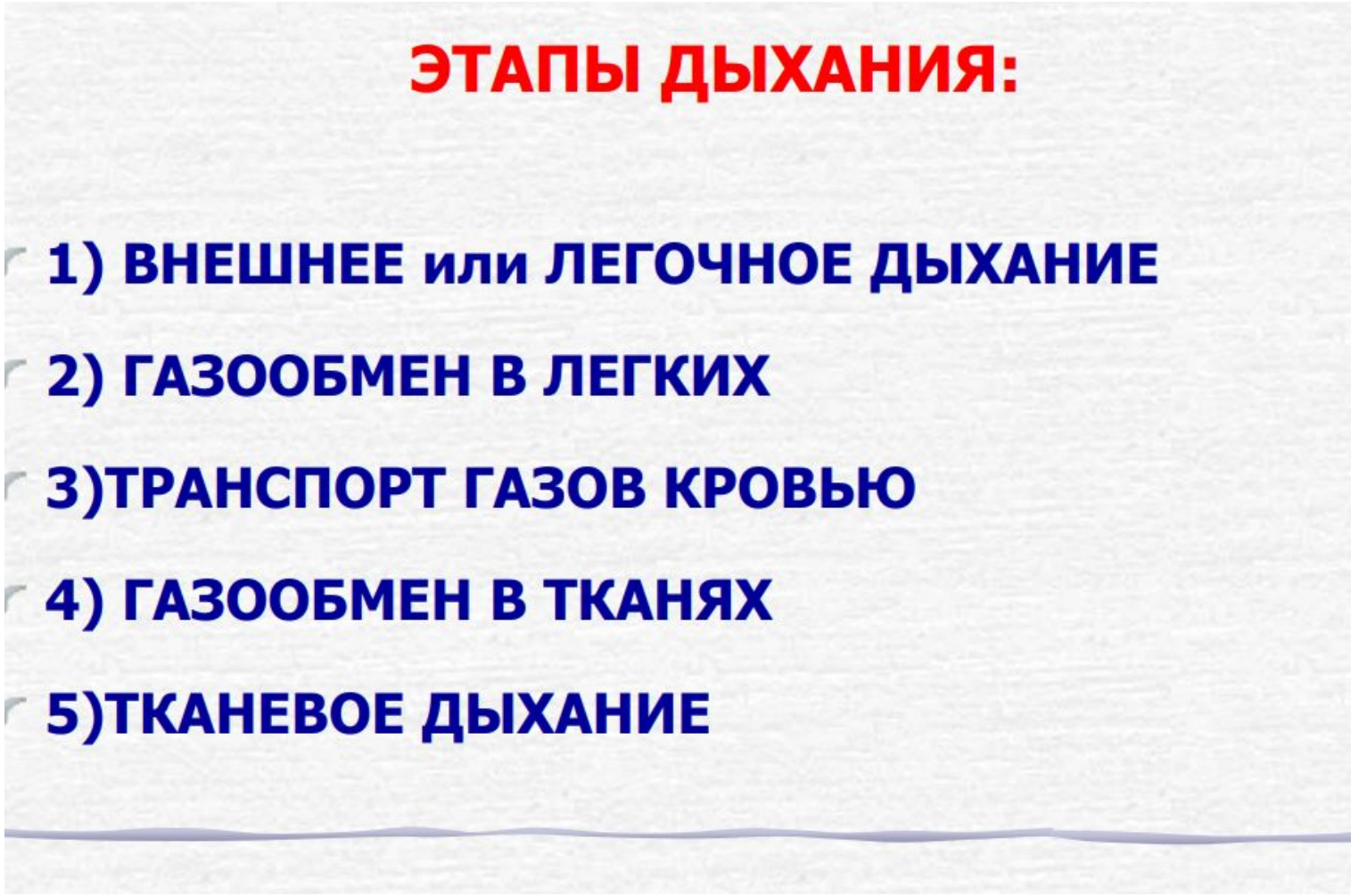
1. Понятие о дыхании и его этапах.

1. Дыхание – это физиологический процесс, обеспечивающий газообмен в организме, обмен кислорода и углекислого газа.



2. Морфофункциональные особенности верхних и нижних дыхательных путей. Местная, гуморальная и нервная регуляция просвета дыхательных путей

Все пути по функциям можно разделить на **транзитные(проводящие)** и **респираторные**.

Верхние дыхательные пути= органы пересекающиеся с ЖКТ+бронхиальное древо

Нижние дыхательные пути= альвеолярное древо

Начиная от трахеи и заканчивая альвеолярными мешочками происходит 23 дихотомического деления(каждый путь разделяется на 2 меньших по диаметру)

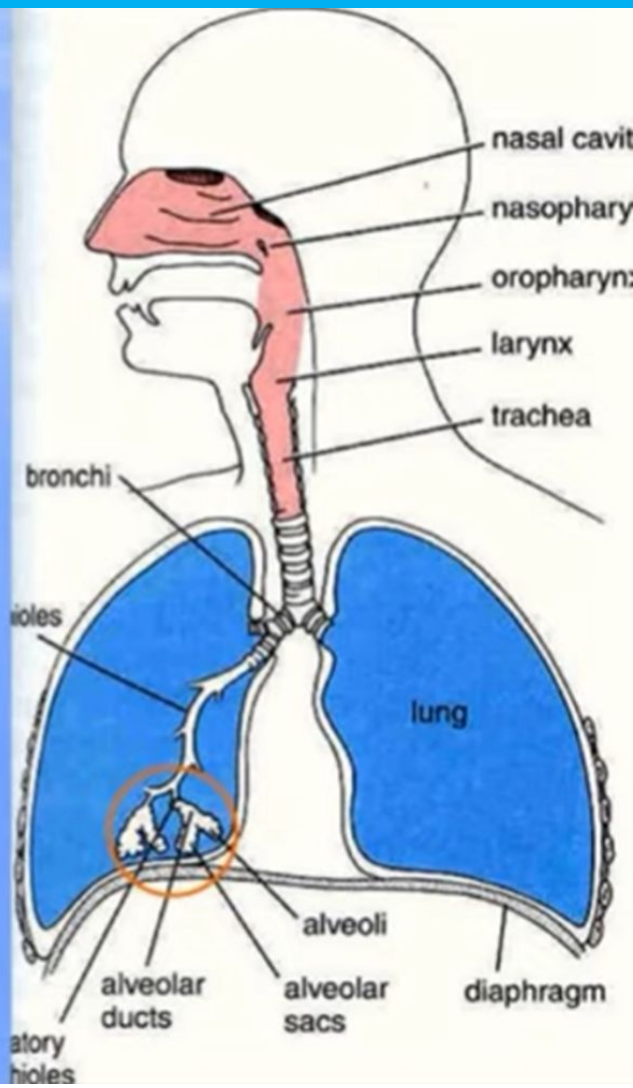
Отделы и Органы дыхательной системы:

Воздухоносные пути:

- Носовая полость,
- Носоглотка,
- Гортань,
- Трахея ,
- *Бронхи*
- *Бронхиолы.*

Респираторный отдел:

Состоит из ацинусов – функц.-структ. ед. (респираторные бронхиолы, ходы, мешочки. *(везде альвеолы)*



Верхние дыхательные пути(16 делений)

Особенности.

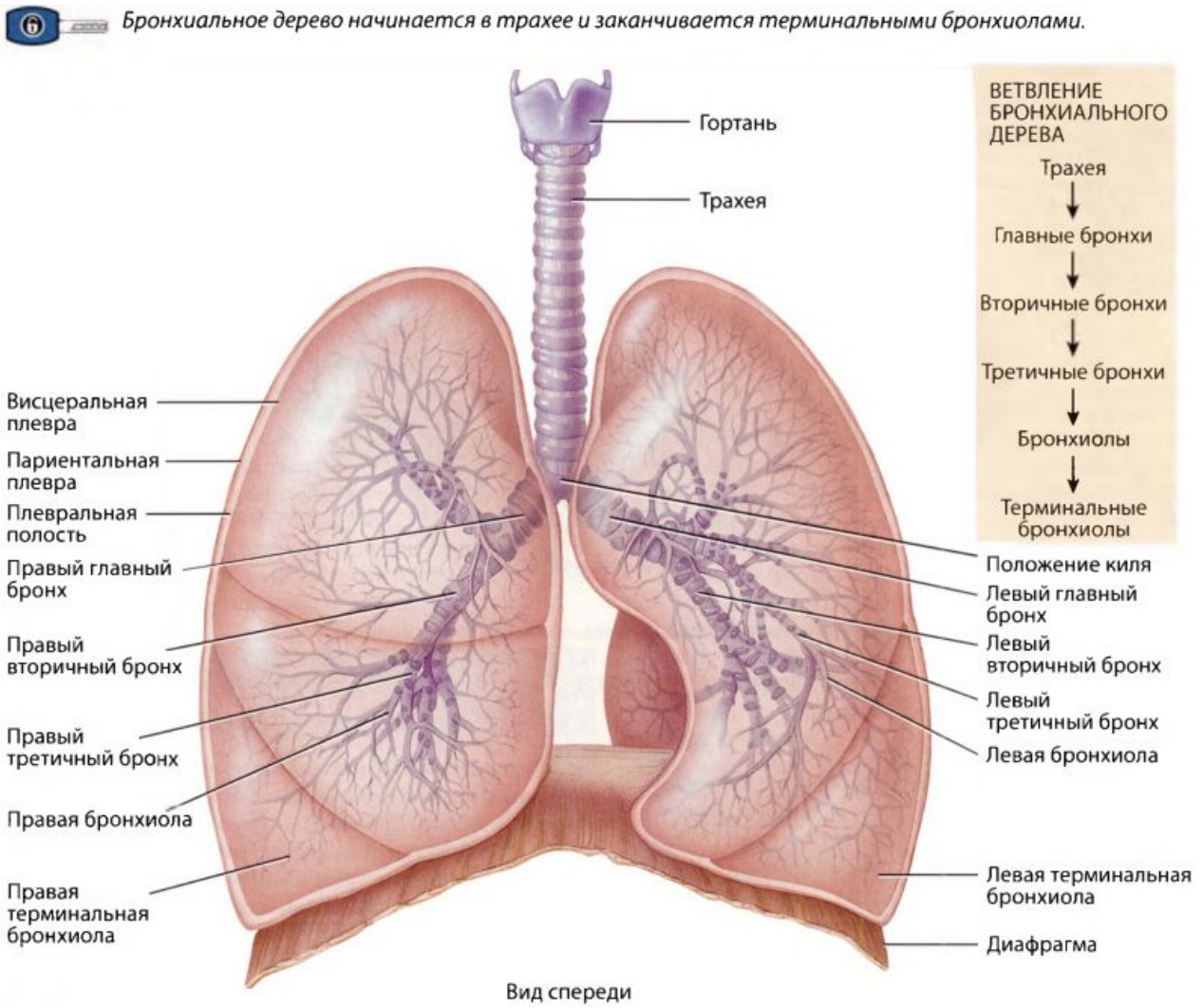
1. Постепенное исчезновения хрящевой пластинки и увеличение доли мышечной оболочки.

2. От трахеи – до средних бронхов в стенке присутствуют хрящевые пластинки – это зона **не может спадаться** ни при каких условиях

3. От мелких бронхов до терминальных бронхиол может активно регулироваться просвет путей из – за наличия выраженной мышечной оболочки, с этой зоной связана бронхиальная астма.

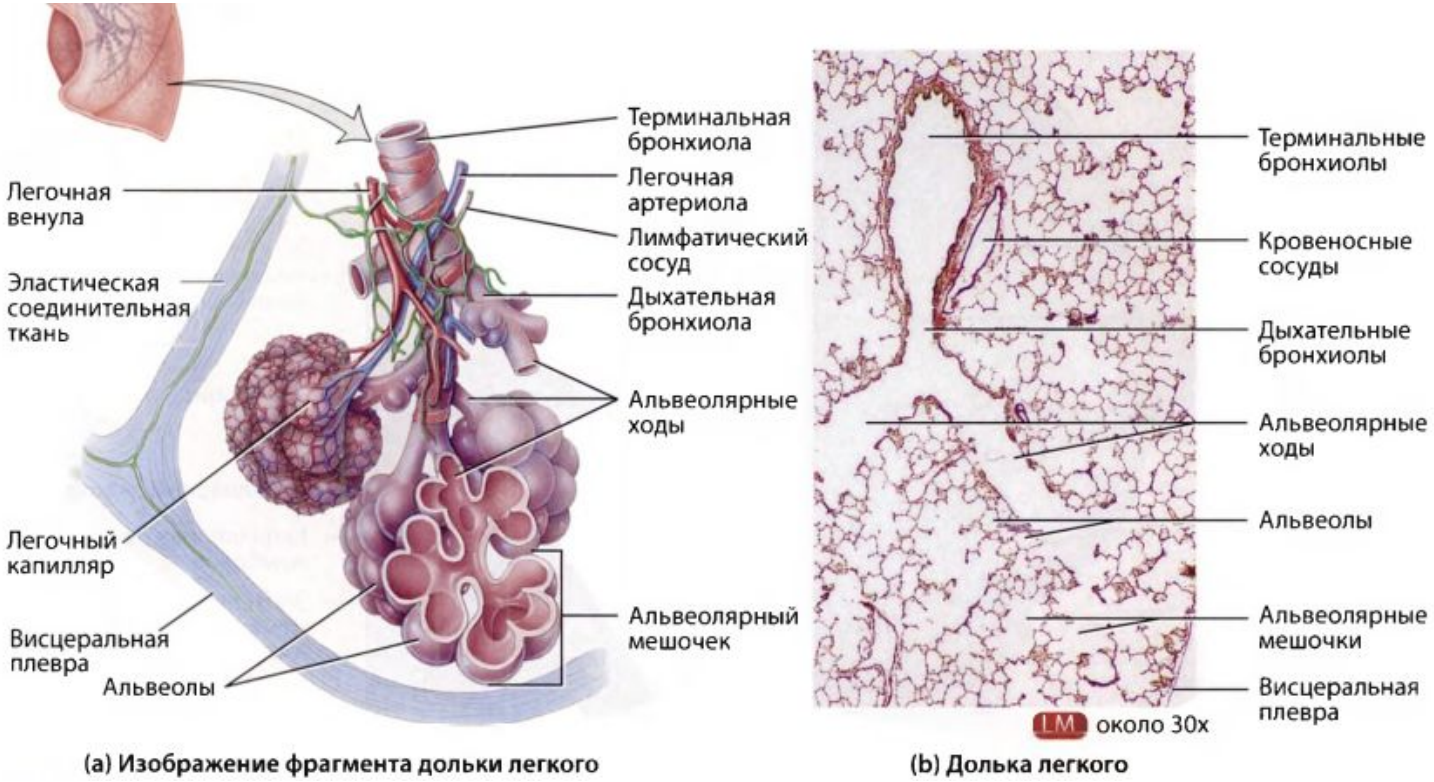
Функции.

Это **транзитная зона,** здесь не происходит газообмена, а только проведение и подготовка воздуха - увлажнение, согревание, регулировка просвета.



Нижние дыхательные пути.
Начало функции газообмена

1. **Респираторные бронхиолы.** Есть отдельные вставочные бронхиолы в виде «пуговок», на эту зону приходится лишь 2% от всего газообмена.
2. **Альвеолярные ходы.** Альвеол больше, представляют собой сплошную тянущуюся линию
3. **Альвеолярные мешочки.** Зона наибольшей концетрации альвеол.



(a) Изображение фрагмента дольки легкого

(b) Долька легкого

Нервная регуляция дыхательных путей. Через вегетативную систему.

2.Симпатика – расслабление гладкой мускулатуры. Человек бежит, ему нужно больше кислорода, просвет путей увеличивается

2. Парасимпатика – повышения тонус миоцитов. Животное на зиму впадает в спячку, энергии столько не нужно, дыхательные пути сужаются.

Местная регуляция дыхательных путей.

Связана с наличие одноклеточных эндокриноцитов в стенке трахеи, бронхов, выделяющие гормоны паракринного действия(серотонин, норадреналин), иначе их клетки мишени находятся рядом с ними. Серотонин – сжимает, норадреналин расслабляет.

Гуморальная регуляция дыхательных путей.

Действует уже через гормоны эндокринного действия(тоесть через кровь), впервую очередь это **адреналин** надпочечников, он мобилизует ресурсы организма в момент опасности, в том числе расширяет дыхательные пути, обеспечивая таким образом максимальную вентиляцию легких.

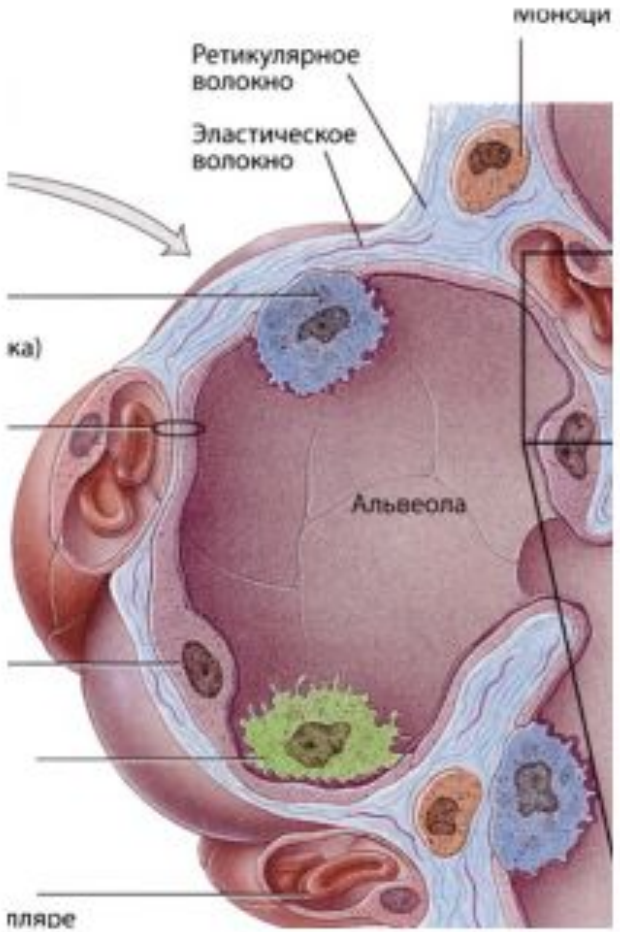
3. Физиология дыхательных путей. Респираторное сопротивление.

Сопротивление (R)

- **Упругое сопротивление (40 %)**
  - **эластичность органов и тканей** (в первую очередь эластическими структурами в составе лёгкого, вмонтированными практически во все воздухоносные пути, их особенно много на уровне альвеол) – 40 % упругого сопротивления
  - **силы поверхностного натяжения на границе раздела фаз** (преимущественно на покрытой сурфактантом поверхности альвеол) -60% от всего упругого сопротивления.
- **Вязкое сопротивление (60%):**
  - **аэродинамическое сопротивление** (90% всего вязкого сопротивления) воздухоносных путей зависит от характера и скорости потока в просвете путей и от суммарной площади поперечного сечения путей
  - **неэластические свойства органов и тканей (около 10%)**

Упругое сопротивление= сила эластических волокон респираторных ацинусов(40%) + поверхностное натяжение(60%)

Чтобы расправить или «раздуть» альвеолы как воздушный шарик, нужно преодолеть силу **эластических волокон**, вставленных в стенки альвеол, к этому еще добавляется **натяжение поверхностной жидкости**



Резистивное или неэластическое, сопротивление

1. Аэродинамическое сопротивление потоку воздуха в дыхательных путях (90%)
2. Динамическое сопротивление всех перемещающихся при дыхании тканей (5%)
3. Инерционное сопротивление всех перемещающихся при дыхании тканей (5%)

Пример – в велоспорте и лыжах есть понятие как «рюкзак», это человек, который едет за лидером в аэродинамической подушке и ему не нужно преодолевать силу рассечения воздуха, соответственно он тратит меньше энергии.

ВЯЗКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

1. Аэродинамическое, так называемая «аэродинамическая подушка», когда воздух проходя через дихотомические деления, вынужден **рассекаться** на более маленькие частички.

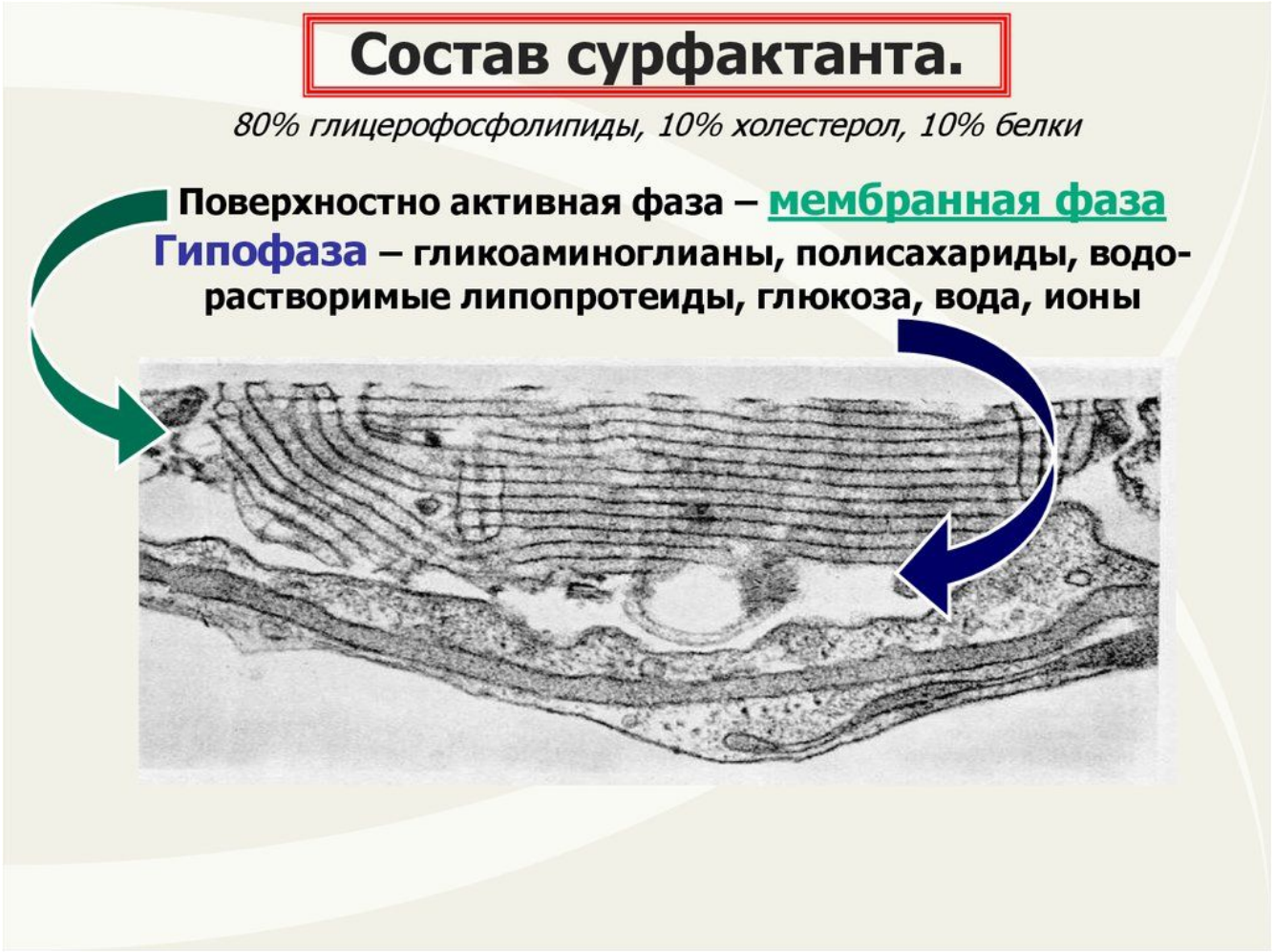
Так как суммарный диаметр на периферии увеличивается из-за большого кол-ва ветвлений

- Основное сопротивление воздуху возникает в зоне конвекции - от трахеи до терминальных бронхов (1-16 –я генерации)
- В транзиторной зоне (17-23-я генерация) и в респираторной зоне (24-я генерация) отсутствует аэродинамическое сопротивление

Эластическое сопротивление, единица его измерения (эластанс) и факторы, влияющие на его величину

1. Эластическое сопротивление= эластичность альвеолярной ткани+ поверхностное натяжение пленки жидкости, выстилающее альвеолы.
2. **Эластанс** – величина эластической тяги легких, возникающая при их увеличении на 1 мл, например человек вдохнул 10 мл воздуха. Возникла определенная потенциальная энергия, при выдоха эта потенциальная энергия перейдет в кинетическую, что обеспечит пассивный выход воздуха, действие схоже с разжиманием пружины.
3. Обязательно нужно помнить про сурфактант, это **липидная пленочка** вокруг альвеолы, которая помогает преодолеть сопротивления вдоха, с другой стороны он не дает спадаться альвеолам при выдохе, без него ацинусы просто сдуются как легочные шарики.
4. Факторы – 1)соотношение эластических и коллагеновых волокон в альвеолярной стенке. 2) толщина стенки альвеол, которую определяют эластические волокна.

Для преодоления упругого сопротивления одной силы мышц недостаточность, так на поверхности альвеол есть липидная пленочка – **сурфактант**, который помогает преодолеть инерцию покоя.
Поэтому у недоношенных детей бывает недостаток этого вещества и их подключают к искусственной вентиляции, чтобы сохранить жизнь



Растяжимость и податливость – свойства характеризующие сколько нужно потратить силы, чтобы например увеличить вентиляцию на 1%

- Растяжимость, или податливость легких - величина, обратная эластансу - изменение объема легких при снижении альвеолярного давления на 1 см водного столба. (compliance, C=1/E)

C — количественный показатель, характеризующий упругие свойства лёгких

- У мужчин растяжимость легкого
- 0,22-0,24 л/см водного столба
- У женщин растяжимость легкого 0,16-0,18 л/см водного столба

Патологии растяжимости

- При эмфиземе легких растяжимость легкого возрастает (феномен «старой резины») - это облегчает вдох, но затрудняет выдох
- При фиброзе растяжимость легких снижается (ригидность), что затрудняет вдох

4. **Биомеханика внешнего дыхания – изменения объема грудной полости при вдохе и выдохе, изменение внутриплеврального и внутрилегочного давления при вдохе и выдохе, отрицательное давление в грудной полости и его значение.**

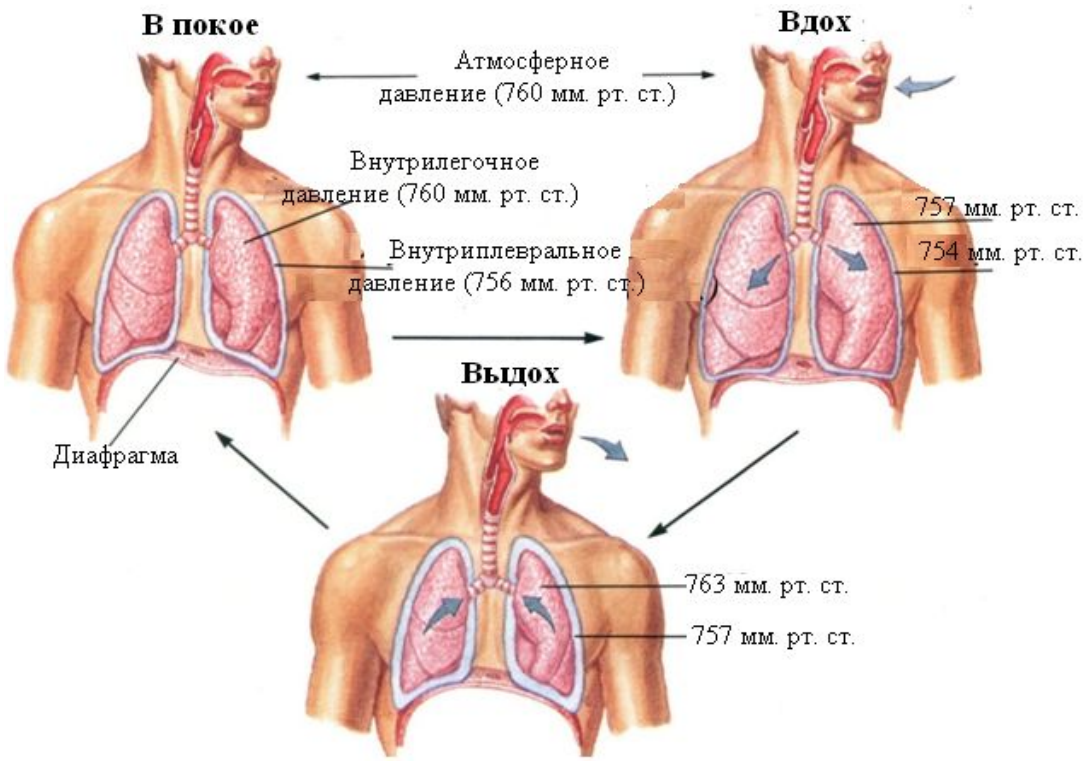
Механизм вдоха.

1. Работа инспираторных мышц
2. Расширение грудной клетки, появления дополнительного пространства и как результат уменьшения давления ниже атмосферного
3. Возникает засасывающая сила, которая расширяет плевру, давление в внутриплевральное пространстве так же уменьшается
4. Расширяется паренхима легких, появляются свободные альвеолярные пространства, куда и стремится попасть вдыхаемый воздух.

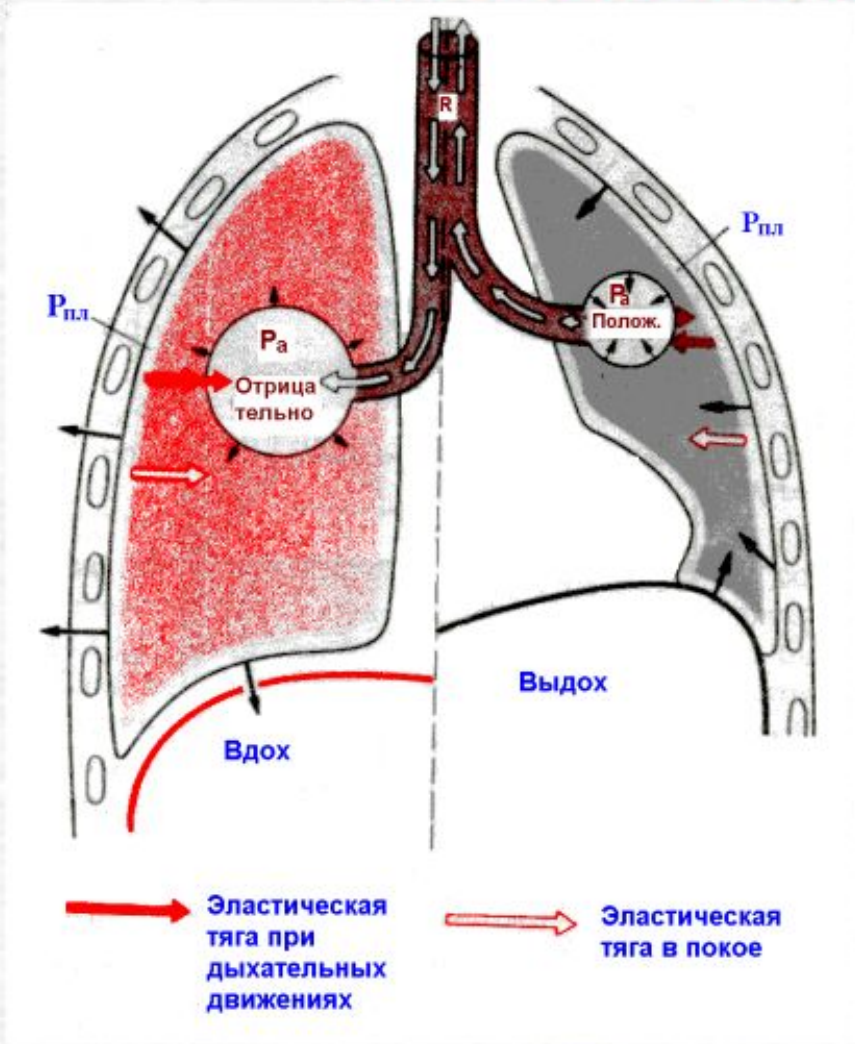
Механизм выдоха.

1. Работа эластической сила и экспираторных мышц – возникает выталкивающая сила за счет уменьшения давления.
2. Процесс идет так же, но уже в обратном порядке.
3. Главная роль принадлежит не мышцам, а эластической тяге альвеолярной ткани.

Роль отрицательно давления поддержания легких в расправленном состоянии, чтобы они не спадались.



Механизм вдоха и выдоха



- Транспульмональное давление: $Р_{трп} = Р_{альв} - Р_{плевр}$
- На вдохе $Р_{плевр}$ = -9мм рт ст
- Перед вдохом $Р_{плевр}$ = - 3 мм рт ст
- На выдохе $Р_{плевр}$ = +4-10 мм рт ст
- Трансреспираторное давление: $Р_{трр} = Р_{альв.} - Р_{внешн.}$
- На вдохе: $Р_{трр}$ = 756 - 760 = - 4 мм рт ст
- На выдохе: $Р_{трр}$ = 764 - 760 =+ 4 мм рт ст
- Эластическая тяга дыхания = эластическая тяга легких + эластическая тяга грудной клетки

6.Недыхательные (выделительная, эндокринная, поддержание pH и др.) функции легких

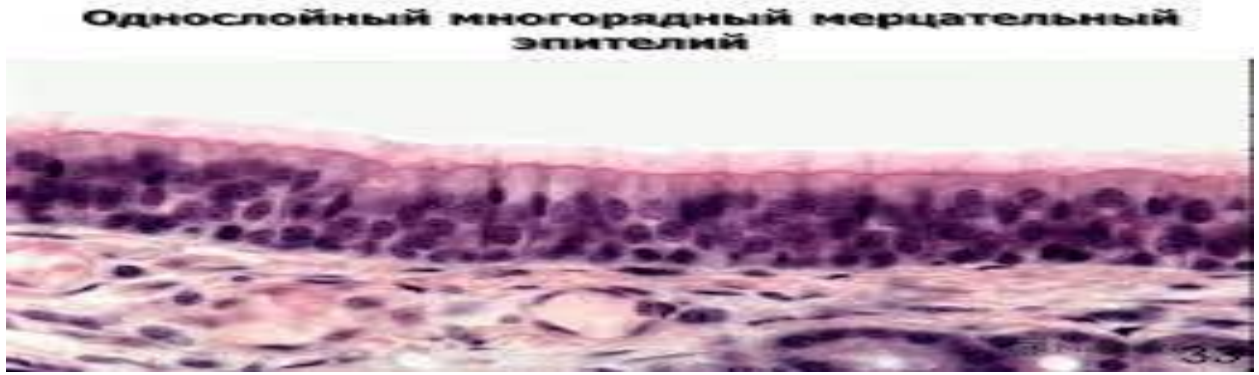
1. **Выделительная.**

Главное выделяемое вещество это **углекислый газ** – метаболит газообмена, например на 1 л выделяемого воздуха приходится 4% или 40 мл CO_2. Другие продукты обмена – ацетон, аммиак,

Процентный состав газовых смесей

воздух	O_2	CO_2
вдыхаемый	20,83	0,03
выдыхаемый	16,0	4,5
альвеолярный	14,0	5,5

Очень важна роль при выделении так называемого **респираторного мерцательного эпителия.** причем мерцает он против тока воздуха, обеспечивая выделения микробов осевших на слизистой оболочке.



Еще очень важно выделение воды и выделение тепла как механизм охлаждения при высоких температурах.

У людей с нарушенной функцией почек часть нагрузки по выведению мочевины берут на себя легкие – выделяют аммиак, отсюда запах изо рта.

2. Эндокринная.

В респираторном эпителий вставлены **одноклеточные эндокриноциты** – клетки эпителиальной природы выделяющие биогенные амины – серотонин, норадреналин, кальцитонин , бомбезин и др. Их объединяет то, что они являются что называется медиаторами местного действия – их клетки мишени это прилежащая респираторная ткань.

Ну например **серотонин**, как тканевый гормон на периферии поддерживает тонус гладких миоцитов, значит его выделение будет сужать просвет дыхательных путей. Человек спит, ему не нужно много кислорода, сигнал из мозга – выделение серотонина – сужение путей как подстраивание под текущие потребности в оксигенизации.

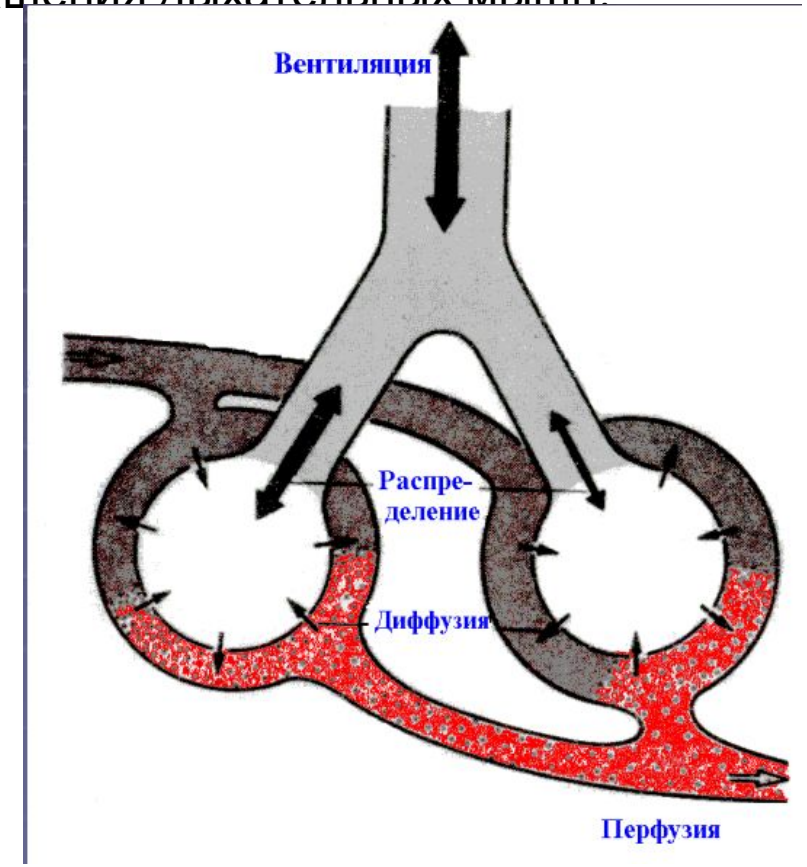
3. Поддержание pH

Все таки поддержание кислотно-щелочного баланса это одно из главных направлений гомеостаза в организме. Накопление углекислого газа в крови само по себе говорит о повышения концетрации угольной кислоты, поэтому выделение CO_2 из крови это не только дополнительный эффект дыхания, но и механизм регуляции pH

Утилизация лактата. Еще известно что например накопившееся молочная кислота или **лактат** при анаэробной работе хорошо утилизируется при легком беге, тоесть при аэробном дыхании. У спортсменов такой бег получил название как активный отдых, после трудных дней всегда необходимо легко побегать, чтобы утилизировать в мышцах лактат.

7. Механизмы газообмена в легких: роль вентиляции, перфузии и диффузии

1. Вентиляция или внешнее дыхание – это процесс транспортировки воздуха из внешней среды в альвеолы и обратно. Основной механизм это **конвекция** – дословно перенос воздуха через транзитные дыхательные пути до респираторной части – легочных ацинусов. Осуществляется за счет создания отрицательного давления в грудной клетки путем сокращения дыхательных мышц.



КОНВЕКЦИЯ

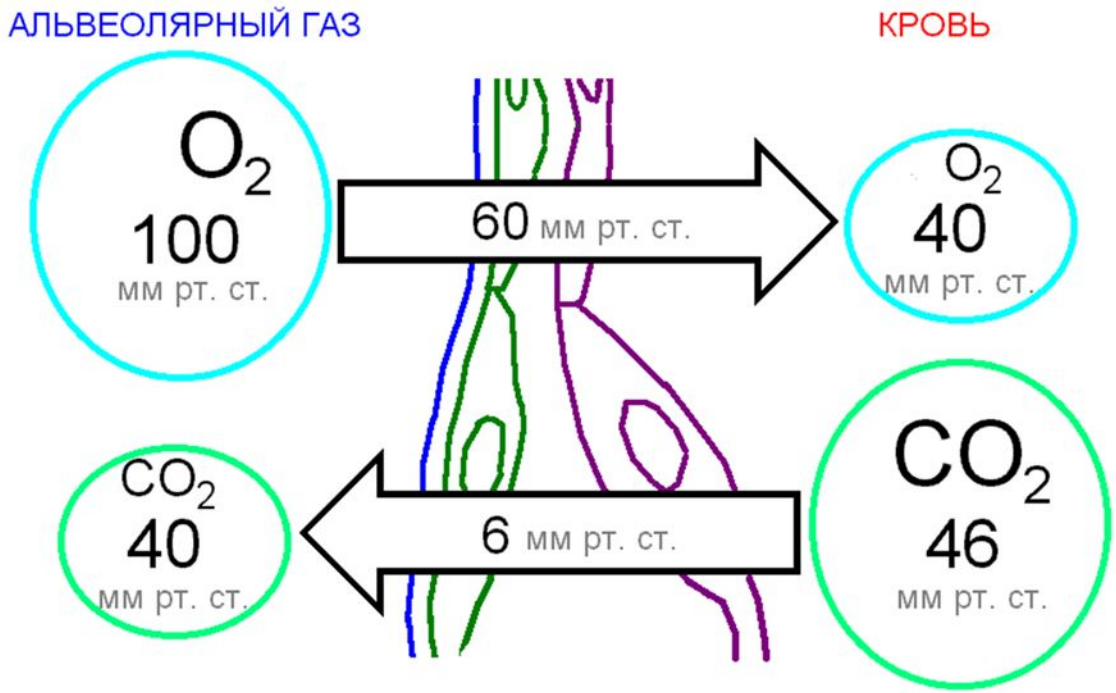
ДВИЖУЩАЯ СИЛА – ГРАДИЕНТ ДАВЛЕНИЯ

для создания необходимо затратить энергию

скорость высокая

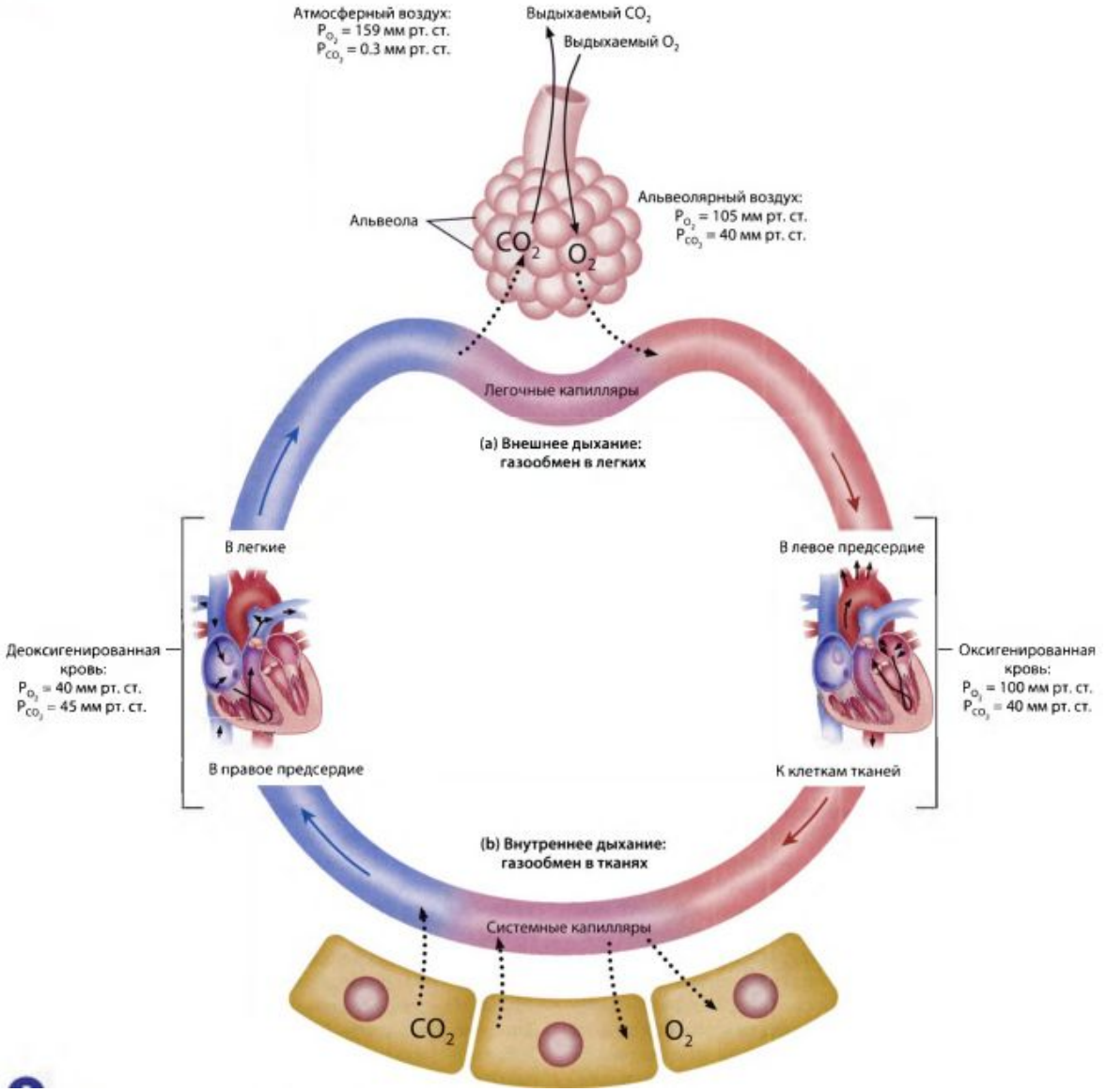
расстояния большие

2. Диффузия. Путь переноса газов из альвеол в кровь или обратно через гематоальвеолярный барьер. Механизм – градиент парциального давления газов. Кислород из альвеол, где в 100 мм рт. Ст идет в венозную кровь в 60 мм, углекислый газ из венозной крови, где 46 мм.рт.ст. идет в альвеолы, где 40 мм.рт.ст.



3. **Перфузия** или гемодинамика в легких. Это понятие описывает движение крови через легкие. Ведь легкие это тот орган, где встречаются 2 круга кровообращения – малый и большой, с точки зрения процесса дыхания важен **малый круг**. Венозная кровь в легкие идет по легочным артериям а выходит артериальные по легочным венам.

Здесь механизм – выталкивающая сила сердца, которая продолжилась на периферические сосуды.



8. Взаимоотношение между вентиляцией и перфузией в легких. Анатомическое, альвеолярное и физиологическое мертвое пространство.

Нужно понимать, что в разных отделах легких вентиляция и перфузия имеют разное соотношение.

1. Так **верхняя зона** грубо говоря зона вентиляции – здесь гемодинамики(перфузии) почти нет, зато сильно развит путь доставки сюда воздуха или вентиляция
2. **Средняя зона** – оба процесса в равных соотношениях,
3. **Нижняя зона** – зона с преобладанием перфузии.

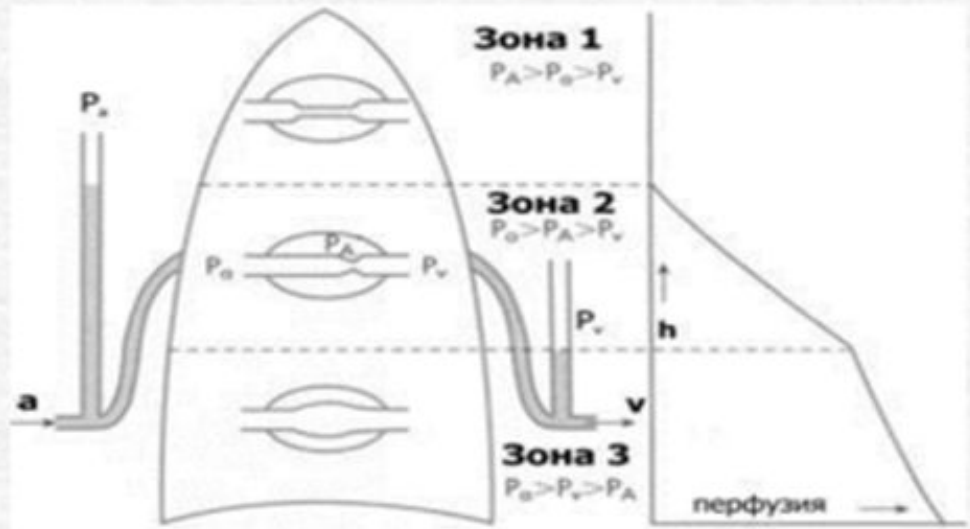
Такое разделение появилось потому что большая часть крови направляется вниз легких под действием силы тяжести, оставляя верхнюю часть буквально «голой» , там недостаточно артериального давления(Ра), чтобы кровь прошла через пережатую альвеолярным давлением(РА) паренхиму.

Зона 1. (PA > Pa > Pv) Альвеолярное давление здесь настолько велико, что пережимает паренхиму и не дает проходить крови, поэтому здесь кровоток **сильно затруднен**

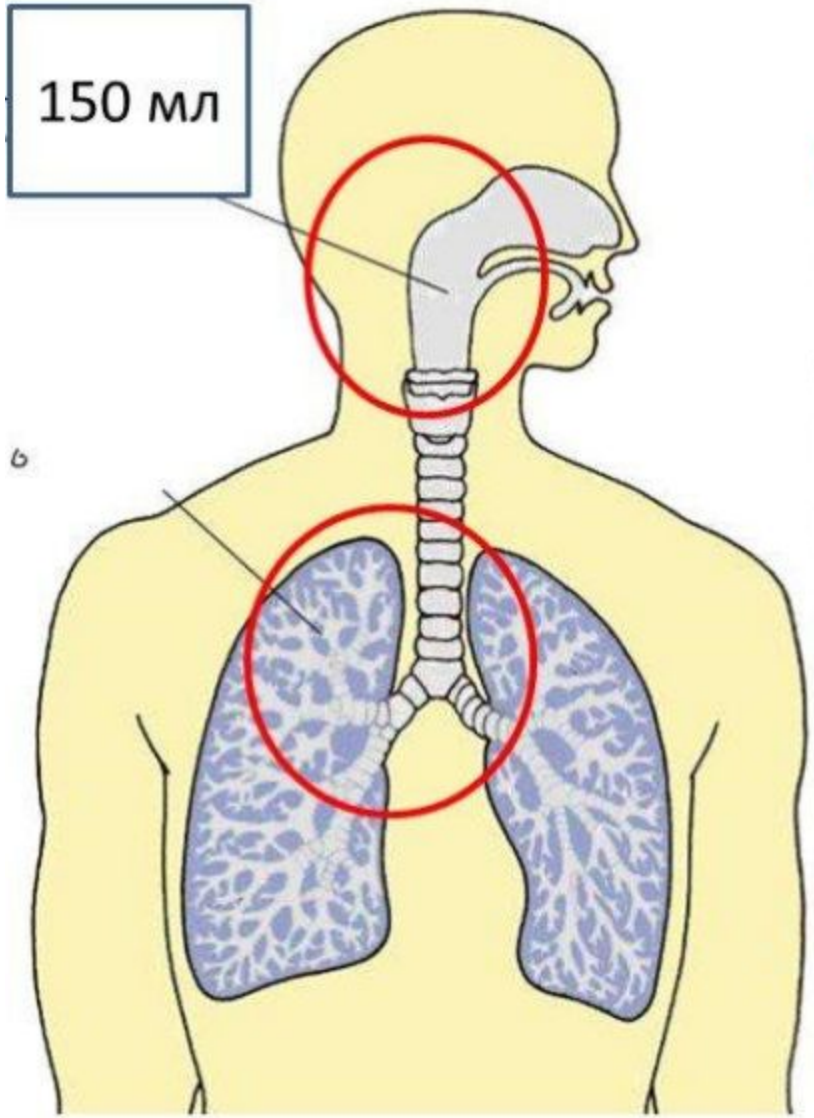
Зона 2. (Pa > PA > Pv) Давления крови из приносящих артерий достаточно, чтобы пройти через сосуды паренхимы, кровоток **здесь интенсивнее**
Кровоток определяется градиентом давления **Pa – PA**

Зона 3. (Pa > Pv > PA). Здесь перфузию определяет разность между **Pa и Pv**, тоесть разность между легочной артерией и легочной веной, альвеолярное давление (PA) здесь значение не имеет, поэтому прекращение кровотока здесь **невозможно.**

Зоны лёгкого, отличающиеся по параметрам перфузии



Зоны лёгкого, отличающиеся по параметрам перфузии PA — альвеолярное давление, Pa — артериальное давление, Pv — венозное давление, a — артериальный кровоток, v — венозный кровоток, h — расстояние области лёгкого от положения начала лёгочного ствола.



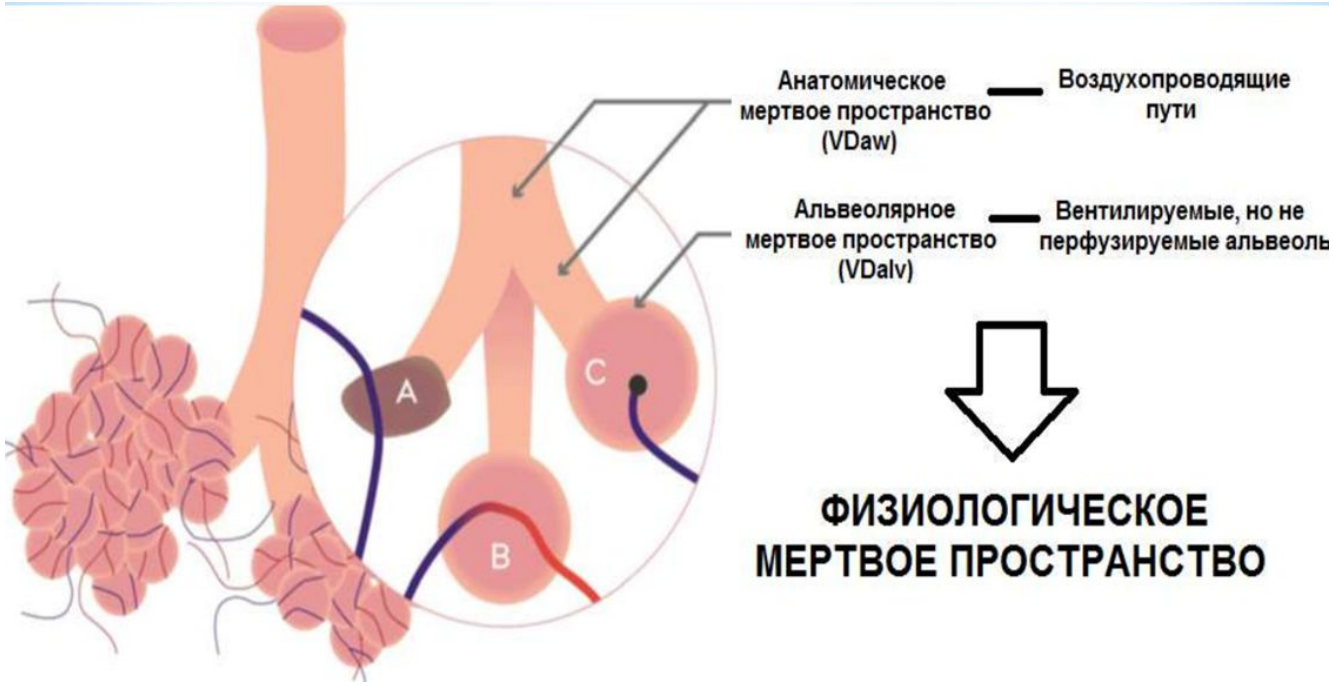
Мертвое пространство образовано областями органов дыхания без газообмена с кровью. Это дыхательные пути и бронхи. Объем мертвого пространства - около 150 мл, (30% ДО при спокойном дыхании)

В обычных условиях почти треть вдыхаемого воздуха не участвует в газообмене.

1/3 вентилируемого воздуха вентилируется в **МП(анатомическое мертвое пространство),** он не учувствует в газообмене, а лишь перемещается как поршень при вдохе и выдохе – характерно для ТРАНЗИТНОЙ ЗОНЫ(верхние дыхательные пути)

Альвеолярное мертвое пространство – те альвеолы в РЕСПИРАТОРНОЙ ЗОНЕ(нижние дыхательные пути), которые находясь в резерве тоже не вентилируются, к ним подходят венулы, но артериолы не выходят

Физиологическое МП – сумма этих двух пространств.



Мертвое пространство(МП)

МП- это все дыхательные пути в которых не идет газообмен

Физиологическое значение: соотношение ДО и МП –это фактор, определяющий эффективность дыхания.

Анатомическое МП - объем воздуха, находящийся в верхних дыхательных путях, не участвующий в газообмене (трахея, бронхи, бронхиолы). 30% ДО (150 мл.)

Альвеолярное МП – объем воздуха, находящийся в альвеолах, которые не перфузируются кровью

Физиологическое (функциональное) МП - это сумма объемов воздуха, находящегося в анатомическом и в альвеолярном МП

В норме Анатомическое МП = Физиологическое МП

9. Особенности диффузии газов между альвеолярным воздухом и капиллярами легких – структура и свойства легочной мембраны; диффузионная поверхность, закон диффузии Фика.

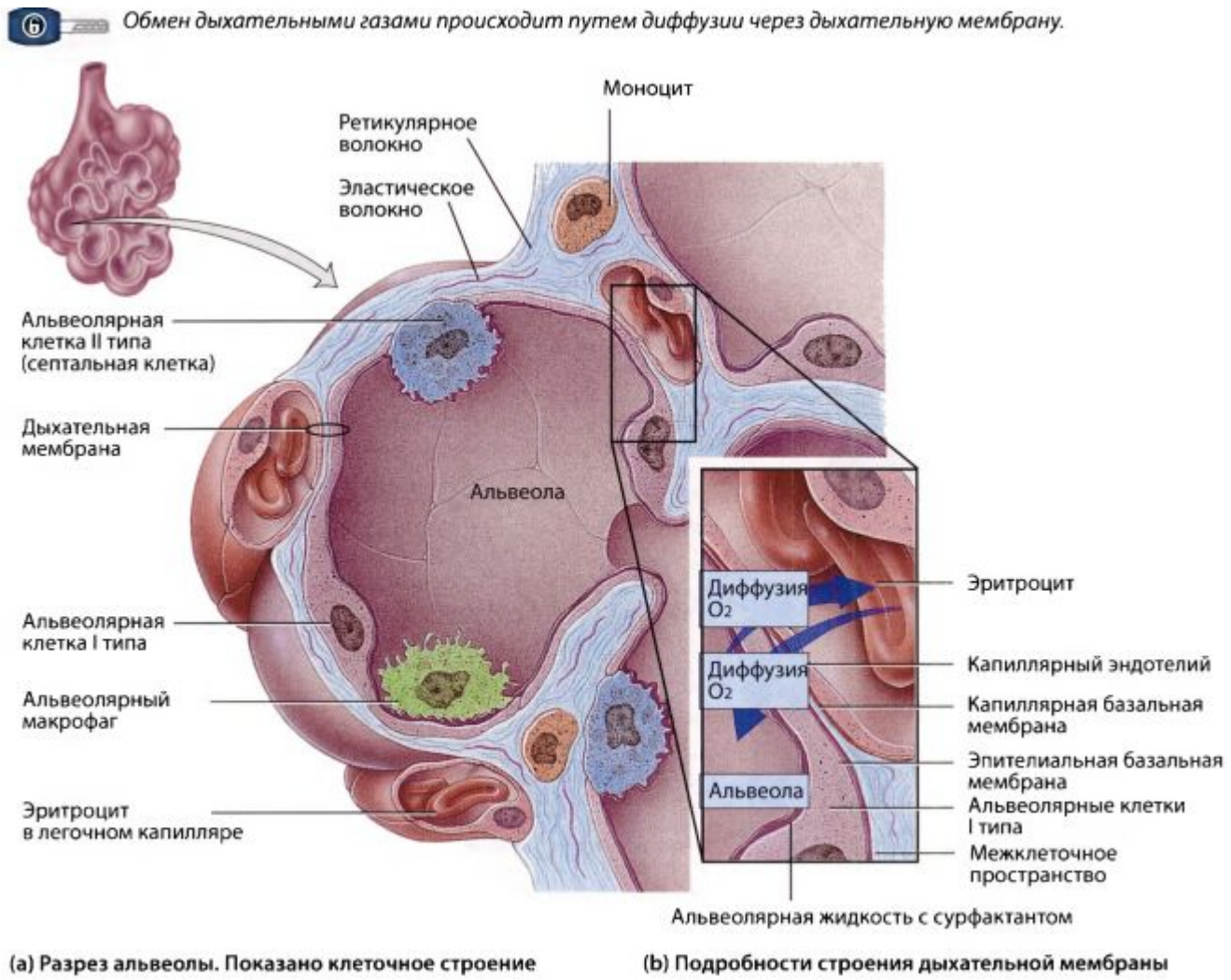
1. Главная особенность – это наличие гематоальвеолярного барьера.

После первого этапа внешнего дыхания начинается второй этап, их разграничивает на гистологическом уровне **аэрогематический барьер**:

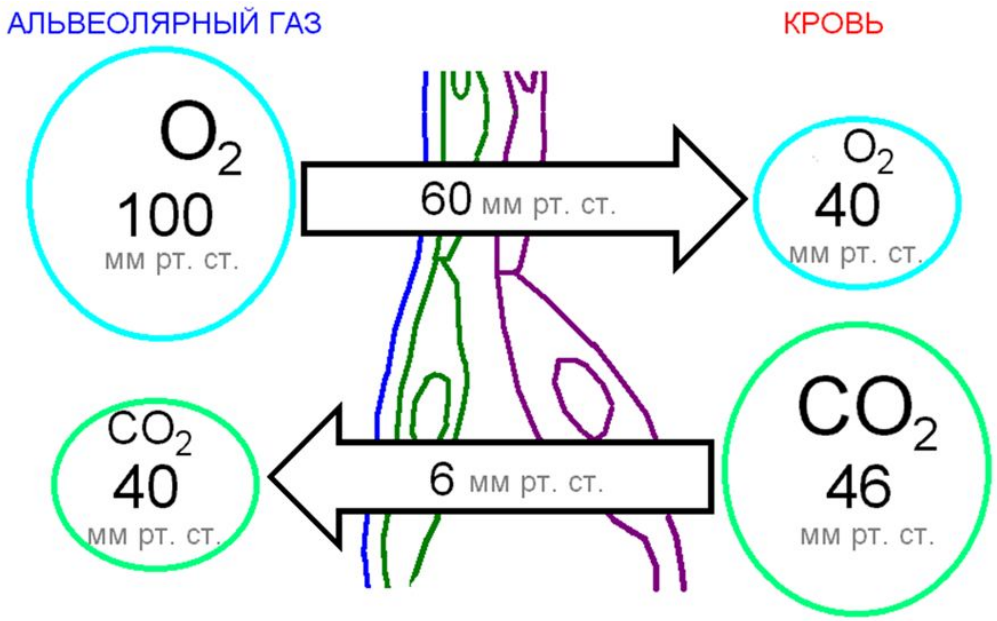
1. **Липидная пленочка сурфактанта**
2. **Базальная мембрана альвеоцита**
3. **Собственно клетка-альвеоцит**
4. **Базальная мембрана эндотелия капилляров**
5. **Сама клетка эндотелиоцит**

Свойства легочной мембраны –

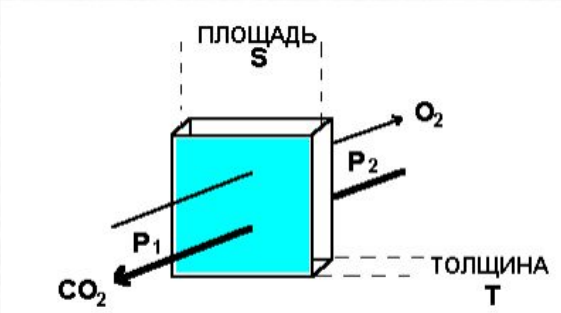
1. Избирательная проницаемость,
2. Эластичность – большое кол-во эластических волокон
3. Наличие тканевых макрофагов – тоесть иммунокомпетентное свойство.



Закон диффузии Фика. Принцип действия – разница парциального давления газов.



Диффузия газов через барьер



- **ЗАКОН ФИКА**

$$Q_{ГАЗА} = \frac{S \cdot DK \cdot (P_1 - P_2)}{T}$$

- **где: $Q_{газа}$ - объем газа, проходящего через ткань в единицу времени,**
- **S- площадь ткани,**
- **DK-диффузионный коэффициент газа,**
- **(P_1-P_2)-градиент парциального давления газа;**
- **T - толщина барьера ткани**

10. Характеристика инспираторной и экспираторной мускулатуры (виды

Спокойном вдох 4/5 инспирации – это **диафрагма**

Форсированный вдох(сознательная стимуляция из коры) – **вспомогательные мышцы.**

Выдох – в основном пассивный процесс, для резервного выдоха подключаюя Эксп.Мыш.

Грудной тип дыхания – за счет сокращения вспомогательных инспираторных
Брюшной тип дыхания – сокращение диафрагмы.

Дыхательные мышцы

Инспираторные мышцы

- **Основные (обеспечивают вдох в состоянии покоя):**
  - диафрагма
  - наружные межрёберные
  - внутренние межхрящевые
- **Вспомогательные мышцы:**
  - лестничные
  - грудино-ключично-сосцевидные
  - трапециевидные
  - большие и малые грудные

Экспираторные мышцы:

- внутренние межрёберные
- внутренние и наружные косые, прямые и поперечные мышцы живота

Бессознательная иннервация.

Каждый наш вдох и выдох запускается из ПМ, здесь есть особые клетки, которые выполняют роль **водителей дыхательного ритма**, пейсмейкеров. Ночью например каждые 5 сек из ПМ генерируется импульс, обеспечивающие сокращение **диафрагмы и межреберных мышц**

Сознательная иннервация

Здесь подключаются дополнительные инспираторные мышцы, человек при сознательном контроле может сделать что называется **форсированный** выдох или вдох, иначе сознательно ускорить процесс дыхания. Тоесть она направлена на подключение **вспомогательных**

11.Легочные объемы и емкости – методы их определения, должные величины и значение в комплексной оценке внешнего дыхания

Есть, которые нужно знать

4 Легочных объема

3 Легочных Ёмкостей

3 Динамических показателя.

Если объемы и ёмкости характеризуют дыхание на длительном промежутке времени, то динамические это здесь и сейчас. Тем не менее и те и те отражают функциональное состояние легких. Динамические косвенно зависят от

Статичные означает, что их значения не могут измениться здесь и сейчас, нужно как минимум провести много тренировок, чтобы изменить их

СТАТИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- **Дыхательный объем (ДО)** – количество воздуха, поступающего в легкие за один спокойный вдох или выдыхаемого за один выдох (ДО-500 мл)
- **Резервный объем вдоха (РОвд)** – максимальное количество воздуха, которое человек может вдохнуть дополнительно после нормального вдоха (Ровд – 2000-2500 мл)
- **Резервный объем выдоха (РОвыд)** - максимальное количество воздуха, которое человек может выдохнуть дополнительно после нормального выдоха (РОвыд – 1500)
- **Остаточный объем (ОО)** – воздух оставшийся в легких после максимально глубокого выдоха (ОО – 1000-1200 мл)

Суммы статических объемов легких называют ЁМКОСТЯМИ

ЖЕЛ у мужчин= 4-5 л, у женщин = 3-4 л. Есть еще Евд= ДО + РОвд

СТАТИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- **Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)** – наибольшее количество воздуха, которое человек может выдохнуть после максимально глубокого вдоха

ЖЕЛ = ДО + РОвд + РОвыд

- **Общая емкость легких (ОЕЛ)** – количество воздуха, содержащегося в легких на высоте максимального вдоха

ОЕЛ = ЖЕЛ + ОО

- **Функциональная остаточная емкость (ФОЕ)** – количество воздуха, которое остается в легких в конце спокойного выдоха

ФОЕ = РОвыд + ОО

Динамические показатели дыхания.

отражают функциональные способности респираторной системы.

Эти показатели достаточно **лабильны**, зависят от ЧД и тренировонности.

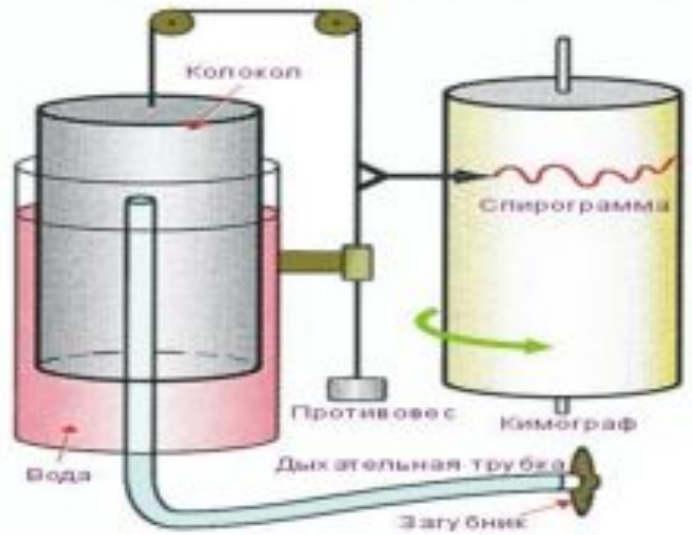
1. МОД – зависит от ЧДД
2. АВ – от ЧДД
3. МВЛ или МПК – от развития ацинусов
4. Все измерения проводятся за 1 мин.

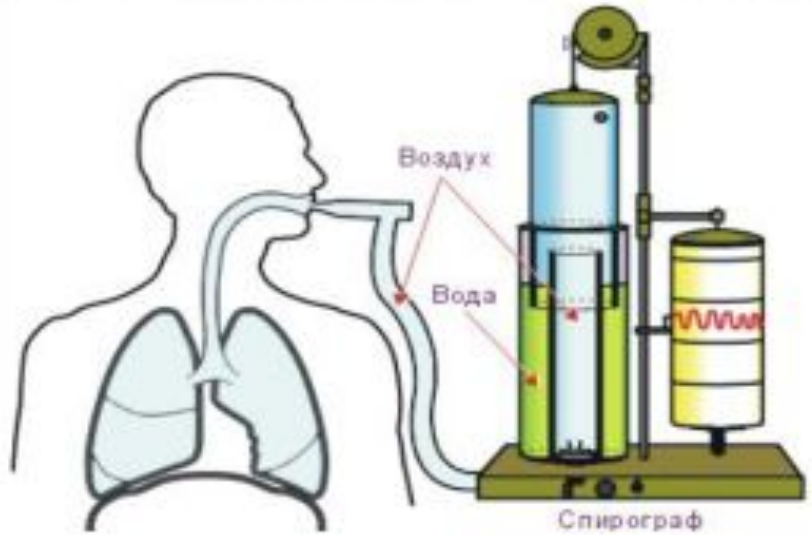
МВЛ – то кол-во воздуха, которое проходит через легкие при max частоте и глубине дыхания. 150-200 л

МОД – это кол-во, поступившего воздуха за минуту. 5-16 л

ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ

- Статичные показатели
- Динамичные (или функциональные) показатели





3.Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – показатель, актуальный для спортсменов, по сути это отражение **МОД** при максимальном вдохе, тоже за 1 мин, когда вопрос об оксигенизации стоит очень остро из-за увеличения затрат энергии. Ну 200 литров в минуту это потрясающий МВЛ.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА В ПОКОЕ

- Дыхание спортсменов более эффективно, так как увеличена ЖЕЛ (до 6-8 л), - больше дыхательная поверхность;
- Глубина дыхания также больше, что улучшает вентиляцию легких и снижает ЧД - до 6-12 вдохов в 1 мин.;
- У спортсменов лучше развиты и более выносливы дыхательные мышцы, что также влияет на величину ЖЕЛ;
- Величина минутного объема дыхания в покое не изменена, но МВЛ значительно выше;
- Увеличена длительность задержки дыхания (особенно в синхронном и подводном плавании).

Основной способ определения это спирограмма – записывание показателей дыхания на специальном приборе - спирометре

Спирография (дышать и писать)— графика изменений легочных объемов при выполнении естественных дыхательных движений и волевых форсированных дыхательных маневров. Ряд показателей, полученных спирографией – **ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ**

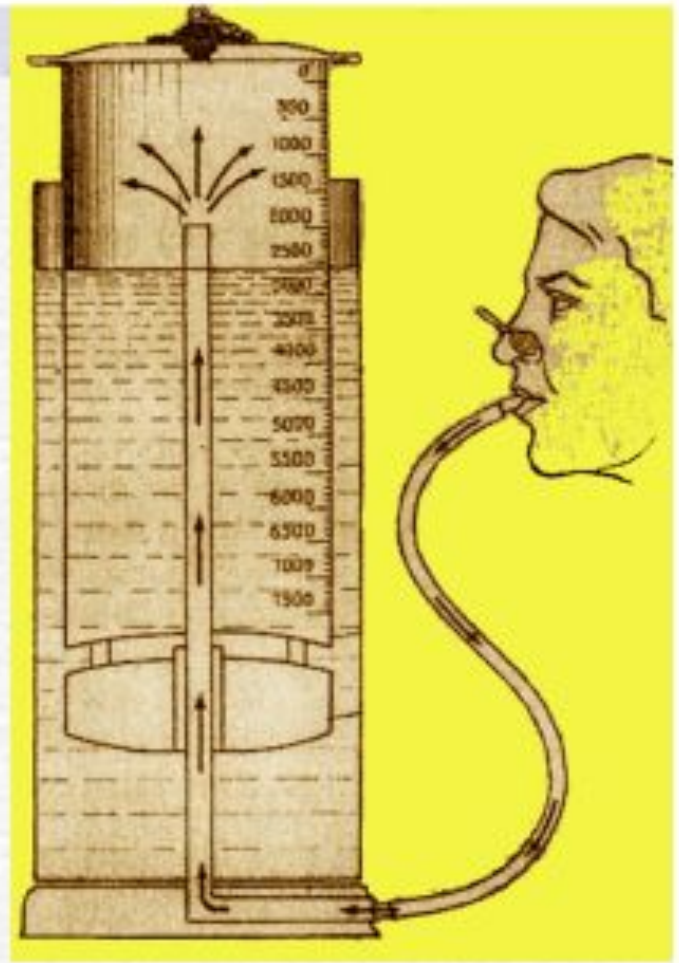
Величина ЖЕЛ зависит от

- *Размеров тела*
- *Возраста*
- *Пола*

Измеряется спирометром.

Абсолютная цифра ЖЕЛ малоинформативна.

Ее необходимо сравнить с должной ЖЕЛ, которую получают по номограммам



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

- **Частота дыхательных движений (ЧДД)** **от 16 до 20**
- **Минутный объем дыхания (МОД)** – количество воздуха, поступающего в легкие за минуту

  МОД = ДО х ЧДД **1200 мл**
- **Альвеолярная минутная вентиляция (АВ) характеризует вентиляцию альвеол**

  АВ = (ДО – МП) х ЧДД **70% от МОД**
- **Максимальная вентиляция легких (МВЛ)** – количество воздуха которое можно вдохнуть и выдохнуть при максимальной глубине и частоте дыхания (70-80 л/мин)
- **Резерв дыхания:** разница между МВЛ и МОД
- **Коэффициент легочной вентиляции (КЛВ)** – та часть воздуха, которая обменивается в легких при каждом вдохе

  КЛВ = (ДО – МП) : ФОЕ

ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Показатель	**Нормальные величины**
А. СТАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
ДО – дыхательный объем, л	0,3-0,8
РОвд – резарвный объем вдоха, л	1,5-2,0
РОвыд – резервный объем выдоха, л	1,5-2,0
ООЛ – остаточный объем легких,л	0,1-1,5
ФОЕ – функциональная остаточная емкость (степень эластичности ткани легкого, л	2,5-3,0
ЖЕЛ – жизненная емкость легких, л	Муж.- 3,5-4,5 Жен. –2,5-4,0
ОЕЛ – общая емкость легких, л (ОЕЛ=ЖЕЛ+ООЛ – объем газа, находящегося в легких при максимальном вдохе)	4.5-6,5

Б. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	
ЧДД (дыхательный ритм – к-во дыхательных движений в 1 минуту)	12-18
МОД – минутный объем дыхания (объем воздуха, поступившего в легкие, МОД=ДО´ЧДД), л/мин • в покое • при максимальной физической нагрузке • у спортсменов	6-8 50-60 120-80
МВЛ – максимальная вентиляция легких (МОД при форсированном дыхании), л/мин	80-200
ОФВ1 – объем форсированного выдоха (объем выдохнутого вздуха за 1 сек при максимально возможной скорости выдоха, показатель бронхиальной проходимости), %	20-60 лет – 70-85% от ЖЕЛ
МСвд – максимальная скорость вдоха, л/сек	4-8
МСвыд – максимальная скорость выдоха, л/сек	4-8
МДП – мертвое дыхательное пространство (часть пространства воздухоносных путей (полость рта, глотка, трахея, бронхи), не участвующая в газообмене; МДП=АМДП+ФМДП), л	0,12-0,18
АВ – альвеолярная вентиляция; АВ=(ДО-МДП)´ЧДД, %	70-80% от МОД
ЭВ – эффективная вентиляция (соотношение объема воздуха, принимающего участие в газообмене, к объему воздуха, вентилирующего легких за счет мышечных усилий, ЭВ=АВ/МОД´100), %	
ОПК – общее потребление кислорода, л/мин	0,2
МПК – максимальное потребление кислорода (объем кислорода, потребляемого организмом за 1 минуту при форсированном дыхании) • л/мин • мл/мин на 1 кг массы тела	3-5 50-60

Должные показатели спирограммы.

Они нужны для ***корректировки*** фактических показателей с учетом возраста и пола, само слово «должно» объясняет что на них нужно ориентироваться, отклонение от них на 15-20 %– выраженное нарушение дыхания.

1. для мужчин ДЖЕЛ = 5, 2хР - 0, 029хВ - 3, 2
2. для женщин ДЖЕЛ = 4, 9хР - 0, 019хВ - 3, 76
3. для девочек от 4 до 17 лет при росте от 1, 0 до 1, 75 м: ДЖЕЛ = 3, 75хР - 3, 15
4. для мальчиков того же возраста при росте до 1, 65 м: ДЖЕЛ = 4, 53хР - 3, 9, а при росте св. 1, 65 м - ДЖЕЛ = 10хР - 12, 85

где Р- рост (м), В -возраст

Получается сначала измеряем фактические **скоростные** показатели, далее сравниваем их с **должными**.

Мужчина рост 1.73 м, возраст 20 лет.

ДЖЕЛ= 5,2 * 1,73 + 0,029 * 20 – 3,2= 5,6 литров.

Например спирография показала 6 литров.

5.6/6 = 93 %, отклонение в 7% - показатели в норме

12.Резервные возможности внешнего дыхания – максимальное потребление кислорода (МПК) и максимальная вентиляция легких (МВЛ); методы их определения

1. МПК и МВЛ это два разных понятия, но достаточно схожие, и тот и другой характеризуют функциональные возможности дыхательной системы.
2. Когда мы говорим о максимальном потреблении воздуха – это МВЛ, а о максимальном потреблении кислорода – МПК.
3. Если МВЛ это более обширный показатель, он больше и по объему, то МПК показывает сколько кислорода из объема МВЛ иначе сколько кислорода из объёма вдыхаемого воздуха на пределе возможностей может пойти на работу мышц.

МПК или максимальное потребление кислорода – это то, сколько кислорода из вдыхаемого воздуха ваш организм может потребить и переработать на критической, предельной скорости или мощности. То есть из вдыхаемого воздуха ваш организм может взять определённое количество миллилитров кислорода для того, чтобы впоследствии донести его с током крови до работающих мышц и там каскадом биохимических процессов превратить его в энергию.
Теоретический смысл этого показателя – на сколько быстро человек может бежать ну например 1000 м.
МПК дается от природы, развить его трудно, но можно с помощью тренировок на максимальном пульсе.

- Мужчина 35 лет, ведущий малоподвижный образ жизни – 45 мл/кг/мин
- Женщина 35 лет, ведущая малоподвижный образ жизни – 38 мл/кг/мин
- Бегун на 5 км мирового уровня – 79 мл/кг/мин
- Бегунья на 5 км мирового уровня – 70 мл/кг/мин
- Марафонец мирового уровня – 73 мл/кг/мин
- Марафонка мирового уровня – 65 мл/кг/мин

Измерение МПК проводят на беговой дорожке или на стадионе, можно использовать специальные часы, но более точные показатели дадут подключаемые к человеку приборы, а измеряется он в мл/кг/мин, тоесть сколько мл кислорода затрачивается на 1 кг массы тела в минуту при максимальном пульсе.

МПК рассчитывается по формуле:

- **МПК=(1,7 x PWC170 + 1240) / вес (кг)**

- **PWC170:** физическая работоспособность при пульсе 170 ударов в минуту.
- **Величина PWC170** соответствует такой мощности физической нагрузки, которая приводит к повышению ЧСС до 170 уд/мин.
- **Тест PWC170** заключается в выполнении двух нагрузок соответствующей мощности и в расчете величины физической работоспособности, исходя из значений пульса после каждой нагрузки.

Связь между величиной МПК и состоянием здоровья впервые была обнаружена американским врачом Купером. Он показал, что люди, имеющие уровень максимального потребления кислорода **42 мл/мин/кг** и выше, не страдают хроническими заболеваниями и имеют показатели артериального давления в пределах нормы.

Более того, была установлена тесная взаимосвязь величины максимального потребления кислорода и факторов риска ишемической болезни сердца: чем выше уровень аэробных возможностей (МПК), тем лучше показатели артериального давления, холестеринового обмена и массы тела.

ДМПК – должный МПК, тоесть такой уровень, какой должен соответствовать возрасту.

Для мужчин: ДМПК=52-(0,25 х возраст),
Для женщин: ДМПК=44-(0,20 х возраст).

Уровень физического здоровья человека	% ДМПК
Низкий	50-60
Ниже среднего	61-74
Средний	75-90
Выше среднего	91-100
Высокий	101 и выше

Уровень физического здоровья человека	Величина Максимального Потребления Кислорода (МПК) (мл/мин/кг)				
	Возраст (лет)				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
Низкий	32	30	27	23	20
Ниже среднего	32-37	30-35	27-31	23-28	20-26
Средний	38-44	36-42	32-39	29-36	27-32
Выше среднего	45-52	43-50	40-47	37-45	33-43
Высокий	>52	>50	>47	>45	>43

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) - объем воздуха, прошедшего через легкие при максимальной частоте и глубине дыхания, по другому это МОД при форсированном вдохе. МВЛ определяется на спирографии, для этого человеку нужно максимально сильно и глубоко дышать в течении 10 сек, далее этот объем умножается на 6, получается показатель в минуту. 80 – 200 л/мин так он может варьироваться в зависимости от развития легких.

13.Процентное содержание и парциальное давление кислорода и углекислого газа в атмосферном, альвеолярном и выдыхаемом воздухе. Содержание и напряжение этих газов в артериальной и венозной крови, в межклеточной среде и в клетках.

Парциальное давление – главная действующая сила газообмена в альвеолах.

парциальное(partialis) от слова «частичное», если смесь воздуха можно было бы разделить на **дольки**, каждая из которых составляла бы определенный газ(азот, кислород, углекислый), то давление этой дольки и составляло бы парциальное, тоесть часть(pars) от общего давления.
Но давление это было бы заключено в тоже пространство, что и общий объем взятой смеси воздуха, поэтому оно всегда меньше чем общее давление.

1. Парциальное давление это часть давления конкретного газа от общего давления.
2. ПД конкретного газа прямо пропорционально его объему в воздухе

Vвоз(в%)= 21% кислорода + 1% угл.газа + 78% азота=100%

АтмДав= Po2(160) + Pco2(40) + $P_{N(560)}$ = 760 мм. рт. ст.

Состав воздуха:

Парциальное давление

- Парциальное давление - часть общего давления смеси газов, приходящаяся на отдельный газ (если бы он занимал весь объем смеси)
  - ЗАКОН ДАЛЬТОНА

$$P_{ГАЗА} = \frac{P_{СМЕСИ} \times C\,(\%)}{100\%}$$

- Для воздуха: $P_{атм}$ = 760 мм рт ст;
- $C_{кислорода}$ = 20,9%;
- $P_{кислорода}$ = 159 мм рт ст

Парциальное давление кислорода в атмосферном воздухе.

Если человек находится на равнине, а не в горах, то Ро2 в воздухе составляет постоянные **160 мм.рт.ст**., с поднятием в горы эта цифра падает, так как падает содержание кислорода.

Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе.

Проходя путь до респираторной зоны, воздух постепенно отдает водяные пары, поэтому уже в

Парциальное давление кислорода на разной высоте от уровня моря (при подъеме в горы оно снижается):

Высота над уровнем моря, м	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Содержание кислорода, %	Парциальное давление кислорода, мм рт. ст
0	760	20,93	159
1000	673	20,93	141
2000	597	20,93	125
3000	525	20,93	110
5000	406	20,93	85
7000	305	20,93	64
10000	196	20,93	51

Парциальное давление в выдыхаемом воздухе.

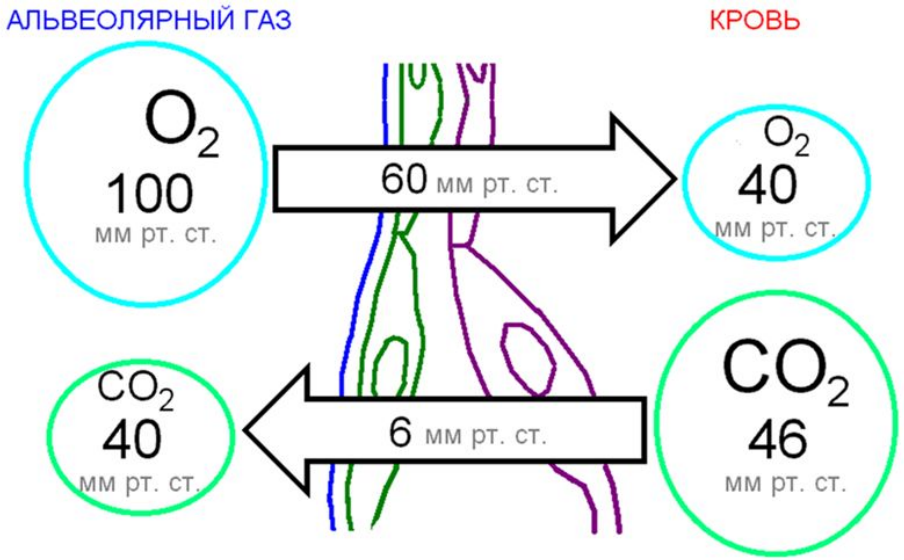
121 мм. Рт. ст. Почему не 0? Ведь кажется, что весь кислород должен был зайти в легкие и дальше метаболизироваться в энергозависимых клетках, это объяснет КУО2.

Коэффициент утилизации кислорода (КУО2)

1. Это фактический показатель того объема кислорода, который непосредственно поглащается тканями.
2. Дело в том, что скорость кровотка **превышает** скорость его потребления и не весь кислород извлекается из капиллярной крови, большая его часть проходит **транзитом** через микроциркуляторное русло и возвращается в венозную кровь.
3. Поэтому выражение, что венозная кровь не содержит кислород – неверно.
4. **КУО2 = VO2a- VO2в / VO2a x 100 %** Пусть в микроциркуляторное русло по артериальной крови пришло 500 мл кислорода(V02a), в вышедшей венозной крови оказалось 400 мл(V02в), тогда разница в 100 мл это то, что сумело утилизироваться в тканях, в покое **КУО2 = 25-35%**
5. Запас в 65% создает **приспособительный потенциал** при повышенной потребности кислорода при нагрузках, тоесть например при интенсивном беге эти 65% пойдут в ткани, а не буду выходить в венозную кровь

Содержание и напряжение этих газов в артериальной и венозной крови, в межклеточной среде и в клетках.

1. Ключевой показатель диффузии это градиент Po2. он равен +60 мм.рт.ст.
2. Далее в столбце % начиная с артериальной крови стоит прочерк, это означает что уже с этого уровня в крови нет воздуха, а только кислород
3. Прочерк в столбце **мл в 1 л** означает что дальше кровь в ткань не проходит, а только омывает ее, проходит только кислород.
4. Ну и видно что идет постепенное уменьшение PO2, что повышает возможности **гемоглобина** к отдачи кислорода. Дело в том, что гемоглобин как буферная система легко принимает кислород в зоне высокой концетрации и легко его отдает в зоне низкой.



Транспорт кислорода

Среда	%	Мм рт.ст.	мл в 1 л
Вдыхаемый воздух	20,93	159	209,3
Выдыхаемый воздух	16,0	121	160,0
Альвеолярный воздух	14.0	100	140,0
Артериальная кровь	-	100	200,0
Венозная кровь	-	40	140 -160
Ткань	-	15	-
Около митохондрий	-	0,1	-

+60

14.Понятие об анатомическом, альвеолярном и физиологическом (функциональном) мертвых пространствах.(см. вопрос 8)