

# Физиология дыхания

## ЛечФак-Лекция 7

- **Кардиореспираторная система** (составленное из многих частей, соединенное в одно целое) - это система, состоящая из сердечно-сосудистой системы и системы дыхания.
- Данная система является наиболее чутким индикатором физиологического состояния организма.

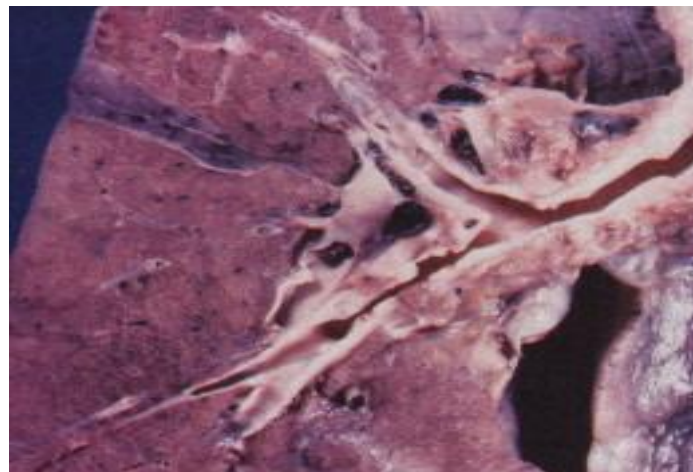
## Коэффициент (индекс) Хильдебранта

- **Расчет коэффициента Хильдебранта:**  
 $Q = P : D$ , где  $P$  – ЧСС в 1 мин.,  $D$  – ЧД в 1 мин. О нормальных межсистемных соотношениях свидетельствует его величина.
- **Трактовка: коэффициент 2,8—4,9** свидетельствует о нормальных межсистемных соотношениях.

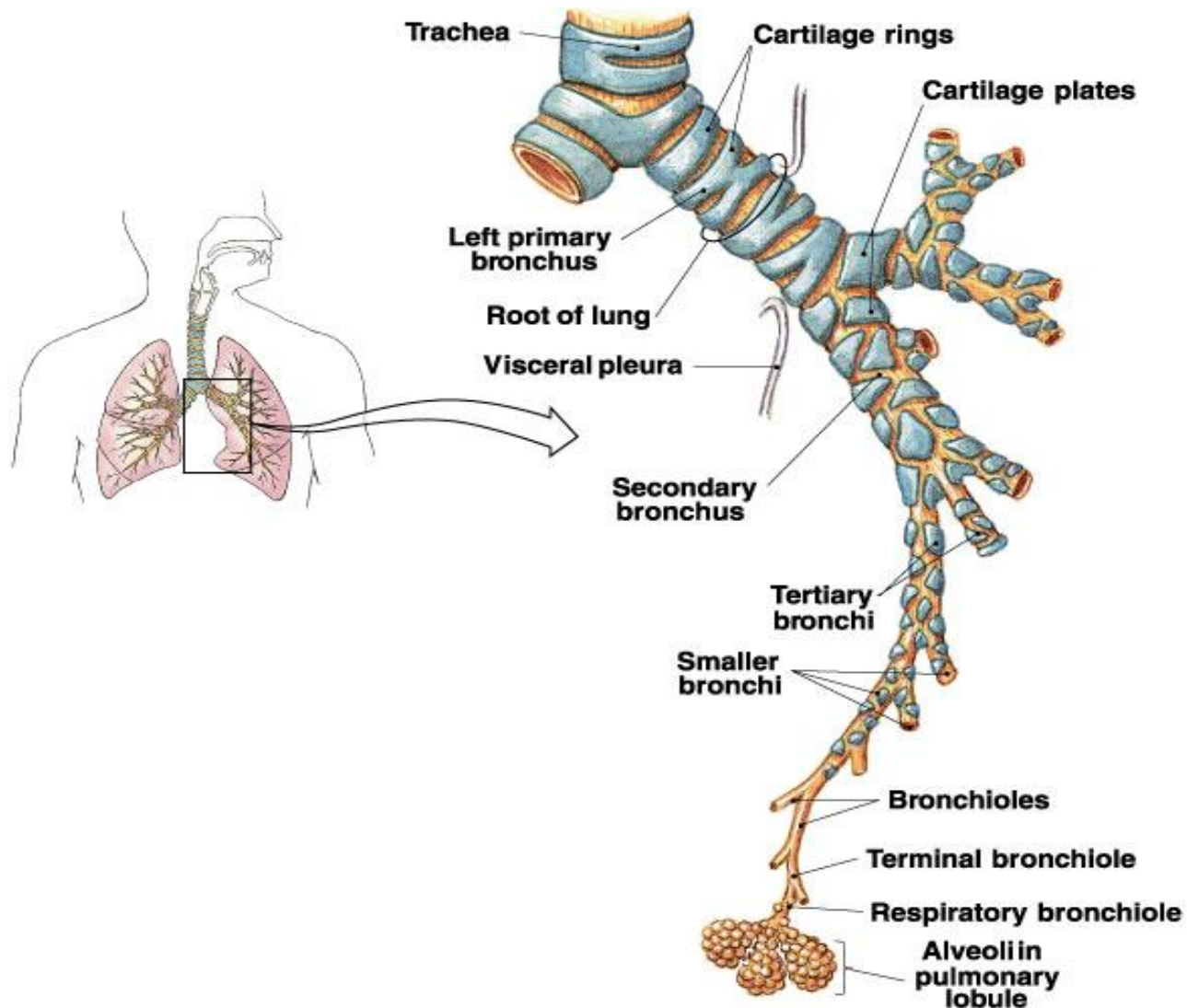
# Схема расчета минутного объема сердца (МОС)

- Частота сердечных сокращений(70уд. В мин)  
X Систолический выброс (75мл)=5250мл\мин.
- Аналогия- МОД-минутный объем дыхания  
(дыхательный объем x частоту дыхания=  
500млx12)
- Соответствие между МОС и МОД в условиях  
нормы и состояния напряжения.(Кардио-  
респираторная система)

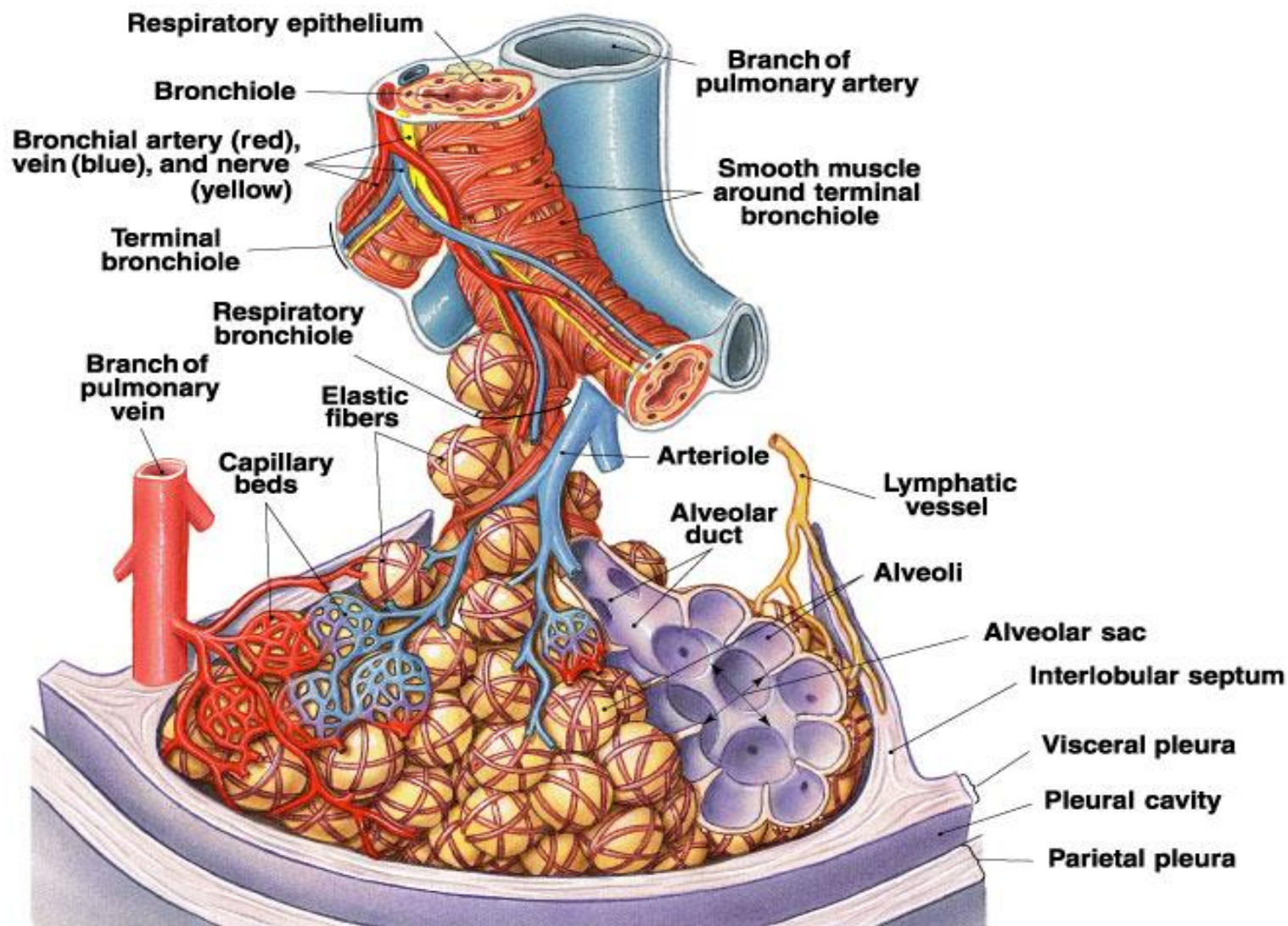
# Экологически- индуцированные заболевания легких

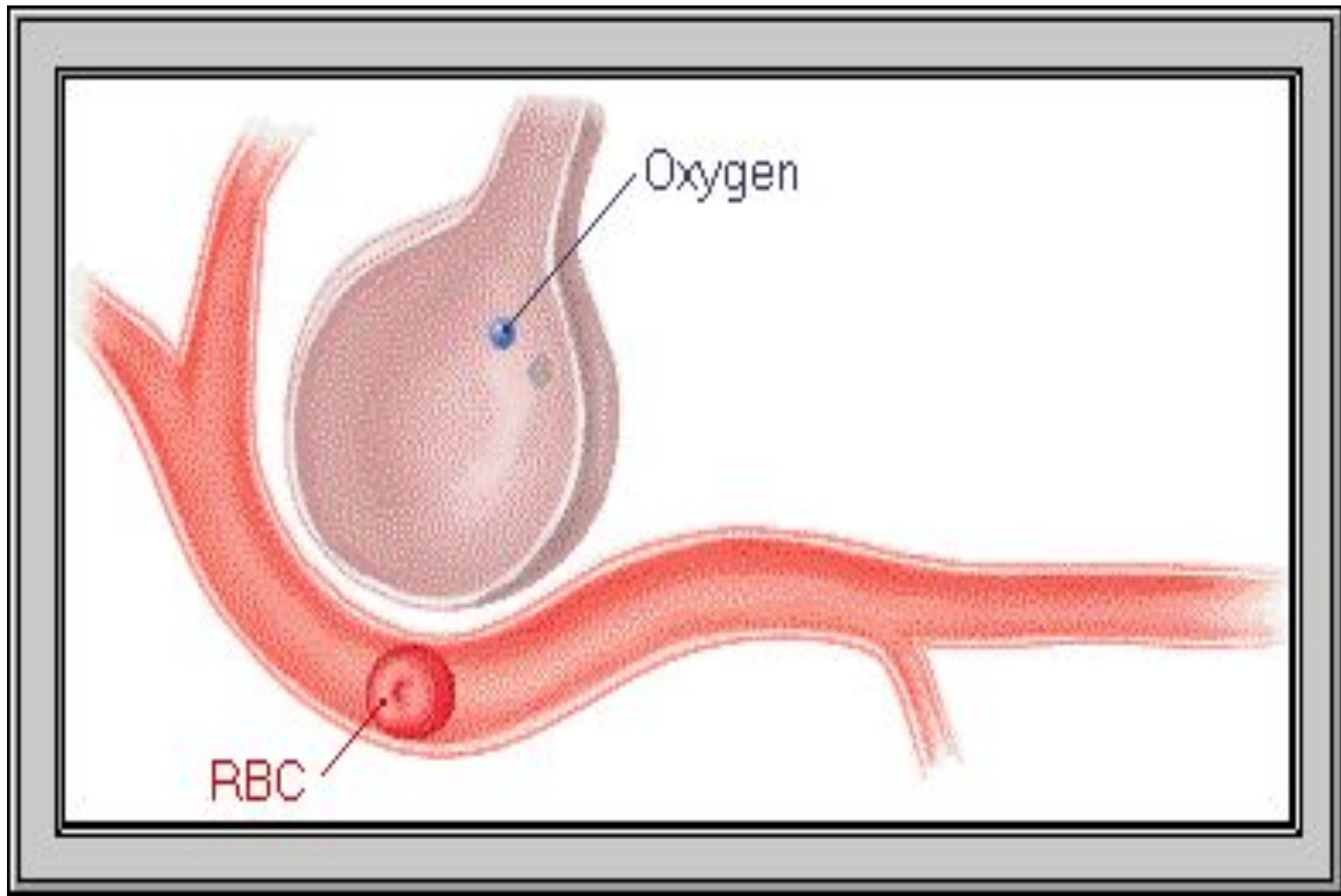


# Трахеобронхиальное дерево

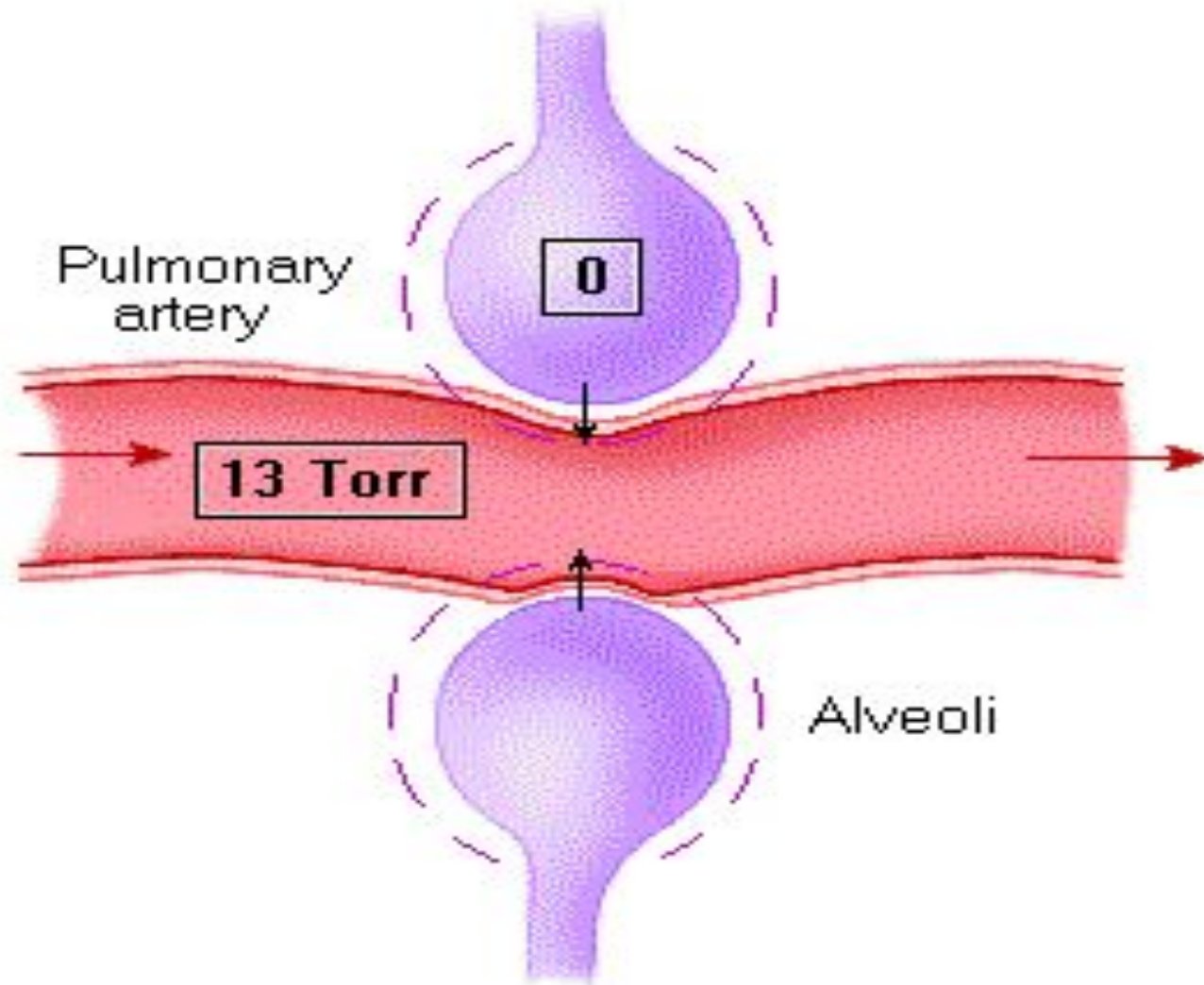


# Бронхи и альвеолы

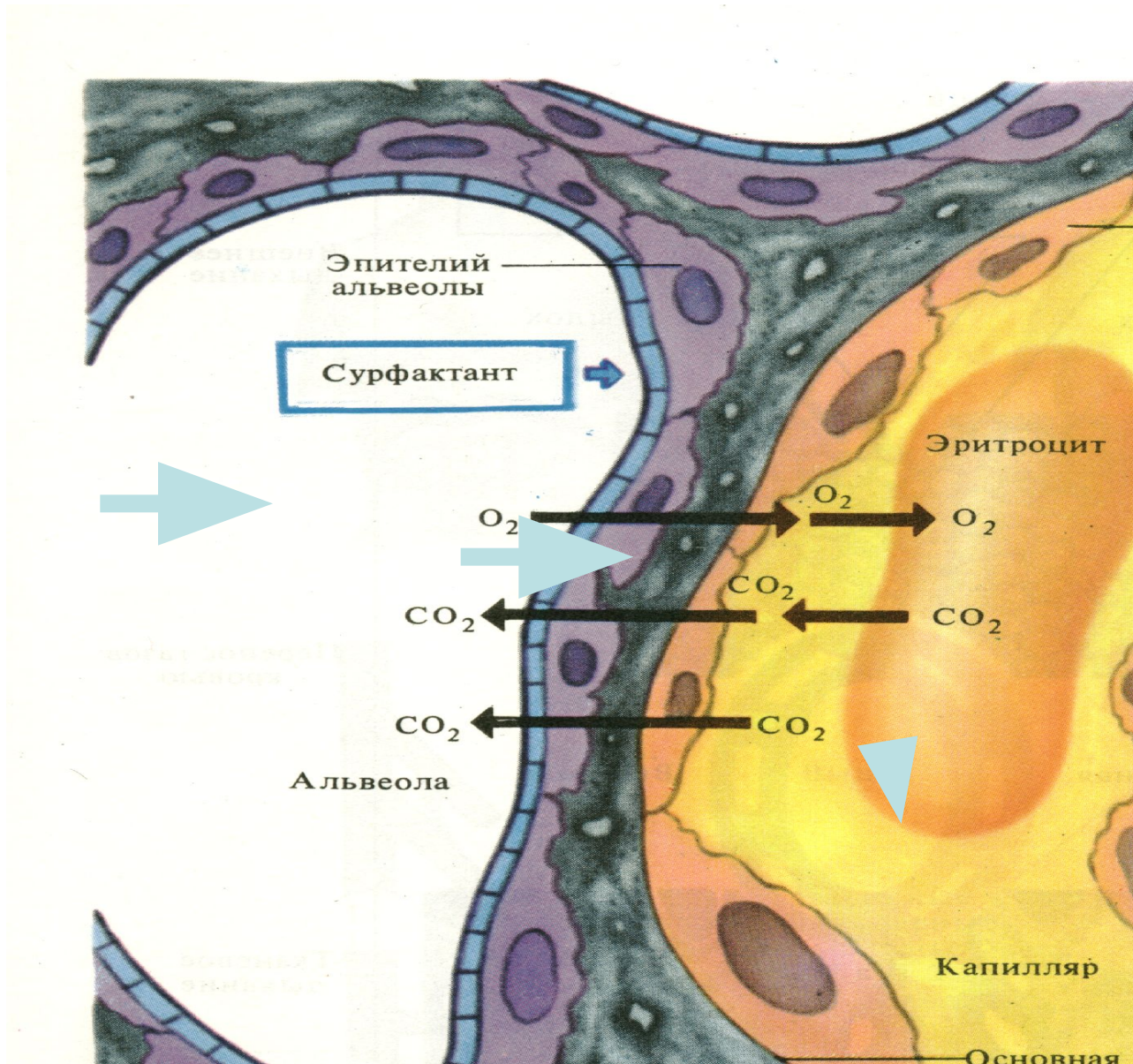








Процесс состоит из нескольких этапов:



## Уравнение Фика

$$F \frac{M}{t} = \frac{\Delta P \cdot S \cdot k}{L \cdot \sqrt{M}} \cdot$$

Согласно этому закону газообмен (M/t) в легких прямо пропорционален градиенту (ΔP) концентрации O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> по обе стороны от альвеолярной мембраны, площади ее поверхности (S), коэффициентам (k) растворимости O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> в биологических средах альвеолярной мембраны и обратно пропорционален толщине альвеолярной мембраны (L), а также молекулярной массе газов (M).

- В уравнении Фика константы диффузии ( $k$ ) пропорциональны растворимости газа в альвеолярной мембране.
- Углекислый газ имеет примерно в 20 раз большую растворимость в альвеолярной мембране, чем кислород.
- Поэтому, несмотря на существенное различие в градиентах парциальных давлений  $O_2$  и  $CO_2$  по обе стороны от альвеолярной мембраны, диффузия этих газов совершается за очень короткий отрезок времени движения эритроцитов крови через легочные капилляры.

# Дыхание

Многоэтапный процесс переноса кислорода из атмосферного воздуха к клеткам организма и углекислого газа от клеток в окружающую среду.

# Дыхательный центр

(1885 год Н.А. Миславский)

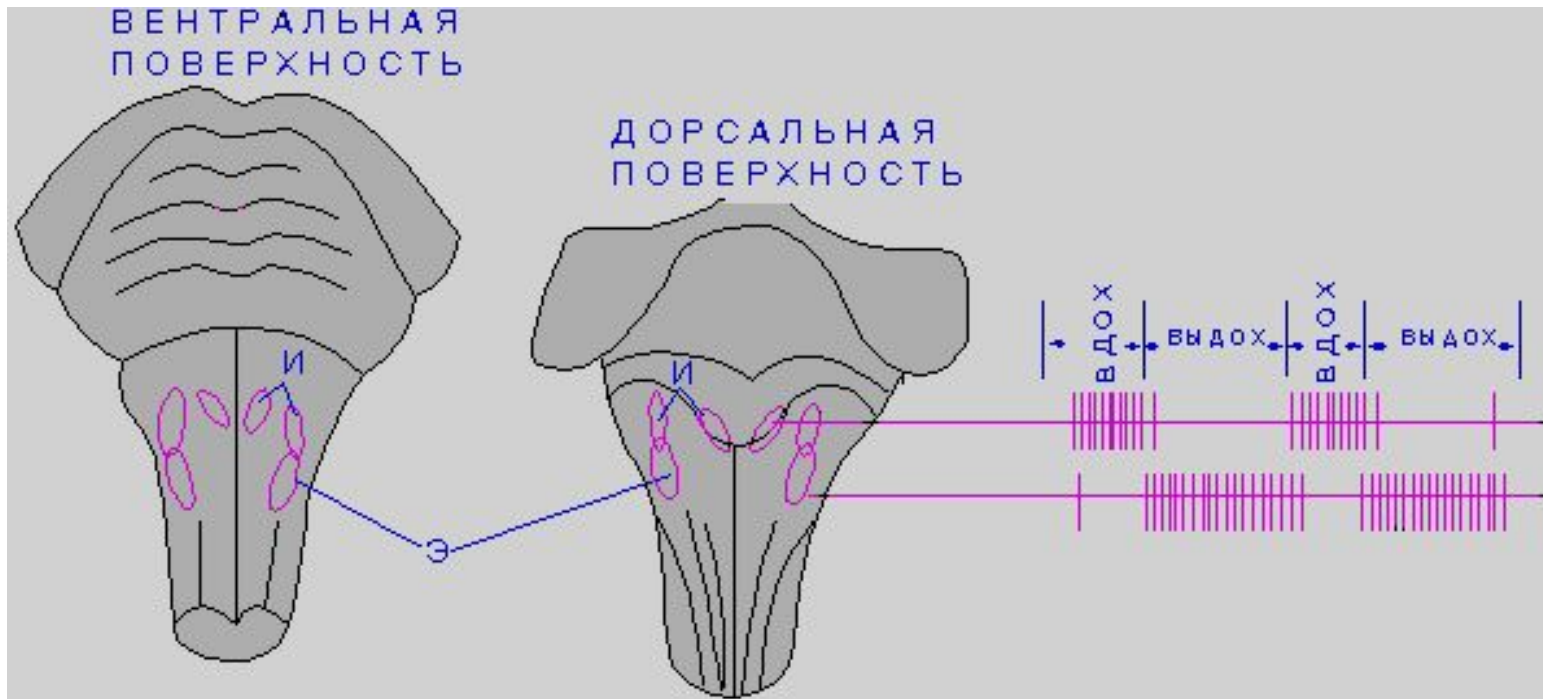
В начале XIX века было показано, что в продолговатом мозге на дне IV желудочка расположены структуры, разрушение которых уколom иглы ведет к прекращению дыхания и гибели организма.

Этот небольшой участок мозга в нижнем углу ромбовидной ямки был назван дыхательным центром (ДЦ).

ДЦ осуществляет координированную ритмическую деятельность дыхательных межреберных мышц и диафрагмы.

ДЦ обеспечивает приспособление дыхания к меняющимся условиям окружающей и внутренней среды.

# Дыхательный цикл



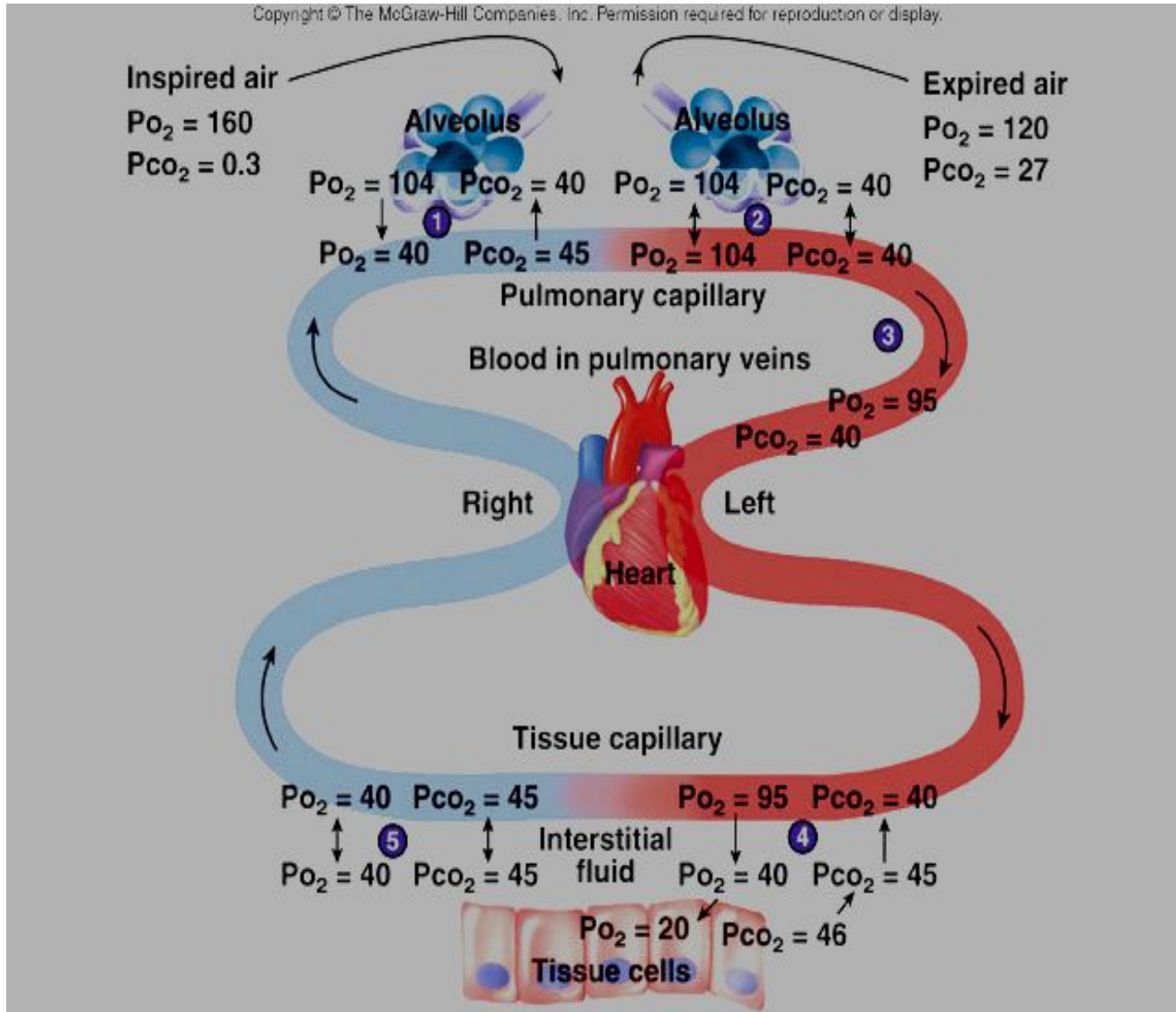
Локализация инспираторных (и)  
и экспираторных (э) центров в продолговатом мозге.  
(Schmidt R.F., Thews G., "Human Physiology", 1983.)

## Этапы переноса газов

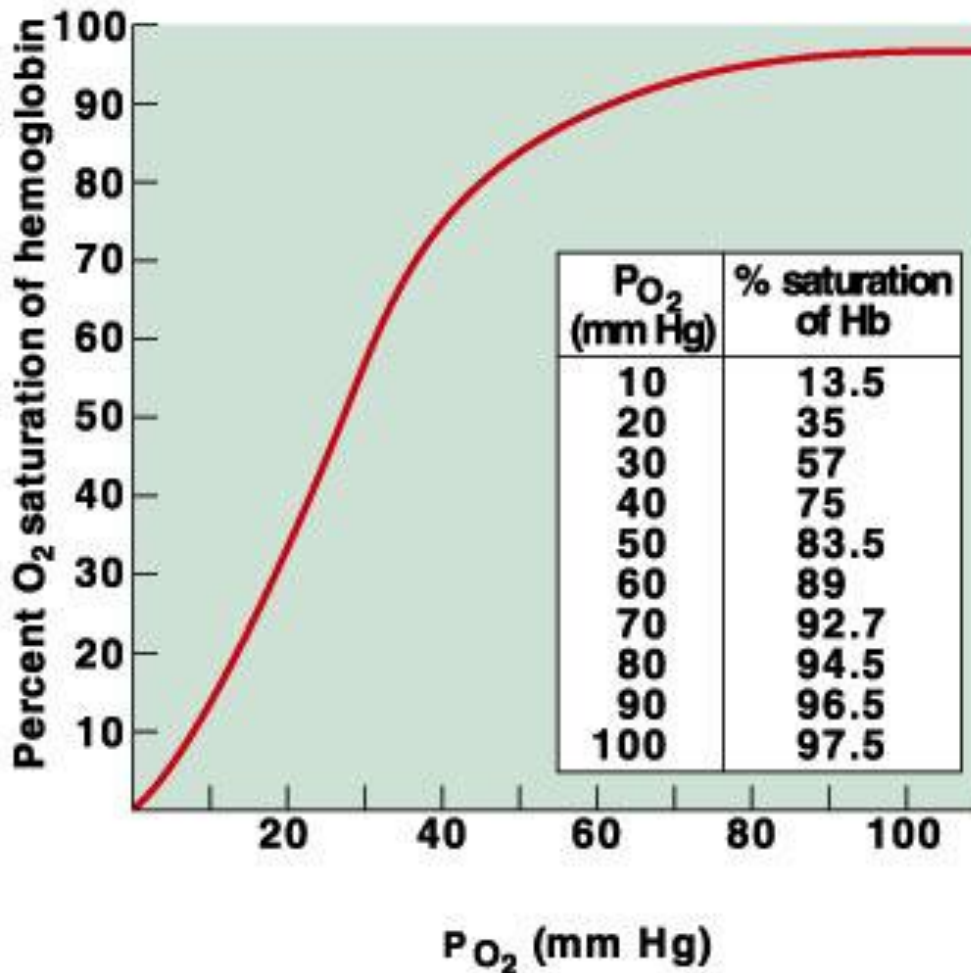
1. **Внешнее дыхание - конвекционный** транспорт воздуха из окружающей среды в альвеолы и обратно.
2. **Диффузия** кислорода из альвеол в кровь легочных капилляров, а углекислого газа из капилляров в альвеолы.
3. Транспорт газов кровью - **конвекционный перенос** кислорода и углекислого газа.
4. **Диффузия** кислорода из капилляров в окружающие ткани и углекислого газа из тканей в капилляры.



# Изменение парциального давления



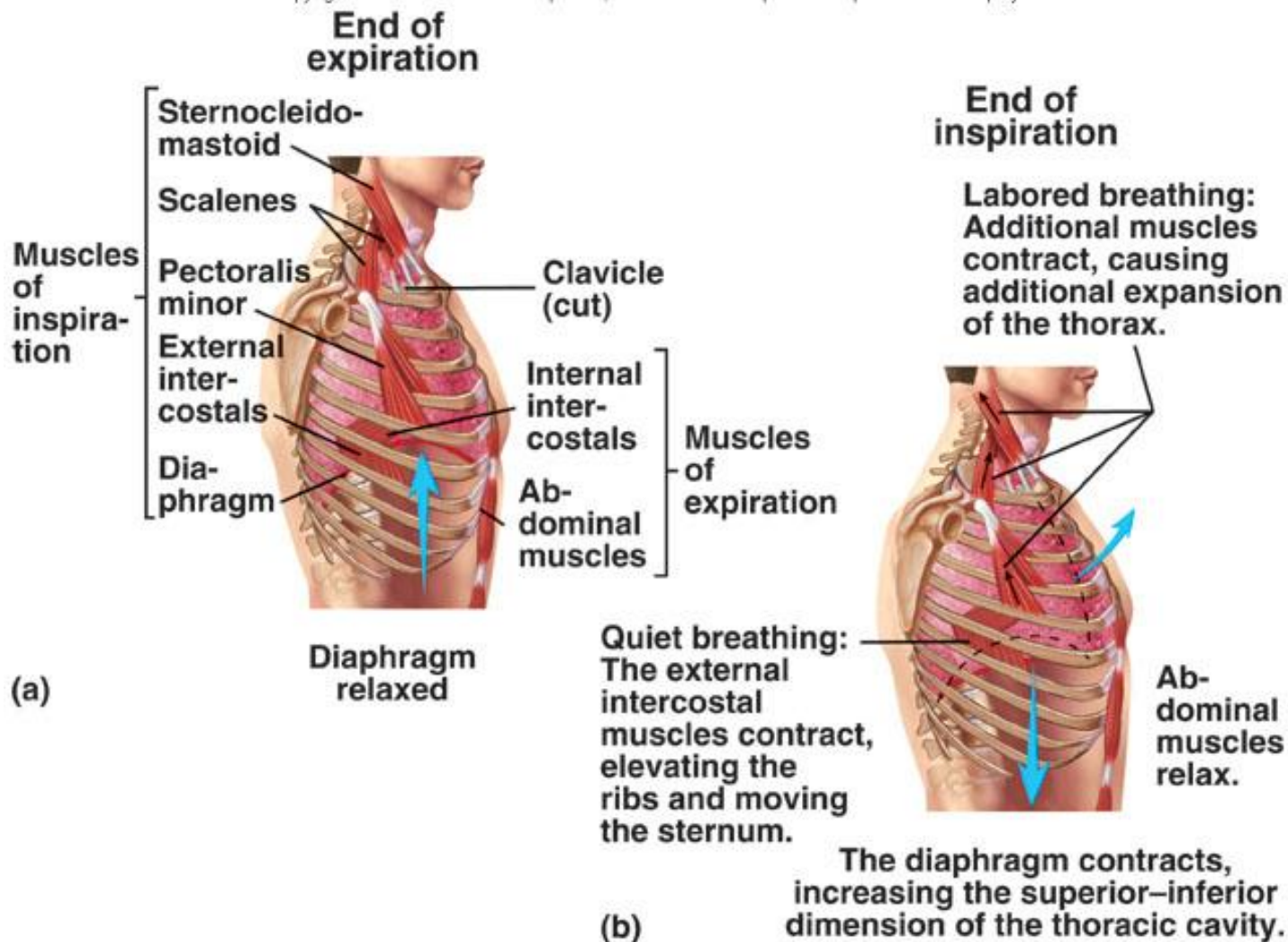
# Кривая диссоциации оксигемоглобина в норме



# Дыхательный акт и вентиляция легких

# Грудная клетка и дыхательные МЫШЦЫ

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# Для нормальной легочной вентиляции необходимо структурное обеспечение

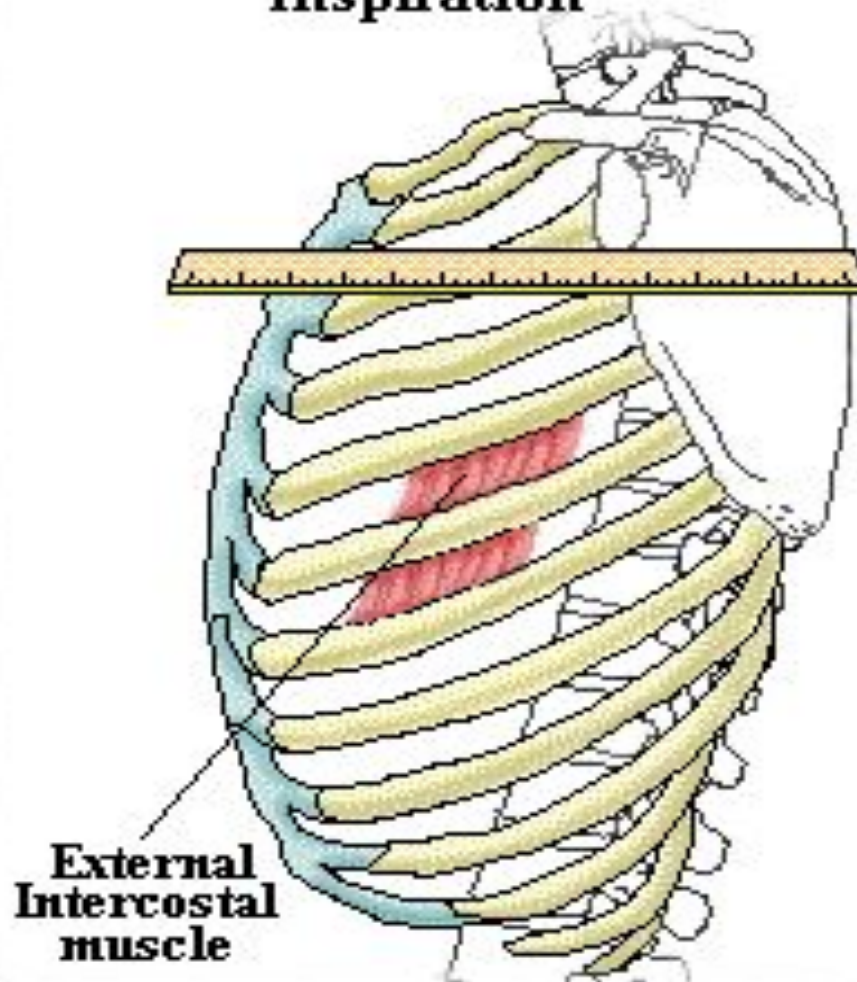
- работа дыхательных мышц для изменения размеров грудной клетки,
- эластичность легочной ткани, которая позволяет ей следовать за изменениями размеров грудной клетки,
- транспульмональное давление, которое поддерживает легкие в расправленном состоянии,
- легочный сурфактант, препятствующий спадению альвеол.

# Внешнее дыхание

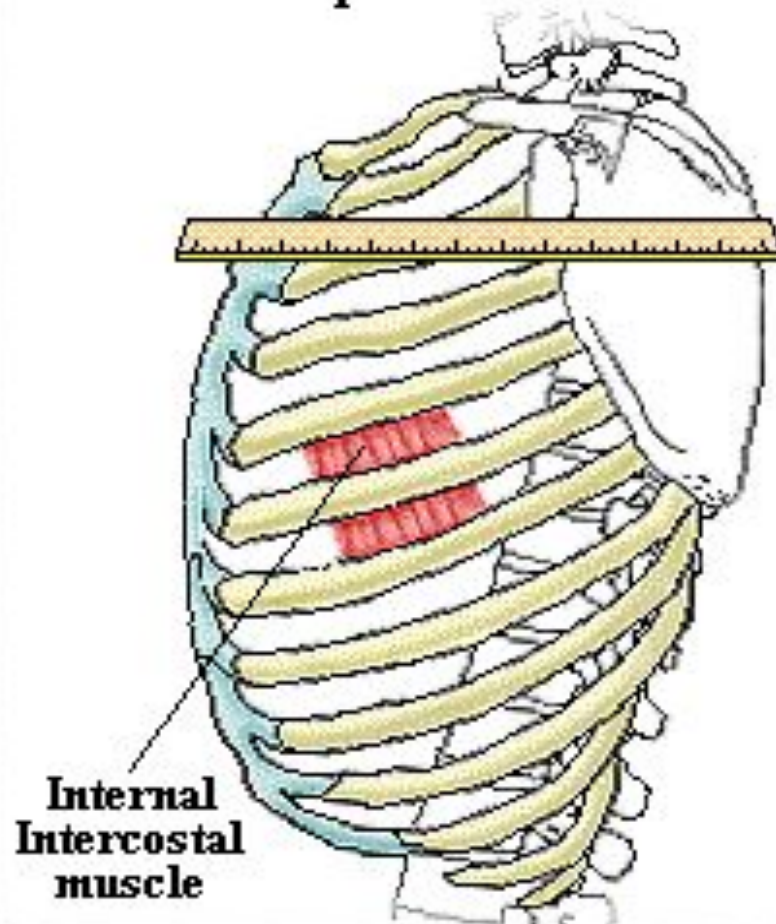
Внешнее дыхание осуществляется благодаря:

1. Активному увеличению объема грудной клетки, обусловленному движением ребер и диафрагмы (вдох).
2. Последующему движением ребер, функции диафрагмы и пассивному уменьшению объема легких(выдох).

## Inspiration



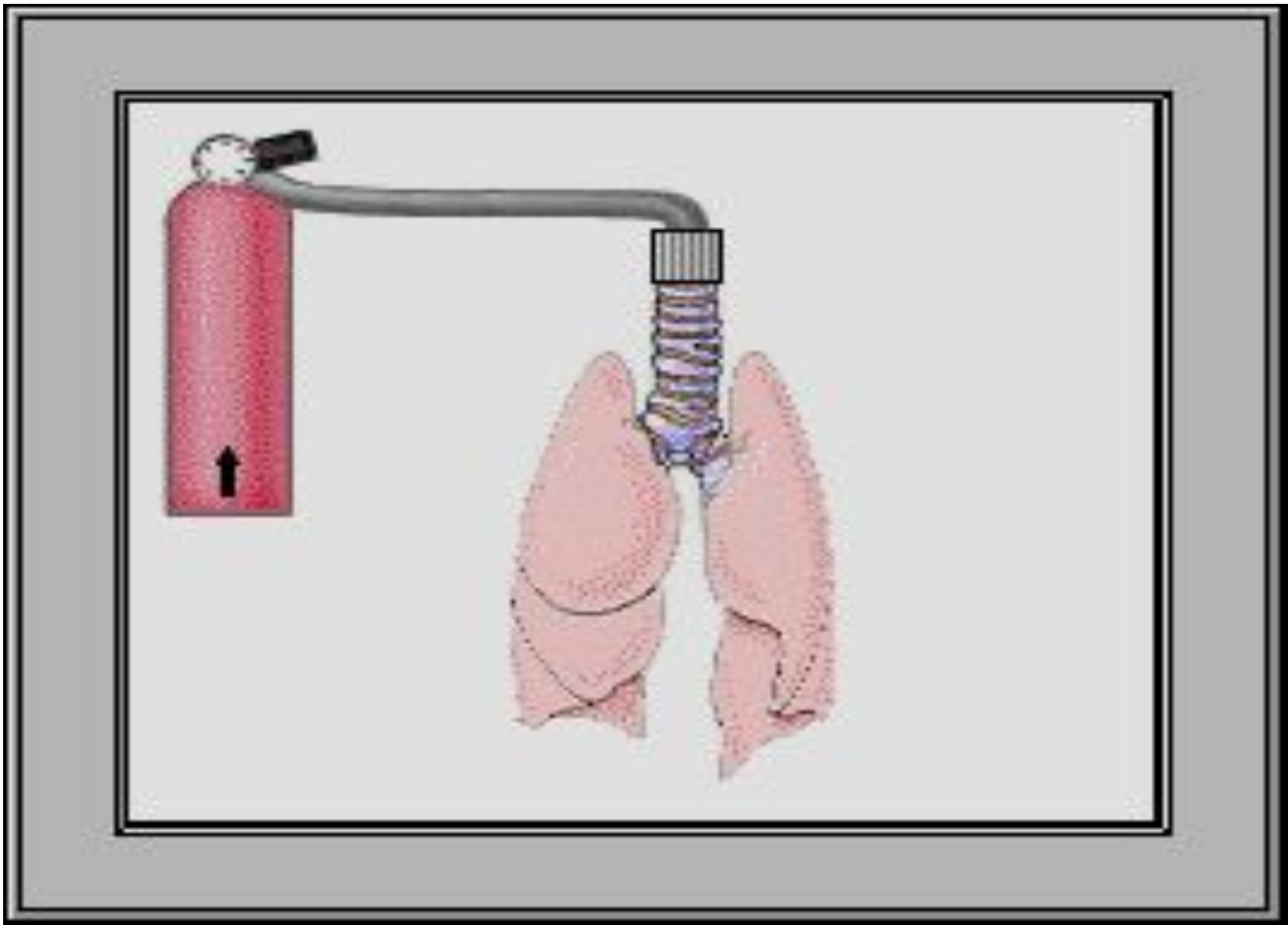
## Expiration



**Internal  
Intercostal  
muscle**

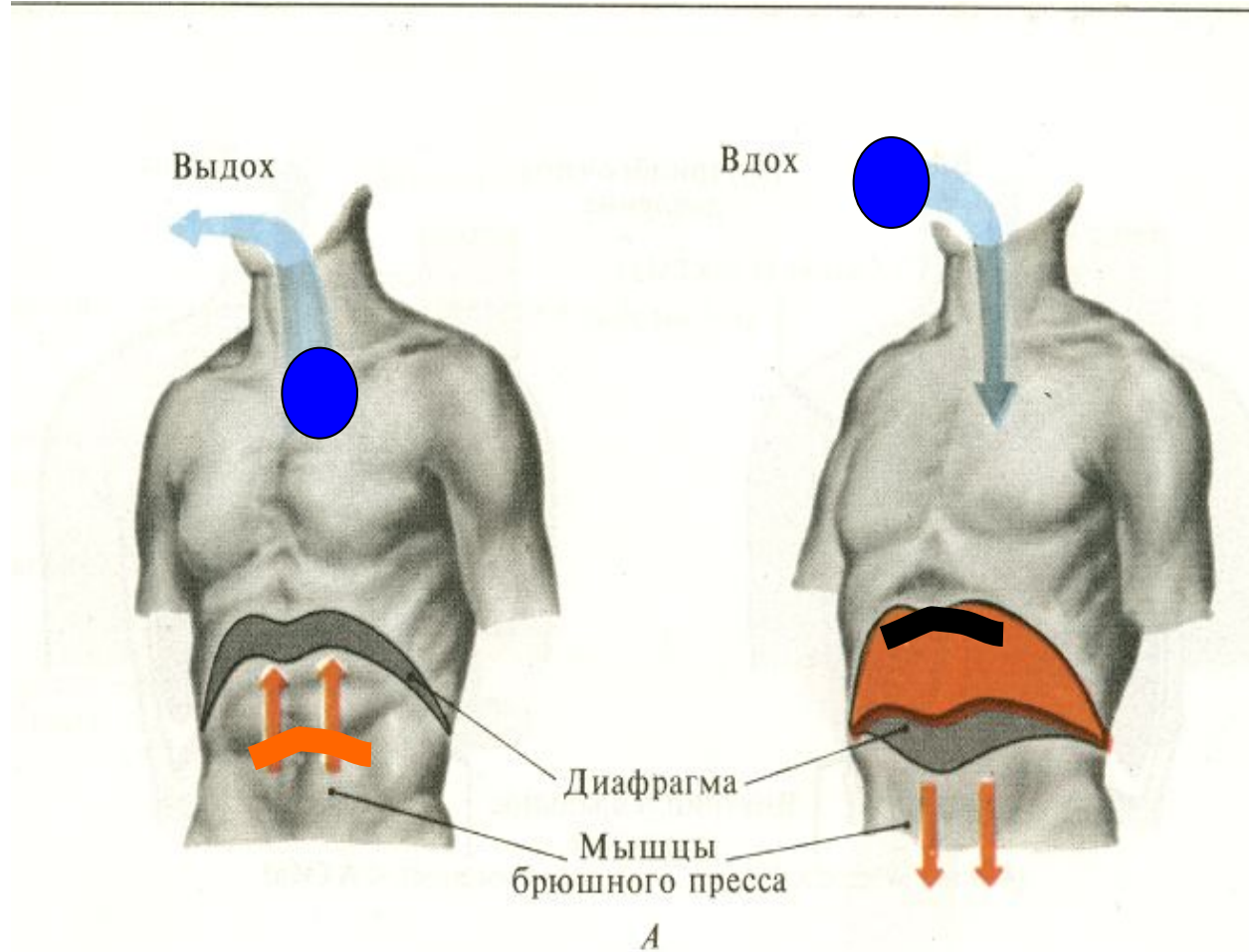


- В процессе своей работы дыхательные мышцы преодолевают определенное сопротивление. Примерно около  $2/3$  его приходится на *эластическое сопротивление тканей легких*.
- Около  $2/3$  эластического сопротивления легких создается за счет поверхностно—активных веществ — *сурфактантов*, тонким слоем выстилающих изнутри альвеолы.
- *Сурфактанты в основном состоят из липопротеинов. Они стабилизируют сферическую форму альвеол, препятствуя их перерастяжению на вдохе и спадению на выдохе.*



# Дыхательные мышцы

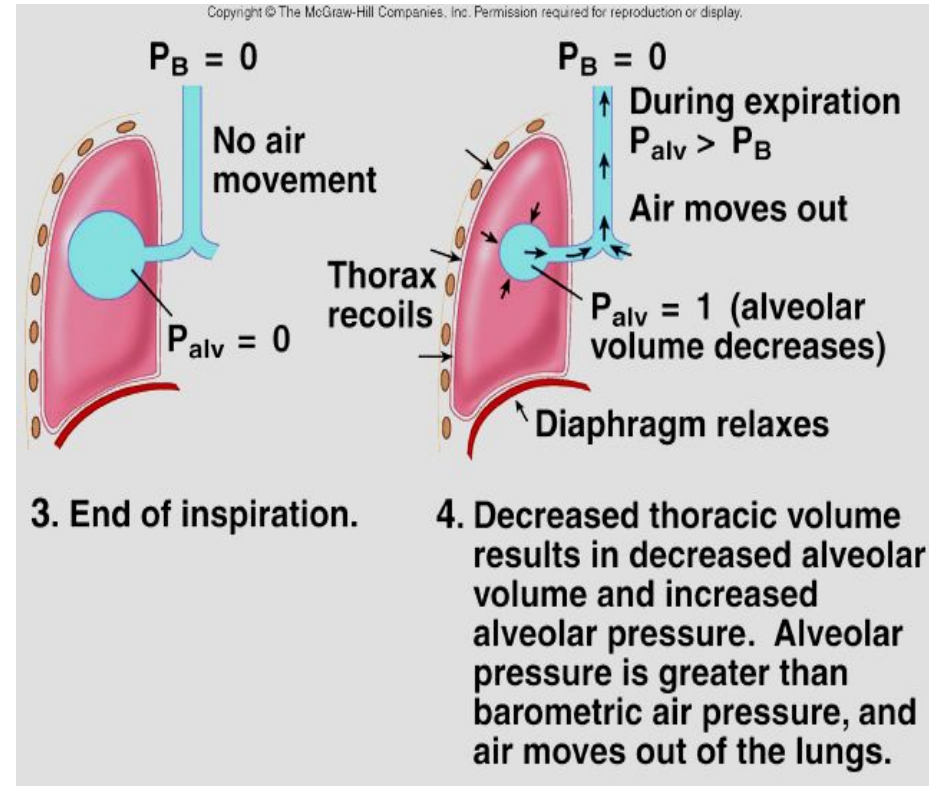
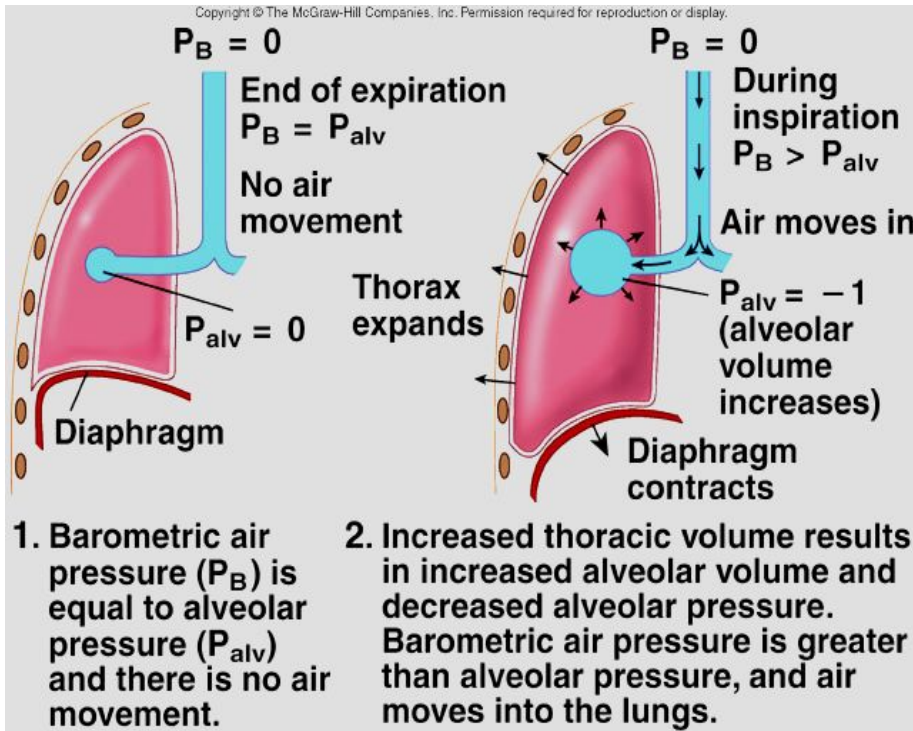
## Диафрагма



# Вспомогательные респираторные мышцы

- К вспомогательным респираторным мышцам относятся мышцы шеи, груди и спины, сокращение которых вызывает перемещение ребер, облегчая действие инспираторов, или экспираторов.
- Эти мышцы «включаются» при интенсивных физических нагрузках, либо патологии (бронхиальная астма, эмфизема легких, сердечно-сосудистая недостаточность).

# Изменение альвеолярного давления



## Внутриплевральное давление

- При спокойном дыхании внутриплевральное давление ниже атмосферного в инспирацию на 6-8 см водн.ст., а в фазу экспирации на 4-5 см водн. ст.
- Иногда исследователи используют миллиметры водяного столба (1 мм рт. ст. = 13,5951 мм вод. ст.).

# Транспульмональное давление

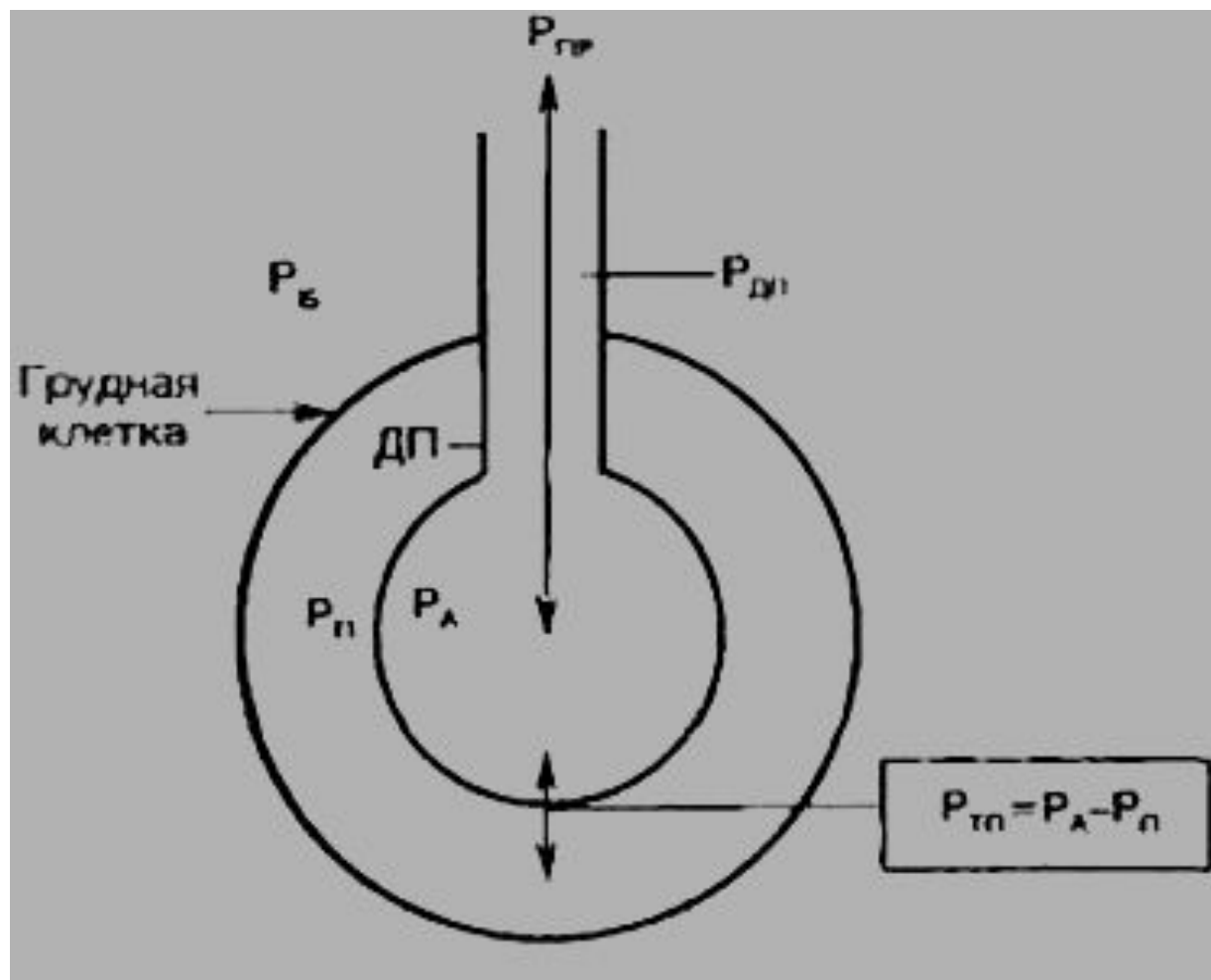
Между внутренней поверхностью альвеол и плевральной полостью существует разность давлений.

Разницу между давлением в альвеолах и давлением в плевральной полости называют транспульмональным давлением.

**$P$  транспульмональное =  
 $P$  альвеолярное -  $P$  плевральное.**

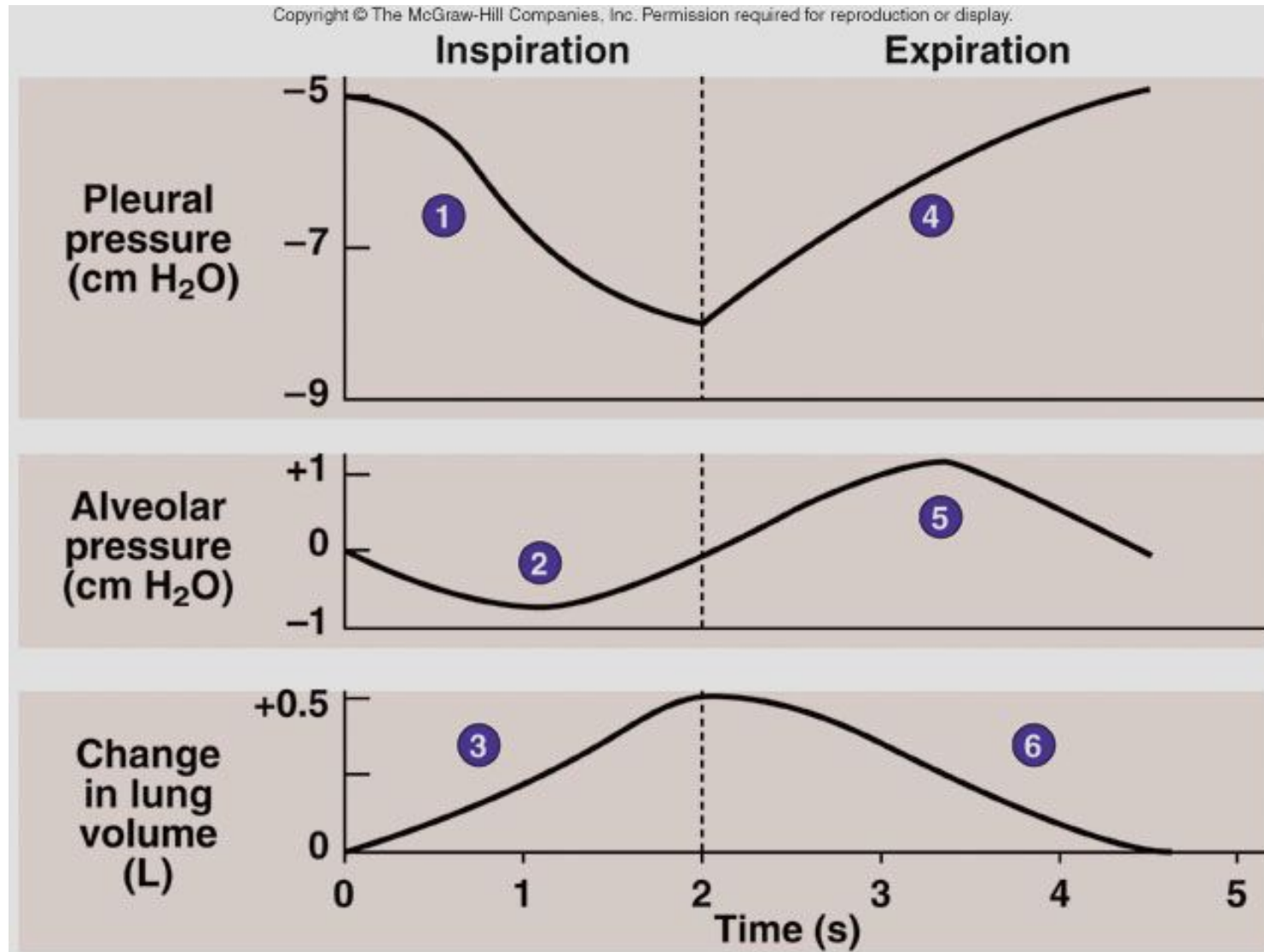
ТПД отражает величину эластической тяги легких

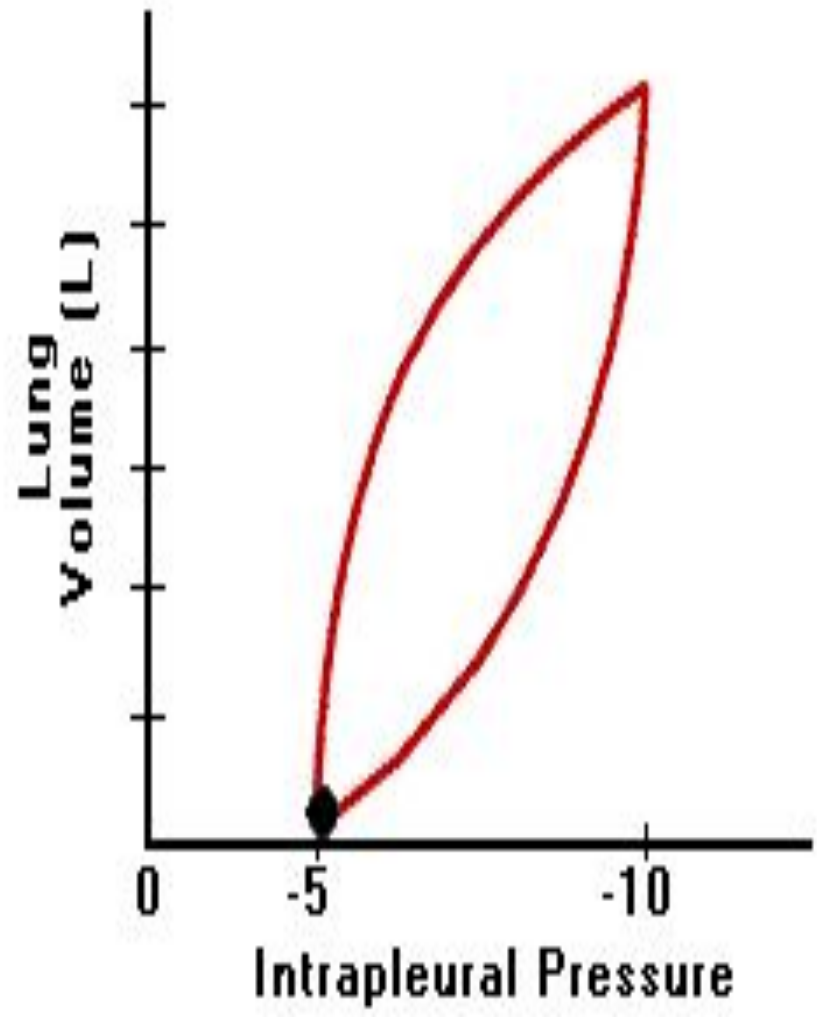
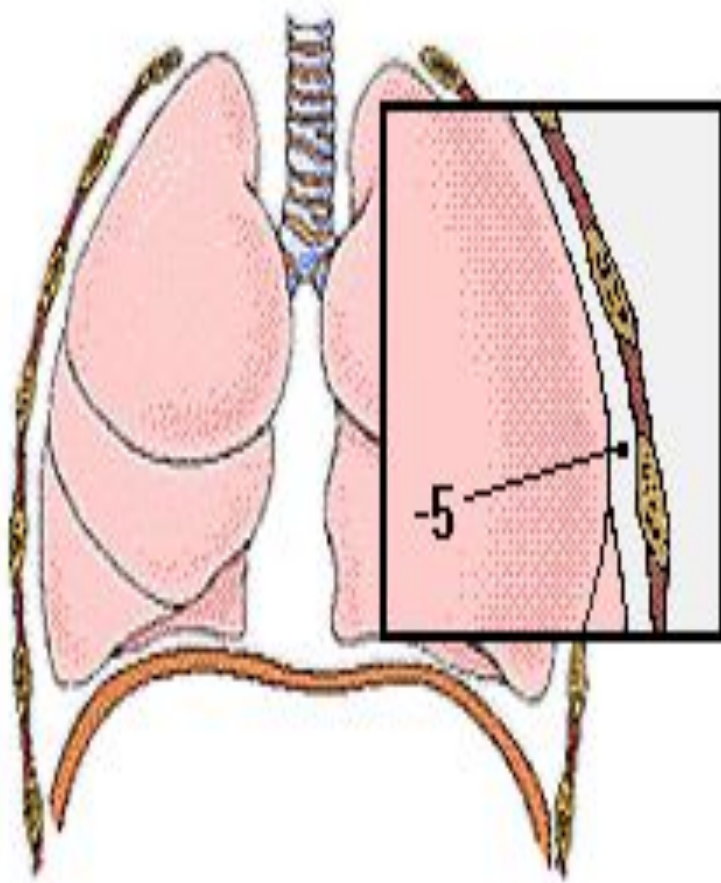
# Транспульмональное давление





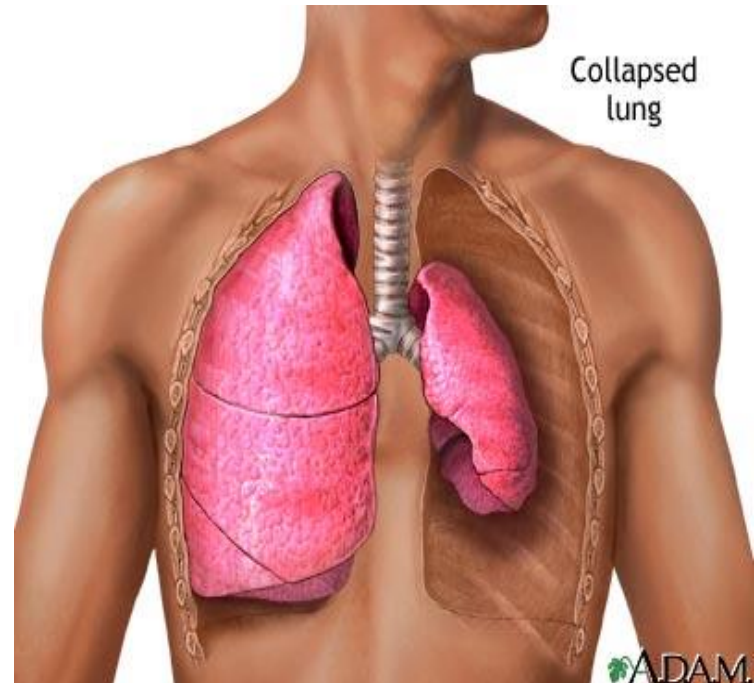
# Нормальный дыхательный цикл





# Пневмоторакс

- Если в плевральную полость войдет воздух, или газ,- наступает **пневмоторакс** при котором легкие , или легкое спадаются, что чревато глубокими нарушениями дыхания.
- Двойной пневмоторакс несовместим с жизнью.



Альвеолярная среда. Постоянство  
альвеолярной среды, физиологическая  
значимость

# Газовый состав альвеолярного воздуха и его значение

Газ	Атмосферный	Альвеолярный	Выдыхаемый
$O_2$	20,85 (160)	13,5 (104)	15,5 (120)
$CO_2$	0.03 (0,2)	5.3 (40)	3.7 (27)
$N_2$	78.62 (596)	74.9 (569)	74.6 (566)
$H_2O$	0.5 (3.8)	6.3 (47)	6.2 (47)
Общий	100 (760)	100 (760)	100 (760)



# Легочные объемы

- Объем воздуха в легких и дыхательных путях зависит от следующих показателей:
  1. Антропометрических индивидуальных характеристик человека и дыхательной системы.
  2. Свойств легочной ткани.
  3. Поверхностного натяжения альвеол.
  4. Силы, развиваемой дыхательными мышцами.

# Легочные объемы

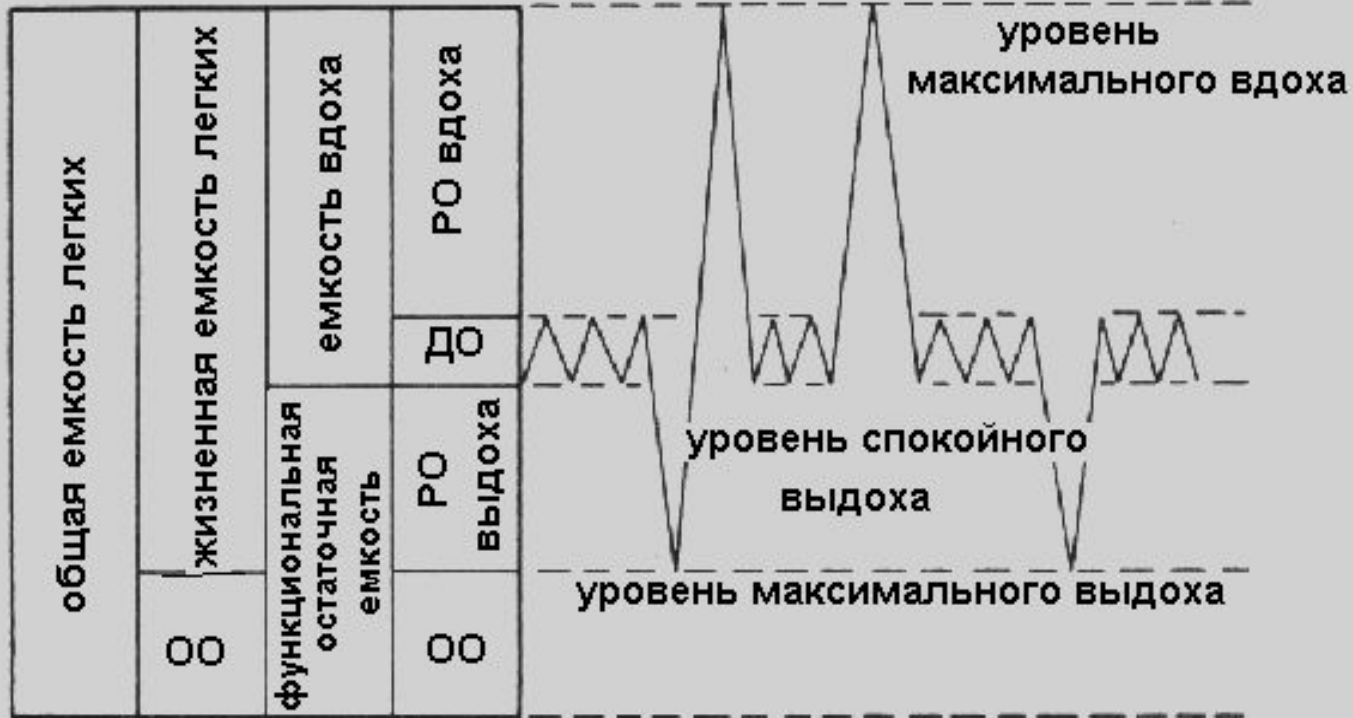
- Легочные объемы подразделяются на статические и динамические.
- Статические легочные объемы измеряют при завершенных дыхательных движениях, без лимитирования их скорости.
- Динамические легочные объемы измеряют при проведении дыхательных движений с ограничением времени на их выполнение. (форсированная скорость вдоха, выдоха)



# Функциональная характеристика легких

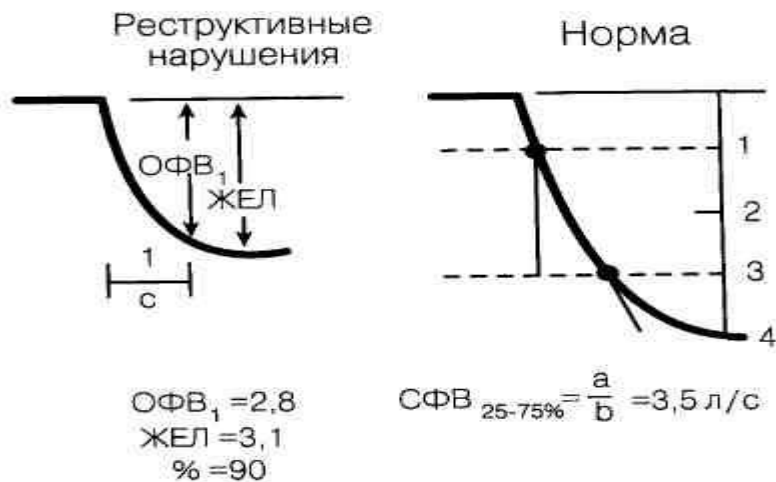
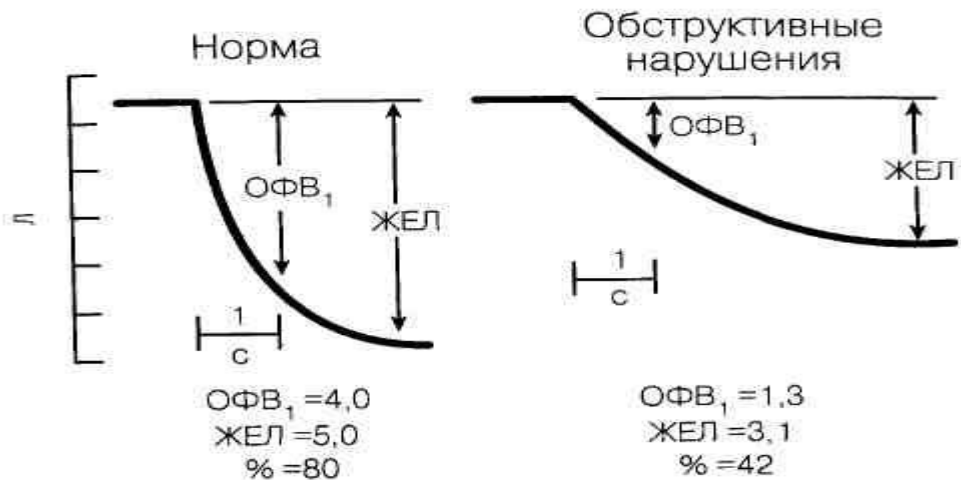
- **Статические легочные объемы, л.**
- Общая емкость- 6
- Жизненная емкость – 4,5
- Функциональная остаточная емкость -2,4
- Остаточный объем – 1,2
- Дыхательный объем- 0,5
- Объем мертвого пространства – 0,15

# Функциональная характеристика легких



ОО - остаточный объем, Д<sub>О</sub> - дыхательный объем,  
Р<sub>О</sub> - резервный объем

# Динамические легочные объемы



Определение объема форсированного выдоха за 1с (ОФВ), жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и средней скорости форсированного выдоха

# Легочная вентиляция

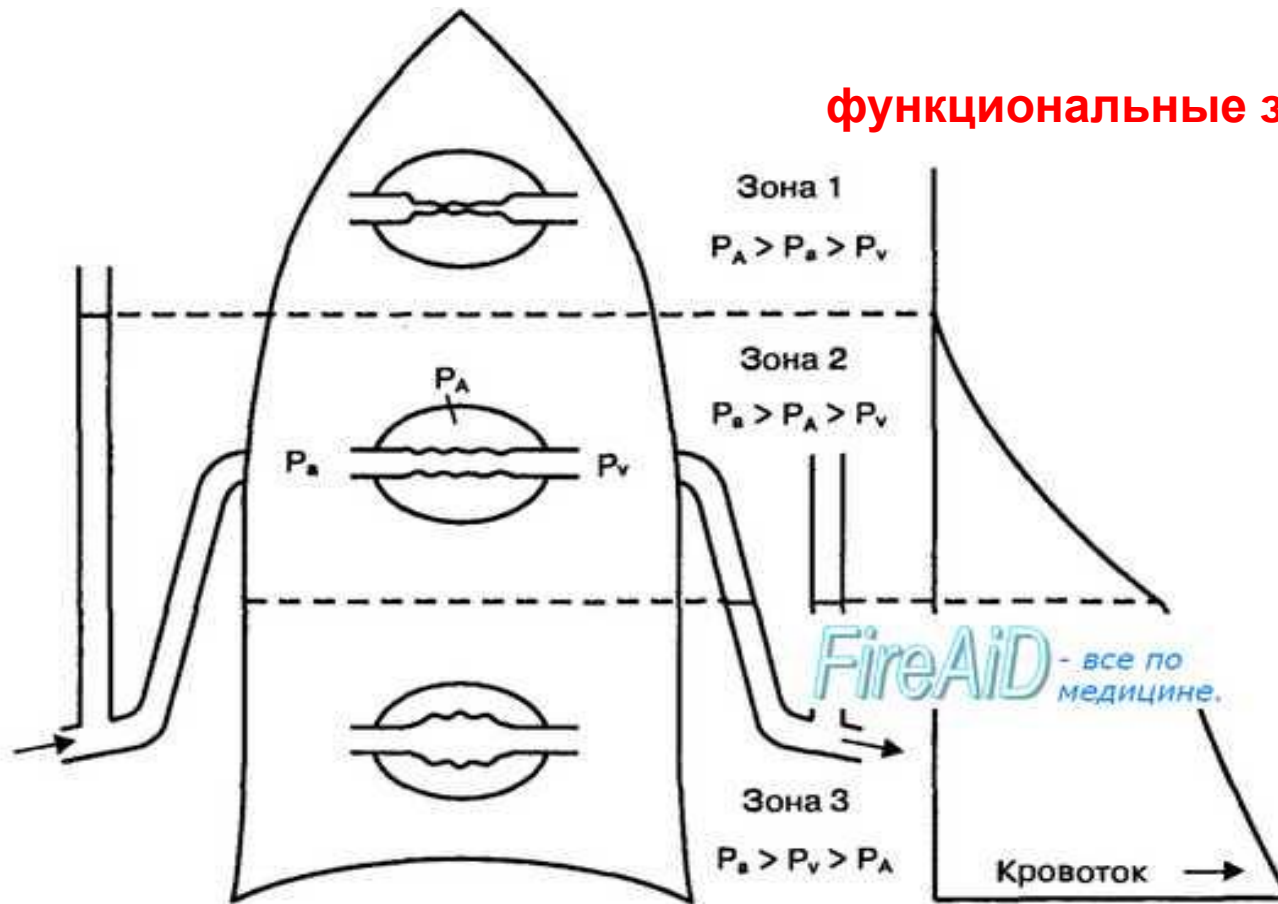
- Легочной вентиляцией называют объем воздуха, вдыхаемого за единицу времени ( минутный объем дыхания)
- $МОД = ДО \times ЧД$
- До-дыхательный объем (500мл)
- Чд-частота дыхания (12-14 мин.)
- $МОД = 7$  л/мин

## Соотношение вентиляции и перфузии легких

- Для нормального процесса обмена газов в легочных альвеолах необходимо, чтобы их вентиляция воздухом находилась в определенном соотношении с перфузией их капилляров кровью.
- Минутному объему дыхания должен соответствовать минутный объем крови.

- В обычных условиях **вентиляционно—перфузионный коэффициент** у человека составляет 0,8—0,9.
- Например, при альвеолярной вентиляции, равной 6 л/мин, минутный объем крови может составить около 7 л/мин.
- **В отдельных областях легких соотношение между вентиляцией и перфузией может быть неравномерным, это либо патология либо предпатология.**

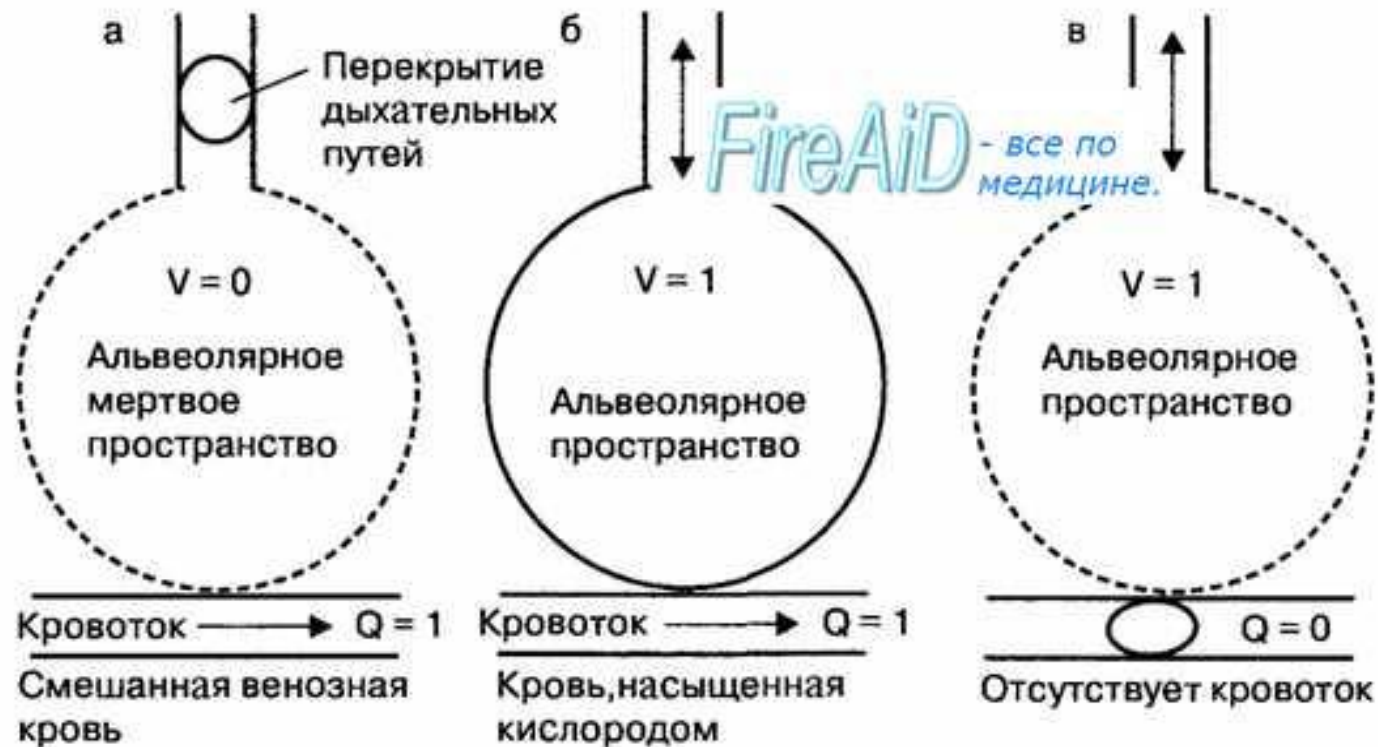
## функциональные зоны Веста



**Модель, связывающая неравномерность распределения легочного кровотока при вертикальном расположении тела человека с величиной давления, действующего на капилляры. В зоне 1 (верхушки легких) альвеолярное давление ( $P_A$ ) превышает давление в артериолах ( $P_a$  и кровоток ограничен. В средней зоне легких (зона 2), где  $P_a > P_A$ , кровоток больше, чем в зоне 1. В основаниях легких (зона 3) кровоток усилен и определяется разностью давления в артериолах ( $P_a$ ) и венолах ( $P_v$ ). В центре схемы легкого — легочные капилляры; 47 вертикальные трубочки по сторонам легкого — манометры.**

# Анатомическое и альвеолярное мертвое пространство





**Соотношение вентиляции и перфузии кровью легких.** При прекращении вентиляции в каком-либо регионе легких увеличивается их функциональное мертвое пространство (а). При этом венозная кровь перфузирует этот отдел легких и, не обогащаясь кислородом, поступает в большой круг кровообращения. Нормальное вентиляционно-перфузионное отношение формируется, когда вентиляция регионов легких соответствует величине их перфузии кровью (б). При отсутствии кровотока в каком-либо регионе легких (в) вентиляция также не обеспечивает нормальное вентиляционно-перфузионное отношение.  $V$  — вентиляция легких,  $Q$  — кровоток в легких.

# Анатомическое мертвое пространство

- Анатомически мертвым пространством называют воздухопроводящую зону легкого, которая **не участвует в газообмене** (верхние дыхательные пути, трахея, бронхи).
- АМП нагревает вдыхаемый атмосферный воздух, задерживает примерно 30% выдыхаемого тепла, воды и частицы пыли.

# Альвеолярное мертвое пространство

- В здоровом легком некоторое количество альвеол частично либо полностью не перфузируются кровью.
- Подобное физиологическое состояние обозначается как **«альвеолярное мертвое пространство»**.

- Сумма объемов анатомического и альвеолярного мертвого пространства называется функциональным мертвым пространством.

# Варианты альвеолярной вентиляции

- **Гипервентиляция**-вымывание  $\text{CO}_2$  из альвеол возмещается поступлением его из тканей, альвеолярное  $\text{Pco}_2$  падает (**гипокапния**).
- **Опасность-остановка дыхательного центра.**
- При недостаточной вентиляции альвеол (**гиповентиляция**) в них накапливается избыток  $\text{CO}_2$  **гиперкапния**.
- **При резком отставании вентиляции от газообмена, снижается  $\text{Po}_2$  (гипоксия).**

- Миллиметр ртутного столба́ (мм рт. ст., mm Hg) — внесистемная единица измерения давления, равная  $\approx 133,322$  Па; иногда называется „торр“ (русское обозначение — торр, международное — Torr) в честь Эванджелиста Торричелли.
- Иногда используются миллиметры водяного столба (1 мм рт. ст. = 13,5951 мм вод. ст.).
- Стандартное атмосферное давление принято равным (точно) 760 мм рт. ст., или 101 325 Па
- **1 мм рт. ст. = 133,322 н/м<sup>2</sup> (Па) = 13,5951 мм вод. ст.**