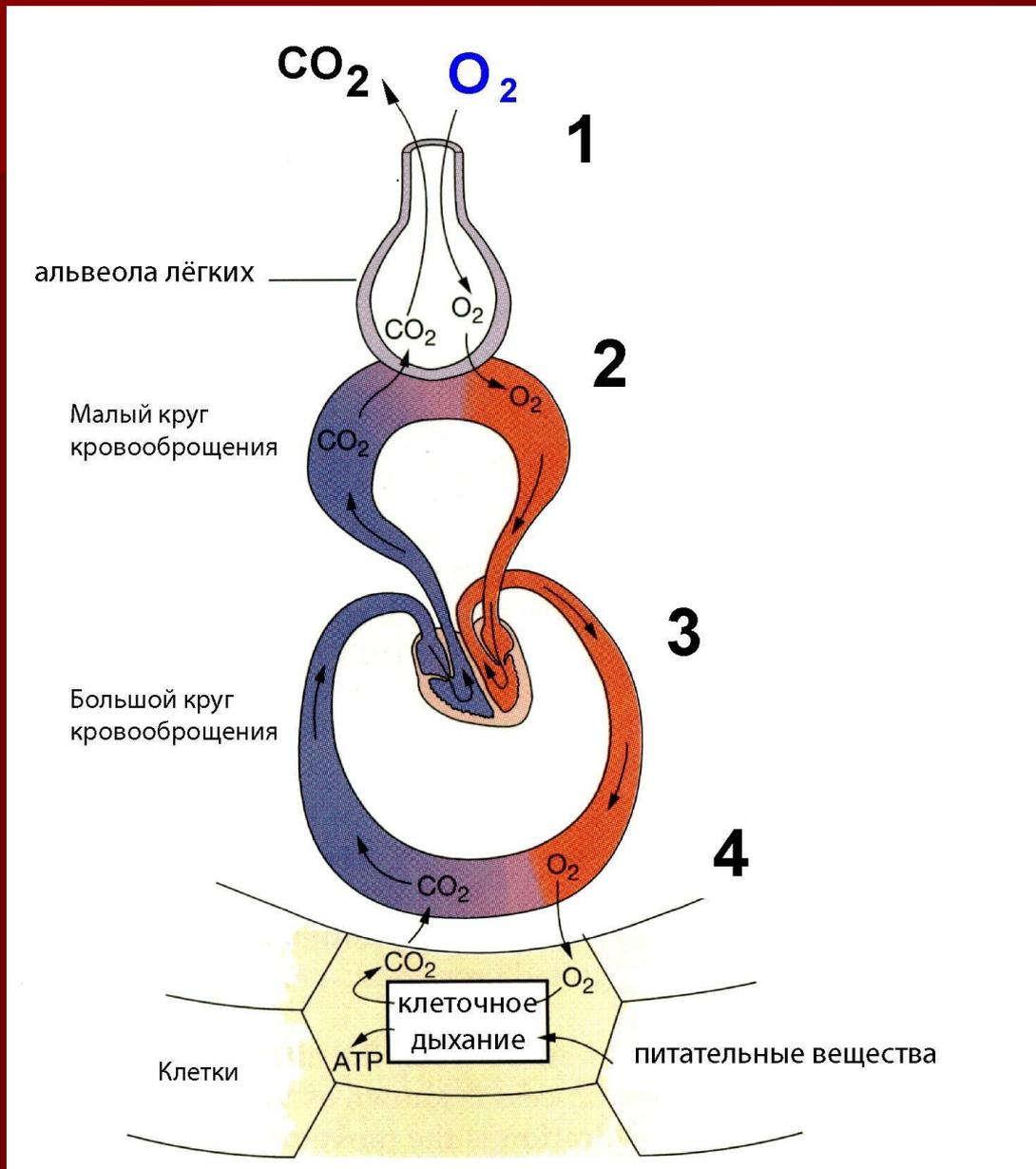


# Физиология дыхания

# Дыхание это

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

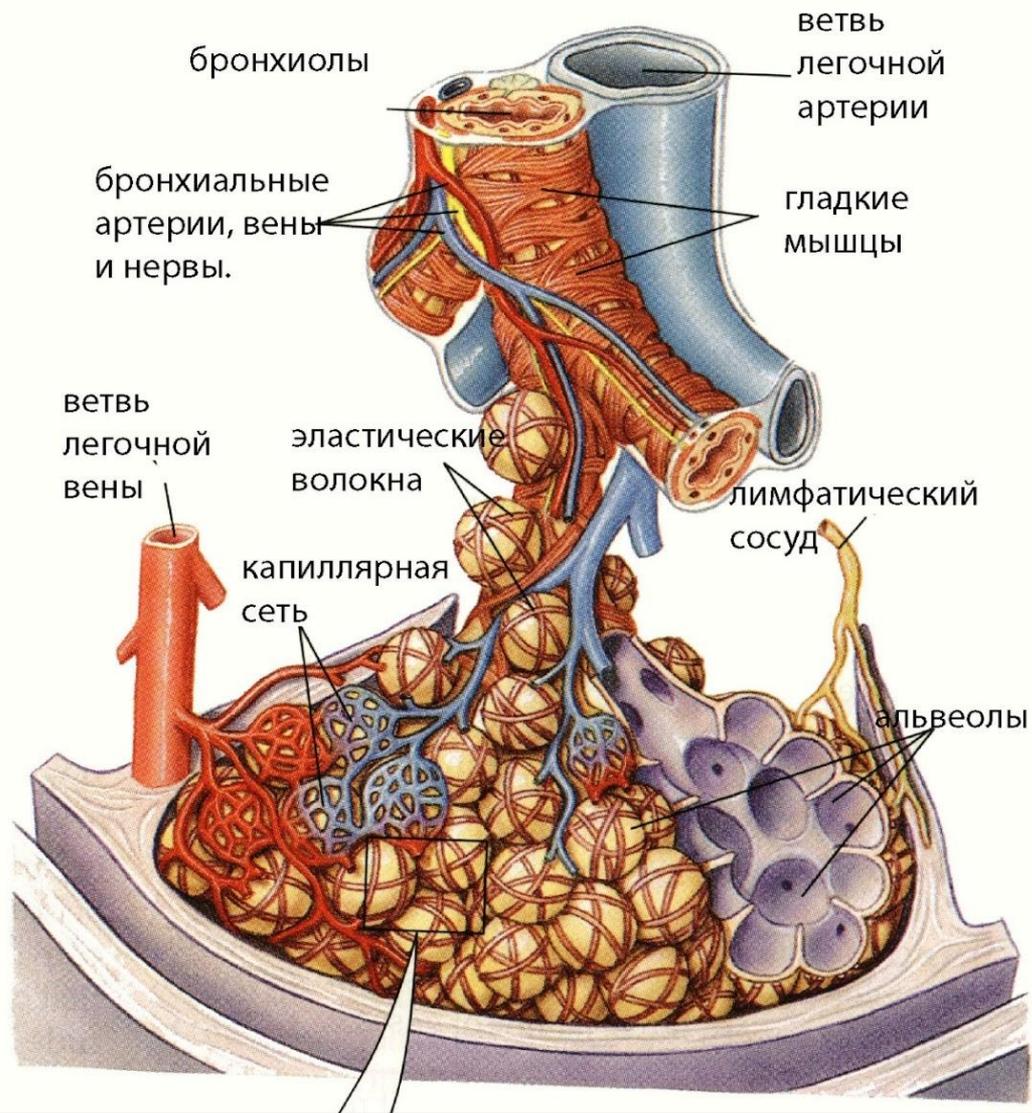
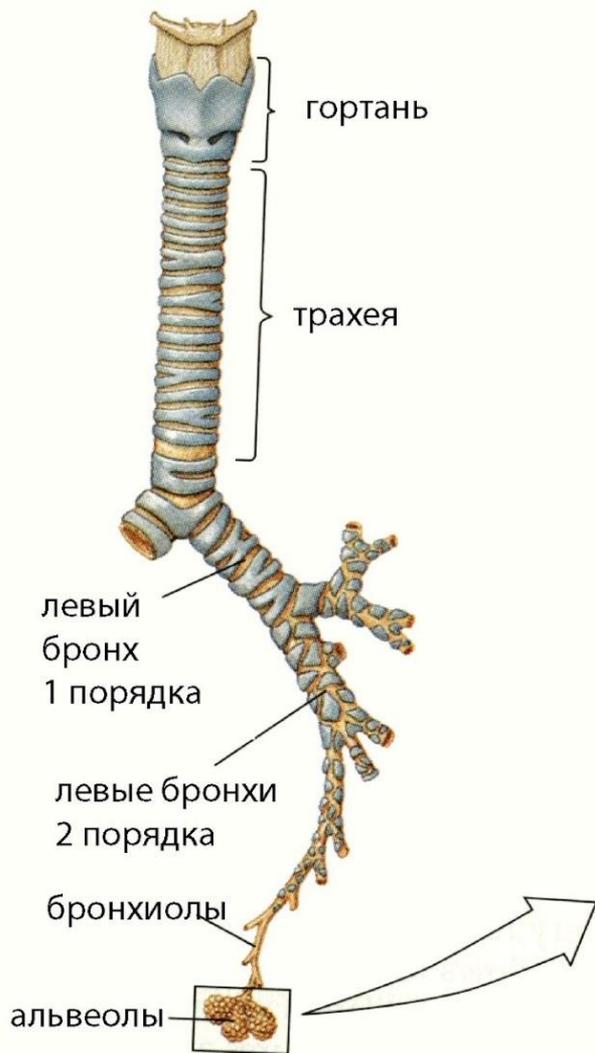
# Процесс состоит из нескольких этапов:



# 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.

# уровни организации системы внешнего дыхания



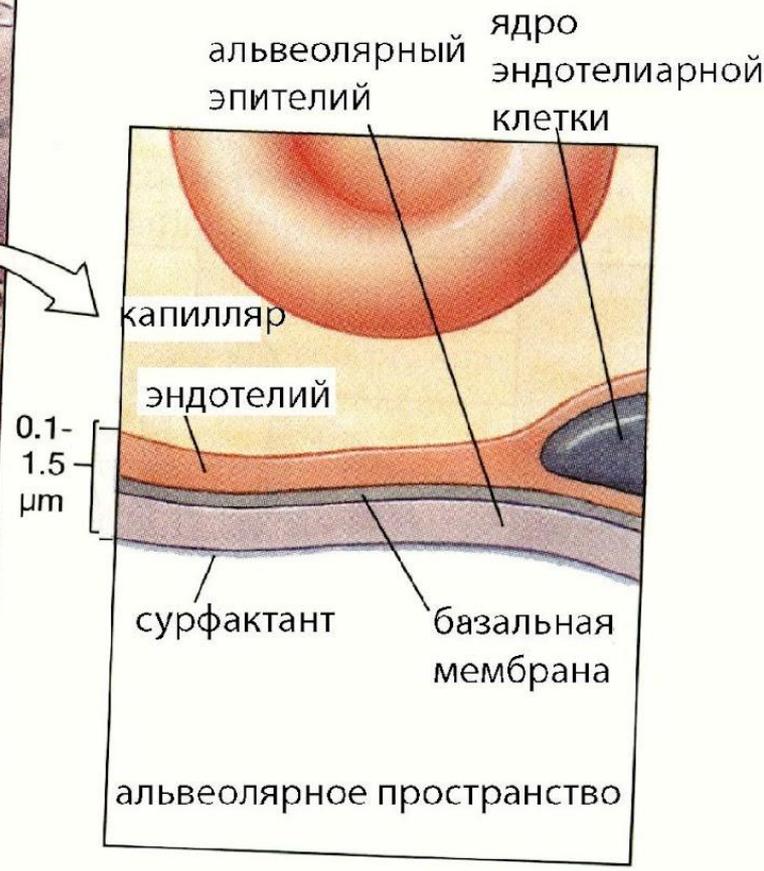
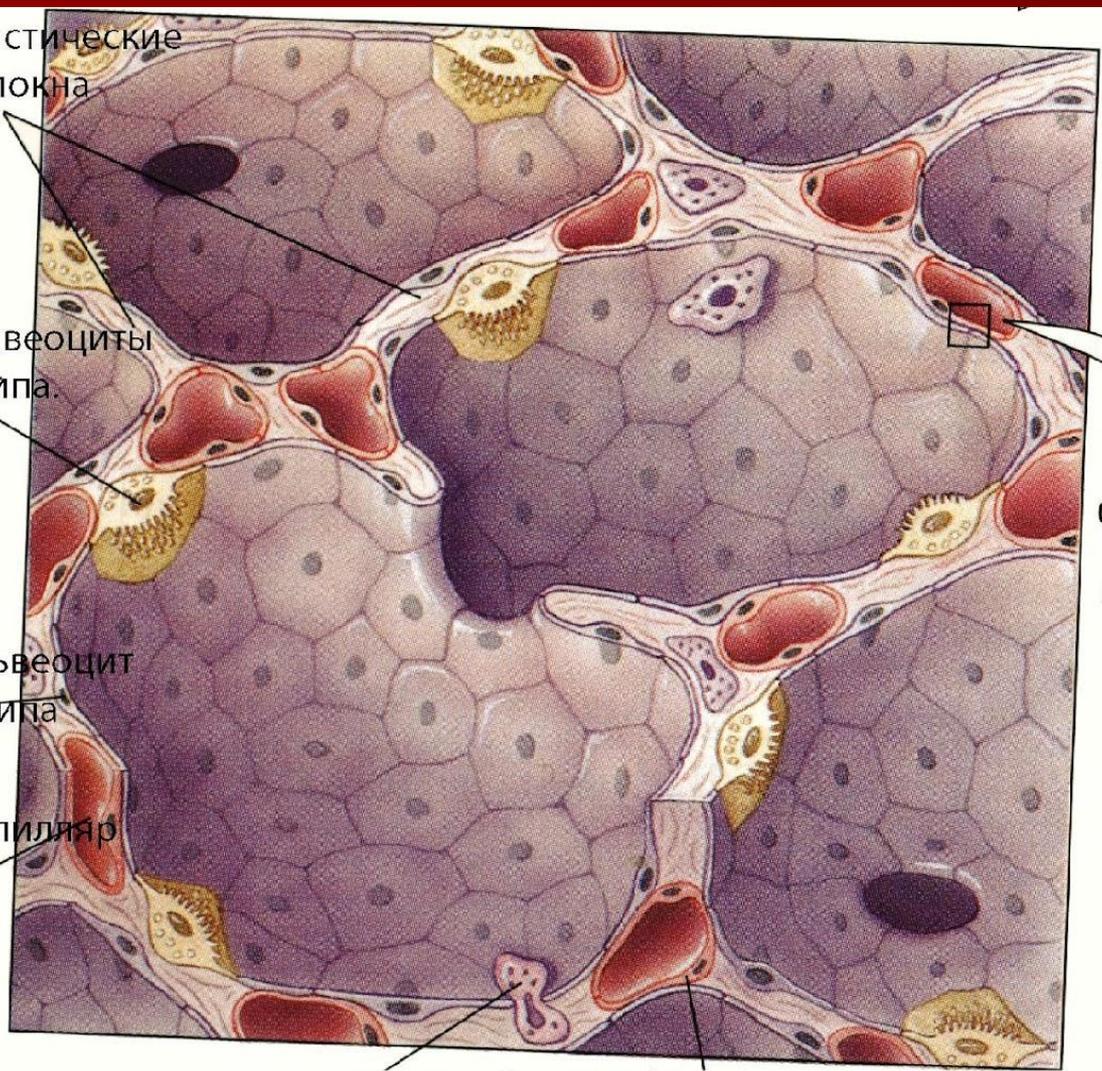
эластические  
волокна

альвеоциты  
2 типа

альвеоцит  
1 типа

капилляр

альвеолярный макрофаг



# Структурные особенности аппарата дыхания 1

**Ацинус – структурно-функциональная единица**

**У взрослого 150 000 объем одного 30- 40 мм<sup>3</sup>,**

**В каждом до 2000 альвеол,**

**Число альвеол в легких 300 миллионов,**

**Суммарная площадь 80 м<sup>2</sup>,**

**Диаметр альвеол 0.2-0.3 мм., каждая альвеола окружена плотной сетью капилляров.**

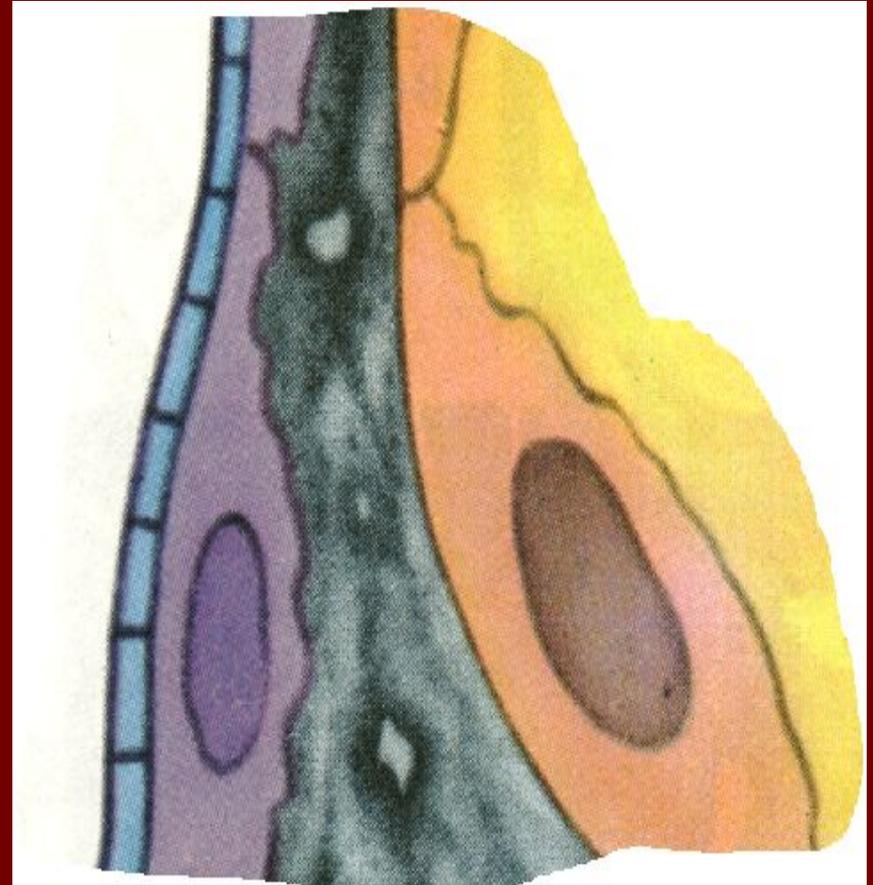
# Структурные особенности аппарата дыхания 2

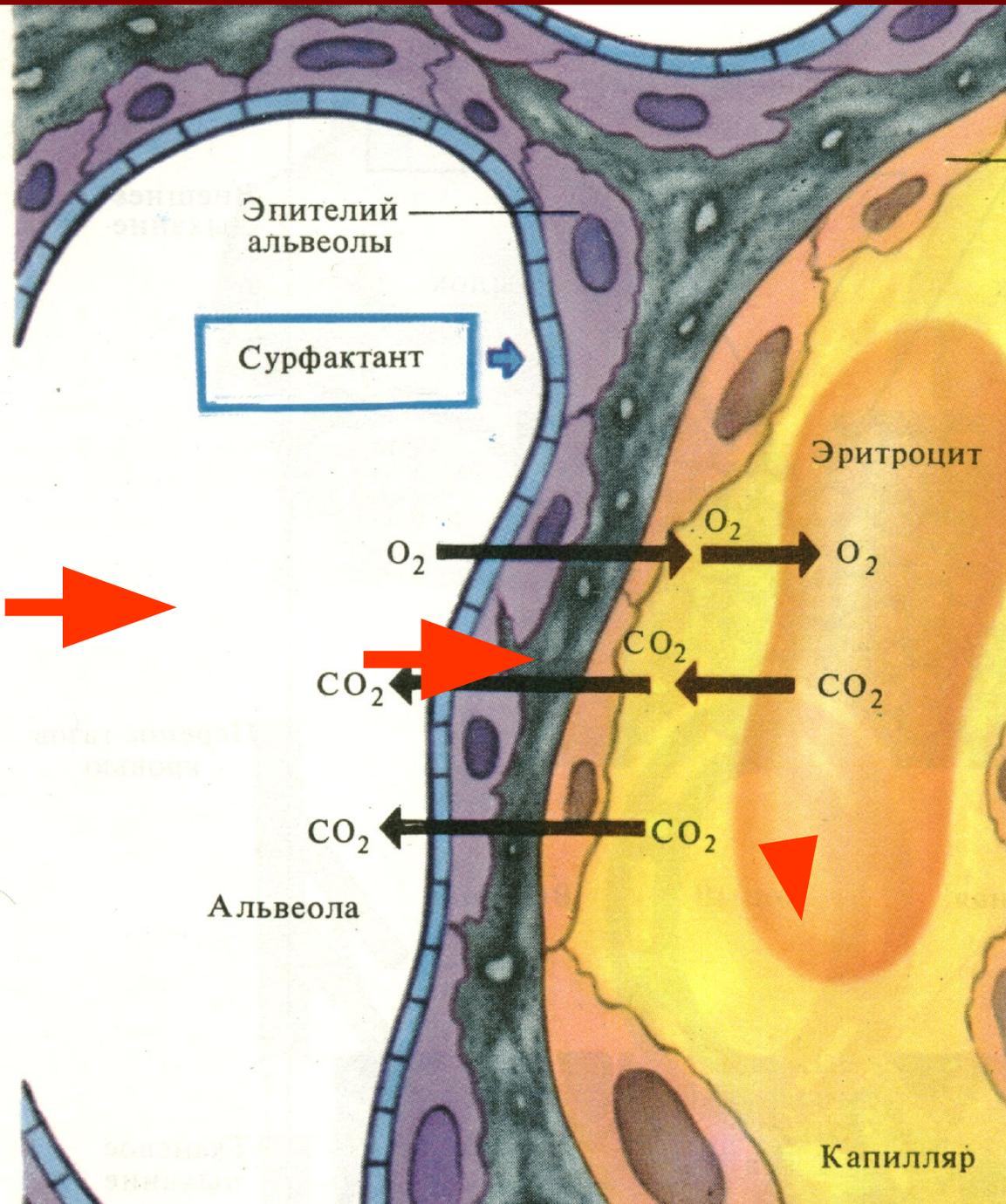
Альвеолярный  
эпителий –

**2** типа альвеолоцитов  
первого и второго  
типа

второго – **3-7%** ,

функции - секреция и  
репродукция





# Структурные особенности аппарата дыхания 3

Основа упругости и эластичности  
легких – соединительная ткань.  
коллаген растягивается на **2%** ,  
эластин на **130%**.

Соотношение в паренхиме легких  
коллаген/эластин

= **2,5/1**, в плевре – **10/1**,

Ретракция

# Структурные особенности аппарата дыхания 4

**Сурфактант** обеспечивает

1. повышение растяжимости легких и уменьшение работы, совершаемой во время вдоха
2. стабильность альвеол, препятствуя их слипанию.

# Кровоснабжение обеспечивает эффективную диффузию

- 1. Капилляры.** 1) малая величина капиллярных сегментов, 2) обильная взаимосвязь, 3) высокая плотность отдельных капиллярных сегментов на единицу площади альвеолярной поверхности,
- 2. Низкая скорость кровотока.**
- 3. Низкое давление в малом круге – 15-20 мм рт. ст.**
- 4. Площадь капилляров до 80 м<sup>2</sup>**  
– Кол-во крови в капиллярах - **200**мл

# Внешнее дыхание

Легочная вентиляция

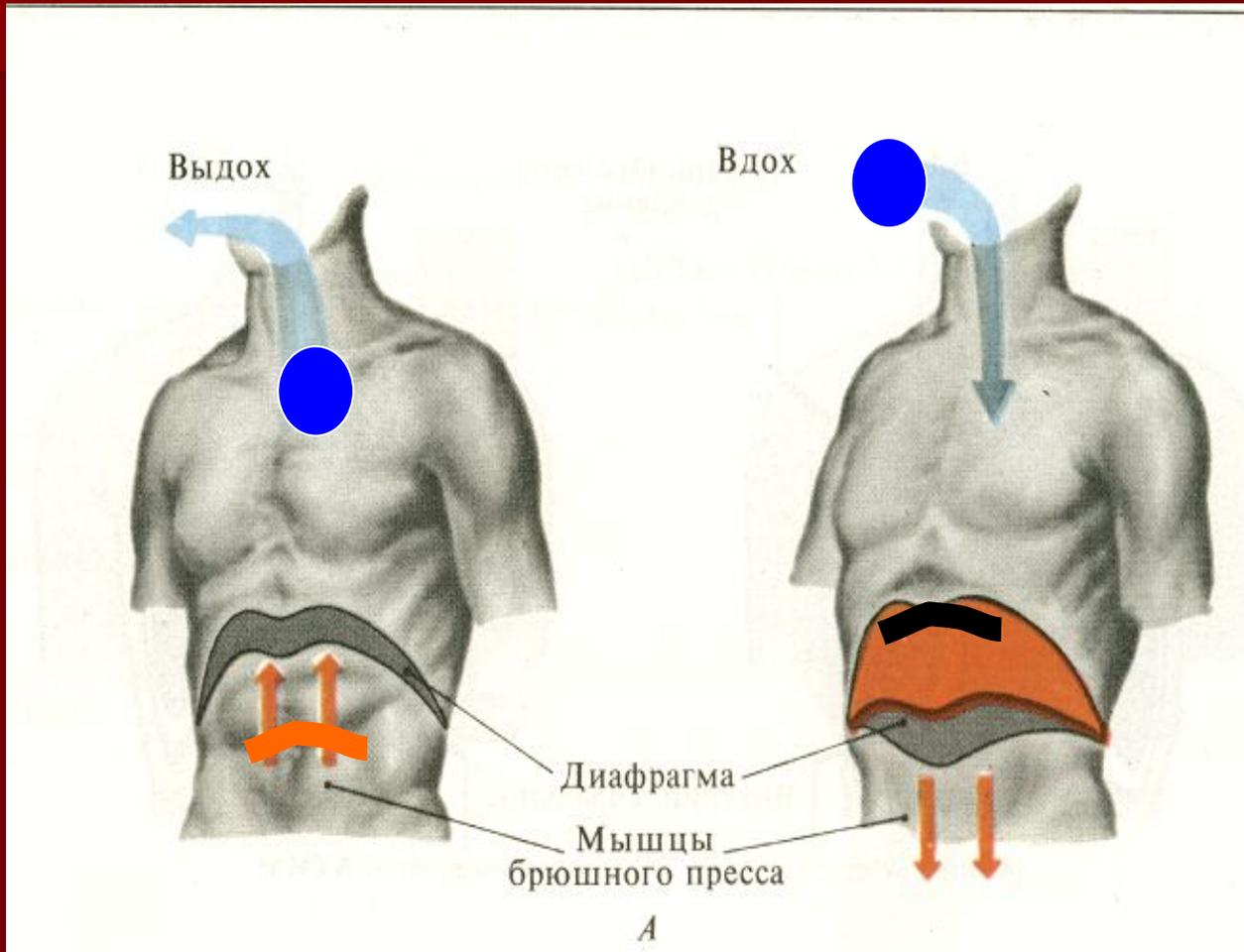
# Внешнее дыхание

осуществляется благодаря:

1. Увеличению объема грудной клетки обусловленному движением ребер и диафрагмы
2. Последующему пассивному уменьшению объема легких.

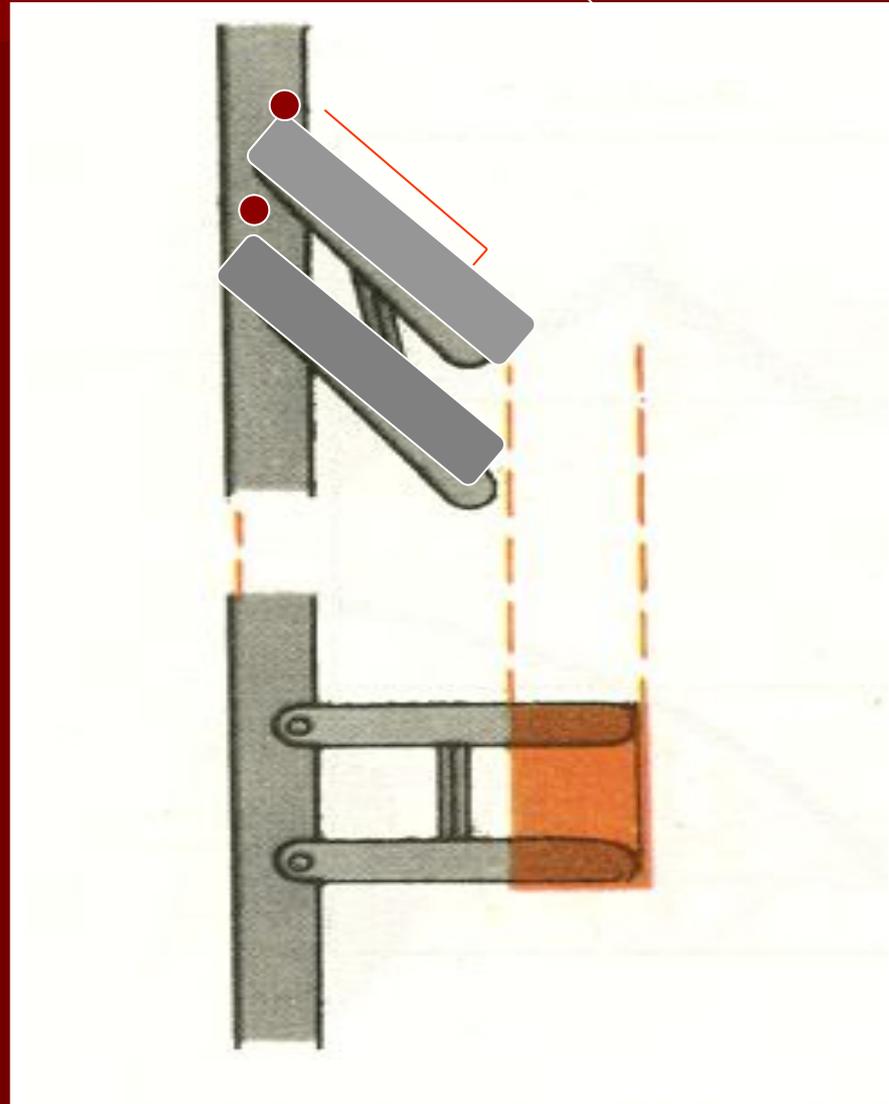
# Дыхательные мышцы

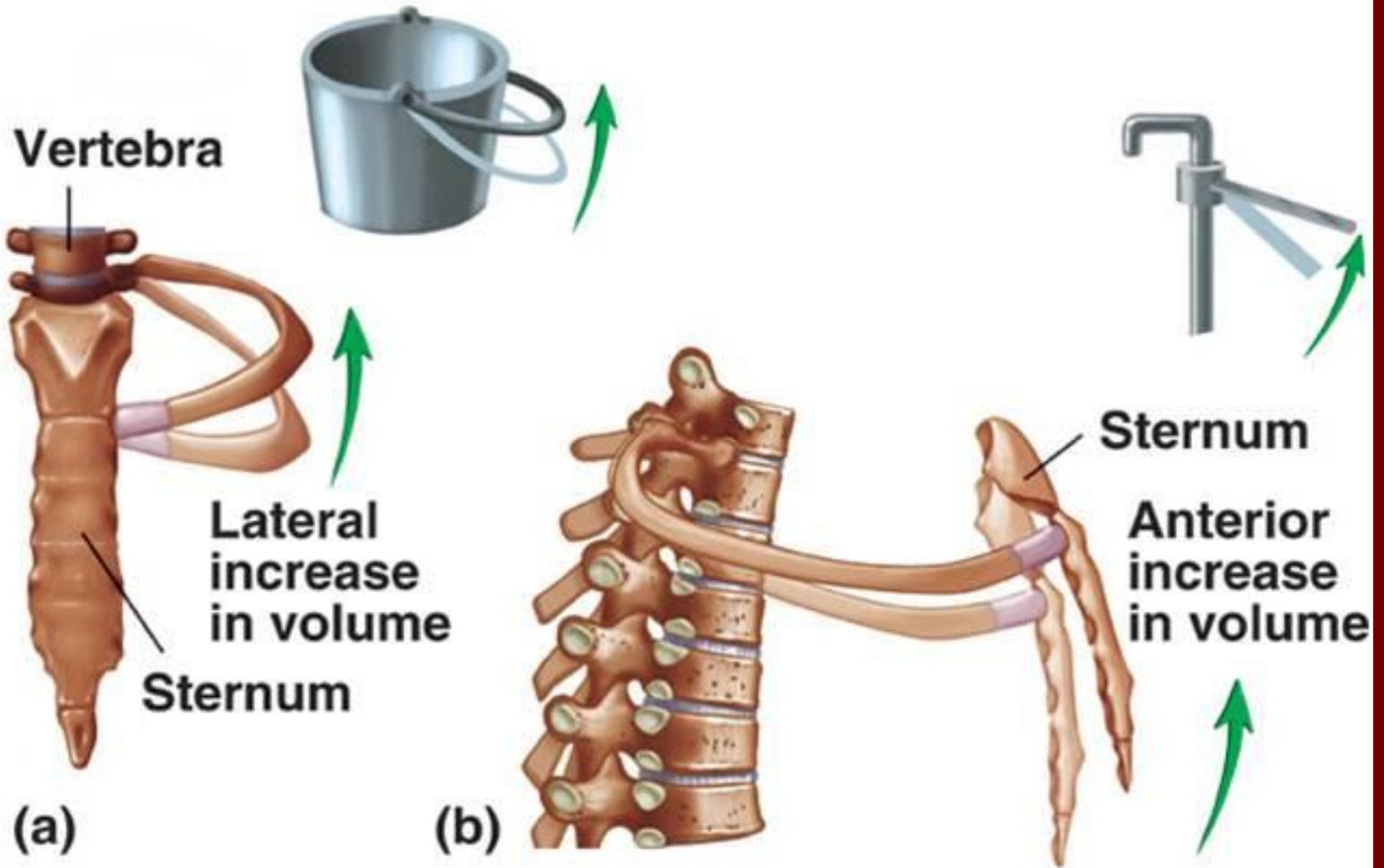
## Диафрагма



# Дыхательные мышцы

## Наружные межреберные мышцы



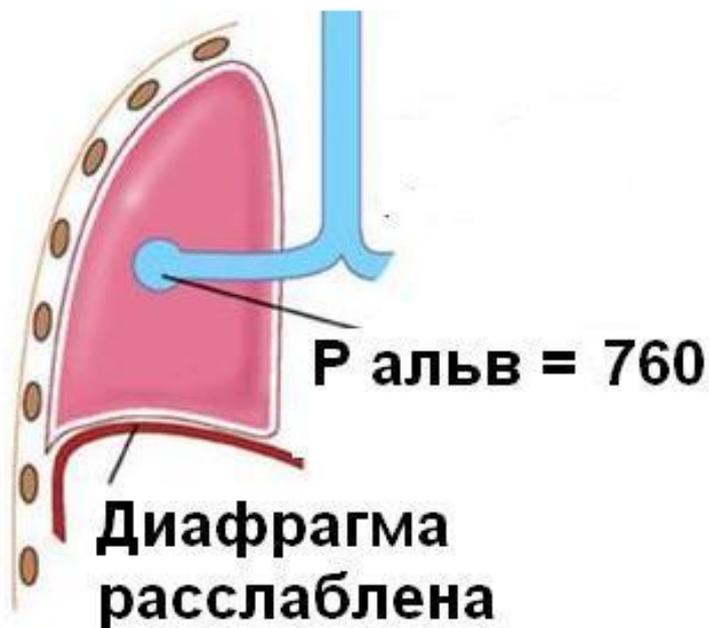


# Благодаря сокращению мышц:

1. Размер грудной клетки увеличивается
2. Легкие пассивно растягиваются
3. **Давление в легких становится ниже атмосферного**
4. Создается градиент давлений
5. Воздух свободно поступает в легкие!

После выдоха

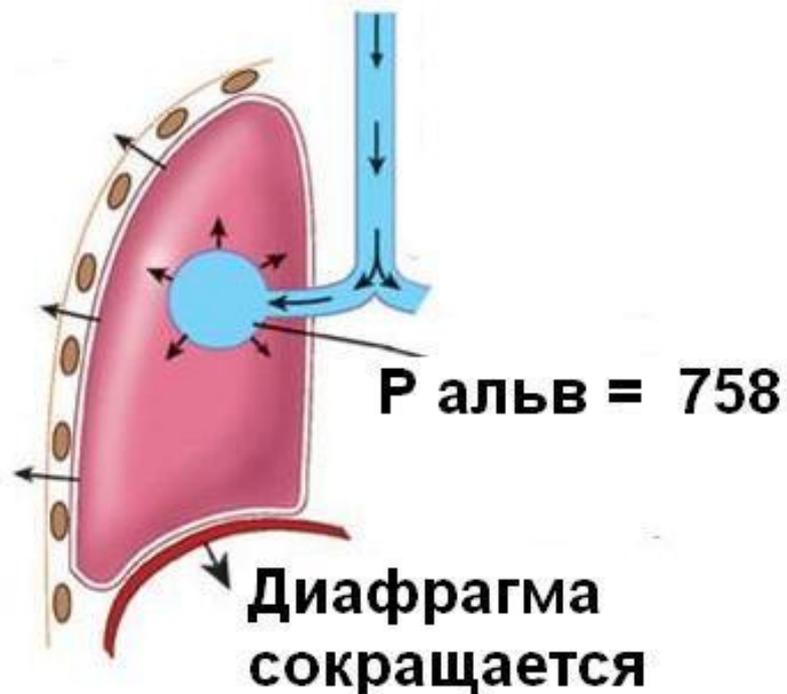
$P_{\text{атм}} = 760$



Инспирация

$P_{\text{атм}} = 760$

Расширение грудной клетки

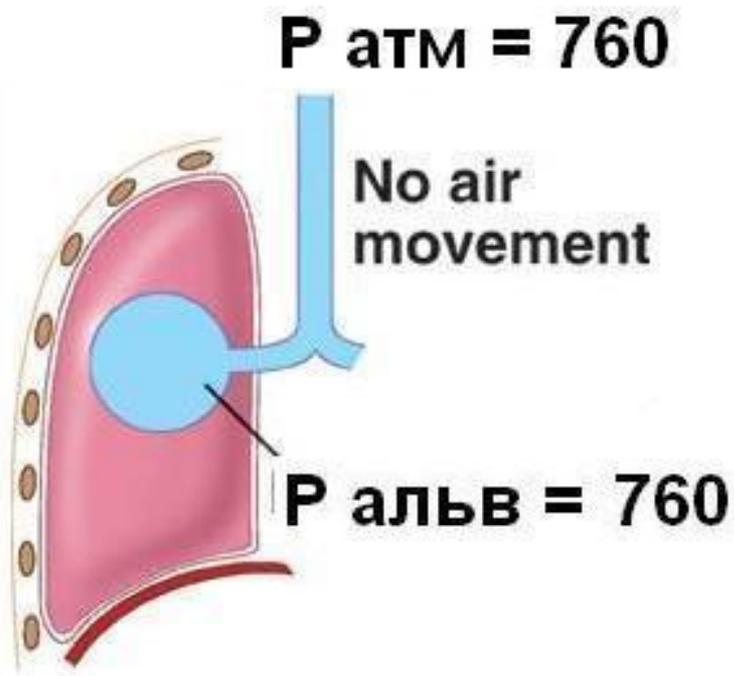


# Основные инспираторные мышцы

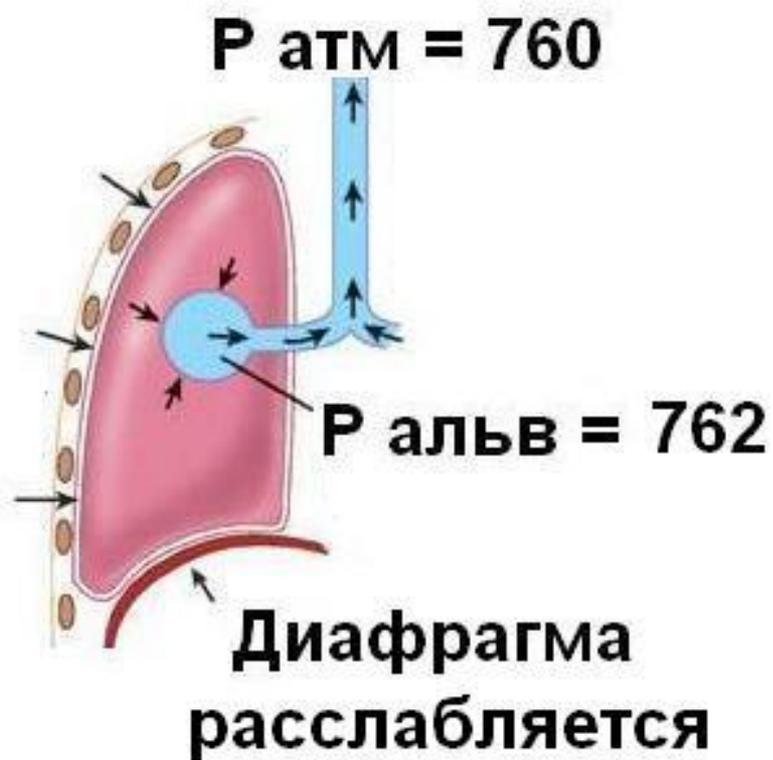
**Диафрагма**

**Наружные косые  
межреберные**

## Окончание инспирации



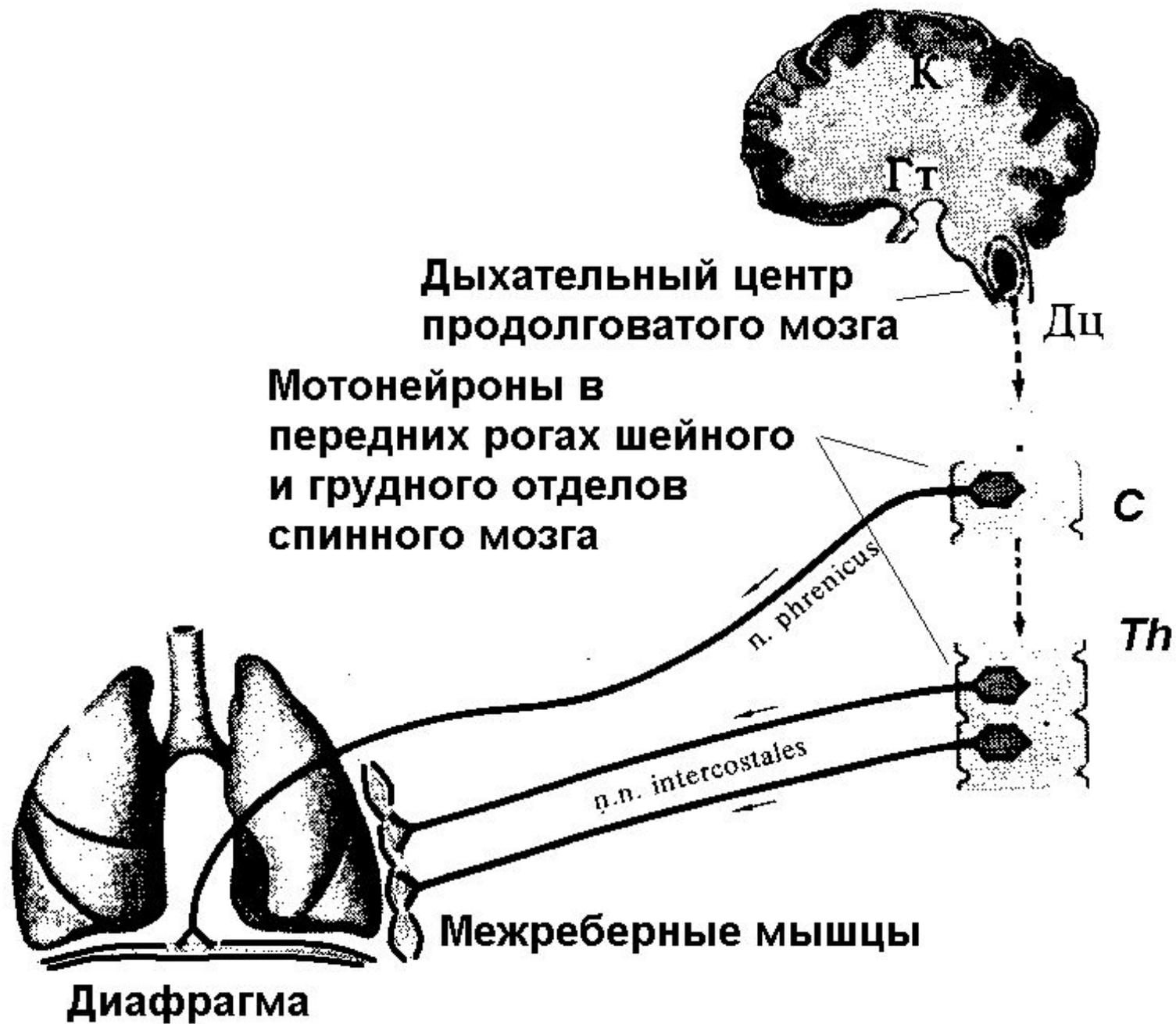
## Экспирация



Основные экспираторные мышцы

**Внутренние межреберные**

**Мышцы брюшного пресса**



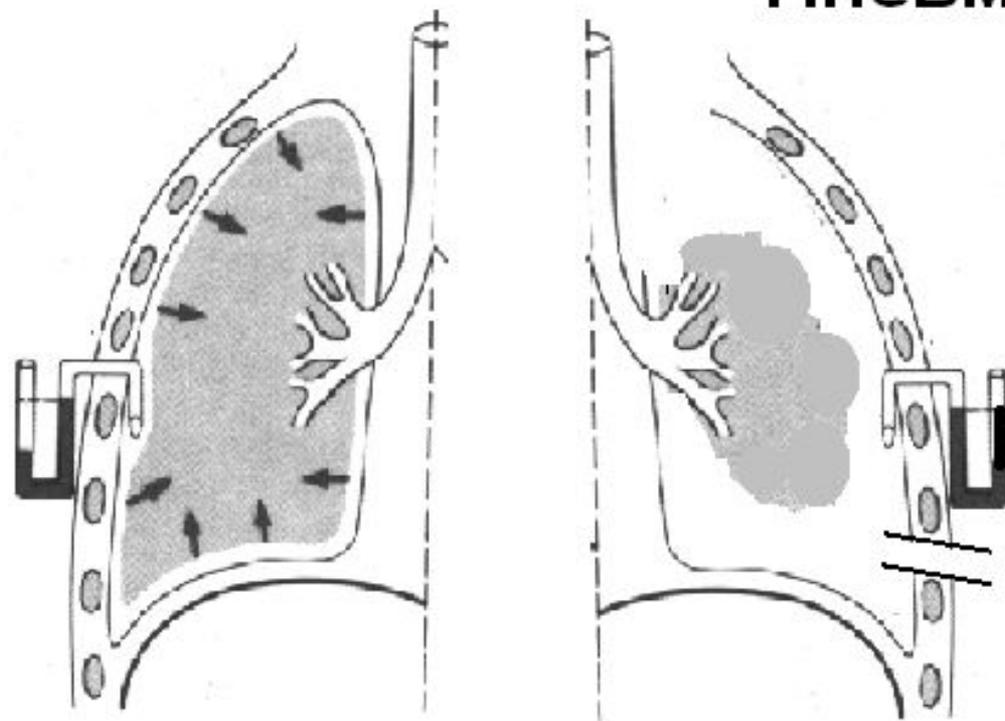
Воздух свободно  
поступает в легкие

И растягивает легкие ?

Легкие всегда находятся в  
расправленном состоянии!

Какая сила держит легкие в  
расправленном состоянии?

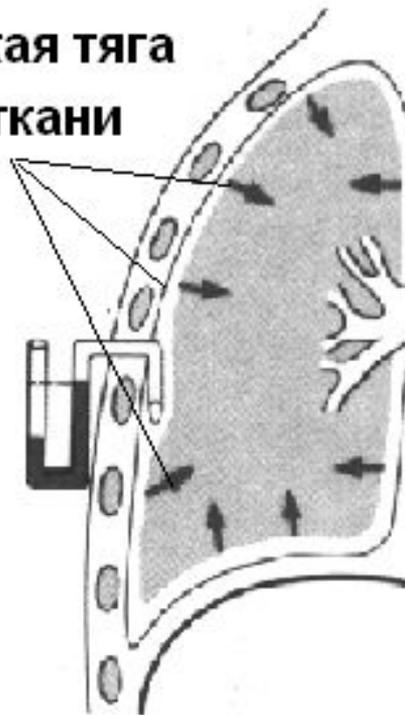
# Давление в плевральной полости



Пневмоторакс

$P_{\text{плевр.}} < P_{\text{легочн.}}$        $P_{\text{плевр.}} = P_{\text{легочн.}}$

Эластическая тяга  
легочной ткани



$P = 762$

$P = 759$

$P_{пл.} = P_{атм.} - P_{эласт. тяги}$

$P_{пл.} = 762 - 3 = 759$

$P_{транспульм.} = P_{в легкиx (атм)} - P_{пл.}$

$P_{транспульм} = 762 - 759 = \underline{3 \text{ мм рт. ст.}}$

# Транспульмональное давление

Между внутренней поверхностью альвеол и плевральной полостью существует разность давлений, причем эта **разность всегда в пользу альвеолярного пространства..**

$$\mathbf{P \text{ транспульмональное} = P \text{ альвеолярное} - P \text{ плевральное.}}$$

Транспульмональное давление  
держит легкие в  
расправленном  
состоянии

# Изменение внутриплеврального давления при дыхании

$P_{\text{плевр}} = -3-4 \text{ мм рт.ст.}$

$P_{\text{альв}} = 0$

ПЕРЕД ВДОХОМ

$P_{\text{плевр}} = -9 \text{ мм рт.ст.}$

$P_{\text{альв}} = -5$

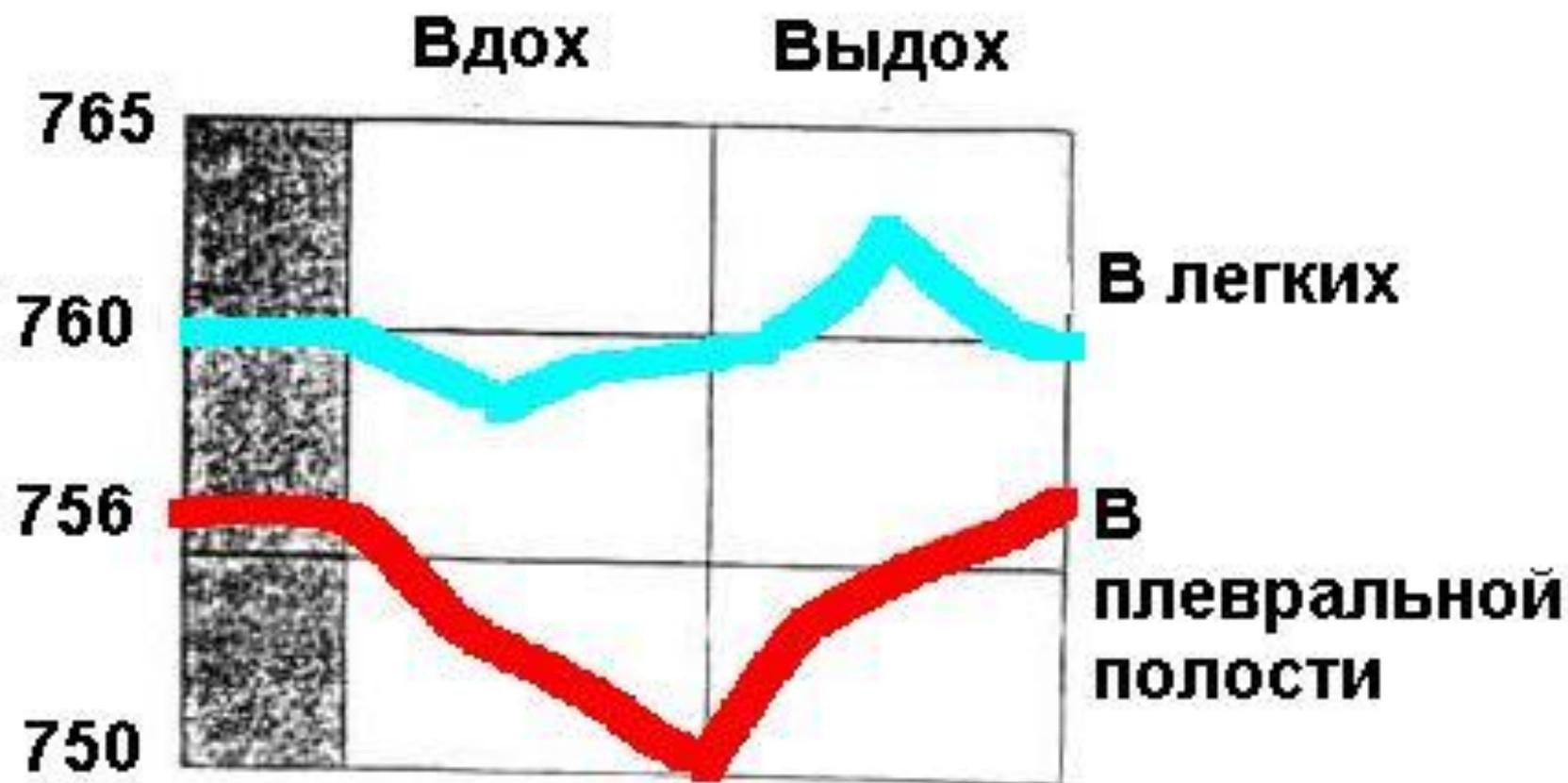
ВДОХ

$P_{\text{плевр}} = +4-+9 \text{ мм рт.ст.}$

$P_{\text{альв}} = +10-12$

АКТИВНЫЙ ВЫДОХ

# Изменение альвеолярного и плеврального давления



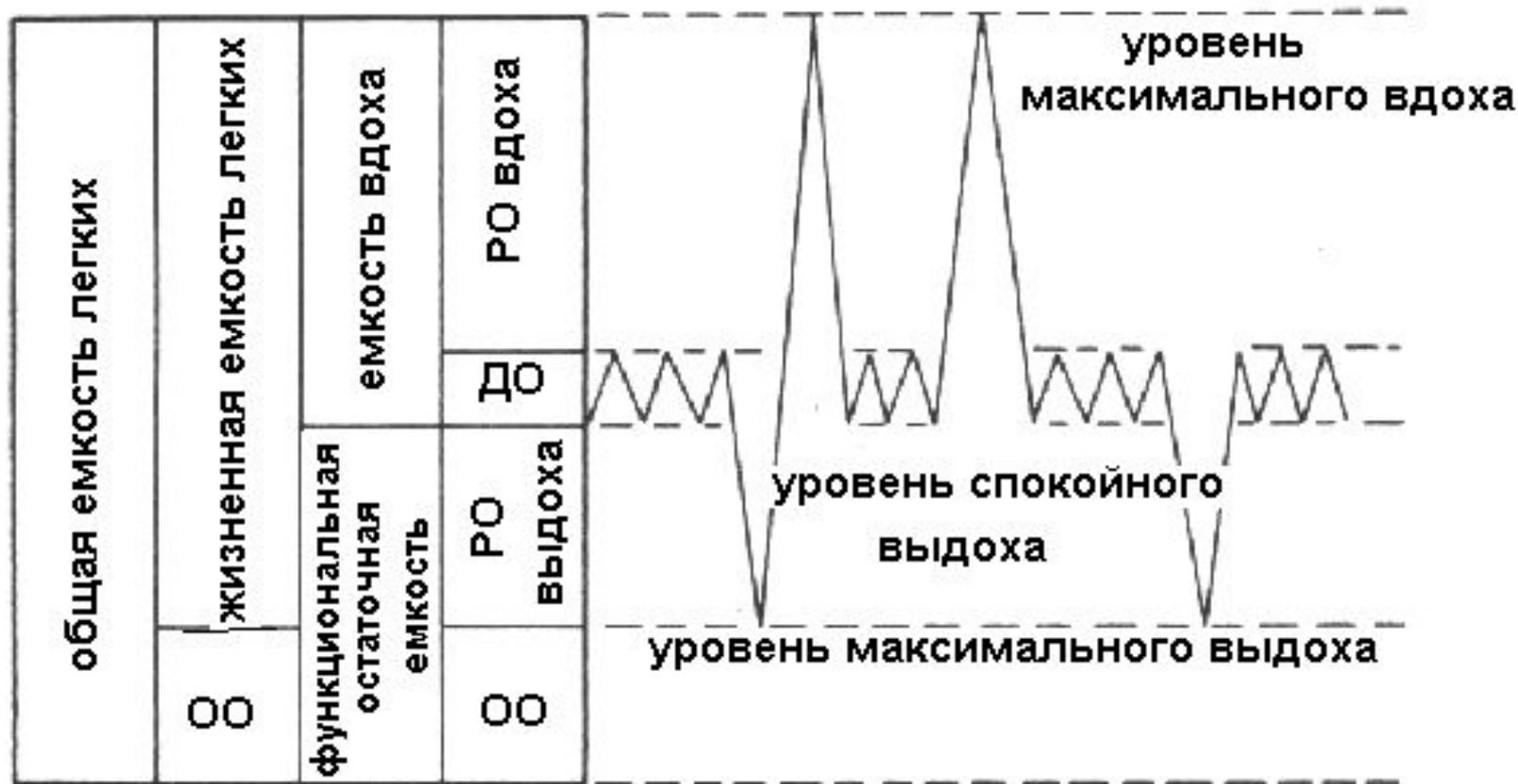
# Функциональное значение транспульмонального давления

1. Легкие в расправленном состоянии
2. Облегчение вдоха путем увеличения растяжимости легких
3. Облегчение выдоха - действие вместе с ретракцией легочной ткани

# Для нормальной легочной вентиляции необходимо:

1. Пройодимостъ дьхательных путей
2. работа дьхательных мышц для изменения размеров грудной клетки,
3. эластичность легочной ткани, которая позволяет ей следовать за изменениями размеров грудной клетки,
4. транспульмональное давление, которое поддерживает легкие в расправленном состоянии,
5. легочный сурфактант, препятствующий спадению альвеол.

# Функциональная характеристика легких



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

# Легочная вентиляция

МОД - количество воздуха,  
которое вдыхается в минуту

$$\text{МОД} = \text{ДО} * \text{ЧД}$$

# Альвеолярная вентиляция и легочная вентиляция

$$\text{МАВ} = (\text{ДО} - \text{МП}) \times \text{ЧД}$$

**В норме альвеолярная  
вентиляция составляет 70 - 75  
% величины МОД**

частота дыхания - 15  
дыхательный объем - 500  
МОД - 7500

минутная  
альвеолярная  
вентиляция  
= 5250 мл

альвеола

капилляр

Легочный кровоток = 5000 мл

Вентиляционно-перфузионный коэффициент =  
 $5000/5250=0.95$

# Коэффициент вентиляции альвеол

В альвеолах к концу спокойного выдоха находится около 2500 мл воздуха (ФОЕ), во время вдоха в альвеолы поступает 350 мл воздуха, следовательно, обновляется лишь 1/7 часть альвеолярного воздуха  
( $2500/350 = 7.1$ ).

# Легкие новорожденного

- малоэластичны, относительно велики, весят около 50 г, к 6 мес. масса удваивается, к году утраивается, к 12 годам увеличивается в 10 раз, к 20 годам - в 20 раз. Легочные щели выражены слабо. Растяжение во время вдоха увеличивает их объем только на 11—15 мл.

- Чтобы удовлетворить весьма большую потребность организма в кислороде, дыхательные движения новорожденного должны быть очень частыми.
- В покое их частота достигает 50—60 в минуту, а минутный объем дыхания превышает 600 мл.

К году в дыхательных движениях начинают участвовать межреберные мышцы.

- Со второй половины 1-го года жизни изменяется направление ребер, которые начинают отходить от позвоночника всё более наклонно. Соответственно опускается книзу и грудина. Если в первые месяцы жизни объем грудной клетки изменяется почти исключительно за счет сокращения диафрагмы.

# Газовый состав альвеолярного воздуха

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)