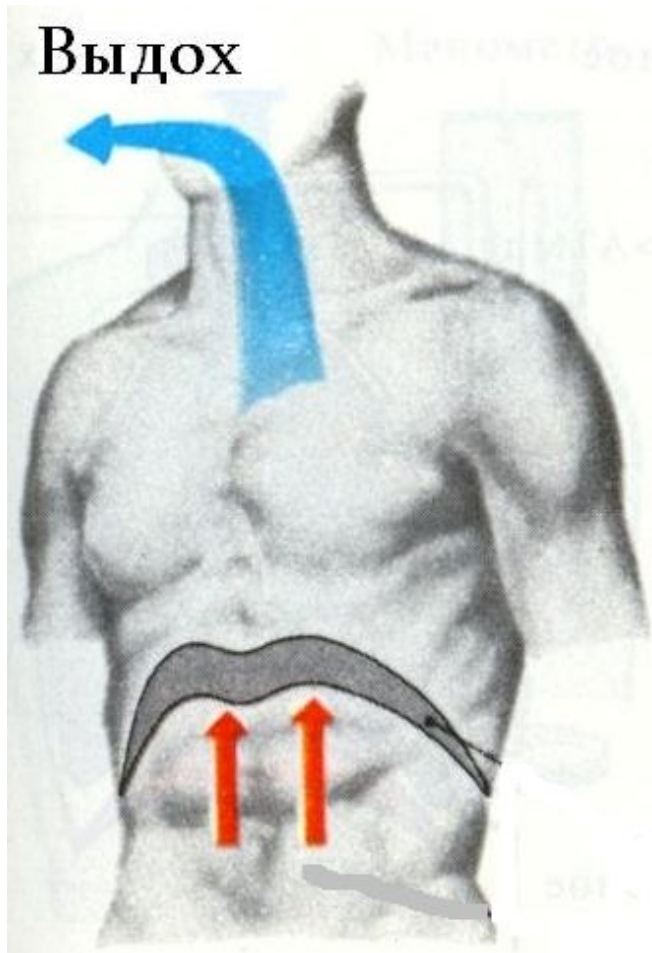
## 2) в сагиттальном

- связано с сокращением наружных межреберных мышц
- и отходом конца грудины вперед;

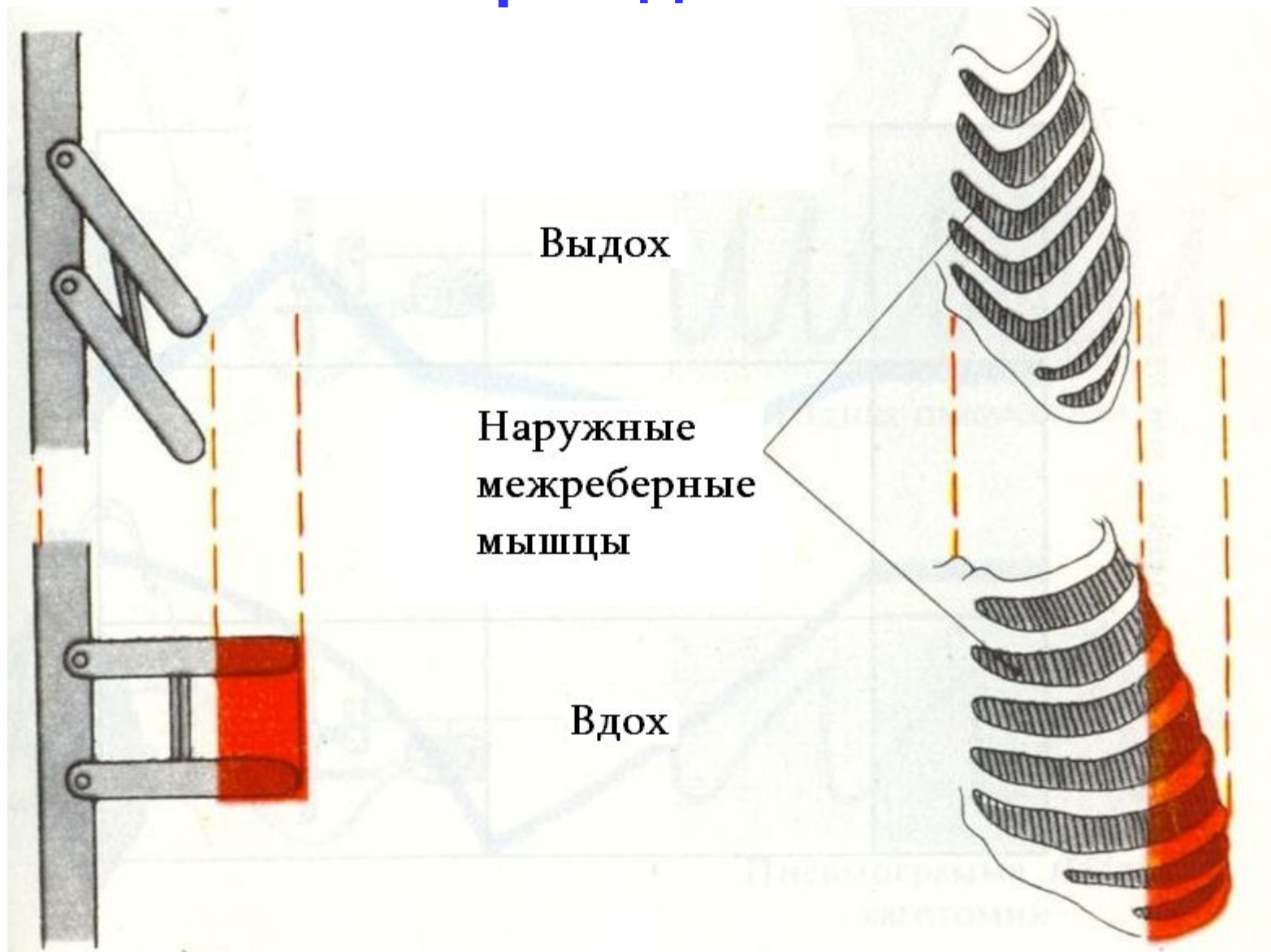
### 3) во фронтальном

- ребра перемещаются  
вверх и наружу
- за счет сокращения  
наружных межреберных
- и межхрящевых мышц.

# Положение диафрагмы при дыхании



# Работа наружных межреберных мышц при вдохе



- При вдохе преодолеваются силы:
- 1) эластического сопротивления мышц и легочной ткани

## 2) неэластического сопротивления:

- а) силы трения при перемещении ребер,
- б) сопротивление внутренних органов диафрагме,
- в) тяжесть ребер,
- г) сопротивление движению воздуха в бронхах среднего диаметра.

- Величина сопротивления зависит от тонуса бронхиальных мышц.
- В норме составляет 10–20 мм рт. ст. у взрослых, здоровых людей.
- Может увеличиться до 100 мм при бронхоспазме, гипоксии.

# Форсированный вдох.

- 1) Обеспечивается усиленным сокращением
- инспираторных мышц
- (наружных межреберных и диафрагмы).



## **2) Сокращением вспомогательных мышц:**

- а) разгибающих грудной  
отдел позвоночника**
- и фиксирующих и  
отводящих**
- плечевой пояс назад,**

## б) поднимающих ребра :

- трапециевидной,
- ромбовидной,
- поднимающей лопатку,
- малых и больших грудных,
- передних зубчатых мышц;

# Давление в плевральной щели

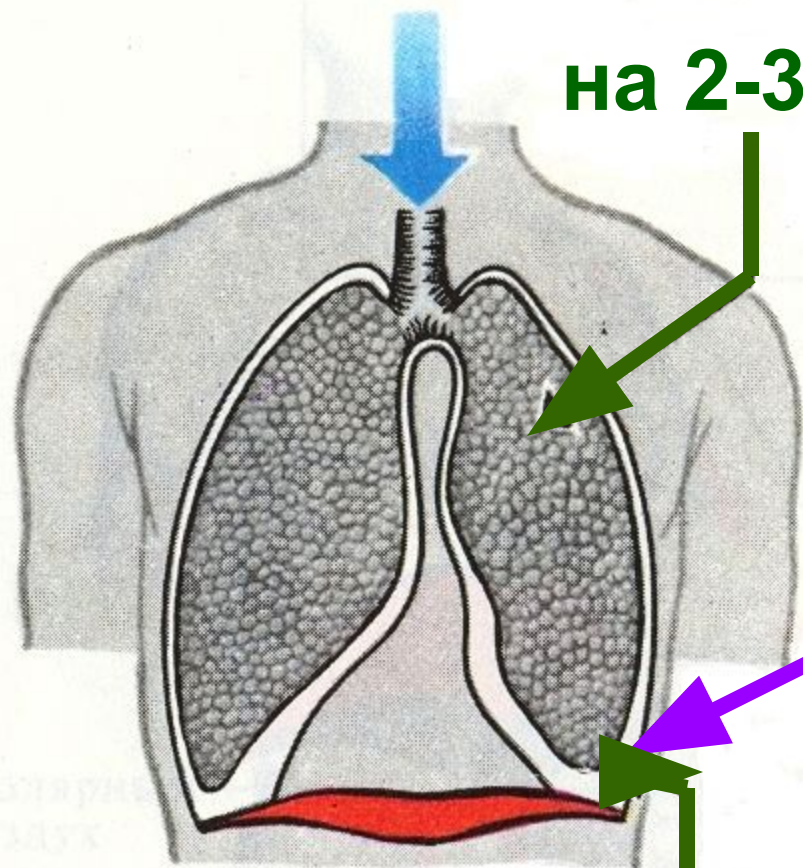
**Это отрицательное  
давление  
(т. е. ниже атмосферного).**

- При вдохе увеличивается объем грудной клетки, давление в плевральной щели
- с - 6 мм рт. ст. увеличивается до – 9,
- а при глубоком вдохе – до 15 – 20мм рт. ст.

- При этом легкие пассивно расправляются,
- давление в них становится на 2 – 3мм ниже атмосферного
- и воздух поступает в легкие.
- Происходит вдох.

# Вдох

# Внутрилегочное давление



на 2-3 мм рт. ст. ниже Атм.

Внутриплевральное  
давление

на 6-9 мм рт. ст. ниже Атм.

# Биомеханика выдоха.

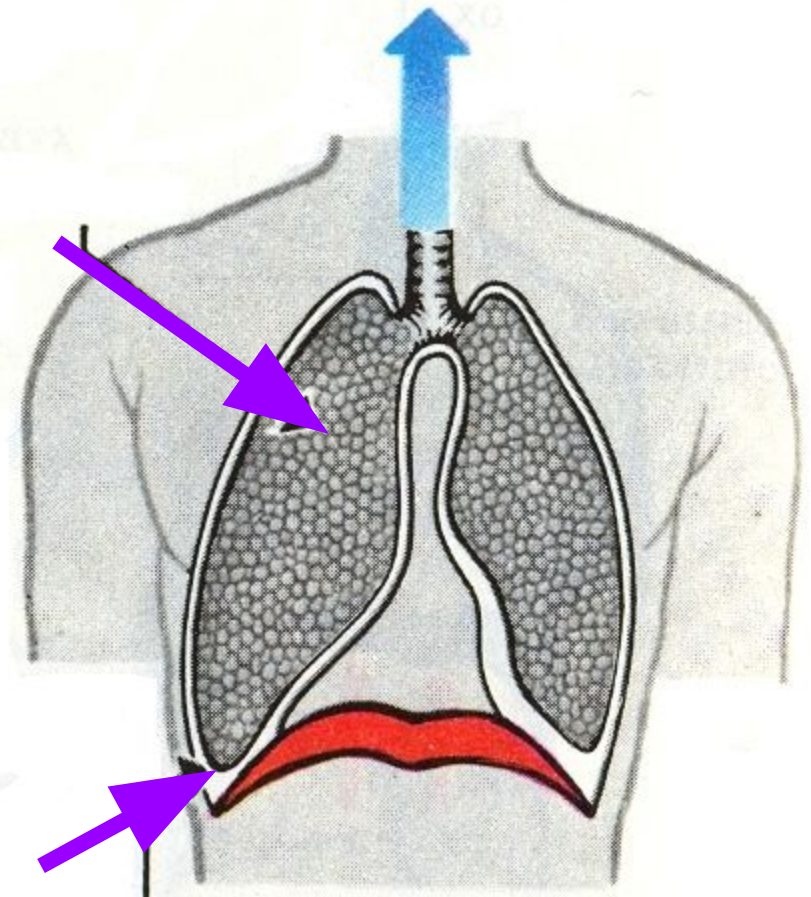
- **Пассивный процесс.**
- **Осуществляется за счет потенциальной энергии,**
- **накопленной при вдохе.**
- **Когда вдох окончен,**
- **дыхательные мышцы расслабляются.**
- **Под влиянием силы тяжести ребра опускаются.**



- Внутренние органы, сдавленные при вдохе, возвращают диафрагму на место.
- Объем грудной клетки уменьшается. Легкие сжимаются.
- Давление в легких становится на 3 – 4мм выше атмосферного.
- Происходит пассивный выдох.

# Выдох

Внутрилегочное  
давление  
на 3-5 мм рт.ст.  
выше Атм.

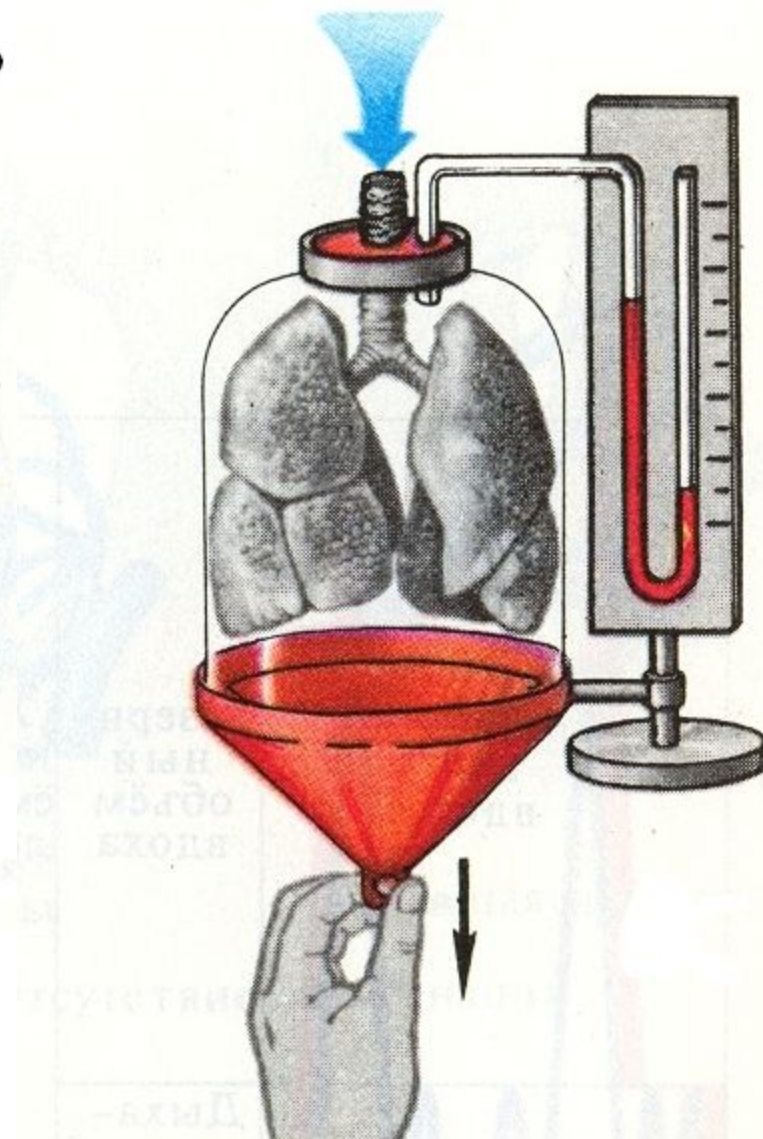
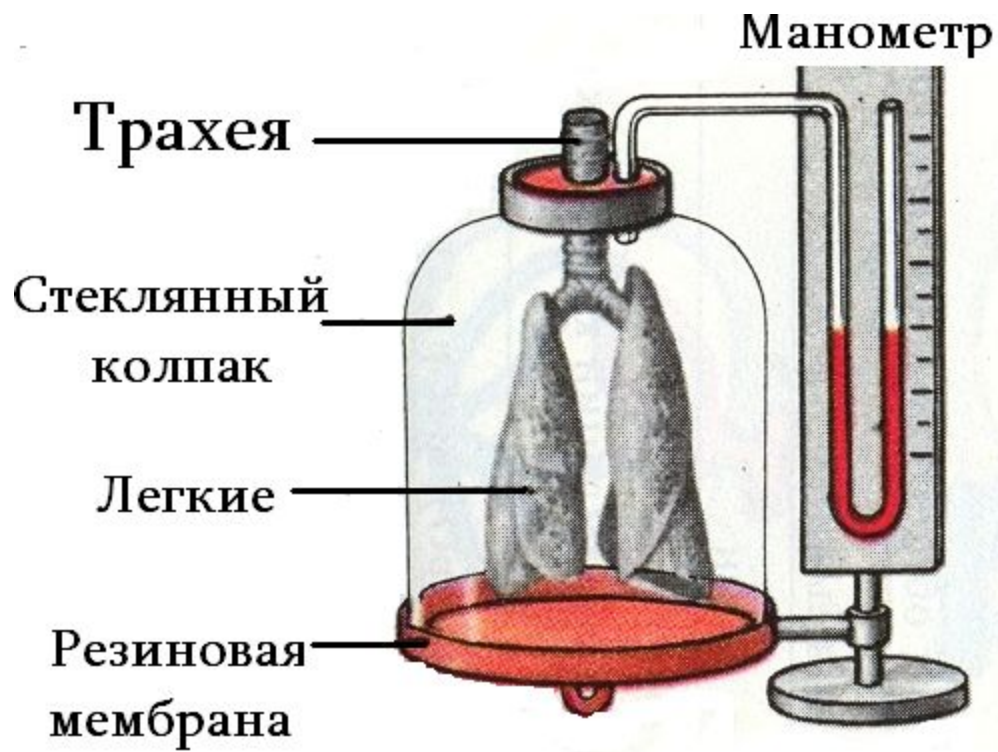


Внутриплевральное давление  
на 2-4 мм рт. ст. ниже Атм.

# Форсированный выдох

- Обеспечивается сокращением:
- внутренних межреберные МЫШЦЫ,
- МЫШЦ, сгибающих ПОЗВОНОЧНИК,
- МЫШЦ ЖИВОТА.

**Модель механизма  
экскурсии легких (опыт  
Дондерса)**



# Роль сурфактанта.

- Это фосфолипидное вещество,
- вырабатываемое гранулярными пневмоцитами.
- Стимулом к его выработке
- являются глубокие вздохи.

- **Во время вдоха сурфактант**
- **распределяется по поверхности альвеол**
- **пленкой толщиной 10 – 20 МКМ.**

- Во время выдоха сурфактант препятствует спаданию альвеол (ателектазу),
- так как уменьшает силы поверхностного натяжения слоя жидкости, выстилающей альвеолы.
- На вдохе –увеличивает их.



**Пневмоторакс**

- – попадание воздуха в плевральную щель.
- В зависимости от вида пневмоторакса
- отрицательное давление в плевральной щели снижается или исчезает.
- Легкие при этом спадаются частично или полностью.

# Виды пневмоторакса.

- - ОТКРЫТЫЙ;
- - ЗАКРЫТЫЙ;
- - ОДНОСТОРОННИЙ;
- - ДВУХСТОРОННИЙ.

# Типы дыхания

- **Грудной тип** –
- преимущественно за счет
- наружных межреберных мышц ( у женщин).
- **Брюшной тип** –
- преимущественно за счет
- диафрагмы (у мужчин).

- Эффективнее **брюшной**  
**ТИП** дыхания,
- так как при этом  
повышается
- внутрибрюшное  
давление,
- что способствует  
увеличению венозного  
возврата крови к сердцу.

# Первичные легочные объемы

# 1. Дыхательный объем (ДО).

- Количество воздуха,
- которое можно вдохнуть и выдохнуть
- при спокойном дыхании
- (300 – 800 мл.)

## 2. Резервный объем вдоха (РОВд).

- Количество воздуха,
- которое можно вдохнуть
- после спокойного вдоха
- до Зл.



### 3. Резервный объем выдоха (РОВвд).

- Количество воздуха,
- которое можно выдохнуть
- после спокойного выдоха
- (до 1,5 л).

Остаточный объем (ОО).

- **Количество воздуха,**
- **которое остается в легких**
- **после самого глубокого выдоха (1,0 – 1,2 л.)**

# Остаточный объем



**Минимальный  
200 мл**

**Коллапсный  
800 - 100мл**

# Легочные емкости

# 1. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)

- $ЖЕЛ = ДО + РО_{вд} + РО_{выд}$
- (от 2,8 л. до 5,0 л.)

## 2. Должная жизненная емкость легких (ДЖЕЛ)

- зависит от роста, возраста и пола.
- Расхождения ЖЕЛ и ДЖЕЛ
- должны находиться
- в пределах  $\pm 10\%$ .

# Альвеолярный объем

- или функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ).
- $ФОЕ = РОВ_{\text{выд}} + ОО$ .
- ФОЕ при расчетах принимают равной 2,5 л

# Показатели вентиляции легких



# Минутный объем дыхания (МОД)

- $1. \text{МОД} = \text{ЧД} \cdot \text{ДО}$
- $\text{ЧД} = 12 - 18 / \text{мин}, (16)$
- $\text{ДО} = 300 - 800 \text{ мл} (500)$
- $\text{МОД} \approx 8 \text{ л}$

# Минутная альвеолярная вентиляция (МАВ)

- Это количество воздуха,
- которое доходит до альвеол
- за минуту.
- $МАВ = (ДО - АМП) \cdot ЧД$
- $МАВ = (500 - 150) \cdot 16 = 5,6 \text{ л}$

# Коэффициент альвеолярной вентиляции (КАВ)

- Второе название  
коэффициент вентиляции  
легких (КВЛ)

$$\text{КВЛ} = \frac{\text{ДО} - \text{АМП}}{\text{(РОВЫД} = + \text{ОО)}}$$

- В норме КВЛ = 1/7 альвеолярного объема

- **Наиболее эффективным**
- **является глубокое**
- **и редкое дыхание**

# **Изменение вентиляции легких**

# Гипервентиляция

- – увеличение коэффициента вентиляции легких
- при глубоком дыхании.
- Это приводит к повышению парциального давления  $O_2$  в альвеолярном воздухе.

- **Но смысла в этом особого нет,**
- **т.к. и при нормальном дыхании**
- **гемоглобин насыщен кислородом на 98%.**



- Суть гипервентиляции-
- вымывание из крови  $\text{CO}_2$ ,
- что приводит к задержке вдоха

# Гиповентиляция

- Возникает при снижении:
- ДО и ЧД;
- количества вентилируемых альвеол (при болезнях дыхательной системы);
- при уменьшении легочного кровотока (болезни системы кровообращения).

- Гиповентиляция ведет
- к задержке  $\text{CO}_2$  в организме
- и респираторному алкалозу.

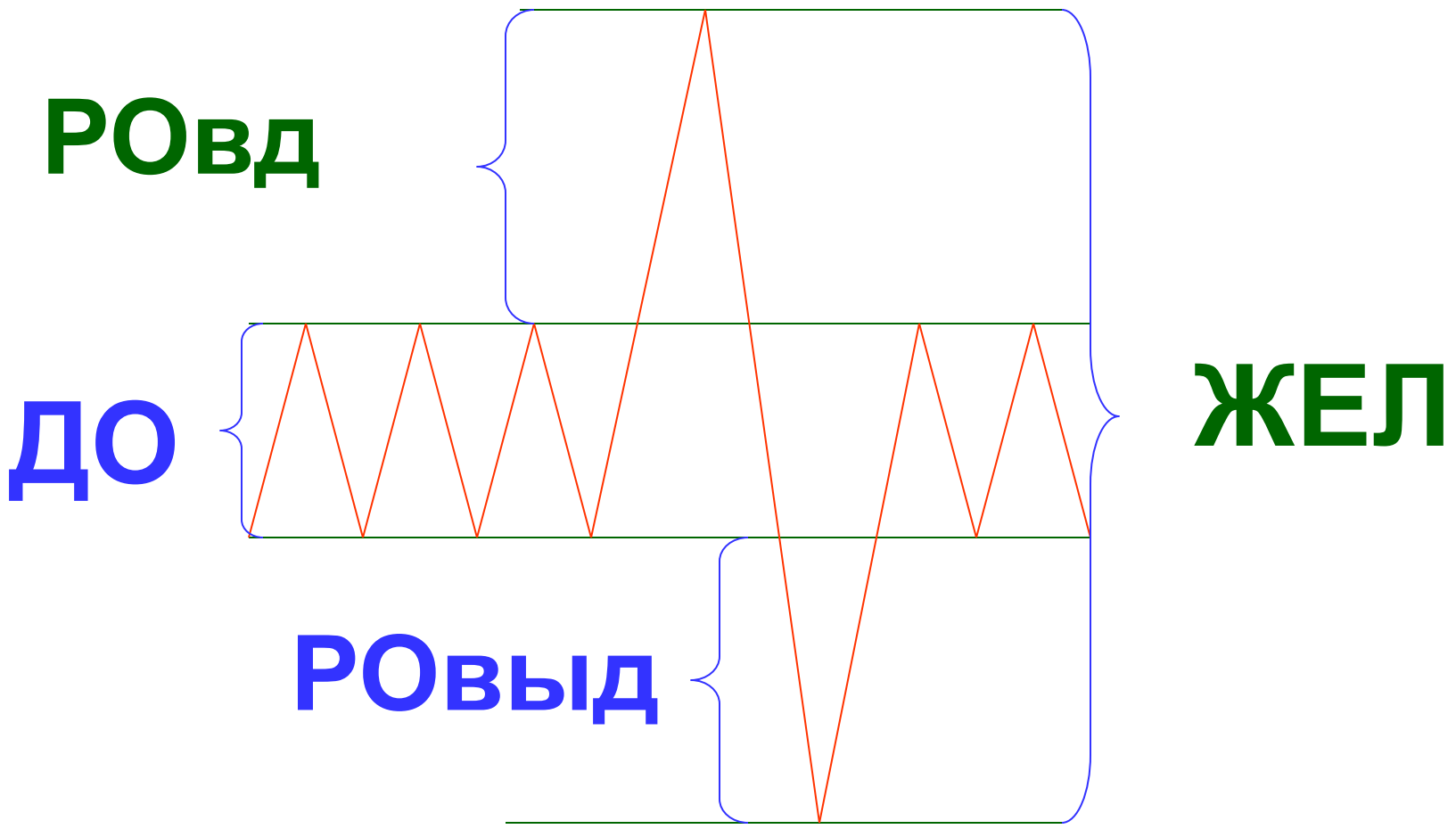
# Методы оценки вентиляции легких

- **1. Спирометрия** - позволяет измерить легочные объемы и емкости.
- Для этого используют водяные и суховоздушные спирометры

# 2. Спирография

- - позволяет записать
- дыхательные движения
- и измерить легочные объемы и емкости
- при различных условиях.

# Спирограмма



# Дыхательные пробы

- 1. Объем форсированного выдоха (ОФВ)
- (тест Тиффно).

- Это объем воздуха,
- удаляемого из легких
- за единицу времени
- (обычно за одну секунду)
- при форсированном выдохе.



- Служит хорошим показателем
- обструктивных нарушений
- вентиляции легких,
- которые обусловлены сужением воздухоносных путей
- и повышением их аэродинамического сопротивления.

## 2. Определение максимальной вентиляции легких (МВЛ).

- Это объем воздуха,
- проходящий через легкие
- за определенный промежуток времени
- при дыхании с максимально возможной
- частотой и глубиной.

- Отражает резервы дыхательной системы.
- МВЛ зависит от возраста, пола и размеров тела.
- В норме у молодых мужчин она составляет 120 – 170 л/мин

# Коррекция легочной вентиляции

- Искусственное дыхание.
- Гипербарическая оксигенация.
- Это насыщение крови кислородом
- при повышенном его давлении.

