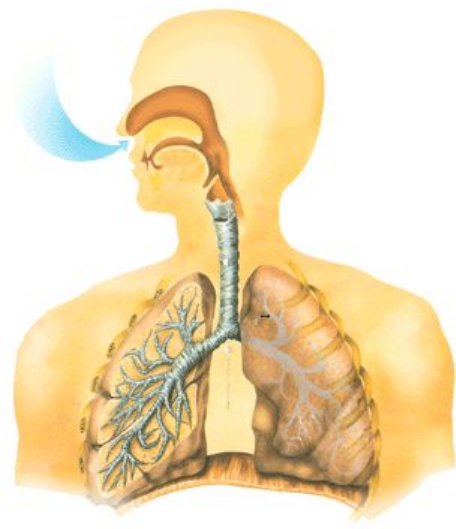




Учреждение образования
«Гомельский государственный
медицинский университет»
Кафедра нормальной физиологии

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.

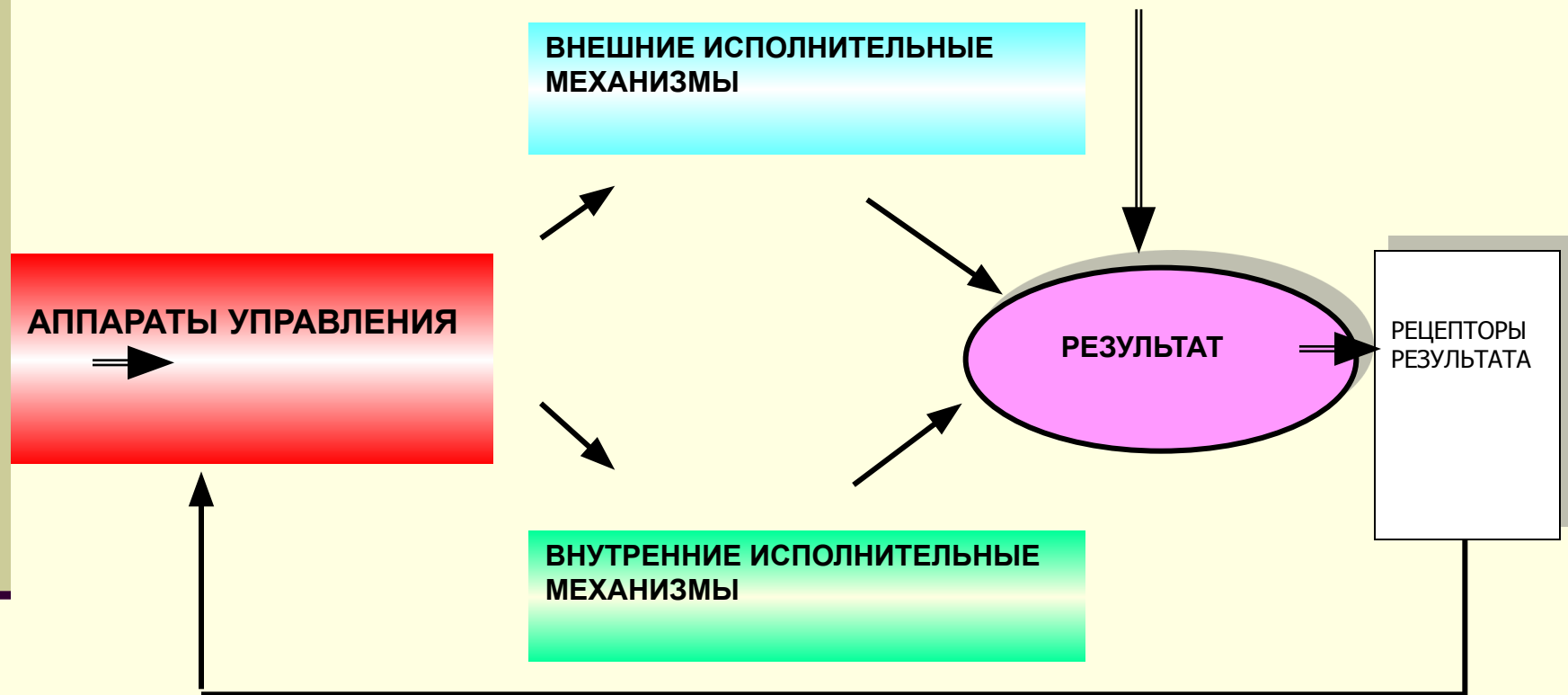
Биологическое значение дыхания:

- 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:

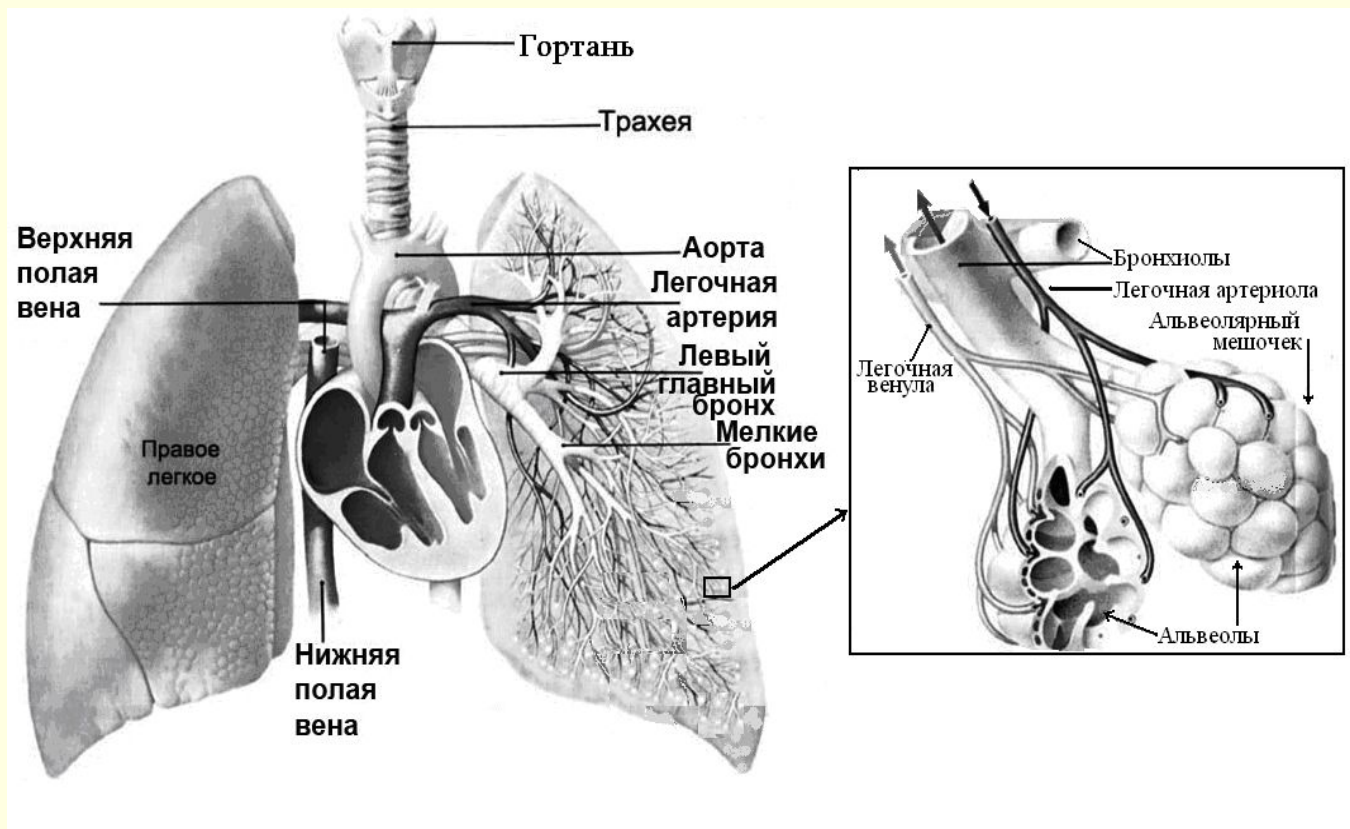
1. *Воздухоносные пути и легкие.*
2. *Грудная клетка и мышцы (костно-мышечный каркас)*

Внутреннее звено

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

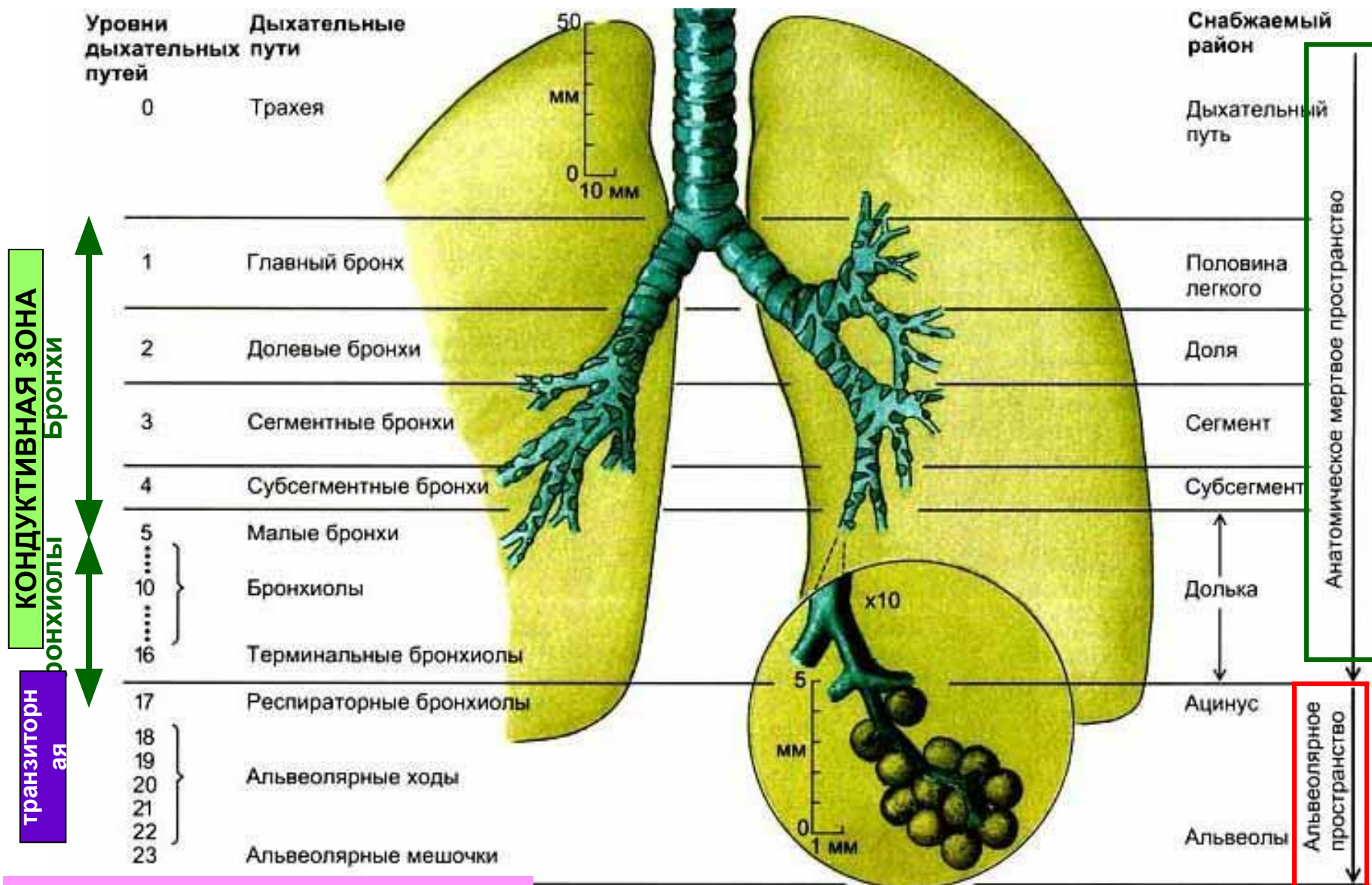
**Нейрогуморальный
механизм регуляции**

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

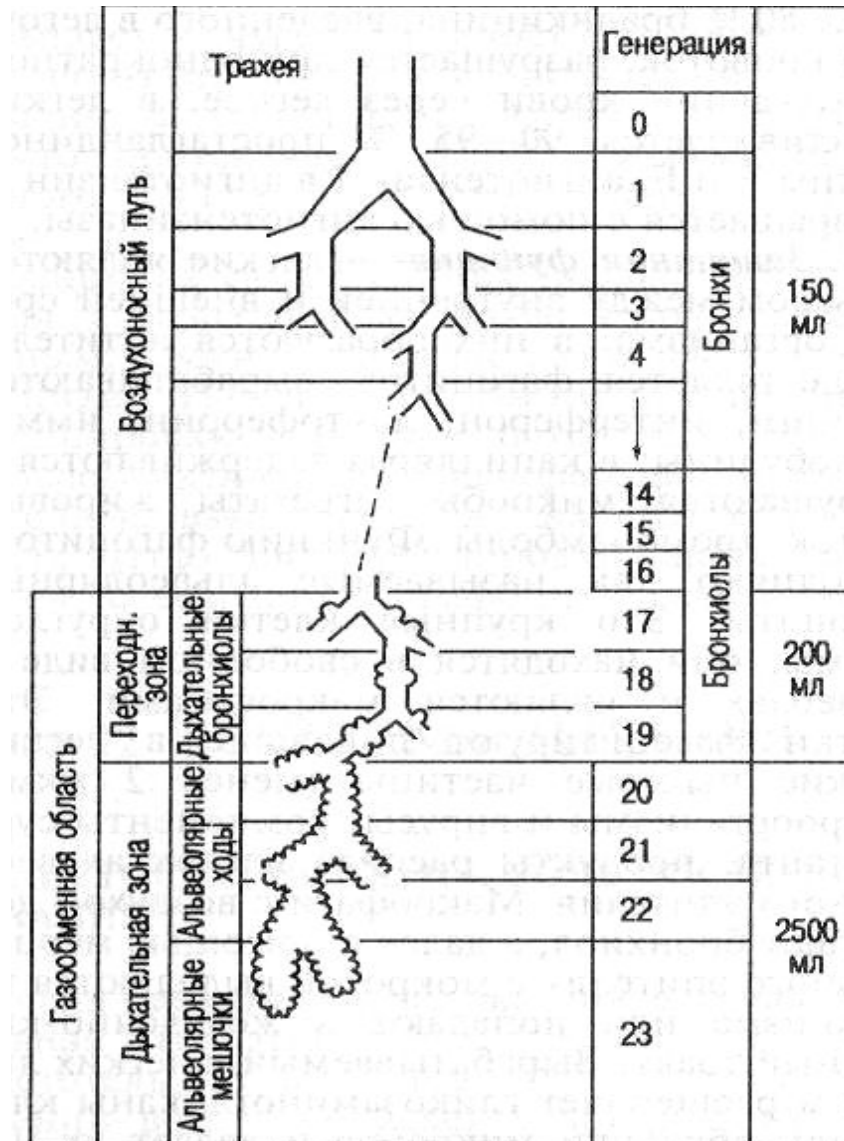
Ветвление трахеобронхиального дерева



Респираторная 20-23 генерации

Общая диффузионная поверхность легких: 50-100 (в среднем 70) м²

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

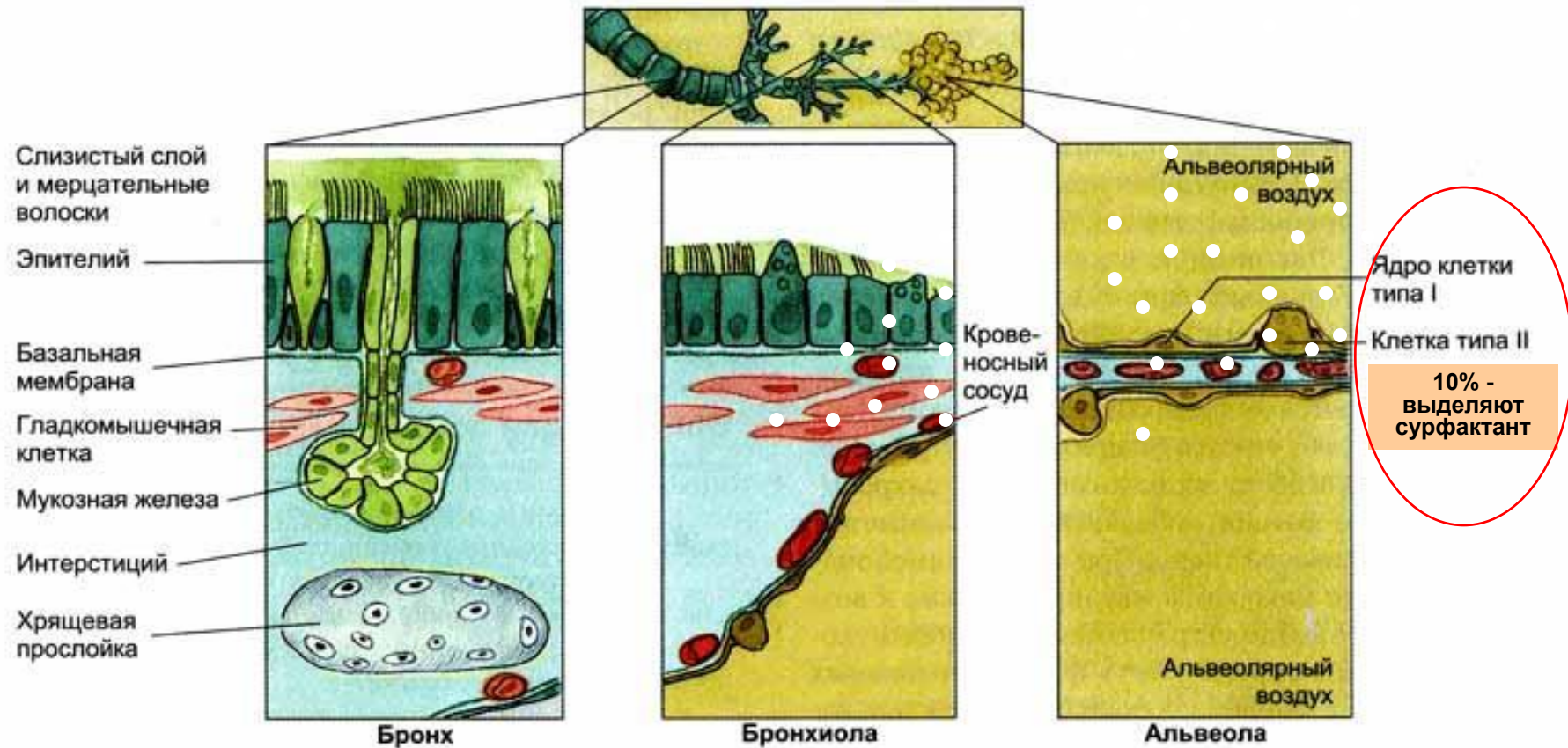


Рис. 63.4. Эпителий дыхательного пути. Бронх: мерцательный эпителий с экзокринными (мукозными) клетками и железами. Бронхиола: плоские эпителиальные клетки. Альвеола: альвеолярные эпителиальные клетки типа I (образуют большую поверхность) и типа II (секретируют составные части сурфактанта)

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 β_2 -адренорецепторы)

Парасимпатические нервы:

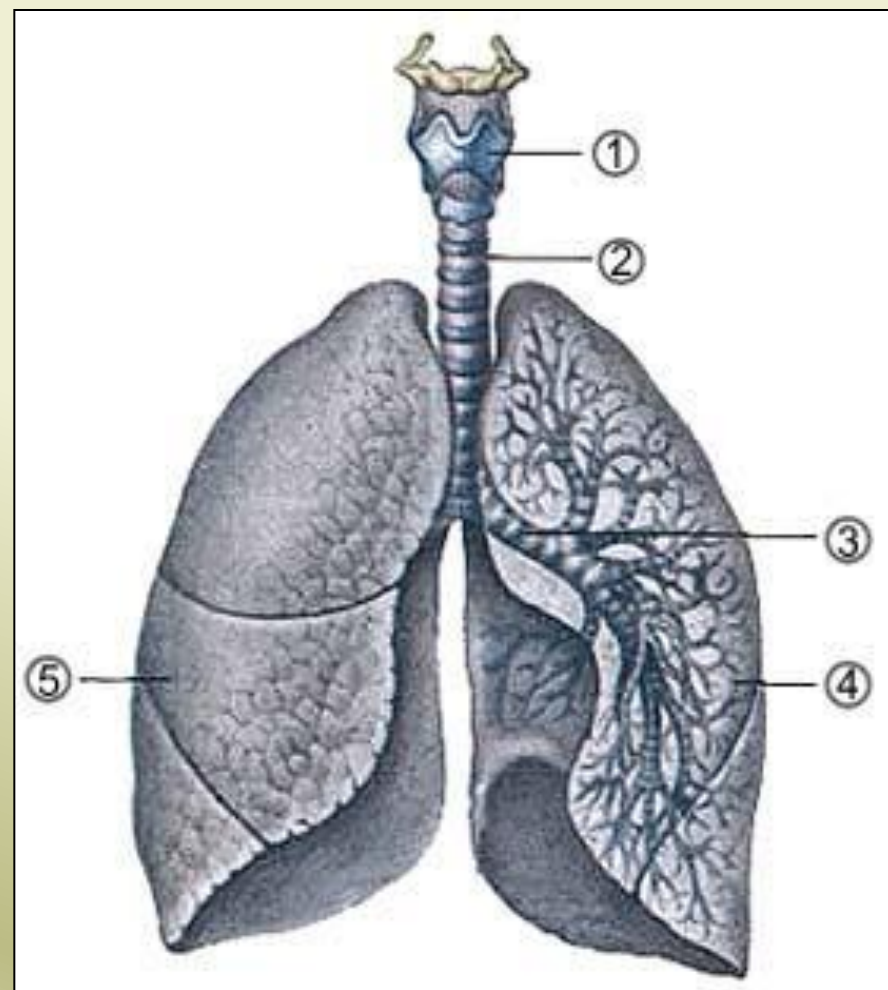
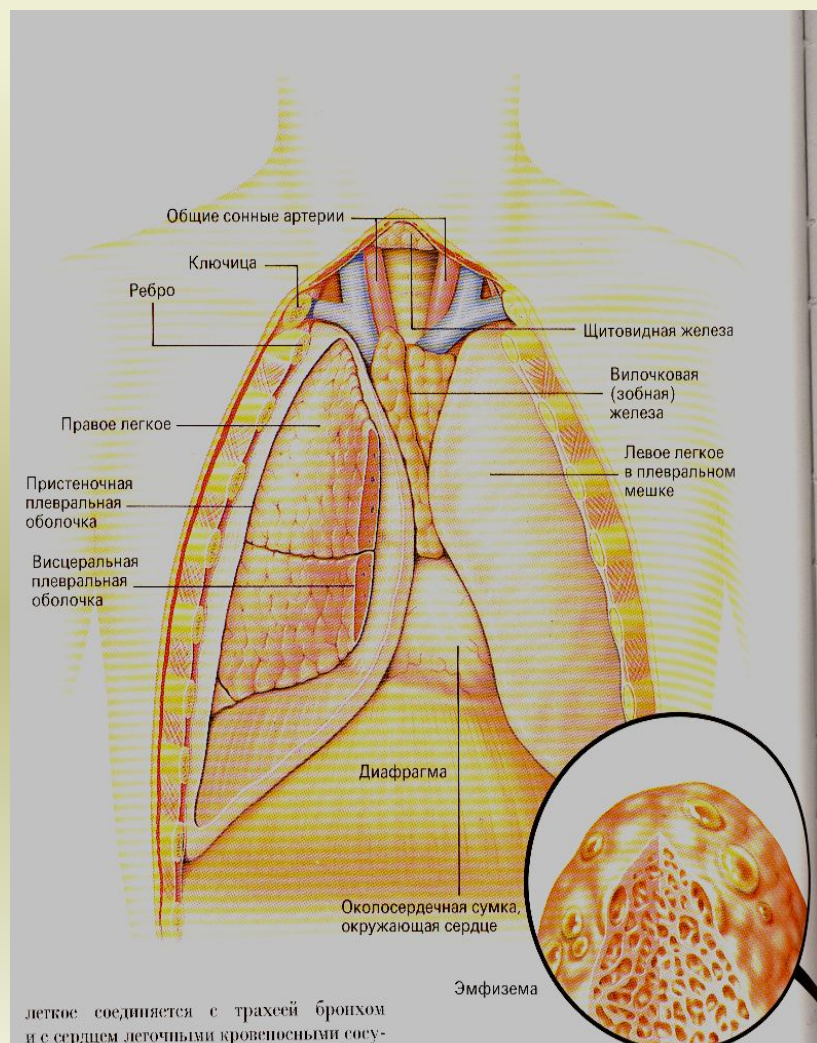
сокращение гладких мышц, увеличение секреции слизи (через М-холинорецепторы)

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

Внешнее дыхание обеспечивается:

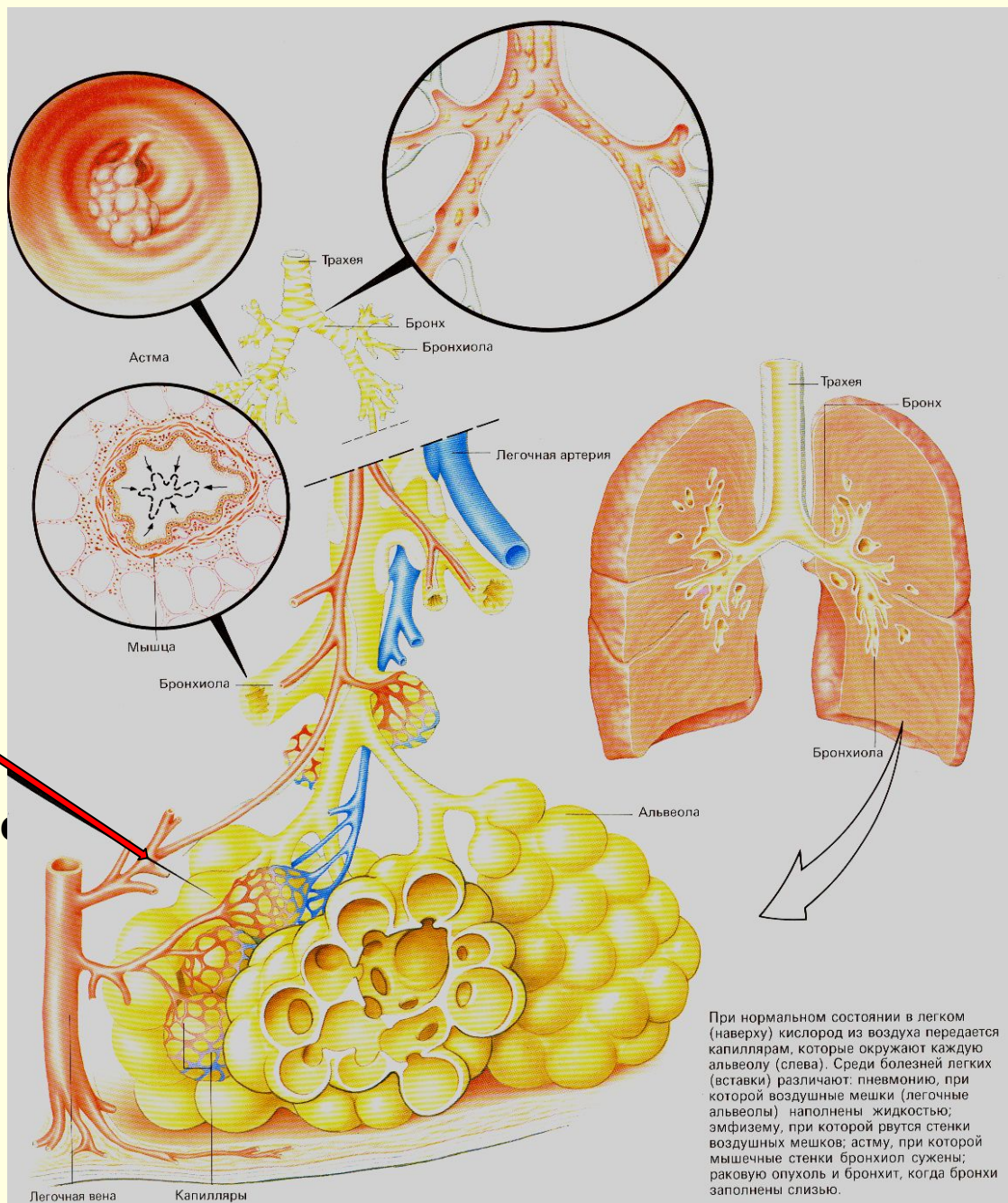
- *костно-мышечными структурами грудной клетки,*
- *дыхательными путями,*
- *легкими,*
- *нервными центрами головного и спинного мозга*

Строение легких

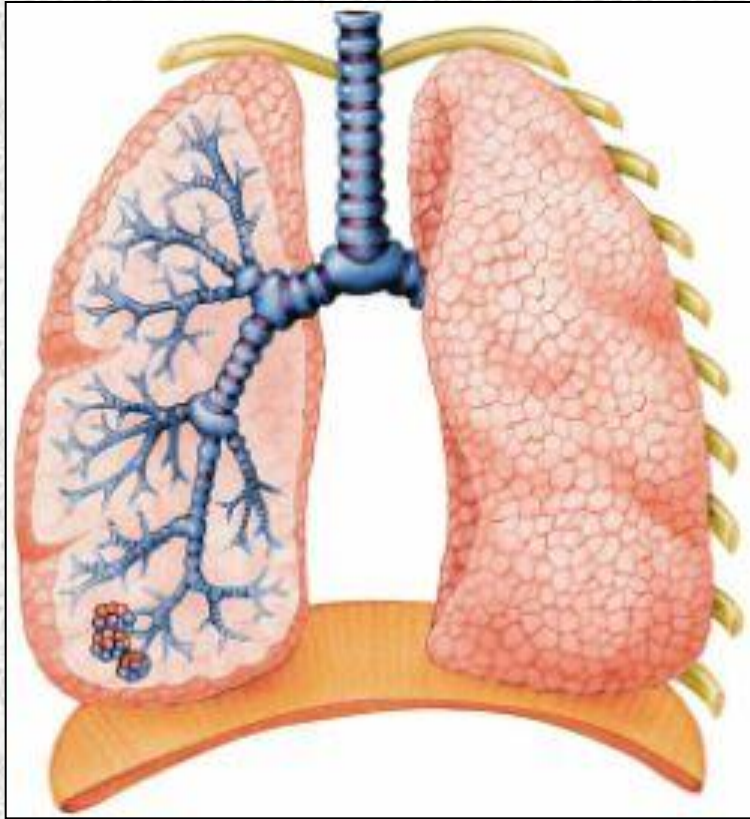


ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЛЕГКИХ
в каждую дольку легкого входит дольковая
бронхиола, которая делится на 3-7 концевых
бронхиол. Функциональная единица лёгкого -
ацинус. Он включает одну концевую бронхиолу,
которая делится на дыхательные бронхиолы
разных порядков, альвеолярные ходы, альвеолы
и мешочки. В одном лёгком **300-350 млн.**
альвеол. Общая поверхность альвеол двух
лёгких при вдохе составляет **80-120 м².**
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 м².**

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*

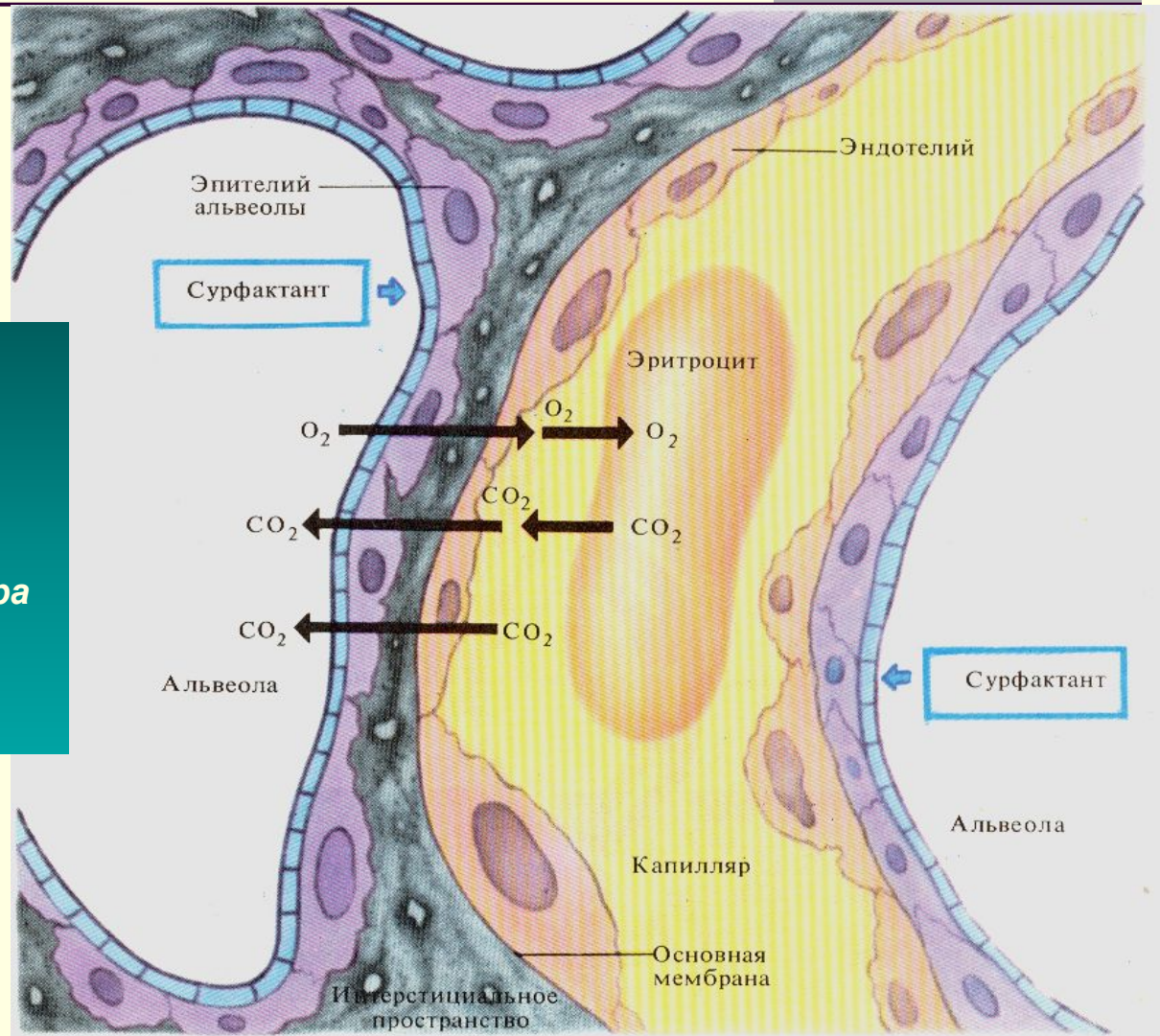
ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕГКИХ ДЛЯ ДЫХАНИЯ

- Наличие 2-х русел воздушного и кровеносного разообщенных между собой *аэрогематическим барьером* (0,4-1,5 мкм)
- Обширная дыхательная площадь легких 50-90 м²
- 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 I₂ (сосудорасширяющий простагландин)** ;
оксид азота (NO); факторы свертывания крови **VII и VIII,, эритропоэтины**.

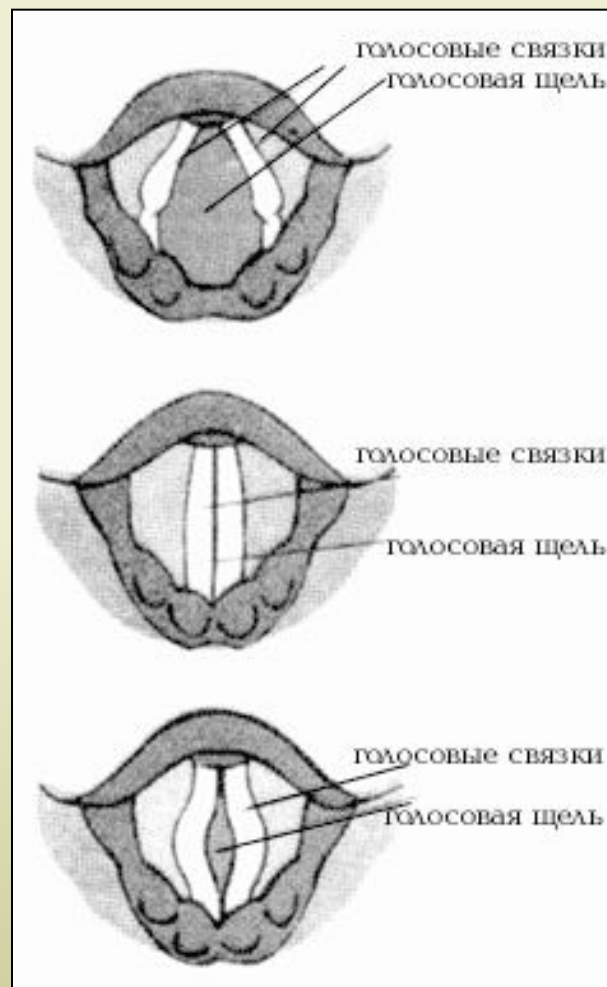
□ 11. Дыхательные пути участвуют в генерации звуков (**голособразование**). В механизмах формирования устной речи и пения выделяют энергетический, генераторный и резонаторный компоненты.

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:

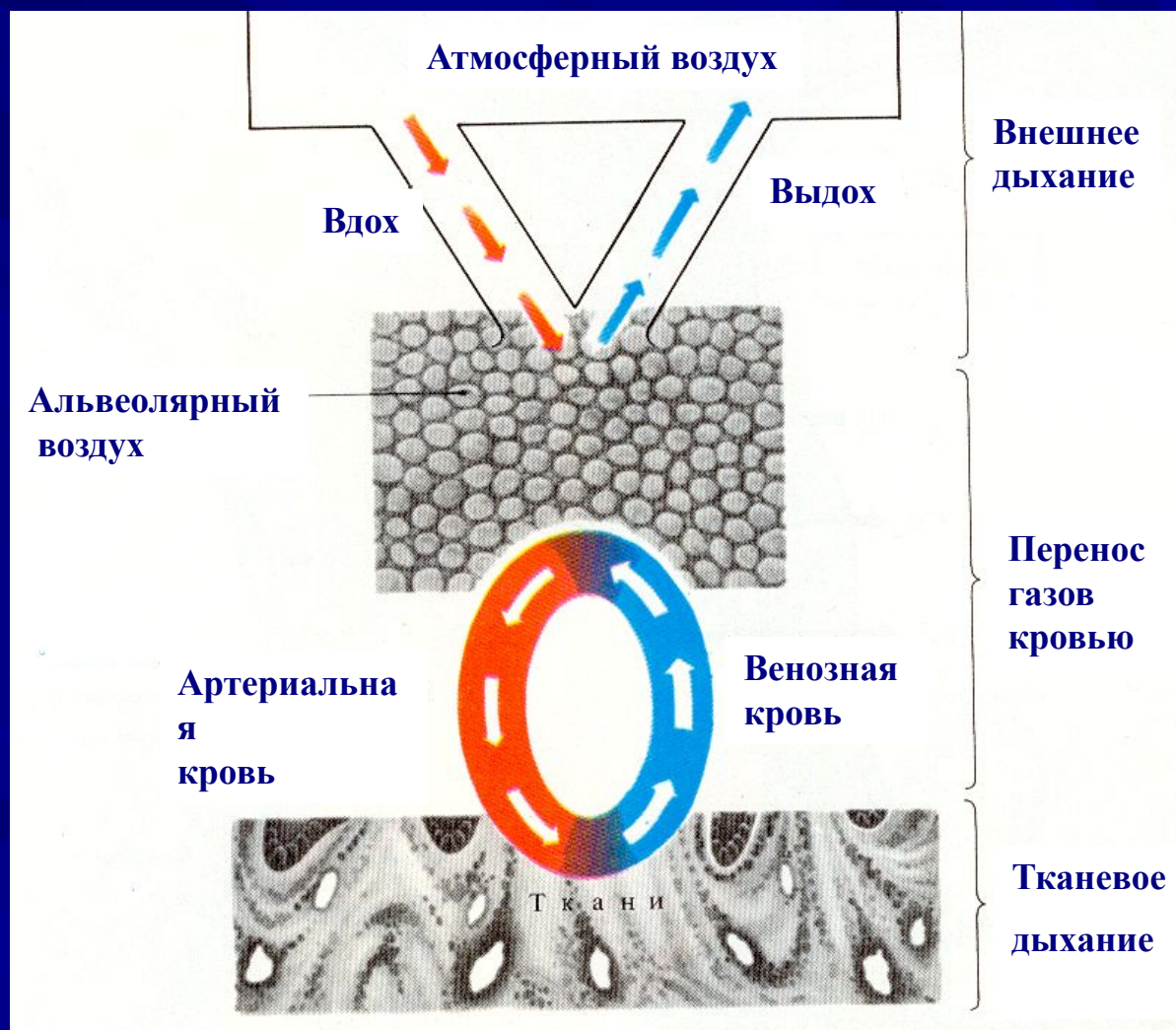
Внешнее дыхание

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.

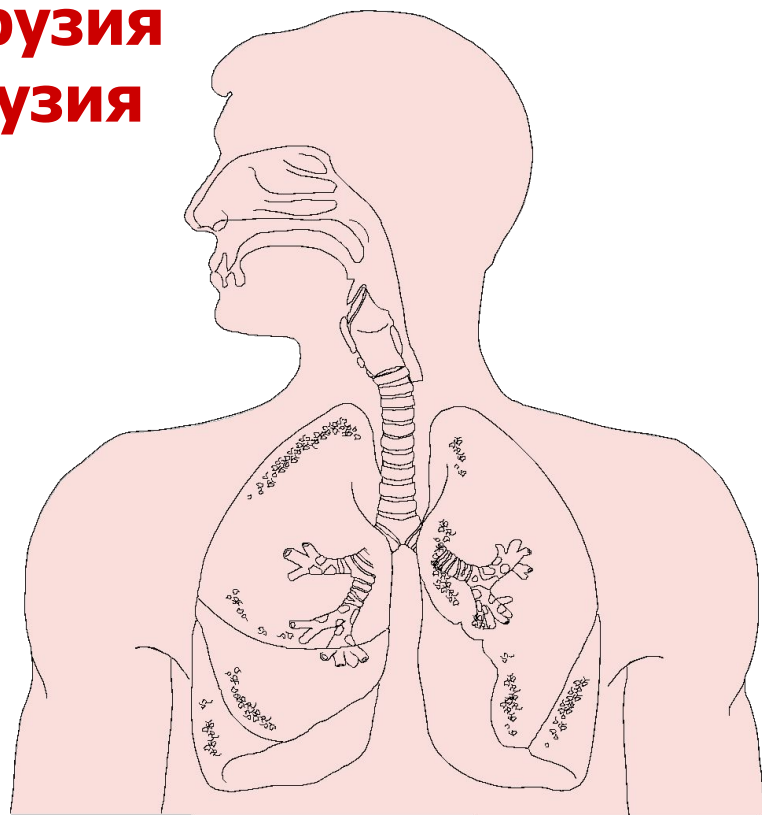
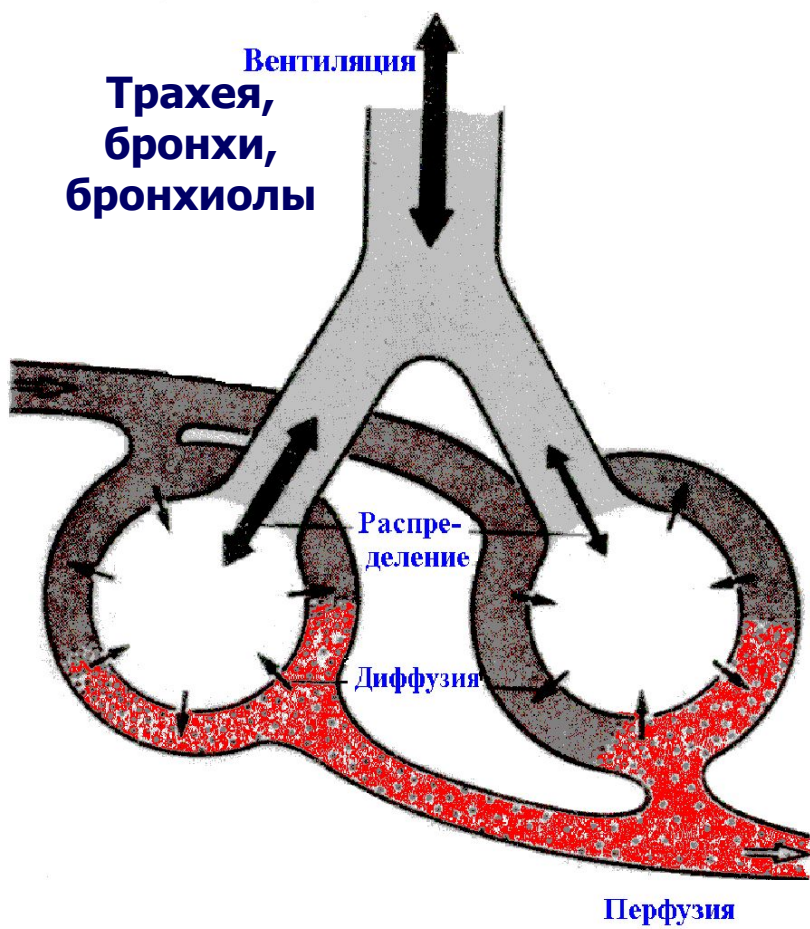
Газообмен между внешней средой и организмом



Внешнее дыхание

Важнейшими составляющими транспортной системы внешнего дыхания являются три ПРОЦЕССА:

- Вентиляция (конвекция)
- Диффузия
- Перфузия



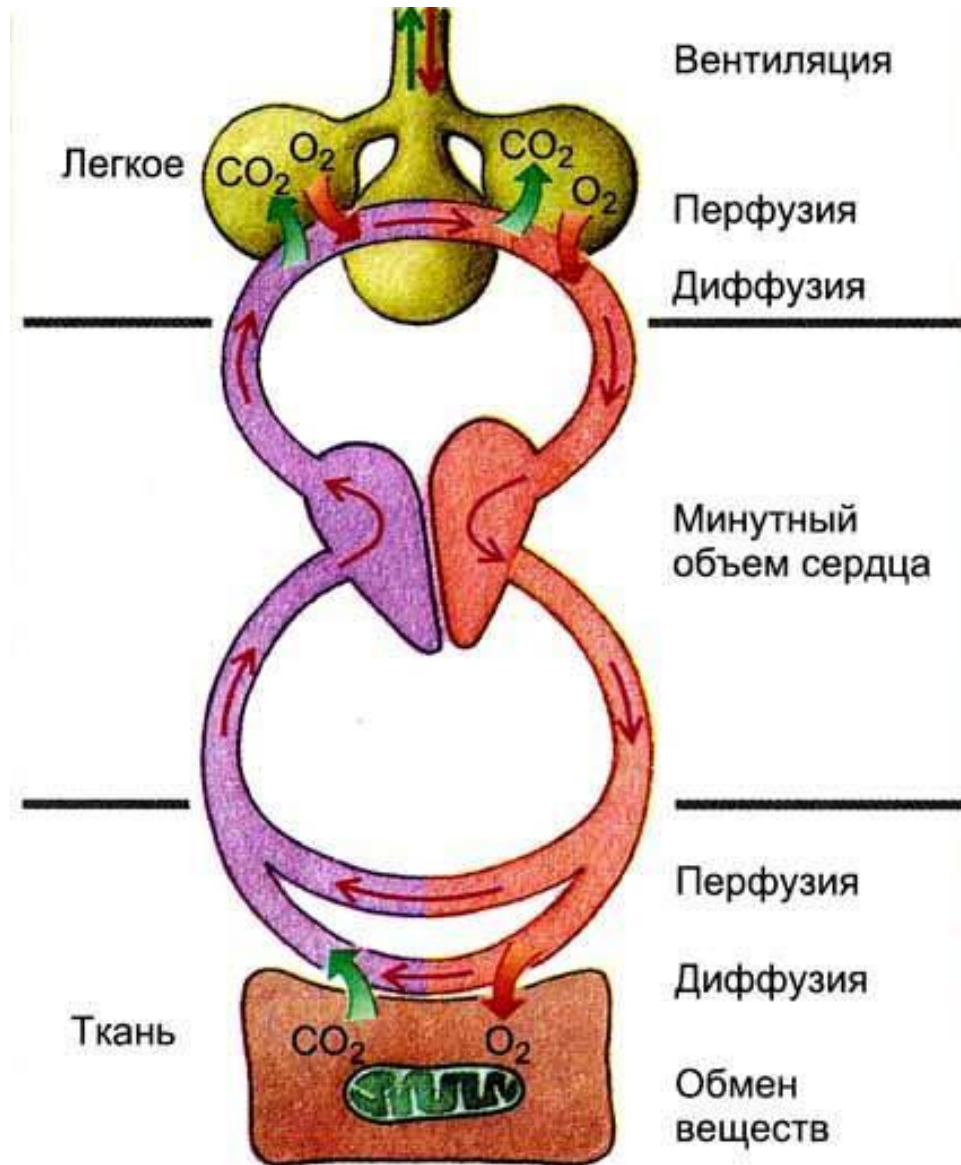
Этапы процесса дыхания

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 анатомо-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:

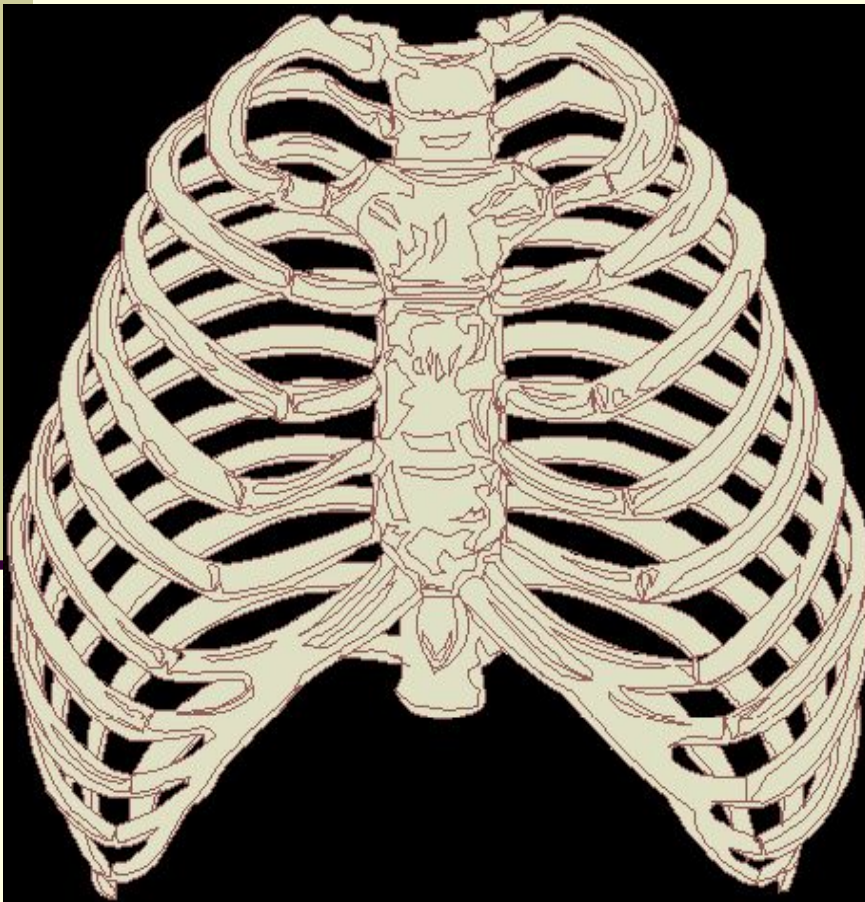
- **костно-мышечными структурами грудной клетки,**
- **дыхательными путями,**
- **легкими,**
- **нервными центрами головного и спинного мозга**

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

ВДОХ

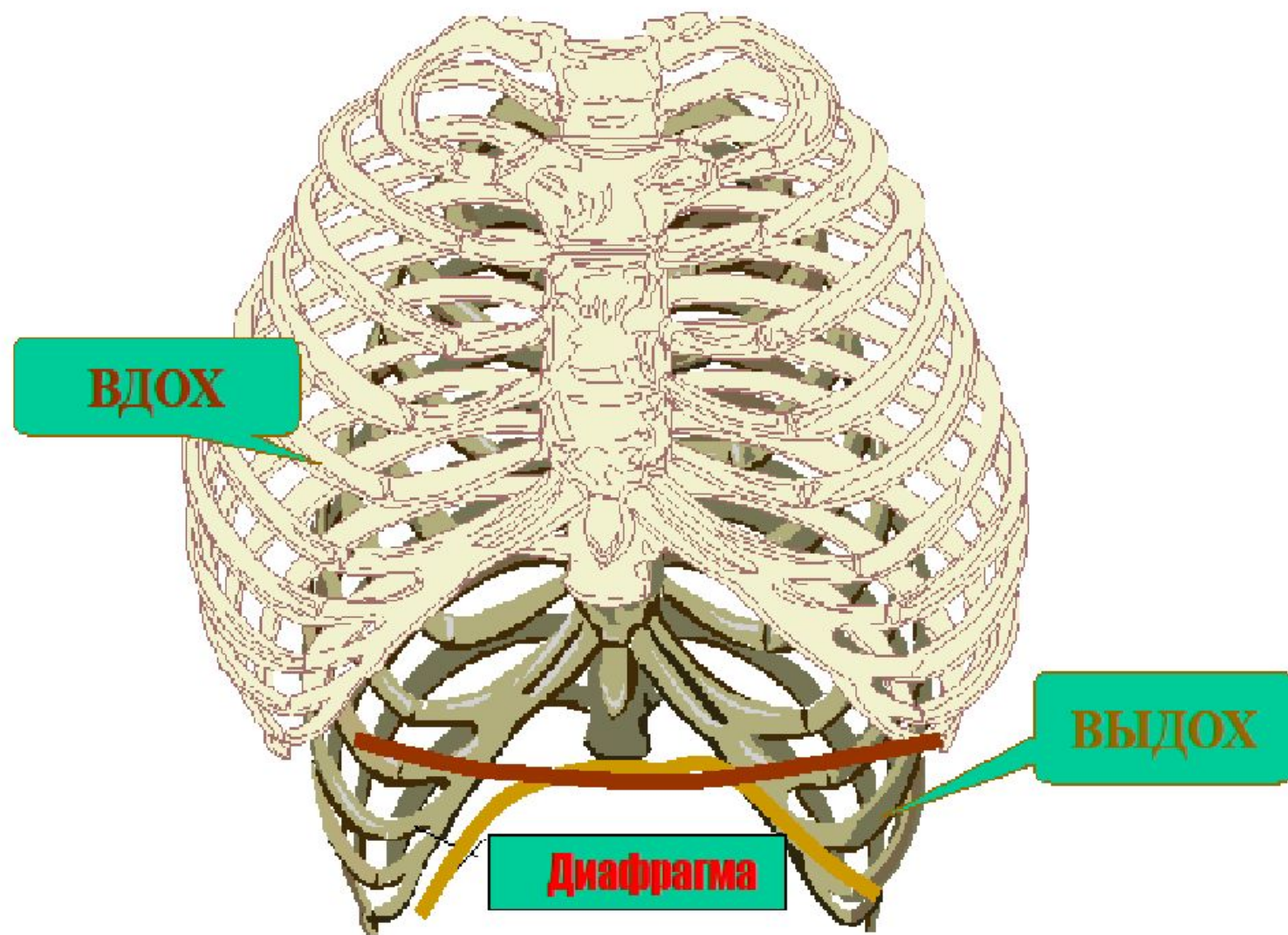
1:1,2

ВЫДОХ

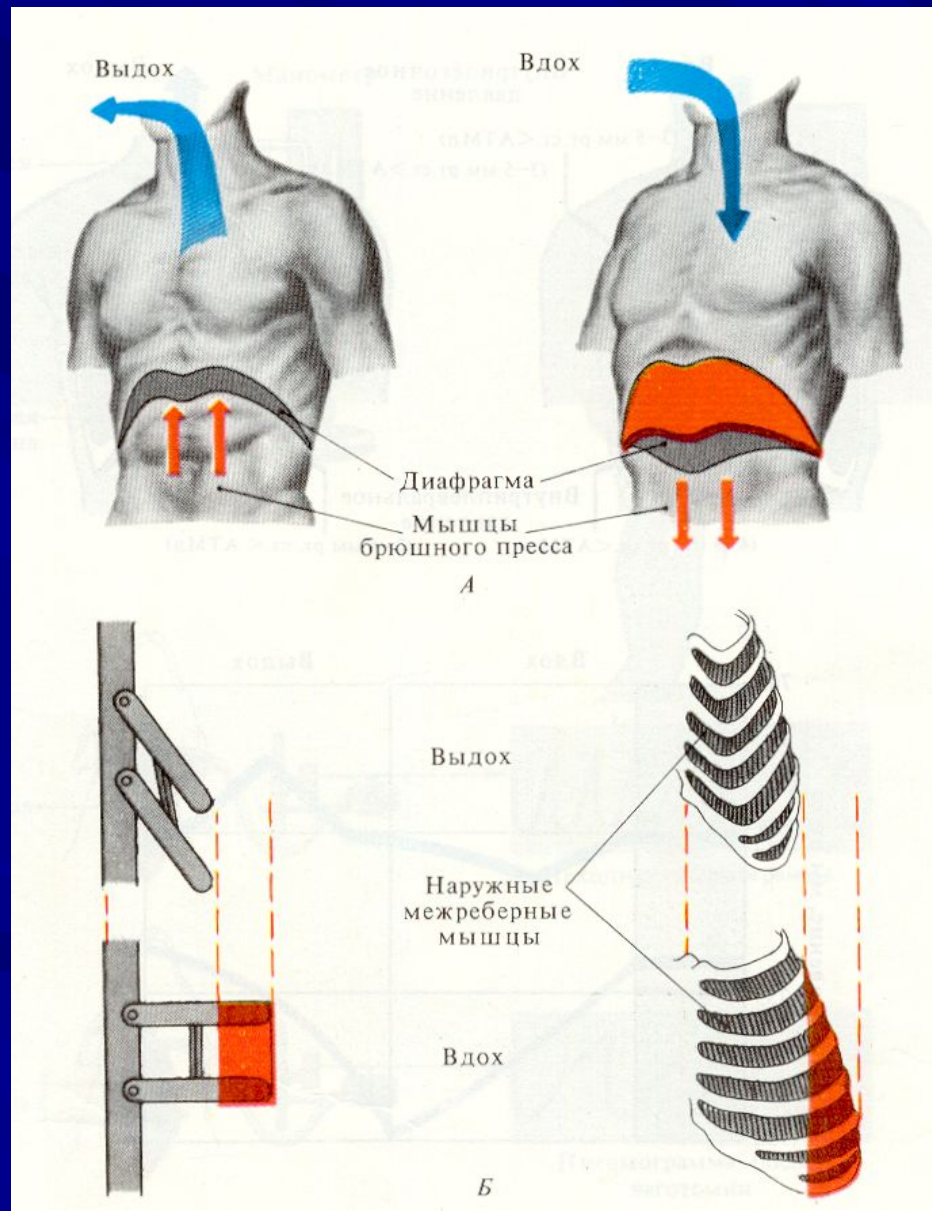


ЧД у взрослых в среднем = **14** (12-18) в мин
У новорожденных **40-55** в мин

Изменения формы грудной клетки при вдохе и выдохе



Механизм дыхательных движений



Модель ДОНДЕРСА

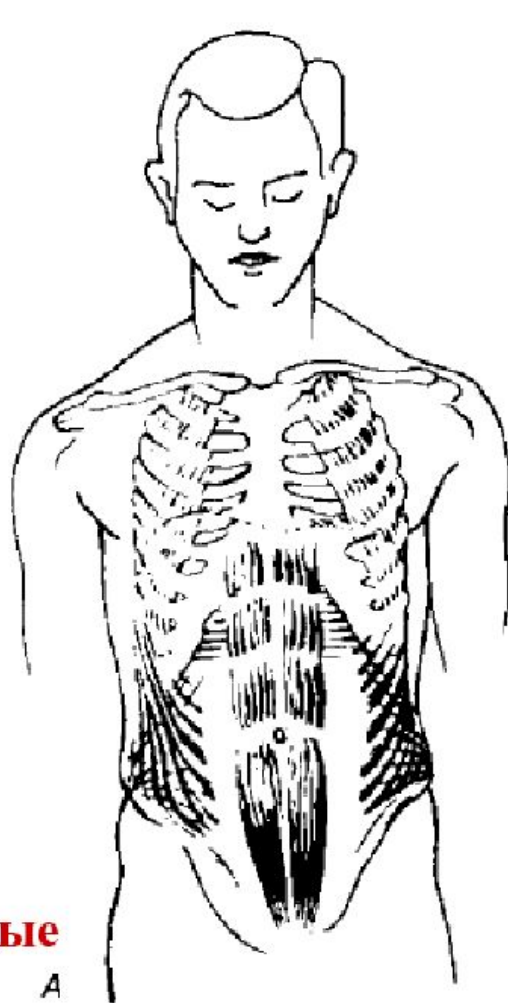


Механизм вдоха и выдоха.

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

А



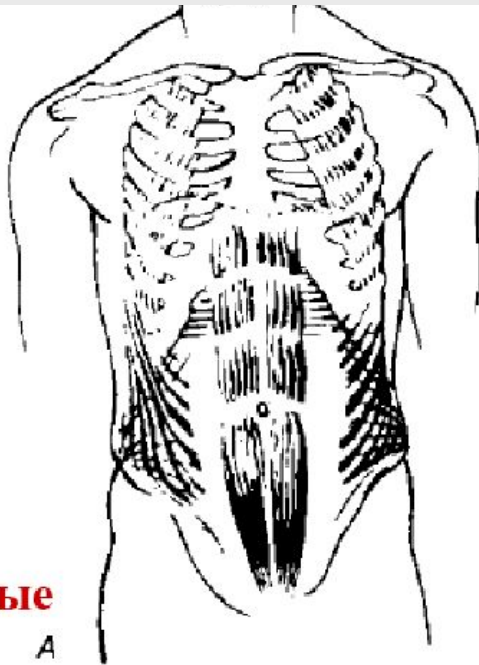
- Большие и малые грудные
- Лестничные
- Грудино-ключично-сосцевидные
- Зубчатые
- трапецевидные

Б

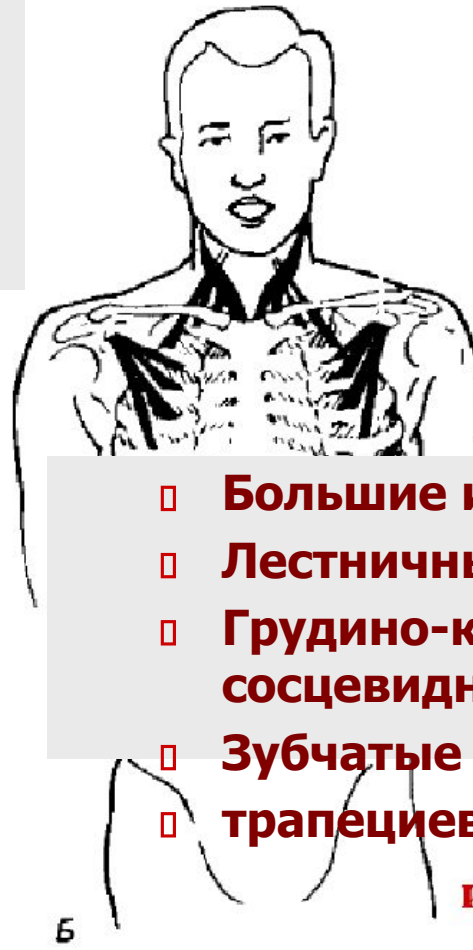
инспираторные

Вспомогательные дыхательные мышцы

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



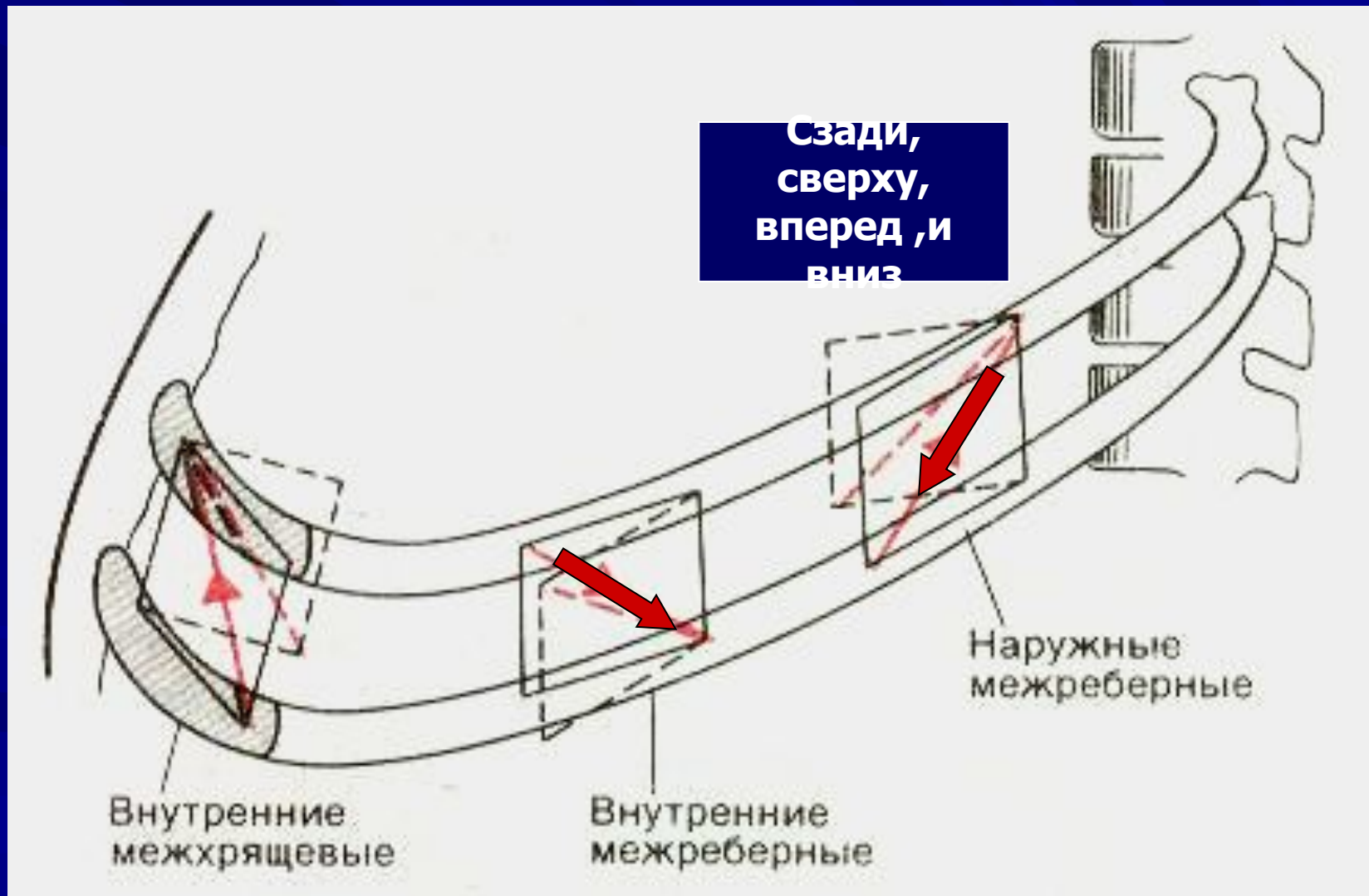
экспираторные

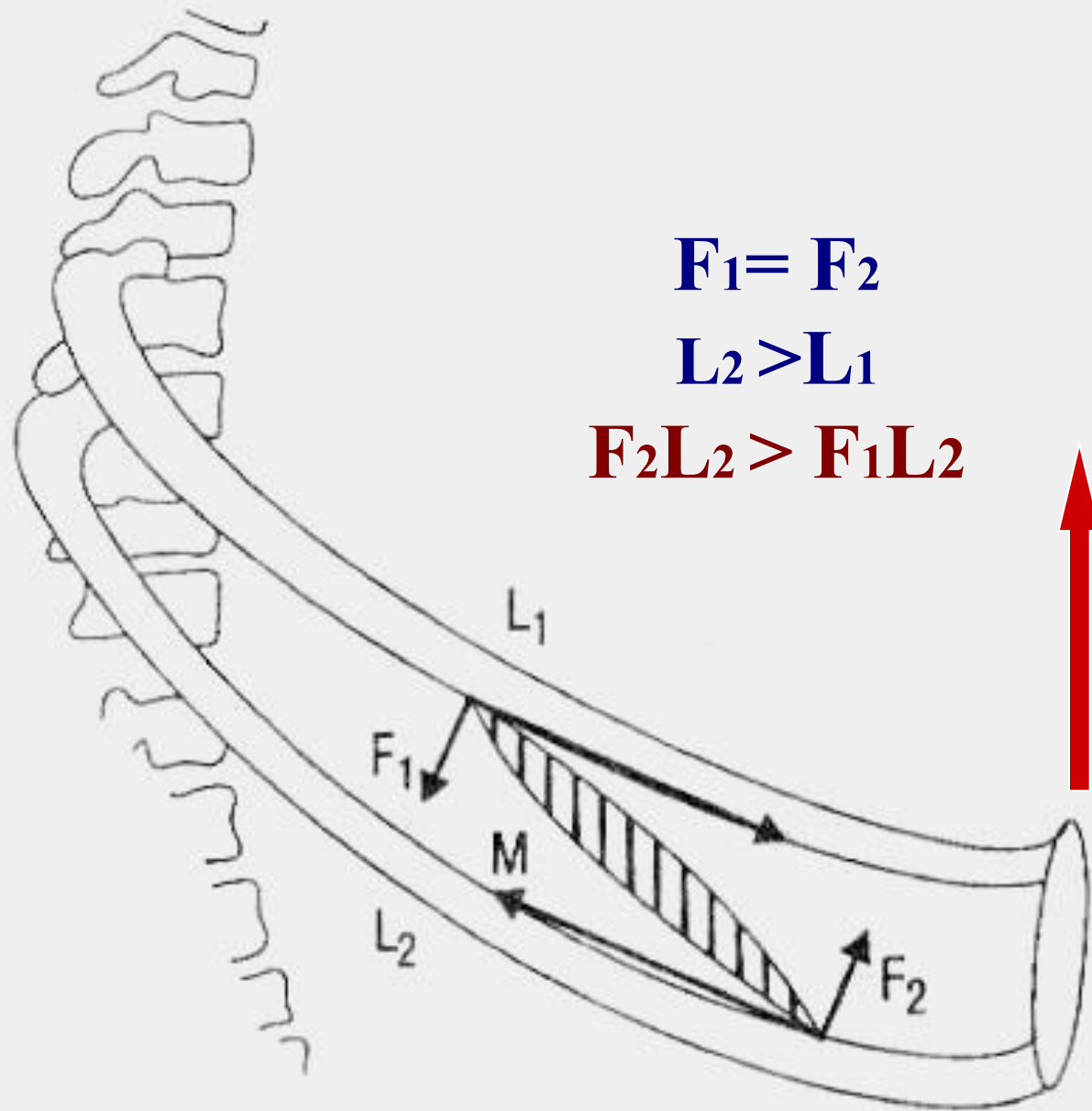


- Большие и малые грудные
- Лестничные
- Грудино-ключично-сосцевидные
- Зубчатые
- трапецевидные

инспираторные

Ориентация волокон межреберных мышц



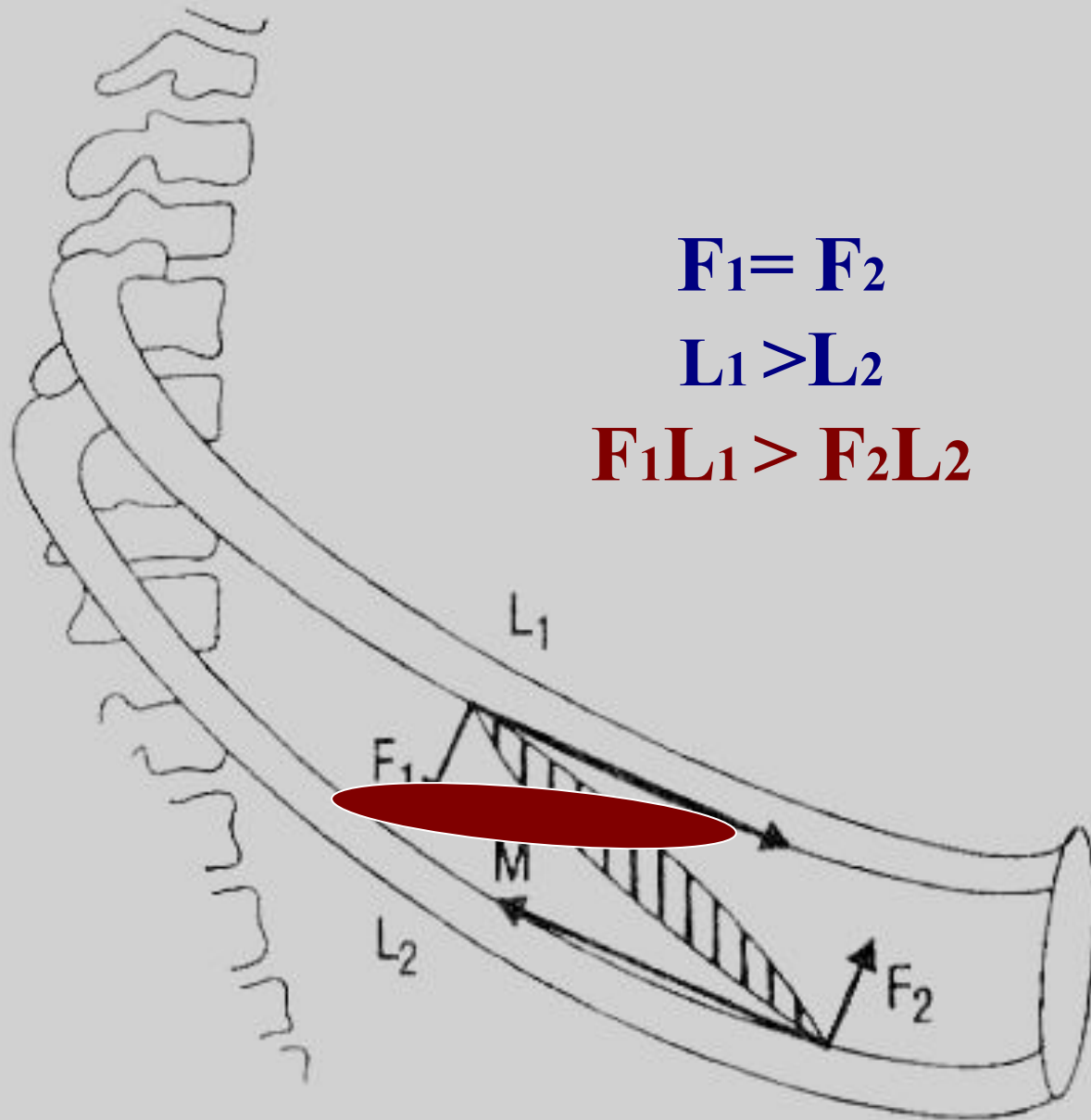


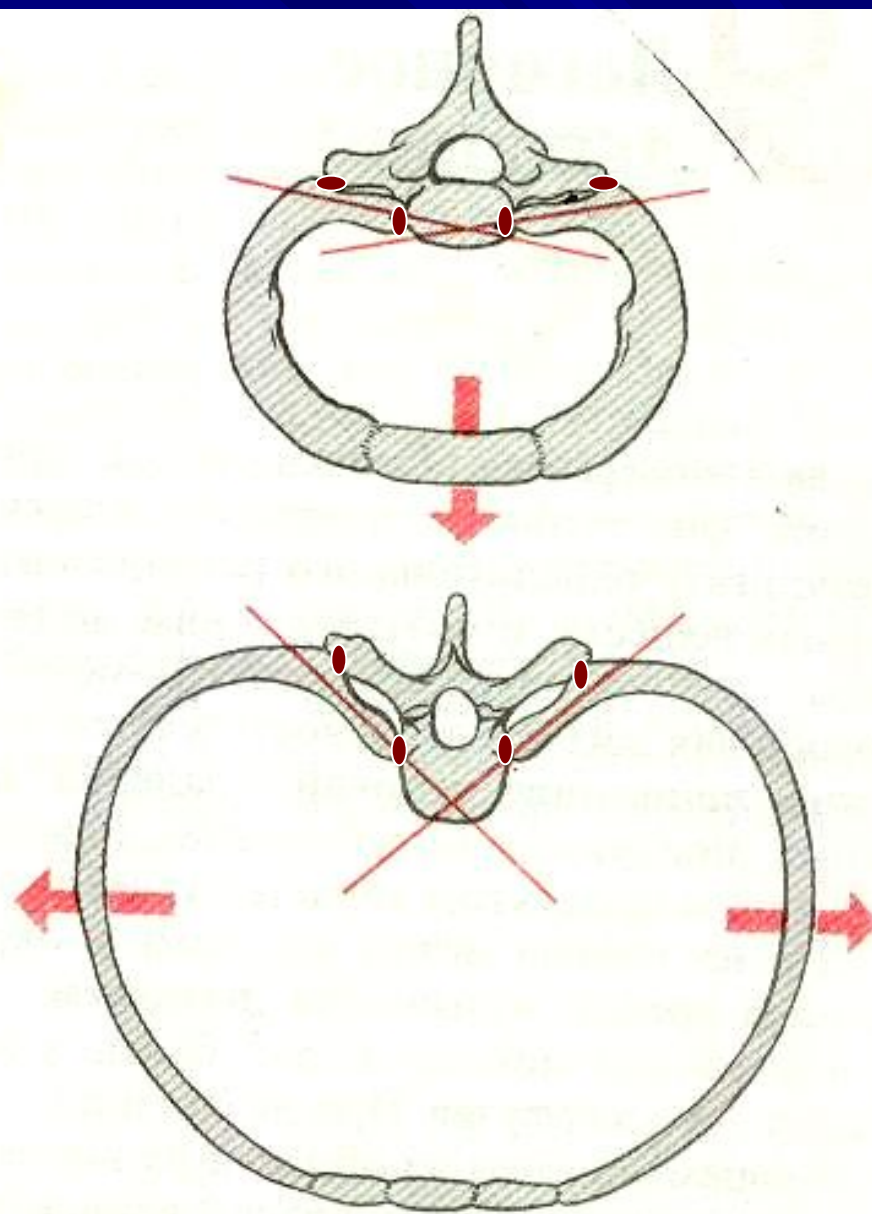
$$F_1 = F_2$$

$$L_2 > L_1$$

$$F_2 L_2 > F_1 L_1$$

$$F_1 = F_2$$
$$L_1 > L_2$$
$$F_1 L_1 > F_2 L_2$$





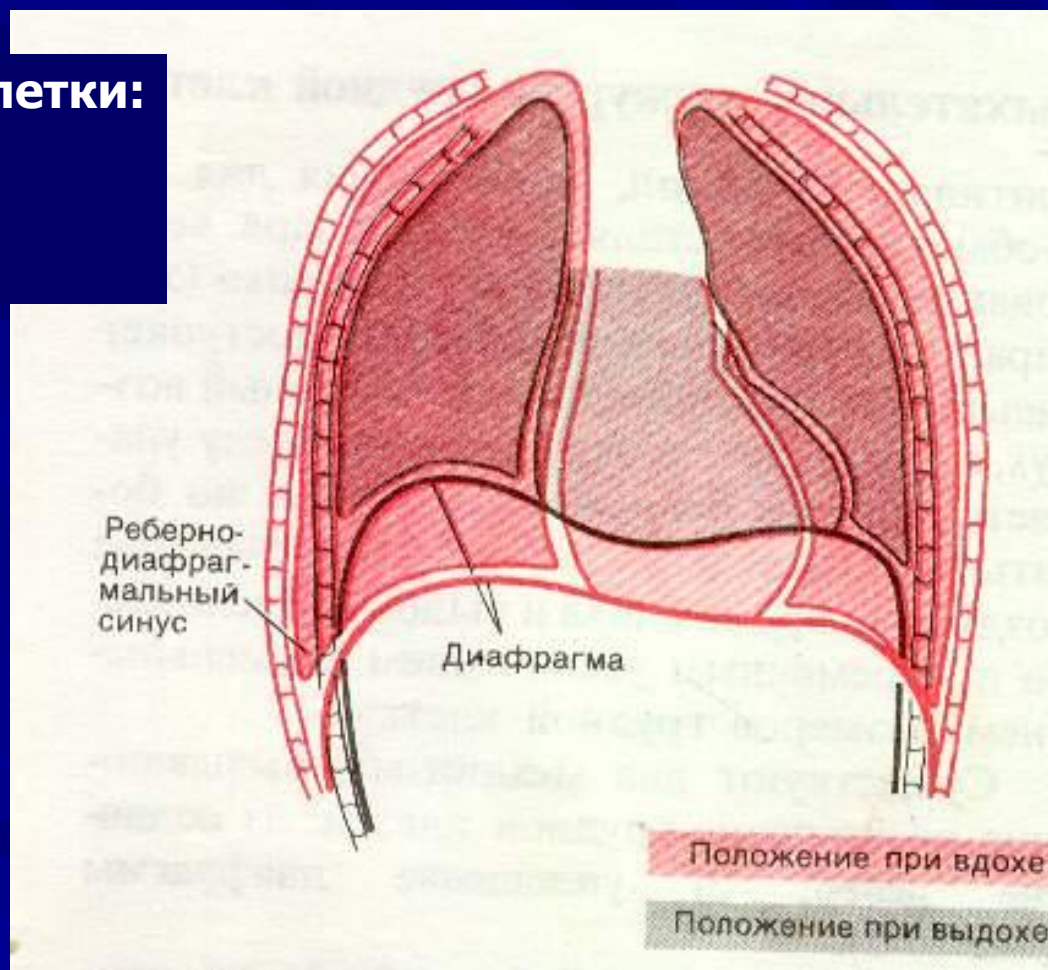
Направление, в котором преимущественно
увеличиваются размеры грудной клетки
при вдохе

Форма грудной клетки при выдохе

Подвижность грудной клетки:

М – 7 - 10 см

Ж – 5 - 8 см



ТИПЫ ДЫХАНИЯ

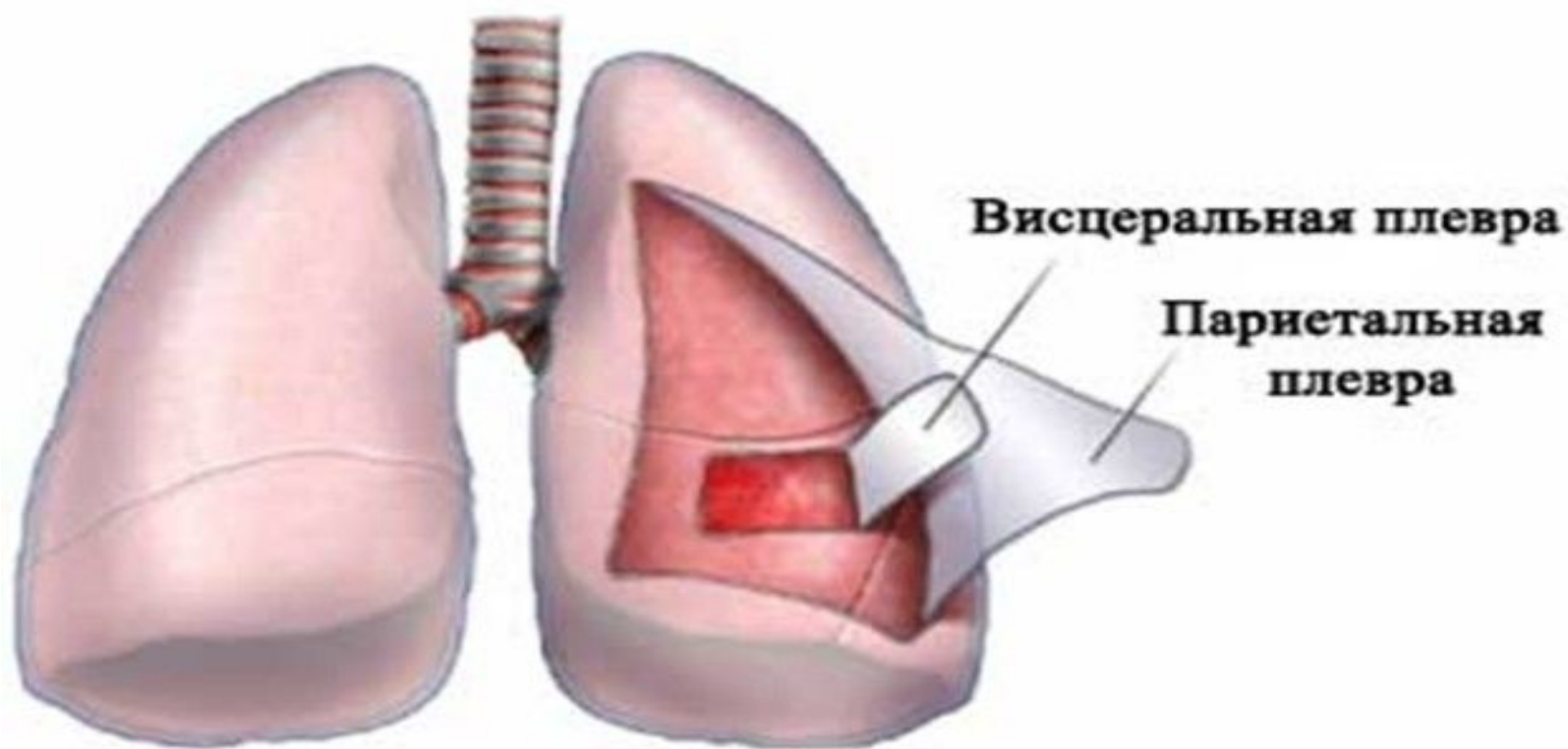
В зависимости от вклада вносимого каждым из механизмов в увеличении размеров грудной клетки при вдохе различают:

□ Грудной(реберный)

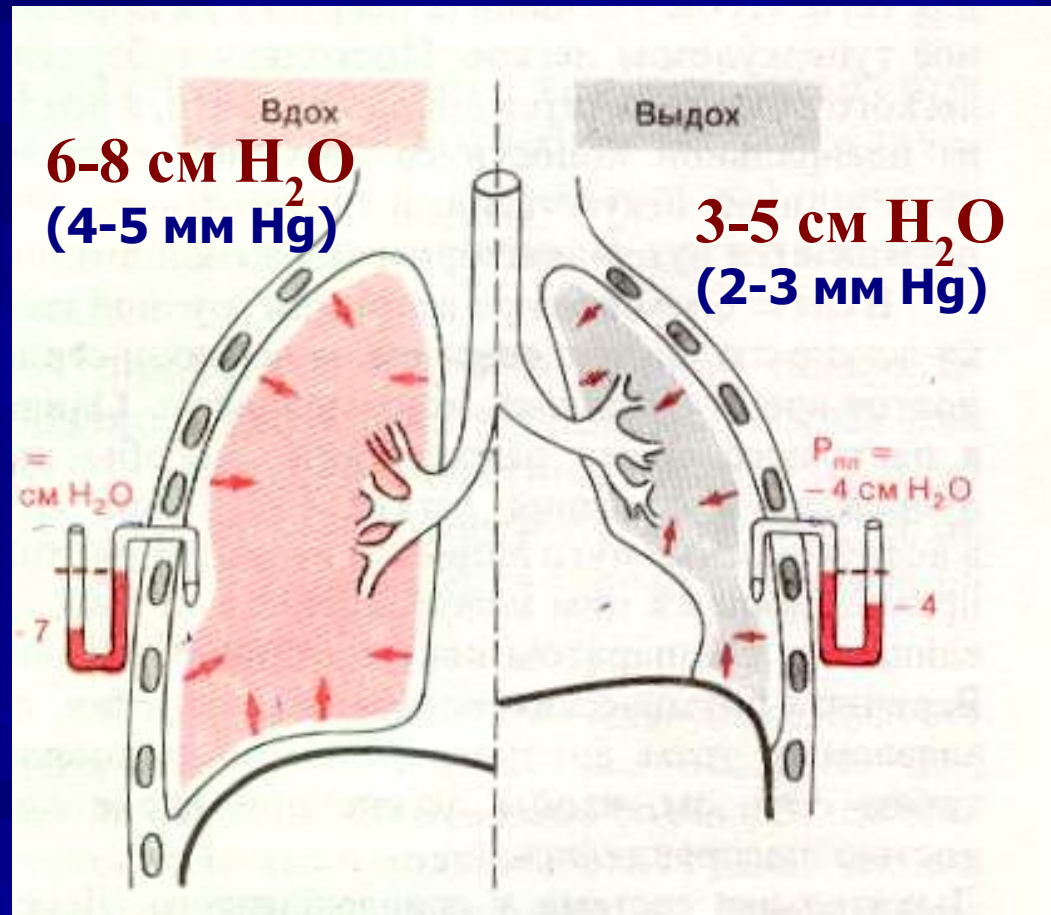
□ Брюшной

□ Смешанный

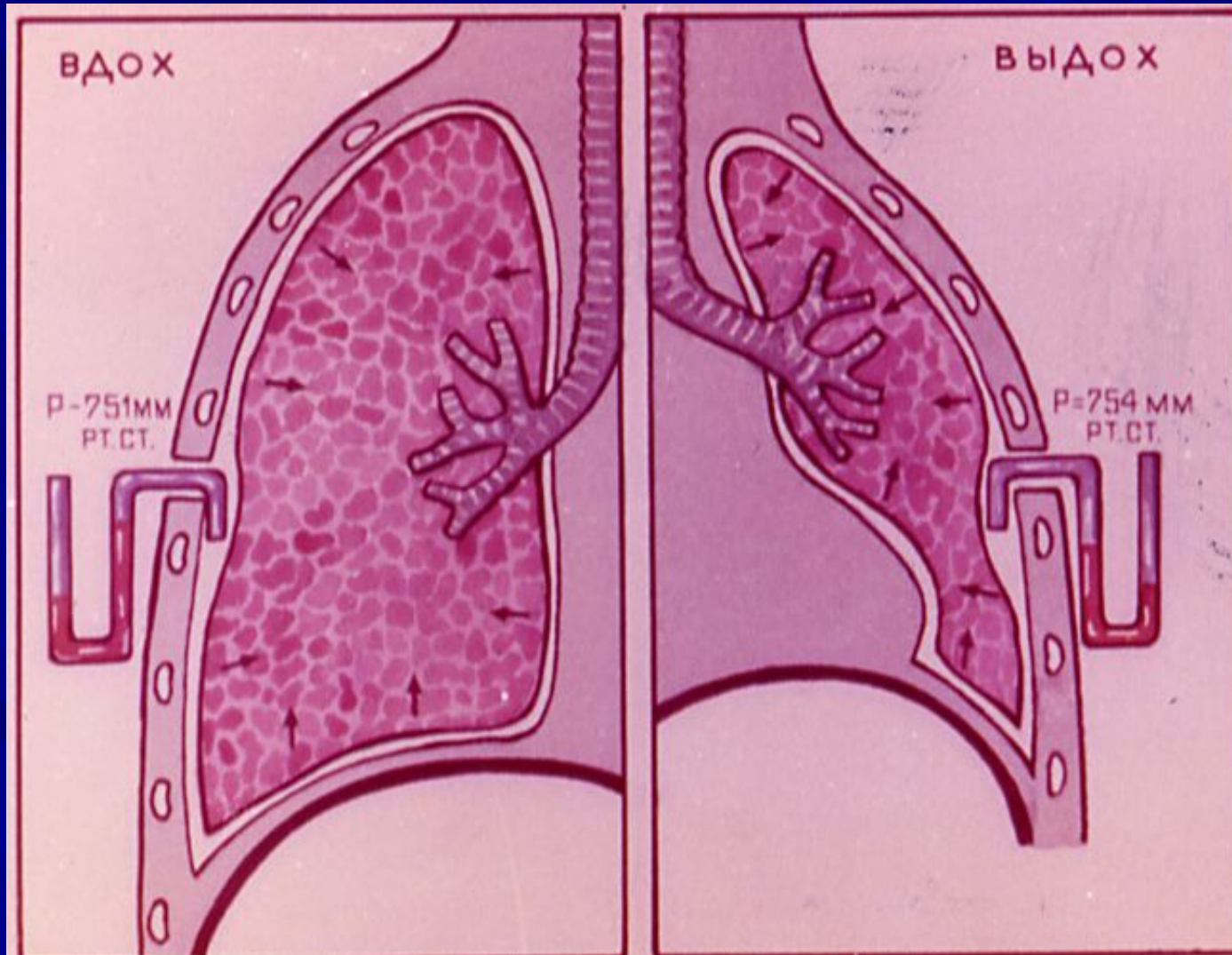
ДАВЛЕНИЕ В ПЛЕВРАЛЬНОЙ ПОЛОСТИ, ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ДЫХАНИИ

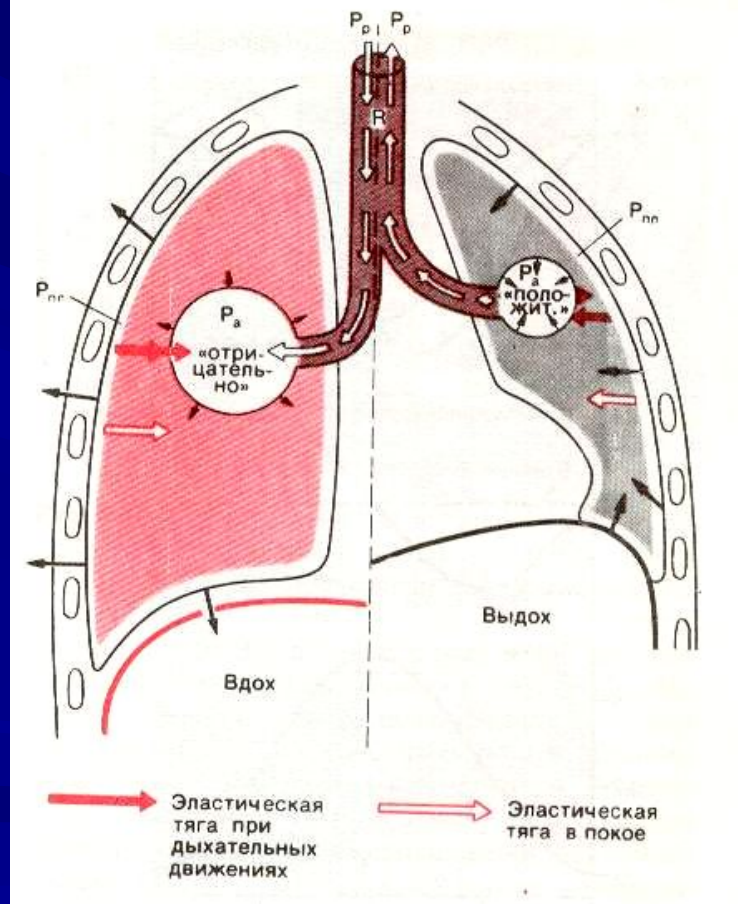


Плевральное давление в различные фазы дыхания

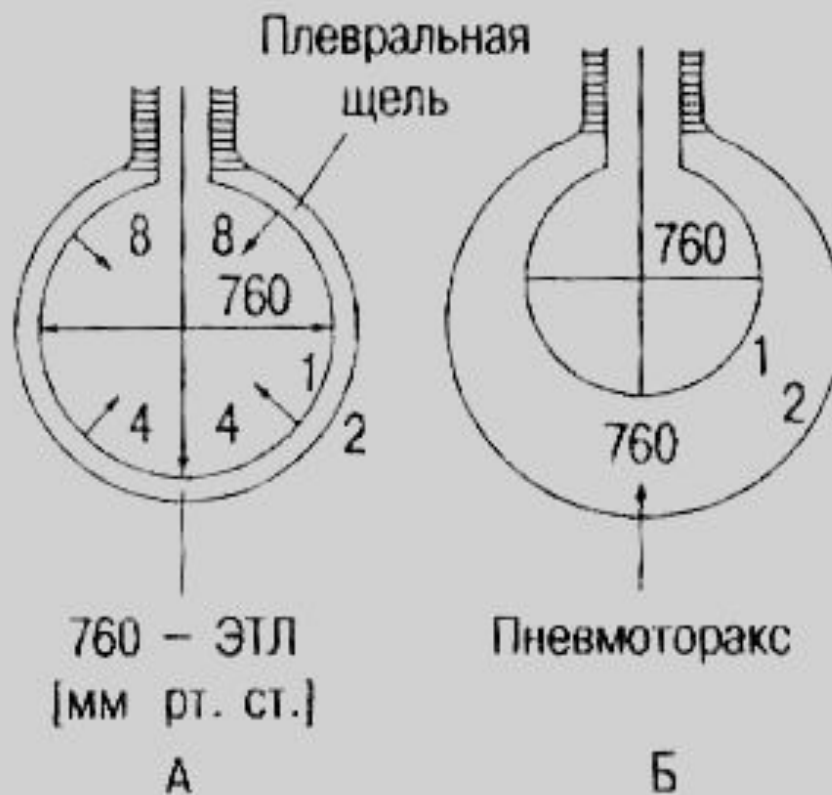


Изменения внутриплеврального давления при вдохе и выдохе





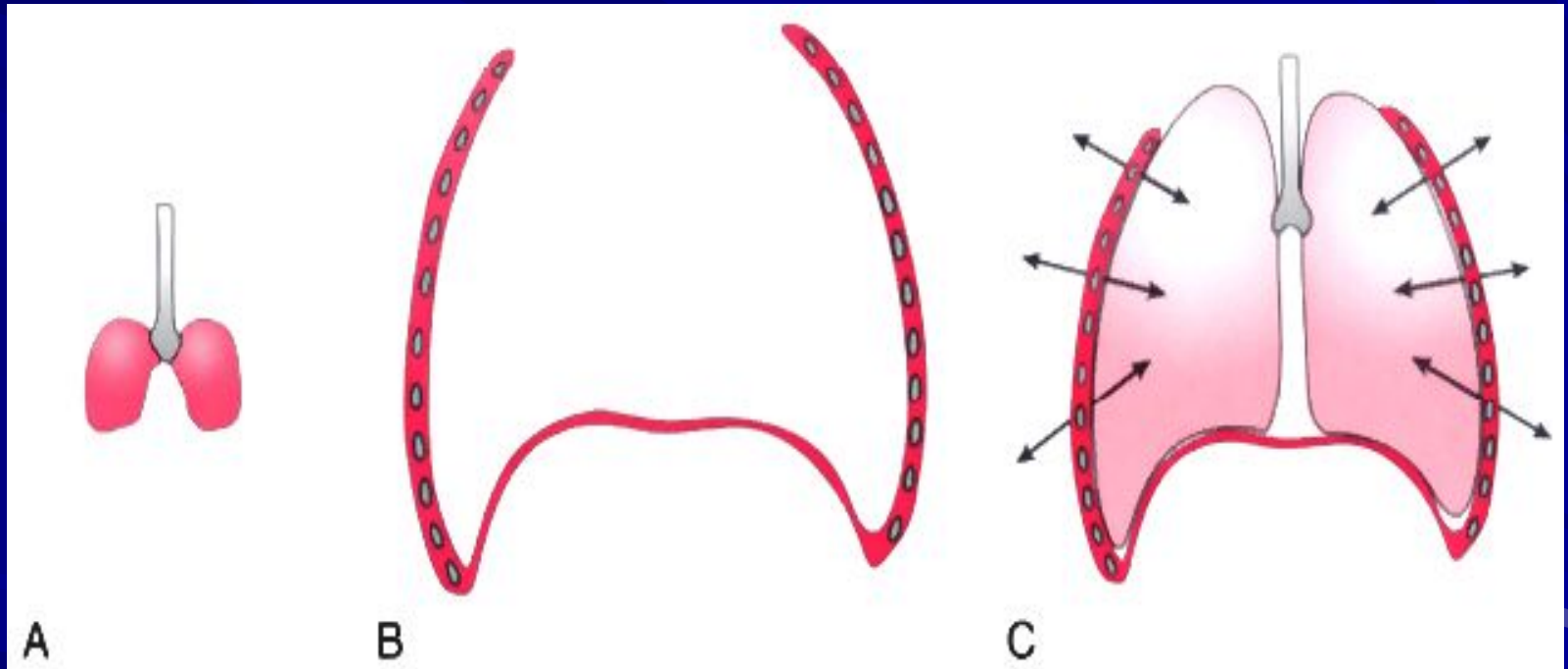
Изменения давления при пневмотораксе



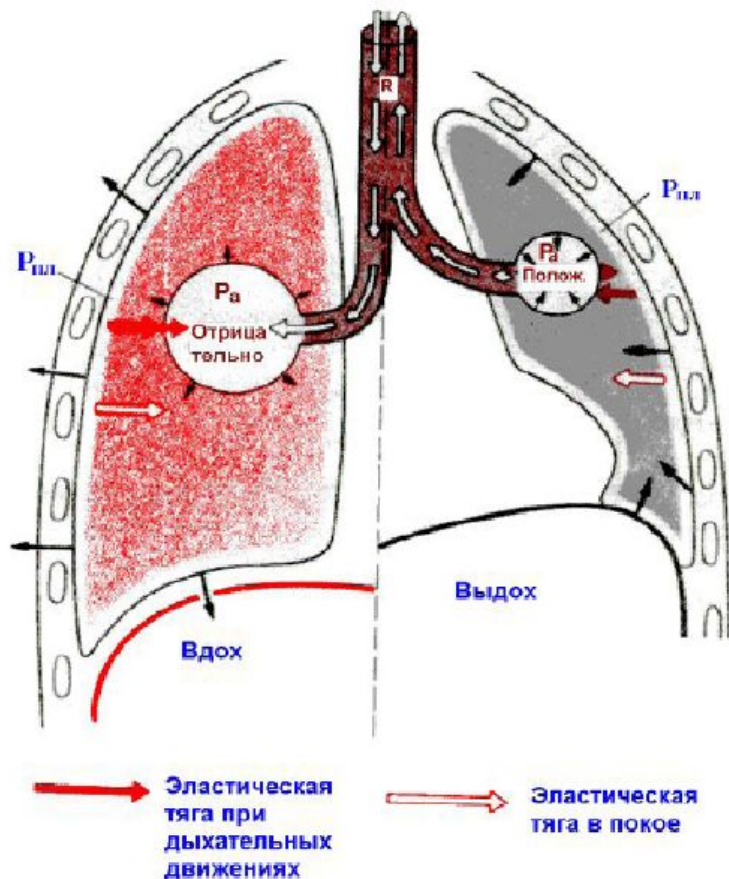
Пневмотораксом называют поступление воздуха в плевральную щель, приводящее к спадению легких.

- 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:

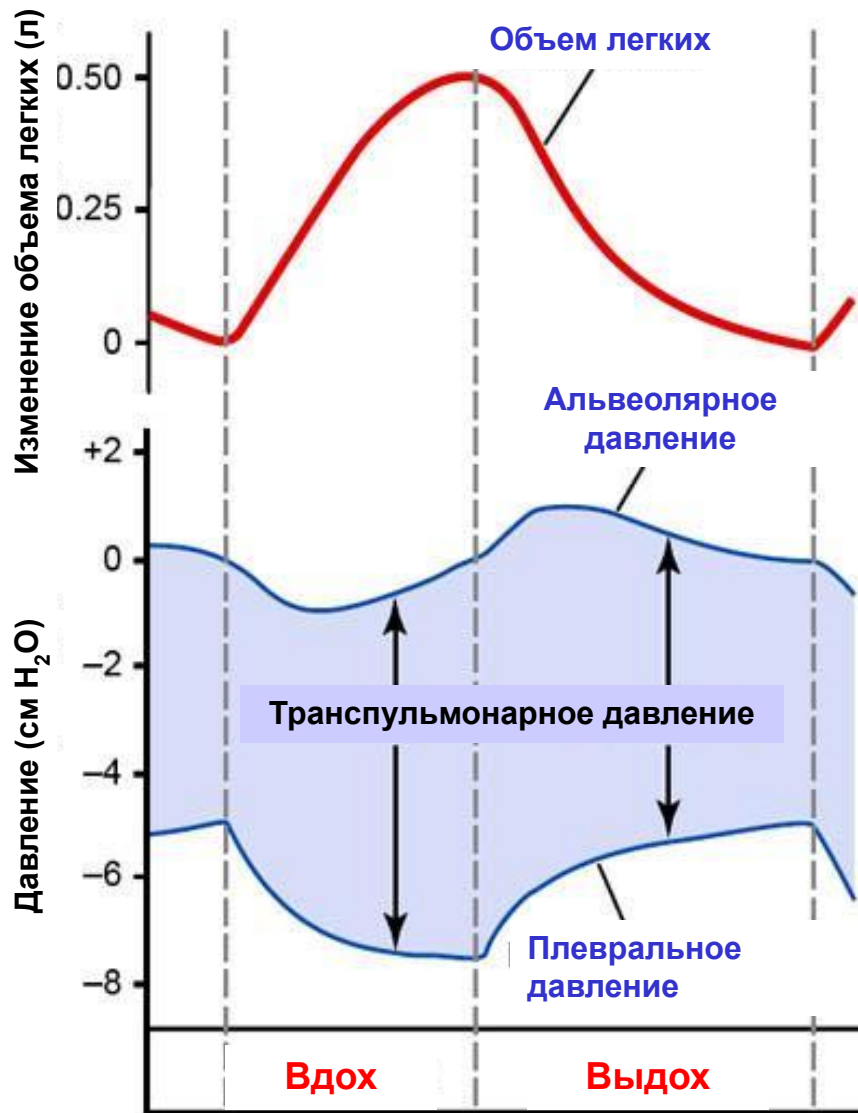
$$P_{трр} = P_{альв.} - P_{внешн.}$$

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. объем 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.*

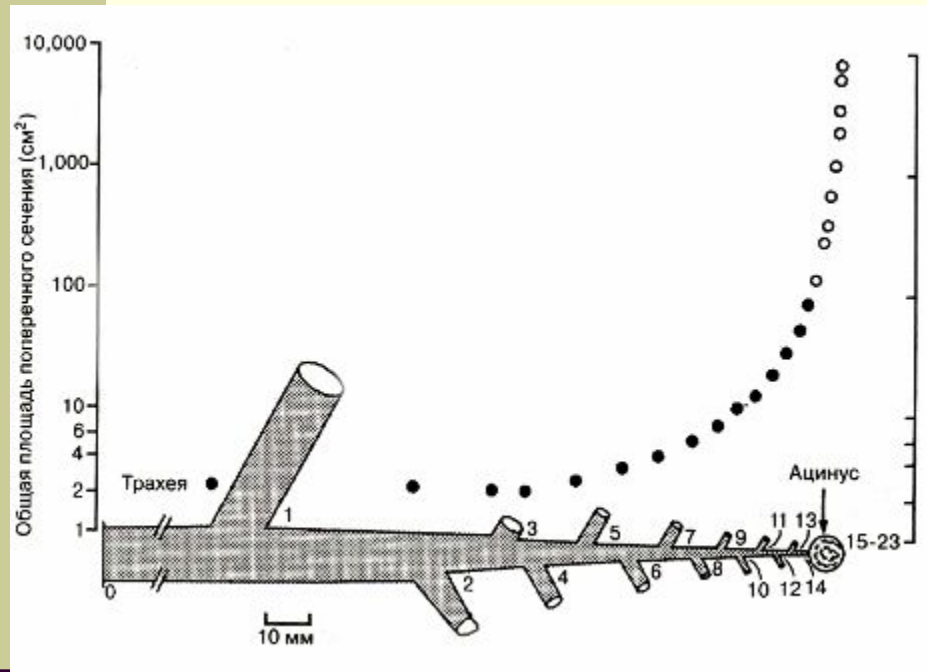
Неэластическое сопротивление дыханию

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**

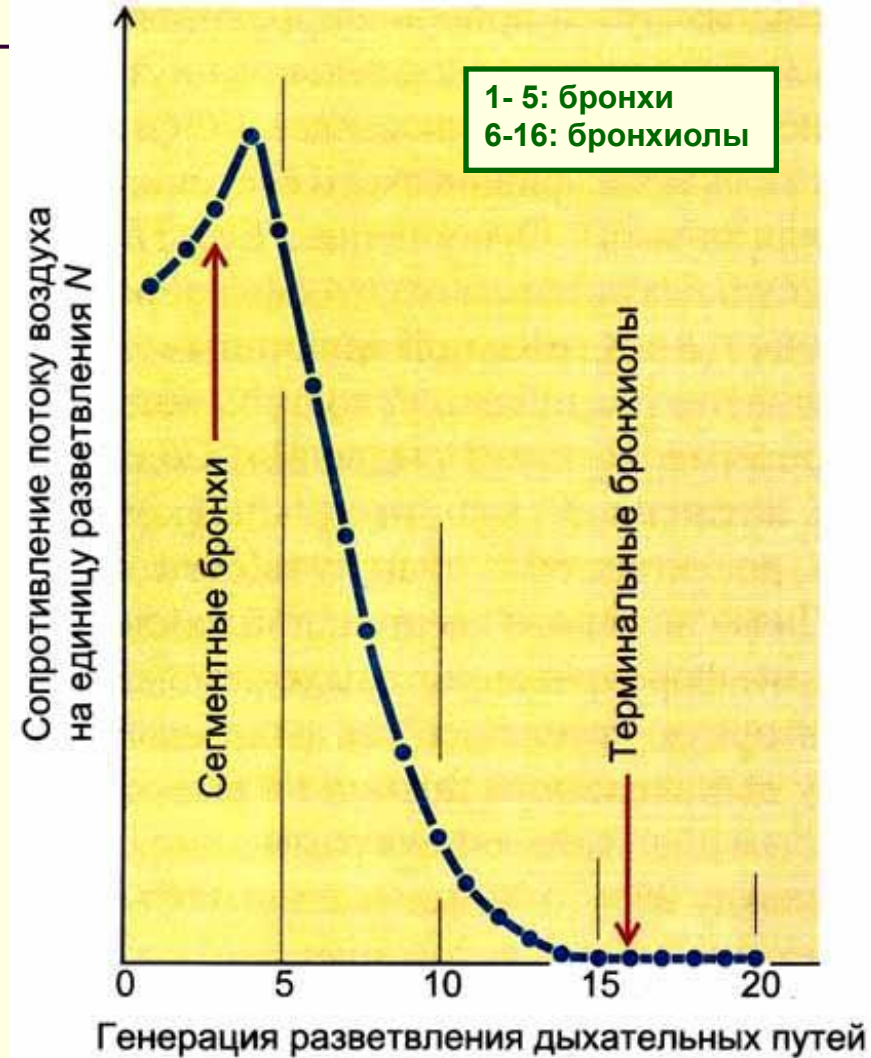
Суммарная площадь
поперечного сечения при
ветвлении дыхательных путей

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

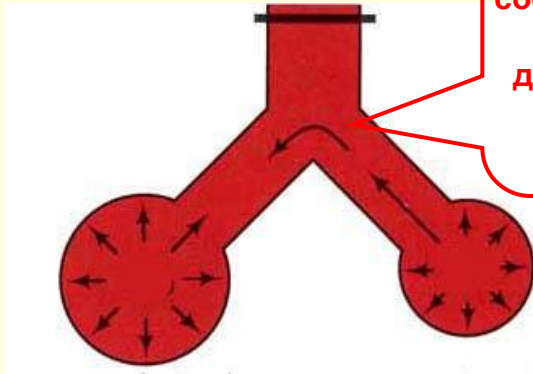
(гладкомышечные волокна внутрилегочных бронхов 3 %).

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



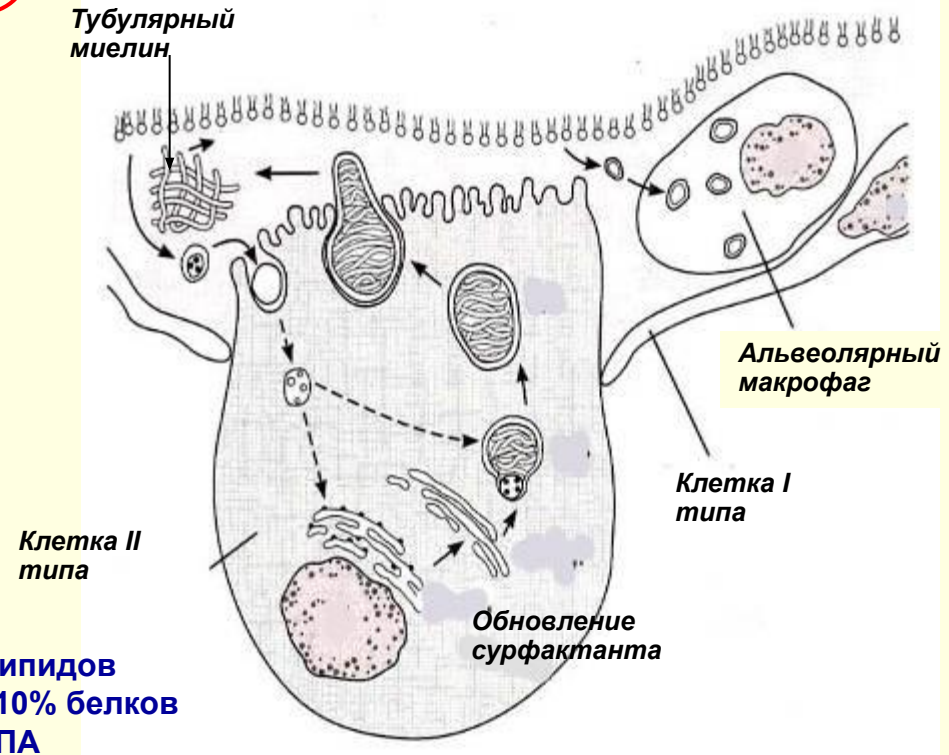
P *P*

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

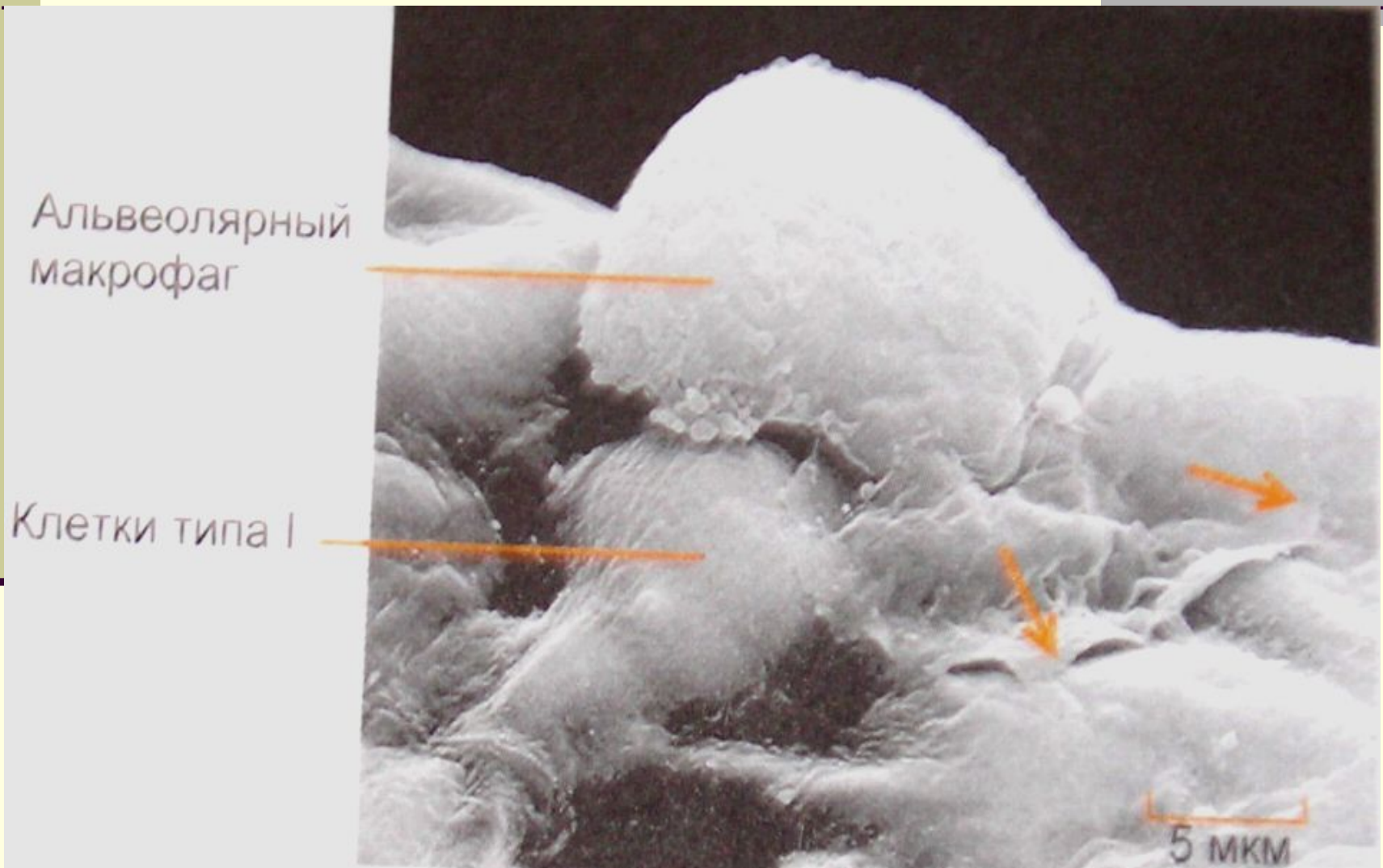
Сурфактант на 90% состоит из фосфолипидов (в первую очередь, фосфатидилхолина) + 10% белков
ПРОДУЦИРУЕТСЯ КЛЕТКАМИ II ТИПА

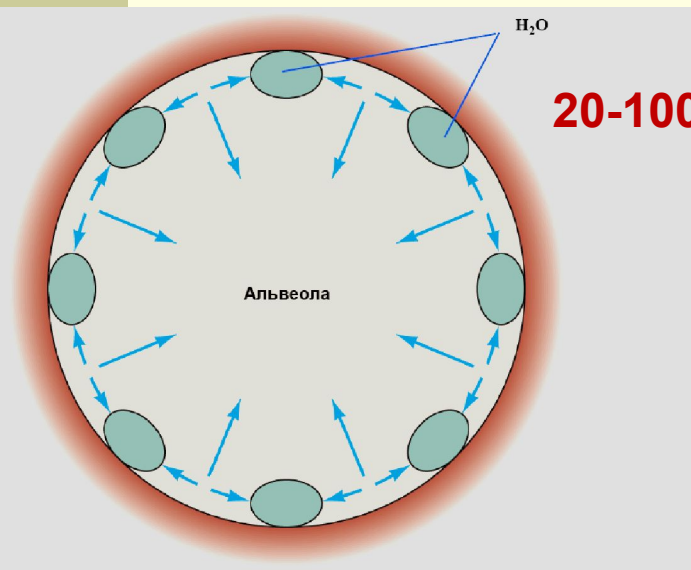
Спадению альвеол препятствует выстилающий их слой сурфактанта

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



Альвеолярный макрофаг на поверхности альвеолы



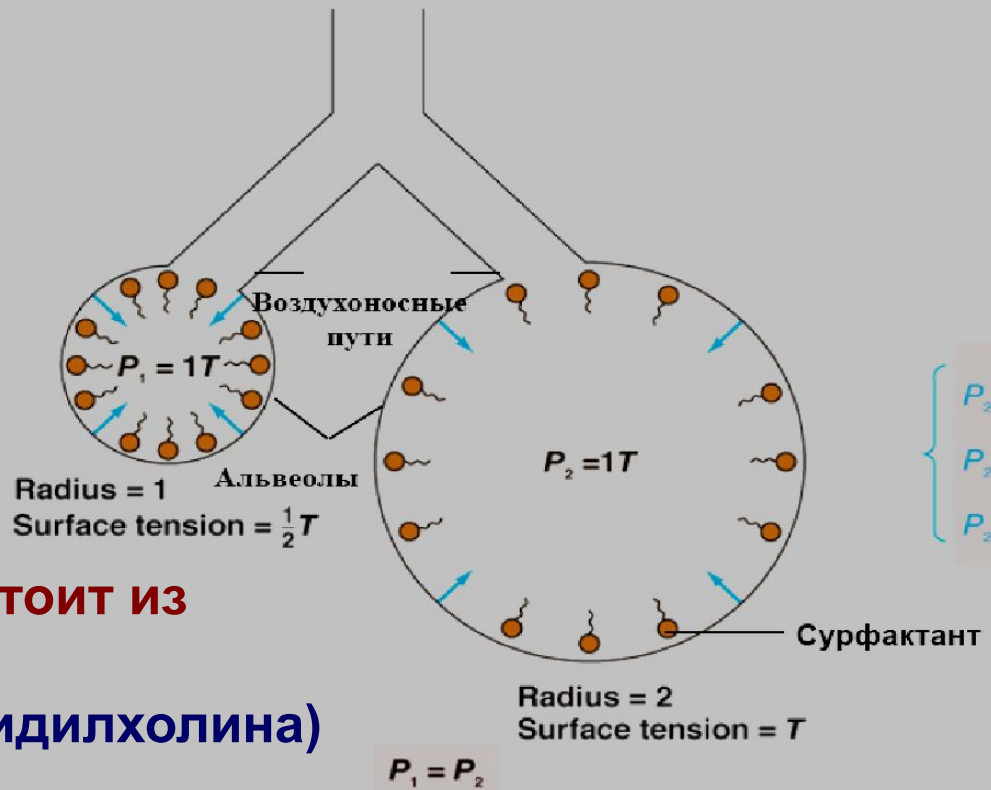


20-100 нм.

СУРФАКТАНТ

Нергардом в 1929 году

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



$$\left\{ \begin{array}{l} P_2 = \frac{2 \times T}{r} \\ P_2 = \frac{2 \times T}{2} \\ P_2 = 1T \end{array} \right.$$

$$P_1 = P_2$$

Сурфактант на 90% состоит из
фосфолипидов

(в первую очередь, фосфатидилхолина)

+ 10% белков

ПРОДУЦИРУЕТСЯ пневмоцитами II типа

Вещество, покрывающее внутреннюю поверхность альвеол
—→ *сурфактант*.

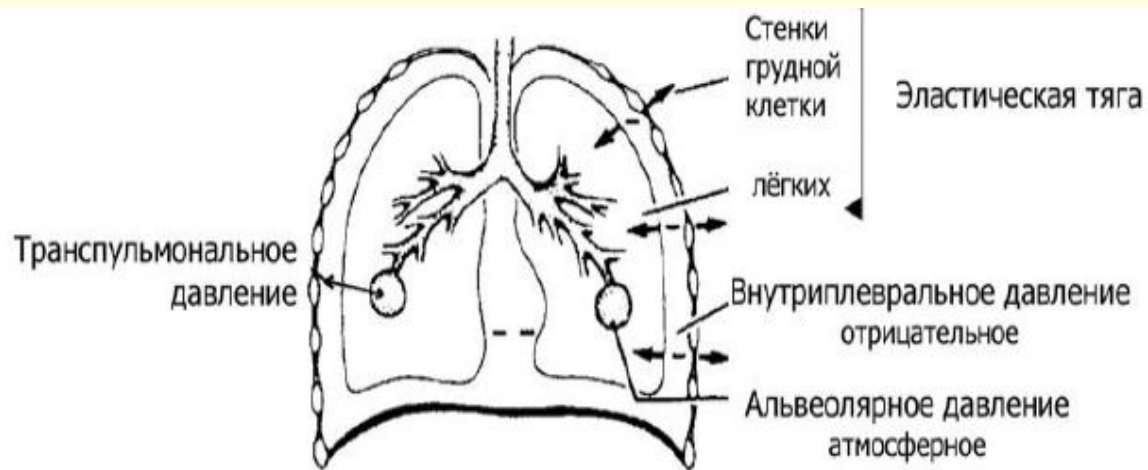
— Сурфактант имеет низкое поверхностное натяжение и стабилизирует состояние альвеол.

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

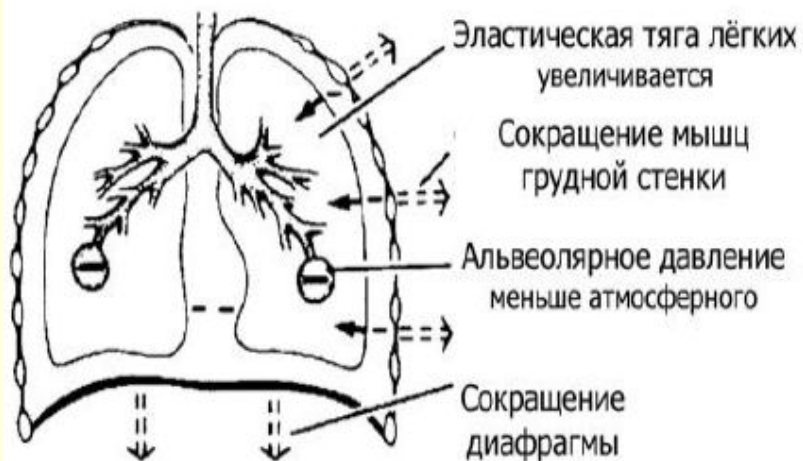
При **выдохе** —→ от **спадения** (молекулы сурфактанта расположены близко друг к другу, что сопровождается снижением величины поверхностного натяжения).

Значение сурфактанта

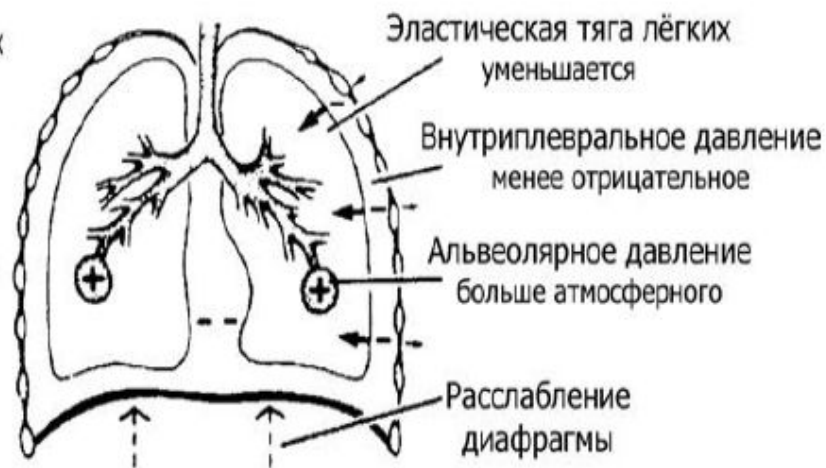
- Создает возможность расправления легкого при первом вдохе новорожденного;
- препятствует развитию ателектаза при выдохе;
- обеспечивает до $\frac{2}{3}$ эластического сопротивления ткани легкого взрослого человека и стабильность структуры респираторной зоны;
- регулирует скорость адсорбции O_2 по границе 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

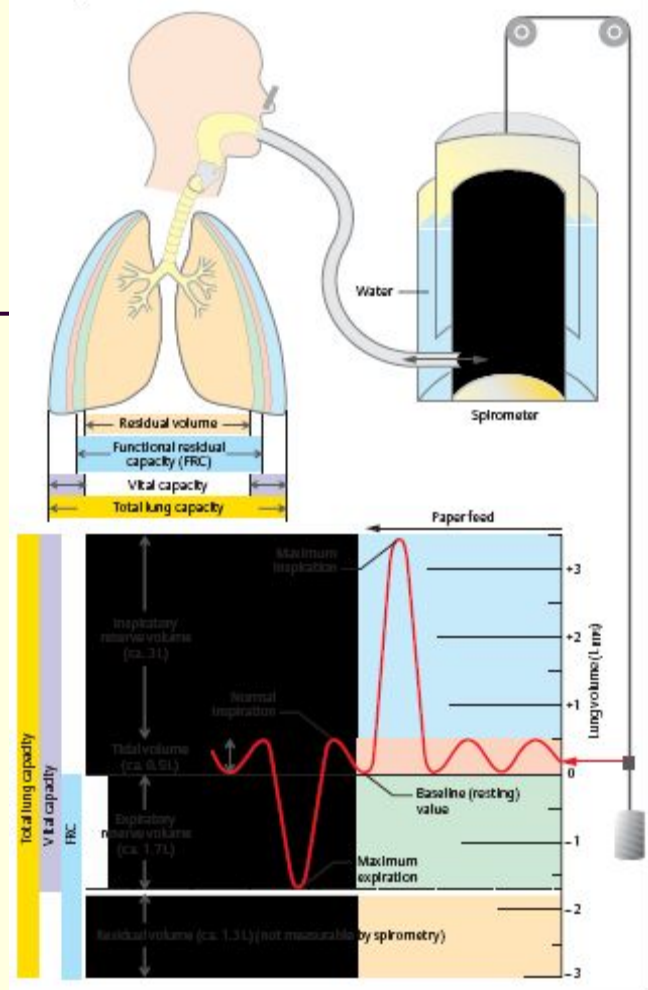
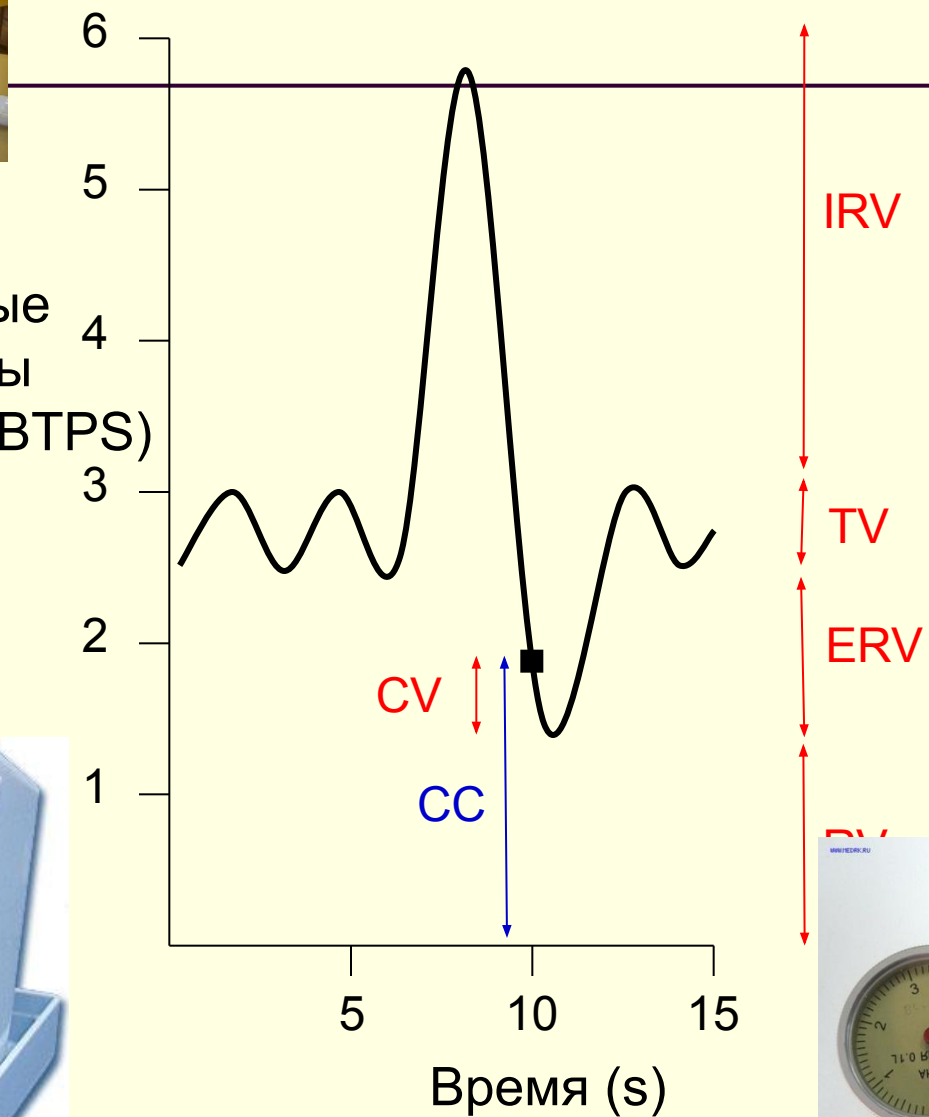
- **Спирометрия** - метод измерения объемов выдыхаемого воздуха с помощью прибора спирометра.
- **Спирография** - методика непрерывной регистрации объемов вдыхаемого и выдыхаемого воздуха. Получаемую при этом графическую кривую называют спирограммой (см.рис).
- **Пневмотахография** - методика непрерывной 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.**



лёгочные
объёмы
(в литрах - BTPS)



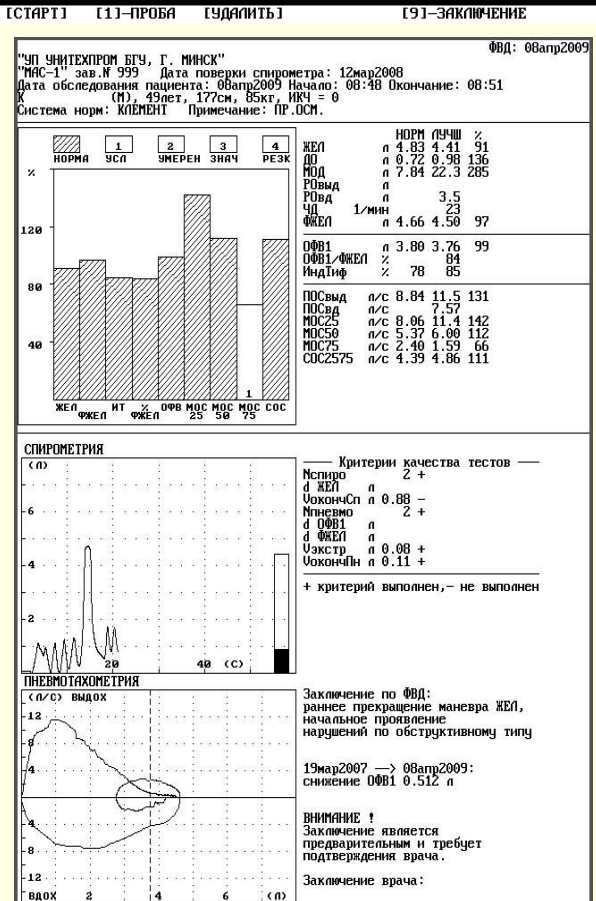
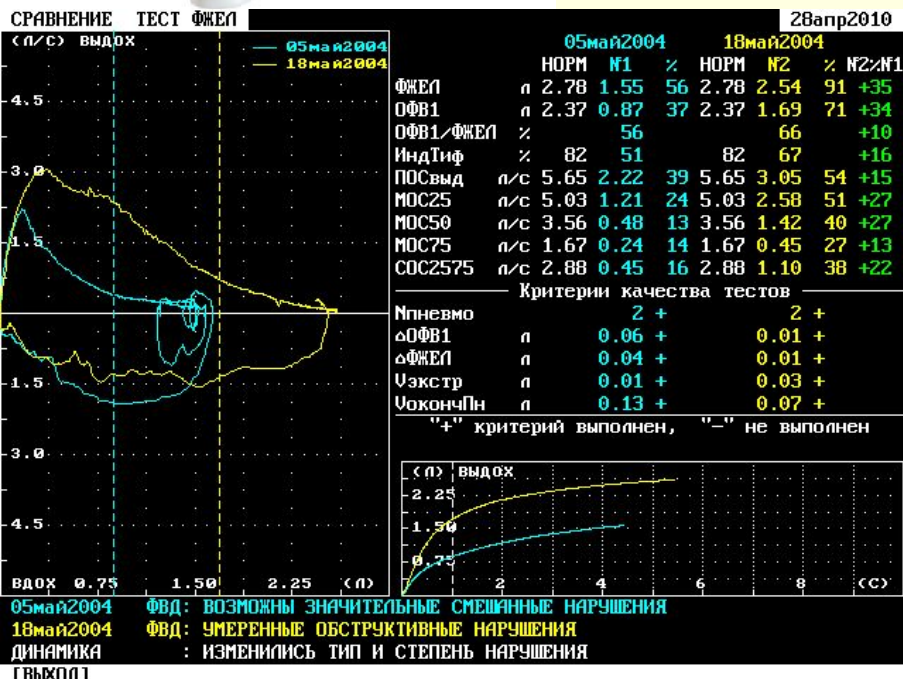
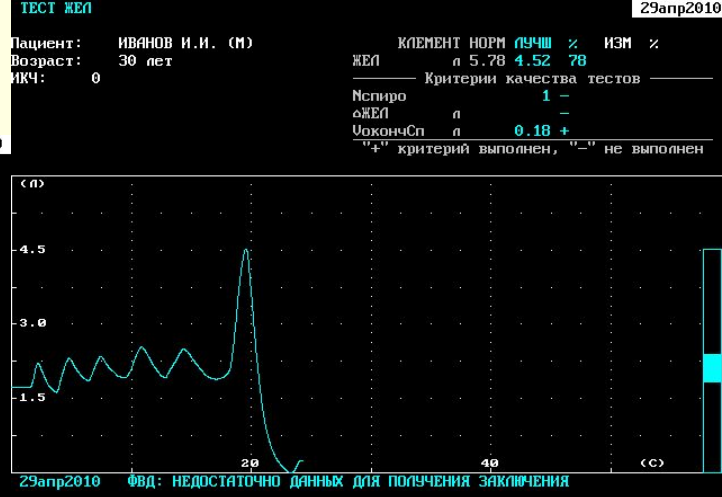
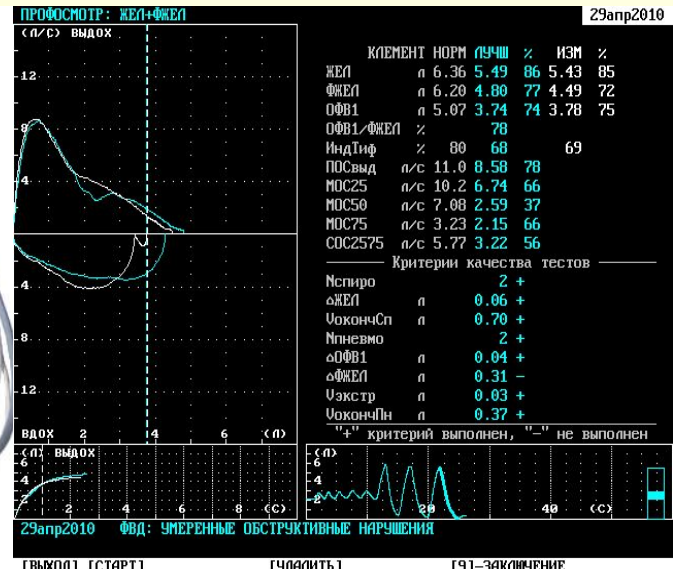
Спирометрия



Спирометр MAC-1



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.



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

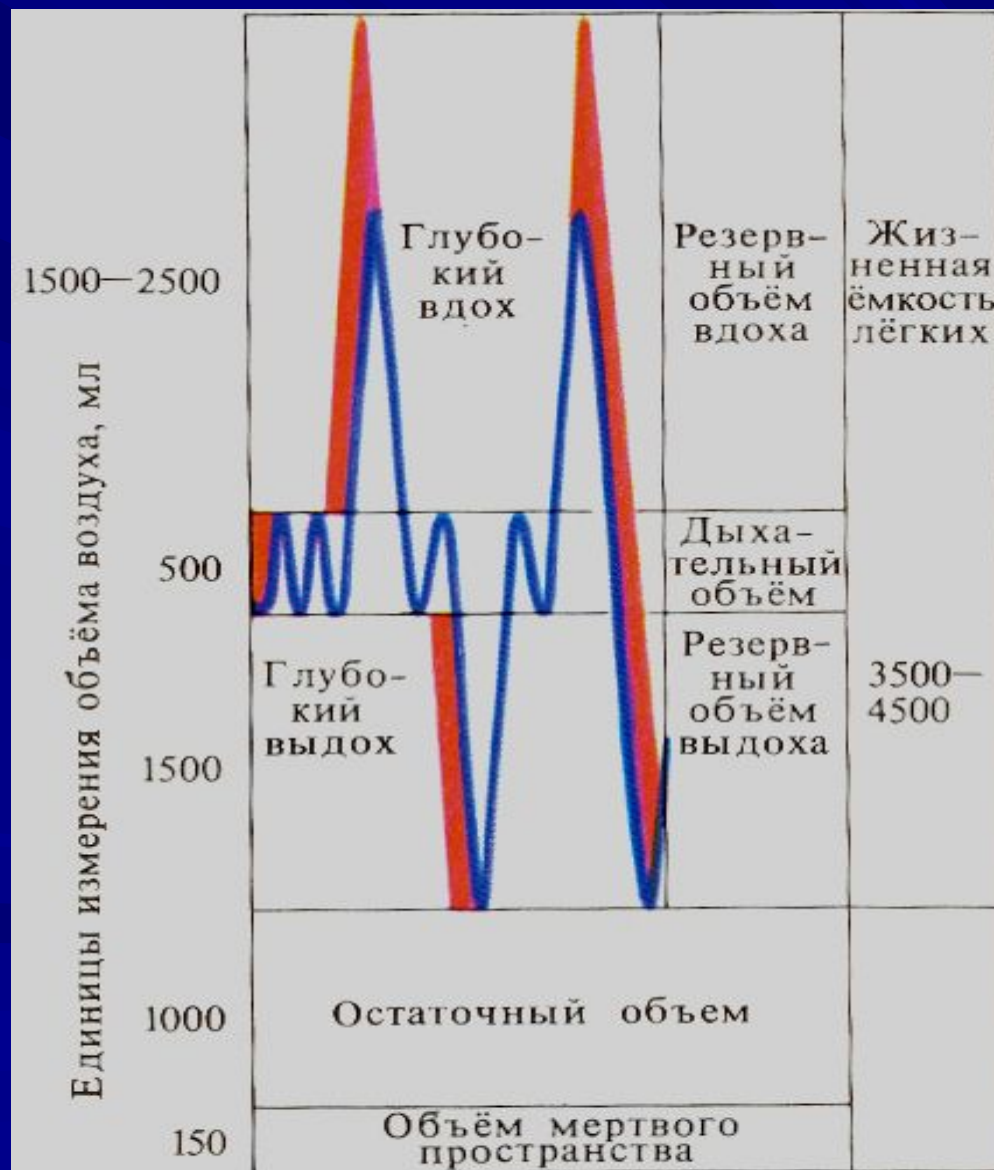
МВЛ (за 10сек)

ЭВД= АВ/МОДх100

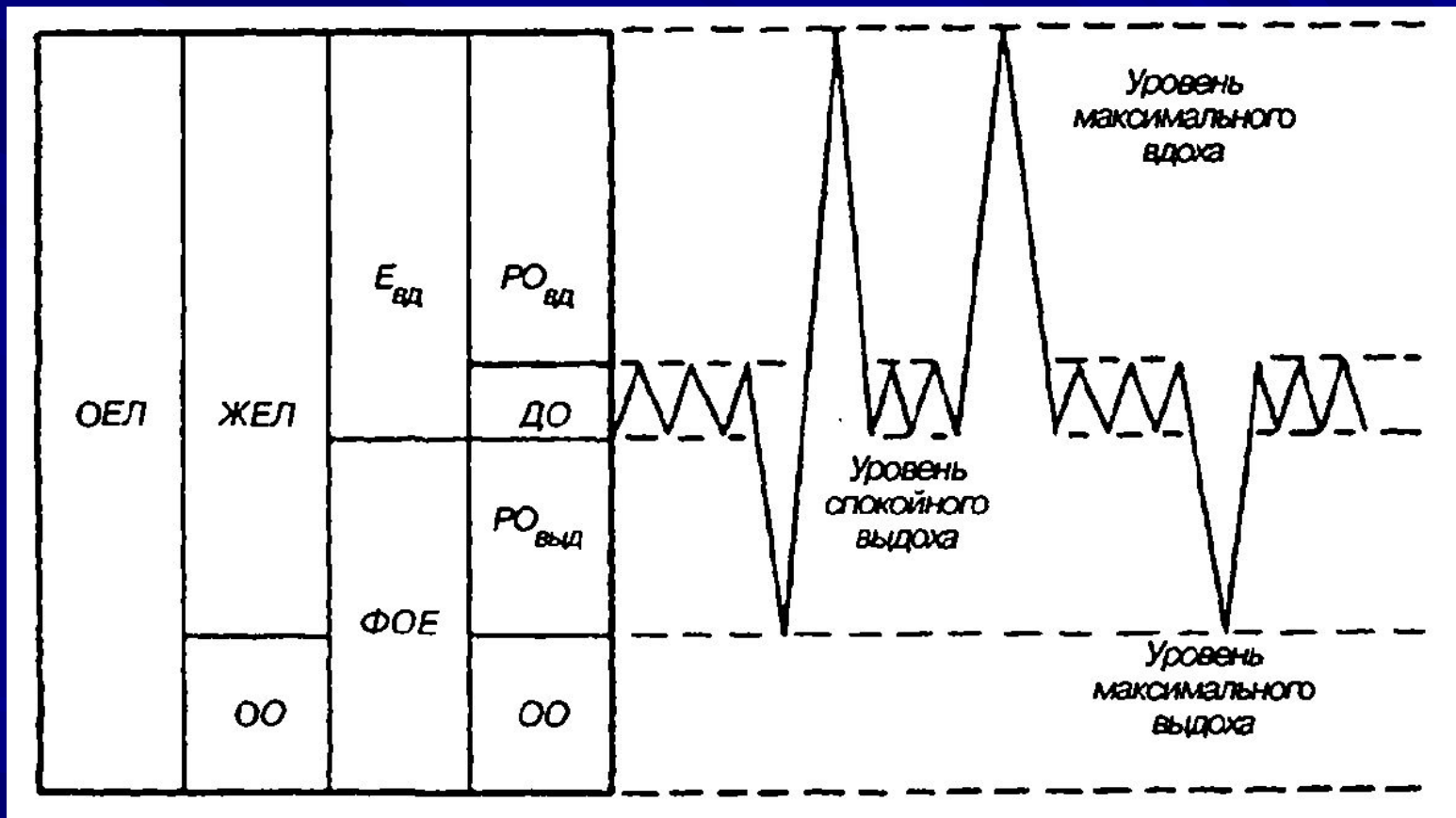
ОФВыд (тест Тифно)

рО₂; рСО₂

Легочные объемы и емкости

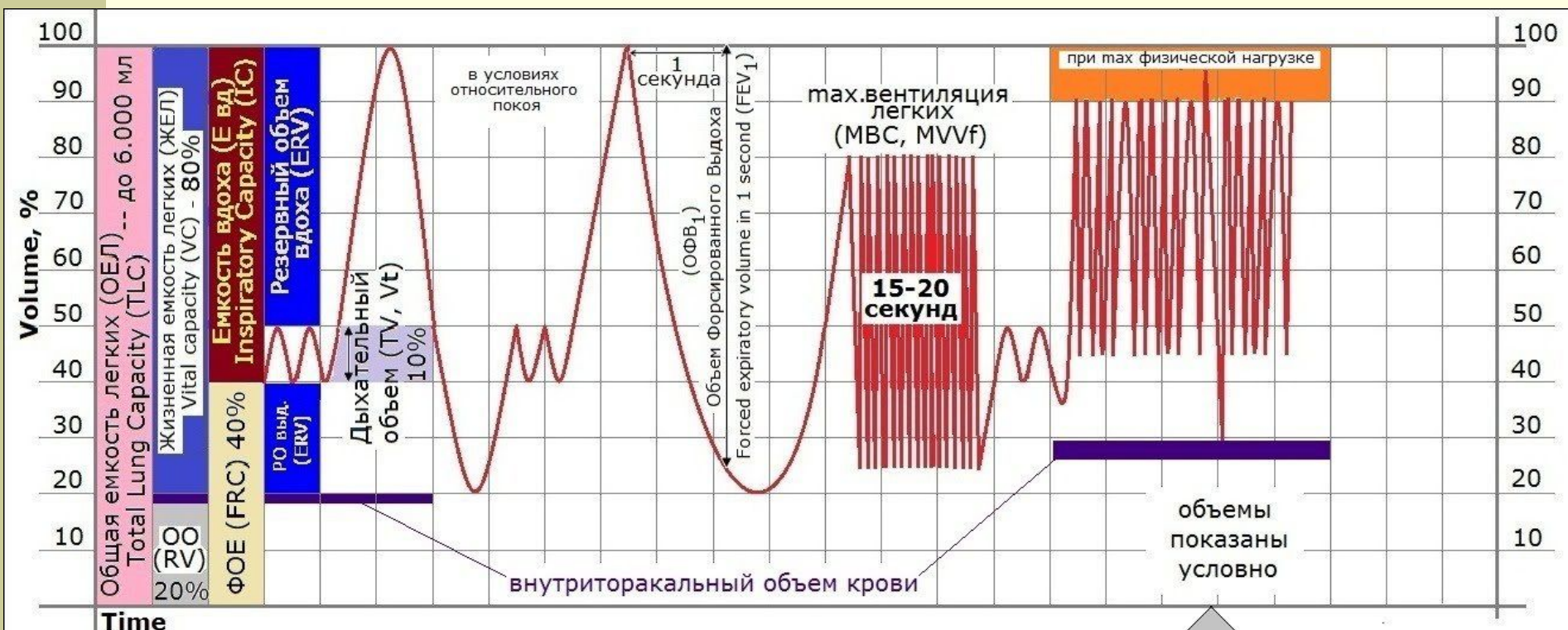


Легочные объемы и емкости



$$\text{ЖЕЛ} = \text{ДО} + \text{РО}_{вд} + \text{РО}_{выд}$$

СПИРОГРАММА



MBC = maximal breathing capacity = максимальная вентиляционная способность легких

MVVf = maximal voluntary ventilation = максимальная произвольная вентиляция легких

TV, Vt = Tidal Volume = дыхательный объем

ОО = остаточный объем

RV = residual volume

РО выд. = резервный объем выдоха

ERV = expiratory reserve volume

ФОЕ = функциональная остаточная емкость

FRC = functional residual capacity

ОЕЛ незначительно снижается из-за внутри-торакального объема крови. ДО увелич. до 50% ЖЕЛ (за счет РО выд.). РО выдоха изменяется незначительно. ОО 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 - $\frac{1}{7}$
(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

AB = ЛВ - ВМП AB = (500 - 150) \times 14 = 5 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 !