

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Северо-Осетинская государственная медицинская академия»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**КАФЕДРА ДЕТСКИХ БОЛЕЗНЕЙ №3**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ  
Тема: «АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ»**

**Код темы: ОД.И.**

**Контингент обучающихся: ординаторы**

**г. Владикавказ, 2020 г.**

**Составители - доцент кафедры, к.м.н. Цораева З.А**

**Рецензенты:**

Зав. кафедрой детских болезней №, д.м.н., проф. Калоева З.Д.

Зав. кафедрой детских болезней №1, д.м.н. Бораева Т.Т.

Одобрено на заседании ЦКУМС от 28 августа 2020 г., протокол №1.

## **«АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ»**

- I. Код темы: ОД.И.**
- II. Название темы:** «Анатомо-физиологические особенности органов дыхания у детей»
- III. Контингент обучающихся:** ординаторы
- IV. Продолжительность занятия – 3 часа**
- V. Цель семинарского занятия:** Рассмотреть и обсудить вопросы развития и строения органов дыхания у детей.
- VI. Научно-методическое обоснование темы.**
- VII. Тематика сообщений:**
- VIII. Задачи семинара:**
  - На обсуждение вынесены следующие вопросы:**
    1. Развитие органов дыхания;
    2. Строение носа;
    3. Строение гортани;
    4. Строение трахеи;
    5. Строение бронхов;
    6. Строение легких;
    7. Трахеобронхиальный секрет;
    8. Мукоцилиарный транспорт.

### **VII. Тематика сообщений:**

Ординаторам подготовить 3-4 сообщения по теме:

1. Развитие органов дыхания у детей.
2. Строение бронхиального дерева.
3. Возрастные особенности дыхания.

### **VIII. План проведения семинара:**

Время практического занятия – 3 ч 12 мин.

После каждого академического часа – перерыв 10 мин (всего – 30 мин)

1. Вводный этап – 10 мин. (проверка присутствующих, постановка цели занятия, предоставление информационного блока);
2. Контроль исходного уровня знаний – 15 мин.
3. Разбор тематического больного (или выписки из медицинской карты) - 30

4. Сообщения ординаторов по теме занятия - 30
5. Обсуждение темы, разбор узловых проблем – 15
6. Контроль конечного уровня знаний – 30 мин.
7. Подведение итогов, ответы на вопросы – 15 мин.

**IX. Методическое обеспечение занятия:** микротаблицы, слайды, таблицы,

- Иллюстративный материал: мультимедийные слайды, микротаблицы и таблицы, схемы. Демонстрация иллюстративного материала в процессе изложения текста (около 3-5 мин)
- Методическое обеспечение: 2-3 тематических больных или 2-3 выписки из историй болезни детей с заболеваниями органов дыхания)
- Учебно-методические пособия; учетно-медицинская документация
- Информационный блок по теме; вопросы для программированного контроля (№10), ситуационные задачи (№5), тесты для проведения исходного и заключительного уровня знаний (№20)

**X. Материальное обеспечение:** доска, оверход, мультимедийный проектор

**XI. Перечень учебных знаний и умений**

**Ординатор должен знать:**

- Что относится к органам дыхательной системы.
- Особенности внутриутробного развития органов дыхания.
- Особенности строения органов дыхания у детей.
- Какие клетки осуществляют очистительную, дренажную функцию бронхов.
- Состав трахеобронхиального секрета.
- Как осуществляется мукоцилиарный транспорт.

**XII. Рекомендуемая литература.**

1. Детские болезни: учебник / под ред. А.А.Баранова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 1008 с.
2. Педиатрия: Учебник для медицинских вузов. Под ред. Н.П. Шабалова. – СПб: СпецЛит, 2006. – 895 с.

3. Тен С.И. Справочник по госпитальной педиатрии. – Мн.: Беларусь, 2002. – С. 896.
4. Пропедевтика детских болезней Мазурин К.М. 2011г.

### **XIII. Вопросы для самостоятельной подготовки:**

1. Что относится к органам дыхательной системы.
2. Особенности внутриутробного развития органов дыхания.
3. Особенности строения органов дыхания у детей.
4. Какие клетки осуществляют очистительную, дренажную функцию бронхов.
5. Состав трахеобронхиального секрета.
6. Как осуществляется мукоцилиарный транспорт.

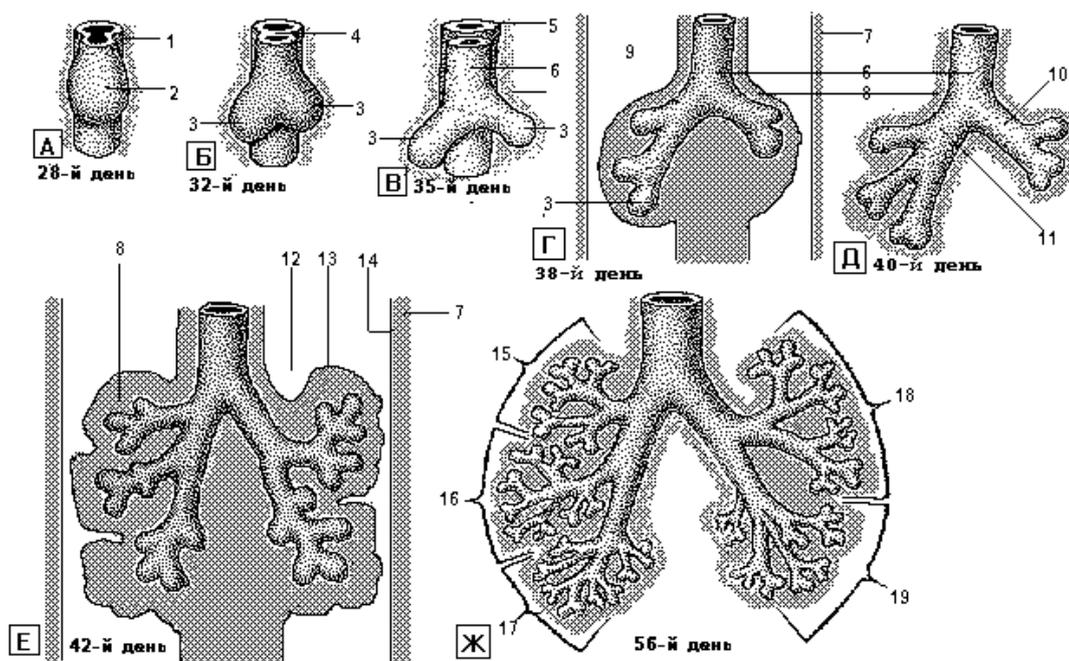
## **XIV. Блок информации**

### **Строение дыхательной системы**

Дыхательная система – совокупность органов и анатомических образований, обеспечивающих движение воздуха из атмосферы к легочным альвеолам и обратно (дыхательные циклы вдох-выдох) и газообмен между поступающим в легкие воздухом и кровью.

**Развитие органов дыхания** начинается на 3-й неделе эмбрионального развития и продолжается в течение длительного времени после рождения ребенка. На 3-й неделе эмбриогенеза из шейного отдела энтодермальной трубки появляется выпячивание, которое быстро растет, а на каудальном отделе его возникает колбовидное расширение. На 4-й неделе оно делится на правую и левую части — будущее правое и левое легкие, — каждая из которых древообразно ветвится. Образовавшиеся выпячивания вырастают в окружающую мезенхиму, продолжая делиться, на концах их появляются шаровидные расширения — зачатки бронхов — все более мелкого калибра. На 6-й неделе формируются долевые бронхи, на 8—10-й — сегментарные. Типичное для взрослого человека число воздухоносных путей образуется уже к концу 16-й недели развития плода. Из этого энтодермального зачатка образуется эпителий легких и дыхательных путей. Гладкомышечные волокна и хрящи бронхов формируются из мезодермальной мезенхимы (формирование хрящевого каркаса трахеи и бронхов начинается с 10-й недели развития плода). Это так называемая псевдожелезистая стадия развития легких. К нижним долям легких подходит большее число бронхов, воздухоносные пути которых имеют большую протяженность по сравнению с верхними.

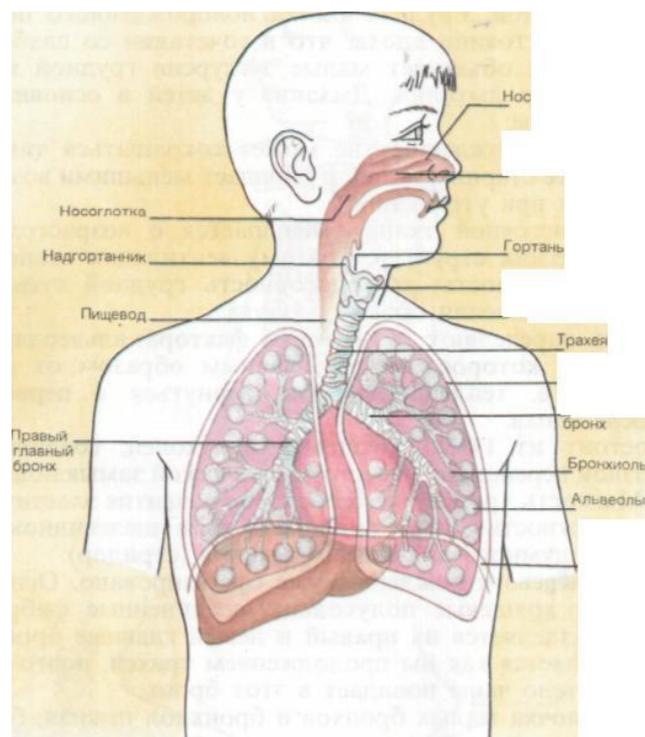
Каналикулярная фаза (реканализации) — 16—26-я недели — характеризуется образованием просвета в бронхах, продолжением развития и васкуляризацией будущих респираторных отделов легкого. Завершающая фаза (альвеолярная) — период образования альвеол — начинается с 24-й недели, к рождению не заканчивается, образование альвеол продолжается и в постнатальном периоде. К моменту рождения в легких плода насчитывается около 70 млн. первичных альвеол.



Дыхательные пути делятся на:

- верхние (нос, придаточные пазухи носа и глотка)
- средние (гортань, трахея, бронхи)
- нижние (бронхиолы и альвеолы)

К дыхательной системе относятся также грудная клетка и дыхательные мышцы, деятельность которых обеспечивает растяжение легких с формированием фаз вдоха и выдоха и изменение давления в плевральной полости, дыхательный центр, периферические нервы и рецепторы, участвующие в регуляции дыхания.



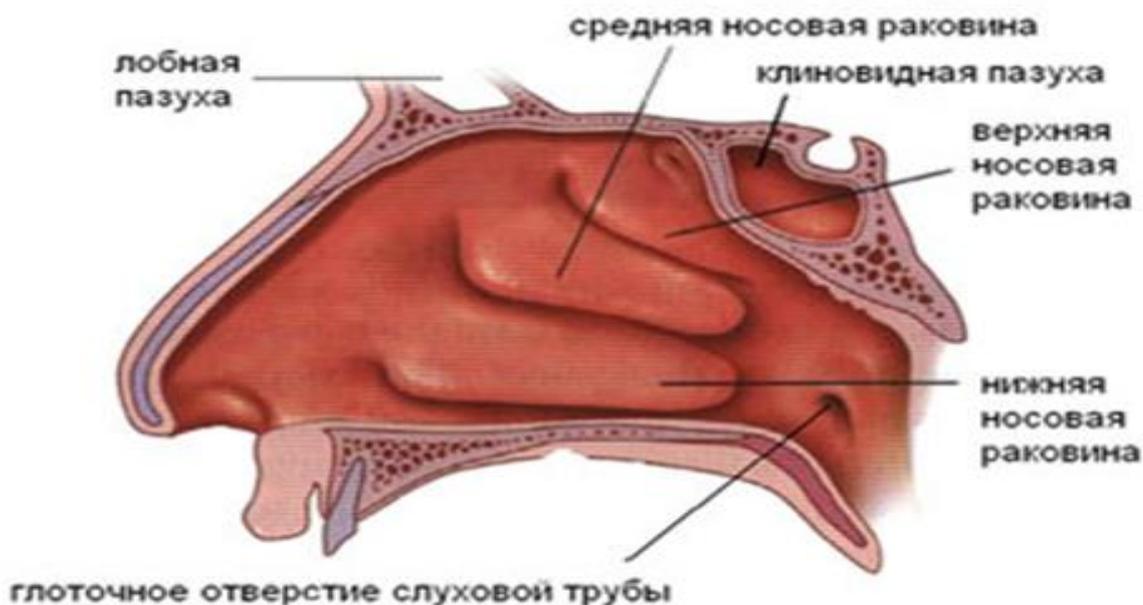
Обильное кровоснабжение дыхательных путей и жидкий секрет желез их эпителия имеют значение для поддержания необходимых параметров температуры и влажности воздуха, проникающего в легкие из атмосферы. Воздухоносные пути заканчиваются переходом концевых бронхиол в дыхательные респираторные бронхи, ветвления которых образуют ацинусы – функционально анатомическую единицу дыхательной паренхимы легкого. Максимальная площадь поверхности контакта кровеносных капилляров с альвеолами, где происходит газообмен, составляет у взрослого около  $90\text{м}^2$ .

У новорожденного имеются практически все элементы дыхательной системы.

## Нос.

**Нос** ребенка раннего возраста относительно мал, носовые ходы узкие, нижний носовой ход отсутствует. **Слизистая оболочка носа** нежная, относительно сухая, богата кровеносными сосудами. Вследствие узости носовых ходов и обильного кровоснабжения их слизистой оболочки даже незначительное воспаление вызывает у маленьких детей затруднение дыхания через нос. Дыхание же через рот у детей первого полугодия жизни невозможно, так как большой язык отесняет надгортанник кзади.

Особенно узким у детей раннего возраста является выход из носа — хоаны, что часто является причиной длительного нарушения у них носового дыхания.



Главная функция носа – дыхательная. Кроме того, при прохождении через нос воздух очищается, нагревается, увлажняется. К функциям носа и дополнительных пазух носа относятся: защитная, рече-резонаторная и обонятельная.

### **Придаточные пазухи носа.**

- 2 фронтальные (лобные) пазухи у новорожденного отсутствуют.

Появляются они лишь на 2 году жизни, а к 6 годам достигают размера горошины. Постепенное их развитие заканчивается к 20 годам.

- 2 гайморовы (верхнечелюстные) пазухи рентгенологически обнаруживаются у 3-месячного ребенка, развиваются к 7 годам.

- 1 этмоидальная (решетчатая), признаки которой тоже появляются только с 3-месячного возраста, созревает к 12 годам.

- 1 сфероидальная (клиновидная) появляется на 6 году жизни, развивается к 15 года.

## Глотка

Состоит из 3 частей:

Верхней - носовой (носоглотка), средней – ротовой, нижней-гортанной.

Евстахиевы (слуховые) трубы, соединяющие носоглотку с барабанными полостями, у детей грудного возраста широкие, короткие, прямые и расположены горизонтально; постепенно они становятся узкими, длинными, извилистыми и расположены под углом вверх.

Большое значение имеет расположенное в глотке кольцо Вольдейера – Пирогова в состав которого входит 6 миндалин:

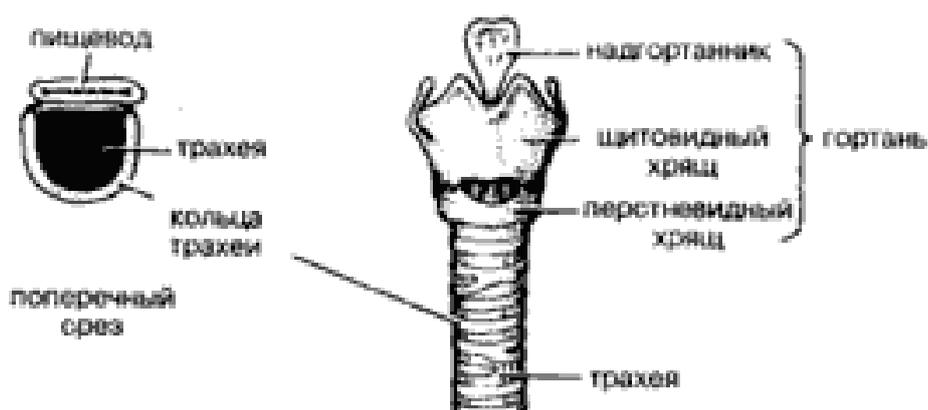
- 2 небные (между передней и задней небными дужками);
- 2 трубные (возле евстахиевых труб);
- 1 горловая (в верхней части носоглотки);
- 1 язычная (в области корня языка).

Главные функции глотки: дыхательная, резонаторная, глотательная. Лимфоидное кольцо, особенно небные миндалины, имеет большое значение в иммунной и кроветворной системах.

## Гортань.

**Гортань** у детей раннего возраста имеет воронкообразную форму (позже — цилиндрическую) и расположена несколько выше, чем у взрослых (на уровне 4-го шейного позвонка у ребенка и 6-го шейного позвонка — у взрослого). С возрастом она приобретает цилиндрическую форму, становится более широкой, опускается на 1-1,5 позвонка. Гортань относительно длиннее и уже, чем у взрослых, хрящи ее очень податливы. Ложные голосовые связки и слизистая оболочка нежные, богаты кровеносными и лимфатическими сосудами, эластическая ткань развита слабо. Голосовая щель у детей узкая. Голосовые связки у детей раннего возраста короче, чем у старших, поэтому у них высокий голос. С 12 лет голосовые связки у мальчиков становятся длиннее, чем у девочек.

Указанные особенности гортани объясняют легкое развитие у детей стенотических явлений даже при умеренных воспалительных изменениях слизистой оболочки гортани. Большое значение имеет также повышенная нервно-мышечная возбудимость маленького ребенка. Осиплость голоса, отмечаемая часто у маленьких детей после крика, чаще зависит не от воспалительных явлений, а от слабости легко утомляемых мышц голосовых связок.



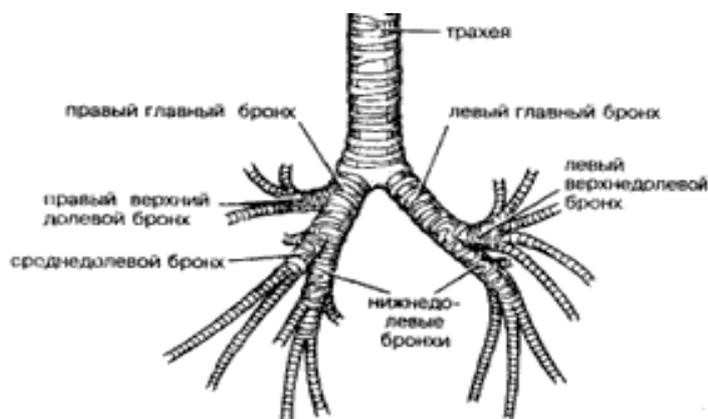
## Трахея

Длина трахеи у новорожденного относительно больше- 4 см, в то время как в 15 лет она равна 7 см (т.е. увеличивается только в 2 раза). Расположена трахея у детей выше, чем у взрослого. У новорожденного место бифуркации трахеи находится на уровне 3-4 грудного позвонка, у ребенка 12 лет на уровне 5-6 грудного позвонка. Основу стенки трахеи составляют 16-20 гиалиновых хрящей, число которых в дальнейшем не изменяется. Сзади хрящи не замыкаются, а соединяются перепончатой стенкой (мембраной), образованной соединительной и гладкомышечной (мышца трахеи) тканью.

Внутренняя поверхность трахеи выстлана слизистой оболочкой, покрытой псевдомногослойным эпителием. Она обладает хорошей всасывающей способностью, что имеет важное значение, например, при ингаляции лекарственных средств. В подслизистой основе находится большое количество смешанных слизистых желез, выводные протоки которых открываются на поверхности слизистой оболочки.

Лимфоотток происходит в ближайшие лимфатические узлы: околотрахеальные, расположенные вдоль трахеи; верхние трахеобронхиальные, расположенные латеральнее трахеи у места ее деления на главные бронхи; нижние трахеобронхиальные узлы, лежащие под бифуркацией трахеи между главными бронхами. Иннервируют трахею ветви блуждающего нерва, возвратного гортанного нерва и симпатического ствола.

### Бронхи.



Бронхи (дыхательное горло) – это часть воздухопроводящих путей, соединяющие ее с дыхательной паренхимой легкого. Бронхи делятся на:

- бронхи I порядка – после бифуркации трахеи;
- бронхи II порядка – долевыe (справа - 3, слева - 2);
- бронхи III порядка – сегментарные (справа – 10, слева - 9)

Правый бронх является как бы продолжением трахеи; левый отходит под большим углом, чем и объясняется более частое попадание инородных тел в правый бронх более частое развитие правосторонней пневмонии (поражение левого легкого встречается реже).

Трахея , 2 главных и нижнедолевые бронхи расположены внелегочно, все остальные ветви окружены легочной паренхимой. При вхождении в легкое бронх как бы увлекает за собой висцеральную плевро, которая переходит в перибронхиальный соединительнотканый футляр, простирающийся до уровня бронхов малого калибра. Трахея, бронхи крупные, средние и мелкие имеют в стенке хрящи. В мелких бронхах

диаметр которых меньше 1 мм, хрящей нет. Бесхрящевые бронхи принято обозначать термином "бронхиолы", наименьшая бронхиола, не имеющая непосредственного соединения с альвеолами, называется терминальной. Она дает начало респираторным бронхиолам, которые, троекратно делясь, заканчиваются расширениями, переходящими в альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки.

Структуры, объединяемые терминальной бронхиолой, называются ацинусом и являются функционально-анатомической единицей легкого.

Стенка бронха состоит из 3 оболочек: слизистой, фиброзно – мышечно – хрящевой и адвентициальной. Слизистая оболочка выстлана многорядным призматическим эпителием. Каждая **реснитчатая клетка** имеет на своей поверхности около 200 ресничек, совершающие согласованные движения 16-17 раз в секунду, т.е. около 960 колебаний в минуту. Реснички перемещают слизистую пленку, покрывающую эпителий, со скоростью около 6 мм/мин, удаляя из бронхиального дерева частицы пыли, микроорганизмы, клеточные элементы (очистительная, дренажная функция бронхов).

Помимо реснитчатых клеток, слизистая оболочка бронха содержит **бокаловидные клетки**. Бокаловидные клетки в эпителиальном слое представлены в меньшем количестве, чем реснитчатые (1 бокаловидная клетка на 5 реснитчатых). Они выделяют слизистый секрет. В мелких бронхах и бронхиолах бокаловидных клеток в норме нет, но они появляются в патологических условиях.

**Базальные и промежуточные клетки** расположены в глубине эпителиального слоя и не достигают его поверхности. Промежуточные клетки имеют удлинённую, базальные – неправильно - кубическую форму, они являются менее дифференцированными по сравнению с другими клетками эпителиального слоя. За счет промежуточных и базальных клеток осуществляется физиологическая регенерация эпителиального слоя бронхов.

**Серозные клетки** немногочисленны, достигают свободной поверхности эпителия, продуцируют серозный секрет.

**Секреторные клетки Клара** расположены преимущественно в мелких бронхах и бронхиолах. Они продуцируют секрет, участвуют в

образовании фосфолипидов и, возможно, сурфактанта. При раздражении слизистой оболочки бронхов они превращаются в бокаловидные клетки.

**Клетки Кульчицкого (К-клетки)** расположены на всем протяжении бронхиального дерева и относятся к нейросекреторным клеткам APUD-системы.

Базальная мембрана имеет толщину 60-80 микрон, расположена под эпителием и служит для него основой; К ней прикрепляются клетки эпителиального слоя. Подслизистый слой образован рыхлой соединительной тканью, содержащей коллагеновые, эластические волокна, а также подслизистые железы, содержащие серозные и слизистые клетки, выделяющие слизистый и серозный секрет. Каналы этих желез собираются в эпителиальный собирательный канал, открывающийся в просвет бронха. Объем секрета подслизистых желез в 40 раз превышает секрет бокаловидных клеток.

Продукция бронхиального секрета регулируется **парасимпатической** и (холинергической), **симпатической** – норадреналин, адреналин; и «**неадренергической, нехолинергической**» нервной системой. Медиатором парасимпатической нервной системы является ацетилхолин, симпатической – норадреналин, адреналин; «неадренергической, нехолинергической» (НАНХ)- нейрпептиды (вазоактивный интестинальный полипептид, субстанция Р, нейрокинин А). Нейротрансмиттеры (медиаторы) НАНХ системы сосуществуют в нервных окончаниях парасимпатических и симпатических волокон с классическими медиаторами ацетилхолином и норадреналином.

Нейрогуморальная регуляция подслизистых желез и, следовательно, выработки бронхиального секрета осуществляется путем взаимодействия рецепторов слизистых и серозных клеток с нейротрансмиттерами - медиаторами парасимпатической, симпатической и неадренергической, нехолинергической нервной системы.

Объем бронхиального секрета увеличивается преимущественно при холинергической стимуляции, а также под влиянием субстанции Р – медиатора НАНХ. Субстанция Р стимулирует секрецию бокаловидными клетками и подслизистыми железами. Мукоцилиарный клиренс (т.е. функция мерцательного эпителия) бронхов стимулируется при возбуждении  $\beta_2$ -адренорецепторов.

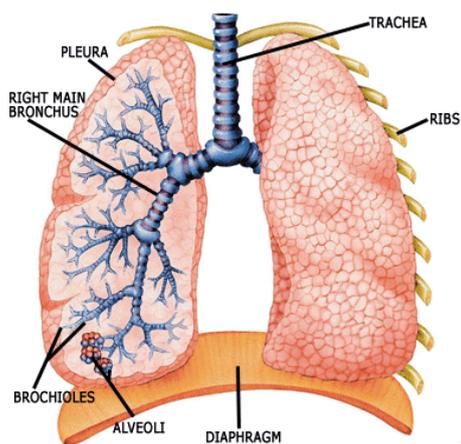
Важнейшими функциями бронхов являются проведение воздуха к дыхательной паренхиме легкого и обратно и защита периферических отделов дыхательной системы от попадания в них пылевых частиц, микроорганизмов, раздражающих газов. Регуляция воздушного потока, проходящего по бронхам, осуществляется за счет изменения разницы между давлением воздуха в альвеолах и во внешней среде, что достигается работой дыхательных мышц. Другим механизмом является изменение просвета бронхов путем нервной регуляции тонуса их гладких мышц. В норме при вдохе просвет и длина бронхов увеличивается, а при выдохе уменьшаются. Нарушение регуляции тонуса гладких мышц бронхов лежит в основе многих заболеваний органов дыхания (бронхиальной астмы, хронического обструктивного бронхита и др.).

Слизистая оболочка защищена комплексом специфических и неспецифических факторов, обеспечивающих надежный барьер на пути проникновения патогенов. К местной бронхопульмональной системе относятся мукоцилиарный аппарат, сурфактантная система; наличие в бронхиальном содержимом иммуноглобулинов, факторов комплемента, лизоцима, лактоферрина, фибронектина, интерферонов; альвеолярных макрофагов, ингибиторов протеаз. Формирование специфического иммунитета осуществляется с участием индуктивных участков слизистых оболочек, к которым относятся глоточное лимфатическое кольцо (кольцо Вольдейера – Пирогова) и бронхоассоциированная лимфоидная ткань (БАЛТ).

### **Легкие.**

Легкие – парный орган, расположенный в грудной полости, осуществляющий газообмен между вдыхаемым воздухом и кровью.

Основной функцией легких является дыхательная. Необходимыми компонентами для ее реализации служат вентиляция альвеол воздухом с достаточным уровнем парциального давления кислорода, диффузия кислорода и двуокиси углерода через альвеолокапиллярную мембрану, нормальный кровоток через малый круг кровообращения.



В состав корня легкого входят крупные сосуды и бронхи, лимфатические железы. Правое легкое состоит из 3 долей (верхней, средней и нижней), левое из 2 (верхней и нижней). Количество сегментов правого легкого-10, левого-9. Структуры, объединяемые терминальной бронхиолой называются ацинусом и являются функционально - анатомической единицей легкого. Наименьшая бронхиола, не имеющая непосредственного соединения с альвеолами называется терминальной. Она дает начало респираторным бронхиолам, которые трехкратно делясь, заканчиваются расширениями, переходящими в альвеолярные ходы и альвеолярные мешочки.

Бронхиолы выстланы однослойным кубическим реснитчатым эпителием. В них встречаются также секреторные и щеточные клетки. В стенки концевых бронхиол

Отсутствуют железы и хрящевые пластинки. Соединительная ткань, окружающая бронхиолы, переходит в соединительнотканную основу дыхательной паренхимы легкого. В дыхательных бронхиолах кубические эпителиоциты утрачивают реснички; при переходе в альвеолярные протоки кубический эпителий сменяется однослойным плоским альвеолярным эпителием. Стенка альвеолы, выстланная однослойным плоским альвеолярным эпителием, содержит три вида клеток: дыхательные (чешуйчатые), или альвеолоциты 1-го типа, большие (зернистые), или альвеолоциты 2-го типа, и альвеолярные фагоциты (макрофаги). Со стороны воздушного пространства эпителий покрыт тонким не клеточным слоем сурфактанта – вещества, состоящего из фосфолипидов и протеинов и вырабатываемого альвеолоцитами 2-го типа. Сурфактант обладает хорошо выраженными поверхностно - активными

свойствами, предотвращает спадение альвеол на выдохе, проникновение через их стенку микроорганизмов из вдыхаемого воздуха, препятствует трансудации жидкости из капилляров. Образуя тонкий сплошной слой в альвеолах, сурфактант изменяет поверхностное натяжение в зависимости от радиуса альвеол. При большом объеме альвеол во время вдоха поверхностное натяжение увеличивается, что повышает сопротивление дыханию. Альвеолярный эпителий располагается на базальной мембране толщиной 0,05-0,1 мкм. Снаружи к базальной мембране прилежат кровеносные капилляры, проходящие по межальвеолярным перегородкам, а также сеть эластических волокон, оплетающих альвеолы.

Началом лимфатических путей легких являются поверхностные и глубокие сети лимфатических капилляров. Поверхностная сеть расположена в висцеральной плевре. Из нее лимфа переходит в сплетение лимфатических сосудов 1, 2 и 3-го порядка. Глубокая капиллярная сеть находится в соединительной ткани внутри легочных долек, в междольковых перегородках, в подслизистой основе стенки бронхов, вокруг внутрилегочных кровеносных сосудов и бронхов. Регионарные лимфатические узлы легких объединяются в следующие группы:

- **трахеальные**, расположенные вдоль трахеи;
- **трахеобронхиальные (бифуркационные)** - расположены в трахеобронхиальном углу (верхние) и под местом бифуркации трахеи между бронхами первого порядка (нижние);
- **бронхо - пульмональные**, залегающие в корне легкого и в месте вхождения бронхов первого порядка в легкие;
- **легочные**, расположенные в паренхиме легких, главным образом в местах деления бронхов на долевые и сегментарные;
- **задние и передние средостенные**;
- **окологрудинные**.

### **Трахеобронхиальный секрет.**

Бронхиальный секрет состоит из двух слоев: верхнего (густого), лежащего над ресничками и являющегося вязко-эластичным гелем толщиной 2 мкм, и нижнего (глубокого) жидкого слоя (золя) толщиной 2-

4 мкм, в котором плавают и сокращаются реснички. Золь продуцируется в респираторной зоне (альвеолах и дыхательных бронхиолах). Здесь он участвует в очищении воздуха, т. к. обладает умеренными адгезивными свойствами, способствуя «прилипанию» пыли и микробов. В терминальных бронхиолах и бронхах к секрету присоединяется содержимое бокаловидных клеток и серомукоидных желез. Так, по мере движения слизи к трахее, формируется вязко-эластичный слой геля.

Гелеподобная структура бронхиального секрета, полианионная по своей химической природе, является естественным фильтром, который задерживает на себе взвешенные частицы, патогенные микроорганизмы и полярные соединения, а затем, благодаря своим вязко-эластическим свойствам, обеспечивает эффективность мукоцилиарного транспорта с выделением из респираторного тракта чужеродных патогенов.

Определенную часть трахеобронхиального секрета составляют вещества и клетки, поступающие туда из капилляров подслизистой через бронхиальный эпителий путем трансудации, экссудации и миграции клеток. При патологических состояниях процесс экссудации более выражен, чем в нормальных условиях. Таков путь попадания в секрет воды, белков и различных продуктов метаболизма клеток.

Вообще, в состав трахеобронхиальной слизи входят: вода, протеины, муцины, протеазы, гликопротеины, нуклеиновые кислоты, липиды, электролиты..

Бронхиальный секрет следует рассматривать как постоянно обновляющийся фильтр, представляющий одну из первых линий защиты организма.

### **Мукоцилиарный транспорт.**

Основной функцией мукоцилиарного аппарата является удаление вместе с секретом попавших в дыхательные пути инородных частиц. Адекватная активность реснитчатого аппарата с оптимальной вязкостью и эластичностью бронхиального секрета - одно из успешного выведения ингалированных частиц.

Все реснички колеблются синхронно. Благодаря согласованному движению ресничек, тонкая пленка секрета, покрывающая слизистую

оболочку бронхов, перемещается в проксимальном направлении (к глотке). Эффективный толчок ресничек в 2-3 раза быстрее, чем возвратное движение. Скорость движения пленки слизи в крупных бронхах- 3-12 мм/мин, в бронхиолах с более редкими мерцательными клетками она меньше. Оптимальными условиями функционирования мерцательного эпителия являются : температура 18-37°C, рН 7,0-7,5.

Очищению бронхов способствует повышение линейной скорости воздушной струи в бронхах. В мелких бронхах, где скорость невелика (50-60см/с), секрет продвигается в виде пены. При скорости 50-100см/с удаляются закрывающие просвет мелкого бронха комки. При большей скорости струи (до 10 м/с) могут быть очищены самые крупные бронхи. При скорости 10-25 м/с слизь продвигается бронха циркулярными волнами, при более высокой (при кашле) – в виде аэрозоля.

Многие воздействия на дыхательные пути могут отрицательно отражаться на функции мерцательного эпителия. Неблагоприятное влияние на функциональное состояние ресничек оказывают высыхание слизистой оболочки, ингаляции O<sub>2</sub>, аммиака, аллергена, действие токсинов вирусов и бактерий. Прежде всего изменяется координация деятельности ресничек, а потом эффективность толчка. У больных хроническим бронхитом средняя скорость движения слизи в трахеи почти в 3 раза ниже, чем в норме.

При воспалении бронхов, одновременно с нарушением функции и дистрофическими изменениями мерцательного эпителия, отмечается гиперсекреция слизи, а соотношение между бокаловидными и реснитчатыми клетками изменяется в сторону бокаловидных. При остром воспалении число бокаловидных клеток увеличивается как минимум в 2 раза. Это является одной из причин образования вязкой слизи с повышенным содержанием нейтральных муцинов и высокой адгезивностью, что приводит к нарушению подвижности слизи и затруднению отрыва частиц от бронхиального секрета воздушным потоком. В принципе, повышение вязкости и адгезивности слизи носит защитный характер, т. к. такой секрет, более плотно покрывая слизистые оболочки дыхательных путей, защищает их от раздражающего воздействия патогенных факторов. Но при прогрессировании воспалительного процесса избыточное образование вязкой слизи и нарушение целостности самой слизистой оболочки могут привести к нарушению дренажной функции бронхов, нарушению бронхиальной

проводимости и фиксации микроорганизмов к слизистой оболочке, более глубокому их проникновению в слизистую оболочку и формированию бактериального воспалительного процесса. К тому же повышение вязкости слизи снижает подвижность ресничек мерцательного эпителия, вызывает нарушение их очистительной дренажной функции. Движение секрета по бронхиальному дереву замедляется, иногда прекращаясь вовсе. Формирующиеся при этом слизистые пробки, перекрывая просвет дистальных отделов бронхов, вызывают развитие обструктивного синдрома. Если у ребенка к тому же имеется бронхоспазм, то обструкция возникает легче и быстрее и протекает намного тяжелее.

Повышение вязкости слизи не только нарушает дренажную функцию бронхов, но и снижает местную защиту дыхательных путей. При увеличении вязкости секрета в нем снижается содержание секреторного IgA и других иммуноглобулинов, секретируемых в норме плазматическими клетками слизистой оболочки дыхательных путей.