

Фізіологія ЛОР органів

ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: ПІСЛЯДИПЛИМНОЇ ОСВІТИ

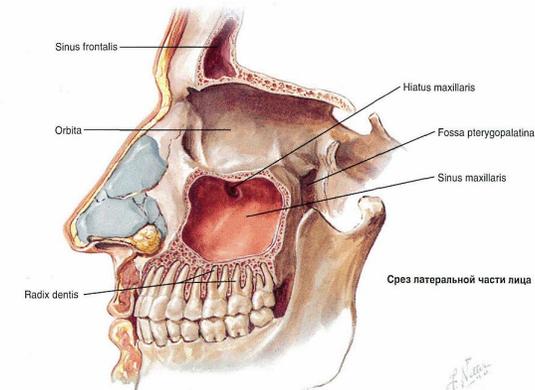
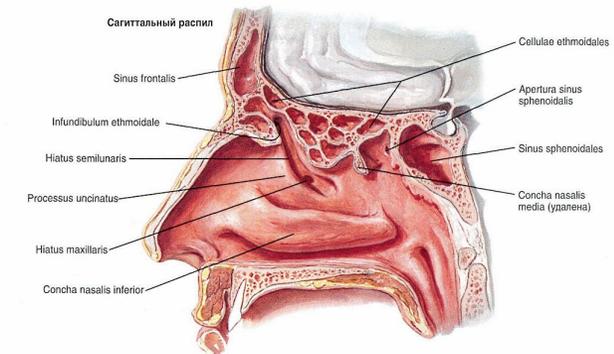
Кафедра: ДИТЯЧИХ ХВОРОБ

асистент кафедри Шаменко В.О.

Физиология носа и околоносовых пазух

Нос выполняет следующие физиологические функции:

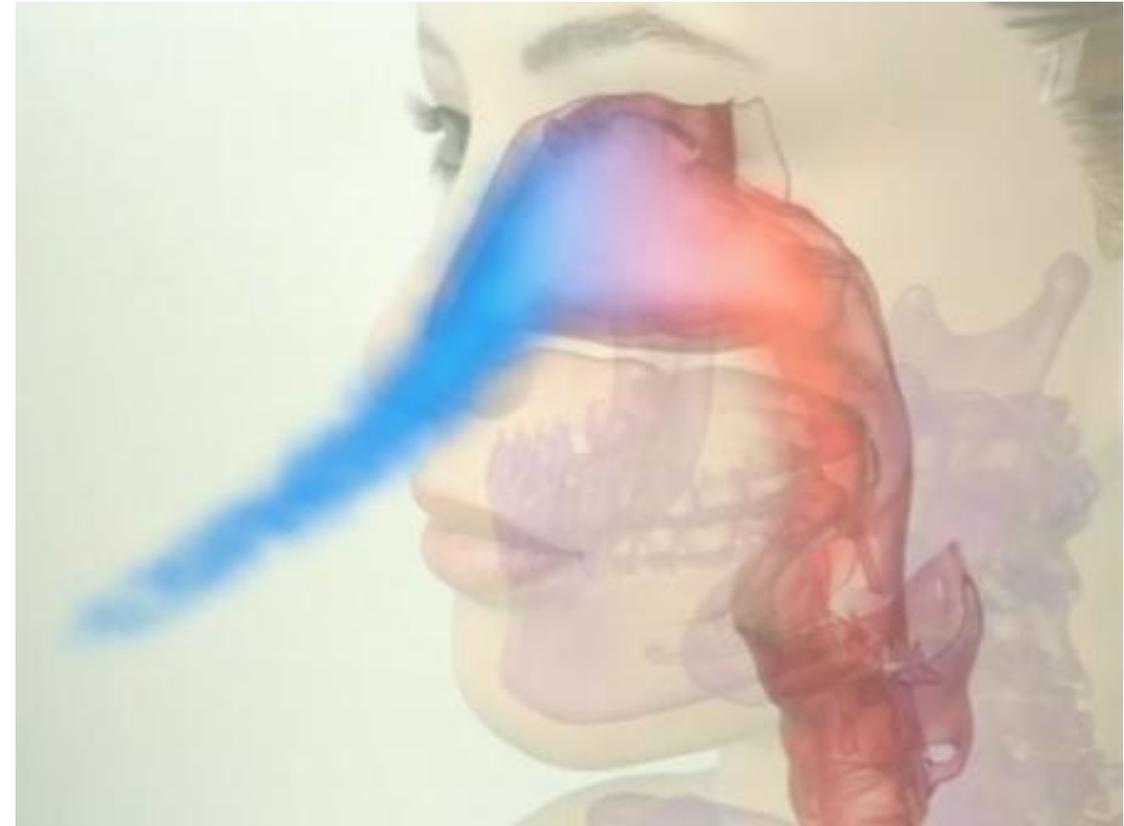
- дыхательную,
- обонятельную,
- защитную,
- резонаторную



Дыхательная функция

Эта функция является основной функцией носа. В норме через нос проходит весь вдыхаемый и выдыхаемый воздух. Во время вдоха, обусловленного отрицательным давлением в грудной полости, воздух устремляется в обе половины носа. Основной поток воздуха направляется снизу вверх дугообразно по общему носовому ходу вдоль средней носовой раковины, поворачивает кзади и книзу, идет в сторону хоан. При вдохе из околоносовых пазух выходит часть воздуха, что способствует согреванию и увлажнению вдыхаемого воздуха, а также частичной диффузии его в обонятельную область. При выдохе основная масса воздуха идет на уровне нижней носовой раковины, часть воздуха поступает в околоносовые пазухи.

Дугообразный путь, сложный рельеф и узость внутриносовых ходов создают значительное сопротивление прохождению струи воздуха, что имеет физиологическое значение — давление струи воздуха на слизистую оболочку носа участвует в возбуждении дыхательного рефлекса. Если дыхание осуществляется через рот, вдох становится менее глубоким, что уменьшает количество поступающего в организм кислорода. При этом уменьшается и отрицательное давление со стороны грудной клетки, что, в свою очередь, приводит к уменьшению дыхательной экскурсии легких и последующей гипоксии организма, а это вызывает развитие целого ряда патологических процессов со стороны нервной, сосудистой, кроветворной и других систем, особенно у детей.



Защитная функция

Во время прохождения через нос вдыхаемый воздух очищается, согревается и увлажняется.

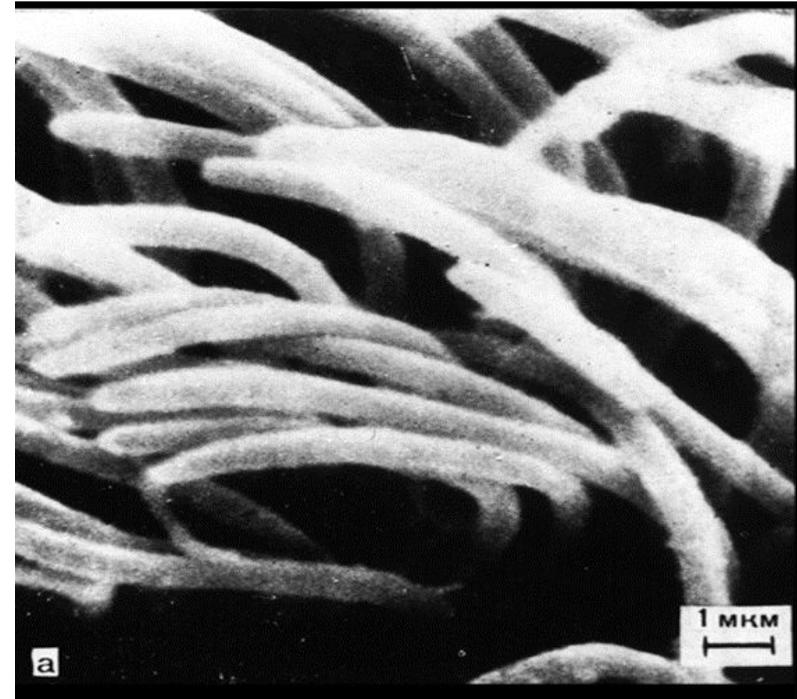
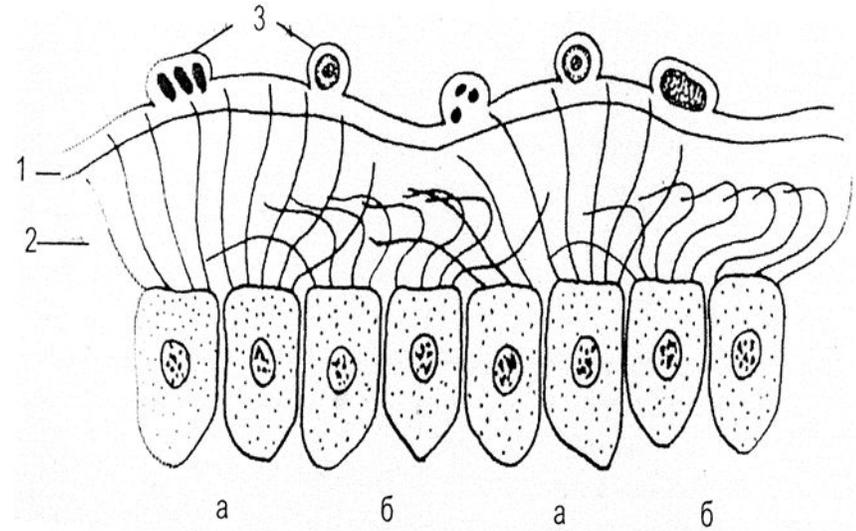
Согревание воздуха осуществляется за счет раздражающего воздействия холодного воздуха, вызывающего рефлекторное расширение и заполнение кровью кавернозных сосудистых пространств. Объем раковин значительно увеличивается, соответственно суживается ширина носовых ходов. В этих условиях воздух в полости носа проходит более тонкой струей, соприкасается с большей поверхностью слизистой оболочки, отчего согревание идет интенсивнее. Согревающий эффект тем более выражен, чем ниже температура наружного воздуха.

Увлажнение воздуха в полости носа происходит за счет секрета, выделяемого рефлекторно слизистыми железами, бокаловидными клетками, лимфой и слезной жидкостью. У взрослого человека в течение суток в виде пара из носовых полостей выделяется около 300 мл. воды, однако этот объем зависит от влажности и температуры наружного воздуха, состояния носа, а также других факторов.

Очищение воздуха в носу обеспечивается несколькими механизмами. Крупные пылевые частицы механически задерживаются в преддверии носа густыми волосами. Более мелкая пыль, которая прошла через первый фильтр, вместе с микробами осаждаются на слизистой обложке, покрытой слизистой секретом. В слизи содержатся обладающие бактерицидным действием лизоцим, лактоферрин, иммуноглобулины. Осаждению пыли способствует узость и изогнутость особых ходов. Около 40-60% пылевых частиц и микробов вдыхаемого воздуха задерживаются в носовой слизи и нейтрализуются этой слизью или удаляются вместе с ней.

Механизм самоочищения дыхательных путей, называемый мукоцилиарным транспортом (мукоцилиарный клиренс), осуществляется мерцательным эпителием. Поверхность мерцательных клеток покрыта многочисленными ресничками, совершающими колебательные движения. Каждая реснитчатая клетка имеет на своей поверхности 50-200 ресничек длиной 5-8 мкм и диаметром 0,15-0,3 мкм. Каждая ресничка имеет собственное двигательное устройство — аксонему. Частота биения ресничек 6-8 взмахов в сек. Двигательная активность ресничек мерцательного эпителия обеспечивает передвижение носового секрета и осевших на нем частичек пыли и микроорганизмов по направлению к носоглотке.

- Мерцательный эпителий предохраняет слизистую оболочку носа от высыхания
- Обеспечивает кондиционирование вдыхаемого воздуха путем испарения воды и обогревания;
- Транспортирует осевшие на слизистое покрытие ингалированные частицы.



Чужеродные частицы, бактерии, химические вещества, попадающие в полость носа с потоком вдыхаемого воздуха, прилипают к слизи, разрушаются энзимами и проглатываются. Только в самых передних отделах полости носа, на передних концах нижних носовых раковин ток слизи направлен ко входу в нос. Общее время прохождения слизи от передних отделов полости носа до носоглотки составляет 10-20 мин. На движение ресничек оказывают влияние различные факторы — воспалительные, температурные, воздействие различных химических веществ, изменение РН, соприкосновение между противоположными поверхностями мерцательного эпителия и др.

К защитным механизмам относятся также рефлекс чиханья и слизиотделения. Инородные тела, пылевые частицы, попадая в полость носа, вызывают рефлекс чиханья: воздух внезапно с определенной силой выбрасывается из носа, тем самым удаляются раздражающие вещества.

Обонятельная функция

Обонятельный анализатор относится к органам химического чувства, адекватным раздражителем которого являются молекулы пахучих веществ (одоривекторы). Пахучие вещества достигают обонятельной области вместе с воздухом при вдыхании через нос. Обонятельная область (regio olfactorius) начинается от обонятельной щели (rima olfactorius), которая находится между нижним краем средней носовой раковины и перегородкой носа, идет кверху до крыши полости носа, имеет ширину 3-4 мм. Для восприятия запаха необходимо, чтобы воздух диффундировал в обонятельную область. Это достигается короткими форсированными вдохами через нос, при этом образуется большое количество завихрений, направленных в обонятельную зону (такой вдох человек делает, когда нюхает).

Существуют различные теории обоняния.

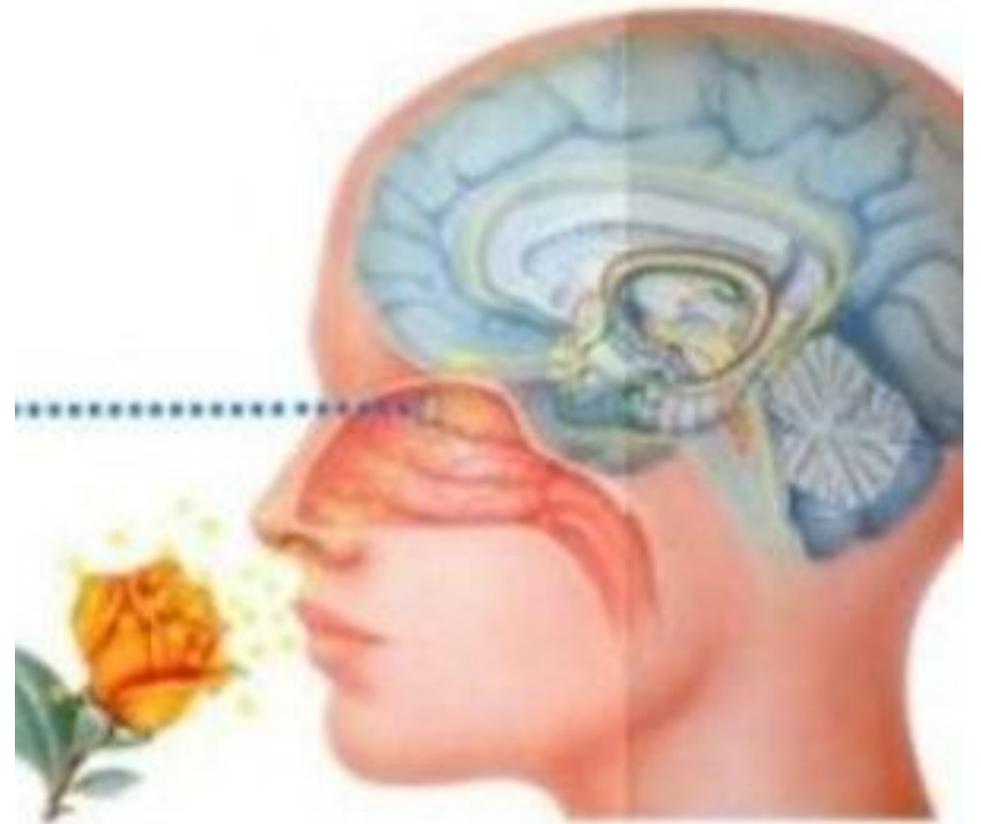
- Химическая теория (Цваардемакера). Молекулы пахучих веществ (одоривекторы) адсорбируются жидкостью, покрывающей волоски обонятельных клеток, и, приходя в контакт с ресничками этих клеток, растворяются в липоидной субстанции. Возникшее возбуждение распространяется по цепи нейронов к корковому ядру обонятельного анализатора.
- Физическая теория (Гейникса). Различные группы обонятельных клеток возбуждаются в ответ на определенной частоты колебания, свойственные определенному одоривектору.
- Физико-химическая теория (Мюллера). Согласно этой теории, возбуждение органа обоняния возникает благодаря электрохимической энергии пахучих веществ.

Нарушение обоняния может быть первичным, когда оно связано с поражением рецепторных клеток, проводящих путей или центральных отделов обонятельного анализатора, и вторичным — при нарушении притока воздуха к обонятельной области.

Обоняние резко снижается (гипосмия) и иногда исчезает (аносмия) при воспалительных процессах, полипозных изменениях слизистой оболочки, атрофических процессах в полости носа.

Кроме того, редко встречается извращенное обоняние — кокосмия.

Околоносовые пазухи играют в основном резонаторную и защитную функции.



Резонаторная функция

Резонаторная функция носа и околоносовых пазух заключается в том, что они, являясь воздухоносными полостями, наряду с глоткой, гортанью и полостью рта участвуют в формировании индивидуального тембра и других характеристик голоса. Маленькие полости (решетчатые ячейки, клиновидные пазухи) резонируют более высокие звуки, в то время как крупные полости (верхнечелюстные и лобные пазухи) резонируют более низкие тоны. Поскольку величина полости пазух в норме у взрослого человека не изменяется, тембр голоса сохраняется на всю жизнь постоянным.

Небольшие изменения тембра голоса происходят во время воспаления пазух в связи с утолщением слизистой оболочки. Положение мягкого нёба в определенной степени регулирует резонанс, отражая носо-глотку, а значит, и полость носа, от среднего отдела глотки и гортани, откуда идет звук. Паралич или отсутствие мягкого нёба сопровождается открытой гнусавостью (*rhinolalia aperta*), обтурация носо-глотки, хоан, полости носа сопровождается закрытой гнусавостью (*rhinolalia clausa*).

Физиология глотки

Глотка обладает следующими функциями: глотательной, дыхательной, защитной, резонаторной, речевой.

Глотательная функция (по Мажанди) обеспечивается двумя актами. Вначале, при подходе пищевого комка или слюны, сокращаются мышцы миндалинковых дужек (*m. palatoglossus et palatopharyngeus*) и мышцы корня языка, проталкивая содержимое дальше, из полости рта в ротоглотку. Здесь включаются мышцы задней стенки глотки, подталкивая пищевой комок книзу, в отверстие пищевода по законам перистальтики, дальше - в желудок. Первый акт сознательный, управляемый, может быть прерван. Второй - рефлексорный, происходящий автоматически, что, кстати, и обуславливает патогенез инородных тел пищевода, когда, несмотря на ощущение инородного тела, человек уже не может остановить акт глотания.

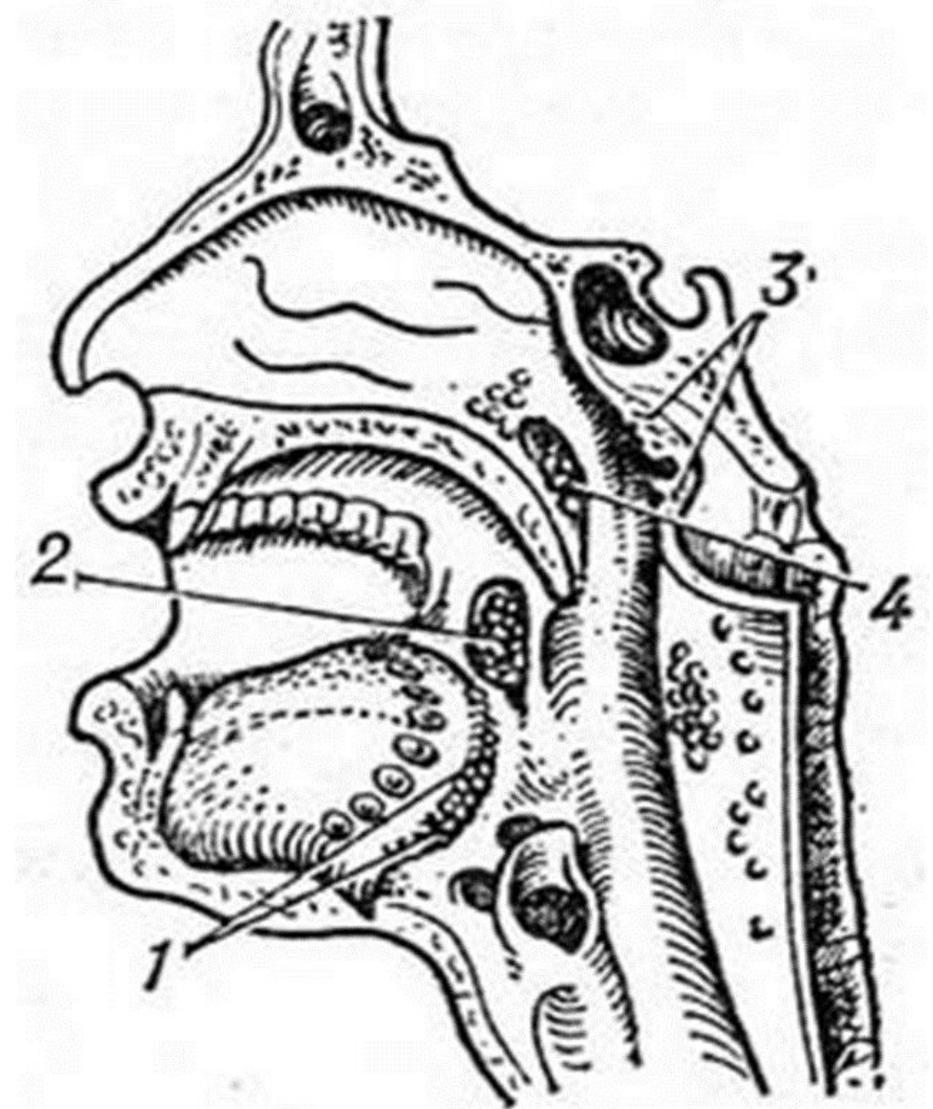
Дыхательная функция глотки обеспечивается в норме, при носовом дыхании, всеми ее тремя этажами, а при ротовом дыхании - рото- и гортаноглоткой: при патологии носа (полипах носа или хронических ринитах), при форсированном дыхании, например, при беге, больших физических нагрузках. Поскольку через глотку проходит путь основных ингредиентов жизни - воздуха и пищи, она должна иметь и защитные механизмы.

Защитная функция глотки обеспечивается слизистой с многослойным плоским эпителием, глоточным сплетением на задней стенке, куда входят чувствительные и смешанные нервы, а также парасимпатическими волокнами от блуждающего нерва и симпатическими от верхнего шейного симпатического ганглия, регулирующими кровоснабжение, а значит согревание слизистой глотки, насыщение ее лейкоцитами, в том числе мигрирующими. Следовательно глотка, как и нос, служит для согревания и увлажнения воздуха. Кроме того глотка имеет уникальный механизм защиты организма от бактерий и вирусов, а именно совокупность шести миндалин - «кольцо» Вальдейера - Пирогова (рис. 3.4). Миндалины несут защитную функцию от инфекционных агентов, которые попадают в глотку при актах дыхания и глотания. Парные - небные и трубные, и непарные - носоглоточная или аденоид (описана Н. И. Пироговым) и язычная. За задними небными дужками находятся боковые валики глотки, на задней стенке - гранулы. В. И. Воячек описал скопление фолликулов на уровне гортаноглотки и назвал это гортанной миндалиной.

Лимфатическое глоточное кольцо (Пирогова — Вальдейера кольцо)

Кольцо состоит из:

- двух нёбных миндалин (2);
- двух трубных миндалин (4), находящихся в области слуховых труб;
- глоточной миндалины (3);
- язычной миндалины (1);
- лимфоидных гранул и боковых лимфоидных валиков на задней стенке глотки.



Главное в строении и функции миндалин - фолликулы, образующие лимфоциты и аутоиммунные антитела. При окраске гематоксилин-эозином центр фолликула окрашивается розовым цветом (зародышевый центр), поскольку содержит незрелые формы лимфоцитов, а периферия окрашивается в темный цвет (зрелые клетки). Зрелые лимфоциты мигрируют через лакуны на поверхность миндалин и на слизистую глотки.

Миндалины имеют систему барьеров (В.И.Воячек), позволяющую им осуществлять и аутоиммунную функцию. Слизистая оболочка миндалин - первый барьер, при нарушении которого возникает ангина. Вторым барьером является стенка кровеносных сосудов миндалин (гисто-гематический), и при его нарушении в кровь попадают микробы или их токсины, вызывая метатонзиллярные заболевания. Если инфекция проходит третий барьер, капсулу миндалин, - образуется паратонзиллит или паратонзиллярный абсцесс. Четвертым барьером являются регионарные шейные лимфоузлы, которые увеличиваются, когда инфекция попадает туда через лимфососуды. При нарушении барьеров миндалин успешно несут функцию защиты, и не наблюдается перечисленных выше заболеваний. Работы последнего времени успешно доказывают роль миндалин в аутоиммунных процессах.

Резонаторная функция связана с голосом, его звучностью (силой) и окраской (тембром). Гортань и глотка вместе составляют как бы трубу органа, где глотка и полость носа служат резонатором. Открытая широкая глотка рождает и красивый голос. Здесь играет большую роль анатомия и функция частей ее - носоглотки, мягкого неба, язычка, хоан. Нарушение функции этих образований приводит одновременно и к нарушению речевой функции глотки, возникновению открытой или закрытой гнусавости. Наличие аденоидов или опухоли носоглотки, перекрывая нормальный поток воздуха через нее и далее в полость носа, приводит к закрытой гнусавости - невозможности произнесения фонем «н», «м», а при параличе мягкого неба, например при паратонзиллярном абсцессе, выпадают небные - «к», «г», «х» (открытая гнусавость).

Физиология гортани

Гортань и трахея выполняют дыхательную, защитную и голосообразовательную функции.

Дыхательная функция — гортань проводит воздух в нижерасположенные отделы — трахею, бронхи и легкие.

Голосовая щель при вдохе расширяется, причем размеры голосовой щели различны в зависимости от потребности организма. При глубоком вдохе голосовая щель расширяется сильнее, так что нередко бывает видна даже бифуркация трахеи.



Открывание голосовой щели происходит рефлекторно. Вдыхаемый воздух раздражает многочисленные нервные окончания в слизистой оболочке, от которых импульсация по афферентным волокнам верхнегортанного нерва через блуждающий нерв передается в дыхательный центр на дне IV желудка. Оттуда по эфферентным волокнам поступают двигательные импульсы к мышцам, расширяющим голосовую щель. Под влиянием этого раздражения происходит усиление функции и других мышц, участвующих в дыхательном акте, — межреберных и мышц диафрагмы.

Защитная функция гортани связана с наличием трех рефлексогенных зон слизистой оболочки гортани:

- первая из них расположена вокруг входа в гортань (гортанная поверхность надгортанника, слизистая оболочка черпалонадгортанных складок);
- вторая зона — голосовые складки;
- третья зона расположена в подголосовом пространстве на внутренней поверхности перстневидного хряща. Рецепторы, заложенные в этих областях, обладают всеми видами чувствительности — тактильной, температурной, химической. При раздражении слизистой оболочки этих зон наступает спазм голосовой щели, благодаря чему нижележащие дыхательные пути предохраняются от попадания слюны, пищи и посторонних предметов.

Важным проявлением защитной функции гортани является также рефлексорный кашель, возникающий при раздражении рефлексогенных зон гортани и подголосового пространства. С кашлем выталкиваются посторонние предметы, попадающие в дыхательные пути с воздухом.

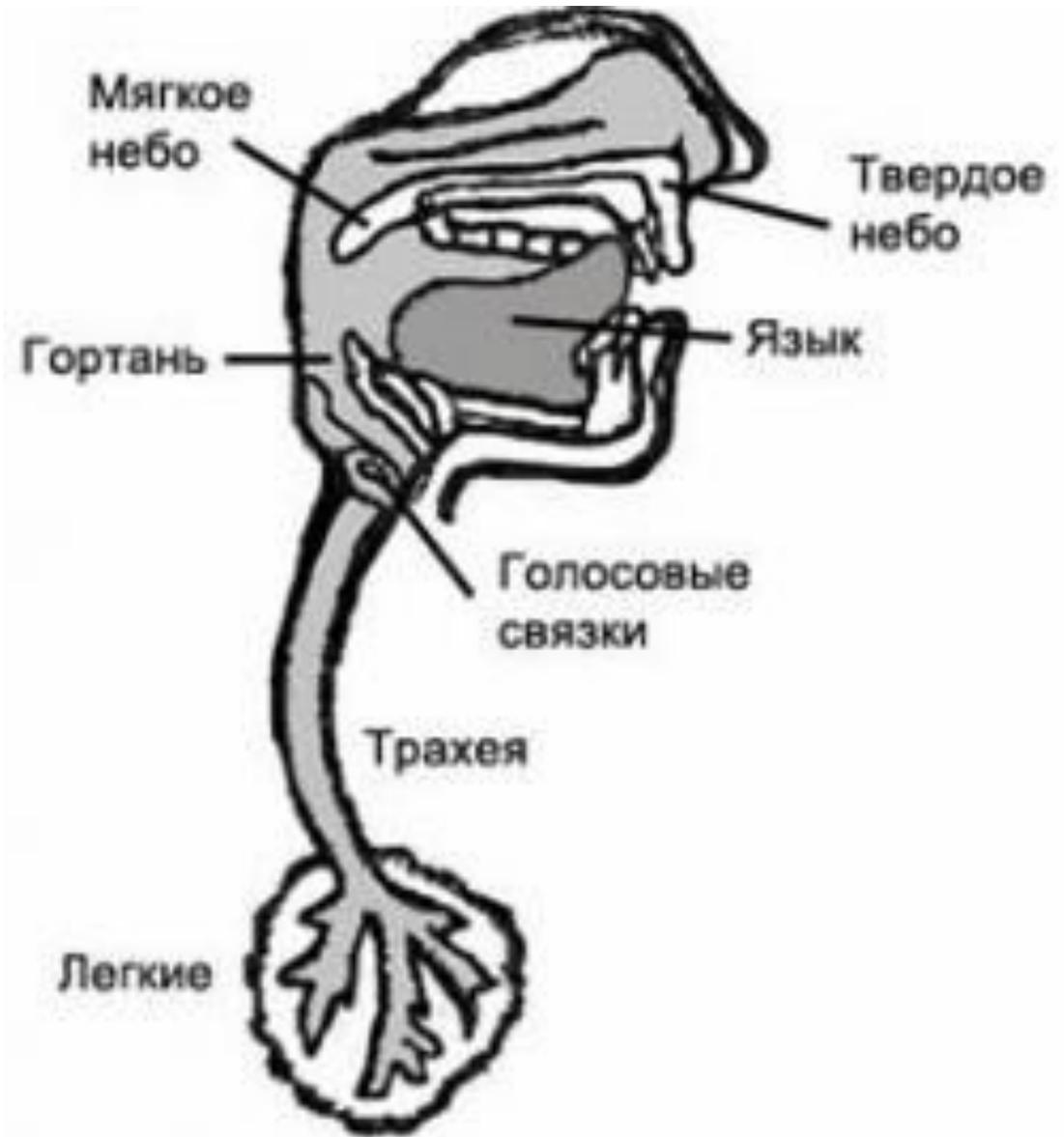
Наконец, на уровне входа в гортань происходит разделение дыхательного и пищеварительного трактов. Здесь имеется слаженно действующий механизм железнодородной стрелки. Во время акта глотания гортань поднимается вверх и кпереди к корню языка, надгортанник наклоняется кзади и закрывает вход в гортань, приближаясь к задней стенке глотки. Пищевые массы обтекают надгортанник с двух сторон и попадают в грушевидные синусы, а затем в рот пищевода, который в этот момент открывается. Кроме того, при глотательных движениях смыкаются вестибулярные складки и наклоняются вперед черпаловидные хрящи.

Голосообразовательная функция гортани имеет социальное значение в жизнедеятельности человека, так как непосредственно участвует в речевой функции.

В механике воспроизведения звуков и формировании речи участвуют все отделы дыхательного аппарата:

- легкие, бронхи и трахея (нижний резонатор);
- голосовой аппарат гортани;
- полость рта, глотки носа и околоносовых пазух, в которых происходит резонирование звука и которые могут изменять свою форму движениями нижней челюсти, губ, нёба и щек (верхний резонатор).

Для образования звука голосовая щель должна быть закрыта. Под напором воздуха из нижнего резонатора голосовая щель открывается за счет эластичности и упругости голосовых складок. Благодаря этим силам после растяжения и отклонения кверху наступает фаза возврата, и голосовая щель вновь смыкается. Затем цикл повторяется. при этом происходит вибрация струи воздуха над голосовыми складками и одновременно вибрируют сами голосовые складки. Они совершают колебательные движения в поперечном направлении, кнутри и кнаружи перпендикулярно к струе выдыхаемого воздуха. Частота колебательных движений голосовых складок соответствует высоте издаваемого тона, т.е. создается звук.



Желая произнести звук определенной высоты, человек, сокращая определенным образом гортанные мышцы, рефлекторно придает голосовым складкам необходимую длину и напряжение, а верхним резонаторам — определенную форму. Схема колебания голосовых складок похожа на вибрацию стальной пластинки в виде линейки, у которой один конец зажат, а второй свободен. Если отклонить и отпустить ее свободный конец, то она будет колебаться и издавать звук. В гортани та же схема, только вызывающая колебания сила (давление воздуха в трахее) действует произвольно долго. Все это относится к нормальному образованию звука - грудному регистру. Название это происходит от того, что при произнесении звука можно рукой ощутить дрожание передней стенки грудной клетки.

Звук имеет свои характеристики и различается по высоте, тембру и силе. Высота звука связана с частотой колебания голосовых складок, а частота, в свою очередь, — с их длиной и напряжением. В период роста человека меняется размер голосовых складок, что приводит к изменению голоса.

Перемена голоса, или его перелом (мутация), происходит во время полового созревания (между 12 и 16 годами). У мальчиков голос из дисканта или альты переходит в тенор, баритон или бас, у девочек - в сопрано или контральто.

Полости рта и носа, являясь верхним резонатором, усиливают некоторые обертоны гортанного звука, вследствие чего он приобретает определенный тембр. Меняя положение щек, языка, губ, произвольно можно менять тембр звуков, но лишь в определенных пределах. Характеристика тембра голоса каждого человека, хотя и зависят от пола и возраста, отличается исключительной индивидуальностью, поэтому мы узнаем голоса знакомых людей.

Физиология уха

Периферический отдел слухового анализатора выполняет две основные функции:

- звукопроведение, т.е. доставку звуковой энергии к рецепторному аппарату улитки;
- звуковосприятие — трансформация физической энергии звуковых колебаний в нервное возбуждение.
Соответственно этим функциям различают звукопроводящий и звуковоспринимающий аппараты.

Слуховой анализатор

Адекватный раздражитель - звук.

Слуховой анализатор имеет 3 отдела:

1 периферический - орган слуха;

2 проводниковый - нервные пути;

3 корковый, расположенный в височной доле головного мозга.

Звукопроводение осуществляется при участии ушной раковины, наружного слухового прохода, барабанной перепонки, цепи слуховых косточек, жидкостей внутреннего уха, мембраны окна улитки, а также рейсснеровой, базилярной и покровной мембран.

Основной путь доставки звуков к рецептору — воздушный. Звуковые колебания поступают в наружный слуховой проход, достигают барабанной перепонки и вызывают ее колебания. В фазе повышенного давления барабанная перепонка вместе с рукояткой молоточка движется кнутри. При этом тело наковальни, соединенное с головкой молоточка благодаря подвешивающим связкам смещается кнаружи, а длинный отросток наковальни — кнутри, смещая таким образом кнутри и стремя. Вдавливаясь в окно преддверия, стремя толчкообразно приводит к смещению перилимфы преддверия.

Дальнейшее распространение звуковой волны происходит по перилимфе лестницы преддверия, через геликотрему передается на барабанную лестницу и в конечном счете вызывает смещение мембраны окна улитки в сторону барабанной полости. Колебания перилимфы через преддверную мембрану Рейсснера передаются на эндолимфу и базилярную мембрану, на которой находится спиральный орган с чувствительными волосковыми клетками. Распространение звуковой волны в перилимфе возможно благодаря наличию эластичной мембраны окна улитки, а в эндолимфе — вследствие эластичного эндолимфатического мешка, сообщающегося с эндолимфатическим пространством лабиринта через эндолимфатический проток



Воздушный путь доставки звуковых волн во внутреннее ухо является основным. Однако существует и другой путь проведения звуков к кортиеvu органу - костно-тканевой, когда звуковые колебания попадают на кости черепа, распространяются в них и доходят до улитки.

Различают инерционный и компрессионный типы костного проведения. При воздействии низких звуков череп колеблется как целое, и благодаря инерции цепи слуховых косточек получается относительное перемещение капсулы лабиринта относительно стремени, что вызывает смещение столба жидкости в улитке и возбуждение спирального органа. Это инерционный тип костного проведения звуков. Компрессионный тип имеет место при передаче высоких звуков, когда энергия звуковой волны вызывает периодическое сжатие волной капсулы лабиринта, что приводит к выпячиванию мембраны окна улитки и в меньшей степени основания стремени. Так же как и воздушная проводимость, инерционный путь передачи звуковых волн нуждается в нормальной подвижности мембран обоих окон. При компрессионном типе костной проводимости достаточно

Колебание костей черепа можно вызвать прикосновением к нему звучащего камертона или костного телефона аудиометра. Костный путь передачи приобретает особое значение при нарушении передачи звуков через воздух.

Ушная раковина играет роль своеобразного коллектора, направляющего высокочастотные звуковые колебания во вход в наружный слуховой проход. Ушные раковины имеют также определенное значение в вертикальной ототопике. При изменении положения ушных раковин вертикальная ототопика искажается, а при выключении их путем введения в наружные слуховые проходы полых трубочек полностью исчезает. Однако при этом не нарушается способность локализовать источники звука по горизонтали.

Наружный слуховой проход является проводником звуковых волн к барабанной перепонке. Ширина и форма наружного слухового прохода не играют особой роли при звукопроведении. Однако полное заращение просвета наружного слухового прохода или его obturация препятствуют распространению звуковых волн и приводят к заметному ухудшению слуха.

В слуховом проходе вблизи барабанной перепонки поддерживается постоянный уровень температуры и влажности независимо от колебаний температуры и влажности во внешней среде, и это обеспечивает стабильность упругих свойств барабанной перепонки. Кроме того, в наружном слуховом проходе происходит избирательное усиление на 10-12 дБ звуковых волн частотой около 3 кГц. С физической точки зрения это объясняется резонансными свойствами слухового прохода, имеющего длину около 2,7 см, что составляет $1/4$ длины волн резонансной частоты.

Среднее ухо

Звуковая волна достигает среднего уха, пройдя наружный слуховой проход, и приводит в движение барабанную перепонку и слуховые косточки: молоточек, наковальню и стремя, которое как бы вставлено в окно преддверия внутреннего уха (лабиринта).

Барабанная перепонка. Площадь барабанной перепонки равна 65 мм², а окна преддверия (с основанием стремени) - лишь 3,3 мм² (соотношение примерно 20:1). Нижний отдел барабанной перепонки расположен напротив окна улитки и как бы защищает его, экранирует от звуковой волны. В результате сочетания этих факторов: разницы площади барабанной перепонки и основания стремени, а также экранирующего эффекта ее нижних отделов - происходит усиление звука приблизительно на 30 дБ.

Система колеблющихся слуховых косточек обеспечивает в основном передачу (трансмиссию) звука, усиливая его в норме очень незначительно.

Нарушение описанного механизма (например, отсутствие барабанной перепонки или разрыв в цепи слуховых косточек) приведет к потере слуха из-за нарушения звукопроводения примерно на 30 дБ.

Локализация и размеры перфорации также определяют степень потери слуха. Более всего он понижается при расположении перфорации в нижних отделах напротив окна улитки вследствие нарушения эффекта экранирования, а также при разрыве цепи слуховых косточек или их неподвижности.

В среднем ухе имеются две мышцы: напрягающая барабанную перепонку (т. tensor tympani) и стременистая (т. stapedius). Непосредственно они не проводят звуковые волны, но выполняют две функции, регулирующие этот процесс.

Они приспособливают звукопроводящий аппарат к оптимальной передаче звука и выполняют защитную функцию при сильных звуковых раздражениях с низкой и средней частотой звука, уменьшая подвижность слуховых косточек и защищая внутреннее ухо.

Слуховая труба

имеет важное значение для проведения звука в среднем ухе.

Слуховая труба выполняет вентиляционную функцию, а также служит для поддержания в барабанной полости давления, одинакового с внешним. Вентиляционная функция связана с актом глотания: при сокращении мышц, поднимающих мягкое небо, труба открывается и воздух попадает в барабанную полость. Такая вентиляция происходит постоянно при чиханье, сморкании, произношении гласных и т.д.

Изменение вентиляционной функции приводит к снижению остроты слуха, ухудшению восприятия звуков низкой частоты, сначала в результате нарушения колебаний барабанной перепонки, а затем и образования жидкости (транссудата) вследствие пропотевания из капилляров в барабанную полость.

В дальнейшем, если давление не нормализуется или транссудат длительно находится в барабанной полости, развиваются изменения барабанной перепонки, иногда в форме ее втяжения или выпячивания вплоть до разрыва, появляется серозно-кровянистая жидкость в барабанной полости и в клетках сосцевидного отростка.

Слуховая труба имеет ряд защитных механизмов, препятствующих попаданию инфекции из носоглотки в барабанную полость. Слизистая оболочка трубы покрыта мерцательным эпителием, реснички которого движутся по направлению к носоглотке, открытие трубы происходит одновременно с сокращением мышцы, поднимающей мягкое небо, в результате носоглотка в этот момент отграничивается от ротоглотки. В слизистой оболочке трубы есть железы, выделяющие большое количество секрета, который способствует эвакуации микроорганизмов. При нарушении этих механизмов слуховая труба становится основным путем проникновения инфекции в барабанную полость, особенно у детей, у которых она более короткая и широкая.

Сосцевидный отросток окончательно формируется к 3-5-му году жизни ребенка. Его участие в проведении звука через среднее ухо считают минимальным.

Внутреннее ухо

Звуковая волна, усиленная примерно на 30 дБ с помощью системы барабанная перепонка - слуховые косточки, достигает окна преддверия, и ее колебания передаются на перилимфу лестницы преддверия улитки.

Это объясняет, для чего нужен механизм усиления: при переходе звуковой волны из воздушной среды в жидкую значительная часть звуковой энергии теряется. Так, человек, погруженный с головой в воду, вряд ли услышит крик с берега, поскольку звук резко ослабевает.

Дальнейший путь звуковой волны проходит уже по перилимфе лестницы преддверия улитки (*scala vestibuli*) до ее верхушки. Здесь через отверстие улитки (*helicotrema*) колебания распространяются на перилимфу барабанной лестницы (*scala tympani*), слепо заканчивающейся окном улитки, затянутым плотной мембраной - вторичной барабанной перепонкой (*t. tympani secundaria*).

В результате вся энергия звука оказывается сосредоточенной в пространстве, ограниченном стенкой костной улитки, костным спиральным гребнем и базилярной пластинкой (единственное податливое место). Движения базилярной пластинки вместе с расположенным на ней спиральным (кортиевым) органом приводят к непосредственному контакту рецепторных волосковых клеток с покровной мембраной. Это становится окончанием проведения звука и началом звуковосприятия - сложного физико-химического процесса, сопровождаемого возникновением слуховых электрических биопотенциалов.

Важное и необходимое условие звукопроведения - движение перилимфы между лабиринтными окнами. При его отсутствии даже при сохраненном механизме передачи звуковой энергии через среднее ухо острота слуха будет снижена. Это происходит при отосклерозе, заболевании, при котором развивается неподвижность стремени.

Вся эта сложная система проведения звуковой волны с участием ушной раковины, наружного слухового прохода, барабанной перепонки, слуховых косточек, перилимфы вестибулярной и барабанной лестницы условно называется воздушным путем проведения звука. С этим термином в дальнейшем придется встречаться довольно часто.

Кроме воздушного пути проведения или подведения звука к рецепторным клеткам, существует костный путь проведения звука.

Звуковые волны не только попадают в наружный слуховой проход, но и приводят в колебание кости черепа.

В результате различной подвижности лабиринтных окон (окно преддверия закрыто костной пластинкой стремени, а окно улитки - хотя и плотной, но мембраной) также происходит незначительное движение перилимфы от окна преддверия к окну улитки, зависящее от компрессии и инерции слуховых косточек, в основном стремени.

При костном проведении звука лишь высокие звуки с малой амплитудой колебаний достигают рецепторных клеток.

Существует два пути, или варианта, звукопередачи: воздушная проводимость и костная проводимость. С этими понятиями придется постоянно встречаться при описании методов исследования слуха и определении характера тугоухости.