

Запорожский государственный медицинский университет

Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ГИСТОЛОГИИ

ТЕМА: ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА.

- Воздухоносные пути
- Легкие

Сулаева О.Н.

Запорожье

2015

ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

АКТУАЛЬНОСТЬ: Заболевания органов дыхательной системы занимают важное место в структуре заболеваемости человека, особенно в условиях промышленного центра, к которым относится г. Запорожье. Одной из причин этого является изменение химического состава воздуха вследствие функционирования большого количества промышленных предприятий, использования авиа- и автотранспорта, утилизации отходов и сокращения площади лесных массивов. Органы дыхания обеспечивают не только транспорт воздуха, его увлажнение, очищение, согревание и газообмен. Структуры органов дыхания принимают участие в метаболизме биологически активных веществ (эндотелин-1, ангиотензин II, оксид азота и пр.). Дыхательная система имеет мощную систему специфической защиты, нарушение работы которой может вести к развитию бронхиальной астмы, хронических обструктивных заболеваний легких и пр. Знание морфологических структур, определяющих эффективность кондиционирования воздуха и газообмен, создает предпосылки для правильного понимания физиологии дыхания, а формирование представлений об особенностях строения воздухоносных путей в разные возрастные периоды является теоретической основой для дифференциальной диагностики и выбора тактики лечения пациентов с патологией дыхательной системы.

Цель обучения (общая): Уметь дифференцировать структурные элементы дыхательной системы, интерпретировать их функциональные особенности для определения наличия, локализации и характера патологических изменений у пациентов с нарушениями дыхания.

Конкретные цели:

1. Определять источники и основные этапы развития органов дыхательной системы, возможные варианты аномалий развития.
2. Трактовать общие закономерности строения и функциональное значение воздухоносных путей и респираторного отдела
3. Интерпретировать клеточные основы кондиционирования воздуха, факторы, влияющие на эффективность данного процесса.
4. Определять структурные основы газообмена, компоненты аэро-гематического барьера и факторы, влияющие на его проницаемость.
5. Интерпретировать морфологический субстрат недыхательных функций легких, возрастные изменения и возможности регенерации органов дыхательной системы.

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.

Деятельность органов дыхательной системы тесно связана с дыхательным центром продолговатого мозга, состоянием грудной полости и дыхательных мышц (диафрагма, межреберные мышцы).

В состав дыхательной системы входят:

1. воздухоносные пути – обеспечивают транспорт воздуха, его очищение, увлажнение, ионизацию, согревание;
2. респираторный отдел – здесь происходит газообмен между воздухом и кровью;

Тип строения органов дыхательной системы

Воздухоносные пути – полый оболочечный слоистый.

Легкие – паренхиматозный.

ЭМБРИОЛОГИЯ

Источники развития:

- прехордальная пластинка – источник развития эпителия воздухоносных путей и легких.
- мезенхима – источник формирования волокнистой соединительной ткани, гладкой мышечной ткани, хрящевых тканей бронхов, и сосуды.
- целомический эпителий – источник развития мезотелия плевры.

Формирование дыхательной системы связано с пищеварительной системой и начинается с появления респираторного (дыхательного) дивертикула. Дистальная часть респираторного

дивертикула растет и разветвляется с образованием бронхиальных почек, которые являются источником формирования бронхиального дерева и легких. В гистогенезе легких выделяют несколько стадий:

Стадии развития и созревание легких

Период развития легких	Время развития	Основные процессы (морфологические признаки)
Псевдожелезистая	5-16 недели	Разветвление бронхов до терминальных бронхиол. Нет альвеол.
Каналикулярная	16-26 недели	Каждая терминальная бронхиола делится на 2 и больше респираторных бронхиолы, которые в свою очередь делятся на 3-16 альвеолярных ходов.
Период формирования мешочков	26 недель и до рождения	Образуются терминальные мешочки (примитивные альвеолы), окруженные многочисленными капиллярами.
Альвеолярный период	Детство	Зрелые альвеолы с развитым контактом между эпителием и эндотелием.

Образование примитивных альвеол происходит лишь с 26-й недели эмбрионального развития, а продукция сурфактанта (поверхностно активное вещество, предотвращает коллапс альвеол на выдохе) – с 28 недели. К рождению легкие заполнены жидкостью с небольшим количеством белка, слизи и сурфактанта. При рождении и первом вдохе происходит абсорбция жидкости, в альвеолах остается лишь сурфактантная пленка. Отсутствие или дефицит сурфактанта вызывает развитие респираторного дистресс-синдрома. Наиболее частыми вариантами аномалий развития дыхательных путей являются *ларингомалация* — недоразвитие гортани, трахеопищеводные свищи, атрезия трахеи и т. д.

ВОЗДУХОНОСНЫЕ ПУТИ

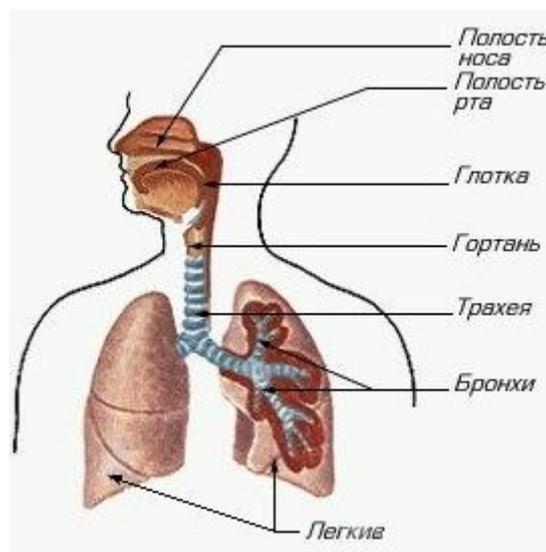
Воздухоносные пути включают:

1. носовую полость
2. глотку
3. гортань
4. трахею
5. бронхи

Просвет воздухоносных путей всегда открыт, благодаря тому, что в составе их стенки есть скелетные ткани – кость (носовая полость) или хрящ (гортань, трахея, бронхи).

Функции

Воздухоносные пути обеспечивают транспорт воздуха и его кондиционирование (очищение, увлажнение, согревание)

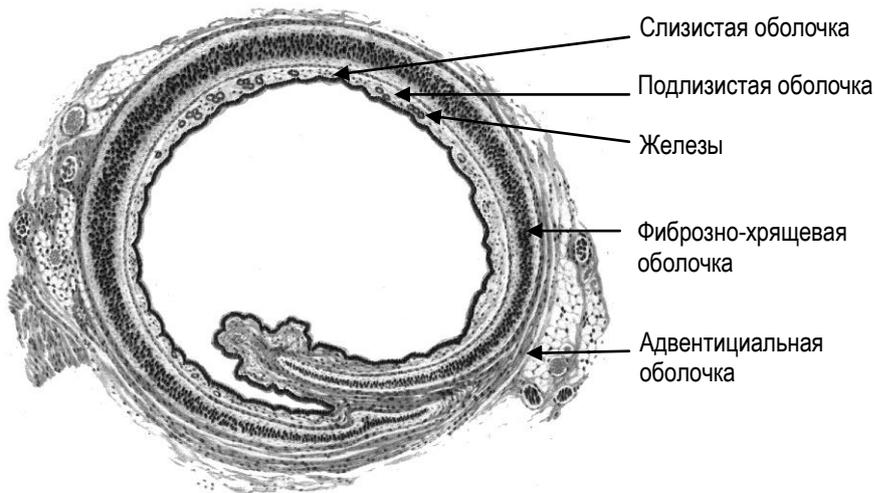


Тип строения воздухоносных путей – полый оболочечный слоистый.

Стенка воздухоносных путей состоит из 4-х оболочек:

1. **Слизистая** оболочка:
 - Эпителий
 - Собственная пластинка
 - Мышечная пластинка - гладкая мышечная ткань.
2. **Подслизистая** оболочка – РВСТ, содержит
 - сосудистое и нервное сплетения;
 - смешанные концевые отделы желез.
 - Функции: формируют на поверхности слизистую пленку, обеспечивая увлажнение воздуха.
 - БАЛТ
3. **Фиброзно-хрящевая** оболочка - гиалиновый или эластический хрящ
4. **Адвентициальная** оболочка – РВСТ
 - фиксирует воздухоносные пути и является зоной контакта со скелетными мышцами, т. е. обеспечивает положение трахеи или гортани.

- соединяет бронхи с тканями легких.



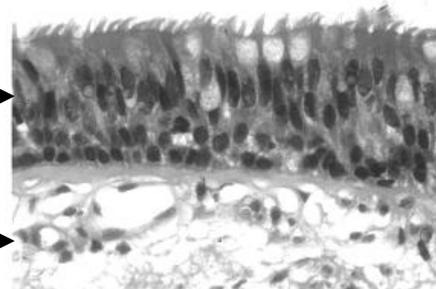
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ВОЗДУХОНОСНЫХ ПУТЕЙ

Тканевой состав:

- Эпителий – однослойный многорядный реснитчатый.
- Собственная пластинка – РВСТ с большим количеством эластических волокон и сосудов. Обеспечивает трофику эпителия и согревание воздуха.
- Мышечная пластинка - гладкая мышечная ткань, развита только в бронхиальном дереве.

Однослойный многорядный призматический реснитчатый эпителий

Собственная пластинка слизистой оболочки



Региональные особенности строения воздухоносных путей НОСОВАЯ ПОЛОСТЬ

В носовой полости выделяют:

- преддверие – выстлано продолжением кожи наружного носа, которая представлена многослойный плоский ороговевающий эпителий, под ним лежат сальные железы и корни коротких щетинковых волос (вибриссы).
- собственно носовая полость, в которой есть дыхательная и обонятельная область

Обонятельная область (верхние носовые ходы и раковины) – содержит в составе обонятельного эпителия нейросенсорные обонятельные, поддерживающие и базальные клетки. В собственной пластинке расположены обонятельные железы.

Дыхательная область представлена слизистой оболочкой средних и нижних носовых ходов и раковин, выстлана толстым многорядным реснитчатым эпителием (8 рядов ядер). В собственной пластинке слизистой – РВСТ и крупные венозные сплетения (кавернозные тела). При развитии аллергических реакций вазодилатация и отек могут вести к затруднению носового дыхания. Кавернозные синусы могут быть источником обильных носовых кровотечений.

Кровоснабжение носовой полости осуществляется за счет следующих сосудов:

- клиновиднонёбная (a. sphenopalatine) ветвь верхнечелюстной артерии из системы наружной сонной артерии,
- глазная артерия (a. ophthalmica) из системы внутренней сонной артерии.

В области перегородки носа находится густая сосудистая сеть в слизистой оболочке в передней ее трети - киссельбахово место (locus Kisselbachii) – являющееся источником обильных носовых кровотечений. Венозный отток в вены крыловидного сплетения (plexus pterigoideus) и далее пещеристого синуса (sinus cavernosus), располагающегося в передней черепной ямке. Это создает возможность распространения инфекции по указанным путям и возникновения риногенных и орбитальных внутричерепных осложнений.

Иннервация носовой полости

Обонятельная – обонятельным нервом (n. olfactorius).

Чувствительная – первой (глазной нерв - n. ophthalmicus) и второй (верхнечелюстной нерв - n. maxillaris) ветвями тройничного нерва.

Симпатическая и парасимпатическая (вегетативная) иннервация носа и околоносовых пазух представлена нервом крыловидного канала, который берет начало от сплетения на внутренней сонной артерии (верхний шейный симпатический узел) и от коленчатого узла лицевого нерва.

Клинически важной зоной являются параназальные синусы.

Характеристика параназальных синусов:

- Синусы представлены закрытыми полостями в лобной, верхнечелюстной, клиновидной и решетчатой костях.
- Соединяются с носовой полостью при помощи узких отверстий.
- Слизистая оболочка выстлана многоядным реснитчатым эпителием с бокаловидными клетками.
- В собственной пластинке – единичные мелкие железы
- Продуцируемая слизь с помощью ресничек перемещается в сторону носовой полости. Воспалительный процесс в носовой полости (ринит) или нарушение подвижности ресничек (синдром Картагенера) может вести к нарушению оттока слизи из синусов. Следствием этого является развитие синуситов. Из-за относительно низкого уровня кислорода синуситы часто сопровождаются ростом анаэробных микроорганизмов.
- Слизистая оболочка синусов прикрепляется к костной ткани костей лицевого черепа – при повреждении слизистой воспалительно-деструктивный процесс может распространяться на кость.

ГОРТАНЬ

Гортань – трубка неправильной формы, соединяет глотку с трахеей.

Отделена от глотки с помощью надгортанника. Его основу формирует эластический хрящ.

В надгортаннике выделяют:

- язычную поверхность - содержит многослойный плоский неороговевающий эпителий
- гортанную поверхность – покрыта многоядным реснитчатым эпителием. В собственной пластинке слизистой оболочки надгортанника много белково-слизистых желез. У основания надгортанника скопления лимфоидной ткани формируют *гортанную миндалину*.

Важной функцией гортани является голосообразование. Это связано с наличием голосовых связок.

Голосовые связки – складки слизистой оболочки, которые выступают в просвет гортани. Они отличаются по своему строению и функциональному значению.

Виды голосовых связок:

- **Ложные** – верхняя пара складок, расположены рядом с преддверием гортани. Поверхность покрыта **многоядным реснитчатым** эпителием, под ним расположена РВСТ с многочисленными сосудами, белково-слизистыми железами и скоплениями лимфоидной ткани. Инфекционное поражение этих складок (особенно у детей, например, при парагриппе) может вести к выраженному отеку и закрытию просвета гортани с нарушением дыхания.
- **Истинные** – нижняя пара складок, покрыты **многослойным плоским неороговевающим** эпителием. Под ним – соединительная ткань, в которой расположены **голосовые мышцы** – они образованы **поперечно-полосатой скелетной мышечной** тканью. Сокращение голосовых мышц ведет к натяжению или расслаблению голосовых связок, изменению формы и ширины просвета голосовой щели, что лежит в основе голосообразования.

В фиброзно-хрящевой оболочке гортани выделяют крупные и мелкие хрящи.

Крупные хрящи (щитовидный, перстневидный) – образованы гиалиновой хрящевой тканью

Мелкие хрящи (клиновидные, рожковидные, черпаловидные) – образованы эластическим хрящом.

ТРАХЕЯ И БРОНХИ

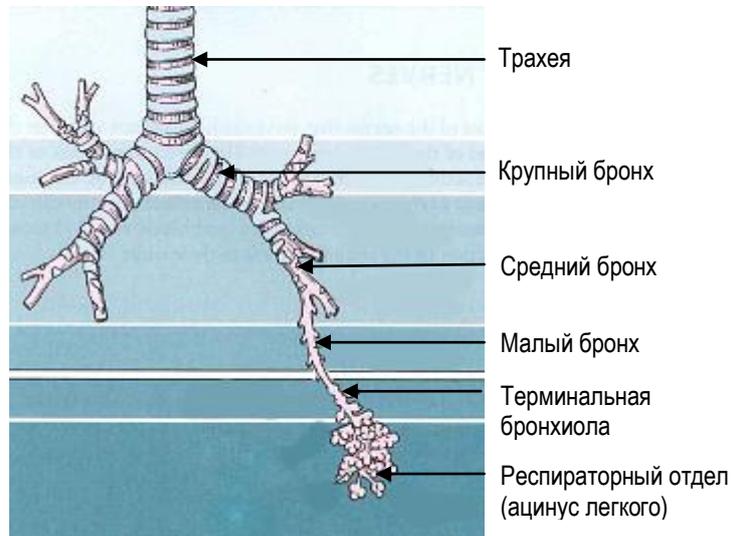
Дихотомическое разделение трахеи дает начало бронхиальному дереву, которое включает: внелегочные и внутрилегочных бронхи.

По калибру выделяют:

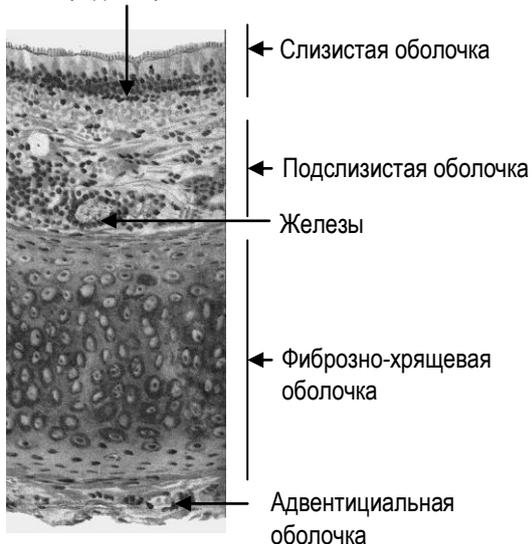
- крупные,
- средние и
- малые бронхи
- терминальная бронхиола.

Трахея, крупные и средние бронхи имеют классическое строение, их стенка состоит из **4 оболочек**:

- слизистой,
- подслизистой,
- волокнисто-хрящевой
- адвентициальной.



Многорядный реснитчатый эпителий



В малом бронхе и терминальной бронхиоле стенка представлена **2 оболочками** — слизистой и адвентициальной.

Каждая из оболочек изменяется вдоль трахеобронхиального дерева.

Изменения в слизистой оболочке:

- уменьшением **толщины** и рядности эпителия,
- снижение количества бокаловидных клеток
- увеличение **толщины** мышечной пластинки.

Изменения подслизистой основы: уменьшение количества желез, подслизистая отсутствует в

малых бронхах и терминальных бронхиолах.

Изменение фиброзно-хрящевой оболочки:

- в трахее - **16-20 С-образных колец** гиалинового хряща незамкнутых по задней поверхности.
- в крупных бронхах - **2-3 пластины** гиалинового хряща.
- в среднем бронхе – **6-8 островков** эластического хряща.
- в малых бронхах и терминальной бронхиоле – **отсутствует**, поэтому их просвет может спадаться или закрываться при патологическом процессе (воспаление, отек, бронхоспазм).



Иннервация представлена эфферентными волокнами симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

Нейромедиаторы могут регулировать:

- секрецию желез,
- кровоснабжение и
- сокращение мышечной пластинки – диаметр бронхов

Ацетилхолин вызывает повышение секреции желез и сокращение гладких миоцитов в стенке бронхов (бронхоспазм),

Норадреналин путем активации **бета-адренорецепторов** определяет расширение бронхов (бронходилатация).

Сравнительная характеристика строения трахео-бронхиального дерева

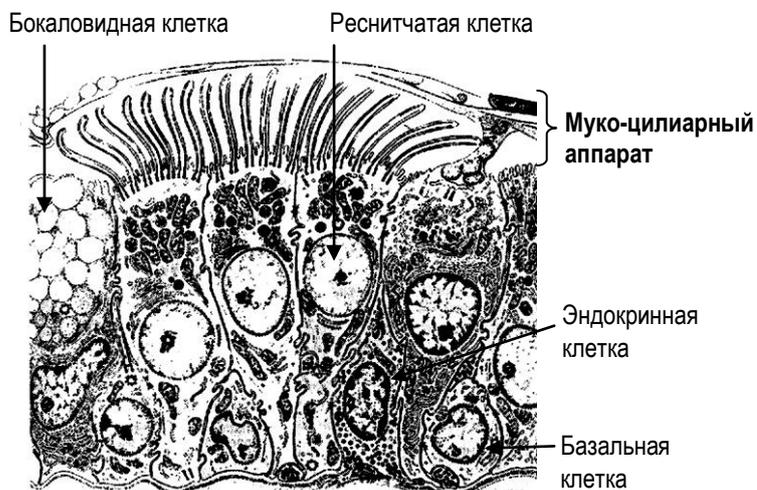
Отделы	Слизистая	Подслизистая	Фиброзно-хрящевая оболочка
Трахея	Эпителий – 6-7 рядов ядер Мышечная пластинка отсутствует	Желез много	C-образные кольца гиалинового хряща
Крупный бронх	Эпителий 5-6 рядов ядер Есть мышечная пластинка	Железы – группами	2-3 пластины гиалинового хряща
Средний бронх	Эпителий 3-4 ряда ядер, мало бокаловидных клеток Мышечная пластинка развита	Желез мало	6-8 островков эластического хряща
Малый бронх	Эпителий – двурядный реснитчатый, нет бокаловидных клеток Мышечная пластинка развита	Отсутствует	Отсутствует
Терминальная бронхиола	Эпителий – однорядный реснитчатый кубический Мышечная пластинка – 1 слой гладких миоцитов	Отсутствует	Отсутствует

Эпителий воздухоносных путей

Эпителий, выстилающий слизистую оболочку – однослойный многорядный реснитчатый. В его составе выделяют несколько видов клеток.

Клеточный состав эпителия:

1. реснитчатые
2. бокаловидные
3. базальные
4. эндокринные
5. антигенпрезентирующие (дендритные) клетки
6. щеточные клетки
7. клетки Клара.



Реснитчатые клетки — на апикальной поверхности содержат реснички.

В основе реснички – аксонема, которая состоит из микротрубочек - 9*2+2 микротрубочек. Аксонема фиксирована к базальным тельцам (9*3 микротрубочек). Микротрубочки связаны между собой с помощью сократительного белка динеина, содержащего АТФ-азу. В апикальной части клетки много митохондрий, обеспечивающих энергией биение ресничек.

Бокаловидные клетки – продуцируют слизь, покрывающую в виде пленки поверхность слизистой оболочки.

Вместе реснитчатые и бокаловидные клетки, а также железы подслизистой оболочки формируют **муко-цилиарный аппарат**, обеспечивающий очищение воздуха.

Процесс очищение воздуха включает следующие этапы:

- 1) Бокаловидные клетки и железы подслизистой оболочки продуцируют слизь, покрывающую в виде пленки поверхность слизистой оболочки.
- 2) Пленка обеспечивает адгезию (приклеивание) пыли, частичек и микроорганизмов
- 3) Движение пленки слизи из глубины бронхиального дерева в сторону носовой полости за счет биения ресничек

У здорового человека преобладают реснитчатые клетки. При хроническом повреждении слизистой оболочки воздухоносных путей (курение, профессиональные и экологические факторы) количество бокаловидных клеток увеличивается, что затрудняет перемещение слизи из глубины бронхиального дерева и способствует развитию хронического воспаления, обструкции бронхов и бронхоэктазии.

Работа мукоцилиарного аппарата зависит от:

- температуры вдыхаемого воздуха (при температуре выше 40° или ниже -10°С биение ресничек нарушается);
- действия нейромедиаторов (ацетилхолина и норадреналина);
- активности эндокринных клеток, которые продуцируют биологически активные вещества,
- активности макрофагов и лимфоцитов, продуцирующих цитокины;
- продукции клетками соединительной ткани факторов роста и локальных регуляторов.

Характеристика клеток эпителия воздухоносных путей

Вид клетки	Морфологическая характеристика	Локализация	Функция
Реснитчатые	<ul style="list-style-type: none"> • призматическая форма • ядро - овальное • в апикальной части - митохондрии • на поверхности реснички • ресничка имеет аксонему (9*2+2 микротрубочек) и фиксируется к базальным тельцам (9*3 микротрубочек). 	Везде Входит в состав муко-цилиарного аппарата	Биение ресничек обеспечивает перемещение пленки слизи с адсорбированным и частицами в сторону носовой полости
Бокаловидные	<ul style="list-style-type: none"> • форма зависит от наполнения клетки секретом, обычно в форме бокала • ядро уплощенное, в базальной части клетки • цитоплазма не окрашивается гематоксилином и эозином, т.к. содержит слизь 	Трахея Крупные и средние бронхи	Секреция слизи Входит в состав мукоцилиарного аппарата
Дендритные клетки	<ul style="list-style-type: none"> • имеет отростки • на поверхности содержат рецепторы главного комплекса гистосовместимости (МНС II класса) для распознавания антигенов. 	Преимущественно о нижние отделы Зоны бифуркации	Распознавание и презентация антигенов. Продукция цитокинов
Базальные	<ul style="list-style-type: none"> • мелкие, низкие клетки • ядро крупное, десмосомы, полудесмосомы • высокое ЯЦО 	Везде	Источник регенерации
Щеточные клетки	<ul style="list-style-type: none"> • на апикальной поверхности микроворсинки, • в базальной части образуют синапсы с афферентными нервными окончаниями • часто расположены вместе с эндокринными клетками • в некоторых участках клетки соединяются с афферентными нервными окончаниями и входят в состав нейроэпителиальных телец. 	Терминальные бронхиолы Зоны бифуркаций	Хеморецепторы – реагируют на изменение химического состава вдыхаемого воздуха
Клетки Клара	<ul style="list-style-type: none"> • куполовидная апикальная часть • наличие в апикальной части секреторных гранул, которые имеют пластинчатое строение – пластинчатые тельца. 	Малые бронхи Терминальные бронхиолы	Продукция сурфактанта Детоксикация
Эндокринные	<ul style="list-style-type: none"> • располагаются поодиночке или небольшими группами • имеют секреторные гранулы в базальной части. 	Больше в нижних отделах	Продукция гормонов и биогенных аминов

Защита от микроорганизмов осуществляется с помощью дендритных клеток, которые являются антигенпрезентирующими.

Дендритные клетки:

- Образуются из моноцитов периферической крови.
- На своей поверхности дендритные клетки содержат рецепторы **главного комплекса гистосовместимости** (МНС II класса) – обеспечивает распознавание антигенов.
- После захвата антигена происходит процессинг (расщепление антигена с определением эпитопа) и презентация антигена лимфоцитам в собственной пластинке слизистой оболочки.

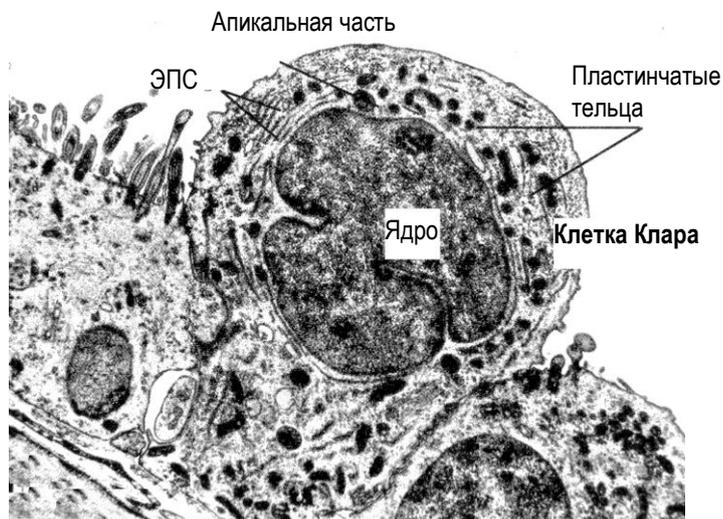
Кроме того, дендритные клетки секретируют провоспалительные **цитокины** (ИЛ-1, ИЛ-2, фактор некроза опухолей — TNF α), которые регулируют воспаление и иммунные реакции, а также влияют на кровоток и работу муко-цилиарного аппарата.

Терминальные бронхиолы считаются место расположения **полипотентных стволовых клеток**, являющихся источником регенерации эпителия как воздухоносных путей, так и легких.

Здесь располагаются также многочисленные щеточные клетки и клетки Клара.

Клетки Клара:

- Расположены в дистальных отделах бронхиального дерева
- Имеют куполовидную апикальную часть
- Ключевой признак – наличие в апикальной части секреторных гранул, которые имеют пластинчатое строение — *пластинчатые тельца*
- Пластинчатые тельца содержат материал, богатый фосфолипидами
- Фосфолипиды входят в состав **сурфактанта** — липопротеинового комплекса, который предотвращает спадание стенки бронхиол.



Щеточные клетки:

- расположены в дистальных отделах бронхиального дерева и в зонах бифуркаций
- на апикальной поверхности они содержат микроворсинки, которые формируют каёмку,
- в базальной части образуют синапсы с афферентными нервными окончаниями.

Роль этих клеток заключается в **хемотрецепции**.

Часто щеточные клетки расположены вместе с базальнозернистыми (эндокринными) клетками, которые продуцируют катехоламины, серотонин, бомбезин и др. Они могут формировать крупные комплексы, содержат много афферентных нервных окончаний и вместе формируют нейроэпителиальные тельца. Последние расположены в рефлексогенных зонах воздухоносных путей и запускают активацию рефлексов, которые замыкаются на дыхательном центре продолговатого мозга и определяют регуляцию глубины и частоты дыхания.

Особенности строения собственной пластинки слизистой оболочки

- богата сосудами микроциркуляторного русла. Капилляры расположены продольно под БМ эпителия, что обеспечивает оптимальные условия для согревания воздуха и трофики эпителия;
- большое количество эластических волокон, что обеспечивает растяжение воздухоносных путей на вдохе
- много тучных клеток, которые продуцируя гистамин и другие БАВ обеспечивают регуляцию кровотока. Гиперпродукция гистамина может вести к развитию аллергического воспаления и бронхиальной обструкции. Это связано с тем, что мишенями гистамина являются: гладкие миоциты сосудов (вазодилатация), эндотелий сосудов (повышение проницаемости), гладкие

миоциты мышечной пластинки бронхов (бронхоспазм), бокаловидные клетки эпителия (повышение продукции слизи).

- Много плазмацитов, которые продуцируют антитела (преимущественно иммуноглобулины класса А). Транспорт IgAs в пленку слизи на поверхности эпителия обеспечивает защиту и профилактику проникновения антигенов.
- Значительное количество Т- и В-лимфоцитов. Вместе совокупность лимфоцитов слизистой оболочки бронхиального дерева формирует **бронх-ассоциированную лимфоидную ткань (БАЛТ)**.

ЛЕГКИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.

Легкие - парные органы, которые расположены в грудной полости в плевральных мешках; отделены друг от друга средостением.

На медиальной поверхности легкого находятся ворота, в которых располагается корень легкого, представленный: главным бронхом, легочными и бронхиальными артериями и венами, а также лимфатическими сосудами и нервами.

В правом легком 3 доли, в левом – 2.

Кровоснабжение. В легких представлено две системы кровотока – из большого и малого круга кровообращения.

Артериальная кровь поступает от аорты по бронхиальным артериям (сосуды большого круга кровообращения), обеспечивает трофику стенки бронхов и паренхимы легких.

Венозная кровь поступает по легочным артериям (сосуды малого круга кровообращения), она обогащается кислородом в результате газообмена.

Между системой легочных и бронхиальных сосудов есть артериальные анастомозы.

Иннервация.

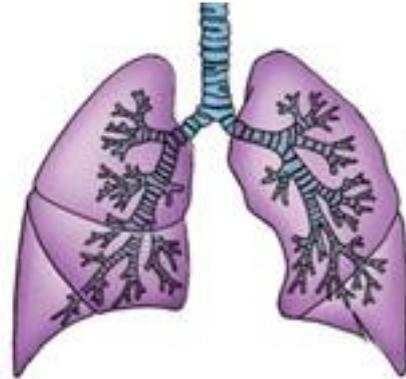
Афферентная иннервация представлена многочисленными рецепторами в стенке бронхов, сосудов и плевре. **Афферентными путями от висцеральной плевры** являются легочные ветви грудного отдела симпатического ствола, от **париетальной плевры** — nn. **intercostales** и n. **phrenicus**, от **бронхов** — n. **vagus**. Их активация и передача сигналов в дыхательный центр является неотъемлемым компонентом регуляции частоты и глубины дыхания.

Эфферентная парасимпатическая иннервация. Преганглионарные волокна начинаются в дорсальном вегетативном ядре блуждающего нерва и идут в составе последнего и его легочных ветвей к узлам **plexus pulmonalis**, а также к узлам, расположенным по ходу трахеи, бронхов и внутри легких. Постганглионарные волокна направляются от этих узлов к мускулатуре и железам бронхиального дерева. Стимуляция парасимпатических нервных волокон вызывает сокращение бронхов и стимуляцию продукции слизи.

Эфферентная симпатическая иннервация. Преганглионарные волокна выходят из боковых рогов спинного мозга верхних грудных сегментов (ThII — ThVI) и проходят через соответствующие ganglia communicantes albi и симпатический ствол к звездчатому и верхним грудным узлам. От них начинаются постганглионарные волокна, которые проходят в составе легочного сплетения к бронхиальной мускулатуре и кровеносным сосудам. Функция симпатических волокон заключается в расширении просвета бронхов и регуляции кровотока.

ФУНКЦИИ:

1. Внешнее дыхание – газообмен между кровью и воздухом. Общая площадь дыхательной поверхности равняется приблизительно **160 м²**, что в 80 раз больше поверхности всей кожи, а общее число альвеол, в которых осуществляется газообмен, в легких составляет около 300 млн.
2. Недыхательные функции:
 - **депонирование крови;**



- **регуляция АД** - обусловлено секрецией эндотелием ангиотензин-конвертирующего фермента, превращающего неактивный ангиотензин I в активный **ангиотензин II** — фактор сужения сосудов (вазоконстрикции), стимулятор выделения **альдостерона** корой надпочечников. Кроме того, благодаря обилию сосудов, легкие являются важным источником оксида азота (NO);
- **метаболическая** — эндотелий капилляров легких вырабатывает ферменты, которые разрушают серотонин, гистамин
- **иммунная** – захват антигенов, процессинг и формирование специфических защитных реакций;
- **фильтрация крови** – осуществляется в основном в сосудах микроциркуляторного русла

Источники развития:

- Прехордальная пластинка - паренхима;
- Мезенхима - строма;
- Целомический эпителий – мезотелий плевры.

ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ

Тип строения – паренхиматозный дольчатый.

В состав легкого входит респираторный отдел, осуществляющий газообмен, и воздухоносные пути, представленные внутрилегочными бронхами.

Строма развита слабо. Представлена прослойками РВСТ внутри органа; содержит капилляры соматического типа. Снаружи легкие покрыты висцеральным листком *плевры*.

Паренхима образована специализированным эпителием.

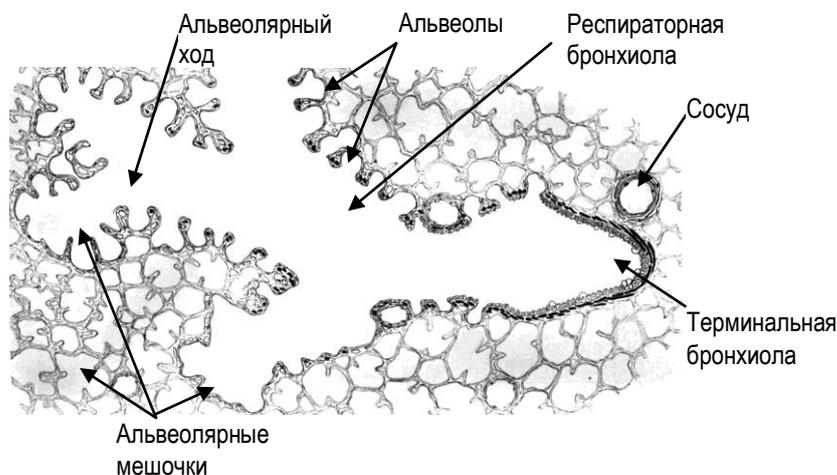
Дольки легкого разделены между собой тонкими соединительнотканными прослойками, имеют форму пирамиды с вершущой, через которую входят бронхиолы и кровеносные сосуды, сопровождающие их. По периферии долек расположены лимфатические сосуды и ветви легочной вены. Основа дольки обращена наружу, к поверхности легкого, покрытой висцеральным листком плевры. В пределах одной дольки определяется 12-18 ацинусов.

Ацинус легкого – структурно-функциональная единица респираторного отдела легкого, представляет собой конечное ветвление терминальной бронхиолы.

АЦИНУС – СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЛЕГКИХ

Ацинус — комплекс альвеол, которые входят в состав:

- респираторных бронхиол 1, 2, 3 порядка;
- альвеолярных ходов;
- альвеолярных мешочков.



Респираторная бронхиола – полая трубочка, стенка включает две оболочки: слизистую и адвентициальную.

1. Слизистая:

- Однослойный кубический эпителий. В его составе преобладают клетки Клара и щеточные клетки, есть единичные реснитчатые клетки.
- Собственная пластинка: РВСТ и отдельные ГМК.

2. Адвентициальная – тонкая прослойка РВСТ.

В стенку респираторной бронхиолы открываются альвеолы. Их количество увеличивается в дистальном направлении.

В зависимости от количества альвеол, открывающихся в стенку респираторной бронхиолы, выделяют респираторные бронхиолы:

- 1-го порядка – большая часть стенки выстлана слизистой оболочкой, альвеолы единичные;
- 2-го порядка – слизистая составляет около 50% площади поверхности бронхиолы, альвеол много
- 3-го порядка – слизистая формирует незначительные участки между многочисленными альвеолами.

Альвеолярный ход. Это широкая трубочка, диаметр которой в 2-3 раза больше, чем респираторной бронхиолы. Стенка представлена альвеолами, между которыми находятся отдельные участки 1-слойного кубического эпителия с подлежащими ГМК.

Альвеолярный мешочек - конечное разветвление ацинуса, представляет собой скопление альвеол.

Альвеолы имеют вид открытых пузырьков, выстланных однослойным плоским эпителием. Альвеолы обеспечивают выполнение основной функции легких – газообмена.

МЕЖАЛЬВЕОЛЯРНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ

Соседние альвеолы разделены тонкими межальвеолярными перегородками с густой сетью капилляров.

Межальвеолярные перегородки – область между двумя соседними альвеолами. С обеих сторон выстлана альвеолярным эпителием на БМ, образована РВСТ с кровеносными капиллярами, эластическими волокнами и клетками (фибробластами, макрофагами, лимфоцитами, тучными клетками).

В межальвеолярных перегородках расположены отверстия– поры Кона, функция которых – выравнивание давления в соседних альвеолах, перенос сурфактанта и макрофагов.

СТЕНКА АЛЬВЕОЛЫ

Клеточный состав стенки альвеолы. Стенку альвеол образуют 3 типа клеток:

- альвеолоциты 1 типа (респираторные);
- альвеолоциты 2 типа (секреторные);
- щеточные клетки.

В просвете альвеол на апикальной поверхности альвеолоцитов могут находиться альвеолярные макрофаги.

Характеристика клеток альвеол

Альвеолоцит 1 типа - плоская клетка, бедная органеллами.

Содержит:

- центральную часть, занятую ядром;
- периферическую часть, представленную тонким слоем цитоплазмы, которая входит в состав аэро-гематического барьера.

Занимают большую часть альвеол, связаны друг с другом плотными контактами.

Функция – участие в газообмене.

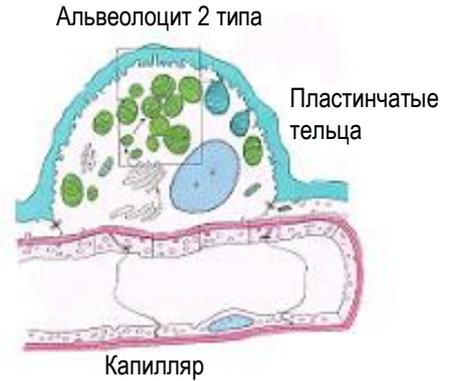
Альвеолоцит 2 типа - клетка округлой формы,

Содержит:

- развитый синтетический аппарат и
- многочисленные секреторные гранулы – пластинчатые тельца.

Основным компонентом пластинчатых телец являются фосфолипиды, которые входят в состав сурфактанта.

Функции: синтез сурфактанта, регенерация, детоксикация.



СУРФАКТАНТНАЯ СИСТЕМА ЛЕГКИХ

Поверхность альвеол покрыта сурфактантом.

Пленка сурфактанта включает две фазы:

Жидкая фаза (гипофаза) – гомогенна, расположена на поверхности эпителия. Образована коллоидным раствором гликопротеинов.

Мембранная фаза (апофаза) – расположена снаружи, образована несколькими слоями фосфолипидов со встроенными белками.

Химический состав сурфактанта

Сурфактант – поверхностно-активного вещества, состоящего из белков, липидов и углеводов. Основным липидным компонентом сурфактанта является дипальмитоил фосфотидилхолин; среди белков ключевое значение имеют апопротеины А, В, С и D.

Белки сурфактанта: обеспечивают его распределение в альвеоле и иммуномодулирующие свойства.

- белок А – регулирует продукцию сурфактанта, модулирует иммунный ответ к вирусам, бактериям и грибам.
- белок В – обеспечивает адсорбцию и распределение сурфактанта на поверхности альвеол.
- белок С – поддерживает тонкий слой сурфактанта в альвеоле.
- белок D – компонент антимикробной защиты; участвует в воспалительном и аллергическом ответе.

Функции сурфактанта:

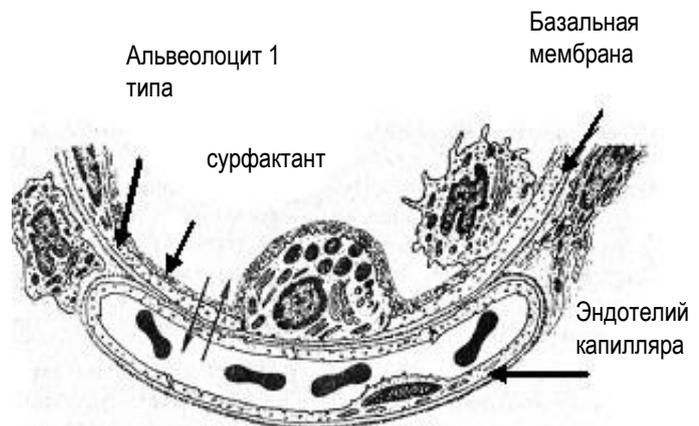
1. Предупреждает спадение альвеол при выдохе.
2. Участвует в формировании аэро-гематического барьера.
3. Предупреждает протекание жидкости в полость альвеол.
4. Бактерицидная, иммуномодулирующая.

Факторы, стимулирующие продукцию сурфактанта:

- кортизол (используется медикаментозно - для стимуляции продукции сурфактанта у недоношенных детей);
- инсулин;
- пролактин;
- тироксин и др. гормоны.

АЭРО-ГЕМАТИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

В наиболее тонких участках альвеолоциты отделены от эндотелия капилляра только базальной мембраной, общей для обоих элементов. Эти участки обеспечивают газообмен; они формируют **аэро-гематический барьер**.



Состав аэро-гематического барьера:

1. Слой сурфактанта;
2. Альвеолоцит 1 типа;

3. Общая БМ;
4. Эндотелий капилляра.

Транспорт газов (O_2 , CO_2) через эти структуры происходит посредством простой диффузии.

Важным регулятором объема сурфактанта и состояния аэро-гематического барьера являются **альвеолярные макрофаги** (их называют также пылевыми клетками).

Альвеолярные макрофаги

- Клетки моноцитарного происхождения
- Мигрируют в просвет альвеол из соединительной ткани межальвеолярных перегородок.
- Имеют неправильную форму с многочисленными выростами
- Содержат развитый лизосомальный аппарат.

Функции альвеолярных макрофагов:

- фагоцитоз частиц пыли и микроорганизмов из альвеолярного воздуха.
- утилизация избытка сурфактанта
- регуляция продукции сурфактанта
- секреция цитокинов.
- продукция метаболитов арахидоновой кислоты – регуляция кровотока и воспаления.

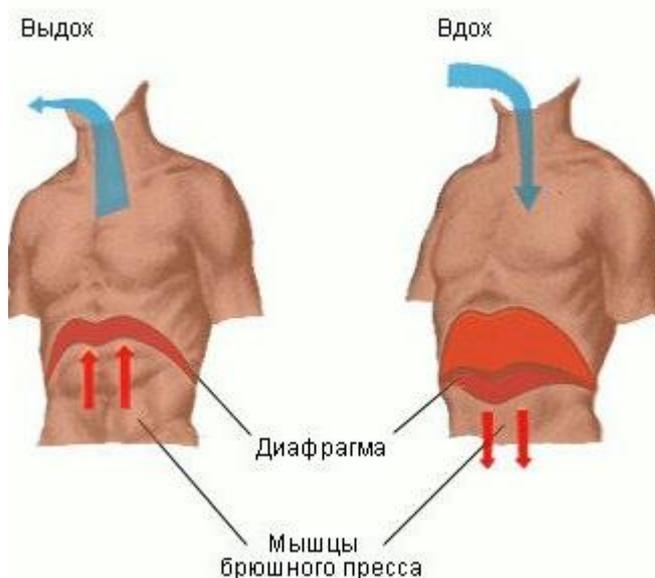
МЕХАНИЗМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

Контроль частоты и глубины дыхания осуществляет дыхательный центр.

Дыхательный центр - совокупность нейронов специфических (дыхательных) ядер продолговатого мозга, способных генерировать дыхательный ритм (обладают автоматизмом).

Нейроны дыхательного центра локализованы в дорсомедиальной и вентролатеральной областях продолговатого мозга и образуют так называемые дорсальную и вентральную дыхательную группу.

Дыхательный центр посылает импульсы к мотонейронам спинного мозга, иннервирующим дыхательные мышцы (диафрагма, межреберные мышцы).



Благодаря ритмичному сокращению диафрагмы (16-18 раз в минуту) и других дыхательных мышц (наружных межреберных мышц, мышц плечевого пояса, шеи) объем грудной клетки увеличивается (при вдохе) и уменьшается (при выдохе).

При расширении грудной клетки легкие пассивно растягиваются, расширяются.

При этом давление в легких снижается и становится ниже атмосферного (на 3 - 4 мм рт. столба). Поэтому воздух через дыхательные пути извне устремляется в легкие. Так происходит вдох.

Выдох осуществляется при расслаблении мышц вдоха и

сокращении мышц выдоха (внутренние межреберные мышцы, мышцы передней брюшной стенки). Приподнятая и расширенная при вдохе грудная клетка в силу своей тяжести и при действии ряда мышц опускается. Растянутые легкие благодаря своей эластичности уменьшаются в объеме. При этом давление в легких резко возрастает и воздух покидает легкие. Так происходит выдох.

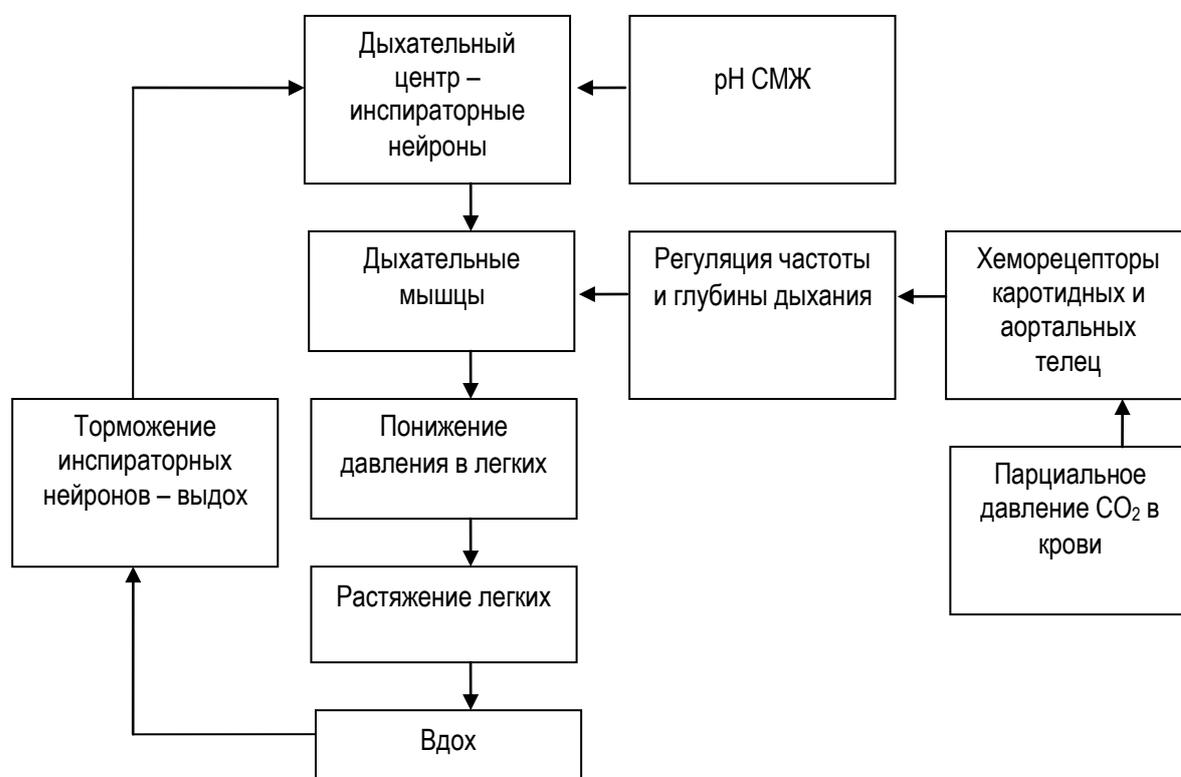
Рефлекторная регуляция дыхания осуществляется через рецепторы, среди которых выделяют:

- центральные хеморецепторы
- периферические хемо и механорецепторы.

Центральные рецепторы находятся в продолговатом мозге и оказывают прямое влияние на активность нейронов дыхательного центра. Они реагируют на концентрацию ионов водорода (pH) в спинномозговой жидкости, что обусловлено наличием угольной кислоты из-за диффузии CO_2 из кровотока в СМЖ.

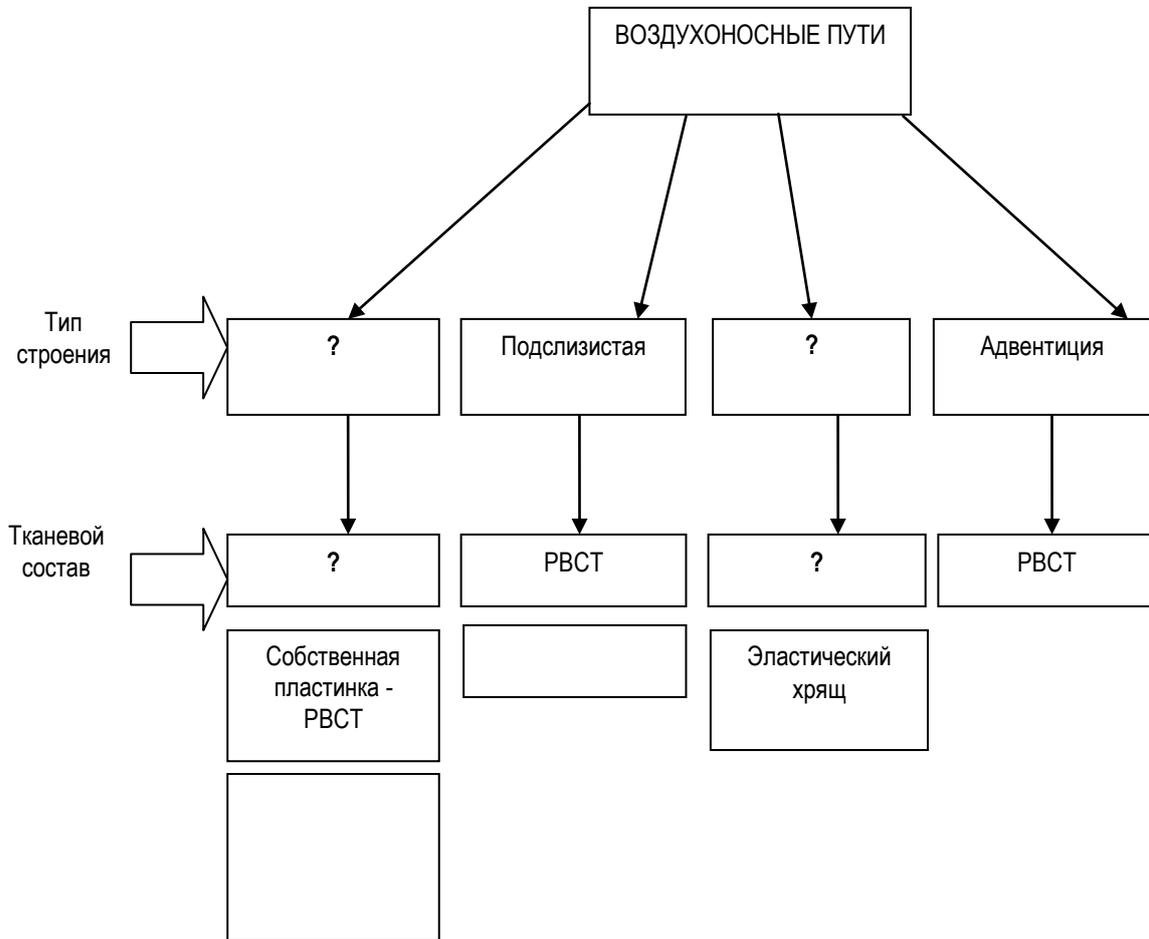
Периферические рецепторы находятся в аортальных тельцах (на верхней и нижней поверхностях дуги аорты) и каротидных тельцах (область бифуркации общих сонных артерий) и реагируют на изменение парциального давления кислорода в крови.

При кашле, чихании, в быстром выдохе участвуют мышцы живота, брюшного пресса, ребра (грудная клетка) опускаются, диафрагма резко поднимается.



ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Для контроля уровня знаний заполните граф логической структуры



Заполните таблицы:

Структурно-функциональная характеристика легких

Части	Тканевой состав	Структурные компоненты	Функции
Паренхима			
Строма			

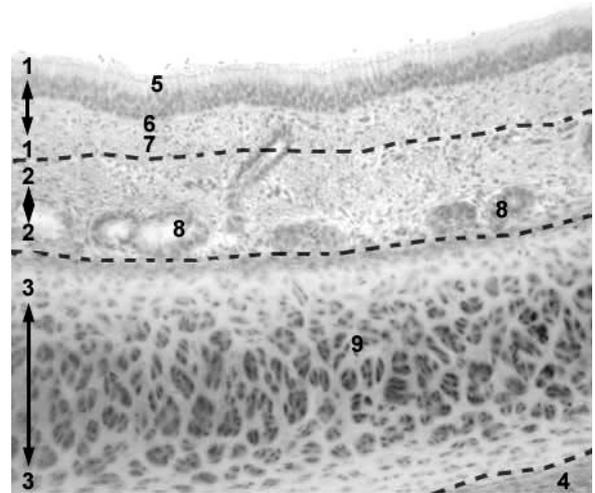
Гистофизиология легочных альвеол

Клетки в стенке альвеол	Морфологические особенности	Функциональное значение

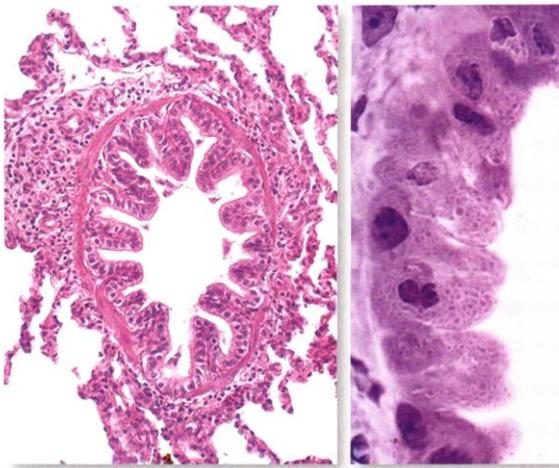
2. Для отработки навыков морфологической диагностики определите отдел воздухоносных путей и его структурные компоненты

Отдел воздухоносных путей _____

- 1- _____
- 2- _____
- 3- _____
- 4- _____
- 5- _____
- 6- _____
- 7- _____
- 8- _____



3. Для отработки навыков диагностики определите отдел воздухоносных путей, найдите и обозначьте на рисунке указанные ниже структуры:



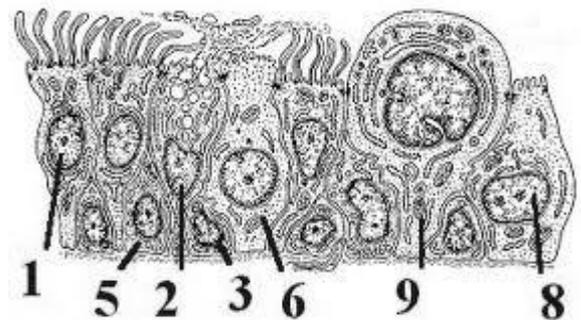
Отдел воздухоносных путей _____

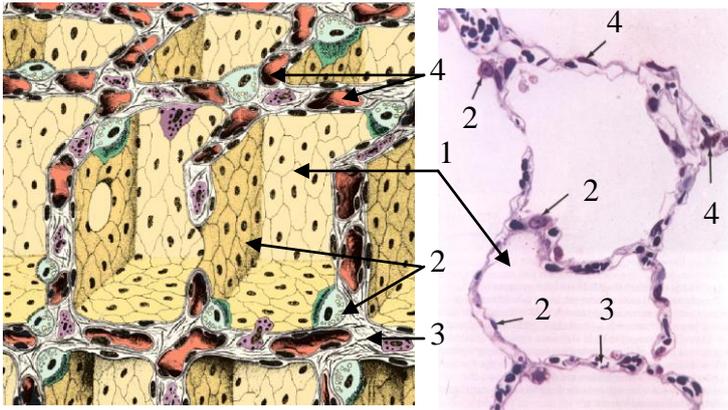
Найдите и обозначьте:

- слизистую оболочку
- адвентициальную оболочку
- эпителий
- собственную пластинку слизистой
- мышечную пластинку слизистой

Определите виды клеток, представленные на рисунке

- 1- _____
- 2- _____
- 3- _____
- 4- _____
- 5- _____
- 6- _____
- 7- _____
- 8- _____
- 9- _____





Определите структуры, представленные на рисунке легкого

- 1- _____
- 2- _____
- 3- _____
- 4- _____

Определите клетки и структуры, представленные на схеме и электронной микрофотографии фрагмента легкого

- 1- _____
- 2- _____
- 3- _____
- 4- _____
- 5- _____
- 6- _____

