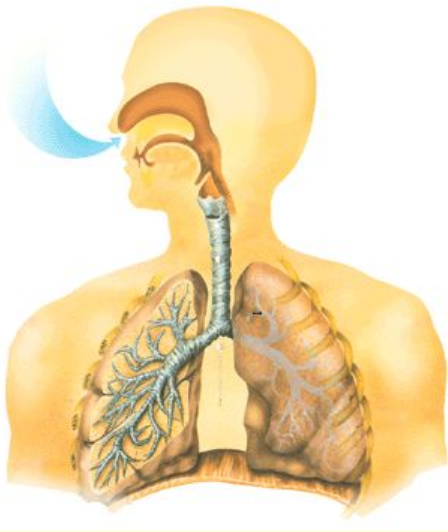


Учреждение образования  
«Гомельский государственный  
медицинский университет»  
Кафедра нормальной физиологии



## **ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ**

### **I Структурно-функциональная характеристика органов дыхания.**

**I**

Лекция для студентов 2 курса

Лектор доцент Штаненко Н.И.

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**кафедра нормальной физиологии  
кафедра фтизиопульмонологии**

**Н.И. ШТАНЕНКО, И.В. БУЙНЕВИЧ**

**А.И.КИЕНЯ**

# **РЕСПИРАТОРНАЯ СИСТЕМА**

**Учебно-методическое пособие  
для студентов всех факультетов медицинских вузов,  
клинических ординаторов, аспирантов,  
врачей-стажеров  
Гомель 2015**



**«После смерти человека начинается его вторая жизнь – он живет в сердцах любивших его людей, в делах, которые совершил при жизни. Жизнь ученого продолжается в созданных им работах, в его учениках».**

**Памяти профессора, А.И. Киени посвящается**

# План лекции

---

- 1. **Сущность процесса и значение дыхания для организма.**
- 2. **Функции внешнего дыхания. Недыхательные функции легких.**
- 3. **Анатомия дыхательного аппарата.**
- 4. **Легочное дыхание. Механизм вдоха и выдоха (дыхательные мышцы, механика дыхания, типы дыхания).**
- 5. **Значение отрицательного внутриплеврального давления для дыхания.**
- 6. **Эластическое и неэластическое сопротивление дыханию.**
- 7. **Методы исследования функции внешнего дыхания. Легочные объемы и емкости .**
-

---

**Дыхание** - совокупность процессов, обеспечивающих поступление во внутреннюю среду организма кислорода, использование его для окислительных процессов, и удаление из организма углекислого газа.

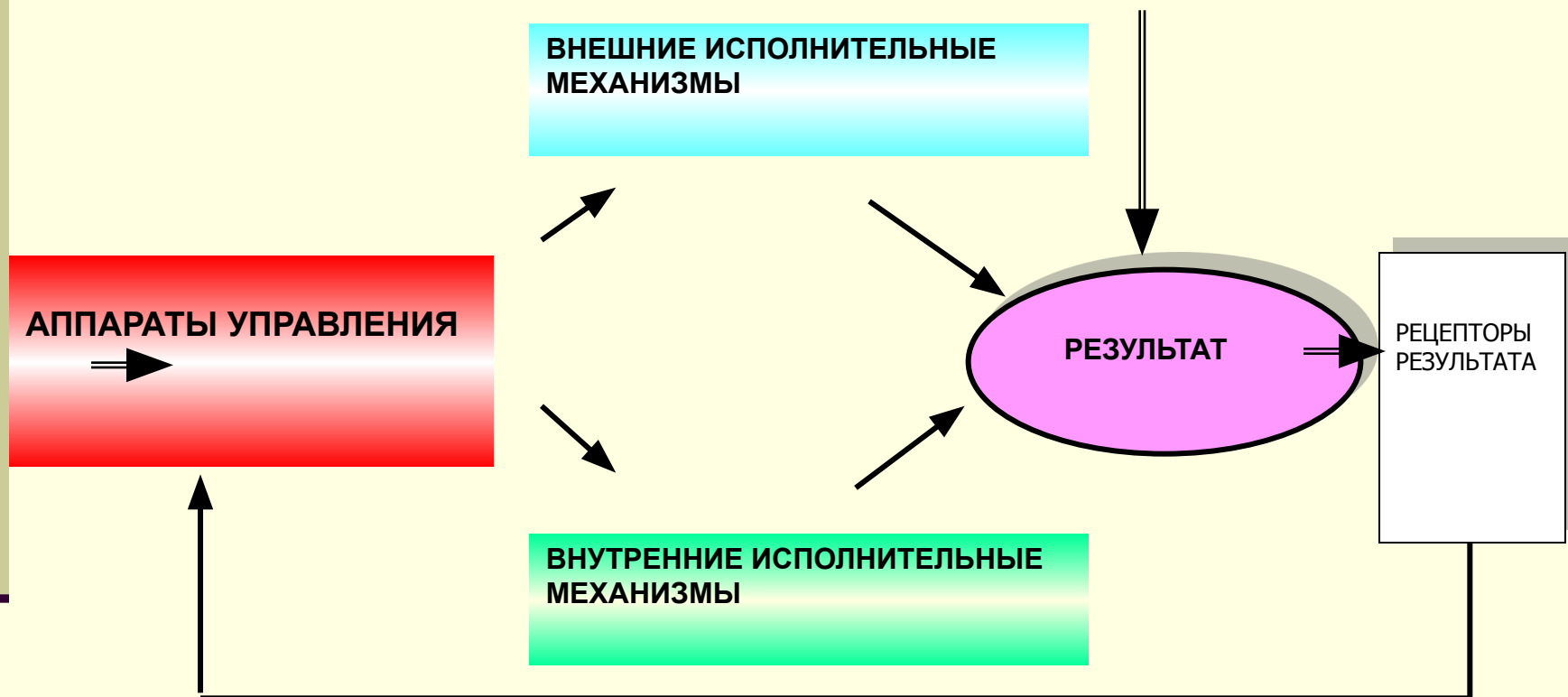
# Биологическое значение дыхания:

- 1. Биологическое окисление органических соединений БЖУ с выделением энергии, необходимой человеку для жизнедеятельности.**
- 2. Обеспечение организма кислородом.**
- 3. Удаление углекислого газа.**
- 4. Удаление конечных продуктов обмена веществ (пары воды, аммиак, сероводород и т.д.)**

# Физиология дыхания

- В покое человек с массой тела 70 кг
- потребляет в минуту 250 мл  $O_2$
- выделяет 200 мл  $CO_2$
- При ходьбе потребление  $O_2$  растет в 3-4 раза
- Запасы  $O_2$  в организме - около 2,6 литра
- За день легкие вентилируют до 19 тысяч литров воздуха, что за год составляет 7 млн литров.
- ПОСТУПЛЕНИЕ  $O_2$  ИЗ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДОЛЖНО БЫТЬ:
  - НЕПРЕРЫВНЫМ
  - АДЕКВАТНЫМ ПОТРЕБНОСТЯМ ОРГАНИЗМА

# ОБЩАЯ СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ





# **Дыхательная система представлена:**

---

- а) воздухоносными путями,**
- б) легкими,**
- в) дыхательными мышцами,**
- г) контролирующими их функции нервными структурами,**
- д) кровью и сердечно-сосудистой системой.**

# Система дыхания

## **Внешнее звено:**

- 1. Воздухоносные пути и легкие.**
- 2. Грудная клетка и мышцы (костно-мышечный каркас)**

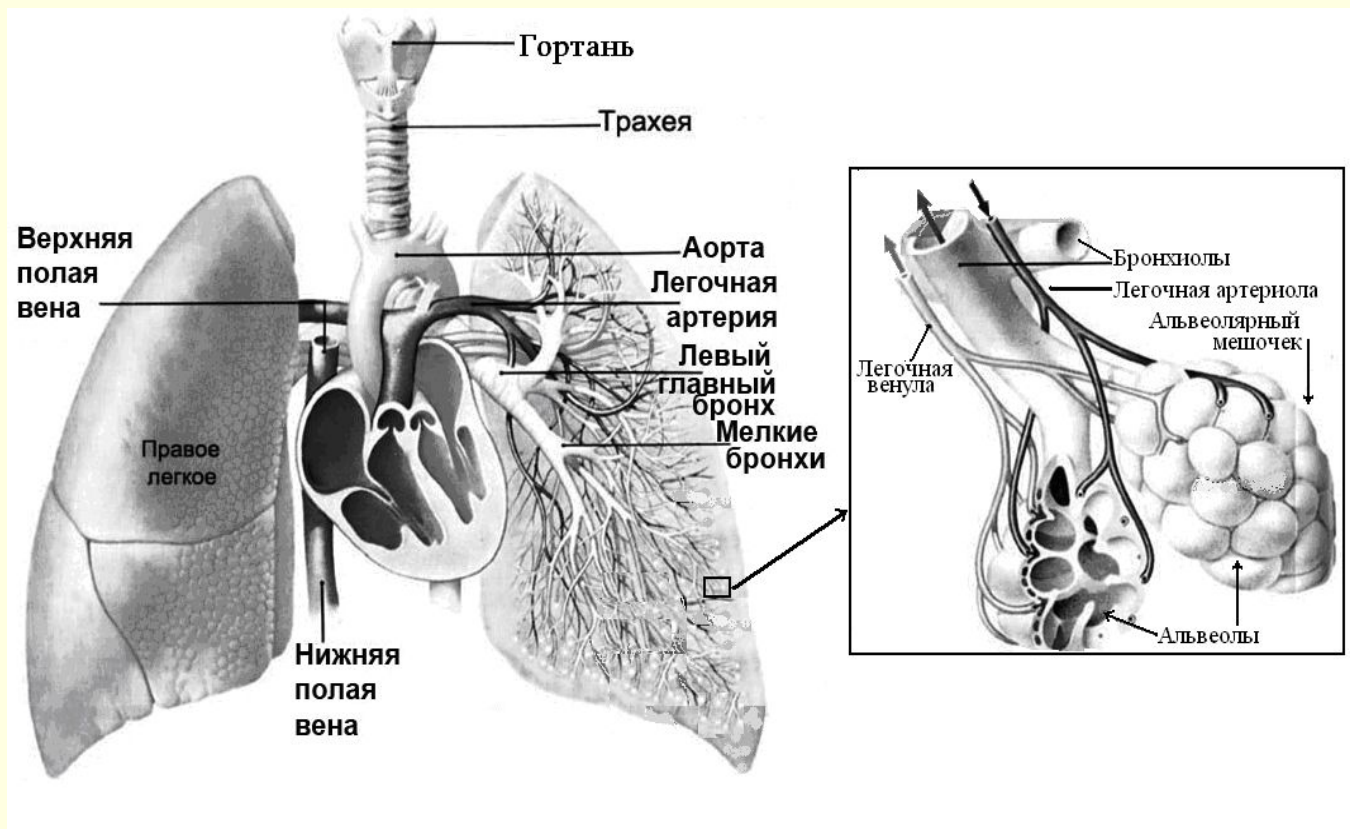
## **Внутреннее звено**

- 1. Кровь**
- 2. Сердечно-сосудистая система (малый круг кровообращения)**
- 3. Органелы клеток (тканевое дыхание)**

**Нейрогуморальный  
механизм регуляции**

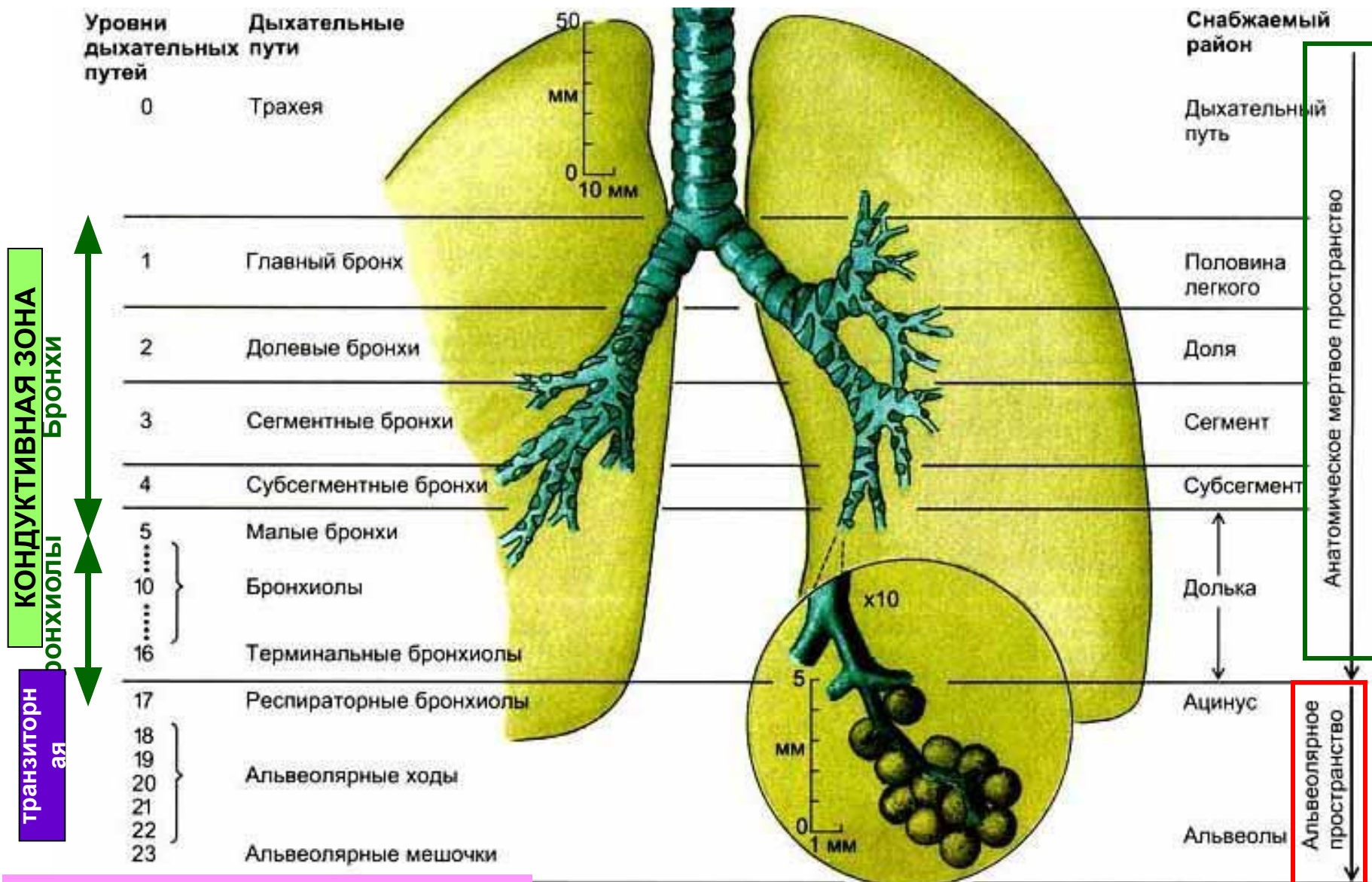
Дыхательные пути подразделяют на верхние (*полости носа, носоглотка, ротовая часть глотки*)

и нижние (*гортань, трахея, вне- и внутрилегочные бронхи*).



•Морфологические структуры нижних дыхательных путей и легких

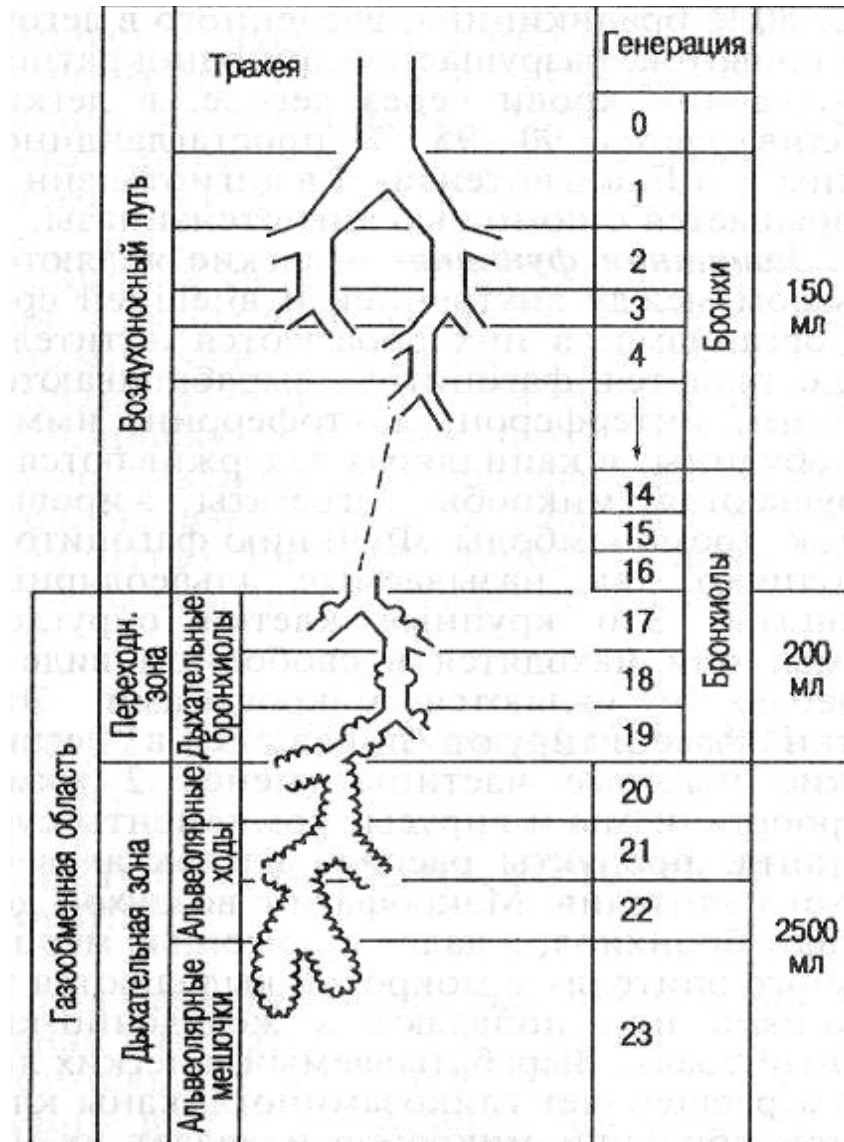
# Ветвление трахеобронхиального дерева



Респираторная 20-23 генерации

**Общая диффузионная поверхность легких: 50-100 (в среднем 70) м<sup>2</sup>**

# Воздухоносные пути и газообменные области легких



# Физиологическая роль дыхательных путей

- 1. Важнейшей функцией дыхательных путей является: *кондиционирование воздуха.*

Кондиционирование идет по пути очистения, согревания, увлажнения.

Очищение - в верхних дыхательных путях захватывается **до 90%** пылевых частиц. Бронхиолы могут достигать частицы диаметром 3-10 мкм, а **альвеол** – 1-3 мкм.

Слизь и мерцательный эпителий с включенными в его слой клетками: **секреторными, нейроэндокринными, рецепторными, лимфоидными** создают морфофункциональную основу **аэрогематического барьера дыхательных путей.** Этот барьер благодаря наличию в слизи лизоцима, интерферона, некоторых иммуноглобулинов и лейкоцитарных антител является частью местной **иммунной системы органов дыхания**



# Мерцательный эпителий дыхательного пути

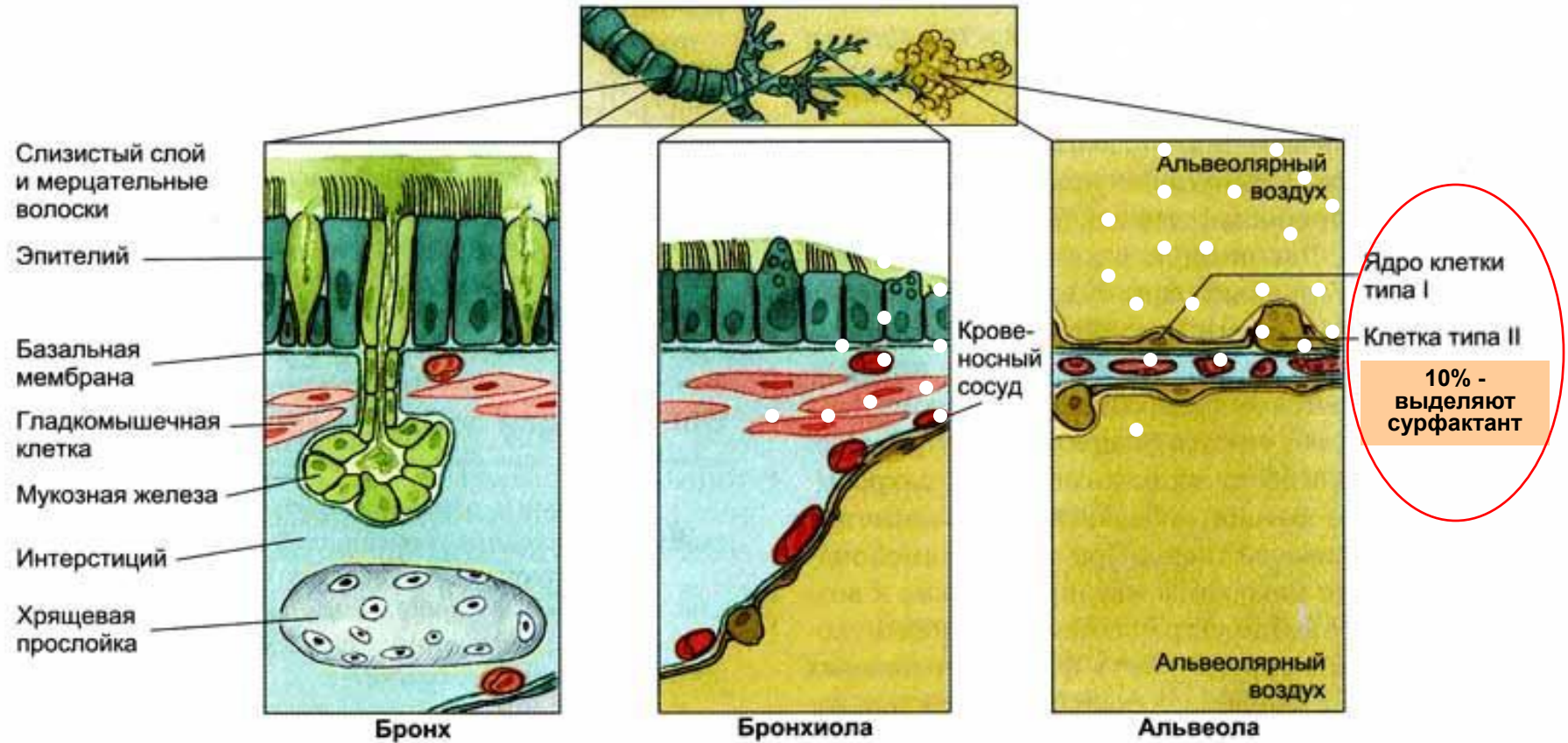


Рис. 63.4. Эпителий дыхательного пути. Бронх: мерцательный эпителий с экзокринными (мукозными) клетками и железами. Бронхиола: плоские эпителиальные клетки. Альвеола: альвеолярные эпителиальные клетки типа I (образуют большую поверхность) и типа II (секретируют составные части сурфактанта)

**Увлажнение воздуха.** В дыхательных путях и легких воздух на 100% насыщается водяными парами. В результате давление водяного пара в альвеолярном воздухе составляет **47 мм рт. ст.**

**Согревание воздуха.** Альвеолярный воздух нагревается до температуры около **32°C**. Удаляемый из легких воздух, отдает до 30% своего тепла слизистым оболочкам верхних отделов дыхательных путей, согревая их.

(для испарения **1 мл воды-2,4 кДж**)



- **2. Дыхательные пути создают**

**«буферное пространство» между атмосферой и альвеолами. Его величина 140-250 мл. Оно способствует поддержанию относительного постоянства состава альвеолярного воздуха, отличающегося от атмосферного более низким (14-15%) содержанием кислорода и более высоким (5-6%) - углекислого газа.**

- **3. Дыхательные пути** являются рефлексогенными зонами многочисленных рефлексов, играющих роль в саморегуляции дыхания: **рефлексы Геринга-Брейера, защитные рефлексы чихания, кашля, рефлекс «ныряльщика», а также влияющих на работу многих внутренних органов (сердца, сосудов, кишечника).**

# Строение стенки бронха



## Регуляция просвета бронхов

### Симпатические нервы:

расслабление гладких мышц (через  $\beta_2$ -адренорецепторы)

### Парасимпатические нервы:

сокращение гладких мышц, увеличение секреции слизи (через М-холинорецепторы)

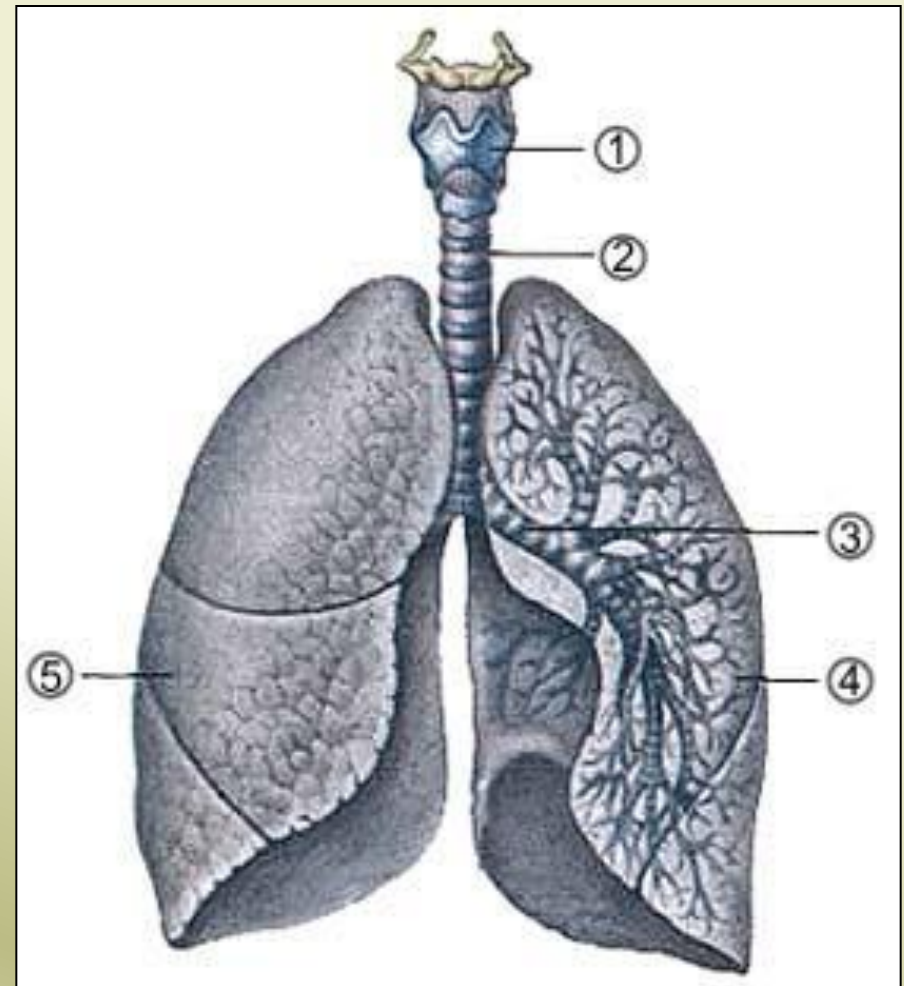
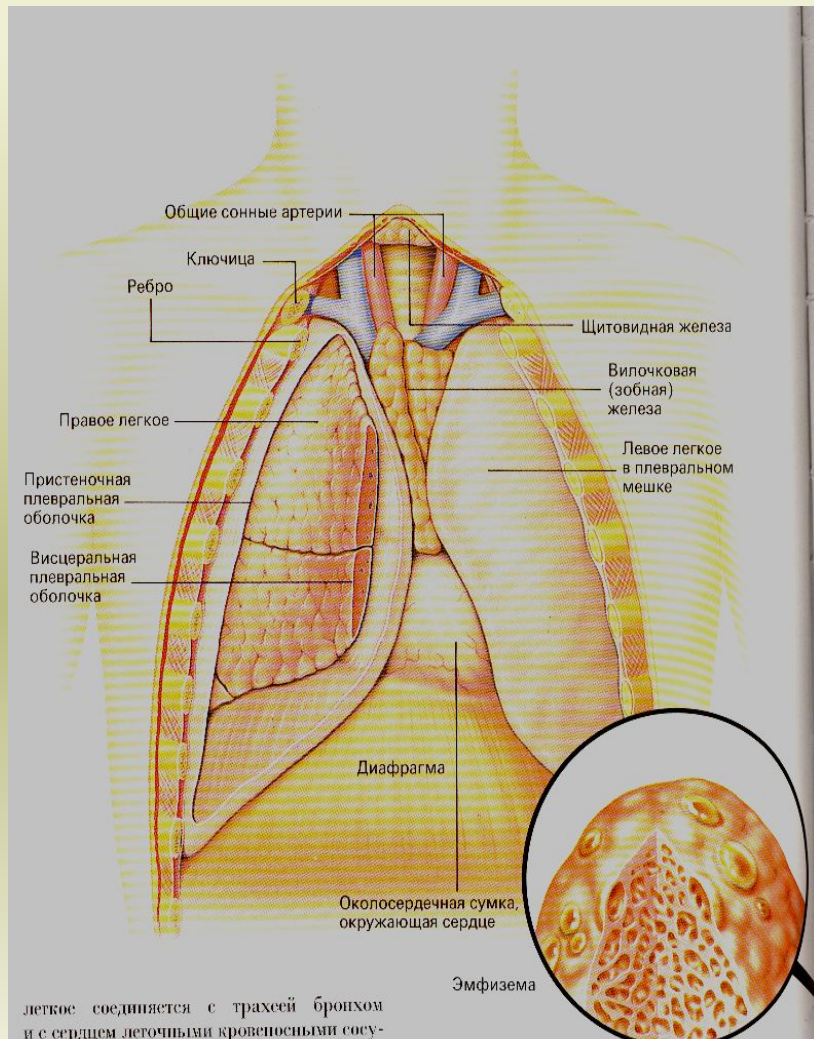
Секретируемые тучными клетками *гистамин, тромбоксан, простагландины, брадикинин, цитокины*: сокращение гладкой мышцы, секреция слизи, отек слизистой

## **Внешнее дыхание обеспечивается:**

---

- ***костно-мышечными структурами грудной клетки,***
- ***дыхательными путями,***
- ***легкими,***
- ***нервными центрами головного и спинного мозга***

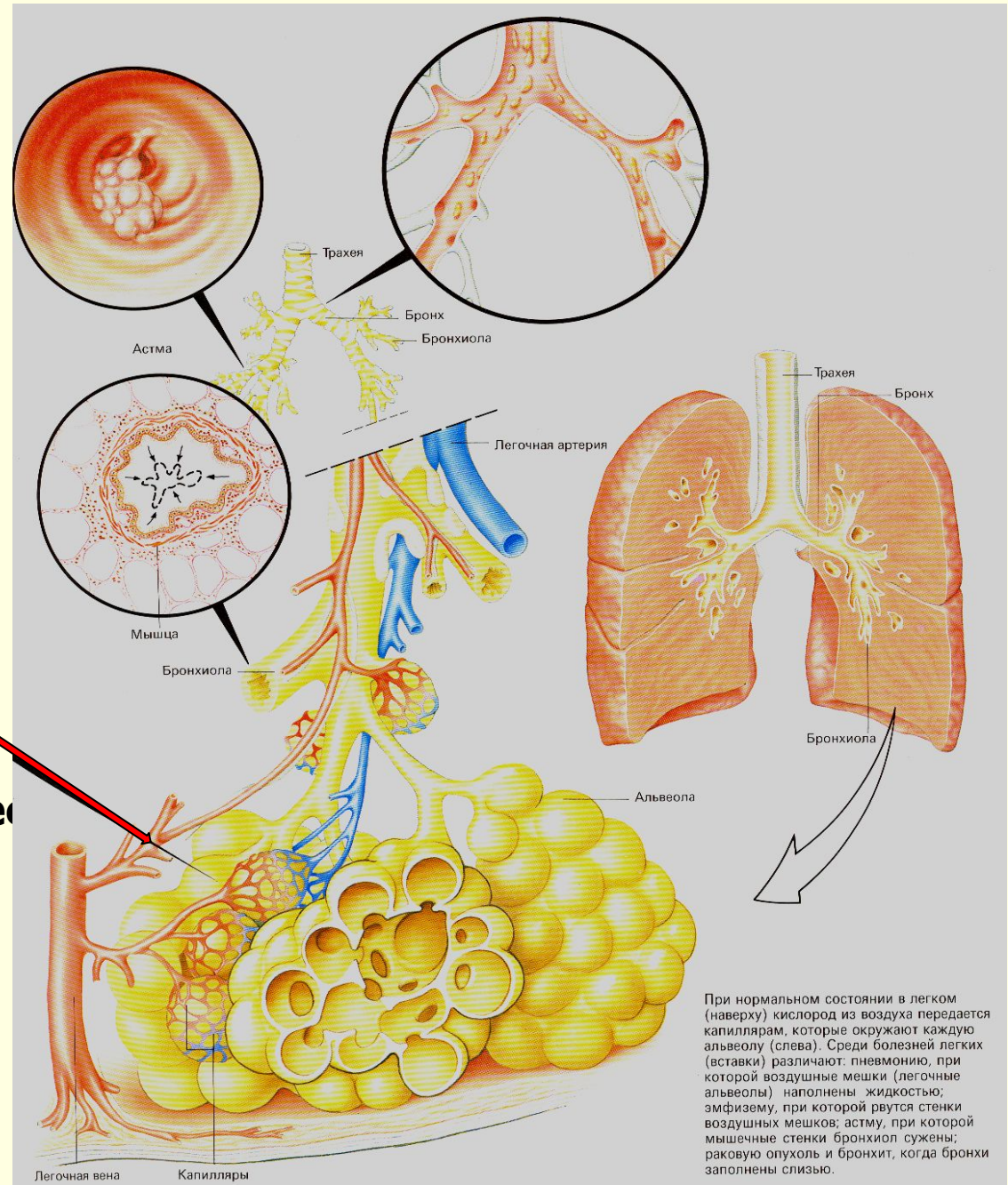
# Строение легких



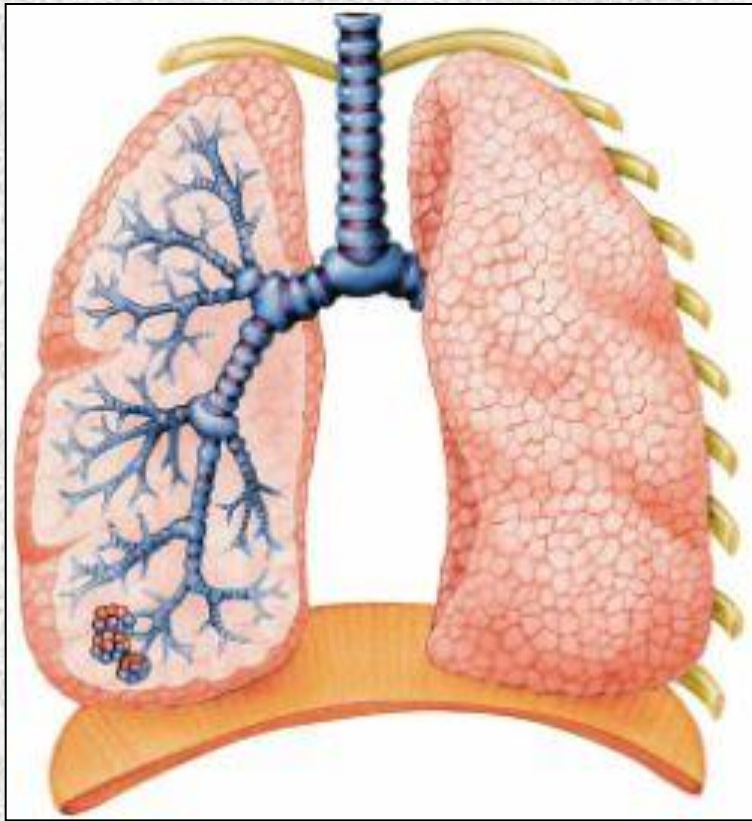


ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЛЕГКИХ в каждую дольку легкого входит дольковая бронхиола, которая делится на 3-7 концевых бронхиол. Функциональная единица лёгкого - ацинус. Он включает одну концевую бронхиолу, которая делится на дыхательные бронхиолы разных порядков, альвеолярные ходы, альвеолы и мешочки. В одном лёгком **300-350 млн. альвеол**. Общая поверхность альвеол двух лёгких при вдохе составляет **80-120 м<sup>2</sup>**. Каждая альвеола обильно кровоснабжается

■ **Ацинус** - разветвление одной терминальной бронхиолы, включающее ее респираторные бронхиолы и альвеолярные ходы и **(400-600 альвеол)**



# Это интересно:



**300-350 млн.** альвеол с общей площадью – **100 м<sup>2</sup>.**

Длина легочного капилляра – **7-8 мкм**

Через легкие за 1 мин проходит около **100 л** воздуха

*Через капилляры альвеол кровь проходит за **-5 с** (0,25- 0,75 с сек), но гемоглобин успевает насытиться кислородом*

# ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕГКИХ ДЛЯ ДЫХАНИЯ

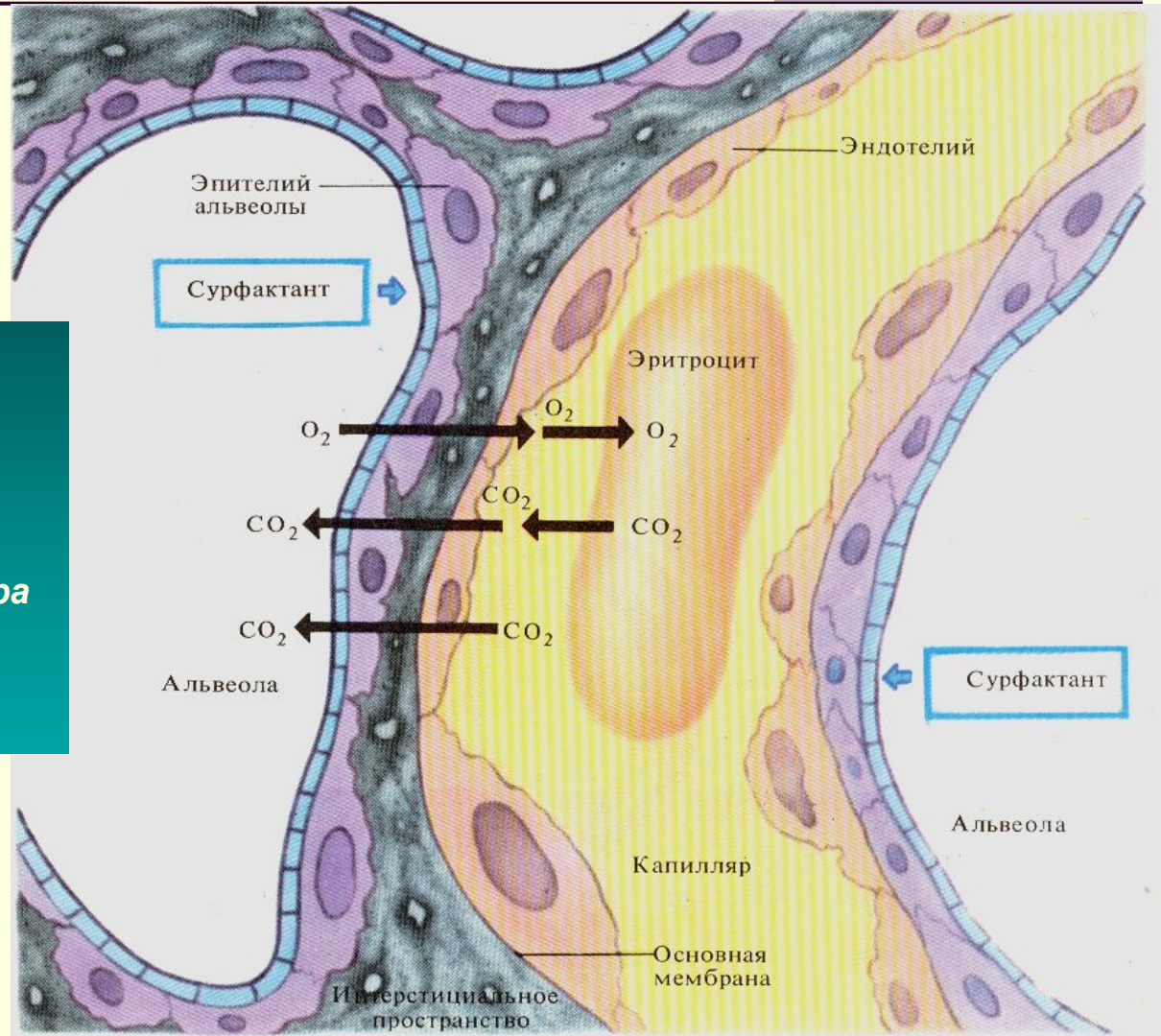
- Наличие **2-х русел** воздушного и кровеносного разообщенных между собой *аэрогематическим барьером* (**0,4-1,5 мкм**)
- Обширная дыхательная площадь легких **50-90 м<sup>2</sup>**
- Наличие особого - **малого круга кровообращения**
- Наличие в легких **эластической ткани**
- Наличие в дыхательных путях **опорной хрящевой ткани** в



# Аэрогематический барьер

0,4-1,5 мкм

1. Слой сурфактанта;
2. Эпителий альвеолы;
3. 2-базальные мембраны;
4. Эндотелий капилляра
5. Мембрана эритроцитов





# Значение дыхания

• Сохранение постоянства газового состава крови

## НЕДЫХАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ:

- 1. **Участие в водном обмене**

Через дыхательные пути и легкие за сутки испаряется **около 500 мл воды** и таким образом осуществляется их участие в регуляции водно-солевого баланса и температуры тела.

- 2. **Участие в терморегуляции.**

На испарение **1 г воды расходуется 0,58 ккал** тепла и это один из путей участия дыхательной системы в механизмах **теплоотдачи**. В условиях покоя за счет испарения воды с дыхательных путей из организма выводится **около 25% суточного расхода воды и 15% продуцируемого тепла**.

- 3. **Участие в регуляции кислотно-основного состояния крови.**

- 4. **Защитная функция: иммунологическая, задерживаются лейкоциты, образуются антитела, осуществляется фагоцитоз, вырабатывается лизоцим, интерферон, иммуноглобулины (IgG, IgM)**

# НЕДЫХАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ:

- ❑ **5. Депонирование крови (до 15% объема циркулирующей крови).**  
При этом “депонированная” кровь продолжает участвовать в газообмене с альвеолярным воздухом.
- ❑ **6. Фильтрационная и гемостатическая функция – в легких задерживаются и удаляются из крови *мелкие тромбы и эмболы*. Тромбы разрушаются фибринолитической системой легких.**
- ❑ **7. Регуляция агрегатного состояния крови (тромбопластин, тромбоксан  $B_2$ , факторы VII, VIII).** Интерстиций легких содержит большое количество *тучных клеток*, содержащих **гепарин** благодаря чему кровь, оттекающая от легких, свертывается медленнее, чем притекающая
- ❑ **8. Экскреторная функция –** через легкие удаляется более **200** летучих веществ. **Эндогенных:** углекислый газ, метан, ацетон и др.; **экзогенных** - **этиловый спирт, фторотан, закись азота** и т.д., испаряется вода
- ❑ **9. Метаболическая.** Эпителиоцитами синтезируются **липиды и протеины, входящие в состав сурфактанта, коллаген и эластин, придающие упругость стенкам альвеол**

# НЕДЫХАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ:

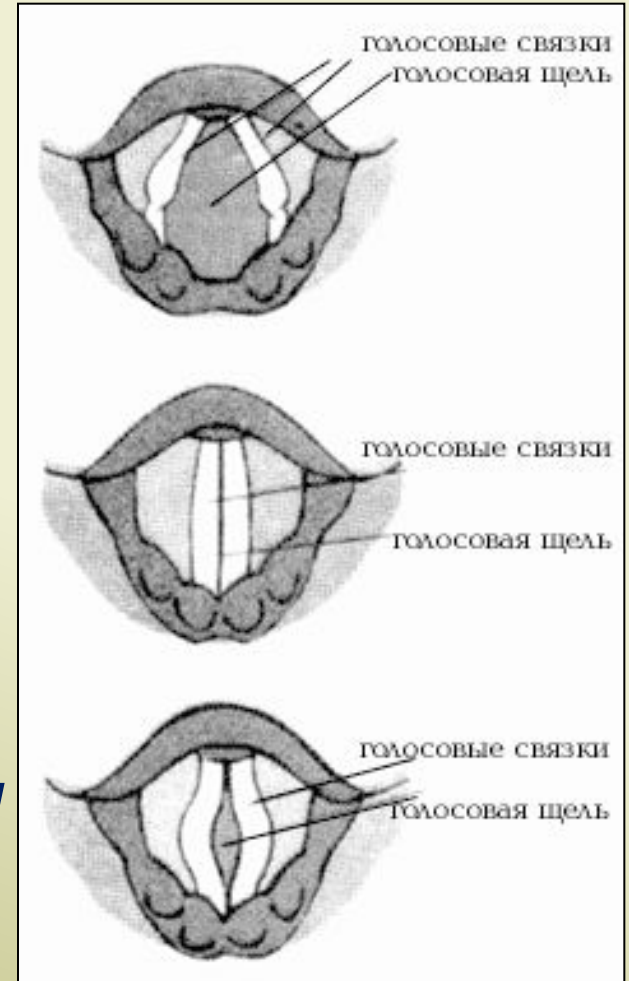
## □ 10. Выработка биологически активных веществ:

- легкими синтезируется **до 90% гепарина**;
- **ангиотензин I превращается в высокоактивный сосудосуживающий фактор – ангиотензин II**;
- **на 80% инактивируется брадикинин**;
- **захватывается и депонируется серотонин, а также 30-40% норадреналина.**

**В них инактивируется и накапливается гистамин, инактивируется до 25% инсулина, 90-95% простагландинов группы E и F; образуются простагландин I 2 (сосудорасширяющий простагландин); оксид азота (NO); факторы свертывания крови VII и VIII,, эритропоэтины.**

## □ 11. Дыхательные пути участвуют в генерации звуков (**голособразование**). В механизмах формирования устной речи и пения выделяют энергетический, генераторный и резонаторный компоненты.

# Образование звуков



**Человек молчит – голосовая щель треугольной формы и достаточно велика.**

**Звук появляется при неполном смыкании голосовой щели, прохождение через нее воздуха, который колеблет голосовые связки.**

# ЭТАПЫ ДЫХАНИЯ

Комплекс последовательных физиологических и физико-химических процессов, обеспечивающих дыхание подразделяют на **5 этапов**:

*Дыхание как целостный процесс включает:*

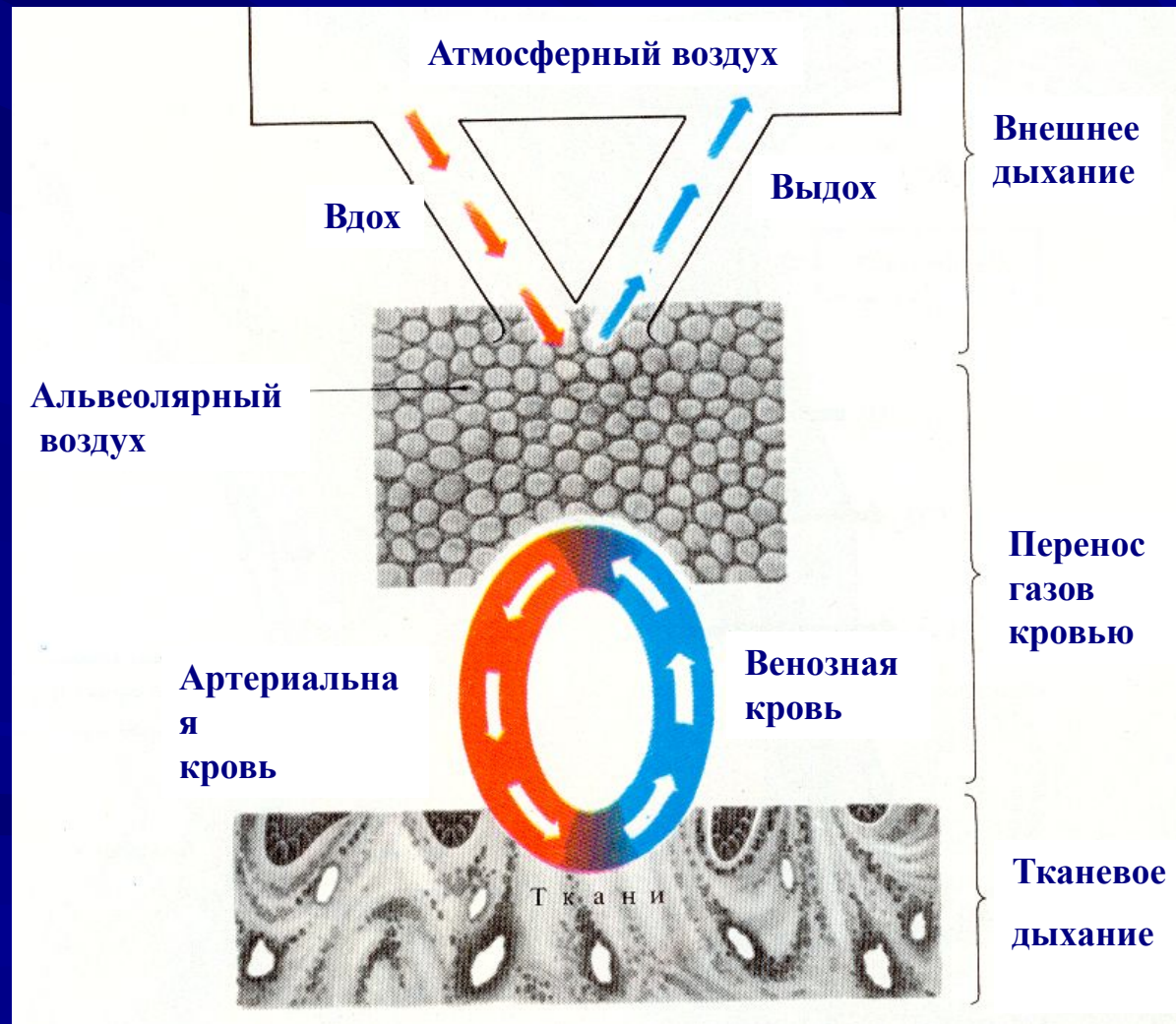
## Внешнее дыхание

1. Обмен газов между легочным воздухом и атмосферным воздухом (вентиляция легких)
2. Обмен воздуха между легочным воздухом и кровью капилляров малого круга кровообращения

## Внутреннее

3. Транспорт  $O_2$  и  $CO_2$  кровью
4. **Тканевое дыхание** (обмен газов между кровью и клетками)
5. **Клеточное дыхание** - биохимические и физико-химические процессы, обеспечивающие аэробное окисление органических веществ с получением энергии, используемой для жизнедеятельности клетки. При этом образуется  $CO_2$  и вода и (при окислении белков) азотистые основания.

# Газообмен между внешней средой и организмом

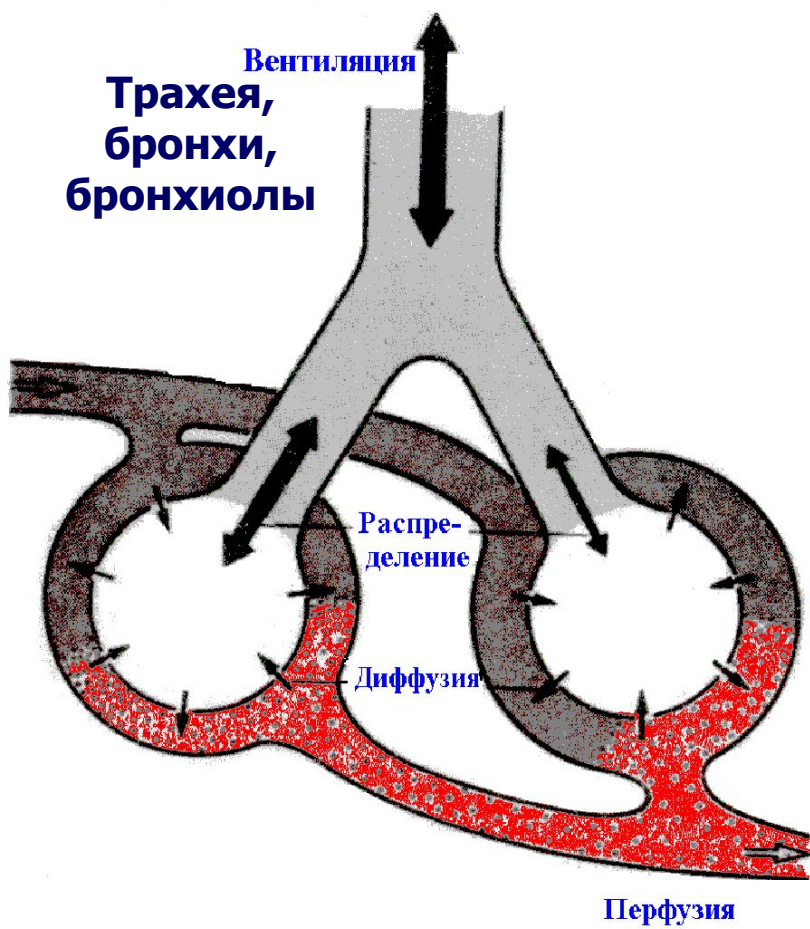




# Внешнее дыхание

Важнейшими составляющими транспортной системы внешнего дыхания являются три ПРОЦЕССА:

- Вентиляция (конвекция)
- Диффузия
- Перфузия



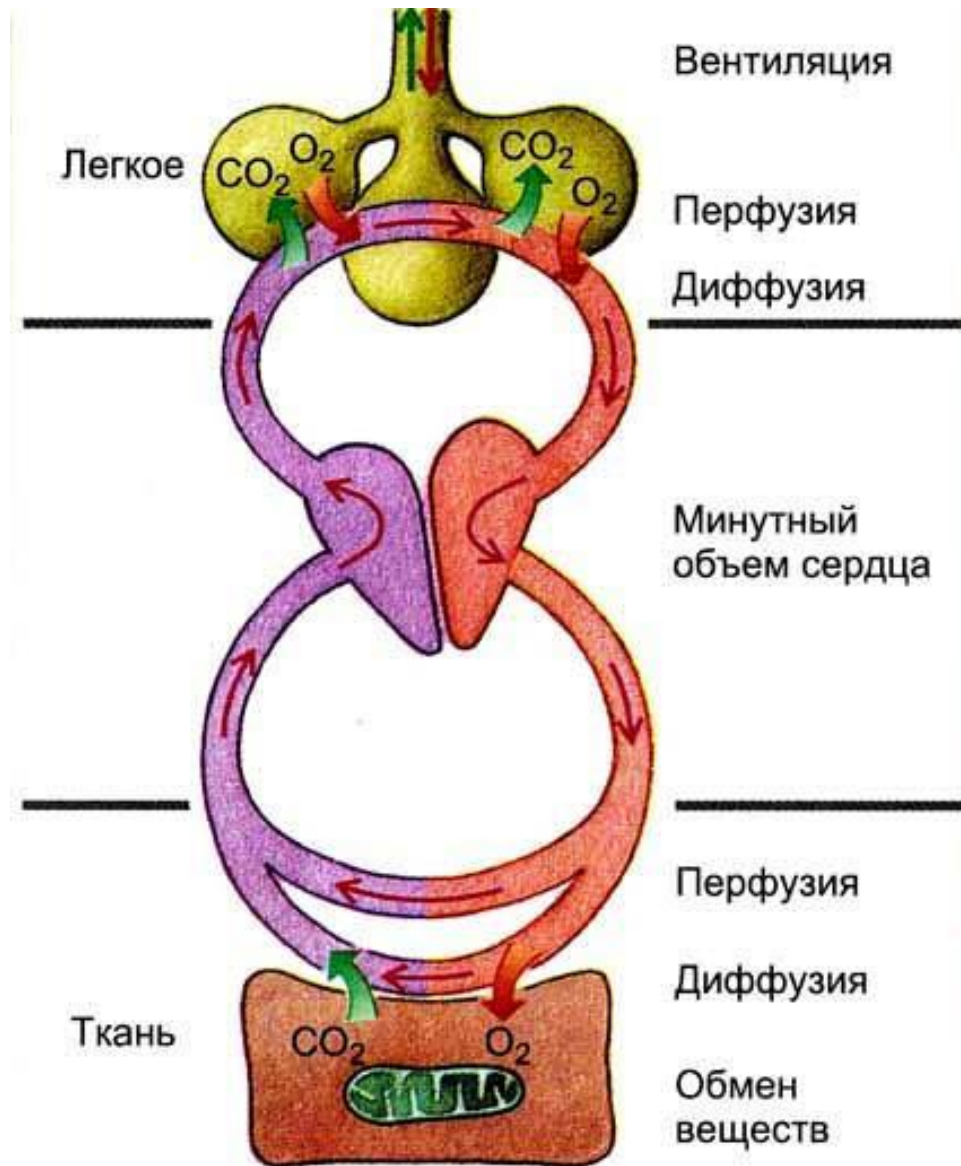
# Этапы процесса дыхания

## Внешнее дыхание

- ✓ 1. конвекционный транспорт в альвеолы (вентиляция легких);

## Транспорт газов кровью

- ✓ 2. Диффузия газов диффузия из альвеол в кровь легочных капилляров; в ткани + тканевое дыхание





- В дыхательных движениях участвуют **три анатоμο-функциональных образования:**
- 1) **ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПУТИ**, которые по своим свойствам являются слегка растяжимыми, сжимаемыми и создают поток воздуха, особенно в центральной зоне;
- 2) **ГРУДНАЯ КЛЕТКА, состоящая из пассивной костно-хрящевой основы**, которая объединена соединительнотканными связками и дыхательными мышцами. Грудная клетка относительно ригидна на уровне ребер и подвижна на уровне диафрагмы.
- 3) **ЭЛАСТИЧНАЯ И РАСТЯЖИМАЯ ЛЕГОЧНАЯ ТКАНЬ;**

## **Внешнее дыхание обеспечивается:**

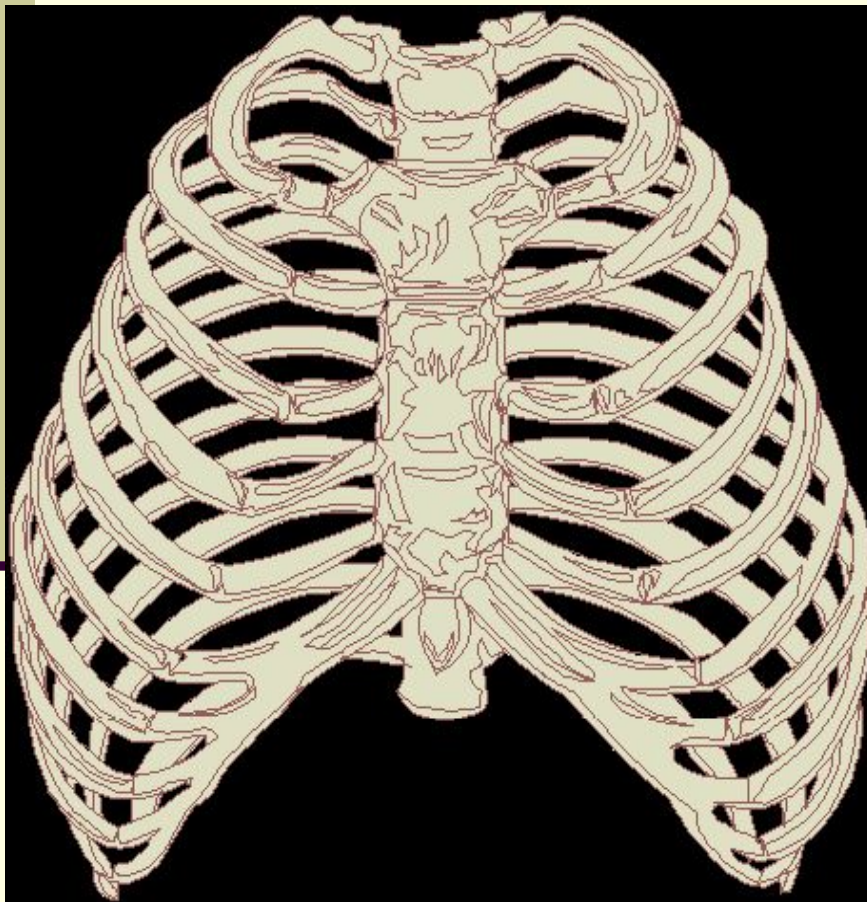
- **костно-мышечными структурами грудной клетки,**
- **дыхательными путями,**
- **легкими,**
- **нервными центрами головного и спинного мозга**

# Изменения формы грудной клетки при **вдохе и выдохе (ДЦ)**

**ВДОХ**

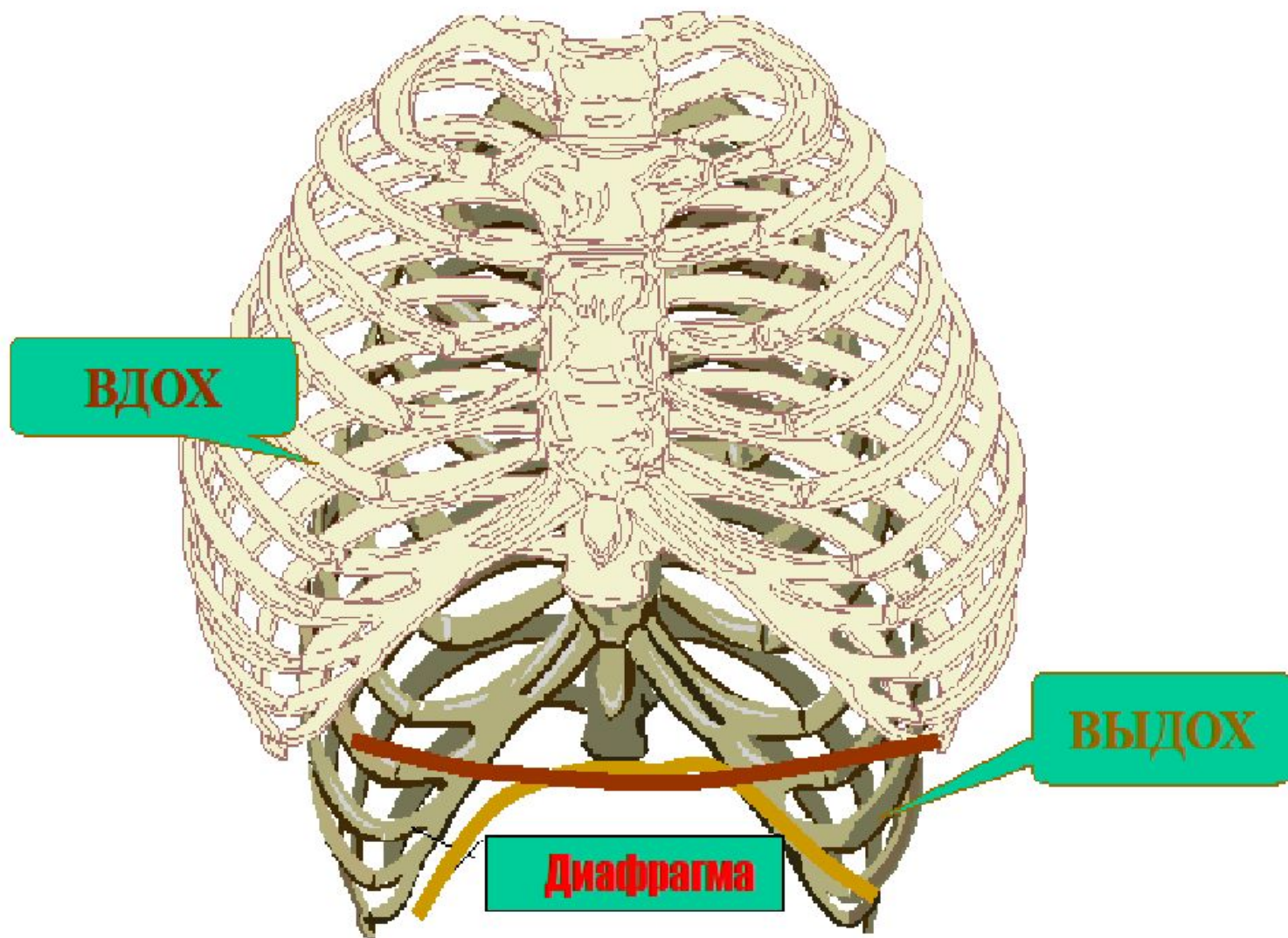
**1:1,2**

**ВЫДОХ**



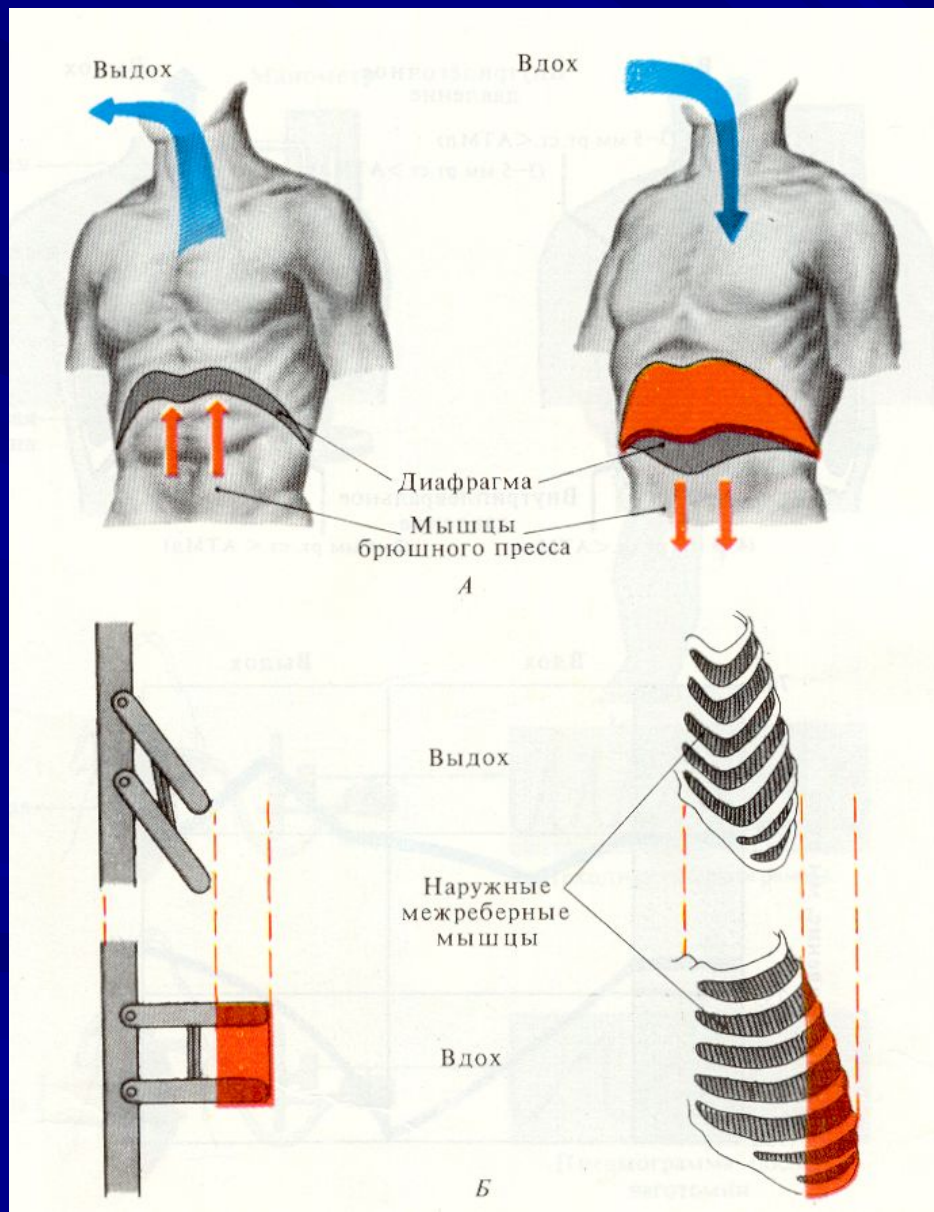
**ЧД** у взрослых в среднем = **14** (12-18) в мин  
У новорожденных **40-55** в мин

# Изменения формы грудной клетки при вдохе и выдохе





# Механизм дыхательных движений



# Модель ДОНДЕРСА

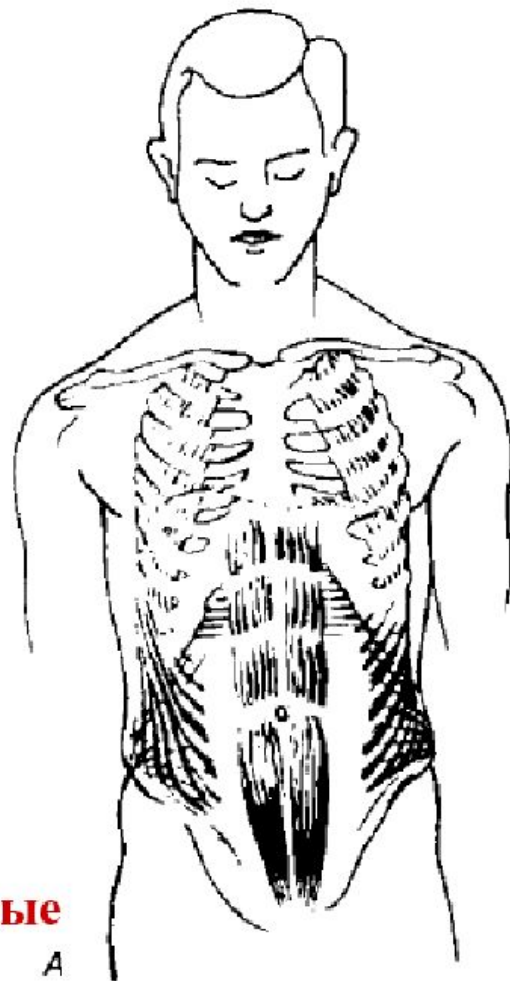


# Механизм вдоха и выдоха.

**Дыхательный цикл включает вдох, выдох** и паузу между ними. Длительность дыхательного цикла **2,5-7с.**

- Мышцы, обеспечивающие **спокойный вдох**: *наружные межреберные, межхрящевые и диафрагмальная*. Усиленный вдох – подключаются вспомогательные мышцы: большие и малые грудные, лестничные, грудино-ключично-сосцевидные, передние зубчатые и т.д..
- **Спокойный выдох** происходит пассивно за счет сил накопленных при вдохе. **Силы обеспечивающие спокойный выдох**: *Сила тяжести грудной клетки; Эластическая тяга легких; Эластичность реберных хрящей; Давление органов брюшной полости на диафрагму.*
- Сила дыхательных мышц измеряется с помощью пневмотонометра. **В норме сила мышц вдоха 40-80 см вод.ст., а мышц выдоха 80-150 см вод.ст..**

## Вспомогательные дыхательные мышцы



экспираторные



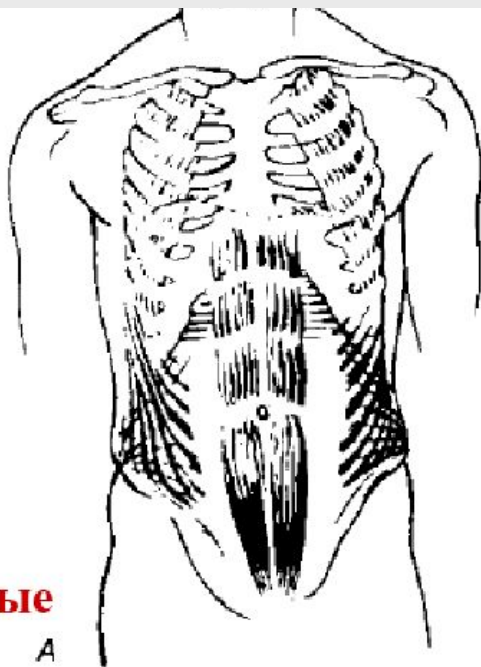
- Большие и малые грудные
- Лестничные
- Грудино-ключично-сосцевидные
- Зубчатые
- трапецевидные

инспираторные



## Вспомогательные дыхательные мышцы

- ✓ Внутренние межреберные
- ✓ Мышцы брюшного пресса (косые, прямая и поперечные)



экспираторные

А

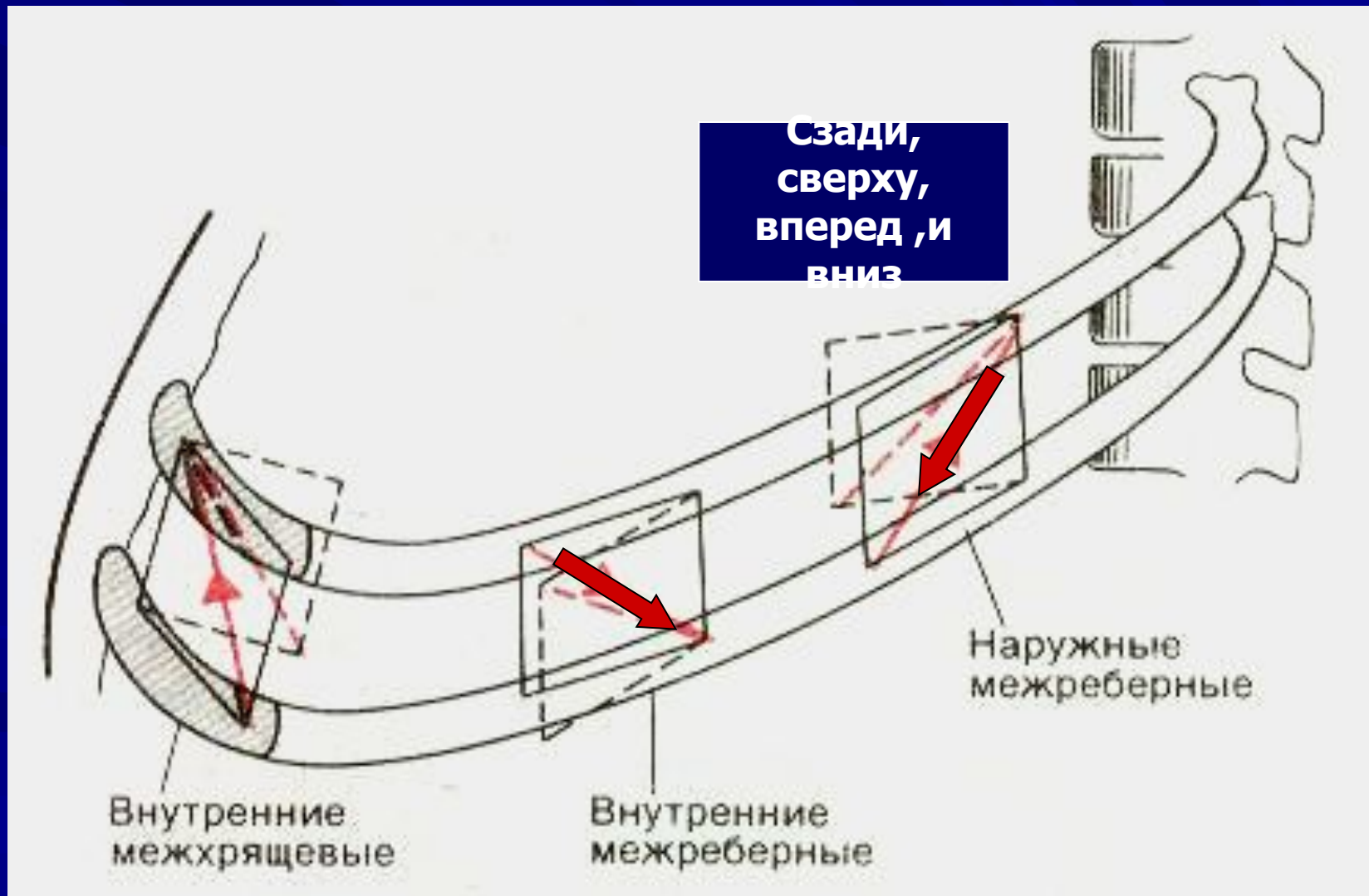


- Большие и малые грудные
- Лестничные
- Грудно-ключично-сосцевидные
- Зубчатые
- трапецевидные

инспираторные

Б

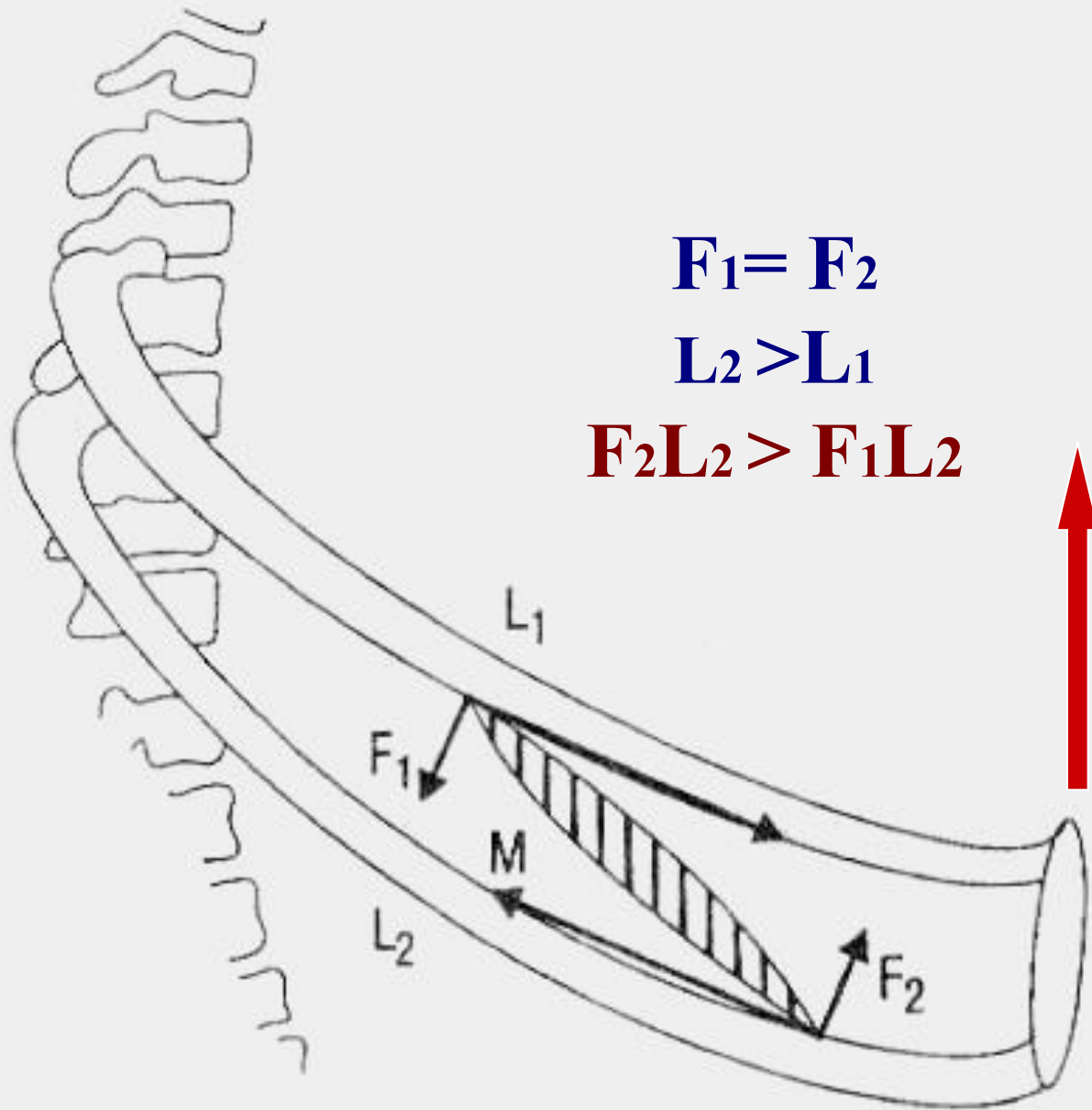
# Ориентация волокон межреберных мышц



$$F_1 = F_2$$

$$L_2 > L_1$$

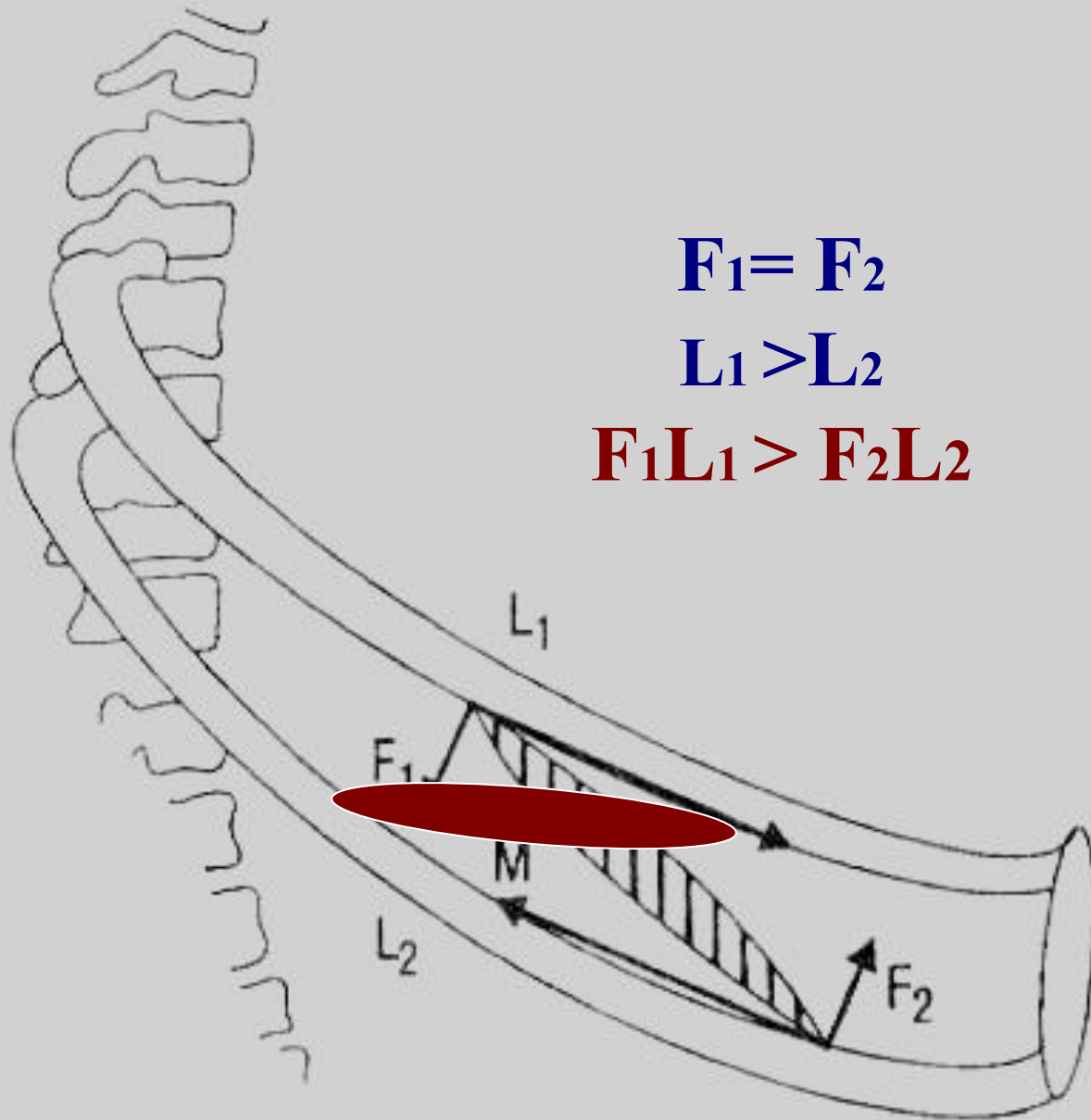
$$F_2 L_2 > F_1 L_2$$

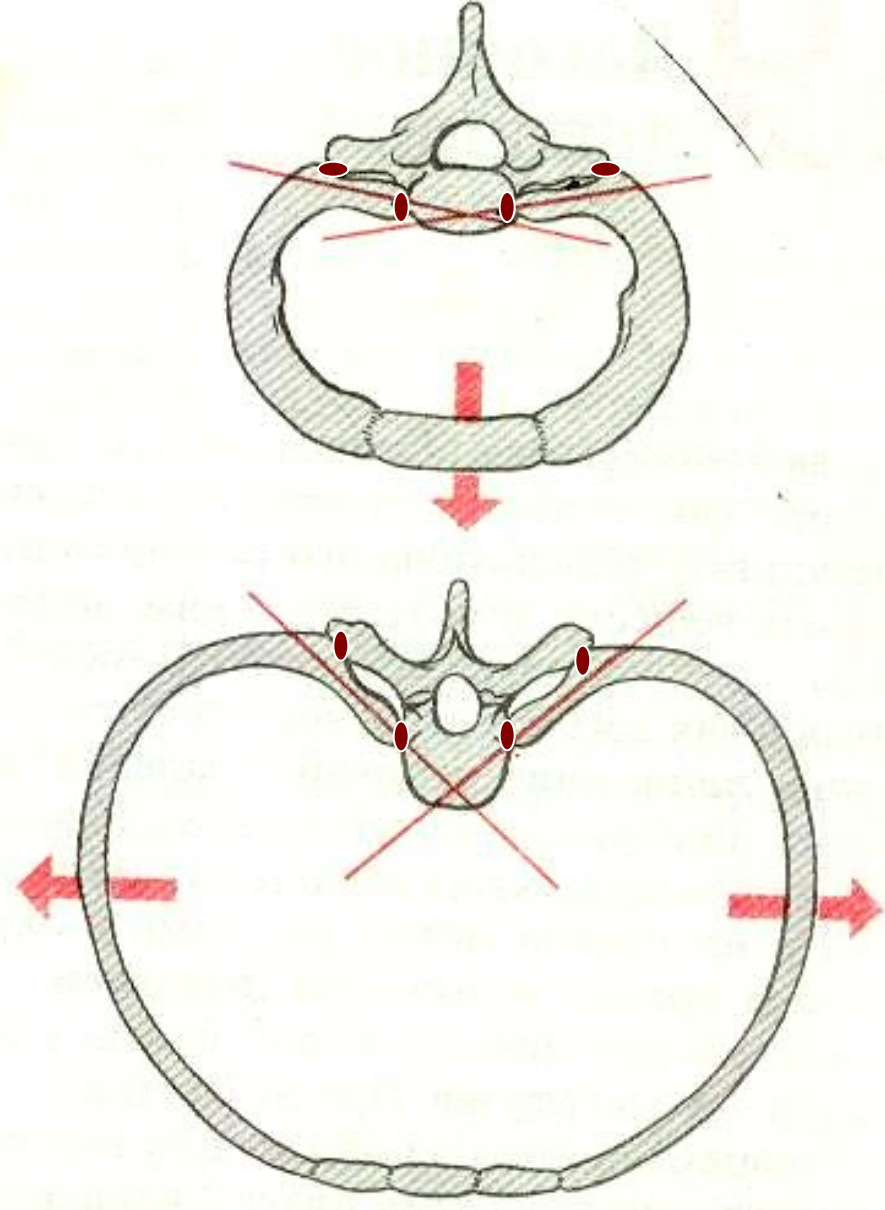


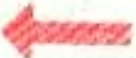
$$F_1 = F_2$$

$$L_1 > L_2$$

$$F_1 L_1 > F_2 L_2$$





 Направление, в котором преимущественно увеличиваются размеры грудной клетки при вдохе

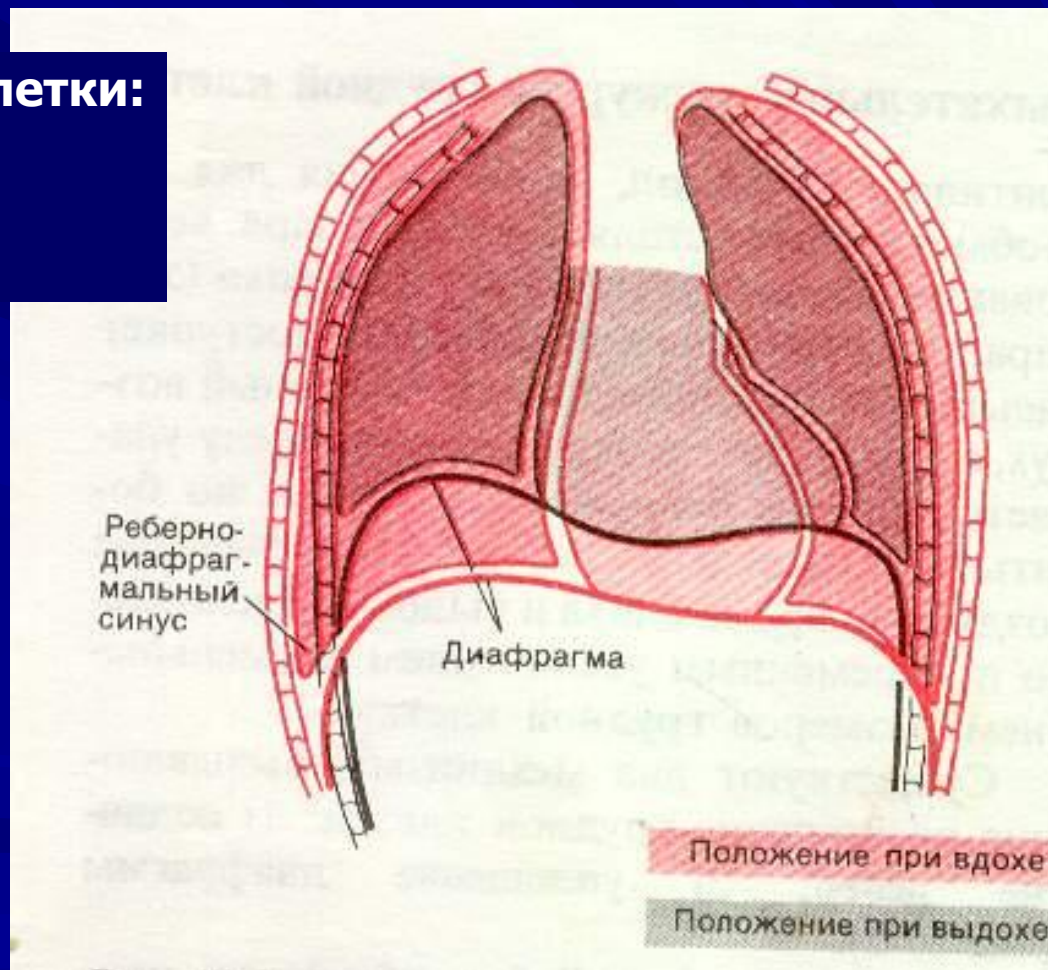


# Форма грудной клетки при выдохе

Подвижность грудной клетки:

М – 7 - 10 см

Ж – 5 - 8 см



# ТИПЫ ДЫХАНИЯ

---

В зависимости от вклада вносимого каждым из механизмов в увеличении размеров грудной клетки при вдохе различают:

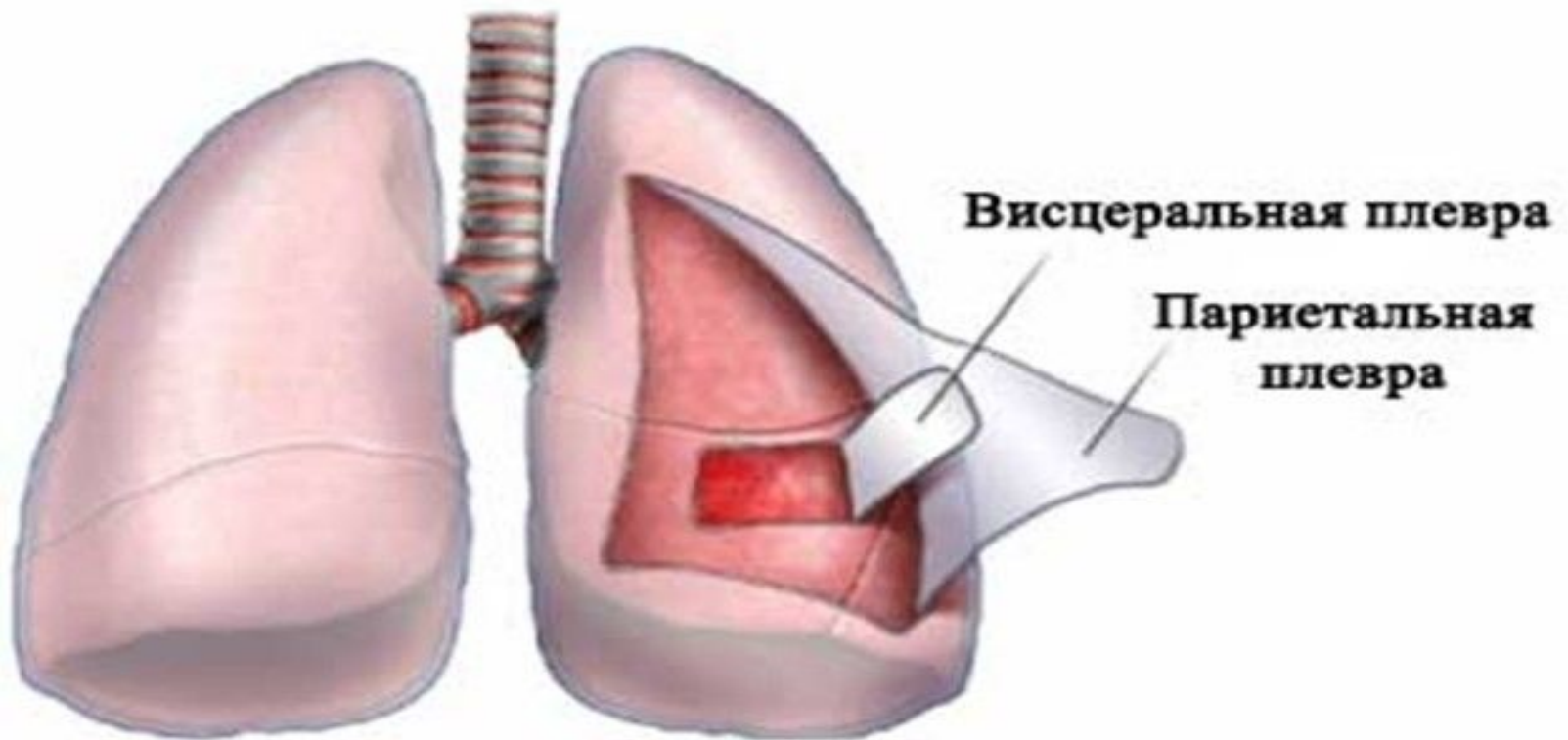
□ **Грудной(реберный)**

□ **Брюшной**

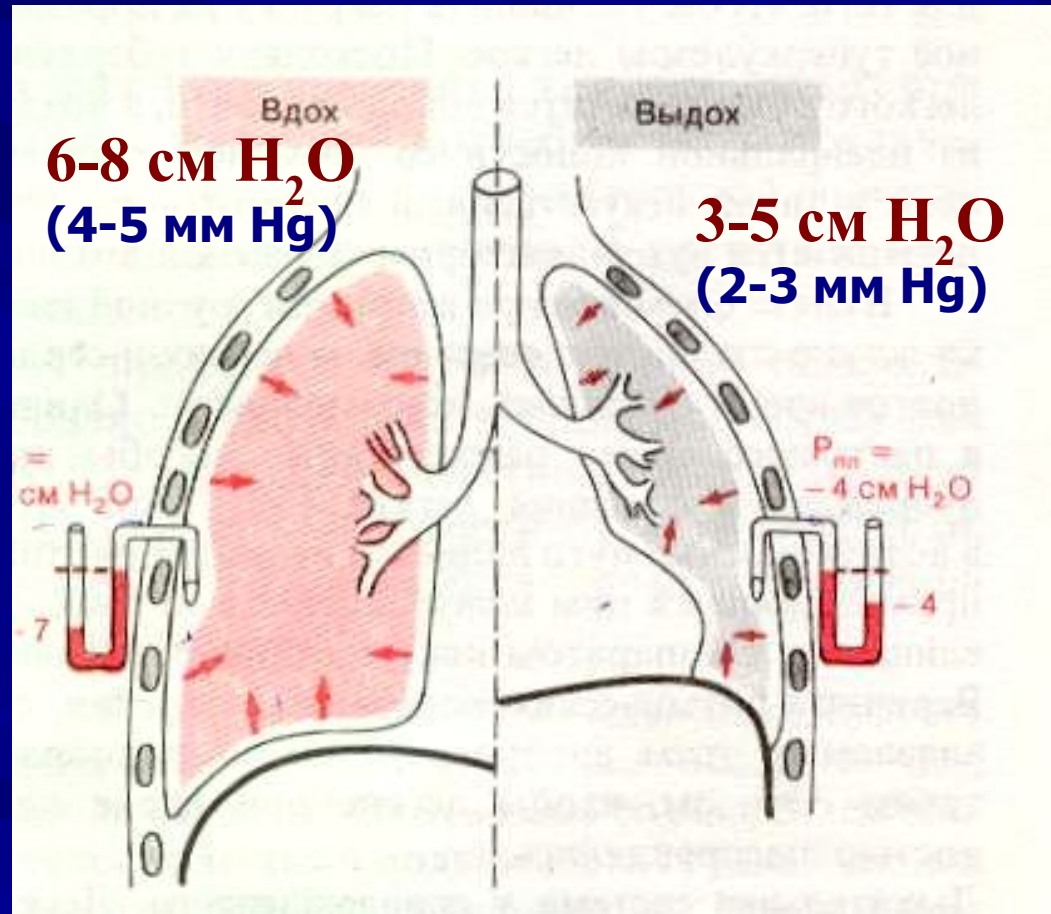
□ **Смешанный**



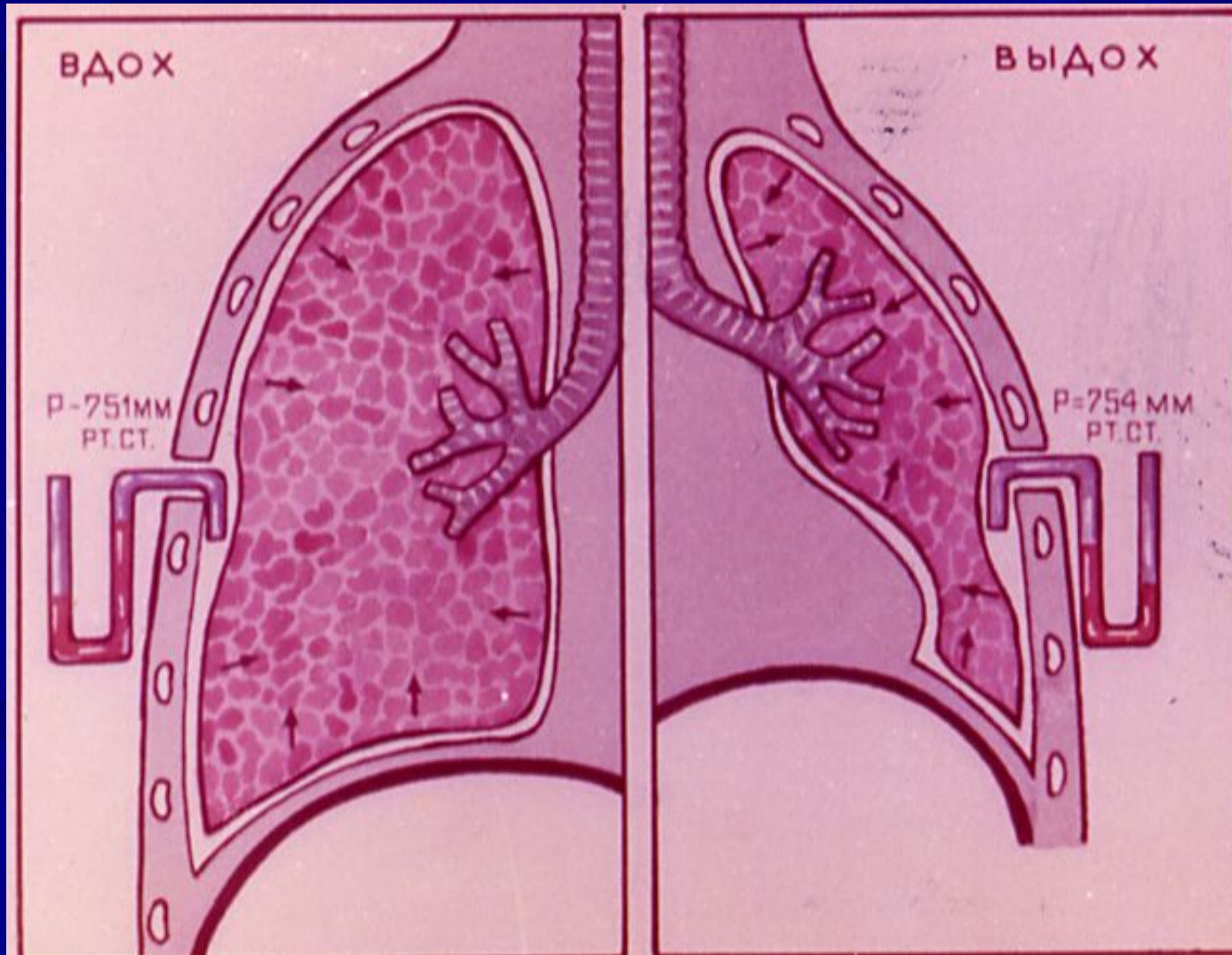
**ДАВЛЕНИЕ В ПЛЕВРАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ,  
ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ДЫХАНИИ**

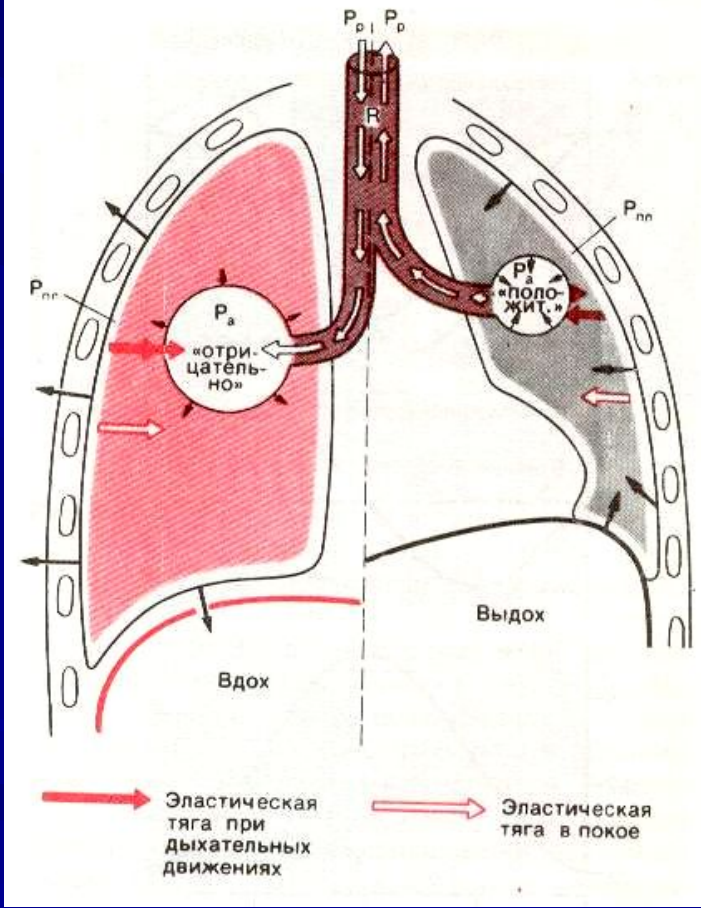


# Плевральное давление в различные фазы дыхания



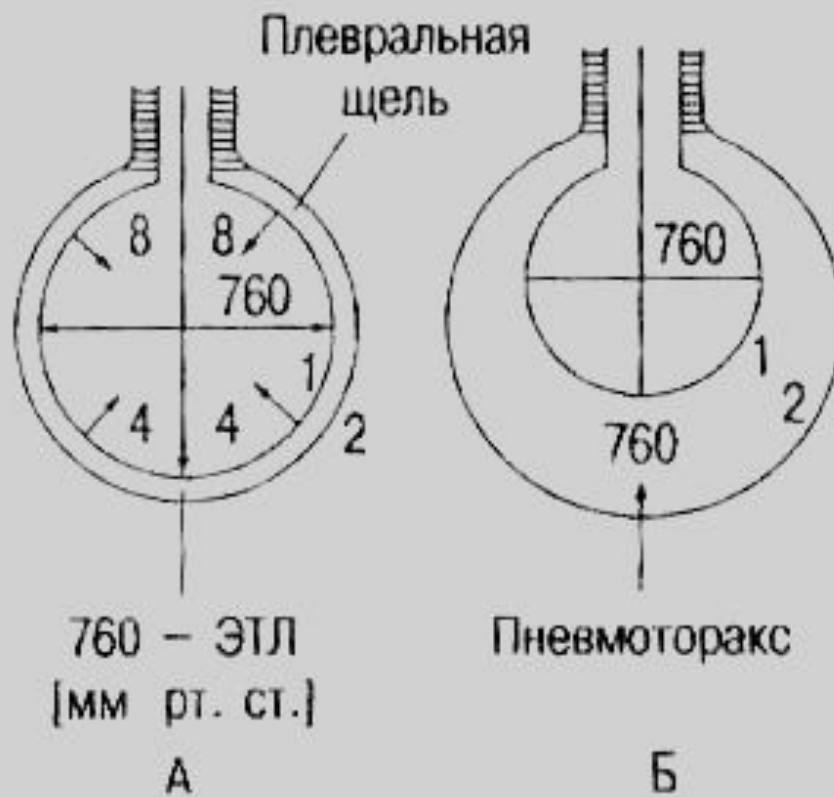
# Изменения внутриплеврального давления при вдохе и выдохе







# Изменения давления при пневмотораксе

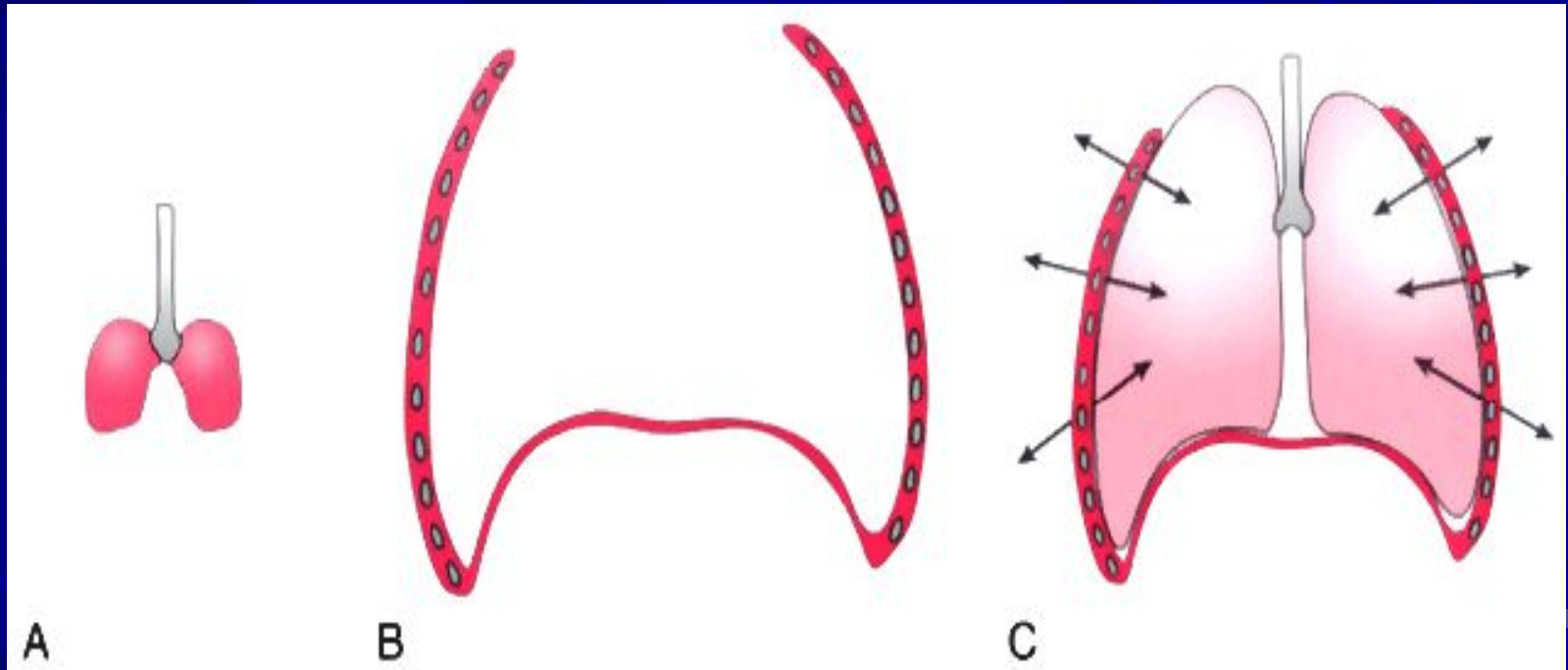




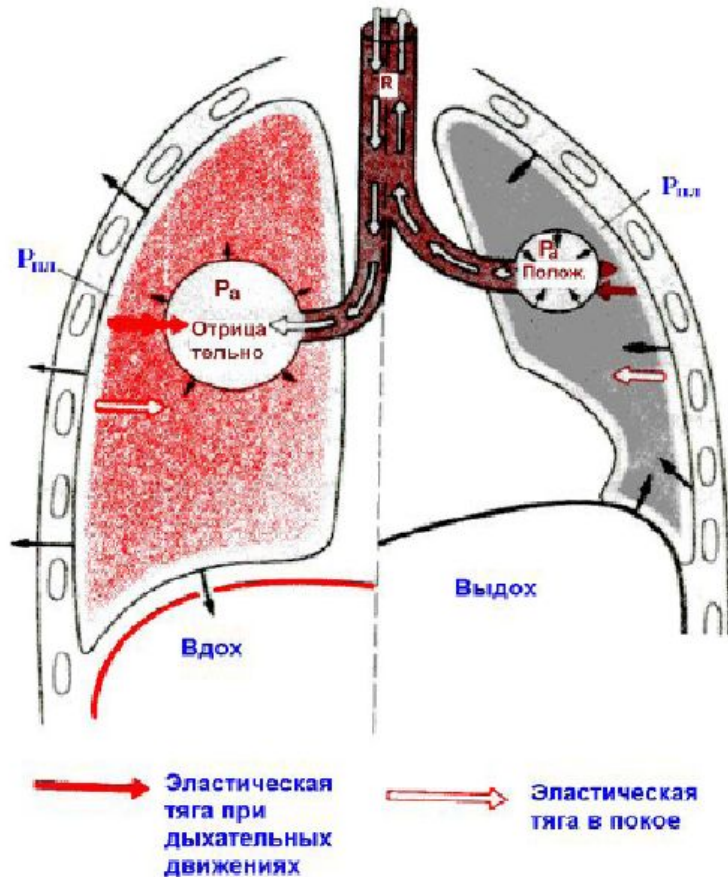
**Пневмотораксом** называют поступление воздуха в плевральную щель, приводящее к спадению легких.

- Пневмоторакс может быть **односторонним и двусторонним, открытым, закрытым.**
- При нарушении целостности стенки грудной клетки с одной стороны спадается легкое только на стороне повреждения, так как благодаря средостению другое легкое остается в герметичном пространстве и человек может им дышать.

**ФОЭ - стремление лёгких к коллапсу =  
стремлению гр. клетки к расправлению**



# Механизм вдоха и выдоха



Транспульмональное давление:

$$P_{трп} = P_{альв} - P_{плевр}$$

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

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

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

Трансреспираторное давление:

$$P_{трр} = P_{альв.} - P_{внешн.}$$

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

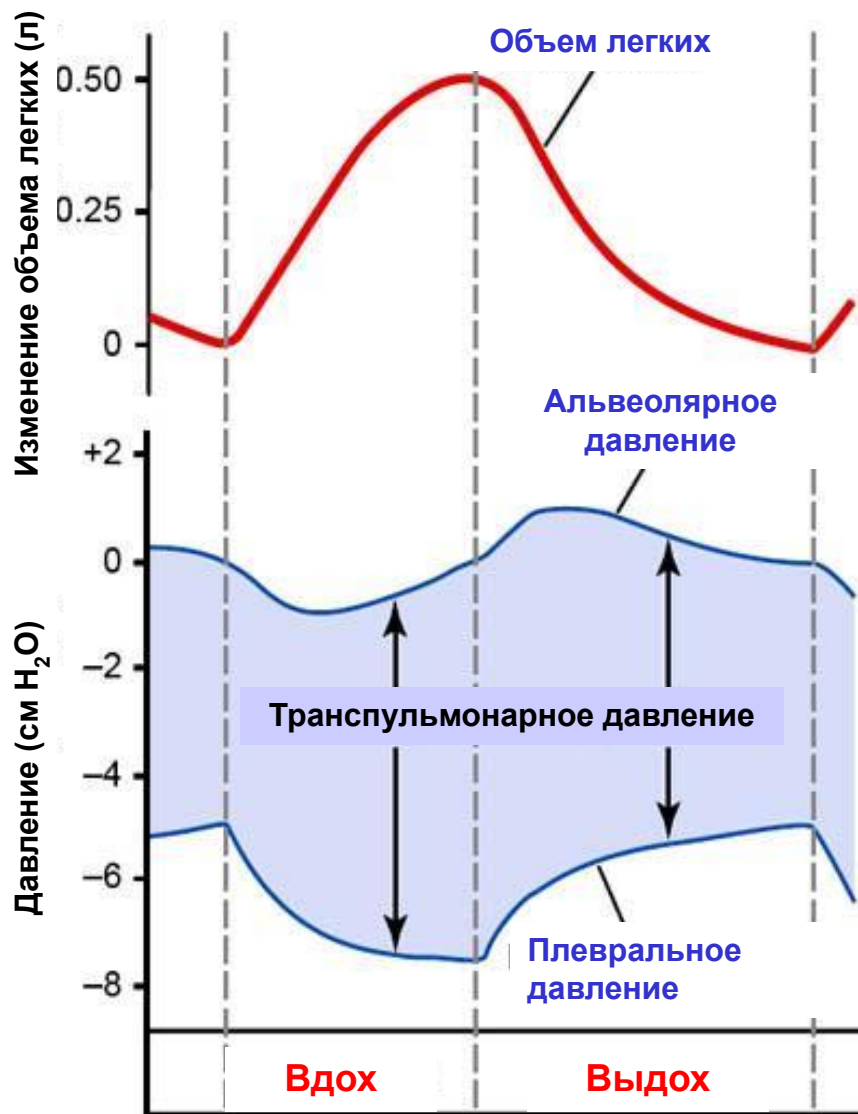
На выдохе:  $P_{трр} = 764 - 760 = +4 \text{ мм Hg}$

Эластическая тяга дыхания =

эластическая тяга легких +

эластическая тяга грудной клетки

# Изменения объема легких и давлений внутри и снаружи легких в течение дыхательного цикла



Отрицательное давление в плевральной полости создается за счет **эластической тяги легких**, которая противодействует растяжению легких.

- Эластическая тяга обеспечивается:
- эластическими свойствами легочной ткани;
  - поверхностным натяжением жидкости, покрывающей их изнутри.

# Эластическая тяга легких

Эластическая тяга легких – сила, с которой легкие стремятся сжаться

- Поверхностным натяжением пленки жидкости, покрывающей внутреннюю поверхность альвеол(2/3).
- Упругостью ткани стенок альвеол (содержит эластические волокна- 30%)
- Тонусом бронхиальных мышц

*(гладкомышечные волокна внутрилегочных бронхов 3 %).*



# Эластическая тяга легких

Величина *эластической тяги легких* (**E**) обратно пропорциональна величине их растяжимости (**C** - от англ. compliance).

$$E = 1 / C.$$

Растяжимость легких (**C**) отражает увеличение их объема (**V**) в ответ на возрастание транспульмонального давления (**P**) на 1 см вод. ст.

$$C = V / P .$$

Растяжимость показывает, на сколько возрастает объём легкого при увеличении внутрилегочного давления. При увеличении транспульмонального давления на 10 мм. вод. ст. объём легких у взрослого человека возрастает на 200 мл.

Растяжимость у здоровых людей составляет 200 мл/см вод. ст. *При эмфиземе легких их растяжимость увеличивается, при фиброзе — уменьшается.*

# Неэластическое сопротивление дыханию

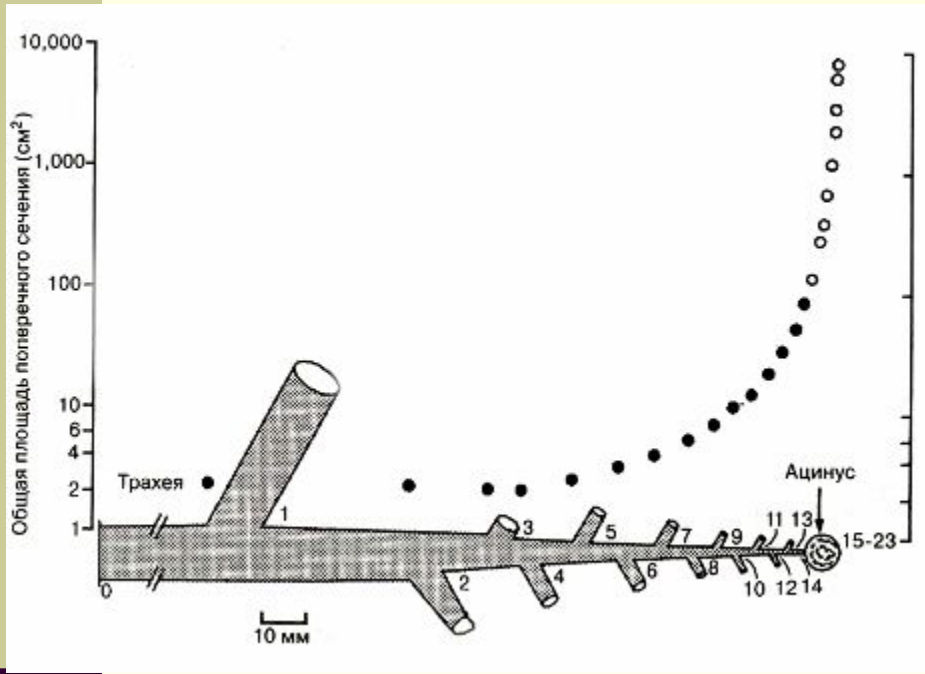
---

Обусловлено силами трения внутри воздушной струи и между потоком воздуха и стенки дыхательных путей, зависит от:

- **Аэродинамического сопротивления дыхательных путей**
- **Вязкого сопротивления тканей грудной и брюшной полостей их внутренним трением**

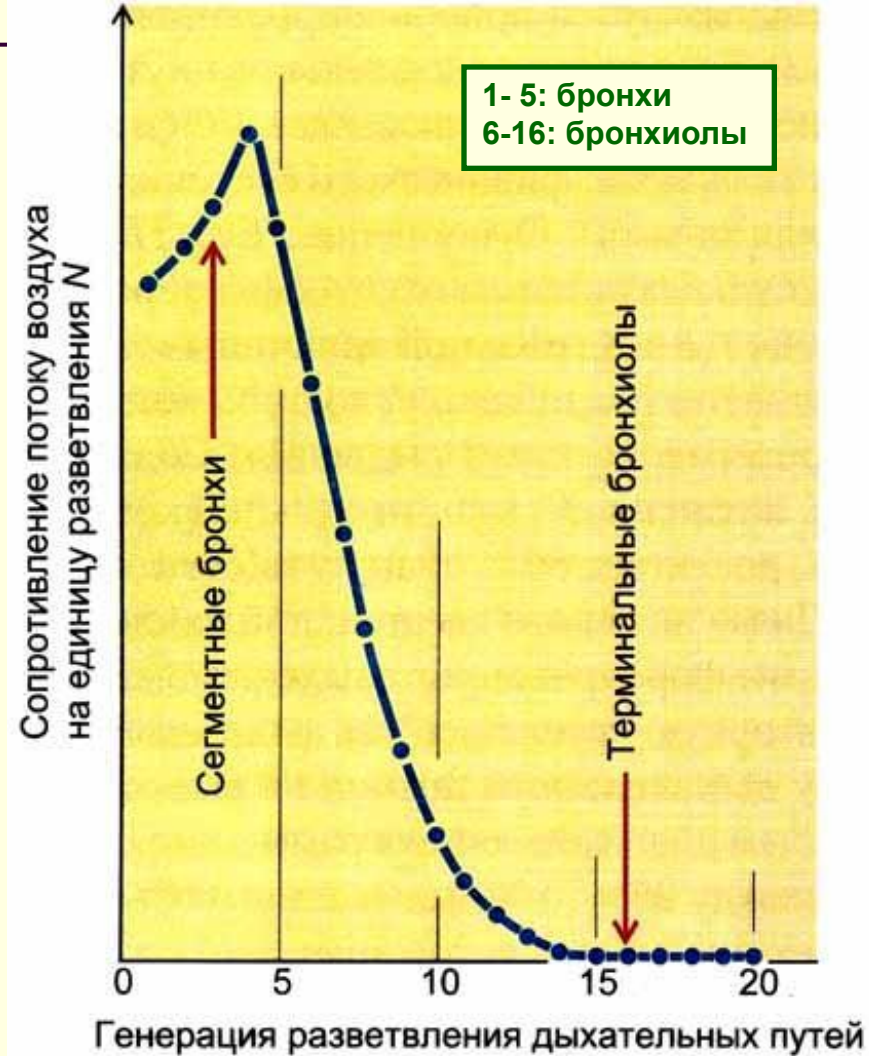
Суммарная площадь поперечного сечения при ветвлении дыхательных путей

**РАСТЕТ**



Около 80% сопротивления приходится на дыхательные пути с диаметром более 2 мм

А сопротивление потоку воздуха в дыхательном тракте **ПАДАЕТ**



# Эластическая тяга легких

Эластическая тяга легких – сила, с которой легкие стремятся сжаться

- Поверхностным натяжением пленки жидкости, покрывающей внутреннюю поверхность альвеол(2/3).
- Упругостью ткани стенок альвеол (содержит эластические волокна- 30%)
- Тонусом бронхиальных мышц

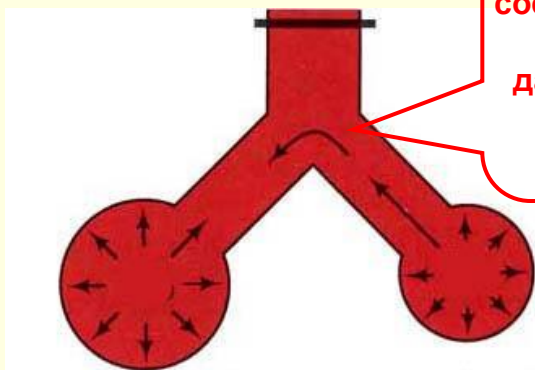
*(гладкомышечные волокна внутрилегочных бронхов 3 %).*

# Слой сурфактанта снижает поверхностное натяжение в альвеолах в 5-7 раз

$$P = \frac{T}{2r}$$

По закону Лапласа, давление (P) в пузырьке при постоянном натяжении (T) в его стенке обратно пропорционально его радиусу (r).

Если эти пузырьки соединены, то маленький пузырек, в котором давление выше, отдаст свое содержимое большому



P

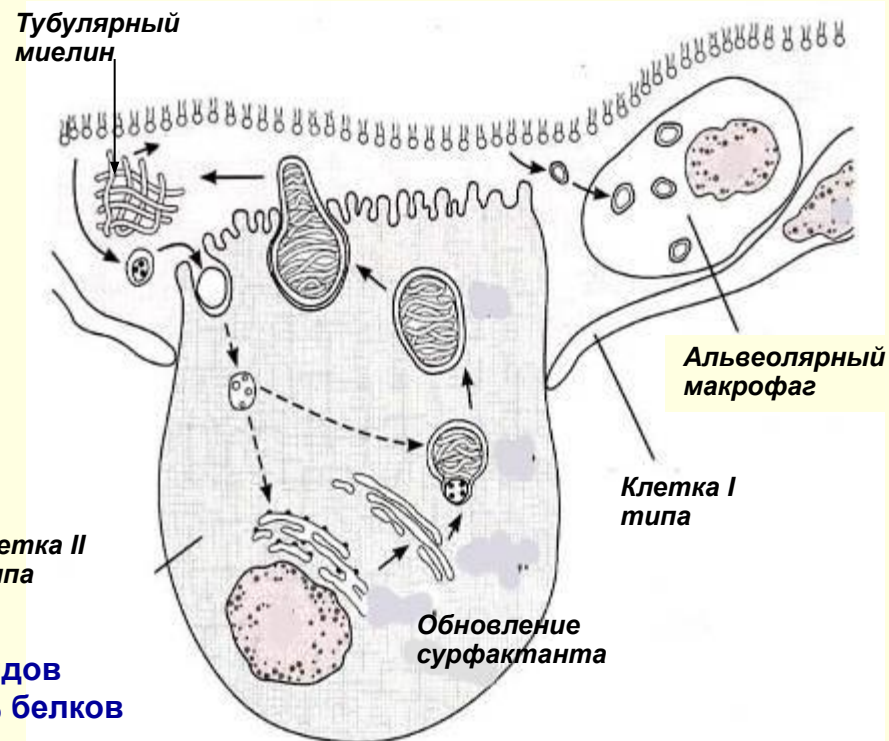
P

Если натяжение в стенках большого и маленького пузырька одинаково, давление в маленьком пузырьке выше.

Сурфактант на 90% состоит из фосфолипидов (в первую очередь, фосфатидилхолина) + 10% белков  
**ПРОДУЦИРУЕТСЯ КЛЕТКАМИ II ТИПА**

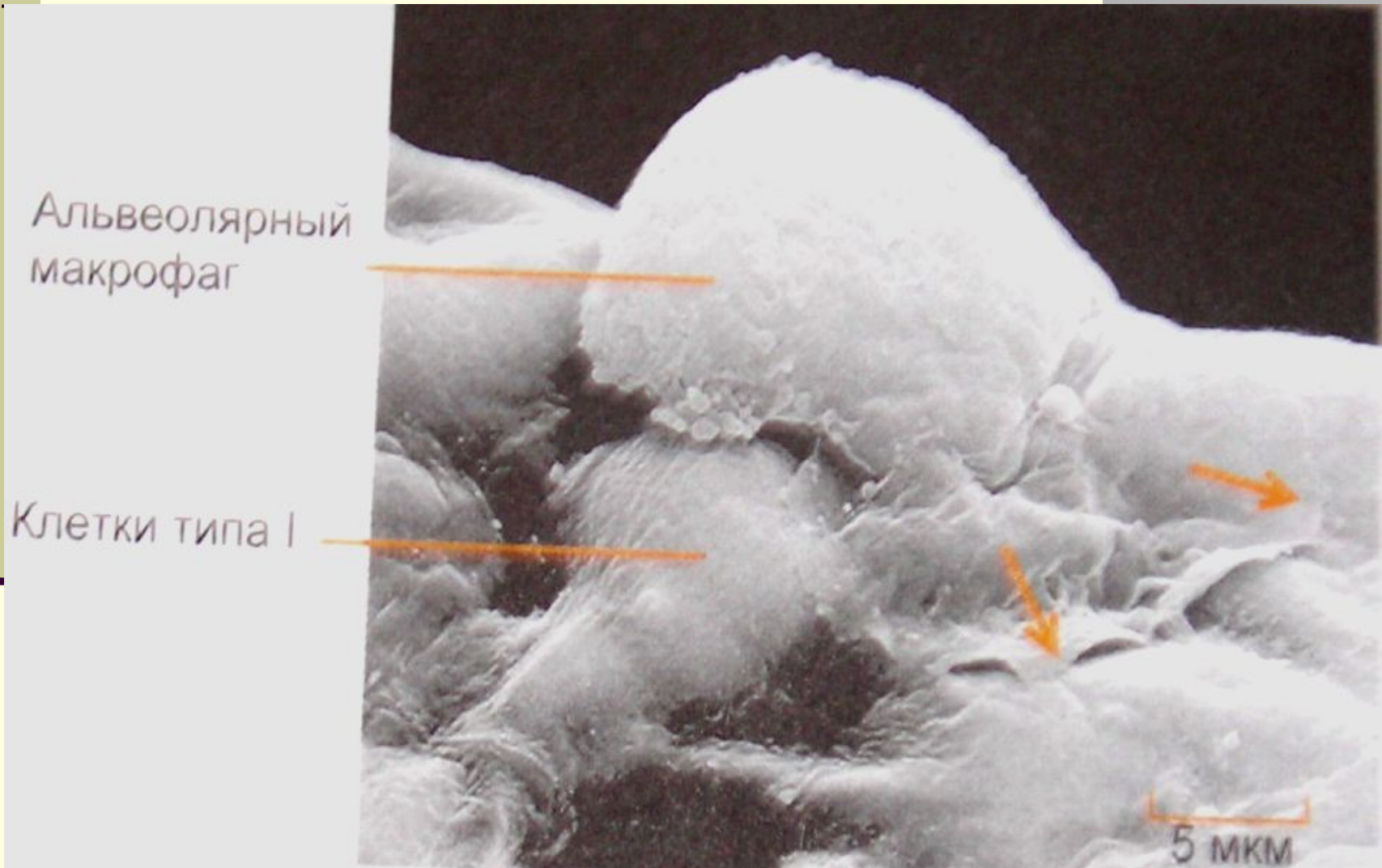
Спадению альвеол препятствует выстилающий их слой сурфактанта

Когда радиус альвеолы уменьшается, слой сурфактанта становится толще, поверхностное натяжение снижается и альвеола стабилизируется





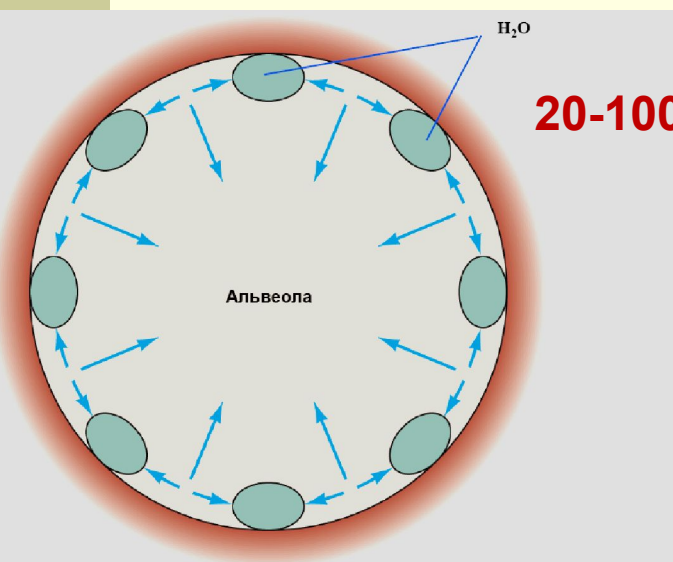
# Альвеолярный макрофаг на поверхности альвеолы



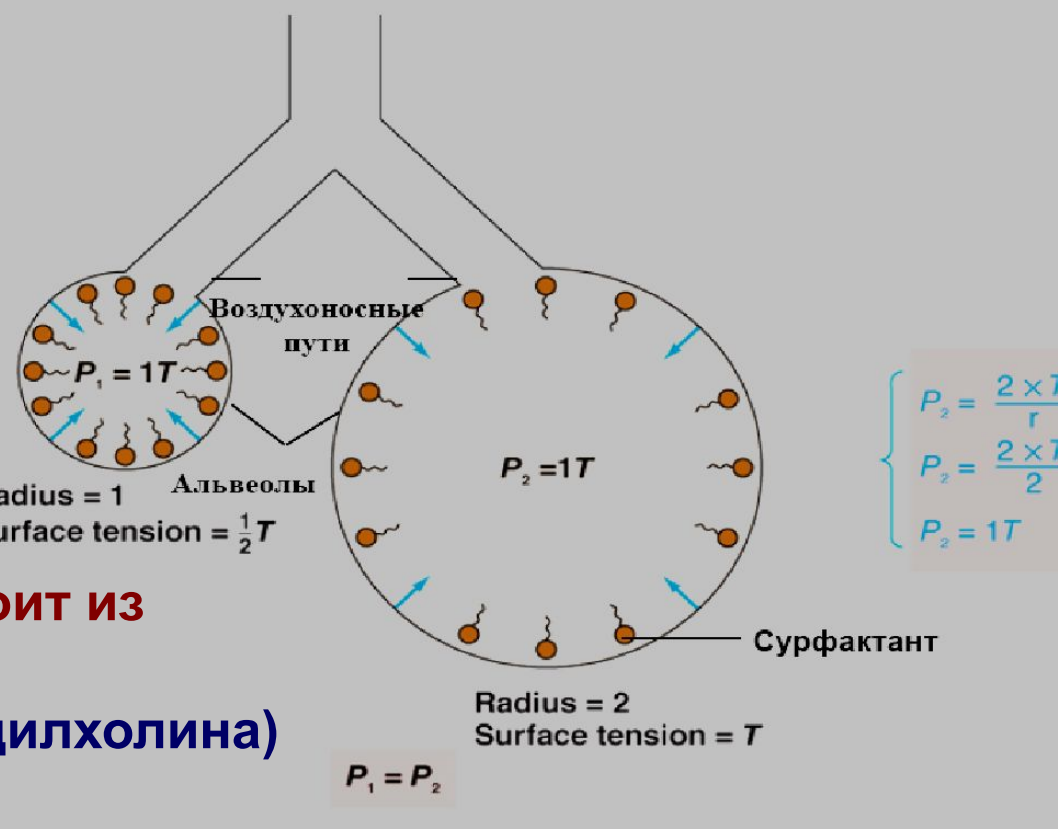
# СУРФАКТАНТ

Нергардом в 1929 году

20-100 нм.



$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{2 \times T}{r} \\ P_1 &= \frac{2 \times \frac{1}{2}T}{1} \\ P_1 &= 1T \end{aligned} \right\}$$



Сурфактант на 90% состоит из  
фосфолипидов

(в первую очередь, фосфатидилхолина)

+ 10% белков

ПРОДУЦИРУЕТСЯ пневмоцитами II типа

Вещество, покрывающее внутреннюю поверхность альвеол  
→ *сурфактант*.

— Сурфактант имеет низкое поверхностное натяжение и стабилизирует состояние альвеол.

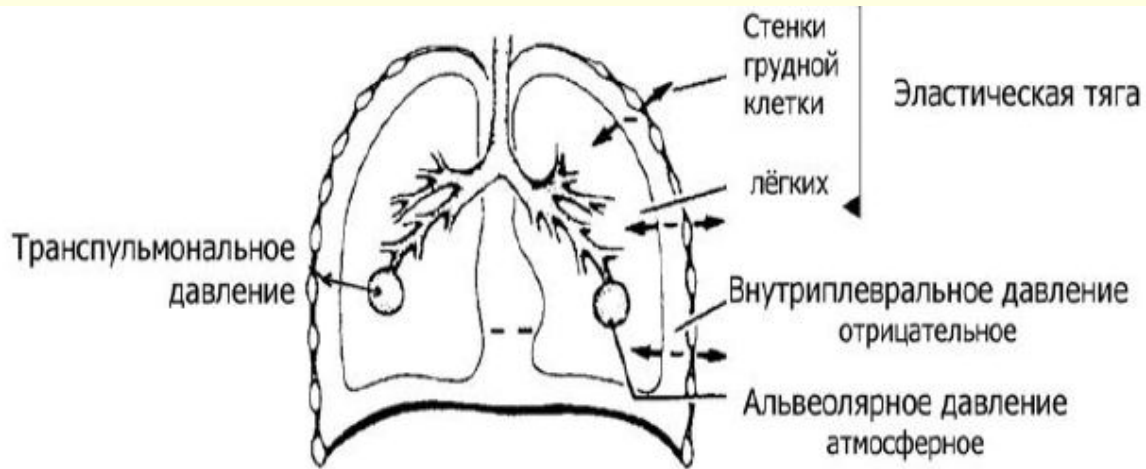
При **вдохе** → от **перерастяжения** (молекулы сурфактанта расположены далеко друг от друга, что сопровождается повышением величины поверхностного натяжения)

При **выдохе** → от **спадения** (молекулы сурфактанта расположены близко друг к другу, что сопровождается снижением величины поверхностного натяжения).

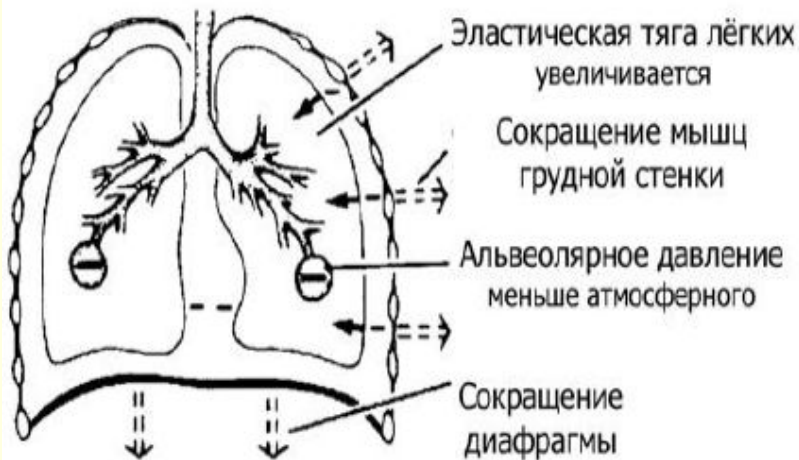
# Значение сурфактанта

- Создает возможность расправления легкого при первом вдохе новорожденного;
  - препятствует развитию ателектаза при выдохе;
  - обеспечивает до  $\frac{2}{3}$  эластического сопротивления ткани легкого взрослого человека и стабильность структуры респираторной зоны;
  - регулирует скорость адсорбции  $O_2$  по границе раздела фаз газ – жидкость и интенсивность испарения  $H_2O$  с альвеолярной поверхности;
  - очищает поверхность альвеол от попавших с дыханием инородных частиц и обладает бактериостатической активностью.
- способствует активации фагоцитоза альвеолярными макрофагами и их двигательной активности.
- стабилизирует альвеолы, препятствует слипанию их стенок
  - ( ателектазу). Большинство альвеол имеет диаметр 0,2-0,3 мм;





### На вдохе



### На выдохе



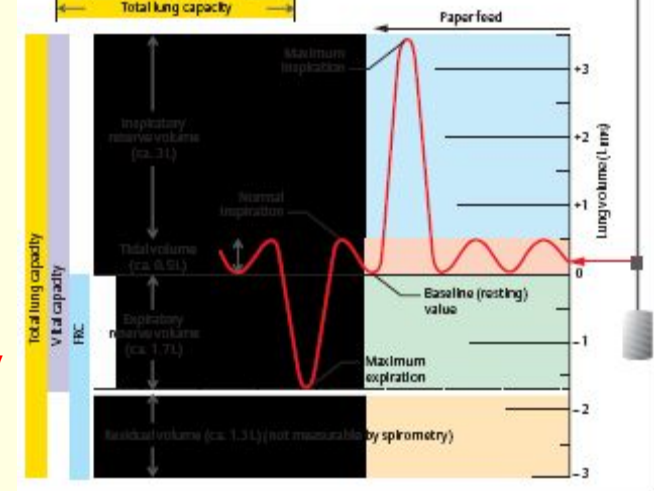
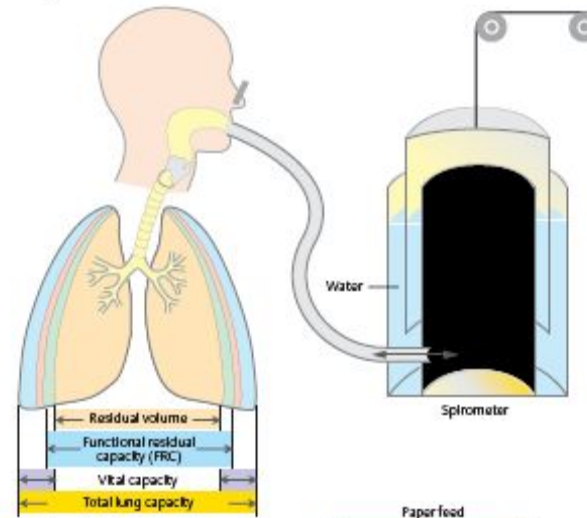
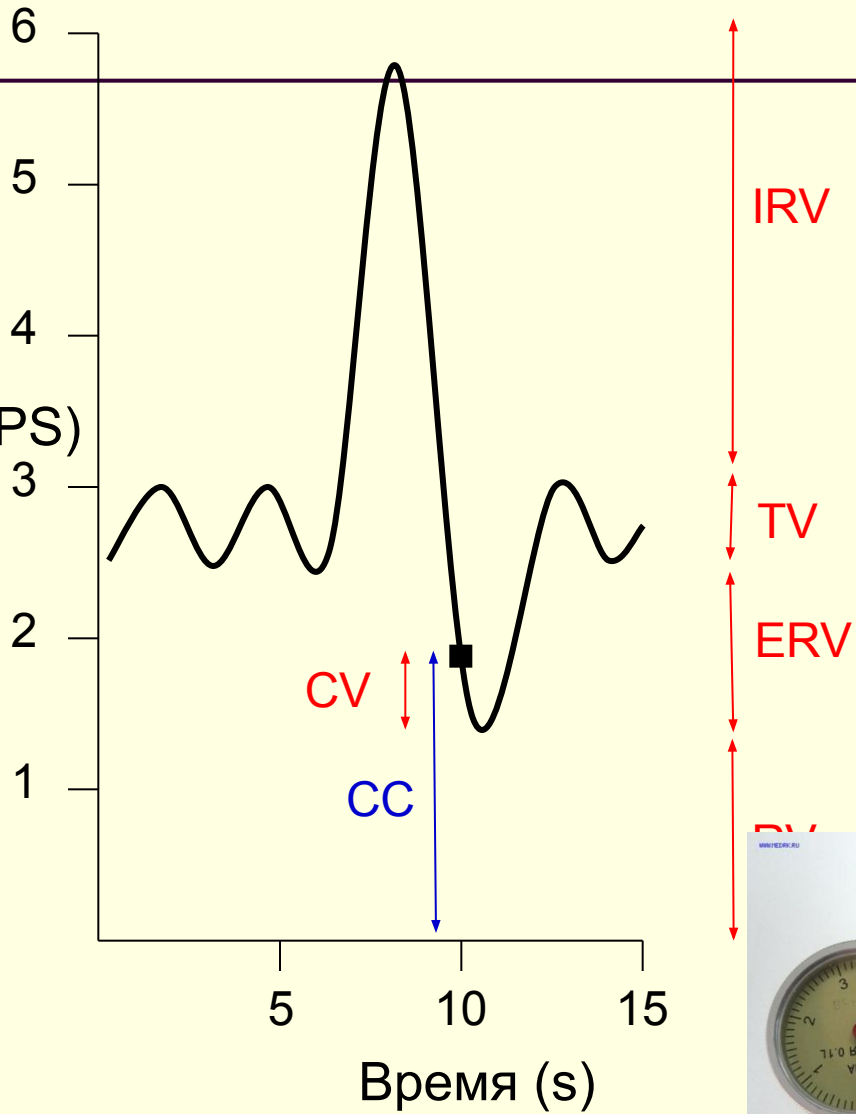


# МЕТОДЫ исследования внешнего дыхания

- **Спирометрия** - метод измерения объемов выдыхаемого воздуха с помощью прибора спирометра.
- **Спирография** - методика непрерывной регистрации объемов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Получаемую при этом графическую кривую называют спирограммой (см.рис).
- **Пневмотахография** - методика непрерывной регистрации объемной скорости потоков вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.
- Имеется много других методов исследования респираторной системы: **плетизмография грудной клетки, рентгеноскопия и рентгенография, оксиметрия, капнография, аускультация грудной клетки и другие.**

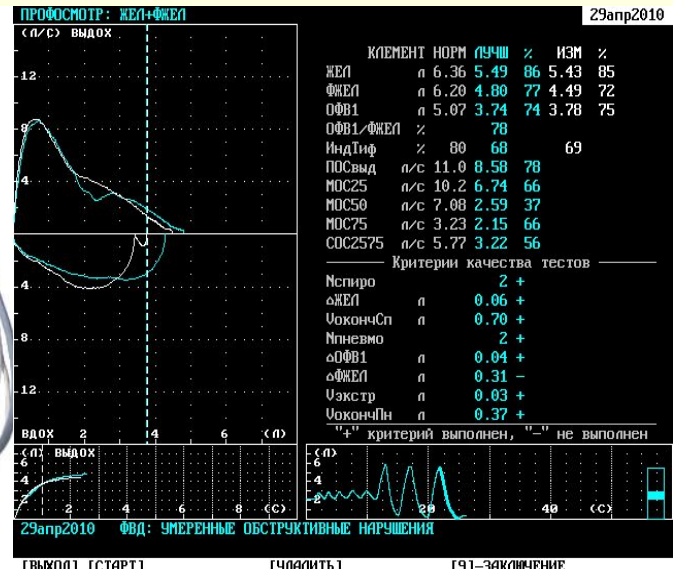
# Спирометрия

лёгочные объёмы  
(в литрах - ВТПС)



Процедура определения параметров легких пациента с помощью спирометра называется спирометрией и дает возможность получить множество полезной информации о дыхательной системе человека, что, в свою очередь, способствует установке верного диагноза.

# Спирометр MAC-1



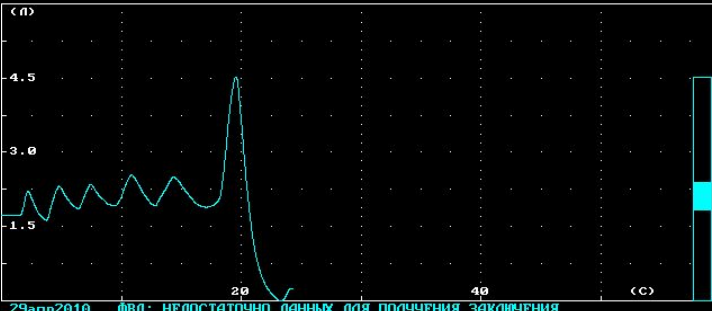
Пациент: ИВАНОВ И.И. (М)  
Возраст: 30 лет  
ИЧ4: 0

ПАРАМЕТР	НОРМ	ЛУЧШ	%	ИЗМ	%
ЖЕЛ	л 5.78	4.52	78		

Критерии качества тестов

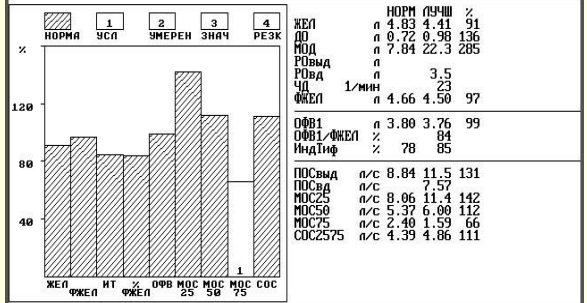
Нспири	л	1	-
ΔЖЕЛ	л	1	-
УокончСп	л	0.18	+

ФВД: НЕДОСТАТОЧНО ДАННЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАКЛЮЧЕНИЯ

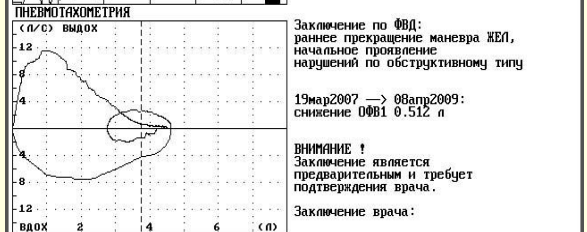
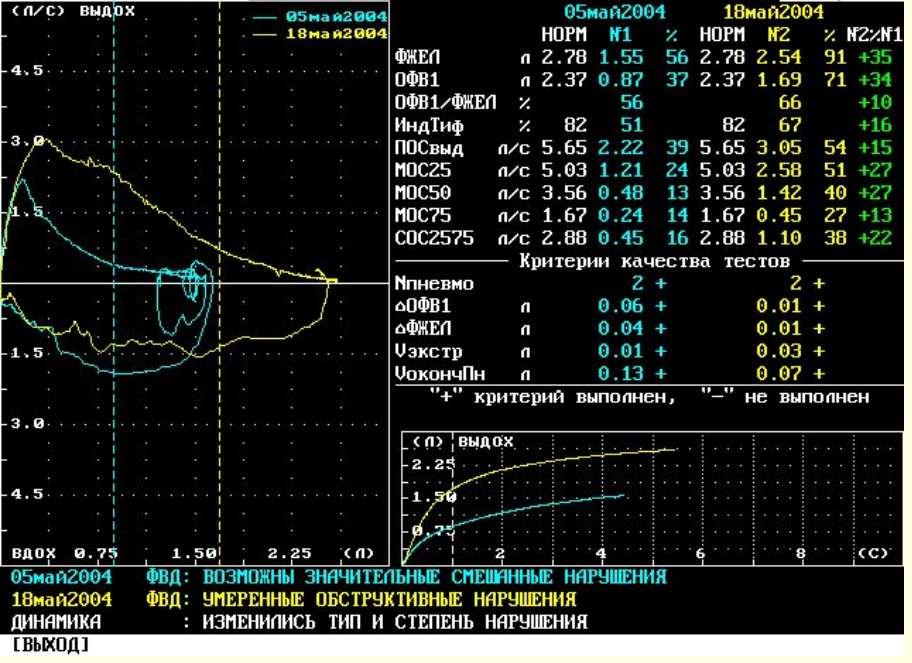


[ВЫХОД] [СТАРТ] [1]-ПРОБА [УДАЛИТЬ] [9]-ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЧПЗ ЧИТЕЖПРОМ ВГУ, Г. МИНСК  
"MAC-1" зав. № 993 Дата поверки спирометра: 12мар2008  
Дата обследования пациента: 08apr2009 Начало: 08:48 (окончание: 08:51)  
П (М), 49лет, 177см, 85кг, ИЧ4 = 0  
Система норм: КЛЕМЕНТ Примечание: ПР. ОСМ.



## СРАВНЕНИЕ ТЕСТ ФЖЕЛ



# ПОКАЗАТЕЛИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

## Статические

характеризуют *резервные*  
(функциональные) возможности

### ОБЪЕМЫ :

- ДО
- РОВд
- РОВыд
- ОО

### ЕМКОСТИ :

- ЖЕЛ
- ФОЕ
- ОЕЛ
- РЕВд

## Динамические

характеризуют *реализацию*  
функциональных возможностей

**МОД=ДОхЧД**

**АВ= ЛВ-ВМП**

**МВЛ (за 10сек)**

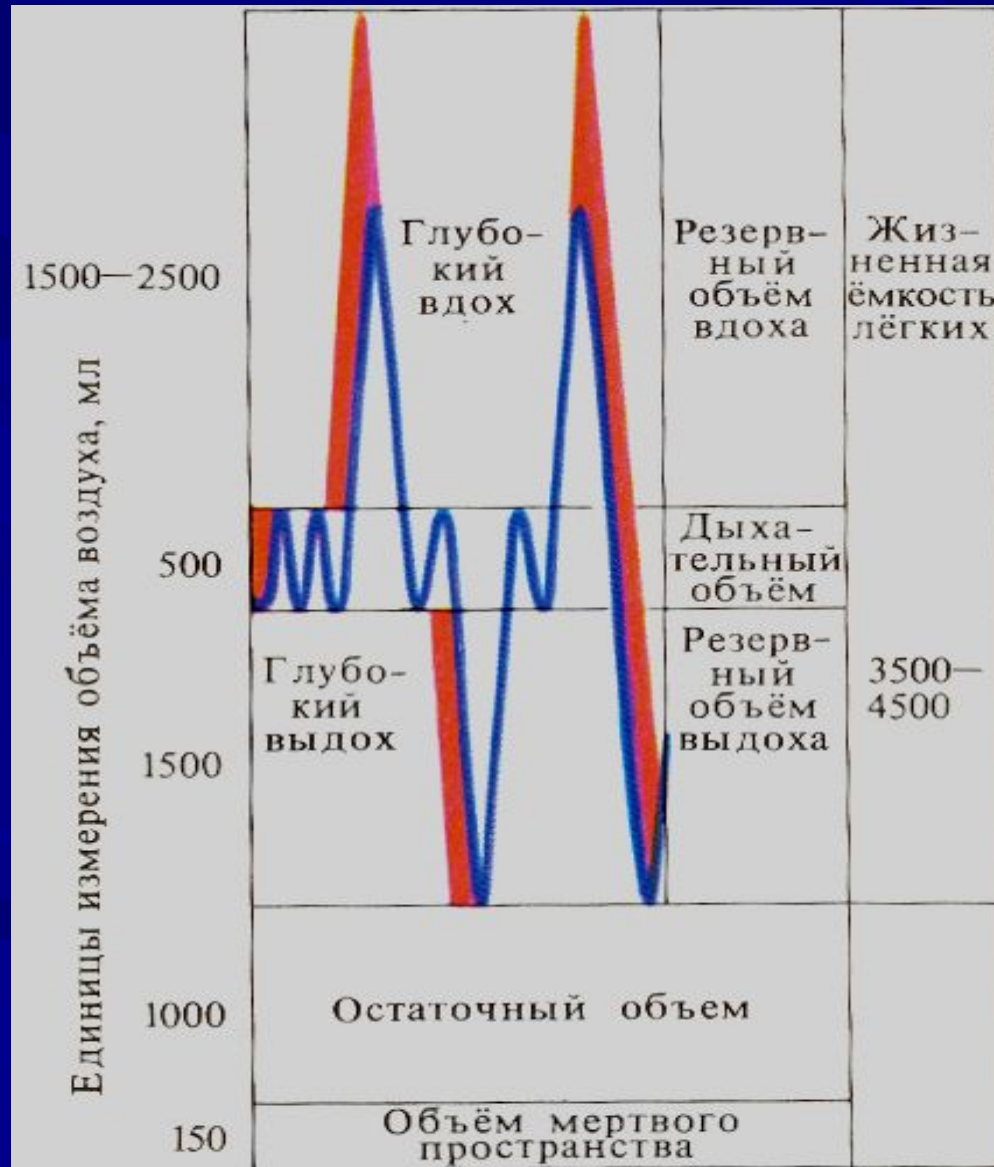
**ЭВД= АВ/МОДх100**

**ОФВыд (тест Тифно)**

**$pO_2$ ;  $pCO_2$**

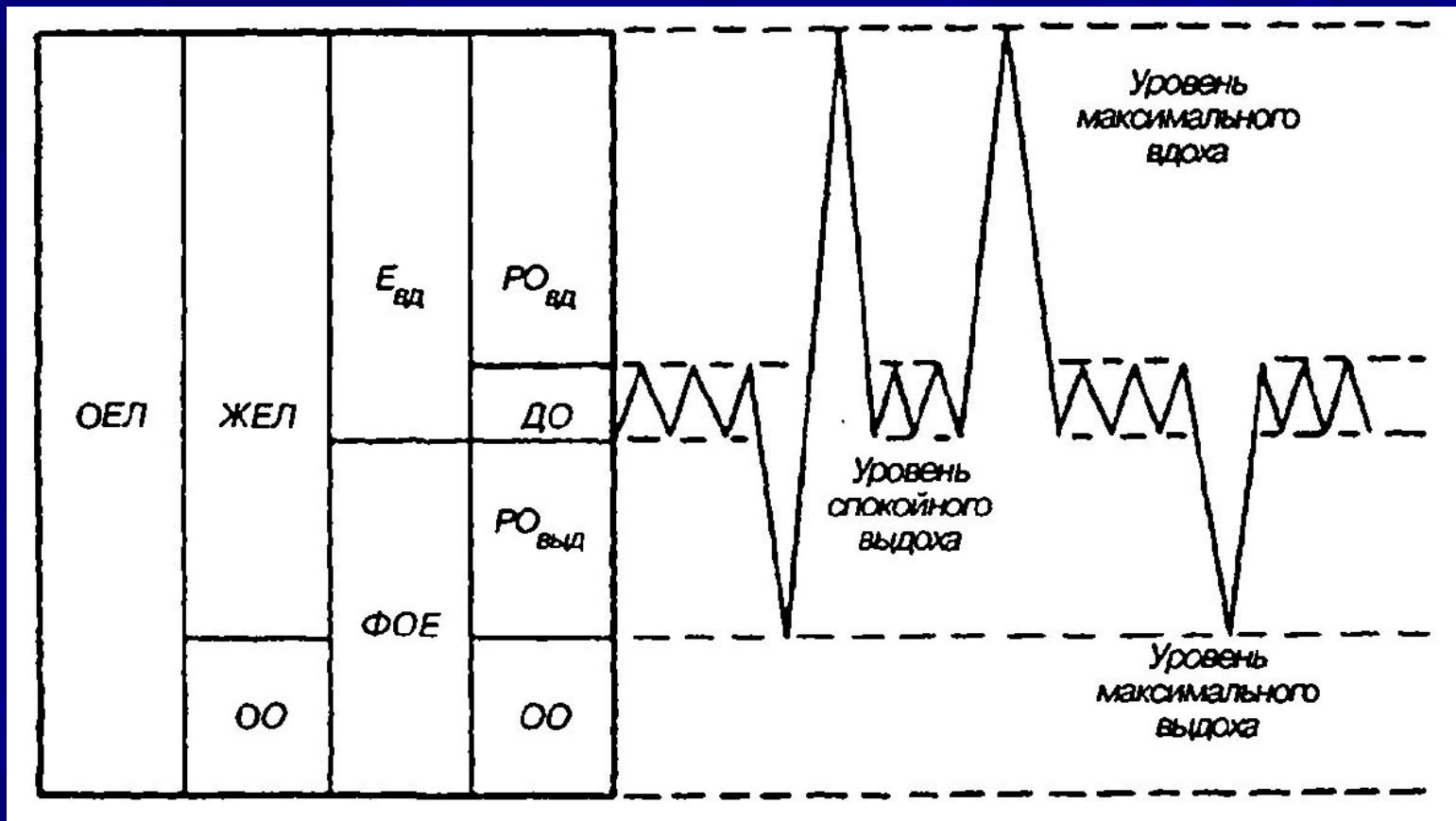


# Легочные объемы и емкости



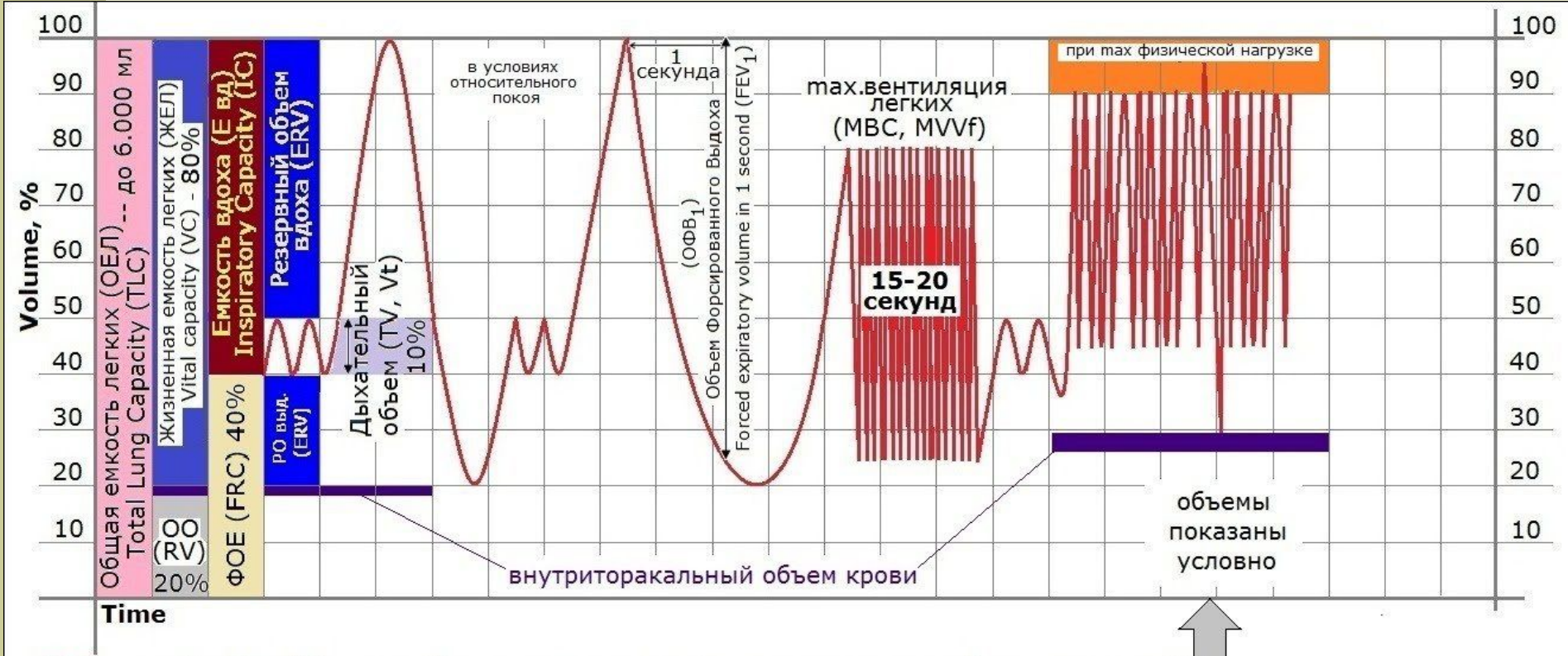


# Легочные объемы и емкости



$$\text{ЖЕЛ} = DO + PO_{вд} + PO_{вд}$$

# СПИРОГРАММА



MBC = maximal breathing capacity = максимальная вентиляционная способность легких  
 MVVf = maximal voluntary ventilation = максимальная произвольная вентиляция легких  
 TV, Vt = Tidal Volume = дыхательный объем  
 OO = остаточный объем  
 RV = residual volume  
 РО выд. = резервный объем выдоха

ERV = expiratory reserve volume  
 ФОЕ = функциональная остаточная емкость  
 FRC = functional residual capacity

ОЕЛ значительно снижается из-за внутри-торакального объема крови. ДО увелич. до 50% ЖЕЛ (за счет РО выд.). РО выдоха изменяется незначительно. OO повышается. ФОЕ практич. не изменяется. ЖЕЛ незначительно снижается

# Легочные объемы и емкости

## Легочные объемы:

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

## Легочные емкости:

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

# Расчет должной величины ДЖЕЛ:

## Формула Людвига

для женщин

- $\text{ДЖЕЛ} = 3,8 \times \text{рост (м)} + 0,029 \times \text{возраст} - 3,190$

для мужчин

- $\text{ДЖЕЛ} = 5,8 \times \text{рост (м)} + 0,085 \times \text{возраст} - 6,908$

для мужчин

- $\text{ДЖЕЛ} = 40 \times \text{рост (см)} + 30 \times \text{масса (кг)} - 4400$

- $\text{ДЖЕЛ} = 40 \times \text{рост (см)} + 10 \times \text{масса (кг)} - 3800$

- для женщин



$$\text{ДО-АМП} = 500 - 150 = 350$$

- Коэффициент легочной вентиляции -  $1/7$   
(350 мл/2500 мл)

- $\text{МОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО}$

*МОД* в покое - 7 литров

При физической нагрузке до **120** литров

*МВЛ* = 120 - 170 литров

*АВ* = *ЛВ* - *ВМП*  $АВ = (500 - 150) \times 14 = 5\text{л в мин}$



# Альвеолярная вентиляция

**МОД(одинаков) = 6 000 мл**

1-й испытуемый \_\_\_\_\_ 2-й испытуемый

*Частота дыхания в 1 мин*

**15**

**20**

*Дыхательный объем*

**400** мл

**300** мл

*Мертвое пространство у обоих 150 мл*

*В альвеолы поступит воздуха*

**250** мл

**150** мл

*Минутная вентиляция альвеол*

**3750** мл

**3000** мл



*Благодарю за внимание !*