

ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ

М.И. Говорун

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА
ПАТОЛОГИИ СЛУХОВОЙ СИСТЕМЫ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2003

МД30

Г 577

121525

Говорун М.И. Дифференциальная диагностика патологии слуховой системы. - СПб ВмедА, 2003 - 56

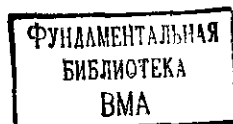
Пособие предназначено для интернов, клинических ординаторов и слушателей факультета подготовки руководящего медицинского состава, слушателей, повышающих квалификацию по циклу оториноларингология, рекомендуется для использования ЛОР специалистами военных госпиталей и поликлиник, врачами смежных специальностей

Рецензенты: профессор Гофман В Р
профессор Бабияк В И

к " /

601379

2



Введение

Как известно, и достаточно хорошо отражено и в научной, и научно-популярной литературе, человека как полноценного социального субъекта, формируют два важнейших анализатора — зрительный и слуховой, которые открывают для него мир вещей и мир звуков. Зрение фиксирует порядок и его внешние свойства, слух раскрывает сущность вещей, их взаимодействие и движение. Социальная значимость слуха определяется тем, что на его основе формируется речь — путеводитель по социально опосредованной действительности. Она служит средством получения информации о мире от общества и одновременно общения и объединения людей в обществе. При задержке в формировании речи вторично приходит задержка в развитии интеллекта.

Наука о слухе интересна тем, что она взаимодействует с многими дисциплинами. Для того, чтобы получить полное представление об этой области науки, необходимо иметь глубокие знания об акустике, аудиологии, анатомии органа слуха, физиологии и нейрофизиологии, теории коммуникации, способах обработки цифровых данных, электроакустике, экспериментальной психологии, работе приборов, обработке сигналов, статистике, психоакустике. Кроме того, специалисты, занятые изучением слуха, должны обладать знаниями в области акустической фонетики, развития органа слуха, восприятия речи, познавательных способностей, психолингвистике.

Проблемы исследования слуховой функции занимают медицинскую науку на протяжении столетий. В настоящее время тугоухость и глухота являются предметом не только клинической но и социальной медицины, поскольку слух является одной из важнейших функций организма, обеспечивающих развитие человека и его коммуникативную адаптацию в обществе.

В целом все классические и современные знания об анатомии и физиологии невозможно в комплексном аспекте в полной мере осветить в одной монографии или даже в многотомном руководстве, поэтому в данной работе мы представляем краткий и несколько схематичный обзор научной литературы прежде всего для того, чтобы специалисты поняли логику проведения наших клинических исследований и прежде всего те методологические предпосылки, которыми мы пользуемся при проведении дифференциальной диагностики патологии слуховой системы.

Уже в предварении описания данных аналитических исследований мы должны указать на некоторую противоречивость казалось бы доказанных, сформировавшихся и устойчивых положений науки о строении и функционирования слуховой системы. Вся практическая клиническая деятельность показывает, что чем больше тот или иной специалист занимается разработкой проблем аудиологии, тем больше вопросов встает перед ним, тем больше он сомневается в диагностической ценности вновь предлагаемых методик и тем больше появляется у него не подтверждений в достоверности существующих знаний, а сомнений в их достоверности и уверенности в необходимости поиска новых методологических и теоретических подходов..

1. Современные представления о слуховой системе человека

1.1. Функциональная анатомия периферического отдела слуховой системы

Как отражено в многочисленных учебниках, руководствах и узко специализированных, слуховая система включает как непосредственный орган слуха и его связи с центральной нервной системой, так и внутримозговые связи.

С анатомической точки зрения слуховая система делится на наружное, среднее и внутреннее ухо, слуховой нерв и центральные слуховые пути, включая высший орган аналитико-синтетической деятельности мозга – специфические участки височной доли коры головного мозга.

Анатомическими элементами звукопроводящей системы органа слуха являются ушная раковина, наружный слуховой проход, барабанная перепонка, цепь слуховых косточек, мышцы барабанной перепонки, структуры преддверия и улитки (перилимфа, эндолимфа, преддверная стенка улиткового прохода, покровная и базилярная мембраны, волоски чувствительных клеток, вторичная барабанная перепонка. Указанные элементы обладают идеальными качествами резонирующей и звукопроводящей системы, оптимизирующей параметры входного звукового сигнала для его адекватного восприятия рецепторами органа слуха. Эти элементы обладают способностью резонировать в широком диапазоне частот, преодолевать явление отражения звуковых волн, практически без потери энергии, но с выигрышем в силе передавать звуковые колебания подвижным структурам улитки для первичного их анализа.

Считается, что жидкости внутреннего уха выполняют четыре функции. Во-первых, они доставляют питательные вещества к клеткам внутреннего уха (а также удаляют продукты распада), которые непосредственно не контактируют с кровью. Во-вторых, обеспечивают определенный химический состав среды, необходимый для трансформации энергии вибраторного стимула в нервный сигнал. В третьих, жидкости являются средой для распространения вибраторного стимула от основания стремени до сенсорных структур всего улиткового хода. Наконец, жидкости улитки контролируют распределение давления по всей системе внутреннего уха.

Существенная роль для функционирования элементов улитки и всего лабиринта височной кости принадлежит сосудистой полоске. Это сосудистое сплетение расположено на внутренней поверхности латеральной стенки улиткового протока, прилегающее к спиральной связке улитки. Ее функция заключается в транспортировке ионов и контроле за теми механизмами, которые обеспечивают определенную концентрацию ионов в эндолимфе, необходимую для преобразования энергии, контроль за содержанием неорганических соединений и воды.

Кортиев орган по всей базилярной мембране распределяется продольно. В поперечном направлении он состоит из одного ряда внутренних волосковых клеток и трех рядов наружных волосковых клеток, различных опорных, а также столбовидных клеток, образующих тоннель кортиева органа. При этом главным элементом спирального органа являются рецепторы, представленные внутренними и наружными волосковыми клетками. Все волосковые клетки имеют отростки – стереоцилии, связанные с покровной мембраной, которой принадлежит особая роль в процессе рецепции звука. Она представляет собой лентовидную пластинку желеобразной консистенции, закручивающуюся в виде спирали по всей длине спирального органа.

1.2. Функциональная анатомия центральных отделов слуховой системы

Основными структурами центральных отделов слуховой системы являются специфические скопления нервных клеток в виде ядер, где формируются центральные переключения, связанные с передачей и обработкой звуковой информации с помощью синапсов.

В синапсах осуществляется передача и переработка информации, поступающей от предыдущего уровня слуховой системы. Характер преобразованного сигнала в значительной степени зависит от того, какова природа синапса, какие окончания – возбуждающие или

тормозные — сходятся на данной клетке, каково количество и пространственное распределение этих окончаний.

Слуховые отделы ствола мозга наземных позвоночных, и в частности млекопитающих, включают обычно четыре комплекса ядер: кохлеарные ядра, верхние оливы, ядра боковой петли и слуховые центры среднего мозга (заднее двухолмие или полукружный торс). Морфологические и электрофизиологические исследования показали, что эти, так называемые ядра боковой петли играют существенную роль в обработке как моноауральных, так и бинауральных признаков звука.

По результатам многочисленных исследований, путь электрических импульсов от периферического чувствительного рецептора к слуховой коре больших полушарий головного мозга содержит 3 — 5 уровней переключения и не менее трех перекрестов.

В целом же, центральные слуховые пути представлены прежде всего слуховым нервом, сердцевина которого состоит из волокон, отходящих от верхушки улитки, а наружные слои — из волокон, идущих от более базальных участков ее. Из внутреннего уха нерв выходит через внутренний слуховой проход, а в мозге входит в области наружной части нижних отделов мозга. Волокна слухового нерва представляют собой нейроны 1-го порядка восходящих центральных слуховых путей. При этом отмечено, что число нервных волокон, связанных со слуховой системой, резко увеличивается на различных участках — от слухового нерва до коры. Волокна слухового нерва представлены аксонами нейронов, расположенных в спиральном ганглии и непосредственно принимающих сигналы от рецепторов улитки.

Волокна слухового нерва заканчиваются в дорсальном и вентральном ядрах, в которых различают переднюю (вентральное кохлеарное ядро) и заднюю (дорсальное кохлеарное ядро или слуховой бугорок) части. В каждом из улитковых ядер существует представительство всего спирального органа. Установлено, что афферентные волокна, иннервирующие основание улитки, оканчиваются в дорсомедиальных отделах, а волокна от верхушки улитки — в вентролатеральных отделах, таким образом, в каждом из слуховых ядер развернута проекция спирального органа. Достаточным для сохранения слуха у человека является наличие 68% неизмененных клеток дорсального улиткового ядра и 38% — вентрального.

У человека особенно сильно развито вентральное ядро; проведение слуховых импульсов через вентральное ядро более индивидуализировано. Дорсальное ядро развито слабее, из него возникают не центральные, а интрабульбарные рефлекторные пути, оканчивающиеся в трапецевидном теле, верхней оливе и других

бульбарных ядрах. Эти анатомические находки соответствуют клиническим данным, согласно которым поражение дна 4 желудочка в области *stria medullaris* не сопровождается снижением слуха.

Следующим слуховым центром продолговатого мозга является комплекс ядер верхней оливы. У млекопитающих этот комплекс включает в себя восемь ядер, главными из которых являются ядра трапецевидного тела (медиальное и латеральное), медиальное (или аксессуарное) ядро верхней оливы и латеральное (или S-образное) се ядро. При этом медиальное и латеральное ядра верхнеоливарного комплекса являются первыми центрами слуховой системы, в которых наблюдается конвергенция афферентации от правой и левой улиток, что является чрезвычайно важным для процессов локализации источника звука в пространстве.

Анатомо-физиологические исследования показали, что четвертые нейроны слуховой системы расположены в среднемозговом центре слуховой системы - заднем двухолмии, где принято различать несколько ядер: центральное, в том числе вентральную и дорсомедиальную части, наружное и перицентральное ядра, к которым подходит часть волокон латеральной петли, а от них, и в частности от перицентрального ядра, идут волокна к спинному мозгу. Разрушение нижнего двухолмия не сопровождается потерей слуха, однако нижнее двухолмие играет важную роль подкоркового центра, в котором формируется эфферентная часть ориентировочных слуховых рефлексов в виде движения глаз и головы.

Основные нейроны слуховой системы расположены в височной доле коры головного мозга. Установлено, что каждая из основных зон слуховой области коры связана с другими зонами, организованными томотопически. Имеется и гомотопическая организация связей между зонами слуховой коры двух полушарий. Установлено также, что практически все связи гомотопически оканчиваются на клетках 3 и 4 слоев и лишь незначительная их часть - в 5 и 6 слоях. Часть нейронов зоны А I слуховой области коры участвует в образовании комиссуральных связей.

Таким образом, все вышперечисленные центры слуховой системы, которые осуществляют переключение звуковой информации, участвуют в первичной и последующей обработке звуковых сигналов, осуществляют ее анализ и синтез вплоть до формирования специфических сенсорных ощущений и до обработки информации на основе второй сигнальной системы.

С помощью многочисленных электрофизиологических исследований установлено, что все слуховые центры связаны между

собой сложными анатомо-функциональными связями, с помощью которых осуществляется не только перенос информации, но и ее дополнительная обработка.

От клеточных элементов комплекса кохлеарных ядер начинаются два тракта, которые являются восходящими и оканчиваются в вышележащих отделах слуховой системы. Контралатеральный, или восходящий слуховой путь, содержит в себе основную массу выходящих из комплекса кохлеарных ядер волокон и образует три пучка волокон (вентральная слуховая полоска, или трапециевидное тело, промежуточная слуховая полоска, или полоска Хельда, и задняя, или дорсальная, слуховая полоска - полоска Монакова). Основную часть волокон содержит в себе трапециевидное тело. Средняя, интермедиальная, полоска образована аксонами части клеток заднего отдела заднего вентрального ядра кохлеарного комплекса. Дорсальная слуховая полоска содержит в себе волокна, идущие от клеток дорсального кохлеарного ядра, а также аксоны части клеток заднего вентрального ядра. Волокна дорсальной полоски идут по дну четвертого желудочка, затем уходят в ствол мозга, пересекают среднюю линию и, минуя оливу, не оканчиваясь в ней, присоединяются к латеральной петле противоположной стороны, где поднимаются к ядрам латеральной петли. Эта полоска обходит верхнюю ножку мозжечка, затем переходит на противоположную сторону и присоединяется к трапециевидному телу.

Выше верхней оливы перекрещенные и неперекрещенные слуховые волокна соединяются и идут единым пучком, в виде латеральной петли к нижним бугоркам четверохолмия, в ядре которого заканчивается часть волокон боковой петли. Другая часть волокон продолжается до внутреннего коленчатого тела, отдавая коллатерали к нижнему двуххолмию. Ядро боковой петли и нижние бугорки четверохолмия получают волокна преимущественно из контралатеральных слуховых ядер.

От внутреннего коленчатого тела слуховые пути идут через заднее бедро внутренней капсулы к височной доле мозга, где заканчиваются в средней части верхней височной извилины в глубине боковой борозды мозга.

Следует считать специфическим и немаловажным для физиологических процессов слуховой системы образование аксонами вторых нейронов первого перекреста слуховых путей: меньшая часть волокон остается в пределах полушария, на стороне которой расположен периферический слуховой рецептор, а большая часть идет в противоположное полушарие головного мозга.

Кроме того, установлено, что подавляющее большинство волокон от клеток кохлеарных ядер переключается на клетках нижних холмов, после чего волокна следующего порядка либо переходят в противоположное полушарие, формируя второй перекрест, либо идут непосредственно к подкорковым слуховым центрам – медиальным коленчатым телам. Очень небольшая часть волокон проходит мимо нижних холмов, не переключаясь в них, и заканчивается прямо в медиальном коленчатом теле.

Третий перекрест волокон осуществляется уже на корковом уровне. Здесь часть волокон в составе мозолистого тела, объединяющего полушария мозга, идет на противоположную сторону, в первичную проекционную зону коры.

Следует учитывать, что с подкорковыми слуховыми центрами связан и продольный медиальный пучок, интегрирующий также центры зрения. По этому пучку опосредованно через ядро медиального продольного пучка передаются импульсы на двигательные ядра всех экстраокулярных мышц своей и противоположной стороны, что предопределяет сочетанное движение глаз в сторону источника звука. Часть волокон продольного медиального пучка спускается к двигательным ядрам шейных сегментов спинного мозга, обеспечивая сочетанный поворот глаз и головы в направлении актуального источника звука.

Кроме того, имеется и покрывшечно-спинномозговой путь, который связывает слуховой анализатор с двигательной системой посредством двигательных нервов, интегрированных указанным путем и медиальным продольным пучком, в результате чего становится возможной реализация моторных актов в ответ на звуковое раздражение. Покрывшечно-спинномозговой путь идет от подкоркового центра слуха, расположенного в нижних холмиках, до двигательных ядер спинного мозга.

Слуховая система тесно связана также с сетчатым образованием, а через нее - с лимбической системой и подбугорной областью, которые играют важную роль в осуществлении вегетативных реакций на звук.

На основе многочисленных электрофизиологических исследований установлено также, что кроме слуховых путей, идущих в составе боковой пегли, имеется внепетлевой путь от улитки к коре больших полушарий. Этот второй путь содержит лишь несколько синаптических перерывов, и имеются также непосредственно прямые рецепторно-корковые пути, несущие слуховую информацию от рецептора к полям коры большого мозга.

В отдельных работах указывается и на наличие третьего пути прохождения импульса от спирального органа в кору больших полушарий мозга - через сложные многонейронные связи сетчатого образования, которые заканчиваются в ассоциационных областях коры.

Ряд исследователей считает, что кроме классической кохлео-кортикальной передачи в слуховом анализаторе имеются дополнительные восходящие слуховые пути, связанные с сетчатым образованием ствола, мозжечком, ассоциативными ядрами зрительного бугра и корковыми полями больших полушарий, окружающих центральное слуховое поле.

Еще раз следует отметить наличие прямых контактов с другими отделами мозга: установлены достаточно четкие связи кохлеарных ядер и ядер трапециевидного тела со многими двигательными ядрами черепно-мозговых нервов, в том числе ядрами, участвующими в формировании артикуляционной активности; связи кохлеарных ядер, верхней оливы и боковой петли с ретикулярной формацией ствола мозга - активирующей системой; значительная часть волокон идет от среднего мозга в мозжечок и в спинной мозг, а также к различным двигательным ядрам; подкорковые слуховые центры и корковые слуховые зоны также теснейшим образом связаны с другими подкорковыми и корковыми центрами, управляющими эмоциями и вегетативными функциями, с центрами письма и речи.

Как указывается во многих руководствах, в переднем мозге слуховые связи необыкновенно широки. Здесь можно назвать моторную, лобную, ассоциативную и височно-затылочную кору. Все вышеперечисленные структуры объединены в нейроанатомически единую «слуховую систему», в пределах которой происходит первичная переработка слуховой информации. Это наиболее короткий и простой путь. Другие зоны мозга, куда поступает акустическая информация в виде различных акустических процессов, изучены мало и обычно не входят в определение «слуховой системы». Точная локализация и ход идущих к этим зонам мозга «диффузных» слуховых путей неизвестны, а функциональная их роль не установлена. Наука пока еще не сделала решительного шага за пределы «классических» слуховых путей и центров и не располагает достаточно обоснованными данными о роли различных зон мозга в процессах анализа и интеграции слуховой информации.

В целом же следует учитывать, что в нейроанатомической организации слуховых путей и центров существует пространственное (топологическое) соответствие между рецепторной поверхностью, подкорковыми центрами и корой головного мозга. Этот принцип

организации проявляется у животных, стоящих на разных ступенях филогенетического развития, и именно данный факт позволяет в определенной степени создавать методологическую основу для изучения патологии слуховой системы.

Для клиники имеет важное значение и то, что пучки слухового нерва в стволе нерва проходят собранно, в продолговатом мозге и в мосту они разъединяются, в латеральной петле опять идут собранно, но в глубине ствола мозга. В составе боковой петли проходят как перекрещенные, так и неперекрещенные волокна, поэтому полную стойкую одностороннюю глухоту можно наблюдать только при периферическом поражении слухового нерва. Поражение коленчатых тел или латеральных петель может вызвать лишь снижение слуха, обычно с двух сторон.

Резюмируя вышеизложенный материал об основных анатомических предпосылках или материальном субстрате развития патологических процессов слуховой системы, следует отметить, что именно особенности анатомической организации слуховой системы, заключающиеся в наличии 4 – 5 центров переключений, а также трех перекрестков нервных волокон создает возможности для разработки четкой схемы топической диагностики поражения слуховой системы, учитывая высказывания Н.А. Бернштейна (1966) о том, что каждое синаптическое переключение является не просто количественным увеличением числа нейронов в передаче информации, а своеобразным центром, в котором поступающая информация получает новое качественное свойство. Выявление и выделение такого качественного свойства или выявление его нарушения позволяет определять и уровень поражения слуховой системы с достаточно определенной точностью и в достаточно ранние сроки.

И еще раз следует подчеркнуть, что именно особенности анатомо-морфологического строения слуховой системы, выражающиеся в наличии нескольких качественных уровней обработки звуковой информации, а также наличие особенностей проводящих путей в виде трех перекрестков, создают, на наш взгляд довольно мощный «фундамент» для проведения качественной диагностической работы с целью определения уровня поражения.

2. Нейрофизиологические предпосылки проведения топической диагностики поражений звуковоспринимающего отдела слуховой системы

По мнению В. И. Бабияка и соавт.(2002), слуховая система рассматривается прежде всего как дихотомическая система. При этом под функциональной дихотомией органов чувств понимается деление их функций на два принципиально различных механизма акцепции их адекватных раздражителей, первый из которых может быть определен как подготовительный, или предварительный, второй – как нейрональный, или окончательный. На первом этапе происходит подготовка физических параметров адекватного раздражителя к его восприятию нейрональной системой. Таким образом, сущность функциональной дихотомии органа слуха заключается в том, что звук на пути к высшим слуховым центрам проходит два этапа обработки – этап звукопроведения и этап звуковосприятия. На первом этапе благодаря звукопроводящей и трансформационной системам уха звуковая энергия обретает параметры, необходимые для ее восприятия специфическими рецепторами для последующего ее преобразования в биоэлектрические сигналы – семиотические модели звуковой среды.

Последним звеном звукопроводящей системы являются волоски чувствительных клеток спирального органа, а первым звеном звуковоспринимающей системы являются базальные структуры этих клеток, в которых формируются специфические биоэлектрические потенциалы. По образному описанию цитируемых авторов, тело рецепторной клетки является тем кодирующим «устройством», в котором происходят сложнейшие процессы преобразования механической энергии в биоэлектрическую.

Система звукопроведения в улитковой ее части производит первичный частотный анализ звука путем топического распределения звуковых гармоник по соответствующим рецепторам спирального органа, в результате чего обеспечивается сенсорно-топический принцип организации слухового анализатора. Именно этот принцип лежит в основе многих психофизиологических функций органа слуха и является фактором, объединяющим системы звукопроведения и звуковосприятия.

Волоски сенсорного эпителия обуславливают определенные физические и химические изменения в микроструктурах рецепторных клеток, приводя их в состояние возбуждения. Передача возбуждения от волосковых клеток к волокнам слухового нерва осуществляется химическим путем через синапсы либо электрическим - путем

раздражения волокон слухового нерва электрическим током микрофонного эффекта. Эндокохлеарный потенциал улитки обеспечивает высокую чувствительность рецепторного аппарата. Имеется частотно-временно-пространственное представление стимула вдоль структуры улитки.

В клиническом отношении весьма важен факт высокой чувствительности волосковых клеток к дефициту кислорода, изменению содержания углекислого газа и сахара в жидких средах улитки, нарушению ионного равновесия. Указанные изменения могут приводить к парабактериально обратимым, или патоморфологическим необратимым изменениям рецепторного аппарата улитки и соответствующим нарушениям восприятия звуков. Более чувствительны к патогенным факторам наружные волосковые клетки, поэтому при обратимых процессах в первую очередь восстанавливается функция внутренних волосковых клеток.

Что касается самого процесса звуковосприятия, то сгибание волосков рецепторных клеток действительно имеет место. В результате этого явления происходит перестройка молекул плазмолеммы волосковой клетки в локусах проникновения волосков в ее тело, в результате чего плазмолемма становится проницаемой для ионов, образующих ионный ток и сдвиг разности потенциалов в самой плазмолемме. Когда стереоцилии сгибаются в сторону киноцилия, рецепторная клетка деполяризуется (разряжается) с возникновением деполяризационного сдвига мембранного потенциала, который получил название рецепторного потенциала волосковой клетки. Величина рецепторного потенциала зависит от интенсивности звука и достигает 10 – 24 мВ. Электроны рецепторного потенциала распространяются по плазмолемме волосковой клетки от ее верхушки к основанию. Их поток, достигнув основания клетки, стимулирует высвобождение медиатора ацетилхолинэстеразы, поступающего далее через синаптическую щель на субсинаптическую мембрану чувствительного нервного окончания, контактирующего с волосковой клеткой. Под влиянием медиатора на субсинаптической мембране возникает генераторный потенциал, электроны устремляются к внесинаптическим участкам афферентных волокон, в которых и вызывают потенциалы действия, направляющиеся в виде дискретных биоэлектрических импульсов к слуховым центрам.

В данных процессах выделяют 4 вида улитковых потенциалов: токи покоя, токи действия, микрофонный потенциал, суммационный потенциал.

Токи покоя делятся на внутриклеточный и эндолимфатический потенциалы. Внутриклеточный потенциал регистрируется в нервных

волокнах, в волосковых и опорных клетках, в структурах базилярной мембраны и преддверной стенки. Эндолимфатический потенциал регистрируется в эндолимфе улиткового хода, почему называется еще эндокохлеарным потенциалом. Источником эндокохлеарного потенциала является улитка, его величина находится в прямой зависимости от интенсивности аэробного метаболического процесса, то есть от парциального давления кислорода в эндолимфе. Гипоксия в эндолимфе, обусловленная ишемией улитки, приводит к быстрому угасанию эндокохлеарного потенциала.

Токи действия – это интерферированные пики, генерируемые волокнами слухового нерва в ответ на звуковое воздействие. Микрофонный потенциал улитки является результатом ответа на звуковое воздействие только наружных волосковых клеток. Действие ототоксических веществ и гипоксия приводят к угнетению или исчезновению микрофонного потенциала улитки. Суммационный потенциал является реакцией на звук внутренних волосковых клеток и по своей сущности является изменяющимся потенциалом покоя, флюктуации которого возникают в ответ на действие звукового раздражителя. Незначительная гипоксия, изменение соотношения ионов в эндо- и перилимфе, действие хинина, стрептомицина, и ряда других факторов, нарушающих гомеостазис внутренних сред улитки, вызывают инверсию соотношения улитковых потенциалов, при которых суммационный потенциал становится положительным.

Вся информация о звуковом потоке, попадающем в диапазон возможностей рецепторной части органа слуха, по аксонам нервных клеток, подходящим к рецепторным клеткам, передается в слуховой центр продолговатого мозга – кохлеарные ядра, в форме коротких электрических импульсов. При этом изменения свойств стимуляции передаются не амплитудой, а частотой импульсов, количеством активированных волокон, пространственно-временным узором активности и местом расположения возбужденного волокна в популяции нервных волокон слухового нерва. Так как аксоны нейронов слухового нерва заканчиваются на телах и дендритах нервных клеток продолговатого мозга, то именно в них переданный частотно-импульсный поток трансформируется в соответствующую активность клеток кохлеарных ядер. Электрические импульсы, возникающие в этих ядрах, не являются копией импульсов волокон слухового нерва, а суть носители преобразованного частотного кода.

Что касается дальнейших процессов, происходящих в слуховой системе, то с позиций психофизиологии они могут быть разделены на



четыре основных функции: громкость, тональность, дифференцировка и ототопика.

Громкость – субъективная категория силы звука; тональность – частотного состава звука; сущность дифференцировки заключается в различении звуков по их качественному и количественному составу; ототопика – в определении пространственного положения источника звука. Любой слышимый звук в нормальных условиях жизнедеятельности человека оценивается его органом слуха одновременно по вышеуказанным четырем параметрам, являющимся разными и неотъемлемыми сторонами единого психоакустического процесса..

Исследования частотной локализации в разных отделах слуховой системы показали, что пространственно упорядоченная организация периферии – улитки внутреннего уха – воспроизводится во всех отделах слуховой системы.

Как показывают многочисленные исследования, сопоставление параметров стимуляции и результатов ответной нейрональной активности свидетельствует об общем плане структурной организации центральных проекций улитки. «Центральные частотные шкалы», измеряемые в миллиметрах на октаву, по мере перехода от нижележащих к вышележащим центрам слухового пути не возрастают, а сокращаются. Постепенная «компрессия» частот в пространстве центральных слуховых структур наблюдается вплоть до высшего подкоркового слухового центра – медиального коленчатого тела, а затем переходит в широкое распределение на поверхности слуховой коры. Таким образом, перевод временной размерности акустического стимула в пространственную, осуществляющийся первоначально в улитке, повторяется во всех отделах слуховой системы, завершаясь в слуховой коре. Карты топографического распределения частот в разных отделах слуховой системы вошли в учебники и руководства по физиологии как выражение пространственного принципа анализа частоты звука в слуховой системе.

Большое количество экспериментальных данных подтверждает представление о том, что специализированные нейроны – детекторы слуховых признаков – являются необходимым звеном в системе центральной переработки информации о стимуле. Описаны нейроны-детекторы, выделяющие частотную и амплитудную модуляцию, амплитудно-импульсную и частотно-импульсную модуляцию, которые соотносятся с определенными перцептивными качествами звуков (ритмическая последовательность, изменение направления движения источника звука, изменение расстояния от источника и др.). Показано

также, что система слухового анализа имеет иерархическую организацию. Сложно организованные нейроны вышележащих отделов слухового пути выделяют все более сложные качества звука. Некоторые признаки звуков выделяются существующим врожденным, встроенным в систему восприятия детектором. Однако, как считают специалисты, на сегодняшний день трудно оценить результаты многочисленных исследований проблемы в силу различных методических условий, использованных при их осуществлении. Очевидно, что вопрос этот сложный и требует дальнейшего систематического и целенаправленного изучения.

Считается, что процесс восприятия звуковых сигналов невозможен без системы слуховой памяти. Однако, как отмечает И.А. Вартанян (1981), к настоящему времени еще не решены вопросы, касающиеся структур мозга, накапливающих, сохраняющих и извлекающих информацию, а также вопросы, касающиеся биохимических, нейрофизиологических и психических процессов, лежащих в основе памяти. Однако определено, что простейшая цепь нейронов, обеспечивающая сохранение следов, представляет собой замкнутую (реверберирующую) цепь. Реверберация, или последовательное возбуждение цепи, выражающееся в последовательности электрических процессов, обеспечивает сохранение данных о поступившем сигнале в виде «электрической» памяти.

Способность локализовать источник звука добавляет к слуховому восприятию пространственное измерение. В настоящее время рассматриваются два основных условия, определяющих бинауральный слух. Для низких частот основным фактором является различие во времени попадания звука в левое и правое ухо, для высоких – различия в интенсивности. В результате многих экспериментальных исследований установлено, что при повреждении или удалении слуховых корковых зон функция локализации источника звука в пространстве страдает в первую очередь. Однако, как подчеркивает в своих трудах цитируемый нами автор, вопросов здесь больше, чем ответов, и что ориентировка человека и животных в пространстве подчас осуществляется неизвестными механизмами, непосредственно связанными со слуховым восприятием.

Обобщая многочисленные экспериментальные и клинические данные, ряд авторов (Бабияк В.И., Гофман В.Р., Накатис Я.А., 2002) сформулировали оригинальную концепцию функционирования слуховых центров. Авторы пришли к заключению, что вся «черновая» работа по переработке звукового сигнала и его подготовке к «удобному»

для восприятия корой виду происходит в подкорковых слуховых комплексах.

Как представляется авторам концепции, подготовка звукового сигнала к поступлению его в высшие аналитические слуховые центры коры не может быть одномоментной и, вероятно, должна состоять из нескольких этапов. Первым этапом является фильтрация полезной информации и задержка шумов. Концепцией предполагается существование определенных нейронных структур, представленных триггерными механизмами, в которых "сливаются" гуморальные аналоги отфильтрованного шума и в которых они нейтрализуются (расщепляются) ферментами типа эстераз. Таким образом в центрах фильтрации происходит разделение звуковой информации на два потока – полезную (актуальную) и шум. Из этого следует, что в центрах фильтрации заложен механизм помехоустойчивости звуковой информации анализатора. Эффективность или результат деятельности этого механизма определяется соотношением "полезный сигнал / шум" и зависит от множества физиологических (патофизиологических) и гуморальных факторов (ишемия, нарушение обменных процессов, токсические влияния и т.д.) обеспечивающих нормальную деятельность или отрицательно влияющих на нейронные и глиальные элементы головного мозга. Пройдя центр фильтра, полезный сигнал, претерпев различные изменения, оказывается значительно ослабленным для того, чтобы вызывать адекватную реакцию нейронов коры. Поэтому сигнал поступает в следующий блок обработки звуковой информации - центр избирательного усиления. В этом центре формируются модально (качественно) различающиеся потоки (музыкальные, речевые, эмоциональные), направляющиеся к своим корковым реципиентам – специфическим слуховым центрам ассоциативным центрам, к центрам вегетативной нервной системы, либо непосредственно из сферы звукового анализатора, либо опосредованно через центры эмоций.

Функции центров избирательного усиления представляются авторам следующими:

- 1) Общее или предварительное усиление всех полезных сигналов (блок предварительного усиления сигналов);
- 2) последующее избирательное усиление актуального информационного потока.

Поступающий с периферии ослабленный сигнал, пройдя обработку в нормально функционирующем центре фильтрации, подвергается предварительному усилению в блоке предварительного усиления и селективному усилению в центре избирательного усиления. Смысл избирательного усиления заключается в активизации полезного

сигнала по частотным составляющим, чтобы «образ» поступающего к высшему центру сообщения выправлялся и приходил в неискаженном виде.

В патогенезе центральных нарушений слуха не вызывает сомнения участие гипоксии, нарушений метаболизма, накопление катаболических и др. в соответствующих центральных структурах головного мозга, в том числе и в слуховых центрах. Во многих случаях развивается синдром спонтанной центральной сенсоневральной тугоухости на почве гипоксии и нарушении обменных процессов. При обозначенных выше «центральных» патологических состояниях, нарушающих метаболические процессы в ЦНС и вызывающих «спонтанные» нарушения слуховой функции, ухудшаются и функции слуховых центров. При этом ухудшаются и механизмы фильтрации и усиления полезного звукового сигнала, отсюда как следствие – «беспричинное» снижение слуха, ухудшение разборчивости речи, снижение помехоустойчивости и т.д. Как указывают цитируемые авторы, эти признаки нарушения слуховой функции легко укладываются в описанный выше гипотетический механизм функционирования слуховых центров. В клиническом отношении эти признаки могут подразделяться на начальные, обратимые, частично обратимые, необратимые, то есть могут быть классифицированы по степеням нарушений функций слуховых центров. Таким образом, возникновение спонтанной сенсоневральной тугоухости может быть объяснено только утратой слуховыми центрами своих специфических функций, к которым относятся, наряду с другими, фильтрация и усиление полезного сигнала, задержка «шумов».

Анализ современных литературных данных, связанных с изучением аналитической деятельности слуховой системы, позволяет выделить две крайние точки зрения на нейронные механизмы обработки сложных звуков в слуховой системе. В соответствии с одной из них свойства стимулов должны быть полностью представлены в пространственно-временном узоре возбуждения нейронов разных уровней слуховой системы. При этом предполагается, что для опознавания свойств стимула достаточно механизмов декодирования (расшифровки) пространственного и временного узора разрядов слуховых нейронов высших уровней слуховой системы. Противоположный подход предполагает существование в высших отделах слуховой системы специализированных нейронов, выделяющих определенные признаки звуковых сигналов, которые используются организмом в процессе принятия решения о принадлежности стимула к тому или иному классу.

Как показывают результаты исследований, проведенных в последние годы, представления о спектральном анализе звуков в слуховой системе базируются на широкоизвестных данных об организации слухового частотного анализатора как набора внутренних неперекрывающихся слуховых фильтров или критических полос. Механизм частотной фильтрации обусловлен частотно-избирательными свойствами основной мембраны улитки внутреннего уха, обеспечивающими реализацию топотипической организации слуха.

Фундаментальными характеристиками психофизиологических слуховых критических полос являются их два основных свойства: видоспецифическая зависимость ширины слуховых критических полос от их центральной частоты; независимость ширины критической полосы от интенсивности сигнала. Анализ частотной зависимости ширины критических полос выявил их эквидистантное распределение вдоль основной мембраны улитки, обосновав таким образом периферическую природу этого свойства и самих критических полос. Психофизиологическим субстратом данного свойства является сходство частотной зависимости критических полос слуха как системного феномена с характеристиками частотной избирательности волокон слухового нерва, одиночных слуховых нейронов кохлеарных ядер и задних холмов.

Обширные функциональные связи слухового центра среднего мозга (задних холмов), их сложная ламинарная структура, сосредоточение информации о различных признаках звуков, топографическое представительство этих признаков позволяют предполагать существование в задних холмах нейрофизиологических предпосылок слуховых критических полос, необходимых для формирования полного перцептуального образа сложных звуковых символов.

Поддержание постоянства ширины критической полосы вне зависимости от интенсивности звуков обеспечивается за счет функциональной специализации группы тормозозависимых нейронов, составляющих около трети популяции слуховых нейронов задних холмов. При этом основным нейрональным механизмом, определяющим ширину критических полос слуха, является торможение, ответственное за формирование боковых тормозных зон нейронов.

Многие исследователи также делают заключение о наличии у нейронов задних холмов избирательной чувствительности к спектральным вырезкам в широкополосном сигнале. Такая чувствительность рассматривается автором как механизм для анализа спектральных минимумов, возникающих в передаточной функции

наружного уха в связи с локализацией источника звука. Нейроны высших слуховых центров обладают свойствами детекции специальных минимумов (вырезок) в широкополосном сигнале.

В дополнение к вышеуказанным данным следует упомянуть работы Р. Наатанена (2000) и других исследователей, которые считают, что любой звук (как речевой, так и неречевой) имеет определенное нейронное представительство в высших центрах слуховой системы - коре головного мозга, соответствующее восприятию этого звука нейрофизиологическим субстратом слуховой сенсорной памяти. То есть при любых различимых слуховых изменениях генерируется так называемый потенциал негативности рассогласования.

Возникновение негативности рассогласования связано с формированием в слуховой коре следов, обеспечивающих краткосрочную (сенсорную) память, и ограждает повторяющийся признак или элемент стимуляции, который обычно должен повторяться хотя бы один раз, прежде, чем девиантное событие приведет к генерации потенциалов негативности рассогласования. Следы, лежащие в основе негативности рассогласования обычно угасают в течение 5-10 секунд, поэтому потенциал негативности рассогласования не может генерироваться вне зависимости от временного интервала, на котором возникает отличие стимуляции.

При этом негативность рассогласования представляет собой фронтально-центральный негативный компонент слухового потенциала, связанного с событием, обычно имеющим пик при 100-200 мс после запуска стимула, вызываемый любым различимым изменением какого-либо повторяющегося аспекта продолжительной слуховой стимуляции, независимо от направленности внимания испытуемого или от задачи.

Подводя некоторый итог результатам обсуждения материалов, представленных в настоящем разделе главы, можно сделать несколько определенных выводов.

1. Особенности анатомической организации слуховой системы, заключающиеся в наличии центров переключения и перекрестов нервных волокон, создают возможности для разработки четкой схемы топической диагностики нарушения слуховой функции.
2. По сравнению с детальным описанием морфологических связей центров и путей центрального отдела слуховой системы в настоящее время отсутствует настолько же детальное описание функций указанных центров.
3. Несмотря на большой объем проведенных исследований, до сих пор не установлены конкретные структуры, обеспечивающие реализацию

помехоустойчивости и некоторые другие. В клинической аудиометрии каждый из указанных феноменов тестируют с помощью специальных методик.

Как мы уже отмечали выше, основные психофизиологические функции звукового анализатора могут быть разделены на четыре основных категории: громкость, тональность, дифференцировка и ототоника.

Любой слышимый звук в нормальных условиях жизнедеятельности человека оценивается его органом слуха одновременно по вышеуказанным четырем параметрам, являющимся разными и неотъемлемыми сторонами единого психоакустического процесса. В экспериментальных условиях возможно выделение каждой из составляющих этот процесс частей, что позволяет изучать в отдельности их действие. Считается, что наиболее существенные данные могут быть получены при изучении взаимодействия двух и более функций звукового анализатора, реализуемых в сложных психосенсорных реакциях. В клинической практике чаще всего используют две модальности ощущения звука - громкость и тональность, как функции силы (интенсивности) и частоты звука.

Традиционно количественная оценка слуховой функции начинается с определения расстояния между произносящим звуки, слова или цифры исследователем и ухом испытуемого, при котором он слышит речь - шепотную, разговорную, громкую или крик. При этом второе (неисследуемое) ухо закрывается. Применяются также различные способы маскировки в случаях несимметричной потери слуха и изучения хуже слышащего уха (способы Венгера, Кайзера, Барани, Харшака и др.). Несмотря на различия, все эти способы основаны на создании шума на неисследуемом ухе с помощью трения. Подобная диагностика речью широко применяется при массовых обследованиях в случаях отсутствия специальной аппаратуры для оценки степени сохранения слуха. Основная проблема данных исследований - отсутствие стандартизации интенсивности предъявляемых речевых сигналов.

Комплекс окклюзионных тестов дополняет методы исследования слуха шепотной и разговорной речью, а также контролирует правильность аудиометрических показателей. Окклюзионные тесты основаны на явлении улучшения восприятия звуков, проводимых по кости (положительное тестирование). Отсутствие разницы в восприятии проводимых по кости звуков при открытом и закрытом наружном слуховом проходе свидетельствует о поражении звукопроводящего аппарата. На этом эффекте основаны опыты Бинга, Клауса и их

модификации, феномен окклюзионной аутофонии, а также опыт Федеричи, использующий сравнение костной и костно-хрящевой проводимости.

Как справедливо отмечают В.И. Бабияк и соавторы (2002), несмотря на свою, казалось бы, архаичность, исследование слуха с помощью камертонов позволяет получать значительно больше сведений о состоянии слухового анализатора, чем современная тональная пороговая аудиометрия.

Что касается специальных аппаратных методов исследования, то среди всех методик исследования слуховой функции выделяет психоакустические методы, методы акустической импедансометрии, методы, позволяющие исследовать восприятие ультразвука и аудиометрию по вызванным потенциалам.

Считается, что одним из широко распространенных и необходимых способов оценки сохранности слуховой функции является такой психоакустический метод, как пороговая тональная аудиометрия. Пороговое аудиологическое обследование с помощью тональных сигналов позволяет определить нормальную и патологическую функцию органа слуха, в ряде случаев установить уровень и степень развития патологического процесса. Однако, несмотря на высокую значимость порогового тестирования для оценки состояния слуховой системы, этот способ не дает полной картины восприятия звуков при их надпороговых интенсивностях. Поэтому большое значение имеет надпороговая тональная аудиометрия.

С помощью методик надпороговой аудиометрии (которую иногда делят на тональную и речевую) достигаются следующие цели: выявление феномена ускоренного нарастания громкости, определение адаптационных резервов слухового анализатора, установление степени слухового дискомфорта, определение качества разборчивости речи и помехоустойчивости слуховой системы.

Большинство методик надпороговой тональной аудиометрии предназначено для определения ускоренного нарастания громкости, которое считается одной из основных характеристик нарушения надпорогового восприятия тонов при сенсоневральной тугоухости. Слуховое поле человека с такой формой патологии ограничено в области высоких звуковых частот и искажено по сравнению со слуховым полем нормально слышащих, что приводит к ограничению динамического диапазона слуха. Следствием узкого динамического диапазона слуха является затруднение в восприятии речевых сигналов, поскольку теряются важные высокочастотные ключи распознавания речи. При сенсоневральной потере слуха отмечают более низкие, чем

в норме, дифференциальные пороги по интенсивности и более высокие дифференциальные пороги по частоте, а так же ухудшаются возможности выделения сигнала на фоне шума.

Среди методов, нашедших наиболее широкое распространение в клинических условиях и в физиологических измерениях, авторы отмечают измерения бинаурального баланса громкости, определение дифференциального порога интенсивности звука (тест Люшера, SISI-тест), определение порога дискомфорта при усилении звуков, оценку слуховой адаптации различными методами. Целью разработки всех данных методик явилось проведение точной дифференциальной диагностики кохлеарного и ретрокохлеарного поражения слуха. Поэтому и до настоящего времени в гональной надпороговой аудиометрии одной из основных задач ставится выявление феномена ускоренного нарастания громкости, который по мнению многих авторов является функцией рецепторного аппарата и его синапсов. Многие клиницисты считают, что феномен ускоренного нарастания громкости является результатом парабактериального состояния волосковых клеток и их синапсов, влекущего за собой искажение энергетической регуляции протекающих в них обменных процессов. Цитируемые нами авторы считают, что феномен ускоренного нарастания громкости не является патогномичным признаком поражения звуковоспринимающих рецепторов улитки и должен рассматриваться в качестве вероятностного критерия в дифференциальной диагностике кохлеарной и ретрокохлеарной форм.

Следует учитывать, что методы тональной надпороговой аудиометрии более адекватны функции слухового анализатора, поскольку вся бытовая и социальная деятельность человека протекают в поле надпороговых звуков. Однако цитируемые авторы также отмечают, что данные общие положения, теоретически казалось бы верные, наталкиваются на одно существенное противоречие: как ни парадоксально, но многие надпороговые тесты не столько взаимодополняют друг друга, сколько, порой, взаимоисключают сделанные по ним выводы. На это противоречие, в частности, указывает Б.М. Сагалович (1978), который утверждает, что во многих случаях при недостаточно обоснованном применении надпороговых тестов к различным типам тугоухости, основанных на выявлении феномена ускоренного нарастания громкости, возникают противоречивые диагностические суждения. Это обусловлено тем, что физиологический смысл многих тестов либо не ясен, либо отражает совершенно различные процессы, происходящие в органе слуха, трактовка которых далека от истины. Кроме того, использование многочисленных

надпороговых тестов привело в итоге к совершенно закономерной в таких случаях несопоставимости результатов.

Все еще применяются методики, основанные на изучении адаптационной функции и функции маскировки.

Степень слуховой адаптации оценивают по глубине, времени реадaptации, диапазону охватываемых адаптацией частот. Глубина адаптации определяется потерей слуха над порогом. Оценку по времени реадaptации проводят по периоду восстановления слуховой чувствительности до исходного порогового уровня, этот период принято называть временем обратной адаптации.

Оценка по частотному диапазону заключается в определении его сдвига в сторону высоких частот и регрессивному охвату соседних частот. Метод применяется как в клинических, так и экспериментальных исследованиях.

Другой психофизиологической функцией звукового анализатора является маскировка – величина, обратная помехоустойчивости. По мнению многих исследователей, маскировка – это процесс взаимодействия полезного и помехообразующих звуков, при которых последние подавляют восприятие первых и функцию выделения из общего звукового поля полезной информации. Применяется, как правило, в экспериментальных исследованиях.

Среди других психофизиологических методов исследования слуховой функции выделяют речевую аудиометрию, которая наиболее активно разрабатывалась и применялась в 60-х годах, но не получила широкого распространения в силу трудоемкости и длительности исследования. Оценка ведется относительно нормы – кривой нарастания разборчивости речевого теста по результатам обследований людей до 25 лет с нормальным слухом. В основу исследования положены различные речевые таблицы. Фонграммы, записанные на магнитной ленте, представляют собой цифровые или словесные таблицы. Определение порога разборчивости речи осуществляют при разных интенсивностях по воздушному и костному проведению, используя специальные инструкции. Если при хорошем тональном слухе разборчивости речевого теста не достигается, можно думать о ретрокохлеарном поражении слуховой системы. При кохлеарной патологии типичным является ухудшение разборчивости речи в условиях возрастающей интенсивности звучания.

Проводят также исследование разборчивости речи при шуме. Исследования проводят в условиях, приближенных к натуральным. Этому методу посвящено много исследований, и хотя их результаты порой в качественном отношении существенно разнятся, общий итог

свидетельствует о большой ценности метода "речешумовой" аудиометрии. Во-первых, этот метод позволяет оценивать слуховую функцию в реальных условиях жизнедеятельности человека, во-вторых, он более эффективен и адекватен при проведении профессионального отбора, в-третьих, он позволяет при соответствующем методическом обеспечении исследовать глубинные процессы переработки звуковой информации и выявлять веерные механизмы слуховой функции, экстраполируемой на другие сенсорные и моторные функции организма. Метод имеет большое будущее и, вероятно, станет основным в 21 веке.

При исследовании разборчивости речи в условиях речевых помех помехоустойчивость слухового анализатора при сенсоневральной тугоухости резко снижена, особенно низок процент правильно повторенных слов при центральных формах сенсоневральной тугоухости.

В группе дополнительных методов исследования слуховой функции выделяют метод определения чувствительности слухового анализатора к ультразвукам и высоким диапазонам спектра частот, а также нижней частотной границы слухового восприятия. Отношение многих исследователей и клиницистов к этим методам исследования слуховой функции неоднозначно. Одни считают, что с их помощью можно получить информацию, необходимую для проведения дифференциальной диагностики поражения слуховой функции, другие считают, что эти методы нуждаются в дальнейшей верификации.

Следует отметить, что интерес к применению фокусированного ультразвука несколько снизился. Количество публикаций по данной тематике заметно уменьшилось. Некоторые исследователи считают, что до настоящего времени путь проведения ультразвука, место демодуляции огибающей, механизм действия на различные структуры органа слуха ультразвуковой несущей и огибающей окончательно - все это нерешенные вопросы. Несомненна роль радиационного давления как действующего фактора, установлено значение аппарата звукопроводения и его нарушений в феноменологии восприятия, показаны черты сходства и различия в электрофизиологических показателях периферического слухового восприятия, а также в корковых вызванных потенциалах человека; обоснованы фактами предположения о реализации сочетанного действия несущей и огибающей на волокна слухового нерва. Поэтому теоретических вопросов, связанных с действием как фокусированного, так и плоского ультразвуков разной частоты, достаточно много.

Среди объективных методов исследования применяют импедансометрию, электрокохлеографию и компьютерную аудиометрию по вызванным потенциалам головного мозга.

Импедансометрия включает в себя следующие исследования: измерение абсолютных значений входного акустического импеданса звукопроводящей системы барабанной полости; регистрацию изменений входного акустического импеданса под влиянием сокращений мышц барабанной перепонки на основе акустического рефлекса, а также изменение импеданса под влиянием изменения статического давления в наружном слуховом проходе; фонобарометрию, основанную на изменении восприятия звуков под влиянием изменения давления в наружном слуховом проходе.

Считается, что при сенсоневральной тугоухости параметры акустического рефлекса на окологороговых и несколько больших величинах стимулирующего звука практически не отличаются от нормы, а при отосклерозе практически не удается вызвать этот рефлекс даже при интенсивности стимулирующего сигнала более 100 дБ.

Электрокохлеография относится к методам объективного исследования слуховой функции и основана на анализе биоэлектрических потенциалов улитки и слухового нерва, возникающей во временном окне 1-10 мс после предъявления акустического стимула. Активность включает пресинаптическую активность, к которой относятся микрофонный потенциал и суммационный потенциал, и постсинаптическую нервную активность, представленную потенциалом действия слухового нерва, генерируемым периферической частью слухового нерва.

Как известно, микрофонный потенциал улитки был впервые описан Уивером и Бреем в 1930 г. Было показано, что если электрическую активность, снимаемую со слухового нерва кошки, усилить и направить в громкоговоритель, то звуковые сигналы можно подавать в ухо животного и одновременно слышать их через громкоговоритель. Этот эксперимент показал, что наблюдаемые электрические потенциалы были точным отражением волнообразного стимула. Кроме того, было показано, что у окна улитки ответ выражен сильнее, чем у нерва, и что эффект Уивера-Брея проявляется при перерезанном нерве и после его анестезии. Для описания данного явления Adrian ввел термин "микрофонный потенциал улитки". Показано, что микрофонный потенциал генерируется у несущего реснички края как внутренних, так и наружных волосковых клеток. Суммационный потенциал впервые был описан Davis et al. и Bekesy в 1950. В отличие от микрофонного потенциала, являющегося

потенциалом переменного тока, сумационный потенциал представляет собой смещение основной линии постоянного тока в ответ на звуковую стимуляцию. Подобно микрофону потенциалу, сумационный является градуированным потенциалом: с повышением интенсивности стимула амплитуда потенциала нарастает. Сумационный потенциал не зависит от насыщения сред улитки кислородом, а также от других факторов, оказывающих заметное влияние на микрофонный эффект. В настоящее время предполагается, что возникновение данного потенциала обусловлено отклонением базальной мембраны в сторону барабанной лестницы.

Потенциал действия нерва представляет собой суммарную электрическую активность волокон слухового нерва, возникающую в ответ на акустическую стимуляцию. Оптимальным видом акустического стимула при регистрации потенциала являются короткие стимулы, такие как акустические щелчки, короткие тональные импульсы и фильтрованные щелчки, обеспечивающие высокую степень синхронности разрядов различных волокон слухового нерва.

По данным последних исследований, метод электрокохлеографии наиболее эффективен при диагностике состояний, сопровождающихся гидропсом лабиринта. Характерным для гидропса лабиринта является возрастание амплитуды сумационного потенциала по мере увеличения интенсивности с соответствующим увеличением соотношения амплитуд сумационный потенциал / потенциал действия.

1. Повышение соотношения амплитуд сумационного потенциала и потенциала действия до критического значения (0,42) при визуальной идентификации, при стимуляции на интенсивности, соответствующей порогу рефлекса стремени мышцы.
2. Наличие высоко амплитудного разнонаправленного микрофонного потенциала при стимуляции щелчками различной полярности, выраженность которого прогрессивно возрастает с увеличением интенсивности стимула.
3. Сдвиг латентного периода потенциала при стимуляции щелчками различной полярности более, чем на 0,2 мс

Формирование за счет увеличения сумационного потенциала характерной формы кривой со смещением сегмента от изолинии при исследовании длинными тональными посылками (на частотах 1, 2, 4 кГц). Смещенный сегмент имеет отрицательную полярность, однако возможно и позитивное его смещение на отдельных частотах.

Однако, по утверждению Б.М.Сагаловича, электрическая активность улитки не может служить электрофизиологическим эквивалентом слуха в целом. Она лишь отражает деятельность

периферических нервных образований, обеспечивающих трансформацию механической энергии в биоэлектрическую, процессы кодирования информации и подготовки ее к дальнейшей трансляции по нервным трактам.

Принцип компьютерной аудиометрии основан на регистрации биоэлектрических потенциалов головного мозга, возникающих в ответ на действие звукового раздражителя.

К настоящему времени выполнено большое количество работ, посвященных проблеме происхождения различных компонентов слуховых вызванных потенциалов, установлению локализации генераторов этих компонентов.

В последние годы метод регистрации и оценки КСВП широко используется в клинической практике. КСВП стабильны, не подвержены влиянию медикаментозного и естественного сна, что особенно важно для определения слуха у новорожденных и детей первых лет жизни, при судебно-медицинской экспертизе. Для оценки слуховой чувствительности наиболее приемлемой является V волна, которая регистрируется с наиболее низким порогом. Нарушения слуха, установленные на основании измерения порогов возникновения V волны КСВП, можно относить к кохлеарным только в том случае, если отсутствуют нарушения нервных проводниковых структур. Так, например, при процессах демиелинизации нервных структур, имеющих место при рассеянном склерозе, КСВП могут отсутствовать при порогах восприятия тональных стимулов, близких к норме. По данным различных авторов, при рассеянном склерозе нарушение амплитудно-временных характеристик КСВП может наблюдаться в 30 – 90% случаев. Многие авторы отмечают высокую эффективность метода в диагностике опухолей VIII нерва и других опухолей мосто-мозжечкового угла. Процент распознавания опухолей по данным регистрации КСВП достаточно высок (до 90%), и в некоторых случаях эта методика имеет преимущества перед рентгеновской компьютерной томографией в обнаружении опухолей малых размеров (менее 1,5 см в диаметре), расположенных во внутреннем слуховом проходе. Наиболее чувствительным диагностическим показателем опухолей мосто-мозжечкового угла и других ретрокохлеарных поражений является увеличение межпикового интервала - 1-5, отражающего время центрального или стволомозгового проведения.

К числу недостатков аудиометрии по коротколатентным слуховым потенциалам автор относит в первую очередь высокие пороги. Они значительно выше, чем пороги слышимости. Существенным