

Лекция 26. Органы чувств. Орган слуха и равновесия. Орган вкуса.

Периферическая часть статоакустической системы, или преддверно-улитковый орган включает: *наружное, среднее и внутреннее ухо*, осуществляющие восприятие звуковых, гравитационных и вибрационных стимулов, линейных и угловых ускорений. Рецепторные клетки (**волосковые сенсорные эпителиоциты**) органа слуха располагаются в *спиральном (Кортиевом) органе улитки*, а органа равновесия – в *пятнах двух мешочков (эллиптического и сферического) и в трех ампулярных гребешках полукружных каналов*.

Орган слуха

Улитковый канал

Восприятие звуков осуществляется в спиральном органе (Кортиев орган), расположенном по всей длине улиткового канала перепончатого лабиринта. Улитковый канал представляет собой спиральный слепо заканчивающийся мешок длиной 3,5 см, заполненный *эндолимфой* и окруженный снаружи *перилимфой*. Улитковый канал и окружающие его (заполненные перилимфой) полости барабанной и вестибулярной лестницы в свою очередь заключены в костную улитку, образующую у человека 2 ½ завитка вокруг центрального костного стержня. Улитковый канал на поперечном разрезе имеет форму треугольника, Стенки канала: **вестибулярная мембрана** (мембрана Рейсснера), **сосудистая полоска**, лежащая на наружной стенке костной улитки и **базиллярная пластинка**. Вестибулярная мембрана образует верхнемедиальную стенку канала. Она представляет собой *тонкофибриллярную соединительнотканную пластинку*, покрытую *однослойным плоским эпителием*, обращенным к *эндолимфе*, и эндотелием, обращенным к перилимфе.

Наружная стенка образована **эпителиальной сосудистой полоской**, расположенной на спиральной связке. Эпителий многорядный состоит из плоских базальных светлых клеток и высоких отростчатых призматических темных клеток. Между клетками проходят гемокапилляры. Предполагают, что клетки сосудистой полоски продуцируют **эндолимфу**, которая играет важную роль в трофике спирального органа.

Нижняя стенка – **базиллярная пластинка**, на которой *располагается спиральный орган*, построена наиболее сложно. С внутренней стороны она прикрепляется к спиральной костной пластинке в том месте, где ее надкостница - *лимб* делится на две части: верхнюю - *вестибулярную губу* и нижнюю - *барабанную губу*. Последняя переходит в базиллярную пластинку, которая на противоположной стороне прикрепляется к спиральной связке. Базиллярная пластинка представляет собой *соединительнотканную пластинку*, которая в виде спирали тянется вдоль всего улиткового канала. На стороне, обращенной к спиральному органу, она покрыта базальной мембраной эпителия этого органа. В основе базиллярной пластинки лежат *тонкие коллагеновые волокна («струны»)*, которые тянутся в виде непрерывного радиального пучка от спиральной костной пластинки до спиральной связки, выступающих в полость костного канала улитки. Характерно, что длина волокон неодинакова по всей длине улиткового канала. Более **длинные (около 505 мкм)** волокна находятся на вершине улитки, **короткие (около 105 мкм)** - в ее основании. Располагаются волокна в гомогенном основном веществе. Волокна состоят из тонких фибрилл диаметром около 30 нм,

анастомозирующих между собой с помощью еще более тонких пучков. Со стороны барабанной лестницы базилярная пластинка покрыта слоем *плоских клеток мезенхимной природы (эндотелием)*.

Покровная, или текториальная, мембрана имеет связь с *эпителием вестибулярной губы*. Она представляет собой **лентовидную пластинку желеобразной консистенции**, которая тянется в виде спирали по всей длине спирального органа, располагаясь над вершинами его волосковых клеток. Эта пластинка состоит из *тонких радиально направленных коллагеновых волокон*. Между волокнами находится прозрачное склеивающее вещество, содержащее гликозаминогликаны.

Спиральный, или Кортиев орган расположен на *базилярной пластинке перепончатого лабиринта улитки*. Это эпителиальное образование повторяет ход улитки. Его площадь расширяется от базального завитка улитки к апикальному. Состоит из трех групп клеток - **сенсоэпителиальных (волосковых), поддерживающих и столбовых эпителиоцитов**. Каждая из этих групп клеток подразделяется на *внутренние и наружные*. Эти группы разделяет **туннель**.

Внутренние сенсоэпителиальные клетки имеют *кувшинообразную форму* с расширенной базальной и искривленной апикальной частями, *лежат в один ряд на поддерживающих внутренних фаланговых эпителиоцитах*. Их общее количество у человека достигает 3500. На апикальной поверхности имеется кутикулярная пластинка, на которой расположены от 30 до 60 коротких микроворсинок – **стереоцилий**. В базальной и апикальной частях клеток имеются скопления митохондрий, элементы гладкой и гранулярной эндоплазматической сети, актиновые и миозиновые миофиламенты. Наружная поверхность базальной половины клетки покрыта *сетью афферентных и эфферентных нервных окончаний*.

Наружные сенсоэпителиальные клетки имеют *цилиндрическую форму*, лежат в *3-4 ряда на вдавлениях поддерживающих наружных фаланговых эпителиоцитов*. Общее количество наружных эпителиальных клеток у человека может достигать 12 000 - 20 000. Они, как и внутренние клетки, имеют на своей апикальной поверхности кутикулярную пластинку со *стереоцилиями*, которые образуют щеточку из нескольких рядов в виде буквы V. Стереоцилии наружных волосковых клеток своими вершинами прикасаются к внутренней поверхности текториальной мембраны. Стереоцилии содержат многочисленные плотно упакованные фибриллы, имеющие в своем составе сократительные белки (актин и миозин), благодаря чему после наклона они вновь принимают исходное вертикальное положение.

В спиральном органе расположены также **внутренние и наружные столбовые эпителиоциты**. На месте своего соприкосновения они сходятся под острым углом друг к другу и образуют правильный **треугольный канал - туннель**, заполненный *эндолимфой*. Туннель тянется по спирали вдоль всего спирального органа. Основания клеток-столбов прилежат друг к другу и располагаются на базальной мембране. Через туннель проходят безмиелиновые нервные волокна, идущие от нейронов спирального ганглия к сенсорным клеткам.

Поддерживающие эпителиоциты спирального органа в отличие от сенсорных своими основаниями непосредственно располагаются на базальной мембране. В их цитоплазме обнаруживаются *тонофибриллы*. Внутренние фаланговые эпителиоциты, лежащие под внутренними сенсоэпителиальными клетками, связаны между собой *плотными и щелевидными*

контактами. На апикальной поверхности имеются **тонкие пальцевидные отростки (фаланги)**. Этими отростками вершины рецепторных клеток отделены друг от друга. На базилярной мембране располагаются также *наружные фаланговые клетки*. Они залегают в 3-4 ряда в непосредственной близости от наружных столбовых клеток. Эти клетки имеют *призматическую форму*. В их базальной части располагается ядро, окруженное пучками тонофибрилл. В верхней трети, на месте соприкосновения с наружными волосковыми клетками, в наружных фаланговых эпителиоцитах есть *чашевидное вдавление*, в которое входит основание наружных сенсорных клеток. Только один узкий отросток наружных поддерживающих эпителиоцитов доходит своей тонкой вершиной до верхней поверхности спирального органа.

Во время звукового воздействия на барабанную перепонку ее колебания передаются на *молоточек, наковальню и стремечко*, а далее через *овальное окно на перилимфу*, базилярную и текториальную мембраны. Это движение строго соответствует частоте и интенсивности звуков. При этом происходят *отклонение стереоцилий и возбуждение рецепторных клеток*. Все это приводит к возникновению *рецепторного потенциала (микрофонный эффект)*. Афферентная информация по слуховому нерву передается в центральные части слухового анализатора.

Наружные сенсорные эпителиоциты значительно чувствительнее к звукам *большей интенсивности*, чем внутренние. **Высокие звуки** раздражают только волосковые клетки, расположенные в *нижних завитках улитки*, а **низкие звуки** - *волосковые клетки вершины улитки*.

Орган равновесия

Располагается в вестибулярной части перепончатого лабиринта. В перепончатом лабиринте выделяют два мешочка: **эллиптический, или маточка**, и **сферический, или круглый**, сообщающихся при помощи узкого канала и **три полукружных канала**, расположенных **в трех взаимно перпендикулярных плоскостях**. Эти каналы на месте соединения их с эллиптическим мешочком имеют расширения - **ампулы**. В стенке перепончатого лабиринта в области *эллиптического и сферического мешочков и ампул* есть участки, содержащие **чувствительные (сенсорные) клетки**. В мешочках эти участки называются **пятнами, или макулами**, соответственно: *пятно эллиптического мешочка и пятно круглого мешочка*. В ампулах эти участки называются *гребешками, или кристами*.

Стенка вестибулярной части перепончатого лабиринта состоит из *однослойного плоского эпителия*, за исключением области *крист полукружных каналов и макул*, где он превращается в **кубический и призматический**. Пятна мешочков (макулы) выстланы эпителием, расположенным на базальной мембране и состоящим из сенсорных и опорных клеток. Поверхность эпителия покрыта **особой студенистой отолитовой мембраной**, в которую включены состоящие из карбоната кальция кристаллы – **отолиты, или статоконии**. *Макула эллиптического мешочка* - **место восприятия линейных ускорений и земного притяжения** (рецептор гравитации, связанный с изменением тонуса мышц, определяющих установку тела). *Макула сферического мешочка*, являясь также **рецептором гравитации**, **одновременно воспринимает и вибрационные колебания**.

Волосковые сенсорные клетки непосредственно обращены своими вершинами, усеянными волосками, в полость лабиринта. Основание клетки контактирует с афферентными и

эфферентными нервными окончаниями. По строению волосковые клетки подразделяются на два типа. **Клетки первого типа (грушевидные)** отличаются округлым широким основанием, к которому примыкает нервное окончание, образующее вокруг него футляр в виде чаши. **Клетки второго типа (столбчатые)** имеют **призматическую форму**. К основанию клетки непосредственно примыкают точечные афферентные и эфферентные нервные окончания, образующие характерные синапсы. На наружной поверхности этих клеток имеется кутикула, от которой отходят 60-80 неподвижных волосков - **стереоцилий** длиной около 40 мкм и одна подвижная ресничка - **киноцилия**, имеющая строение сократительной реснички. Круглое пятно человека содержит около 18 000 рецепторных клеток, а овальное - около 33 000. *Киноцилия* всегда полярно располагается по отношению к пучку стереоцилий. *При смещении стереоцилий в сторону киноцилии клетка возбуждается*, а если движение направлено в противоположную сторону, происходит **торможение клетки**. В эпителии макул различно поляризованные клетки собираются в 4 группы, благодаря чему во время скольжения отолитовой мембраны стимулируется только определенная группа клеток, регулирующая тонус определенных мышц туловища; другая группа клеток в это время тормозится. Полученный через афферентные синапсы импульс передается через вестибулярный нерв в соответствующие части вестибулярного анализатора.

Поддерживающие эпителиоциты располагаясь между сенсорными, отличаются темными овальными ядрами. Они имеют большое количество митохондрий. На их вершинах обнаруживается множество тонких цитоплазматических *микроворсинок*.

Ампулярные гребешки (кресты). Они в виде поперечных складок находятся в каждом *ампулярном расширении полукружного канала*. Ампулярный гребешок выстлан *сенсорными волосковыми и поддерживающими эпителиоцитами*. Апикальная часть этих клеток окружена *желатинообразным прозрачным куполом*, который имеет форму колокола, лишённого полости. Его длина достигает 1 мм. Тонкое строение волосковых клеток и их иннервация сходны с сенсорными клетками мешочков. В функциональном отношении желатинозный купол - **рецептор угловых ускорений**. При движении головы или ускоренном вращении всего тела купол легко меняет свое положение. Отклонение купола под влиянием движения эндолимфы в полукружных каналах стимулирует волосковые клетки. Их возбуждение вызывает рефлекторный ответ той части скелетной мускулатуры, которая корригирует положение тела и движение глазных мышц.

Иннервация

На сенсорных эпителиоцитах спирального и вестибулярного органов расположены афферентные нервные окончания биполярных нейронов, тела которых располагаются в основании спиральной костной пластинки, образуя спиральный ганглий. Большая часть нейронов (первый тип) представляет крупные биполярные клетки, которые содержат крупное ядро с ядрышком и мелкодиспергированным хроматином. В цитоплазме имеются многочисленные рибосомы, редко встречающиеся нейрофиламенты. Ко второму типу нейронов относятся более мелкие псевдоуниполярные нейроны, отличающиеся ацентричным расположением ядра с плотным хроматином, малым количеством рибосом и большой концентрацией нейрофиламентов в цитоплазме, слабой миелинизацией нервных волокон и

резистентностью после перерезки кохлеарного нерва. *Нейроны первого типа* получают афферентную информацию исключительно *от внутренних сенсорных клеток*, а *нейроны второго типа* - от *наружных сенсорных клеток*.

Возрастные изменения

С возрастом у человека могут возникать нарушения органа слуха. При этом изменяются отдельно или совместно звукопроводящая и звуковоспринимающая системы. Это связано с тем, что в области овального окна костного лабиринта появляются очаги оссификации, распространяющиеся на пластинку стремечка. Стремечко теряет подвижность в овальном окне, что резко снижает порог слышимости. С возрастом чаще поражается звуковоспринимающий нейросенсорный аппарат, т.е. сенсорные клетки, которые, проделав свой жизненный цикл, гибнут и не восстанавливаются.

Орган вкуса

Орган вкуса - периферическая часть вкусового анализатора представлен *рецепторными эпителиальными клетками во вкусовых почках*. Они воспринимают вкусовые раздражения (пищевые и непищевые), генерируют и передают рецепторный потенциал афферентным нервным окончаниям, в которых появляются нервные импульсы. Информация поступает в подкорковые и корковые центры. При участии этой сенсорной системы обеспечиваются также некоторые вегетативные реакции (отделение секрета слюнных желез, желудочного сока и др.), поведенческие реакции на поиск пищи и т.п. Вкусовые почки располагаются в многослойном плоском эпителии боковых стенок желобоватых, листовидных и грибовидных сосочков языка человека. **У детей, а иногда и у взрослых вкусовые почки** могут находиться на *губах, задней стенке глотки, небных дужек, наружной и внутренней поверхностях надгортанника*. Количество вкусовых почек у человека достигает 2000.

Развитие

Источником развития клеток вкусовых почек является эмбриональный многослойный эпителий сосочков. Он подвергается дифференцировке под индуцирующим воздействием окончаний нервных волокон язычного, языкоглоточного и блуждающего нервов. Таким образом, иннервация вкусовых почек появляется одновременно с возникновением их зачатков.

Строение

Каждая вкусовая почка имеет **эллипсоидную форму** и **занимает всю толщу многослойного эпителиального пласта сосочка**. Она состоит из плотно прилежащих друг к другу 40-60 клеток, среди которых различают три вида: *сенсорные, поддерживающие и базальные недифференцированные клетки*.

От подлежащей соединительной ткани вкусовая почка отделяется базальной мембраной. Вершина почки сообщается с поверхностью языка при помощи вкусовой поры. Вкусовая пора ведет в небольшое углубление между поверхностными эпителиальными клетками сосочков - **вкусовую ямку**.

1. **Сенсорные клетки.** Светлые узкие сенсорные клетки содержат в базальной части светлое ядро, вокруг которого располагаются митохондрии, органеллы

синтеза, первичные и вторичные лизосомы. Вершина клеток снабжена «букетом» **микроворсинок**, являющихся адсорбентами вкусовых раздражителей. На цитолемме базальной части клеток берут начало дендриты чувствительных нейронов. Светлые цилиндрические сенсоэпителиальные клетки подобны светлым узким клеткам. Между микроворсинками во вкусовой ямке находится электронно-плотное вещество с высокой активностью фосфатаз и значительным содержанием рецепторного белка и гликопротеидов. Это вещество играет роль адсорбента для вкусовых веществ, попадающих на поверхность языка. Энергия внешнего воздействия трансформируется в рецепторный потенциал. Под его влиянием из рецептирующей клетки выделяется медиатор, который, действуя на нервное окончание сенсорного нейрона, вызывает в нем генерацию нервного импульса. Нервный импульс передается далее в промежуточную часть анализатора.

Во вкусовых почках передней части языка обнаружен сладкочувствительный рецепторный белок, задней части - горькочувствительный. Вкусовые вещества адсорбируются на примембранном слое цитолеммы микроворсинок, в которую вмонтированы специфические рецепторные белки. **Одна и та же вкусовая клетка способна воспринимать несколько вкусовых раздражений.** При адсорбции действующих молекул происходят конформационные изменения рецепторных белковых молекул, которые приводят к локальному изменению проницаемости мембран вкусового сенсорного эпителиоцита и генерации потенциала на его мембране. Этот процесс имеет сходство с процессом в холинергических синапсах, хотя допускается участие и других медиаторов. В каждую вкусовую почку входит и разветвляется около 50 афферентных нервных волокон, формирующих синапсы с базальными отделами рецепторных клеток. На одной рецепторной клетке могут быть окончания нескольких нервных волокон, а одно волокно кабельного типа может иннервировать несколько вкусовых почек. В формировании вкусовых ощущений принимают участие неспецифические афферентные окончания (тактильные, болевые, температурные), имеющиеся в слизистой оболочке ротовой полости, глотке, возбуждение которых добавляет окраску вкусовых ощущений («острый вкус перца» и др.).

2. **Поддерживающие эпителиоциты** отличаются наличием овального ядра с большим количеством гетерохроматина, расположенного в базальной части клетки. В цитоплазме этих клеток много митохондрий, мембран гранулярной эндоплазматической сети и свободных рибосом. Около аппарата Гольджи встречаются гранулы, содержащие гликозаминогликаны. На вершине клеток имеются микроворсинки.
3. **Базальные малодифференцированные клетки** характеризуются небольшим объемом цитоплазмы вокруг ядра и слабым развитием органелл. В этих клетках выявляются фигуры митоза. Базальные клетки в отличие от сенсоэпителиальных и поддерживающих клеток никогда не достигают поверхности эпителиального слоя. Из этих клеток, видимо, развиваются поддерживающие и сенсоэпителиальные клетки.

Промежуточная часть вкусового анализатора

Центральные отростки ганглиев лицевого, языкоглоточного и блуждающего нервов вступают в ствол головного мозга к ядру одиночного пути, где находится второй нейрон вкусового пути. Здесь может происходить переключение импульсов на эфферентные пути к мимической мускулатуре, слюнным железам, к мышцам языка. Большая часть аксонов ядра

одиночного пути достигает таламуса, где находится 3-й нейрон вкусового пути, аксоны которого заканчиваются на 4-м нейроне в коре большого мозга нижней части постцентральной извилины (центральная часть вкусового анализатора). Здесь формируются вкусовые ощущения.

Регенерация

Сенсорные и поддерживающие эпителиоциты вкусовой почки *непрерывно обновляются*. Продолжительность их жизни примерно 10 сут. При разрушении вкусовых сенсорных эпителиоцитов нейроэпителиальные синапсы прерываются и вновь образуются на новых клетках.