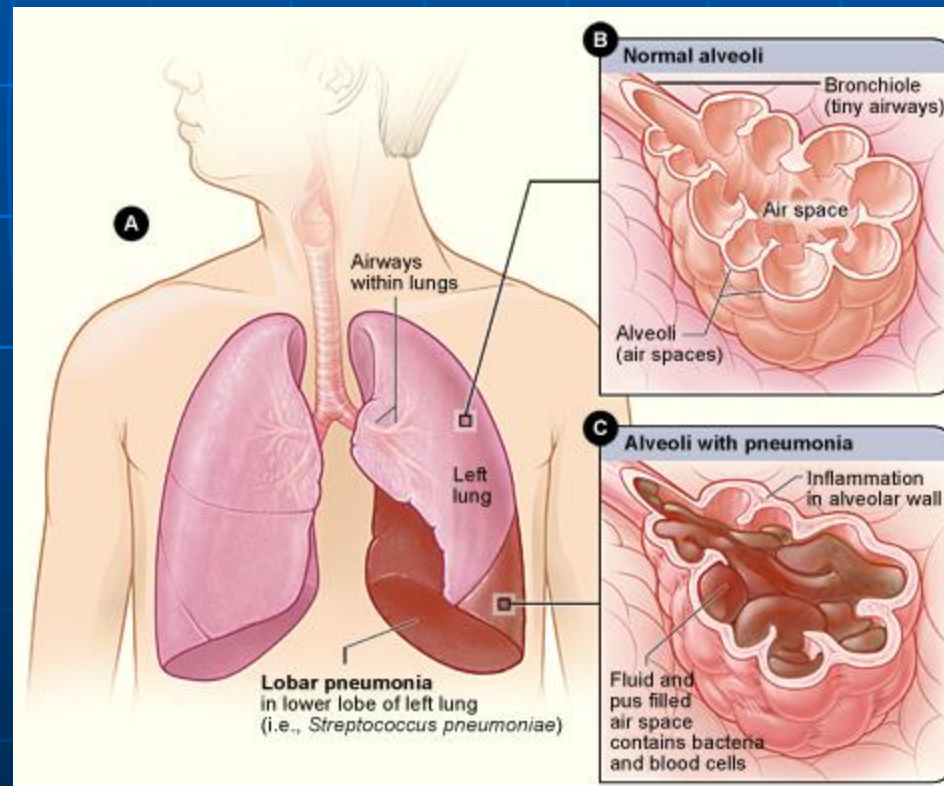


Физиология дыхания

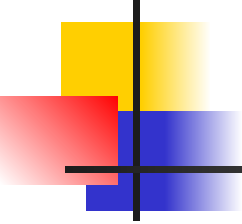
Внешнее дыхание





План

- Этапы (процессы) дыхания
- Механизм вдоха и выдоха
- Основные показатели функции внешнего дыхания
- Газообмен в легких
- Организация дыхательного центра
- Гуморальная регуляция дыхания
- Рефлекторная регуляция дыхания

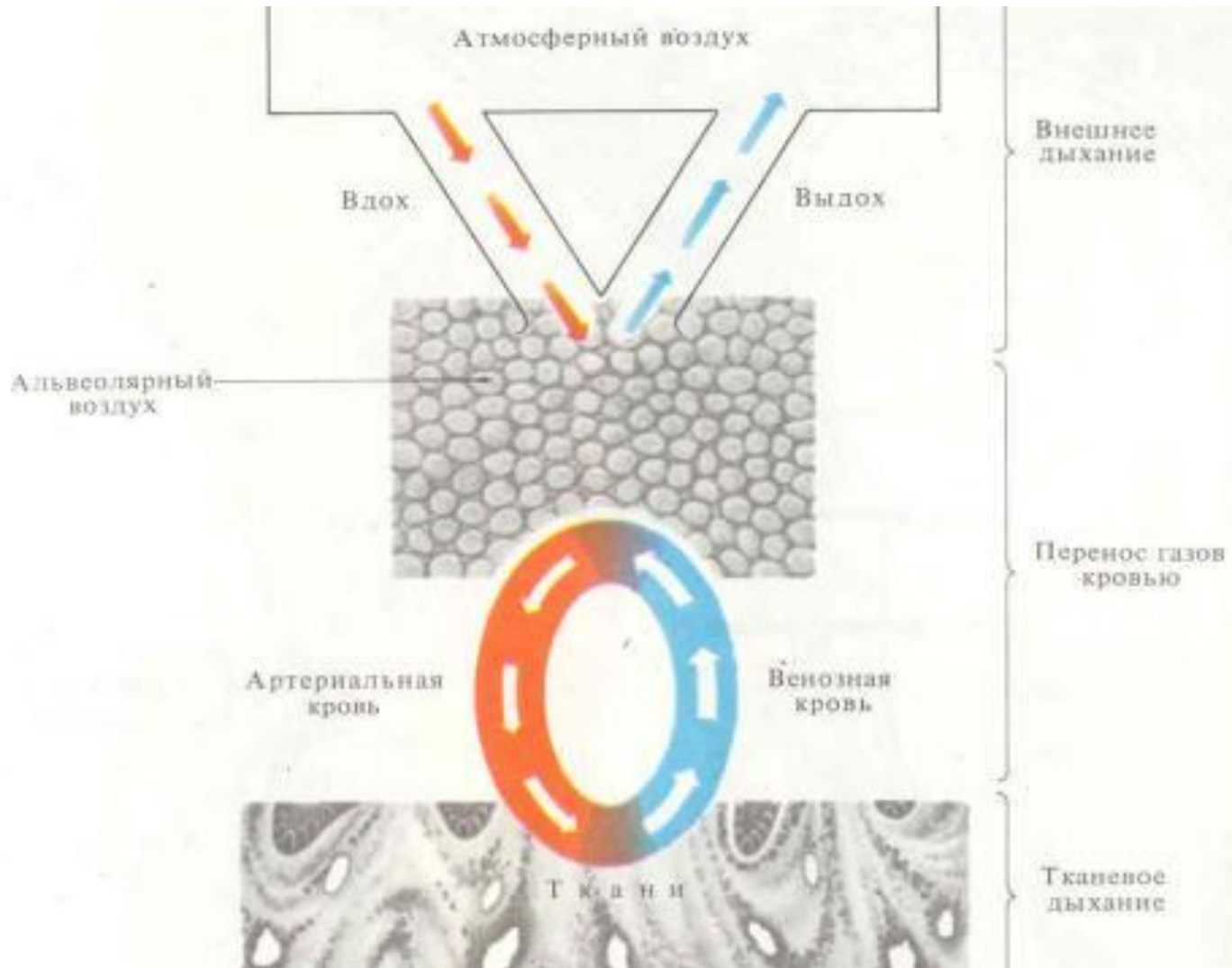
- 
-
- **Дыхание - совокупность процессов, обеспечивающих поступление во внутреннюю среду организма кислорода, использование его для окислительных процессов, и удаление из организма углекислого газа**

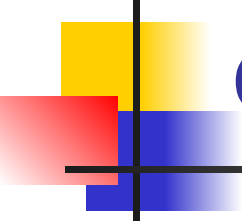


Этапы дыхания

- Внешнее дыхание (легочная вентиляция) – газообмен между атмосферным воздухом и альвеолами
- Газообмен в легких – между альвеолярным и кровью малого круга кровообращения
- Транспорт газов кровью (преимущественно в соединении с гемоглобином эритроцитов)
- Газообмен в тканях- между кровью большого круга кровообращения и тканями
- Внутреннее (клеточное) дыхание - изучает биохимия

Этапы дыхания

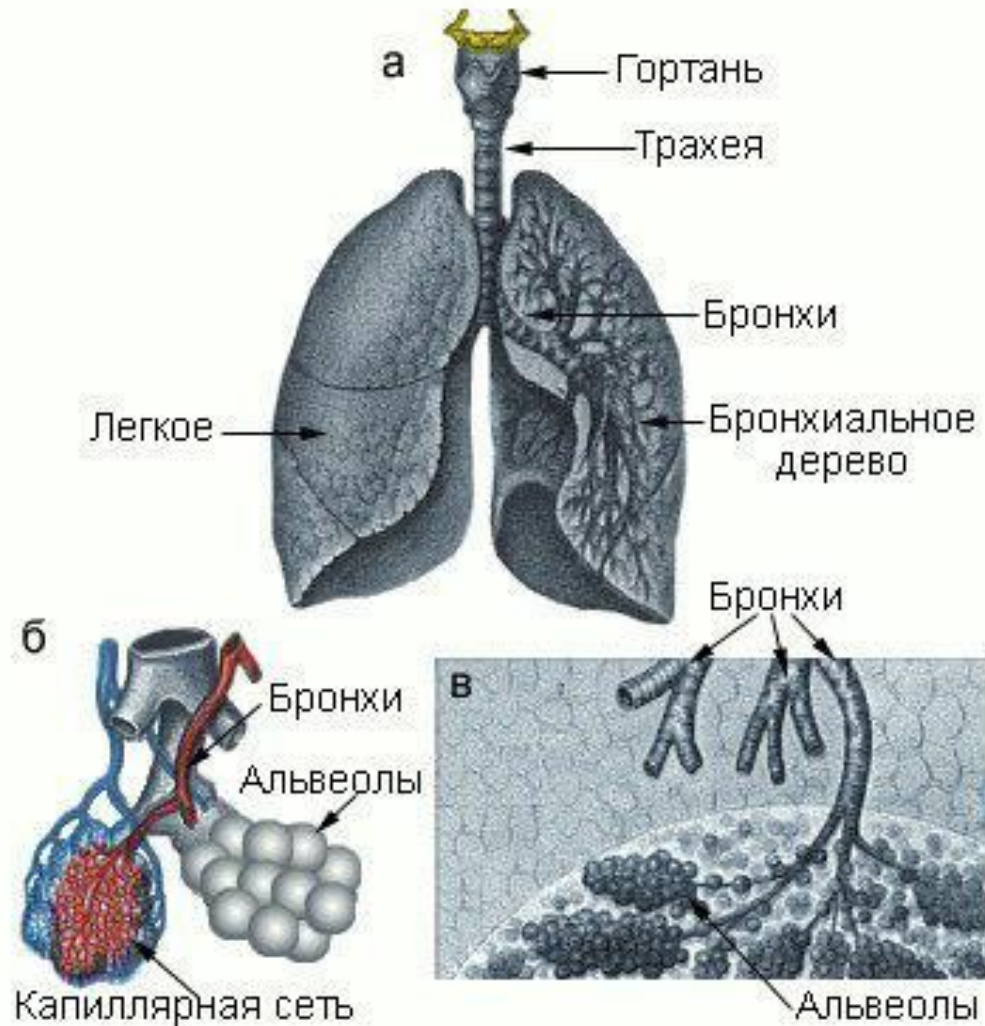




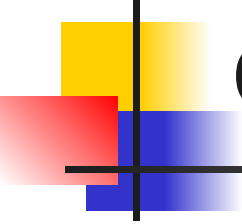
Показатели гомеостаза, связанные с дыханием

- Газовая константа – содержание в крови кислорода (96-100 мм.рт.ст) и углекислого газа (38-40 мм.рт.ст.)
- Кислотно-щелочное равновесие

Дыхательная система



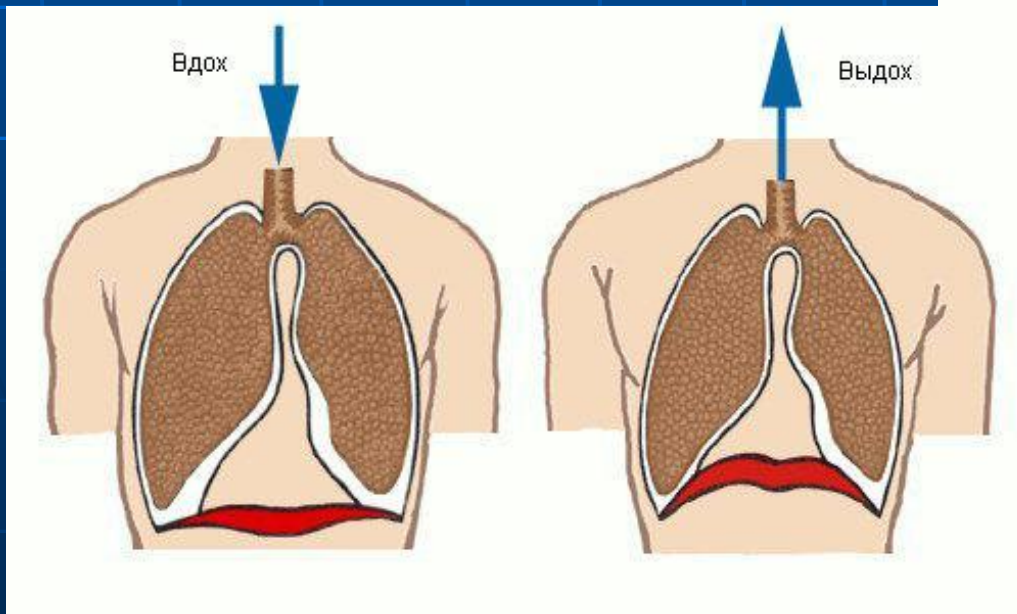
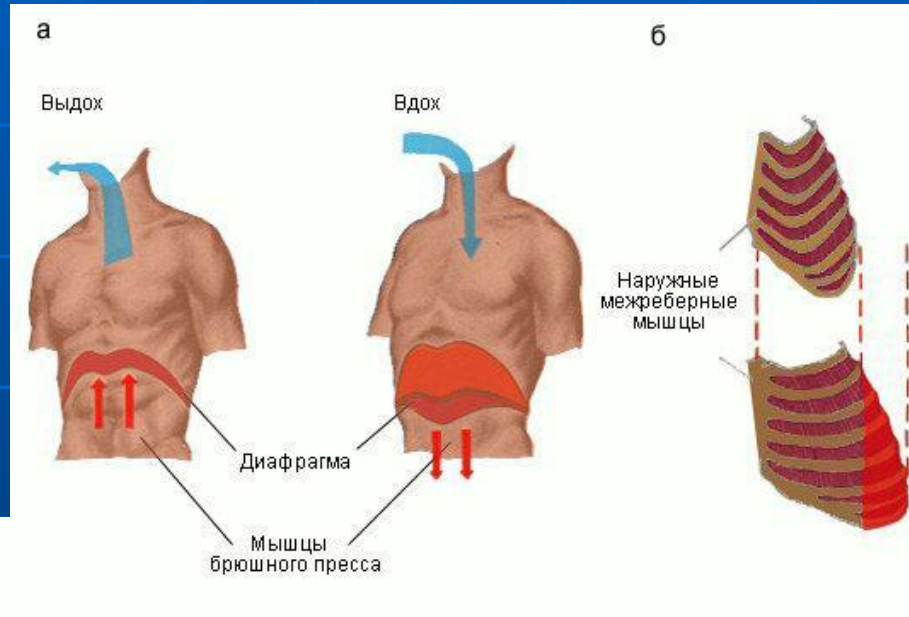
Функции дыхательной системы



- Специфическая – газообмен
- Неспецифические: выделительная, эндокринная, защитная, терморегуляторная, участие в свертывании крови, обмене жиров, белков, водно-солевого
- Функции воздухоносных путей: очищение, увлажнение, согревание воздуха, генерация звука (фонация)

Дыхательный цикл

Вдох – инспирация
Выдох – экспирация





Механизм вдоха

1 -Расширение грудной клетки –
результат сокращения инспираторных
мышц: главные – диафрагма, наружные
межреберные и межхрящевые мышцы;
вспомогательные – лестничные, зубчатые,
большие и малые грудные, грудинно-
ключично-сосцевидные

Типы дыхания: грудной (рёберный),
брюшной (диафрагмальный), смешанный

**2- отрицательное давление в
плевральной полости**

Механизм дыхательных



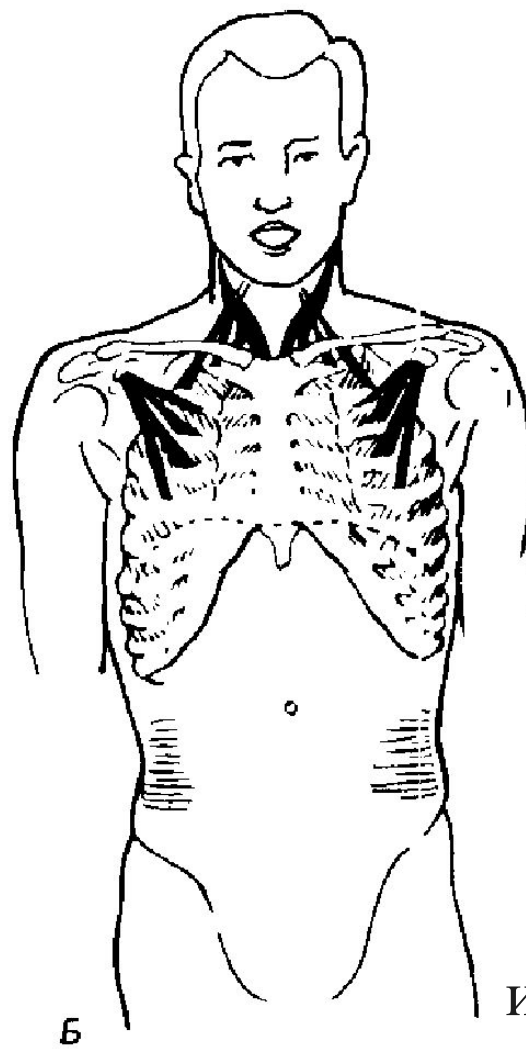
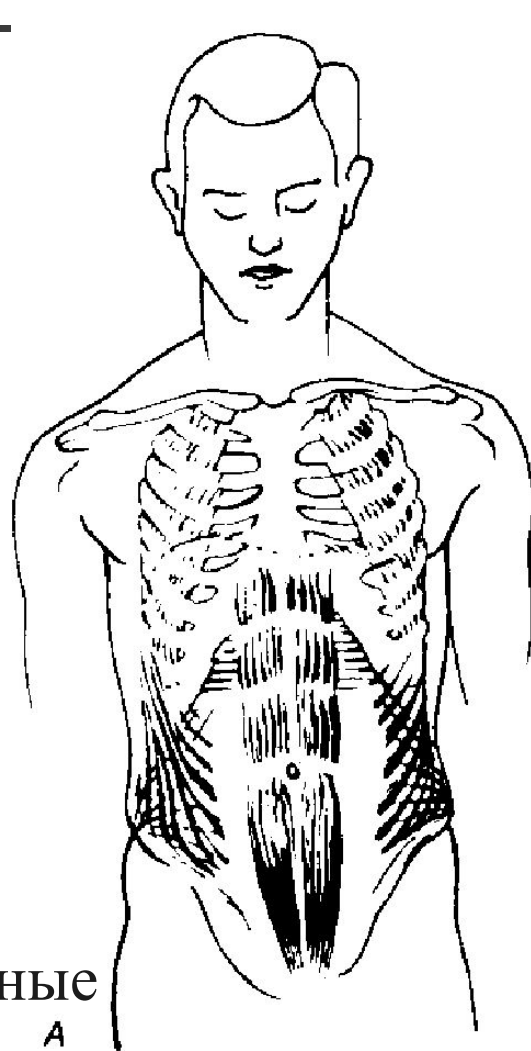


Механизм выдоха

При спокойном дыхании
осуществляется пассивно при
расслаблении инспираторных мышц

При глубоком и затрудненном дыхании
с участием экспираторных мышц:
главные - внутренние межрёберные;
вспомогательные - мышцы живота

Вспомогательные дыхательные мышцы



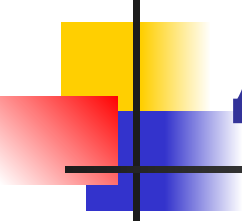


Экскурсия грудной клетки

Изменение окружности грудной клетки на вдохе и выдохе. В норме у мужчин 7-10 см., у женщин – 5-7 см.

Факторы, влияющие на экскурсию :
возраст, пол, конституция (тип грудной клетки), состояние костно-мышечной системы

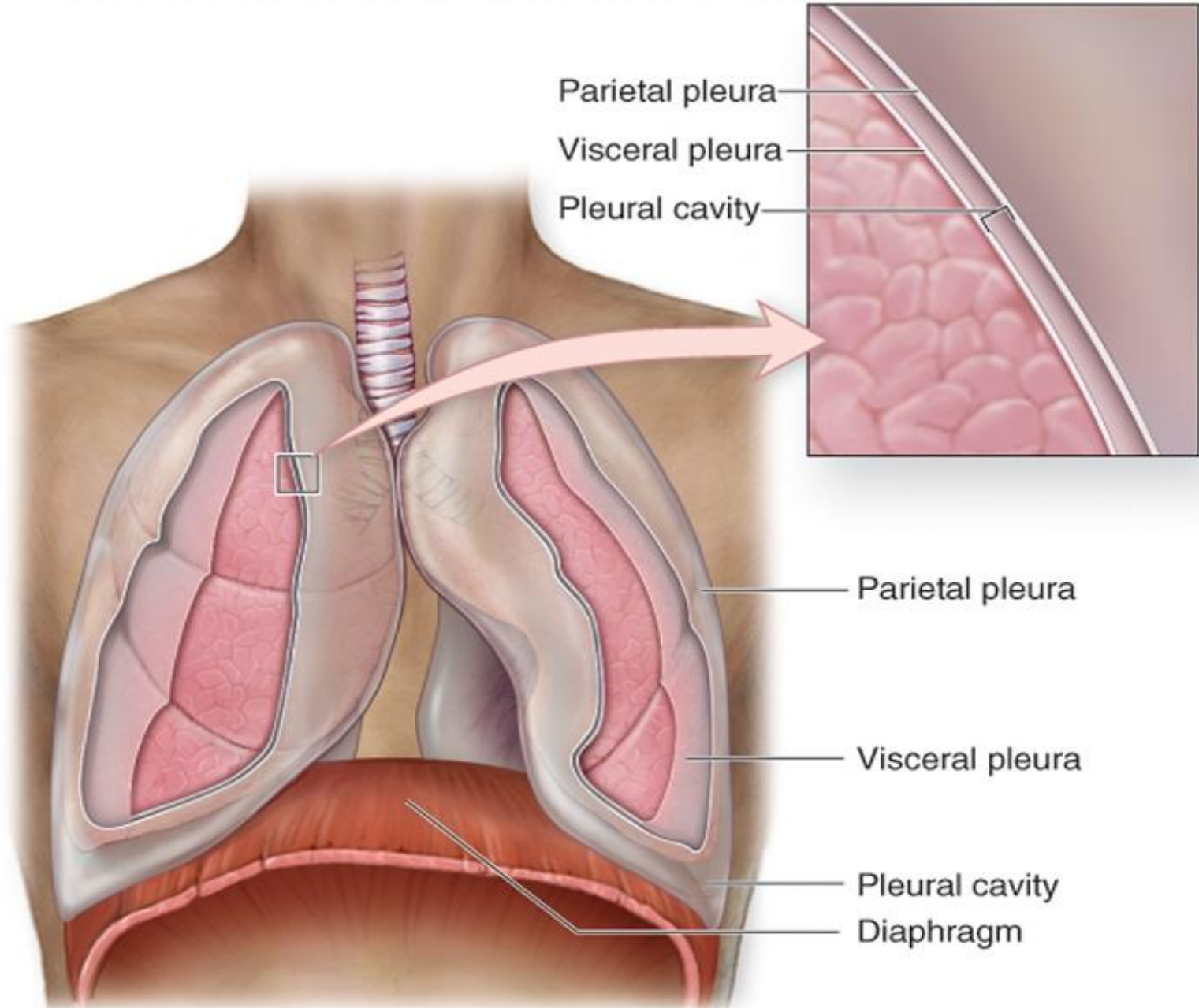
Внутриплевральное давление



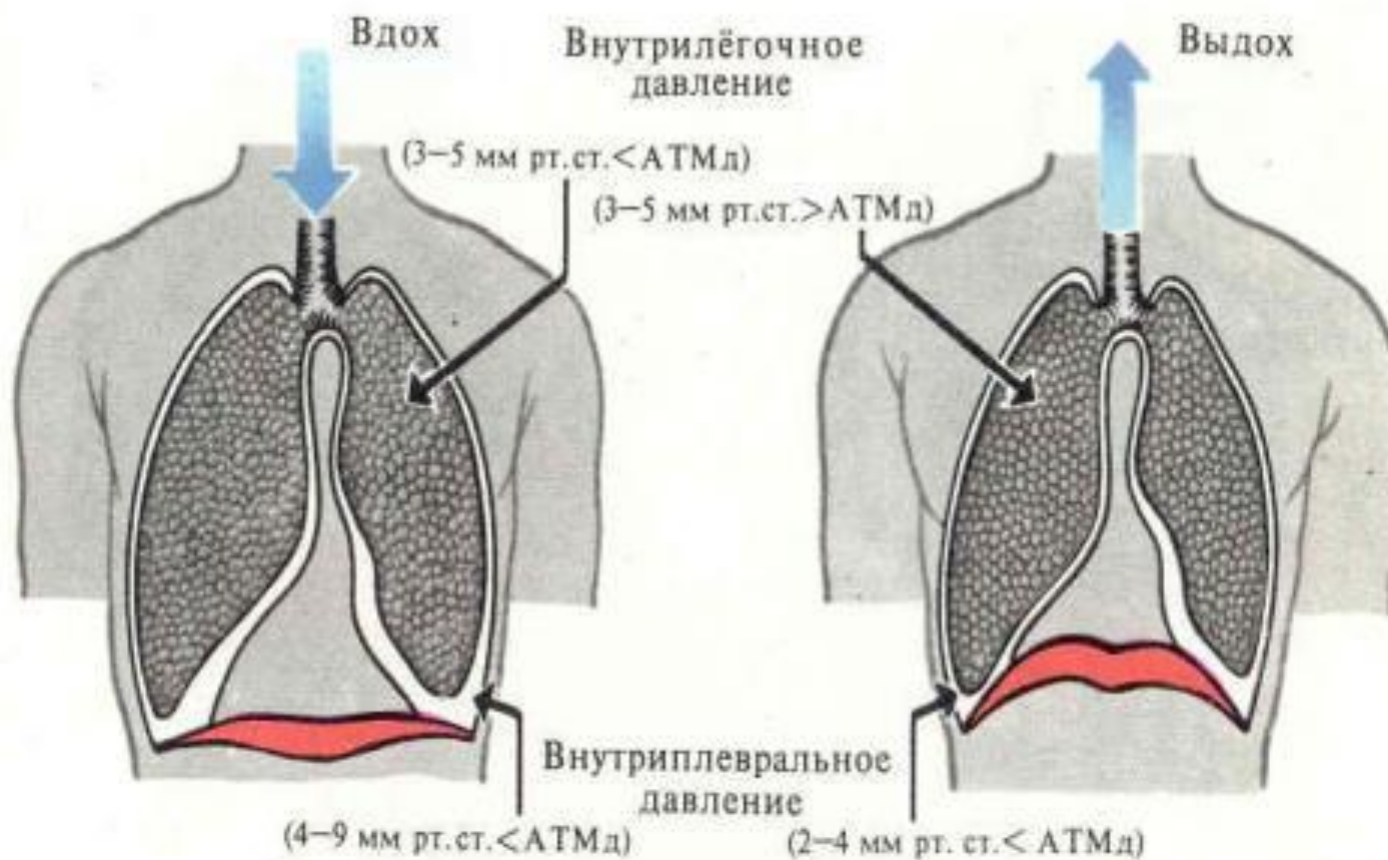
Транспульмональное давление – разница между атмосферным и внутриплевральным (вне дыхательного цикла – 3-4 мм.рт.ст; на вдохе 6-10 мм.рт.ст.; на выдохе 3-2 мм.рт.ст). Следовательно, на вдохе давление в плевральной щели уменьшается, на выдохе- увеличивается

Отрицательное давление в плевральной полости обусловлено: эластической тягой лёгких и герметичностью плеврального пространства

Пневмоторакс – нарушение герметичности плевральной полости (открытый, закрытый и клапанный)



Внутрилегочное и внутриплевральное давление на вдохе и выдохе



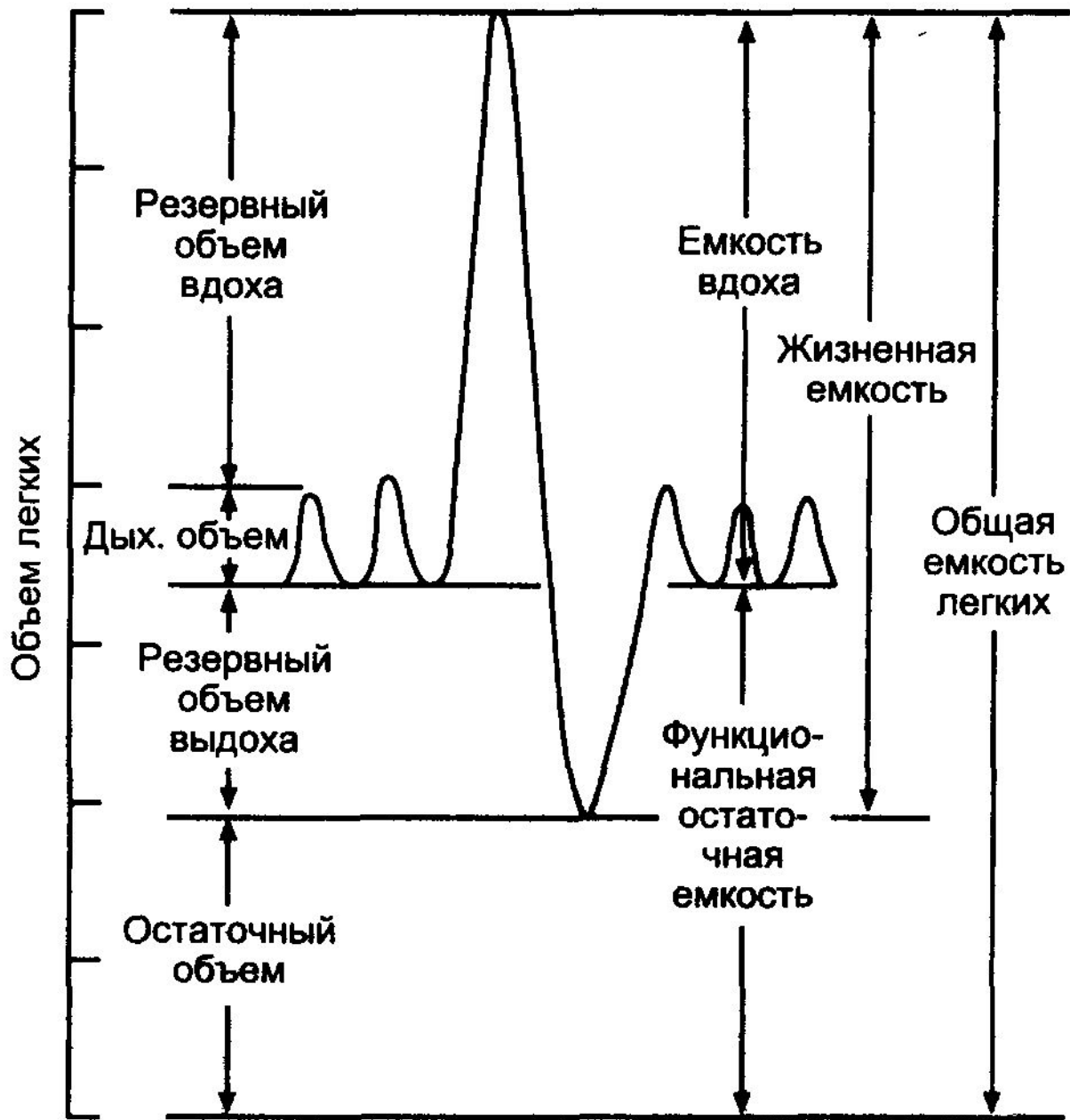
Эластическая тяга лёгких обусловлена:

- Поверхностным натяжением пленки жидкости, покрывающей внутреннюю поверхность альвеол. *Сурфактант* снижает поверхностное натяжение
- Тонусом бронхиальных мышц
- Упругими свойствами лёгких (наличие эластических волокон). Растяжимость (C) – изменение объема легких (V) при изменении транспульмонального давления (P). $C = \Delta V / \Delta P$

Рестриктивные поражения – снижение растяжимости лёгких (при застое в малом круге, альвеолярном отёке, фиброзе легких, длительном отсутствии вентиляции). **ЗАТРУДНЕН ВДОХ**

Параметры внешнего дыхания

- **Минутный объём дыхания** (МОД) = $DO \times ЧД$
- **ДО – дыхательный объём** - количество воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого за 1 дыхательный цикл при спокойном дыхании. Норма 300-800мл
- **ЧД – частота дыхания** – количество дыхательных циклов в 1 мин. Эупноэ (норма)- 14-20; брадипноэ < 12; тахипноэ > 22
- **ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких** – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть и выдохнуть за 1 цикл. Включает 3 объёма: дыхательный (10-20%) и резервные объёмы вдоха (Ровд.) и выдоха (Ровыд.)
 $ЖЕЛ = ДО + Ровд. + Ровыд.$ ЖЕЛ – показатель подвижности лёгких и грудной клетки. Зависит от возраста, пола, размеров и положения тела, тренированности, растяжимости лёгких
- **МВЛ – максимальная вентиляция лёгких** за 1 мин. (при глубоком и частом дыхании), предельные возможности дыхательной системы





Общая ёмкость лёгких (ОЕЛ)

Это максимальное количество воздуха, содержащееся в лёгких. Включает ЖЕЛ и ОО (остаточный объём)

Остаточный объём – всегда остаётся в лёгких после глубокого выдоха.

Обусловлен неспадением альвеол, разницей давлений, закрытием мелких воздухоносных путей

ФОЕ – функциональная остаточная ёмкость – количество воздуха, которое остаётся в легких после спокойного выдоха. **$ФОЕ = R_{O\text{выд}} + ОО$**



- Primary bronchi
- Secondary bronchi
- Tertiary bronchi
- Smaller bronchi



Right primary bronchus

Right secondary bronchus

Right tertiary bronchus

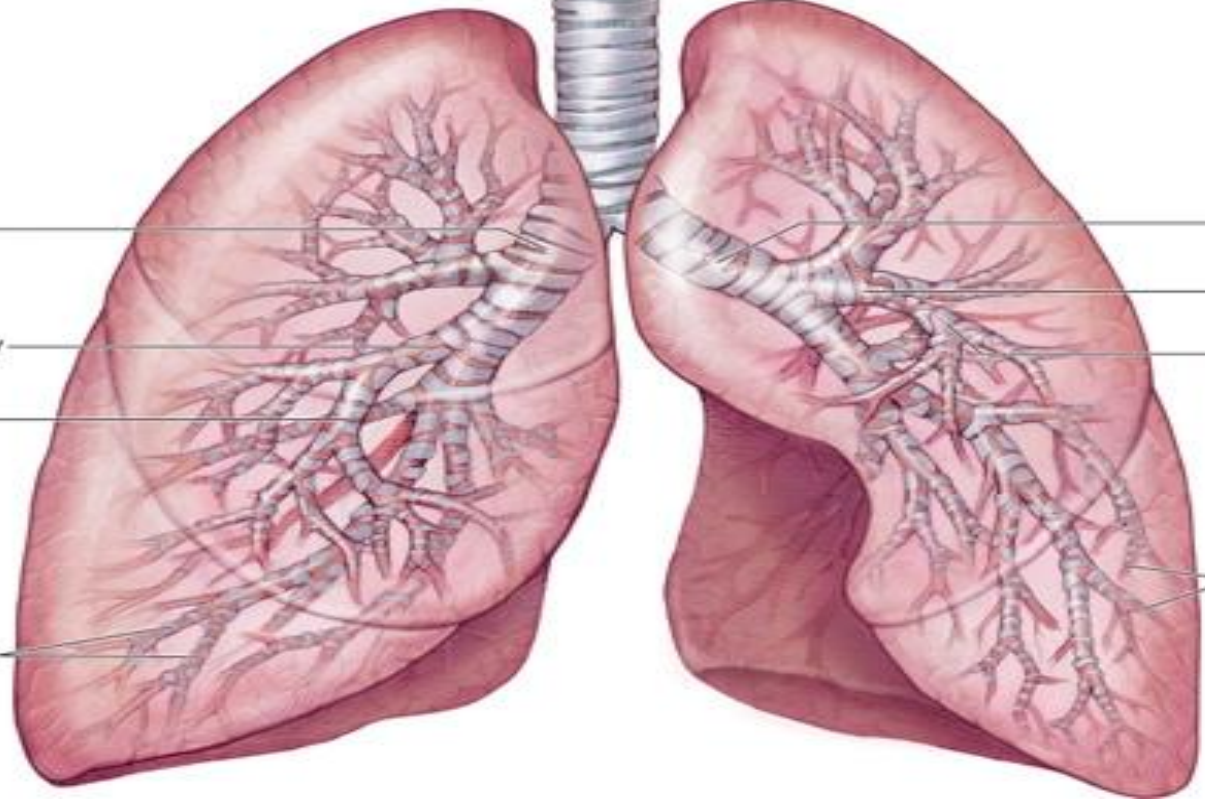
Smaller bronchi

Left primary bronchus

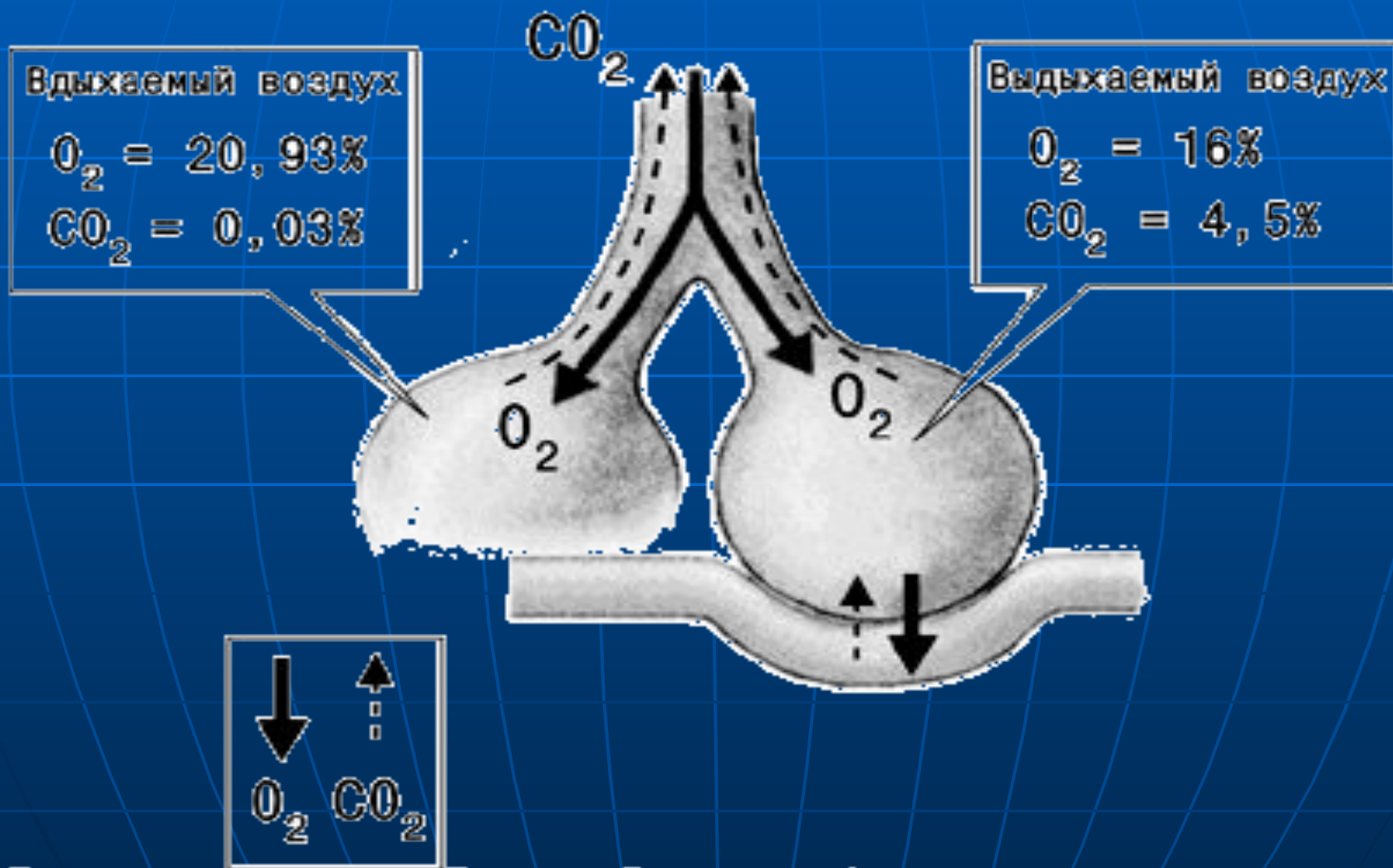
Left secondary bronchus

Left tertiary bronchus

Smaller bronchi



Респираторный отдел легких





Erythrocyte

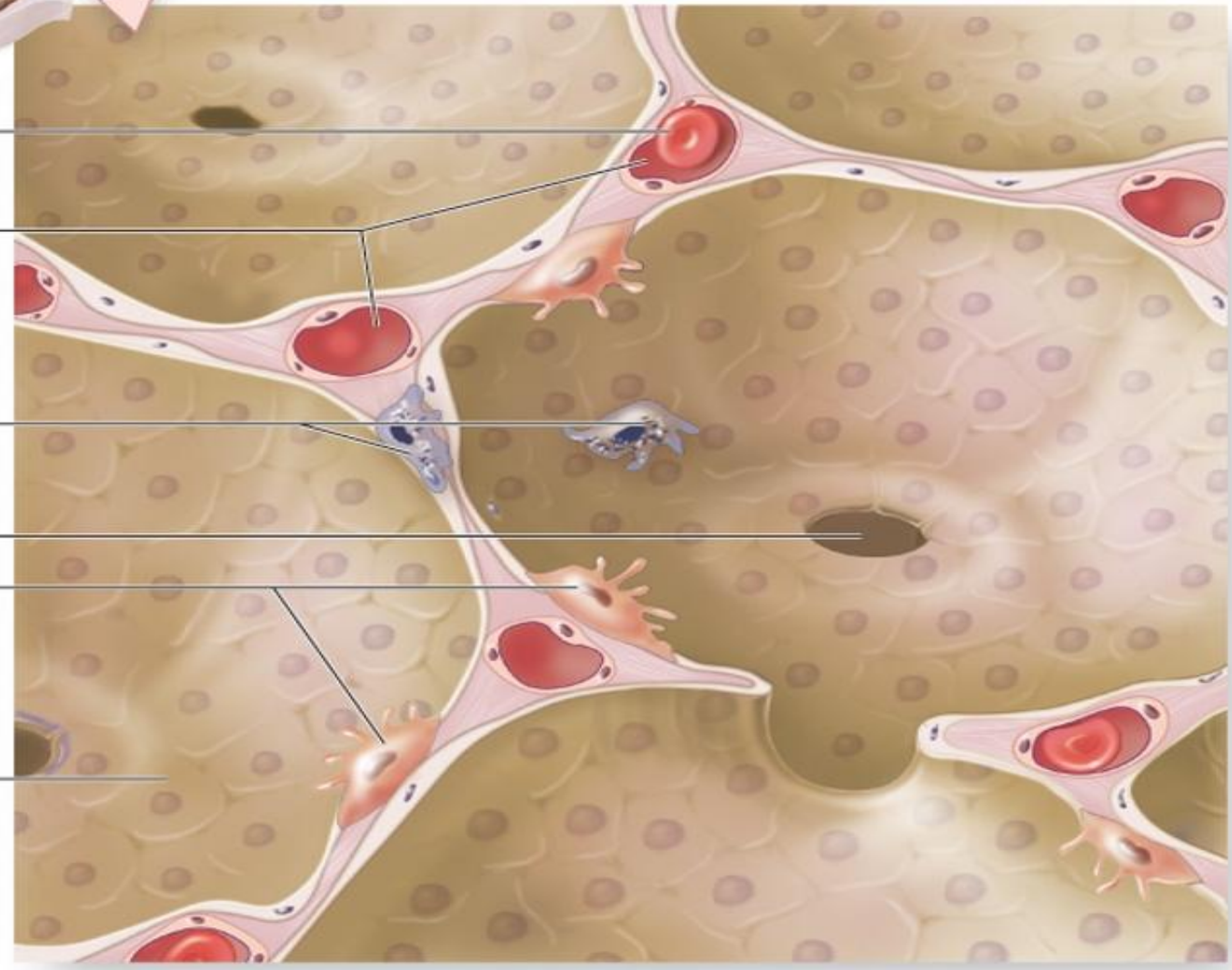
Pulmonary capillaries

Alveolar macrophage

Alveolar pore

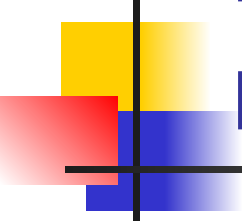
Alveolar type II cells (septal cells)

Alveolar type I cell (squamous alveolar cell)



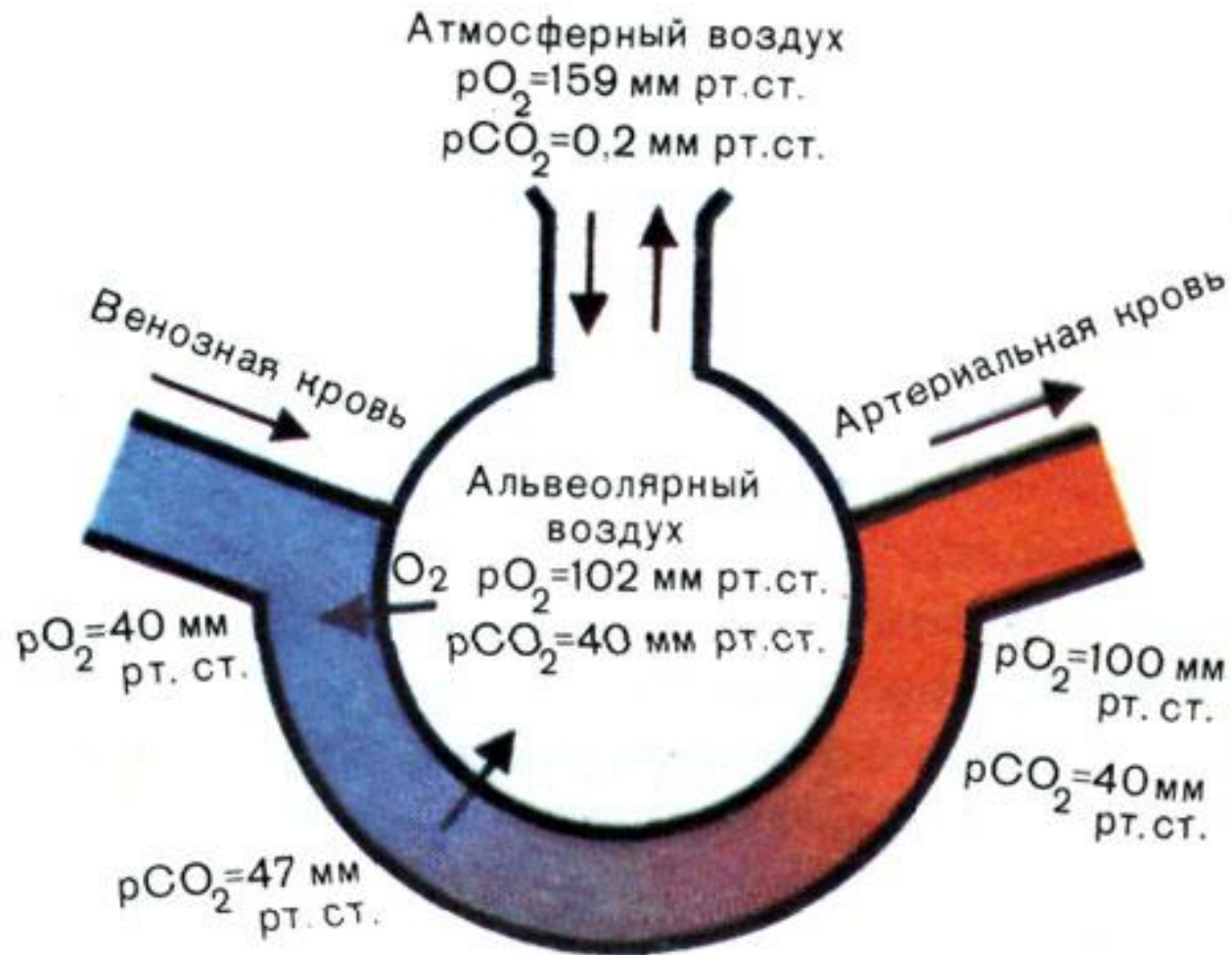
(a)

Мёртвое пространство – часть воздуха, не участвующая в газообмене

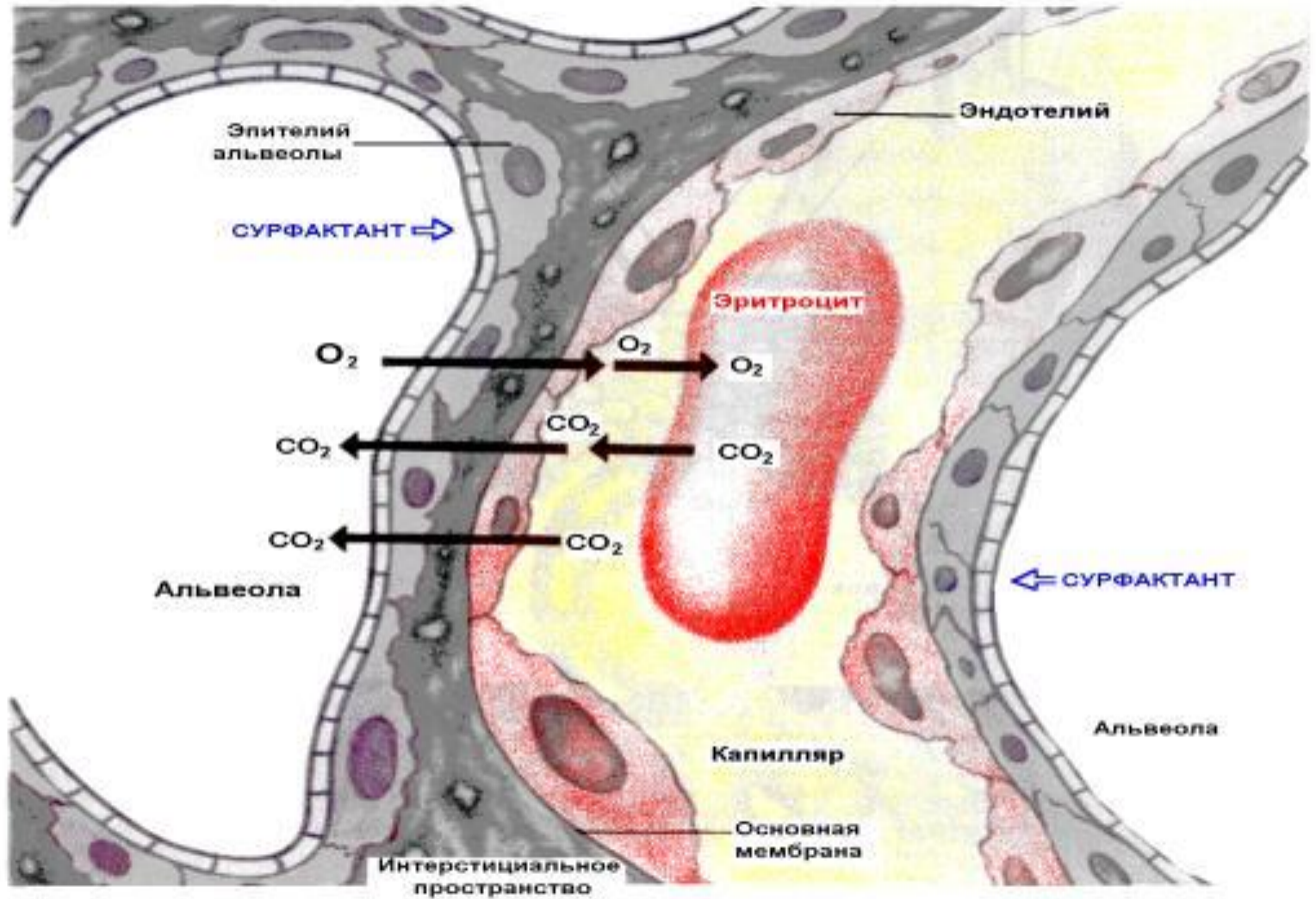


- Анатомическое – воздухоносные пути
- Альвеолярное – невентилируемые и неперфузируемые альвеолы
- Функциональное (физиологическое)- все участки дыхательной системы, где не происходит газообмена. Включает анатомическое и альвеолярное мертвое пространство

Газообмен в лёгких – диффузия газов по градиенту концентраций



АЗРОГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР





Диффузионная способность лёгких

Количество газа, проникающего через
аэрогематический барьер за 1 мин.
при градиенте давлений 1мм.рт.ст.

Для углекислого газа диффузионная
способность выше

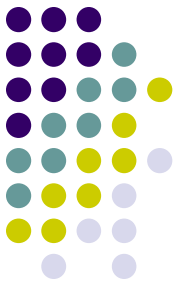
В минуту потребляется около 250 мл.
кислорода и выделяется около 230
мл. углекислого газа



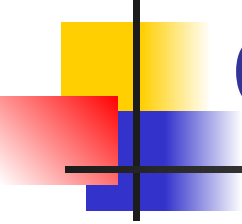
Газообмен обеспечивается:

- 1- ПРОЦЕССОМ ВЕНТИЛЯЦИИ
- 2– ПРОЦЕССОМ ДИФФУЗИИ O_2 И CO_2
- 3 – КРОВОТОКОМ ПО КАПИЛЛЯРАМ
МАЛОГО КРУГА КРОВООБРАЩЕНИЯ

Факторы, обеспечивающие эффективность внешнего дыхания



- Состояние и активность дыхательных мышц
- Состояние плевры и плевральной полости
- Пропускная способность воздухоносных путей (отсутствие обструктивных процессов)
- Целостность и эластические свойства лёгочной ткани
- Диффузионная способность аэрогематического барьера
- Перфузия лёгких (кровоток в малом круге)
- Активность механизмов регуляции



АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

- ЭТО ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ НА ПРОХОЖДЕНИЕ ВОЗДУХА ПО ВОЗДУХОНОСНЫМ ПУТЯМ. ВЛИЯЮТ ФАКТОРЫ:

1. ОБЪЕМ ЛЕГКИХ
2. ПРОСВЕТ БРОНХОВ, ТОНУС БРОНХИАЛЬНЫХ МЫШЦ (СИМПАТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА РАСШИРЯЮТ, ПАРАСИМПАТИЧЕСКИЕ - СУЖИВАЮТ). РЕЦЕПТОРЫ БРОНХИАЛЬНЫХ МЫШЦ – БЕТТА₂-АДРЕНОРЕЦЕПТОРЫ И М-ХОЛИНОРЕЦЕПТОРЫ
3. ПЛОТНОСТЬ И ВЯЗКОСТЬ ВДЫХАЕМОГО ГАЗА.
4. СОДЕРЖАНИЕ CO₂ В АЛЬВЕОЛЯРНОМ ВОЗДУХЕ

ОБСТРУКТИВНЫЕ НАРУШЕНИЯ – ПРЕПЯТСТВИЕ ДВИЖЕНИЮ ВОЗДУХА ПО ВОЗДУХОНОСНЫМ ПУТЯМ. ЗАТРУДНЕН ВЫДОХ

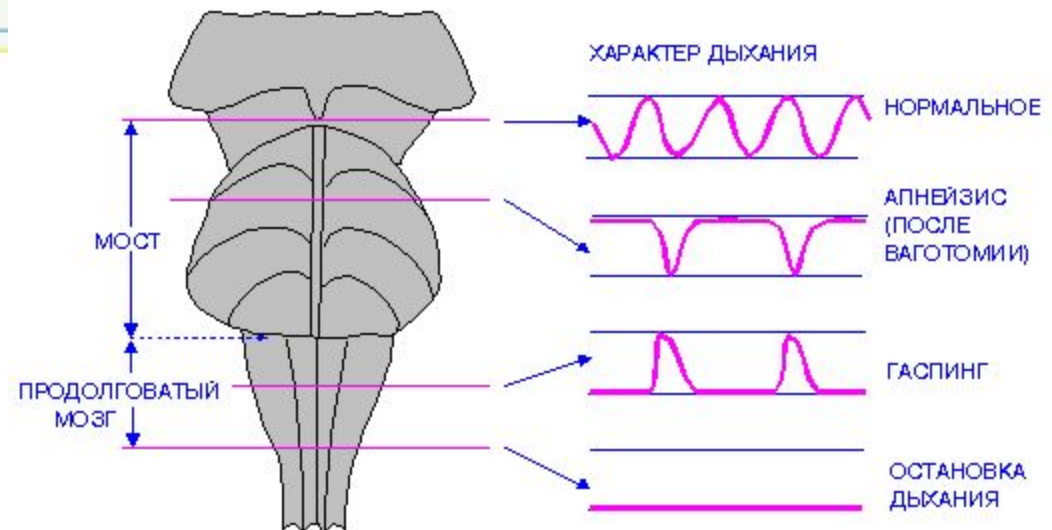


Регуляция внешнего дыхания

Регулируемые параметры – **частота и глубина дыхания**. Создают определенный рисунок (паттерн) дыхания

Регулируется центральной нервной системой – **дыхательным центром**

Дыхательный центр



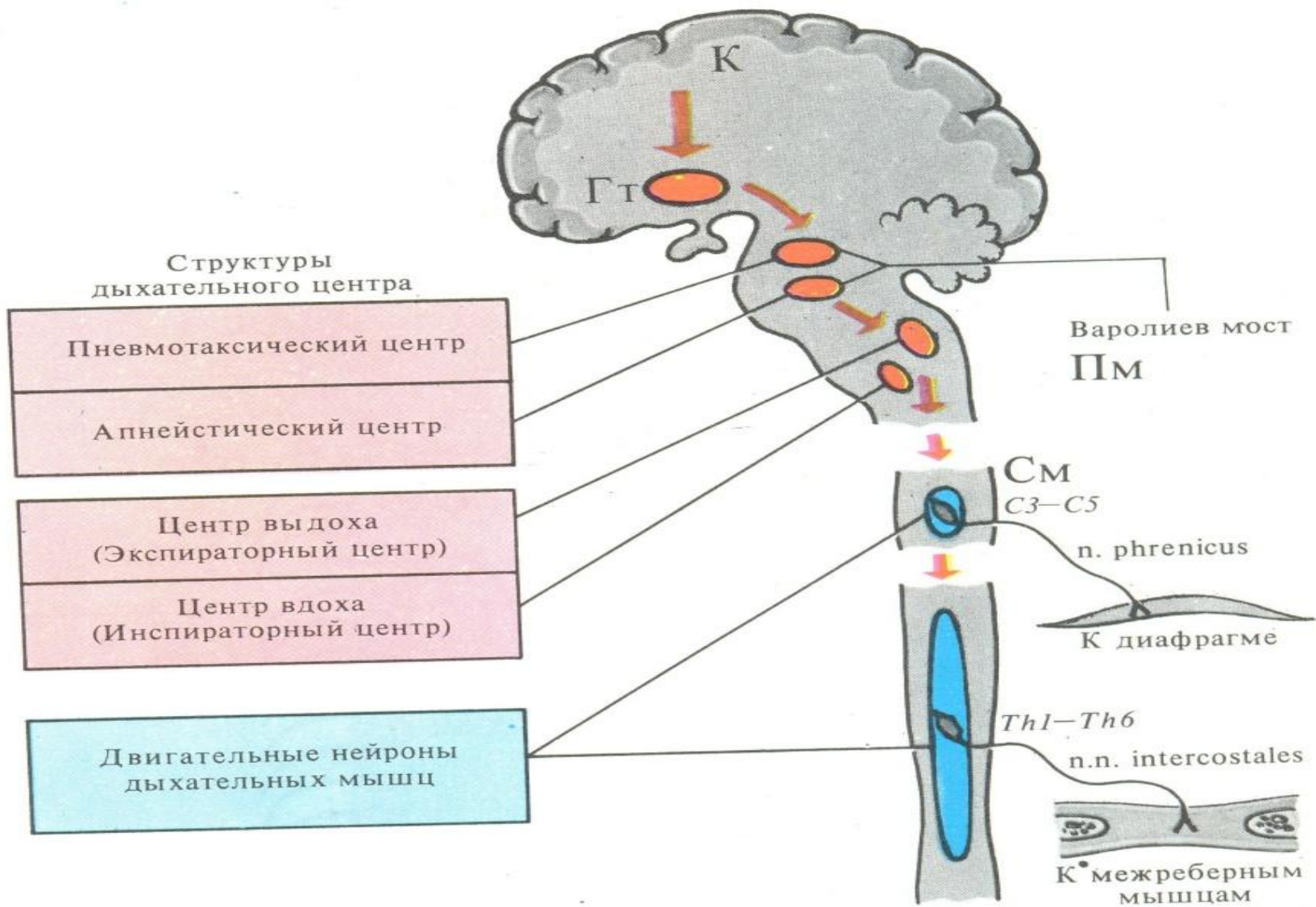
Влияние перерезок на разных уровнях ствола мозга на дыхание (вентральная поверхность ствола мозга).

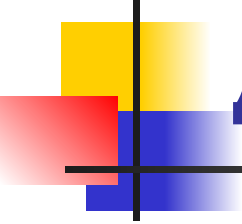
(Schmidt R.F., Thews G., "Human Physiology", 1989.)



Дыхательный центр

- **Бульбарный отдел** – главное представительство (по Н.А. Миславскому). Обеспечивает автоматическую саморегуляцию дыхания. Включает инспираторный (ранние и поздние нейроны) и экспираторный отделы
- **Спинальный уровень** – включает мотонейроны передних рогов, иннервирующие дыхательные мышцы (3-5 шейные сегменты-диафрагму; 1-6 грудные сегменты-межреберные мышцы)
- **Область моста**- пневмотаксический центр- регулирует продолжительность вдоха и выдоха (ритм дыхания)
- **Средний мост, мозжечок** – регуляция тонуса дыхательных мышц
- **Гипоталамус** – интеграция дыхания с другими функциями и внешней средой
- **Кора больших полушарий** – произвольная и условно-рефлекторная регуляция дыхания





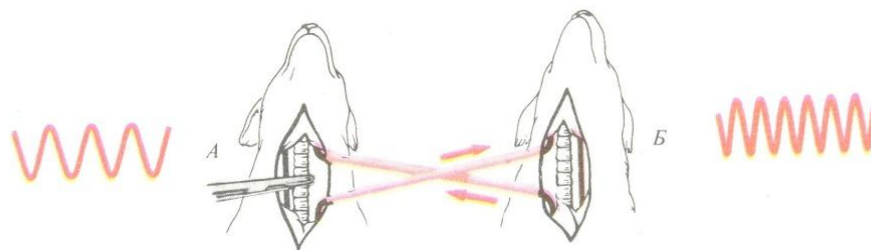
Механизмы возбуждения дыхательного центра

- Гуморальный
- Нейро-гуморальный
- Рефлекторный

ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

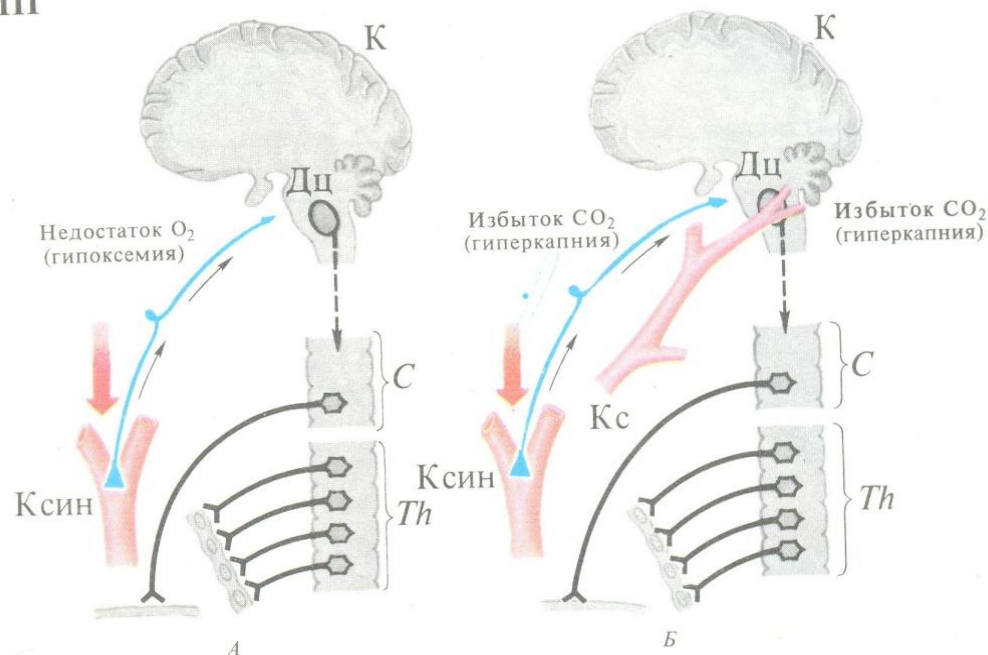
ГУМОРАЛЬНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ
ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА:

- 1 – ГИПОКСИЯ
- 2 - ГИПЕРКАПНИЯ
- 3 - АЦИДОЗ



Примечание. Пережатие трахеи у собаки А вызывает одышку у собаки Б; одышка собаки Б вызывает замедление дыхания у собаки А.

111





ХЕМОРЕЦЕПТОРЫ

- **ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ** (ДУГА АОРТЫ И КАРОТИДНЫЙ СИНУС) – БОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫ К ГИПОКСИИ, ВЫЗЫВАЮТ ТАХИПНОЭ (УЧАЩЕНИЕ ДЫХАНИЯ)
- **ЦЕНТРАЛЬНЫЕ** (БУЛЬБАРНЫЕ) – БОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫ К ИОНАМ ВОДОРОДА И УГЛЕКИСЛОМУ ГАЗУ, ПРИВОДЯТ К УВЕЛИЧЕНИЮ ГЛУБИНЫ ДЫХАНИЯ (ГИПЕРПНОЭ)

РЕФЛЕКТОРНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

- **РЕФЛЕКС ГЕРИНГА-БРЕЙЕРА**

(ИНСПИРАТОРНО-ТОРМОЗЯЩИЙ) – С МЕХАНОРЕЦЕПТОРОВ ЛЕГКИХ ПРИ ИХ РАСТЯЖЕНИИ. **ЗНАЧЕНИЕ:** РЕГУЛЯЦИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ДЫХАНИЯ; ПРЕПЯТСТВУЕТ ПЕРЕРАСТЯЖЕНИЮ ЛЁГКИХ

229

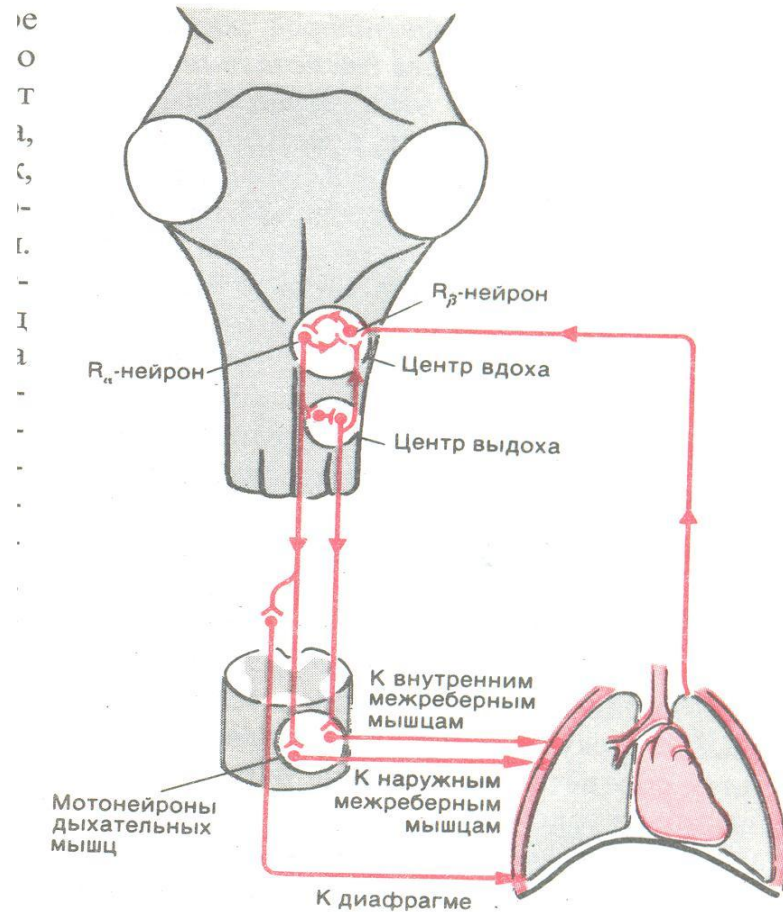


Рис. 19-28. Схема нервной цепи, отвечающей за

РЕФЛЕКТОРНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ



- **ТОРМОЗНЫЕ РЕФЛЕКСЫ** С ХОЛОДОВЫХ И МЕХАНОРЕЦЕПТОРОВ ВОЗДУХОНОСНЫХ ПУТЕЙ (РЕФЛЕКС НЫРЯЛЬЩИКОВ), ИРРИТАНТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ (ХЕМО- И МЕХАНОРЕЦЕПТОРЫ ВОЗДУХОНОСНЫХ ПУТЕЙ), J-РЕЦЕПТОРОВ ИНТЕРСТИЦИЯ (ЮКСТАКАПИЛЛЯРНЫЕ), С БАРОРЕЦЕПТОРОВ СОСУДИСТЫХ РЕФЛЕКСОГЕННЫХ ЗОН
- **ВОЗБУЖДАЮЩИЕ РЕФЛЕКСЫ** – С ПРОПРИОРЕЦЕПТОРОВ СКЕЛЕТНЫХ И ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ, ЭКСТЕРОРЕЦЕПТОРОВ, ОБОНЯТЕЛЬНЫХ РЕЦЕПТОРОВ ПРИ ИХ РАЗДРАЖЕНИИ ПАХУЧИМИ ВЕЩЕСТВАМИ УМЕРЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПРИНЮХИВАНИЕ)

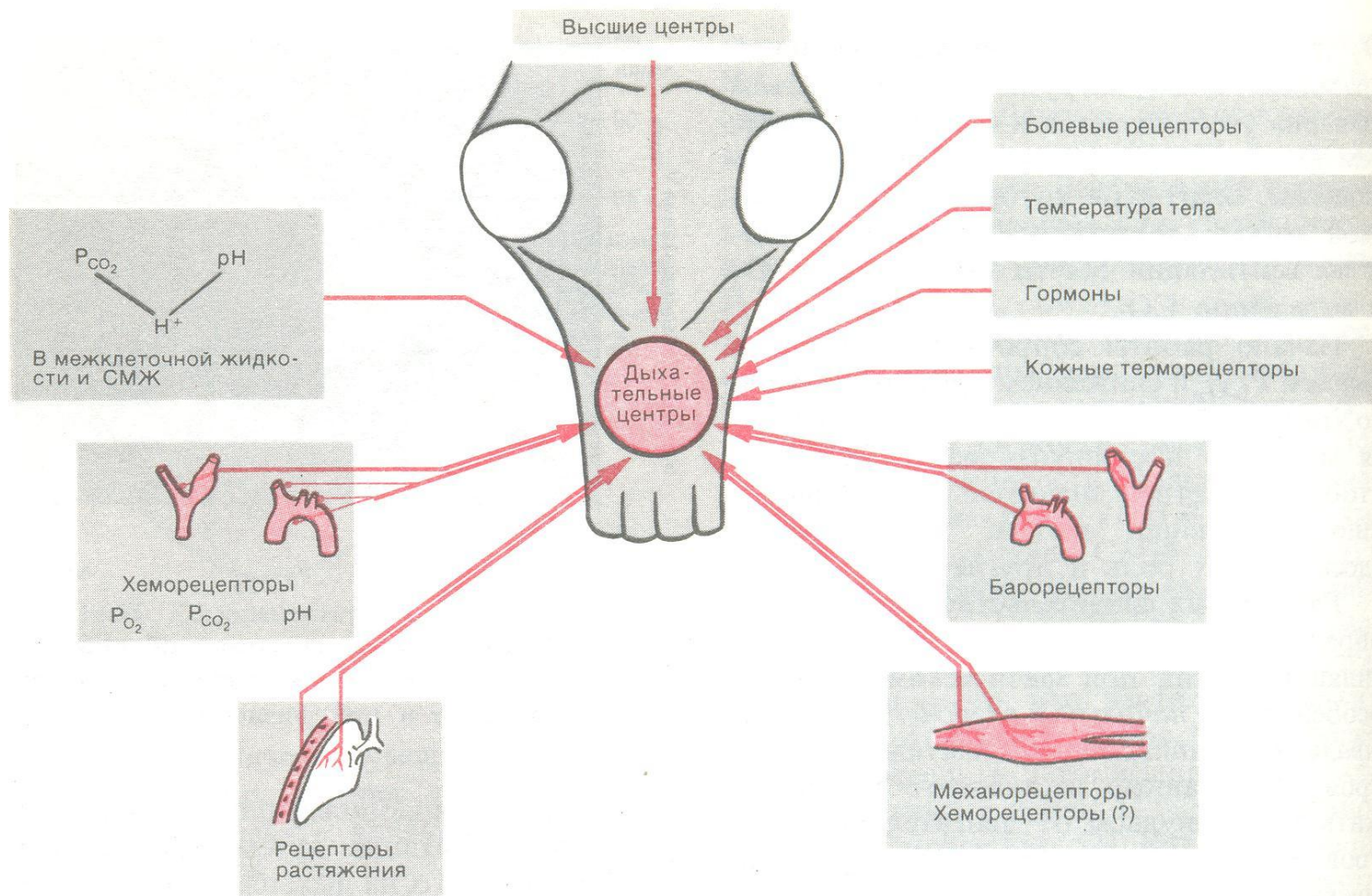
Рефлекторная регуляция дыхания

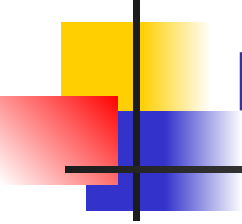


Регуляция дыхания

236

19. ЛЕГОЧНОЕ ДЫХАНИЕ





Механизм 1-го вдоха новорожденного

- Гуморальный (гипоксия и гиперкапния при пережатии пуповины)
- Рефлекторный с экстеро- и проприорецепторов
- Освобождение дыхательных путей от слизи и жидкости

Функциональная система дыхания

