

Вестибулярный и кинестетический анализаторы

1. Организация вестибулярного анализатора
2. Организация кинестетического анализатора
3. Внутренние (висцеральные) анализаторы

Вопрос_1

Организация вестибулярного анализатора

Вестибулярный анализатор обеспечивает так называемое акселерационное чувство, т.е. ощущение, возникающее при прямолинейном и вращательном ускорении движения тела, а также при изменениях положения головы. Вестибулярному анализатору принадлежит ведущая роль в пространственной ориентации человека, сохранении его позы.

Структурно-функциональная характеристика. Периферический (рецепторный) отдел вестибулярного анализатора представлен волосковыми клетками *вестибулярного органа*, расположенного, как и улитка, в лабиринте пирамиды височной кости. Вестибулярный орган (орган равновесия, орган гравитации) состоит из трех полукружных каналов и преддверия.

Полукружные каналы расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: верхний – во фронтальной, задний – в сагиттальной и наружный – в горизонтальной. Преддверие состоит из двух мешочков: круглого (саккулюс), расположенного ближе к улитке, и овального (утрикулус), расположенного ближе к полукружным каналам. Полукружные каналы своими устьями открываются в преддверие и сообщаются с ним пятью отверстиями (колесо двух каналов, а именно верхнего и заднего, соединены вместе). Один конец каждого канала имеет расширение, которое называется ампулой. Все эти структуры состоят из тонких перепонки и образуют перепончатый лабиринт, внутри которого находится эндолимфа. Вокруг перепончатого лабиринта и между ним и его костным футляром имеется перилимфа, которая переходит в перилимфу органа слуха. В каждом мешочке преддверия имеются небольшие возвышения, называемые пятнами, а в ампулах полукружных каналов – гребешками. Они состоят из нейроэпителиальных клеток, имеющих на свободной поверхности волоски (реснички), которые разделяются на две группы: тонкие, их много, – стереоцилии и один более толстый и длинный на периферии пучка – киноцилии.

Волосковые клетки представляют собой рецепторы вестибулярного анализатора и являются вторичными. Рецепторные клетки преддверия покрыты желеобразной массой, которая состоит в основном из мукополисахаридов, благодаря содержанию значительного количества кристаллов карбоната кальция получила название *отолитовой мембраны*. В

ампулах полукружных каналов желеобразная масса не содержит солей кальция и называется *листовидной мембраной* (купулой).

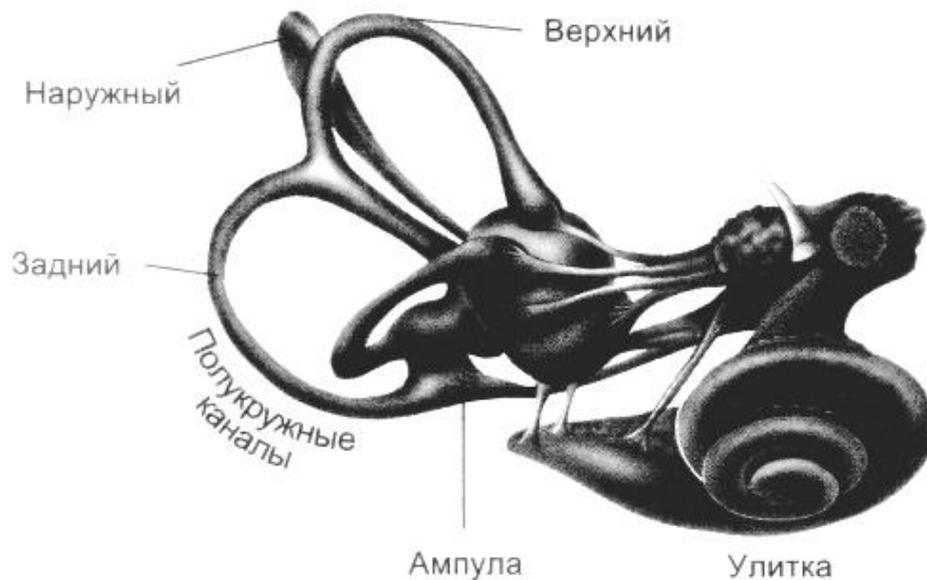


Рисунок 1 – Система полукружных канальцев и улитка

Волоски рецепторных клеток пронизывают эти мембраны. Возбуждение волосковых клеток происходит вследствие скольжения мембраны по волоскам, изгибания волосков (стереоцилии) в сторону киноцилии. При этом возникает рецепторный потенциал волосковых клеток и выделяется медиатор ацетилхолин, который стимулирует синаптические окончания волокон вестибулярного нерва. Этот эффект проявляется в усилении постоянной спонтанной активности вестибулярного нерва. Если же смещение стереоцилии направлено в противоположную от киноцилии сторону, то спонтанная активность вестибулярного нерва снижается.

Для *волосковых клеток преддверия* адекватными раздражителями являются ускорение или замедление прямолинейного движения тела, а также наклоны головы. Под действием ускорения отолитовая мембрана скользит по волосковым клеткам, а при изменении положения головы меняет свое положение по отношению к ним. Это вызывает отклонение ресничек и возникновение возбуждения в рецепторных волосковых клетках. Порог различения ускорения равен 2 – 20 см/с. Порог различения наклона головы в сторону составляет около 1°, а вперед и назад – около 2°. При сопутствующих раздражениях (вибрация, качка, тряска) происходит снижение чувствительности вестибулярного аппарата. Так, вибрации, имеющие место в самолетах, повышают порог различения наклона головы вперед и назад до 5°, при наклонах в стороны – до 10°.



Рисунок 2 – Структурно-функциональные элементы волосковой (рецепторной) клетки вестибулярного аппарата

Для волосковых клеток полукружных каналов адекватным раздражителем является ускорение или замедление вращательного движения в какой-либо плоскости. Поскольку полукружные каналы заполнены эндолимфой, имеющей такую же плотность, как и купула ампул, линейные ускорения не оказывают влияния на положение ресничек и купулы. При поворотах головы или вращении тела, т.е. при появлении углового ускорения, эндолимфа в них в силу своей инерции в первый момент остается неподвижной или потом движется, но с иной скоростью, нежели полукружные каналы. Это вызывает сгибание ресничек рецепторов в купуле и возбуждение их. В зависимости от характера вращательного ускорения или замедления происходит неодинаковое раздражение рецепторов различных полукружных каналов. По картине импульсов, приходящих в центральные структуры вестибулярного анализатора из полукружных каналов с каждой стороны, мозг получает информацию о характере вращательного движения. Рецепторы полукружных каналов дают возможность различать угловое ускорение, равное в среднем $2 - 3^\circ/\text{с}$ (порог различения вращения).

Проводниковый отдел. К рецепторам подходят периферические волокна биполярных нейронов вестибулярного ганглия, расположенного во внутреннем слуховом проходе (первый нейрон). Аксоны этих нейронов в составе вестибулярного нерва направляются к вестибулярным ядрам продолговатого мозга (второй нейрон). Вестибулярные ядра продолговатого мозга (верхнее – ядро Бехтерева, медиальное – ядро Швальбе, латеральное –

ядро Дейтерса и нижнее - ядро Роллера) получают дополнительную информацию по афферентным нейронам от проприорецепторов мышц или от суставных сочленений шейного отдела позвоночника. Эти ядра вестибулярного анализатора тесно связаны с различными отделами центральной нервной системы. Благодаря этому обеспечиваются контроль и управление эффекторными реакциями соматического, вегетативного и сенсорного характера. Третий нейрон расположен в ядрах зрительного бугра, откуда возбуждение направляется в кору полушарий.

Центральный отдел вестибулярного анализатора локализуется в височной области коры большого мозга, несколько кпереди от слуховой проекционной зоны (21 – 22 поля по Бродману, четвертый нейрон).

Функциональные связи вестибулярного анализатора. При возбуждении вестибулярного анализатора возникают соматические реакции, которые осуществляются благодаря вестибулоспинальным связям при участии вестибулоретикулярных и вестибулоруброспинальных трактов. При этом происходят перераспределение тонуса скелетной мускулатуры и рефлекторные реакции, необходимые для сохранения равновесия тела в пространстве. Рефлексы, обеспечивающие данную функцию, подразделяются на две группы – статические и статокинетические.

Один из статокинетических рефлексов – вестибулярный нистагм (головы или глаз) – имеет большое клиническое значение. Нистагм возникает в условиях быстрого перемещения тела или его вращения. Так, глазной нистагм проявляется сначала в ритмическом медленном движении глаз в сторону, противоположную вращению, а затем – быстрым движением глаз (скачком) в обратном направлении. Реакции такого типа обеспечивают возможность обзора пространства в условиях перемещения тела. Важным моментом является связь вестибулярного аппарата с мозжечком, благодаря чему осуществляется тонкая регуляция моторных вестибулярных рефлексов. При нарушениях функции мозжечка эти рефлексы утрачивают тормозной компонент, что проявляется в возникновении таких симптомов, как, например, спонтанно возникающий нистагм, утрата равновесия, избыточная амплитуда движений. Эти симптомы являются частью синдрома мозжечковой атаксии. Благодаря связям вестибулярных ядер с вегетативной нервной системой проявляются вестибуловегетативные реакции сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта и других органов. Они могут проявляться в изменениях сердечного ритма, тонуса сосудов, артериального давления, усилении моторики желудка и кишечника, повышении саливации, тошноте, рвоте и т.д. В условиях невесомости (в космосе) возникает такой тип афферентной импульсации с вестибулярного аппарата, который никогда не встречается на Земле. Однако привыкание к условиям невесомости во время космических полетов происходит быстро. При этом следует учитывать, что космонавты проходят напряженный курс

тренировки, чем и объясняется их малая подверженность влиянию условий невесомости.

Вопрос_2

Организация кинестетического анализатора

Двигательный, или кинестетический (проприоцептивный), анализатор обеспечивает формирование так называемого мышечного чувства при изменении напряжения мышц, их оболочек, суставных сумок, связок, сухожилий. В мышечном чувстве можно выделить три составляющих: чувство положения, когда человек может определить положение своих конечностей и их частей относительно друг друга; чувство движения, когда, изменяя угол сгибания в суставе, человек осознает скорость и направление движения; чувство силы, когда человек может оценить мышечную силу, нужную для движения или удерживания суставов в определенном положении при подъеме или перемещении груза. Наряду с кожным, зрительным, вестибулярным двигательный анализатор оценивает положение тела в пространстве, позу, участвует в координации мышечной деятельности.

Периферический отдел представлен проприорецепторами, расположенными в мышцах, связках, сухожилиях, суставных сумках, фасциях. К ним относятся мышечные веретена, тельца Гольджи, тельца Пачини, свободные нервные окончания.

Мышечное веретено представляет собой скопление тонких коротких поперечно-полосатых мышечных волокон, которые окружены соединительнотканной капсулой. Эти волокна получили название интрафузальных, в отличие от обычных мышечных волокон, которые составляют основную массу мышц и называются экстрафузальными, или рабочими, волокнами. Мышечное веретено с интрафузальными волокнами расположено параллельно экстрафузальным, поэтому возбуждаются при расслаблении (удлинении) скелетной мышцы.

Тельца Гольджи находятся в сухожилиях. Это гроздевидные чувствительные окончания, достигающие у человека 2 – 3 мм в длину и 1 – 1,5 мм в ширину. Тельца Гольджи, располагаясь в сухожилиях, включены относительно скелетной мышцы последовательно, поэтому они возбуждаются при ее сокращении вследствие натяжения сухожилия мышцы. Рецепторы Гольджи контролируют силу мышечного сокращения, т.е. напряжения.

Тельца Пачини представляют собой инкапсулированные нервные окончания, локализируются в глубоких слоях кожи, в сухожилиях и связках, реагируют на изменения давления, которое возникает при сокращении мышц и натяжении сухожилий, связок и кожи.

Проводниковый отдел двигательного анализатора представлен нейронами, которые располагаются в спинальных ганглиях (первый нейрон).

Отростки этих клеток в составе пучков Голля и Бурдаха (задние столбы спинного мозга) достигают нежного и клиновидного ядер продолговатого мозга, где располагаются вторые нейроны. От этих нейронов волокна мышечно-суставной чувствительности, совершив перекрест, в составе медиальной петли доходят до зрительного бугра, где в вентральных заднелатеральном и заднемедиальном ядрах располагаются третьи нейроны.

Центральным отделом двигательного анализатора являются нейроны передней центральной извилины.

Вопрос_3

Внутренние (висцеральные) анализаторы

Внутренние анализаторы осуществляют анализ и синтез информации о состоянии внутренней среды организма и участвуют в регуляции работы внутренних органов.

Периферический отдел висцерального анализатора образуют рецепторы внутренних органов:

- рецепторы давления в кровеносных сосудах (механорецепторы);
- рецепторы давления полых органов (механорецепторы);
- рецепторы температуры (терморецепторы);
- рецепторы химизма внутренней среды организма (хемотрецепторы);
- рецепторы осмотического давления внутренней среды (осмотрецепторы).

Рецепторы этих анализаторов расположены в различных органах, сосудах, слизистых оболочках и ЦНС.

К механорецепторам относятся все рецепторы, для которых адекватными стимулами являются давление, а также растяжение, деформация стенок органов (сосуды, сердце, легкие, желудочно-кишечный тракт и другие внутренние полые органы).

К хемотрецепторам относят всю массу рецепторов, реагирующих на различные химические вещества: это рецепторы аортального и каротидного клубочков, рецепторы слизистых оболочек пищеварительного тракта и органов дыхания, рецепторы серозных оболочек, а также хемотрецепторы головного мозга.

Осмотрецепторы локализованы в аортальном и каротидном синусах, в других сосудах артериального русла, в интерстициальной ткани вблизи капилляров, в печени и других органах. Часть осмотрецепторов является механорецепторами, часть – хемотрецепторами.

Терморецепторы локализованы в слизистых оболочках пищеварительного тракта, органов дыхания, мочевого пузыря, серозных оболочках, в стенках артерий и вен, в каротидном синусе, а также в ядрах гипоталамуса.

Проводниковый отдел. От интерорецепторов возбуждение проходит в одних стволах с волокнами вегетативной нервной системы. Первые нейроны находятся в соответствующих чувствительных ганглиях, вторые нейроны – в спинном или продолговатом мозге. Восходящие пути от них достигают заднемедиальное ядро таламуса (третий нейрон) и затем поднимаются в кору больших полушарий (четвертый нейрон).

Корковый отдел локализуется в зонах соматосенсорной области коры и в орбитальной области коры большого мозга. Восприятие некоторых интероцептивных стимулов может сопровождаться возникновением четких, локализованных ощущений, например, при растяжении стенок мочевого пузыря или прямой кишки. Но висцеральные импульсы (от интерорецепторов сердца, сосудов, печени, почек и др.) может и не вызывать ясно осознаваемых ощущений. Обусловлено это тем, что такие ощущения возникают в результате раздражения различных рецепторов, входящих в ту или иную систему органов. В любом случае изменения внутренних органов оказывают значительное влияние на эмоциональное состояние и характер поведения человека.