

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО – КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО – БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА РОССИИ»

На правах рукописи

Самкова Анастасия Сергеевна

**РЕГИСТРАЦИЯ СЛУХОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА У
ПАЦИЕНТОВ С КОНДУКТИВНОЙ ТУГОУХОСТЬЮ**

14.01.03 – болезни уха, горла и носа

Диссертация

на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель –
доктор медицинских наук

А.В. Пашков

Москва–2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Обзор литературы	
1.1 Современные методы объективной диагностики слуха у пациентов различных возрастных групп.....	8
1.2 Использование различных классов акустических стимулов для регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов.....	20
1.3 Объективные методы исследования слуха у пациентов с Кондуктивной тугоухостью.....	28
ГЛАВА 2. Общая характеристика больных и методы исследования	
2.1. Общая характеристика групп пациентов.....	35
2.2. Методы исследования.....	40
ГЛАВА 3. Использование методики КСВП при обследовании пациентов с кондуктивной тугоухостью.....	44
ГЛАВА 4. Сравнительная характеристика алгоритмов регистрации ответов мозга на чистые тоны и на Chirp-стимулы у нормально слышащих лиц и пациентов с кондуктивной тугоухостью.....	48
ГЛАВА 5. Применение методики КСВП для определения сенсоневрального компонента при смешанной форме тугоухости.....	66
ГЛАВА 6. Модификация алгоритма объективного исследования состояния слуха и дополнительный метод объективной оценки восприятия у пациентов с кондуктивной тугоухостью.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
ВЫВОДЫ.....	81
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	82
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	84

Список сокращений

ДСВП – длиннолатентные слуховые вызванные потенциалы

КСВП – коротколатентные слуховые вызванные потенциалы

СВП – слуховые вызванные потенциалы

ССВП – среднелатентные слуховые вызванные потенциалы

ЦНС – центральная нервная система

ЭСО - экссудативные средние отиты

ЭЭГ – электроэнцефалограмма

Chirp-стимул (дословно «щебетание») - сигнал, созданный на основе математической модели улитки, вызывающий максимальное смещение отдельного отдела базилярной мембраны улитки, не возбуждая всей ее поверхности.

FMP - Feature Modeling Plug-in – показатель, используемый для статистического анализа, проводимого в режиме записи КСВП. Показывает статистическую достоверность наличия ответа.

Введение

Актуальность проблемы.

Определение тактики реабилитационных мероприятий у пациентов с различными формами тугоухости во многом зависит от детальной оценки слуха по всем частотам, в первую очередь речевого диапазона. Регистрация слуховых вызванных потенциалов мозга является методом, который предоставляет объективную информацию о работе центрального отдела слухового анализатора. В настоящее время метод стал основным инструментом для оценки слуха при невозможности проведения тональной пороговой аудиометрии за счет высокой чувствительности и специфичности. Для выявления слуховых вызванных потенциалов могут быть использованы различные раздражители, в том числе акустические щелчки, чистые тоны или речевые стимулы. Традиционным стимулом при проведении методики коротколатентных слуховых вызванных потенциалов (КСВП) является акустический щелчок. [5] Благодаря его геометрии, акустический щелчок считают оптимальным стимулом для выявления четко дифференцированных пиков. Однако широкий спектр его распространения вызывает синхронное возбуждение большой доли кохлеарных волокон [39]. Кроме того, данная методика дает представление только о состоянии средневысокого спектра частотного диапазона (2-4 кГц), что недостаточно для полной аудиологической оценки функции слухового анализатора (особенно при сложной форме аудиограммы). В связи с вышесказанным, недостатком этого метода является низкая частотная специфичность. В то же время, при использовании чистых тонов в качестве стимула при проведении КСВП у больных с кондуктивной тугоухостью наблюдаются значительные искажения конфигурации потенциалов, уменьшение их амплитуды и, как следствие, низкая статистическая достоверность [16].

В 1985 году впервые был описан Chirp-стимул. Уравнения, определяющие временные характеристики chirp-стимула были получены на основе математической модели улитки [42].

Преимуществом перед щелчками и тональными посылками является более узкий частотный спектр. Когда подают акустический щелчок или тональный сигнал используют самую высокочастотную часть стимула, несмотря на то, что щелчок возбуждает всю улитку. Для того чтобы бегущая волна прошла всю улитку нужно около 5 миллисекунд (мс). Chirp-стимул, дает одновременное максимальное смещение базальной мембраны улитки, отменяя время пробега всего кохлеарного отдела [59].

Chirp-стимул вызывает большую амплитуду V пика на всем диапазоне частот, чем тональный импульс с аналогичными характеристиками. Кроме того, выявлена разница в латентности V пика для этих двух раздражителей. Таким образом, Chirp-стимул является более мощным и селективным раздражителем для базальной мембраны улитки [39].

Проведенное нами исследование демонстрирует возможность использования Chirp-стимула при наличии кондуктивной тугоухости («В» и «С» тип тимпанограммы). Это принципиально новое решение может позволить использовать методику коротколатентных слуховых вызванных потенциалов у пациентов, которым прежде было невозможно определить функциональную состоятельность слуховой системы. Помимо этого, значительно сокращается время проведения исследования - благодаря уменьшению количества пробегов, необходимых для получения достоверного ответа при использовании Chirp-стимула в сравнении с щелчками и тонами.

Цель исследования: оптимизация алгоритма объективной диагностики слуха у пациентов с кондуктивной тугоухостью.

Задачи исследования:

1. Сравнить алгоритмы регистрации ответов мозга на постоянные модулированные тоны и на Chirp-стимулы у нормально слышащих лиц и пациентов с кондуктивной тугоухостью.
2. Выявить корреляционные взаимоотношения амплитуд зарегистрированных V пиков при КСВП с использованием акустических

щелчков и Chirp-стимулов.

3. Разработать дополнительный метод объективной оценки восприятия звука у пациентов с кондуктивной тугоухостью.
4. Модифицировать алгоритм объективного исследования состояния слуха у пациентов с кондуктивной тугоухостью.

Новизна исследования: впервые предложено использовать методы компьютерной аудиометрии у пациентов с кондуктивной формой тугоухости («В» и «С» тип тимпанограммы). Использование принципиально нового сигнала для определения частотно-специфических порогов звуковосприятия у пациентов с кондуктивной формой тугоухости.

Теоретический вклад: предложена методика компьютерного аудиологического тестирования пациентов с кондуктивной формой тугоухости. Ожидаемые результаты: получение новых научных данных об акустических ответах слухового анализатора у пациентов с кондуктивной формой тугоухости, предложения по улучшению диагностической методологии обследования пациентов с кондуктивной формой тугоухости; практические рекомендации для оториноларингологов и сурдологов.

Возможная область применения: клиническая оториноларингология и сурдология.

Формы внедрения: научные статьи, доклады, пособия для врачей.

Уровень внедрения: федеральный

Ожидаемая медико-социальная и экономическая эффективность: для пациентов с кондуктивной формой тугоухости возможность проведения компьютерной аудиометрии, определение частотно-специфических порогов слуха, сокращение сроков принятия решения о тактике коррекции.

Полученные результаты исследований внедрены в практику работы отдела аудиологии, слухопротезирования и слухоречевой реабилитации ФГБУ НКЦО ФМБА России. Результаты исследований внедрены в педагогический процесс ФГБУ НКЦО ФМБА России при обучении ординаторов, аспирантов.

Результаты исследований были представлены на II Петербургском форуме оториноларингологов России, 5-ом Национальном конгрессе аудиологов и 9-ом Международном симпозиуме «Современные проблемы физиологии и патологии слуха», а также на ученом совете научно-практического центра оториноларингологии.

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, пяти глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Работа написана на 96 страницах и включает 5 таблиц, 36 рисунков, в списке литературы 78 источников, из них 27 отечественных и 51 зарубежных.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Сравнительная оценка алгоритмов регистрации ответов мозга на чистые тоны, постоянные модулированные тоны и на Chirp-стимулы у нормально слышащих лиц и пациентов с кондуктивной тугоухостью.
2. Выявление корреляционных взаимоотношений амплитуд зарегистрированных V пиков при КСВП с использованием акустических щелчков и Chirp-стимулов.
3. Дополнительный метод объективной оценки восприятия звука у пациентов с кондуктивной тугоухостью, способ оценки сенсоневрального компонента у пациентов со смешанной формой тугоухости.
4. Алгоритм объективного исследования состояния слуха у пациентов с кондуктивной тугоухостью.

ГЛАВА 1. Обзор литературы

1.1 Современные методы объективной диагностики слуха у пациентов различных возрастных групп

Методы объективной диагностики слуха занимают ведущее место в современной аудиологии. Объективная оценка состояния слухового анализатора у пациентов различных возрастных групп, страдающих тугоухостью, является актуальной задачей в современной оториноларингологии.

В настоящее время тугоухость и глухота стала предметом не только для клинической, но и для социальной медицины, поскольку слух является одной из важнейших функций организма, обеспечивающих развитие человека и его коммуникативную адаптацию в обществе. [10]

Информация о состоянии слуха важна для диагностики заболеваний уха и решении вопроса о выборе хирургических или консервативных методов лечения. Важное место объективные методы оценки слуха занимают в сфере профпатологии, при проведении медико-социальной экспертизы [9]. Так же объективные данные о состоянии слуха необходимы для адекватного слухопротезирования.

Особую роль объективное определение порогов слуха приобретает для пациентов младшей возрастной группы; для них диагностика нарушений слуха особенно важна с точки зрения социальной адаптации. Наличие тугоухости с высокими порогами слуха осложняет интеграцию пациента в социальной среде [4]. В связи с этим, объективные методы оценки состояния слуха являются основным и часто единственным критерием определения дальнейших лечебных и реабилитационных мероприятий.

Объективные методы исследования слуха основаны на акустических, физических и электрофизиологических явлениях [6]. На сегодняшний день основными методами, используемыми в практике, являются: акустическая

импедансометрия; регистрация отоакустической эмиссии и регистрация различных классов слуховых вызванных потенциалов мозга [17].

Акустическая импедансометрия – это один из методов объективной оценки слуха, основанный на измерении акустического сопротивления звукопроводящего аппарата [19]. Данный метод получил широкое распространение в оториноларингологии.

Определение термина «импеданс» было предложено в 1886 г., как сопротивление, оказываемое объектом или системой, потоку энергии. Данное определение было связано с изучением свойств электрической цепи. В 1919 г. А. Г. Вебстер перенес положения электрической теории на механические и акустические системы. Акустическая система – это частный случай механической системы, в которой звук представляет собой механические колебания, распространяющиеся в упругих средах в виде волн, а орган слуха относится к механорецепторам, поэтому логично перенести закономерности механической системы на акустическую [1].

Акустическая импедансометрия – это комплекс клинических тестов, основанных на изменении импеданса среднего уха. Данный метод исследования представляет собой регистрацию акустического сопротивления (или акустической проводимости) звукопроводящего аппарата слуховой системы. Акустический импеданс складывается из величин импеданса наружного слухового прохода, барабанной перепонки и цепи слуховых косточек [2]. Наибольшее значение в этом комплексе имеет сопротивление барабанной перепонки, в связи с чем, акустический импеданс нередко отождествляют с импедансом барабанной перепонки. Указание на то, что акустическое сопротивление нарастает при повышении внутрилабиринтного давления, подтверждения не получило.

Тимпанометрия заключается в регистрации акустического сопротивления, которое встречает звуковая волна при распространении по акустической системе наружного и среднего уха, при изменении давления в наружном слуховом проходе.

При выполнении тимпанометрии наружный слуховой проход герметично закрывается акустическим зондом с предварительно подобранным по размеру ушным вкладышем. Правильно подобранная форма и размер вкладыша являются залогом адекватно проведенного исследования, так как герметичность необходима для изменения давления в наружном слуховом проходе. Зонд, соединенный с воздушным насосом, изменяет давление в наружном слуховом проходе. Одновременно через зонд в наружный слуховой проход подается звуковой сигнал, который отражается барабанной перепонкой и воспринимается микрофоном, так же находящемся в используемом зонде. В начале теста в наружном слуховом проходе создается повышенное давление +200 мм водного столба, затем оно снижается до -400 мм водного столба со скоростью 150–600 мм водного столба в секунду. Длительность тестирования составляет от двух до четырех секунд. При постепенном нарастании давления в наружном слуховом проходе барабанная перепонка вдавливаются в полость среднего уха; выражено ограничивается ее подвижность, происходит увеличение ее жесткости. На данном этапе проведения теста наблюдается образование полости, состоящей только из наружного слухового прохода. При этом энергия зондирующего тона отражается; в полости наружного слухового прохода создается относительно высокий уровень звукового давления, что и фиксируется микрофоном. Так устанавливают эквивалентный объем наружного слухового прохода – первый показатель тимпанометрии. Следующим этапом производится измерение изменения уровня звукового давления во время плавного понижения давления воздуха в наружном слуховом проходе [11].

Результаты проведенного исследования отражаются в виде тимпанограммы. Тимпанограмма является графическим отображением, отражающим зависимость податливости акустической системы среднего уха от уровня давления.

Целью записи тимпанограммы является регистрация признаков патологических процессов среднего уха.

Основная используемая в настоящее время, классификация тимпанометрических кривых была предложена Джеймсом Джерджером в 1970 году. Согласно данной классификации различают пять основных типов тимпанограмм (рис. 1.1).

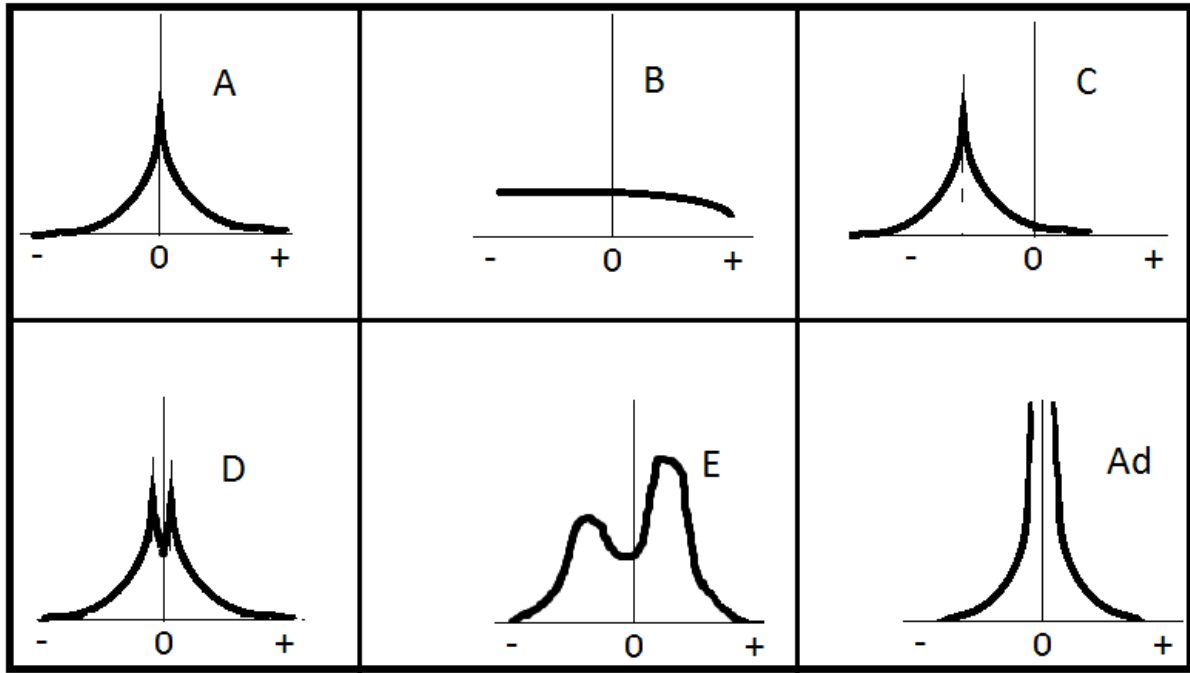


Рис 1.1. Основные типы тимпанометрических кривых. Классификация Jerger (1970).

Для тимпанометрической кривой типа «А» характерен четкий пик в пределах +/- 50 daPa для взрослых и до -150 daPa для детей. В патологически неизменном среднем ухе давление в барабанной полости равно атмосферному, поэтому максимальная податливость регистрируется при создании в наружном слуховом проходе такого же давления, которое принимается за "0". Тип «А» выявляется в норме и при некоторых случаях отосклероза.

Для тимпанометрической кривой типа «В» характерна ровная или невыраженно выпуклая форма и отсутствие выраженного пика. Подобная форма линии обеспечена наличием жидкости или адгезивных процессов в барабанной

полости. При указанной ситуации изменение давления в наружном слуховом проходе не приводит к существенному изменению податливости. Давление среднего уха отрицательное. Тип В при нормальном объеме наружного слухового прохода чаще регистрируется при средних отитах. Данный вид тимпанограммы является показателем жидкости в среднем ухе; блокирования наружного слухового прохода; перфорации барабанной перепонки. Тип В может встречаться при наличии инородного тела наружного слухового прохода, серной пробке, для этих случаев характерен сниженный объем наружного слухового прохода. При наличии типа «В» в сочетании с увеличенным объемом слухового прохода можно предполагать перфорацию барабанной перепонки, зияние слуховой трубы.

Для тимпанограммы типа «С» характерно наличие кривых нормальной конфигурации с выраженным пиком, смещенным в сторону отрицательного давления. Данный тип тимпанограммы наблюдается при патологических процессах слуховой трубы и носоглотки. При патологических процессах указанной локализации в барабанной полости создается отрицательное давление. Давление регистрируется ниже -50 daPa у взрослых и ниже -150 daPa у детей. Наличие у пациента тимпанограммы типа «С» означает плохую функцию слуховой трубы с возможной трансформацией в тип «В».

Тимпанометрическая кривая типа «D» характерна для рубцовых изменений барабанной перепонки. Патологические процессы в барабанной полости, завершившиеся рубцовыми изменениями барабанной перепонки, приводят к формированию неравномерной толщины, плотности и, как следствие, податливости, что проявляется повышением амплитуды пика кривой или появлением дополнительных кривых в области пика.

Тимпанометрическая кривая типа «D» характеризуется выемкой на пике. Давление среднего уха при данном типе тимпанограммы $\pm 100 \text{ daPa}$. Этот тип тимпанометрии встречается при зажившей перфорации барабанной перепонки, формировании нео-мембраны, фиксации частей косточек после разрыва цепи.

Тимпанометрическая кривая с очень высоким пиком (превышающим шкалу прибора) получила название тип «AD». Данные изменения характерны для наличия разрыва цепи слуховых косточек; при этом происходит резкое увеличение податливости системы среднего уха. К характеристикам данного типа относят очень высокую амплитуду, давление +/- 50 daPa. Помимо наличия разрыва цепи слуховых косточек такая тимпанограмма может указывать на расслабленную барабанную перепонку или сочетание данных аномалий.

Характеристика типа "E":

Изображается в виде широкой, глубокой кривой, часто с множественными выемками. Имеет форму "W". Данный вид тимпанограммы часто вызван разрывом цепи слуховых косточек, но может также указывать на восстановление цепи слуховых косточек через год или более после стапедопластики.

Тимпанометрия является одним из первоначальных объективных исследований слуховой функции пациентов младших возрастных групп. Оценка состояния среднего уха обязательна перед проведением дальнейших диагностических мероприятий.

Обнаружение отклонений при проведении импедансометрии (тимпанограммы типов «B» и «C») является в настоящее время поводом для приостановления аудиологического обследования до нормализации параметров акустического импеданса, так как запись отоакустической эмиссии, коротколатентных вызванных потенциалов при условии использования акустического щелчка должна проходить при условии нормального звукопроводения.

Для объективной оценки слуха большое значение играют различные методы регистрации слуховых вызванных потенциалов. История исследования и регистрации акустических ответов структур мозга различного уровня – слуховых вызванных потенциалов - началась с 1968 года, США [12, 13].

В 1970 году появилась статья Джуита Д. Л. с соавт. «Слуховые вызванные потенциалы человека, возможные стволовые компоненты, детектируемые на скальпе» [6, 7].

Метод СВП основан на изучении электрических проявлений деятельности слуховой системы при действии различных звуковых сигналов и состоит в регистрации и оценке активности больших совокупностей нервных элементов. Особенностью отведения вызванных потенциалов является их регистрация от источника электродвижущей силы не в однородной проводящей среде, а в среде с растворенным электролитом, чем является мозг. Для регистрации вызванных потенциалов используют два электрода: активный и референтный, используемый для измерения разности потенциалов. При нахождении электрода вблизи источника регистрируют двухфазный потенциал - сначала положительный, потом отрицательный (относительно референтного электрода). Такая конструкция называется диполь. Вызванные потенциалы - это сумма большого числа диполей, создаваемых нервными элементами, расположенными в мозге вблизи отводящего электрода. Эти закономерности также соблюдаются при отведении вызванных потенциалов от поверхности черепа. В силу малой амплитуды реакций при таком способе регистрации и большого уровня помех за счет других электрических процессов в мозге, необходимо неоднократное согласованное накопление отдельных реакций и получение вызванных потенциалов в усредненной форме [21].

Классы слуховых вызванных потенциалов

Слуховые вызванные потенциалы в зависимости от локализации генераторов и от времени возникновения подразделяются на различные классы (рис 1.2):

- 1) коротколатентные СВП, к которым относятся
 - А) потенциалы улитки и слухового нерва (регистрируемые при электрокохлеографии)
 - Б) потенциалы структур ствола мозга (стволомозговые СВП)
- 2) среднелатентные СВП
- 3) длиннелатентные СВП

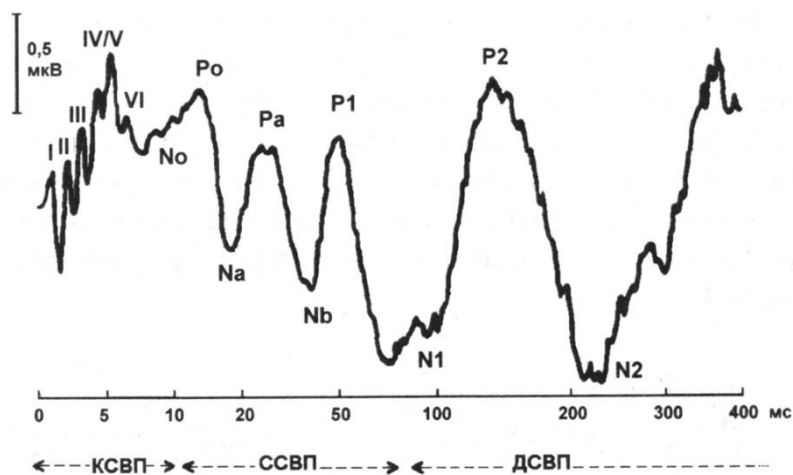


Рис 1.2. Классы слуховых вызванных потенциалов.

Длиннолатентные СВП

ДСВП регистрируются во временном окне от 50 до 400 мс и преимущественно обусловлены активностью:

- 1) первичной слуховой коры,
- 2) вторичной слуховой коры.

ДСВП могут применяться в различных случаях: при обследовании больных с дезорганизацией сознания; в судебной медицине; при проверке симуляции, истерической или неорганической потере слуха. Значимость анализа корковых слуховых вызванных потенциалов ограничивается большой вариабельностью ответов и влиянием многих факторов [7,18].

Среднелатентные СВП

Точное возникновение среднелатентных слуховых вызванных потенциалов неизвестно.

К возможным генераторам относят:

- 1) медиальное коленчатое тело
- 2) первичную слуховую кору.

Среднелатентные слуховые вызванные потенциалы возникают во временном окне 10–50 мс и отражают как нервную, так и мышечную активность (имеются указания на большую «засоренность» ответов потенциалами немозговой природы – аудиогенным миорефлексом [31]).

Коротколатентные СВП

Регистрируется вызванная электрическая активность слухового нерва и структур ствола мозга, возникающая во временном окне 1–15 мс.

Коротколатентный СВП является комплексным ответом, отражающим:

- 1) активность дистальной части слухового нерва,
- 2) проксимальной части слухового нерва и улитковых ядер,
- 3) ядер верхнеоливарного комплекса,
- 4) восходящие волокна ростральной части моста и боковой петли.
- 5) нижнего бугорка четверохолмия (рис 1.3).

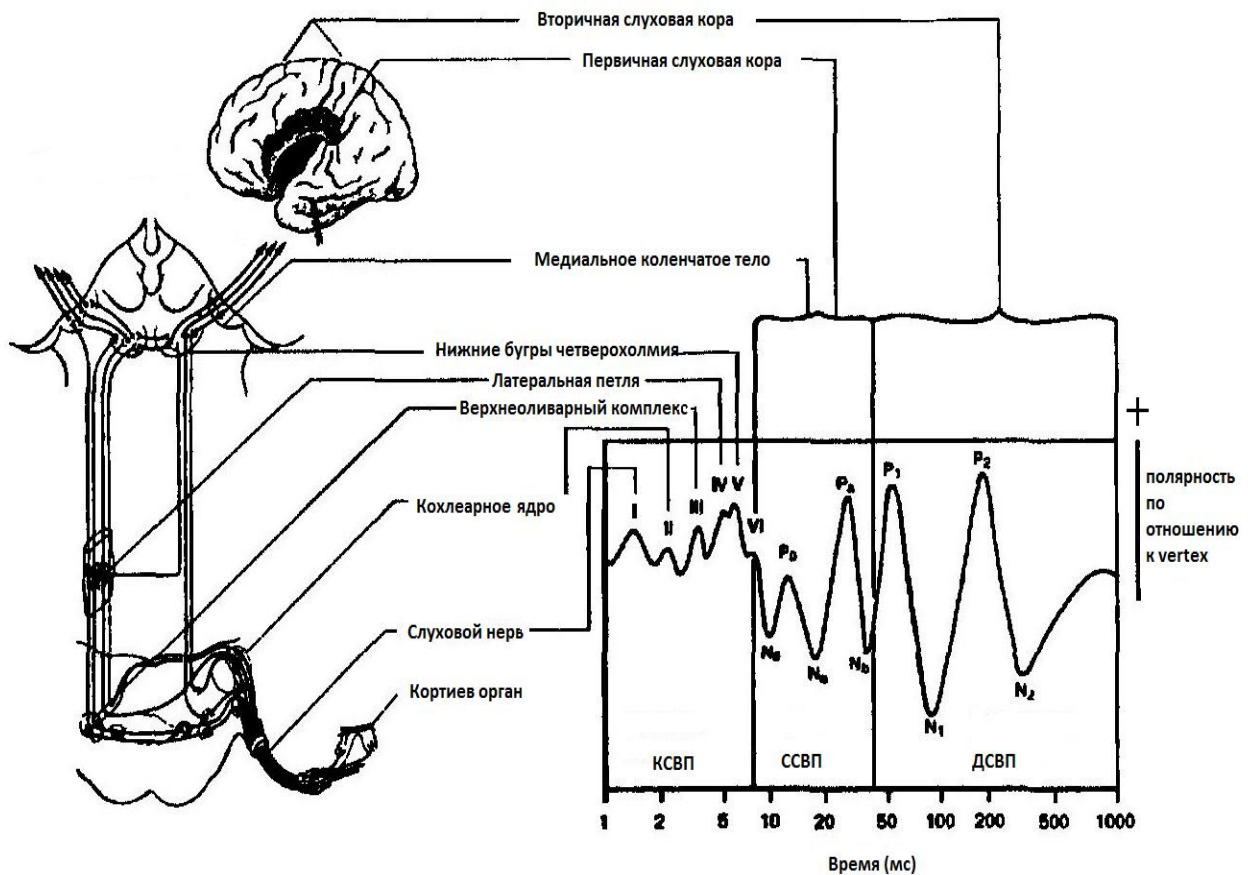


Рис 1.3. Происхождение различных классов СВП.

Из перечисленных выше исследований для объективной оценки уровня звуковосприятия метод регистрации КСВП стал наиболее используемым [14]. КСВП представляет собой субмикроволновые слуховые вызванные потенциалы, получаемые при большом числе усреднений. Они отражают состояние слуховых стволовых ядер разного уровня и состояние слухового нерва. Коротколатентные слуховые вызванные потенциалы мозга значительно стабильнее, воспроизводимее и имеют меньшую вариабельность в сравнении с длиннолатентными слуховыми вызванными потенциалами. По этой причине КСВП получили наибольшее распространение в клинической практике.

Запись КСВП происходит с использованием в качестве предъявляемого стимула акустических щелчков диапазоном от 500 Гц до 4 кГц. Потенциалы ствола мозга графически отображаются в виде волн, или пиков, которые обозначают римскими цифрами.

Пик I - представляет собой дипольное отражение составного потенциала действия в дистальной порции слухового нерва, отражающая афферентную активность волокон на участке между их выходом из улитки и вхождением во внутренний слуховой проход. Латентность в среднем 1,5 мс - генерируется дистальной частью слухового нерва.

Пик II - В соответствии с внутричерепными регистрациями у человека, проведенными Moller (1985), второй пик генерируется проксимальным участком слухового нерва в месте вхождения нерва в ствол мозга. Эти данные подтверждаются связью между латентностью пиков первой и второй волн и относительно медленным временем проведения для слухового нерва (10-20 м/с), который у взрослых имеет длину до 25 мм (Lang, 1981) и диаметр до 2-4 мкм (Lazorthes e al., 1961; Spöndlin, Schrott, 1989). У маленьких детей вторая волна регистрируется не всегда, что объясняется более короткой длиной слухового нерва, что и приводит к слиянию обеих волн (Moller, 1985).

На основании оценки скорости распространения возбуждения в слуховом нерве и синаптической задержки делается вывод о том, что вторая должна отражать активность 1-го нейрона, т.е. непосредственно слухового нерва. [22]

Пик III - происходит из спинного ядра оливы. Это первая волна, генерируемая стволом мозга.

Пик IV - происхождение данного пика до конца не выявлено. Считают, что он представляет собой потенциалы действия латеральных петель. Четвертая волна является наименее постоянным компонентом пиков КСВП, так как достаточно часто сливается с волной V.

Пик V - происходит из латеральной петли и нижних бугров четверохолмия. Эта волна обладает наиболее типичной амплитудой и является наиболее статистически достоверным показателем, по которому делают вывод о функции звуковосприятия [14].

Регистрация КСВП

Регистрацию КСВП начинают с подачи акустических стимулов, интенсивностью стимула превышающих предположительный порог слуха на 20–30 дБ. При условии, что пятый пик КСВП чётко идентифицируется минимум в двух пробегах, интенсивность акустического стимула может быть уменьшена на 10 дБ; при повторении ситуации интенсивность вновь понижают вплоть до полного исчезновения V пика [3]. С точки зрения порога звуковосприятия анализируют характеристики V пика до последующего отсутствия такового при более низком уровне интенсивности предъявляемого акустического стимула, поскольку данный параметр является статистически устойчивым критерием звуковосприятия [15]. Рис 1.4

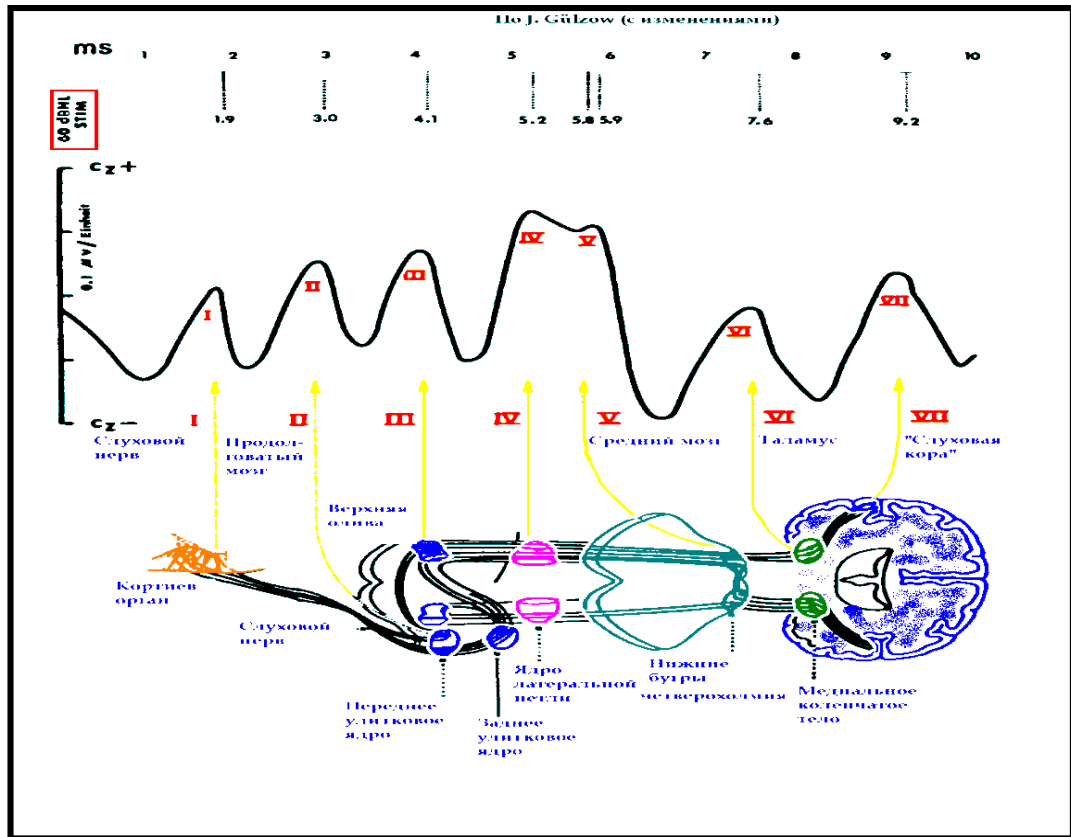


Рис. 1.4 . Происхождение пиков КСВП.

Как следует из рисунка, прохождение звукового сигнала по каждому участку звукового анализатора имеет свои хронологические особенности. Другими словами, возникновение того или иного пика возможно только в определенное время после подачи стимула. Данная характеристика называется латентностью и имеет свои допустимые значения.

Структура КСВП состоит из комплекса положительных пиков, источниками которых являются [11].

I – Собственно слуховой нерв,

II – Кохлеарное ядро,

III – Верхнеоливарный комплекс,

IV–V – Латеральная петля и нижние бугры четверохолмия,

VI – VII – Внутреннее коленчатое тело.

1.2 Использование различных классов акустических стимулов для регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов

В настоящее время основным направлением в диагностике состояния слуха является поиск новых методов, объективно отражающих состояние слухового анализатора. При обследовании пациентов в арсенале врача - сурдолога должны находиться наиболее современные и диагностически значимые методы. Необходимы новые способы для повышения эффективности диагностики и коррекции слуха.

Для регистрации слуховых вызванных потенциалов могут быть использованы различные раздражители [10], например, отфильтрованные речевые образы, постоянные модулированные тоны, электрические импульсы при промоториальном тестировании, а также акустические щелчки и чистые тоны. При проведении КСВП традиционно применяемым стимулом является акустический щелчок. Благодаря геометрии сигнала, акустический щелчок оптимален для выявления четких, дифференцированных пиков. Однако, акустический щелчок имеет широкий спектр распространения и вызывает синхронное возбуждение большого числа кохлеарных волокон. Недостатком является то, что данная методика дает представление только о состоянии средневысокого спектра частотного диапазона (2-4 кГц), что недостаточно для полной аудиологической оценки функции слухового анализатора [16]. В связи с вышесказанным, недостатком этого метода является низкая частотная специфичность. В то же время, при использовании чистых тонов в качестве стимула при проведении КСВП у больных с кондуктивной тугоухостью наблюдаются значительные искажения конфигурации потенциалов, уменьшение их амплитуды и, как следствие, низкая статистическая достоверность.

Chirp-стимул

В 1985 году впервые был описан Chirp-стимул. Уравнения, определяющие временные характеристики chirp-стимула были получены на основе математической модели улитки, созданной Де Боэр в 1980 году [37]. Преимуществом перед щелчками и тональными посылками является более узкий частотный спектр. Chirp-стимул, теоретически, дает одновременное максимальное смещение базальной мембраны улитки, отменяя время пробега всего кохлеарного отдела. Chirp стимулы были созданы для компенсации отсрочки периферического ответа, для увеличения когерентности между нервными окончаниями, которые обычно асинхронно активируются стимулами, подобными щелчку [71].

Chirp – стимулы были апробированы в экспериментальных исследованиях и разработаны с использованием различных акустических моделей. В этих моделях была высчитана отсрочка ответа, в зависимости от частоты подаваемого стимула, от начала воздействия акустического стимула на барабанную перепонку до возникновения нейронной активности слухового нерва или ствола мозга.

В связи с увеличением временной когерентности, обеспеченной стимуляцией Chirp-стимулом, значительно ярче проявляется выраженность нервного ответа, чем при стимуляции акустическим щелчком.

Создание Chirp- стимула.

Широкополосный Chirp создан, как описано Elberling соавт. ,2007г., с использованием «модели отсрочки», основанной на изучении латентностей СВП в зависимости от частоты.

Эта модель формулируется в виде степенной функции

$$t = k \cdot f^{-d},$$

Где t – время отсрочки в секундах, f - Частота в Гц, k и d являются константами, имеющими значения, $k = 0,0920$ и $d = 0,4356$.

Следует отметить, что модель описывает задержку между стимулом на барабанной перепонке и I пиком (волной) КСВП, потому что латентность I-V - 4,1 мс. (Elberling и Парбо, 1987) вычитается из полученных латентностей.

Chirp-стимулы, используемые Elberling соавторами в 2010 году, были разработаны с вариантами той же модели степенной функции, с амплитудным спектром, который идентичен стандартному акустическому щелчку и ограничен частотой диапазоне от 200 до 10 000 Гц.

В отличие от этого, новый широкополосный Chirp электрически синтезирован таким образом, чтобы иметь ровный пятиоктавный амплитудный спектр от 350 до 11300 Гц, с наиболее низким и наиболее высоким амплитудно-частотным пиком, соответствующим нижней части октавного фильтра 500 Гц и верхней части октавного фильтра 8000 Гц. Четыре октавно - отфильтрованных варианта Chirp также реализованы с центральными частотами 500, 1000, 2000 и 4000 Гц (рис 1.5). Следовательно, октавные Chirp-стимулы, получены при разложении широкополосного Chirp на четыре компонента [60].

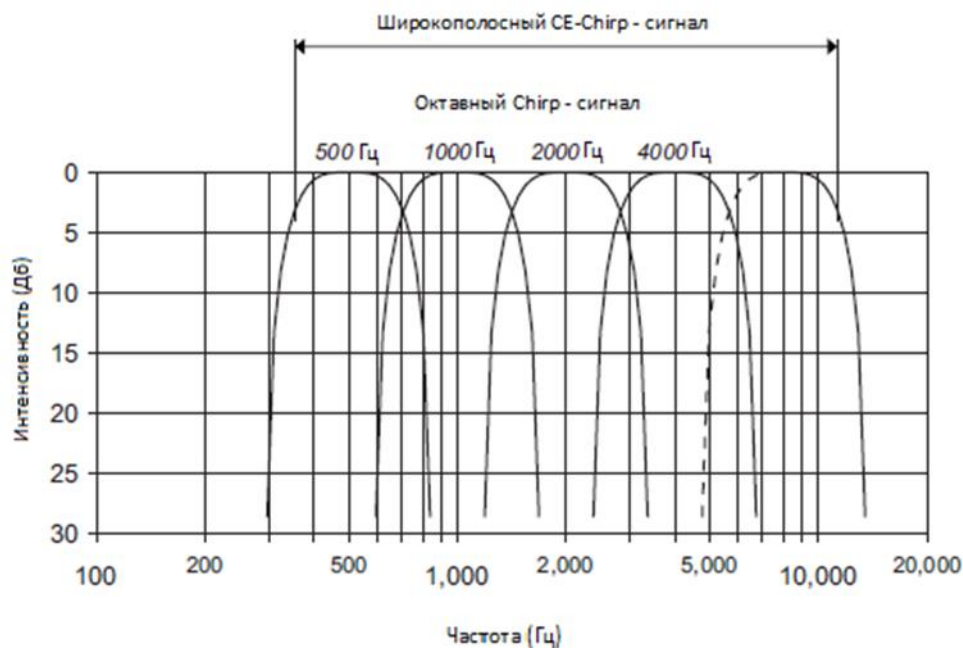


Рис. 1.5 Амплитудно-частотные характеристики фильтров, используемых для создания широкополосного CE-Chirp и четырех октавных Chirp – сигналов.

Окончательные варианты Chirp-стимулов и их огибающих приведены на рис. 1.6. На рисунке октавные Chirp-стимулы отображаются амплитудами, с которыми они появляются в широкополосном Chirp – сигнале. Точка ноль на оси времени соответствует частоте 10 000 Гц в предлагаемой «модели отсрочки». При данных программных установках нулевая точка соответствует предполагаемому времени стимуляции барабанной перепонки 10 000 Гц - компонентом широкополосного Chirp – сигнала. Нулевая точка соответствует начальной точке (0 мс) записи КСВП и представляет собой точку отсчета для измерения латентности пиков КСВП.

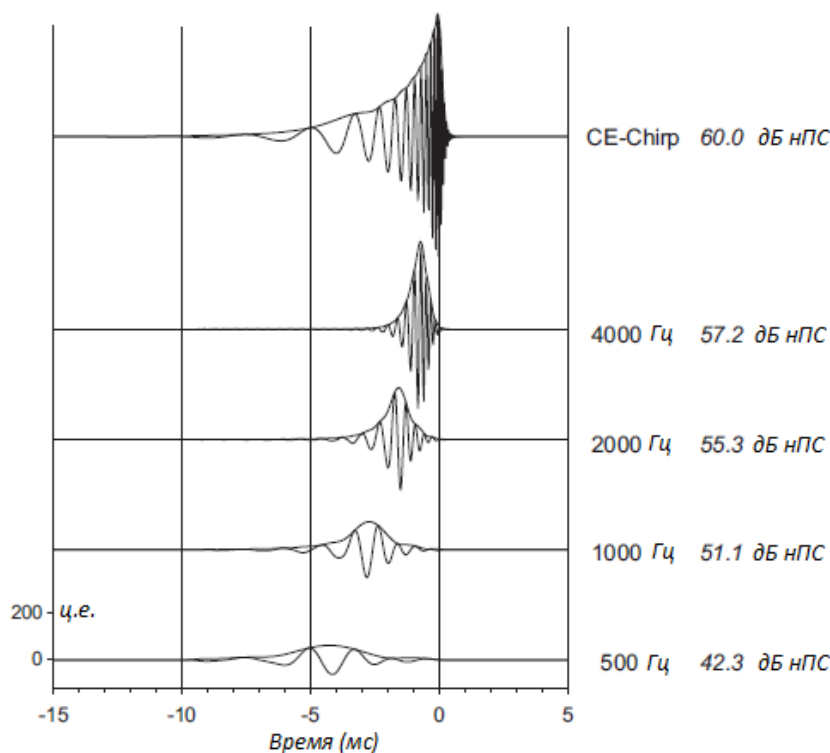


Рис. 1.6. Форма волны и огибающей широкополосного Chirp - сигнала и четырех октавных Chirp – сигналов. Все пять стимулов построены с использованием одной и той же амплитудной шкалы (в цифровых единицах, ц.е.). Индивидуальная интенсивность (в дБ нПС) для каждого из октавных Chirp – сигналов в отношении к широкополосному Chirp – сигналу интенсивностью 60 дБ нПС отмечена справа.

Таким образом, широкополосный Chirp имеет тот же спектр и ту же калибровку значений интенсивностей, что и акустический щелчок. Разница заключается во времени презентации низко-, средне- и высокочастотных компонентов раздражителей в целях обеспечения большей нейронной синхронизации.

Chirp-стимул вызывает большую амплитуду V пика на всем диапазоне частот, чем тональный импульс с аналогичными характеристиками. Кроме того выявлена разница в латентности V пика для этих двух раздражителей.

Таким образом, Chirp-стимул является более мощным раздражителем для базальной мембраны улитки.

Auditory Steady – State Response (ASSR)

ASSR – ответ мозга на постоянный модулированный тон. Данный ответ может регистрироваться в течение всего времени, пока подается сигнал, в связи с чем некоторые авторы данный вид СВП называют стационарным вызванным потенциалом. Стимулом для такого вида ответа служат акустические стимулы, сопоставимые с чистыми тонами. Способ регистрации стационарного вызванного потенциала был изобретен учеными университета Мельбурна в 1980 году [16,77]. Данный вид диагностики оказался многообещающим инструментом для объективного частотно-специфического исследования порогов слуха и имеет высокую степень корреляции с тональной пороговой аудиометрией [4]. Применяемый компьютерный алгоритм используется в данном виде диагностики с целью большей объективизации оценки результатов по сравнению с записью вызванных потенциалов мозга, при которых сам клиницист выделяет пики и межпиковые интервалы. Акустические стимулы, вызывающие слуховой ответ более сопоставимы с чистыми тонами, чем акустический щелчок. Данные стимулы могут модулироваться по амплитуде (AM), частоте (FM), в сочетанном виде (MM), а также по амплитуде,

возрастающей по экспоненте (AM^2). На данный момент существуют два разных алгоритма анализа ASSR: поличастотный и моночастотные типы теста.

Проведение моночастотного ASSR-теста: во время действия постоянного модулированного тона регистрируется ЭЭГ, причем величина и фаза ЭЭГ активности определяется в отношении соответствия частоте модуляции тона. Объективная идентификация ответа базируется на основе статистического анализа, в основе которого лежит способ преобразования Фурье, сопоставляющий функцию сигнала в виде временных рядов, преобразуя их в другую, частотную синусообразную функцию - это разложение функции на гармонические составляющие (спектральная компонента сигнала на частоте, кратной основному тону) [31]. Проводится спектральный анализ гармоник и, когда достигается заранее установленная величина вероятности, алгоритм анализа автоматически останавливает пробу и представляет результат, либо останавливает пробу после 64 пробегов, когда статистически значимая величина не достигается. Нужно отметить, что при проведении моночастотного ASSR-теста вызванный потенциал имеет низкую амплитуду вследствие чего его можно записать только при оптимальном соотношении сигнал/шум. В связи с низкой амплитудой ответа обнаружение порога близкого к субъективному составляет большие трудности. Увеличение амплитуды ответа мы можем ожидать при расширении зоны возбуждения базилярной мембраны улитки, для чего был предложен метод стимуляции сигналом, включающий в себя звуковой спектр, состоящий из нескольких частот.

Проведение поличастотного ASSR-теста: для статистической обработки ответа используется не только первая гармоника, как в случае с моночастотной стимуляцией, но и нескольких более высоких, так как на них перераспределяется значительная часть силы ответа, в связи с тем, что возросла частота стимуляции и сам стимул уже носит несинусоидальный характер. Характер статистической обработки также отличается от моночастотного теста, в данном случае проводится дисперсионный анализ между силой предъявляемого сигнала и компонентами шума на ЭЭГ [60,66]. Подавая стимул

в виде поличастотного сигнала, анализ проводится одновременно, но для каждой частоты отдельно. Необходимо достичь 95% уровня устойчивости (дисперсионный анализ проводится компьютером в режиме реального времени) для того чтобы определить действительно ли присутствует ответ на отдельно взятой частоте.

Преимущества ASSR-теста:

1. Определение значительных потерь слуха.
2. Получение точных аудиометрических данных, с дальнейшей возможностью использования их для какой-либо коррекции (настройки слухового аппарата, имплантации костной проводимости и т.д.)
3. Возможность определения потери слуха уже в первые месяцы после рождения.
4. Возможность проведения лечения и других методов коррекции слуха в первые 6 месяцев после рождения.

При проведении исследования стационарных слуховых ответов мозга в качестве стимула используется постоянный модулированный тон. Соответственно частоте модуляции тона определяются фаза и величина ЭЭГ – активности [74,77].

При проведении ASSR-исследования вызванный потенциал имеет низкую амплитуду вследствие чего его можно записать только при оптимальном соотношении сигнал/шум. Данное соотношение достигается при условии хорошего звукопроводения – то есть при отсутствии патологии в среднем ухе. Вторым обязательным условием является низкая ЭЭГ – активность. Что достигается при условии естественного сна. В связи с низкой амплитудой ответа обнаружение порога близкого к субъективному составляет большие трудности. Увеличение амплитуды ответа ожидают при расширении зоны возбуждения базилярной мембраны улитки, для чего был предложен метод стимуляции сигналом, включающий в себя звуковой спектр, состоящий

из нескольких частот[73]. Однако при расширении зоны стимуляции базилярной мембраны снижается частотно-специфичность исследования.

Учитывая вышеуказанные факторы, необходимость применения теста в повседневной практике отсутствует, методика может применяться в исключительных случаях, при невозможности получения информации другими известными объективными и субъективными способами.

Пороги ASSR с высокой фоновой ЭЭГ-активностью могут отклоняться как в сторону занижения, так и в сторону завышения истинных порогов звуковосприятия [70,71,80].

1.3 Объективные методы исследования слуха у пациентов с кондуктивной тугоухостью

Приобретенная тугоухость имеет достаточно разнообразные причины. В зависимости от отдела органа слуха, подвергшегося патологическому воздействию, возникает кондуктивная, сенсоневральная или смешанная тугоухость. Смешанная форма тугоухости наблюдается при сочетании поражения звукопроводящего и звуковоспринимающего аппаратов. Выраженность снижения слуха, тугоухость от первой до четвертой степени, зависит от силы патогенного фактора и времени его действия.

Наиболее важной, критической для развития речи, является диагностика различных форм тугоухости у детей.

Своевременное, правильное определение патологии среднего и внутреннего уха дает возможность как можно раньше приступить к реабилитации слуха и интеграции ребенка в речевую среду [8].

В отличие от взрослых пациентов, кондуктивная тугоухость у детей раннего возраста часто не диагностируется по ряду причин:

- методы исследования слуха у детей раннего возраста требуют специального оснащения, наличия квалифицированных специалистов, занимают длительное время.
- отсутствие жалоб со стороны пациента, особенно при одностороннем процессе.
- особенность строения носоглотки у детей (аденоидные вегетации), зияние устья слуховых труб.
- стертая отоскопическая картина.
- отсутствие аудиологического контроля восстановления слуховой функции после проведенного лечения острого воспаления среднего уха.

Понижение слуха при кондуктивной и смешанной формах тугоухости начинается с легкой степени, однако существует вероятность развития тугоухости III-IV степени [25]. Патология среднего уха у детей в некоторых

случаях маскирует наличие сенсоневральной тугоухости, и купирование среднего отита снижает настороженность врачей и родителей к вероятной патологии улитки. Как следствие происходит поздняя диагностика снижения слуха и задержка речевого развития [3,24].

Зачастую после острого среднего отита сохраняется стойкая перфорация барабанной перепонки, что приводит к формированию хронического среднего отита и сопровождается значительным понижением слуха [23].

Важным патофизиологическим механизмом формирования кондуктивной тугоухости у детей является патология слуховой трубы, в физиологическом отношении, являющейся частью пневматической системы уха.

Функциональные проявления патологии слуховой трубы влекут за собой нарушение вентиляции и аэрации полости среднего уха и как следствие – развитие отрицательного давления. Чем меньше общий воздушный резервуар среднего уха – тем быстрее развивается отрицательное давление. Острое развитие отрицательного давления может сопровождаться трансудацией жидкости.

Экссудативные средние отиты (ЭСО) являются частой патологией среднего уха пациентов раннего возраста, связанной с гипертрофией лимфоидной ткани носоглотки. Длительно текущий ЭСО приводит к развитию кондуктивной или смешанной тугоухости.

Основным механизмом развития тугоухости по кондуктивному, а в последствии и смешанному типу является дисфункция слуховой трубы [9].

Распространенность ЭСО зависит от возраста и, по данным различных авторов, составляет у детей 1-го года жизни – до 35% [23, 26]; 3–5 лет – 10–30% [2, 19, 26]; 6–7 лет – 3–10% [15]; 9–10 лет – 1–3% [3, 25].

В России ЭСО является наиболее частой причиной понижения слуха у детей в возрасте от 2 до 7 лет – при их массовых осмотрах ЭСО обнаруживают в 30,2% случаев [26].

К причинам экссудативного отита в детском возрасте относят общие и местные факторы. Общие факторы включают уменьшение общей иммунной

реактивности, аллергизацию, специфические заболевания, системные заболевания, сопровождающиеся нарушением мукоцилиарного клиренса, экологические факторы, инфекционные заболевания. К местным причинам относятся нарушение вентиляционной функции слуховой трубы за счет гипертрофии аденоидных вегетаций или течения воспалительного процесса в носоглотке, ротоглотке, полости носа и околоносовых пазухах; врожденная узость слуховой трубы, гипертрофия тубарных миндалин, вялость тубарных мышц, образования в носоглотке, рубцы после ранее перенесенных оперативных вмешательств, расщелина мягкого неба, зияние глоточного устья слуховой трубы, рефлюкс слизи из носоглотки и т.д. [15]

Диагноз ЭСО ставится на основании: отоскопии, тональной пороговой аудиометрии, акустической импедансометрии отсутствия акустических рефлексов на стороне поражения.

Весьма важным вопросом при изучении характера изменений слуха при экссудативном отите является понижение восприятия костно-проведенных звуков в диапазоне высоких частот. Этот процесс может быть выражен настолько резко, что трудно ставить диагноз, считая указанные проявления признаком кохлеарного неврита [18]. При заполнении барабанной полости балластной жидкостью снижение восприятия высоких частот в основном носит обратимый характер. В то же время экссудативный отит и его кондуктивный компонент могут маскировать развитие нейросенсорной тугоухости у детей, что может привести к запоздалой постановке диагноза.

При полном заполнении барабанной полости вязким содержимым возможно понижение слуха смешанного характера. Повышение порога костной проводимости происходит из-за интоксикации внутреннего уха или блокады окон лабиринта жидкостью с последующим нарушением подвижности барабанной перепонки и цепи слуховых косточек.

Методом объективного исследования функции слуховой трубы, состояния среднего уха является акустическая импедансометрия. Тимпанометрия является

надежным методом выявления нарушений функций слуховой трубы и наличия выпота за барабанной перепонкой [33,34].

При ЭСО тимпанометрическая кривая очень характерна. Она частично или полностью уплощается. Таким образом, с помощью тимпанометрии можно достаточно четко установить наличие выпота за барабанной перепонкой, а также определить интратимпанальное давление. Последний показатель отражает состояние вентиляционной функции слуховой трубы. С помощью этого метода можно наблюдать в динамике за ходом эвакуации выпота из барабанной полости, что имеет определенное прогностическое значение. Тенденция к нормализации говорит об эффективности лечения.

Оценка функции слуховой трубы.

Функцию слуховой трубы можно оценить, исходя из данных тимпанометрии. Основным показателем будет уровень внутрибарабанного давления (ВБД). Величина давления пика соответствует уровню ВБД, которое напрямую зависит от эффективности и вентиляционной функции слуховой трубы.[75,76]. При поражении слуховой трубы давление пика и ВБД смещается в сторону отрицательных значений, становясь менее -150 мм.вод.ст. При этом регистрируется тип С. В зависимости от величины ВБД выделяют следующие степени проходимости слуховой трубы по А.И. Лопотко:

0 степень(норма)-от-50 до +50 мм.вод.ст

I степень-от-51до- 100 мм.вод.ст.

II степень от 101до- 150 мм.вод.ст.

III степень от-151 до-200 мм.вод.ст

IV степень от -201 мм.вод.ст и менее

В современных ипедансометрах реализованы тесты, оценивающие функцию слуховой трубы (ETF-Eustahien tube function). ETF проводится на основе проб Вальсальвы и Тойнби.

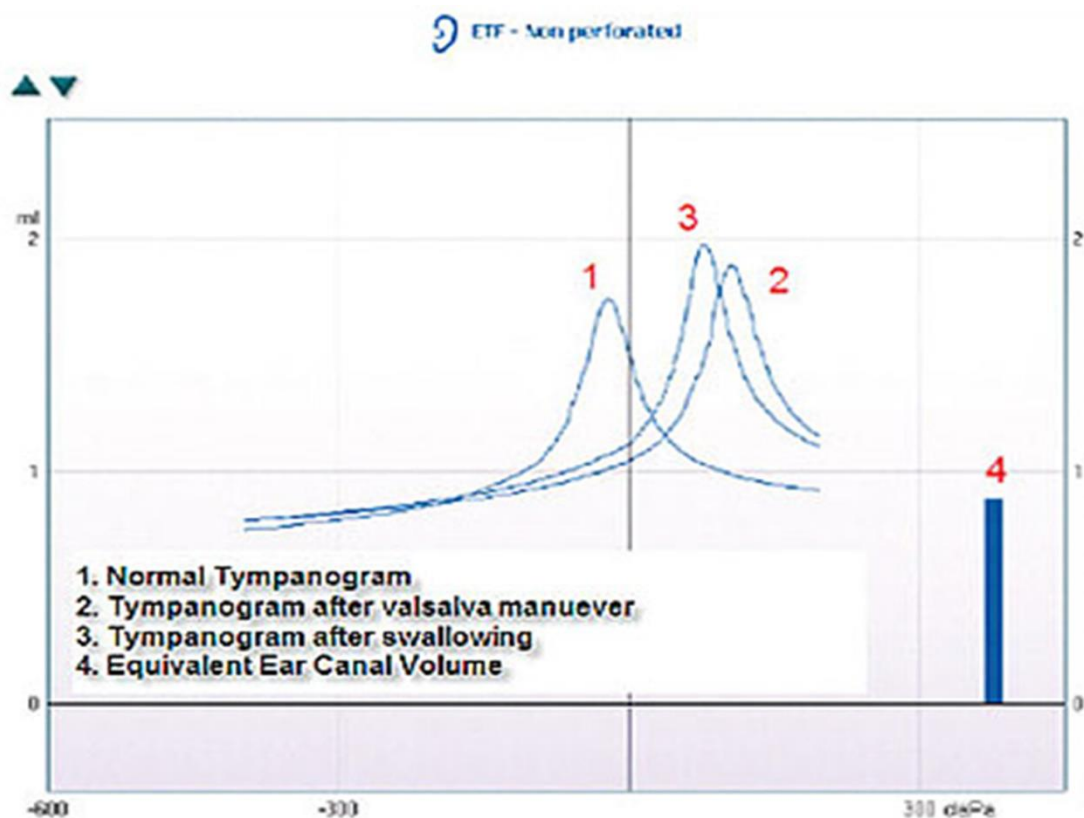


Рис. 1.7 ETF – тест в норме.

Дисфункция слуховой трубы может считаться начальной стадией развития патологии среднего уха и, как следствие кондуктивной тугоухости. В силу вышесказанного, проведение ETF – теста является важным компонентом обследования пациентов с возможной патологией среднего уха.

Акустическая рефлексометрия основана на регистрации изменений податливости звукопроводящей системы, происходящих при сокращении стременной мышцы. Адекватными стимулами для реализации акустического рефлекса служат тональные и шумовые сигналы, интенсивность которых превышает пороговое (для конкретного испытуемого) значение. Вызванные стимулом нервные импульсы по слуховым проводящим путям доходят до верхних олив, где переключаются на моторное ядро лицевого нерва. Далее импульс распространяется по стволу n. facialis до коленчатого узла (g. geniculi) и по п. stapediatus доходит до одноименной мышцы. Сокращение стременных мышц происходит с обеих сторон. Регистрировать рефлекс можно как в

стимулируемом ухе (ипсилатерально), так и на противоположной стимуляции стороне (контралатерально).

Акустическая рефлексометрия при кондуктивной тугоухости.

При патологии звукопроводящего аппарата (тимпанограммы В С D) ипсилатеральная акустическая рефлексометрия перестает регистрироваться при кондуктивной тугоухости уже ≥ 10 дБ. Контра-латеральные рефлексы больного уха (который регистрируется в здоровом) исчезают при потере слуха ≥ 30 дБ, что обусловлено повышением порогов слуха больного уха из-за патологии трансформационного аппарата. Ипсилатеральные акустические рефлексы здорового уха регистрируются без изменений. Контралатеральный рефлекс, регистрируемый в больном ухе, исчезает при потерях более 20 дБ. То есть при кондуктивной тугоухости 30 дБ и более можно зарегистрировать только ипсилатеральный акустический рефлекс здорового уха [43.49].

Таблица 1.1

Акустическая рефлексометрия при кондуктивной тугоухости.

AD		AS(б)
+	ипси	(>10дБ)
-(>30дБ)	контра	-(>20дБ)

При отосклерозе (тимпанограмма тип As) акустические рефлексы чаще отсутствуют, либо их порог значительно повышен (до 110-130дБ). Также рефлекс может быть двухфазным или обратным по фазе.

При разрыве цепи слуховых косточек (тимпанограмма тип Ad и E) ипсилатеральный акустический рефлекс больного уха и контралатеральный здорового отсутствуют, контралатеральный рефлекс больного уха можно зарегистрировать, если потеря слуха не превышает 30 дБ. Такая комбинация обусловлена тем, что сокращение стременной мышцы не может быть зафиксировано импедансометром - повышение жесткости наружных элементов

трансформационного аппарата при разрыве цепи слуховых косточек не происходит.

До настоящего момента диагностирование кондуктивной формы тугоухости (тимпанограммы типов В С D) являлось поводом для приостановления дальнейшего объективного аудиологического обследования, то есть ОАЭ, КСВП и ASSR – тесты не проводились, так как считались необъективными. С появлением нового класса сигналов (Chirp-стимулов), специально созданных для одномоментной стимуляции большого количества нейронов, стало возможно проведение исследования функции улитки при наличии патологии среднего уха.

ГЛАВА 2

Общая характеристика больных и методы исследования

В период с 2011 по 2013 год нами обследовано 70 пациентов с тугоухостью и нормально слышащих лиц. Исследования проводились на базе отдела аудиологии, слухопротезирования и слухоречевой реабилитации ФГБУ НКЦО ФМБА России.

2.1. Общая характеристика групп пациентов

В исследовании участвовало 50 пациентов, имеющих кондуктивную форму тугоухости (основная группа).

Контрольную группу сформировали из 20 нормально слышащих лиц с порогами слуха в пределах до 15 дБ нПС и без соматической патологии для получения собственных данных, которым проводили те же аудиологические исследования, что и пациентам основной группы. Распределение пациентов по полу, возрасту представлено на таблицах 2.1, 2.2.

Таблица 2.1

Характеристика пациентов по полу

Пол	
Мужской	Женский
53 %	47%

Характеристика пациентов по возрасту

Возраст	
До 6-ти лет	От 18-ти до 32 лет
44 %	56 %

Основную группу пациентов составляли дети в возрасте от 3х месяцев до 6 лет; выбор пациентов не зависел от половой принадлежности, количество мальчиков и девочек составляли примерно равные доли.

В основную группу вошли пациенты с тимпанограммой типа «В» и «С» на одно или оба уха.

В контрольную группу вошли лица с тимпанограммой типа «А», при отсутствии патологических изменений в полости среднего уха, зарегистрированной отоакустической эмиссией, порогами звуковосприятия в пределах нормы по данным проведенной тональной пороговой аудиометрии.

Таблица 2.3

Распределение пациентов по группам (n=70)

Группы больных	Основание включения в группу	Число больных				
		общее число (n=70)	по полу		по возрасту	
			женщины	мужчины	18-32 лет	0-6 лет
Контроль	Нет жалоб на снижение слуха, тимпанограмма тип «А», пороги слуха в пределах 15 дБ нПС (для	20	11	9	12	8

	пациентов старше 5 лет), ЗВОАЭ – «Тест пройден».					
1А	Тимпанограмма тип «С», ЗВОАЭ – «Тест не пройден» двух сторон.	12	5	7	6	6
1Б	Тимпанограмма тип «С», ЗВОАЭ - «Тест не пройден» на одно ухо; тимпанограмма тип «А», пороги слуха в пределах 15 дБ нПС (для пациентов старше 5 лет), ЗВОАЭ - «Тест пройден» на другое ухо.	2	1	1	2	0
2А	Тимпанограмма тип «В» ЗВОАЭ - «Тест не пройден» с двух сторон.	30	15	15	11	19
2Б	Тимпанограмма тип «В» ЗВОАЭ - «Тест не пройден» на одно ухо; тимпанограмма тип «А», пороги слуха в пределах 15 дБ нПС (для пациентов старше 5 лет), ЗВОАЭ - «Тест пройден» на другое ухо.	4	3	1	4	0
3	Тимпанограмма тип «С» на одно ухо; Тимпанограмма тип «В»; ЗВОАЭ - «Тест не пройден» с двух сторон.	2	0	2	2	0

Таким образом, из 140 обследованных ушей было 46 тимпанограмм типа «А»; 28 тимпанограмм типа «С» и 66 тимпанограмм типа «В» рис. 2.1.

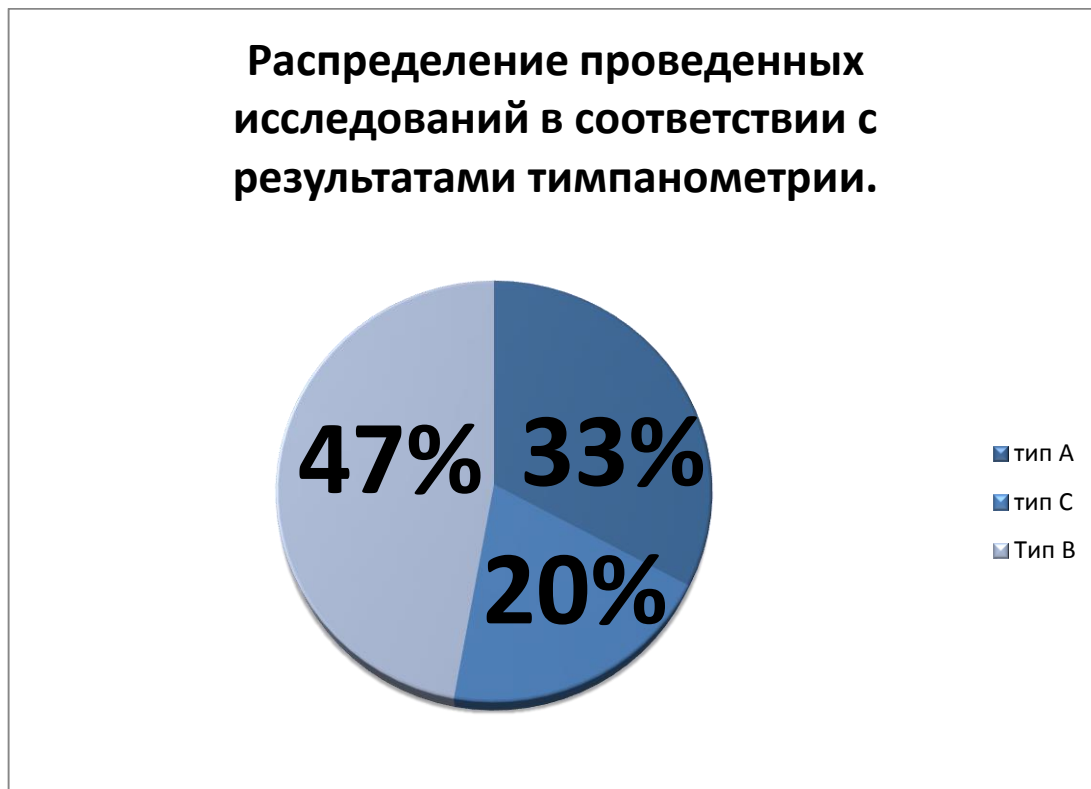


Рис. 2.1 Распределение проведенных исследований исходя из результатов тимпанометрии.

В основной группе были представлены пациенты, страдающие дисфункцией слуховой трубы; острым гнойным средним отитом (доперфоративная и перфоративная стадии); экссудативным средним отитом; хроническим гнойным средним отитом (эпи- и мезотиманиты в том числе состояние после хирургического лечения) ; отосклерозом (рис 2.2) .

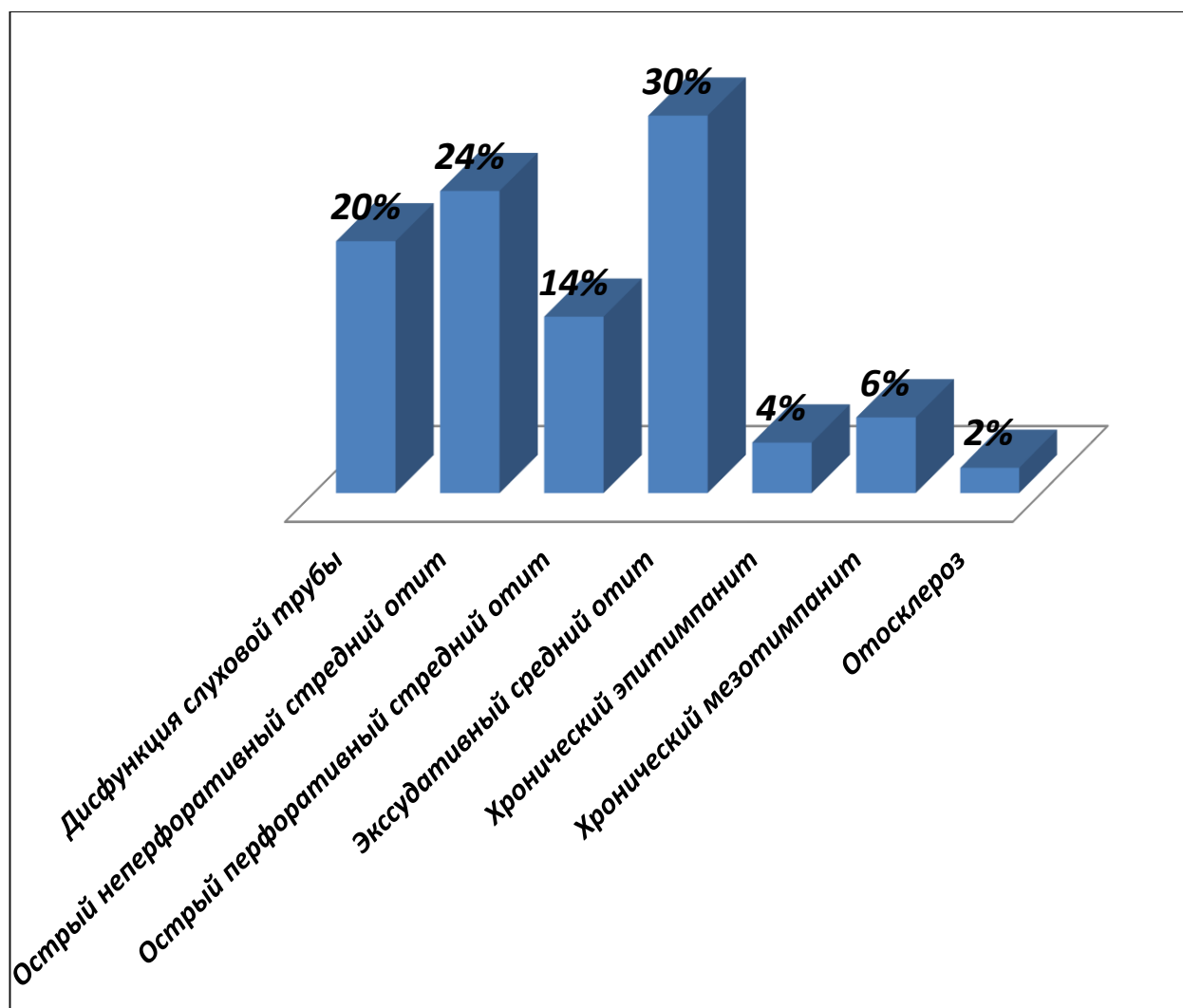


Рис. 2.2 Нозологическая структура кондуктивной формы тугоухости у пациентов основной группы.

Из рисунка видно, что основную долю причин кондуктивной тугоухости составлял экссудативный средний отит. У некоторых пациентов была диагностирована односторонняя патология – группы 1Б и 2Б; так же в основную группу вошел пациент, страдающий отосклерозом, вошедший в группу 1б – тимпанограмма тип «А» с одной стороны, тип «С» - с другой.

2.2. Методы исследования

Перед началом регистрации коротколатентных стволовых вызванных потенциалов на различные классы стимулов пациентам проводили:

- акустическую импедансометрию;
- отоскопию;
- регистрацию задержанной вызванной отоакустической эмиссии;
- тональную пороговую аудиометрию (данный вид исследования проводился пациентам от шести лет и старше).
- ASSR-тест (регистрация стационарных слуховых ответов).

Акустическая импедансометрия

Акустическую импедансометрию выполняли на импедансометре AZ-28, Interacoustics (Дания). При измерении давления среднего уха применялся зондирующий тон с частотой 226 Гц у пациентов старше года и 678 Гц у новорожденных. Интенсивность 85 дБ уровня звукового давления.

Регистрация задержанной вызванной отоакустической эмиссии (ЗВОАЭ)

Для проведения данного вида диагностики использовалось оборудование Eclipse EP 25, Interacoustics (Дания) с блоком регистрации отоакустической эмиссии. Стимулами служили широкополосные акустические щелчки, предъявляемые с частотой повторения 20–50/с. Отводимый микрофоном ответный сигнал усиливается при полосе пропускания от 500 до 5000 Гц и направляется в компьютер через аналого-цифровой преобразователь. Критерии регистрации ЗВОАЭ: отношение мощности эмиссии к мощности фонового шума в трех или более частотных полосах, составлявшее не менее 3 дБ. После достижения необходимого соотношения сигнал/шум компьютер автоматически останавливал работу, выдавая указатель «PASS» - «тест пройден», при отсутствии ответа спустя 1000 повторов, появлялся указатель «REFER» - тест не пройден.

Тональная пороговая аудиометрия

Тональную пороговую аудиометрию проводили на клиническом аудиометре АС40, Interacoustics (Дания). Посредством последовательной регистрации восприятия пациентом старше 6 лет, находящимся в ясном сознании, различных значений уровня звукового давления, выраженных в децибелах (дБ). Далее проводили выбор минимального уровня по каждой предъявленной пациенту звуковой частоте, который и считался порогом звуковосприятия. Исследование проводилось с помощью воздушных и костных телефонов. Воздушная проводимость исследовалась на частотах от 125 до 8000 Гц, костная – на частотах от 250 до 4000 Гц.

Коротколатентные слуховые вызванные потенциалы (КСВП)

Регистрацию КСВП проводили при помощи системы регистрации вызванных потенциалов Eclipse EP 25, Interacoustics (Дания). Источником звуковых стимулов служили внутриушные телефоны с предварительно подобранным по размеру ушным вкладышем. Для регистрации ответов мозга использовали чашечные хлорсеребряные электроды. Электроды фиксировали на области переносья (заземляющий электрод), на границе волосистой части головы (референтный электрод) и в области сосцевидных отростков справа и слева (активные электроды). При исследованиях межэлектродное сопротивление не превышало 5 кОм, что достигалось предварительной обработкой кожи пациента и использованием специальных кондуктивных гелей. При проведении КСВП были использованы различные типы стимулов - акустический щелчок длительностью 100 мс, тональные сигналы частотой в 1000, 4000, 2000 и 500 Гц, широкополосный Chirp – стимул и октавно-отфильтрованные (частотноспецифические) Chirp - стимулы. Для анализа рекомендуется записывать не менее 2-х пробегов (графиков) для каждого значения

интенсивности (для исключения ложной трактовки артефактов). Проводилось сравнение методик регистрации КСВП на акустический щелчок с Chirp – стимулом и на тональные сигналы с соответствующими по частоте Chirp-стимулами.

При сравнении первой группы сигналов (Chirp/щелчок) блок регистрации КСВП начинали с подачи акустических стимулов интенсивностью стимула превышающих предположительный порог слуха на 20–30 дБ. В ситуации, когда пики КСВП (главным образом пик V) чётко идентифицируются в 2-х пробегах, интенсивность акустического стимула понижали на 10 дБ, но в процессе приближения к пороговым значениям шаг уменьшения стимула подаваемого сигнала уменьшали на 5 дБ вплоть до полного исчезновения V пика. Анализ КСВП производили по окончании пробегов теста с использованием функции маркировки курсором пиков КСВП. С точки зрения порога звуковосприятия анализируют характеристики V пика до отсутствия его при более низком уровне интенсивности предъявляемого акустического стимула, поскольку данный параметр является статистически устойчивым критерием звуковосприятия.

При проведении сравнения методик регистрации на частотно-специфические стимулы – Chirp и тональные посылки частотами 500, 1000, 2000, 4000 Гц проводили стимуляцию каждым видом стимула при интенсивности в 80 дБ и 60 дБ. Для каждой сессии было проведено не менее 2000 пробегов. На каждой интенсивности исследование дублировалось.

Ответ мозга на постоянный модулированный тон (ASSR-тест).

Пациентам из контрольной и основной групп возраста до 6 лет была проведена регистрация ответа мозга на постоянные модулированные тоны. Обязательным условием для проведения исследования было горизонтальное

положение, расслабленное спокойное состояние пациента и состояние естественного сна.

Регистрацию ASSR проводили при помощи системы регистрации вызванных потенциалов Eclipse ASSR, Interacoustics (Дания). Источником звуковых стимулов служили внутриушные телефоны с предварительно подобранным по размеру ушным вкладышем. Для регистрации ответов мозга использовали чашечные хлорсеребряные электроды. Электроды фиксировали на области переносья (заземляющий электрод), на границе волосистой части головы (референтный электрод) и в области сосцевидных отростков справа и слева (активные электроды). При исследованиях межэлектродное сопротивление не превышало 5 кОм, что достигалось предварительной обработкой кожи пациента и использованием специальных кондуктивных гелей. Диапазон интенсивности стимула находился в пределах от 0 до 120 дБ. Частотный диапазон измерений: 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц.

ГЛАВА 3

Использование методики КСВП при обследовании пациентов с кондуктивной тугоухостью

Особенно наглядными стали данные обследования пациентов, вошедших в группы 1Б и 2Б - (тимпанограмма «А;В» тимпанограмма «А;С») - они наиболее показательны для демонстрации разницы при использовании различных стимулов для проведения частотно-специфических КСВП. Тональная пороговая аудиометрия такого пациента представлена на Рис.3.1 . Результаты его обследования мы возьмем для демонстрации проводимого исследования.

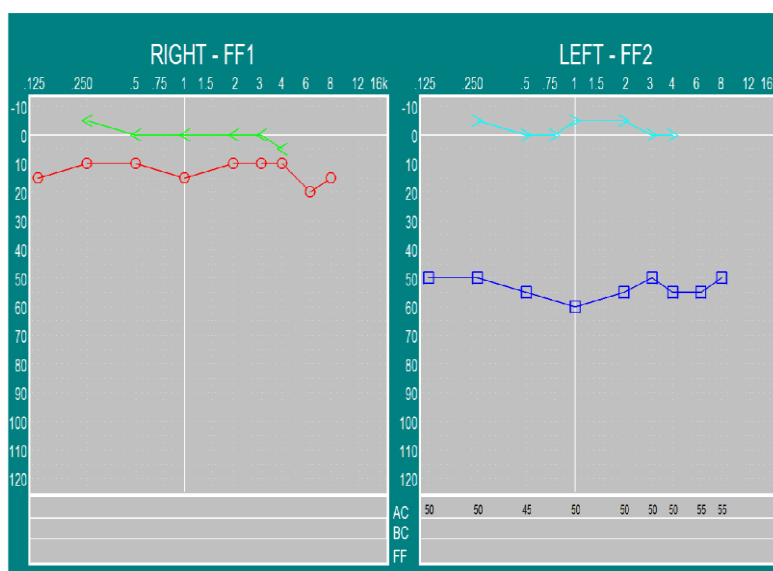


Рис. 3.1 Тональная пороговая аудиограмма. Пациент Н. Левосторонний экссудативный отит.

В ходе проведения дальнейших диагностических мероприятий: Тимпанометрия: тип «А» справа, тип «В» слева, стапедиальные рефлексy: справа регистрируются на всем частотном диапазоне, слева не регистрируются.

Результаты, полученные при регистрации КСВП с различными типами сигналов, представлены на рисунках 3.2 – 3.5.

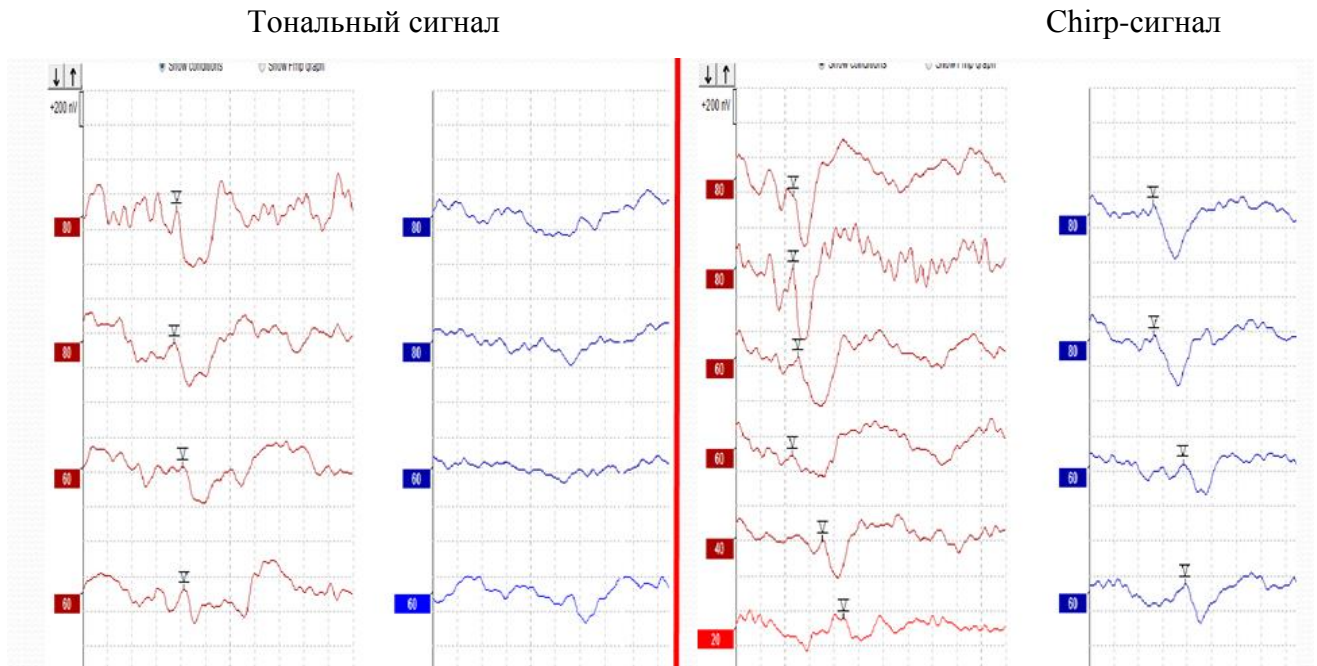


Рис. 3.2. КСВП с использованием тонального сигнала и chirp-сигнала частотой 1000 Гц.

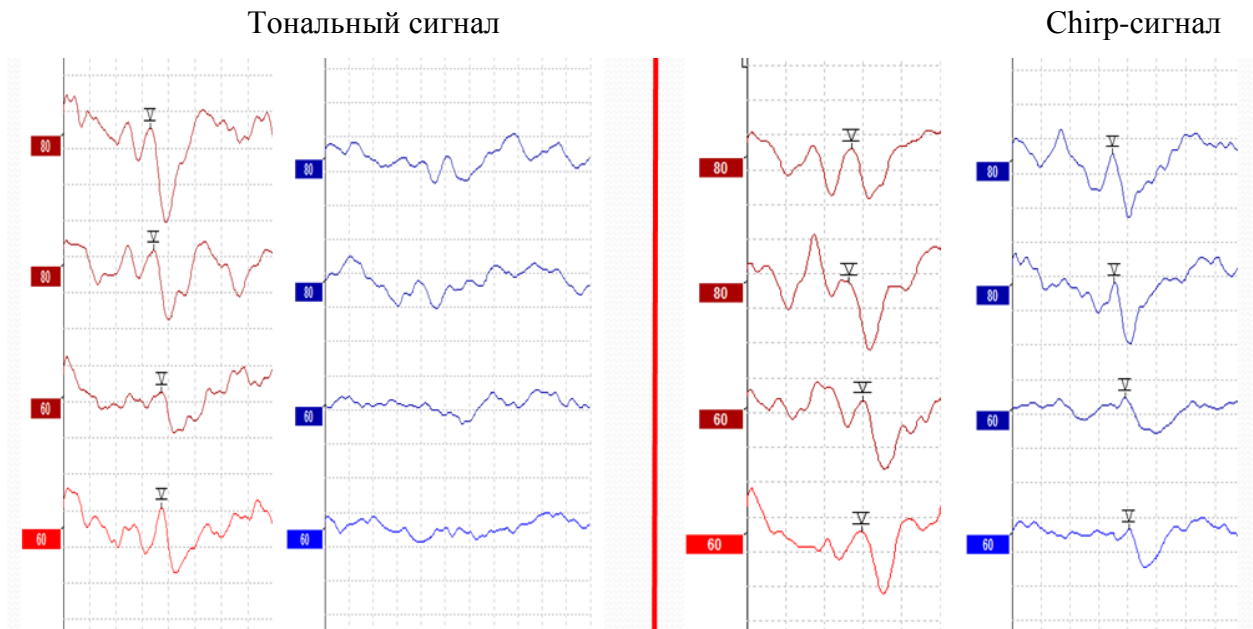


Рис. 3.3. КСВП с использованием тонального сигнала и chirp-сигналов частотой 2000 Гц.

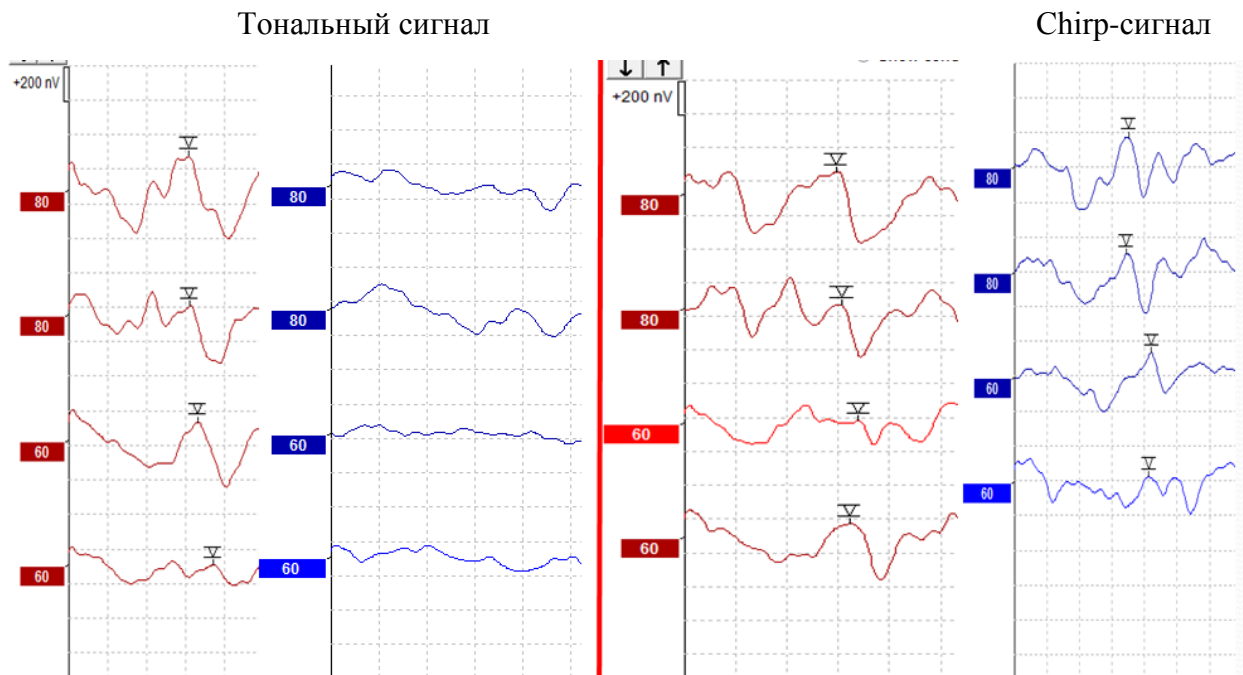


Рис.3.4. КСВП с использованием тонального сигнала и chirp-сигналов частотой 4000 Гц.

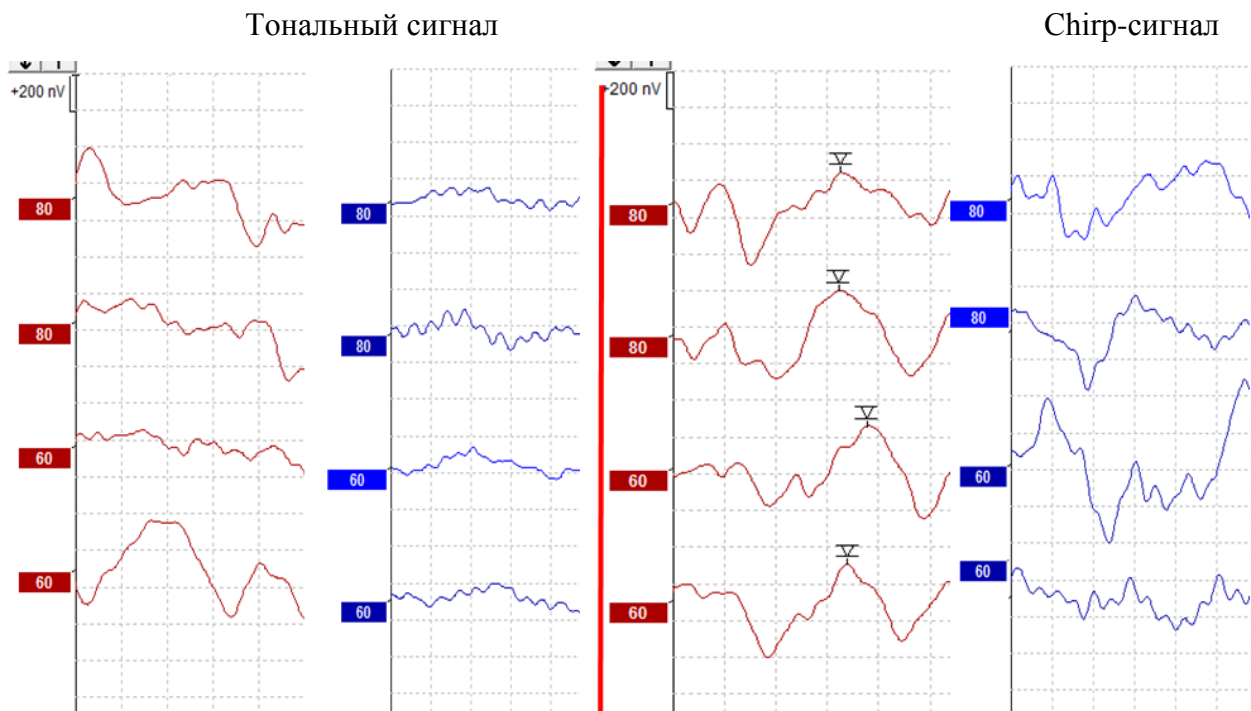


Рис.3.5. КСВП с использованием тонального сигнала и chirp-сигналов частотой 500 Гц.

По результатам проведенных исследований при использовании chirp-стимула выявляются четко дифференцированные пики при исследовании на частотах 1000, 2000 и 4000 Гц, как у пациентов с нормальным слухом, так и с кондуктивной тугоухостью. При использовании тонального сигнала на этих частотах, пики определяются лишь у пациентов с нормальным слухом. При использовании чистых тонов в качестве стимула для регистрации КСВП у больных с кондуктивной тугоухостью наблюдается искажение конфигурации потенциалов и уменьшение их амплитуды.

Для стимуляции частотой в 500 Гц характерно наличие пиков лишь при стимуляции Chirp-сигналом здорового уха.

Таким образом, при появлении нового модифицированного стимула стало возможным проведение компьютерной аудиометрии пациентам с кондуктивной тугоухостью. Благодаря использованию Chirp-стимула можно оценить функциональную состоятельность внутреннего уха до лечения среднего отита, провести частотно-специфическое объективное исследование слуха с использованием методики КСВП, оценить результаты лечения у пациентов, которым невозможно выполнить тональную пороговую аудиометрию.

ГЛАВА 4

Сравнительная характеристика алгоритмов регистрации ответов мозга на щелчки, чистые тоны и постоянные модулированные тоны с Chirp-стимулами у нормально слышащих лиц и пациентов с кондуктивной тугоухостью

Для сравнения методик записи КСВП на чистые тоны и Chirp – стимулы было обследовано 20 человек (контрольная группа). Из них 12 человек в возрасте от восемнадцати до тридцати двух лет, с нормальным слухом по данным тональной пороговой аудиометрии, у которых при отоскопии патологических изменений выявлено не было, тимпанометрия – тип «А»; 8 человек в возрасте от 3 месяцев до 6 лет – тимпанограмма тип «А» с двух сторон, отоакустическая эмиссия – зарегистрирована с двух сторон.

Для различных групп стимулов использовались следующие параметры: Тональные сигналы частотой в 1000, 4000, 2000 и 500 Гц. Уровень интенсивности по отношению к уровню слуха составлял 80 дБ и 60 дБ для каждой частоты исследования. Темп подачи сигналов был равен 44,1 стимула в секунду. Для анализа записывали не менее 2-х пробегов (графиков) для каждого значения интенсивности (для исключения ложной трактовки артефактов).

Анализ КСВП производили по окончании пробегов теста с использованием функции маркировки курсором пиков КСВП, с измерением амплитуды выделенных пиков, фиксированием показателей FMP, фиксированием количества пробегов, необходимых для достижения 99% вероятности достоверности сигнала.

Аналогичные характеристики были использованы для исследований с Chirp – стимулами: частота 1000, 4000, 2000 и 500 Гц; уровень интенсивности 80 дБ нПс и 60 дБ нПс для каждой частоты исследования; темп подачи сигналов 44,1 стимула в секунду; не менее 2-х пробегов (графиков) для каждого значения интенсивности. Анализ производили по маркировке курсором пиков КСВП, с измерением амплитуды выделенных пиков, фиксированием показателей FMP и

количества пробегов, необходимых для достижения 99% вероятности достоверности сигнала.

Сравнение методик записи КСВП на чистые тоны и Chirp – стимулы по амплитуде

В большинстве проводимых в настоящее время исследований КСВП на настоящий момент в качестве сигнала используют акустический щелчок. Акустический щелчок включает в себя звуковой спектр, состоящий из нескольких частот. Его использование обусловлено расширением зоны возбуждения базилярной мембраны улитки и, как следствие, увеличением амплитуды пиков КСВП.

Для выявления различий в амплитудах ответов для различных классов акустических сигналов после регистрации пятых пиков была проведена их калибровка. Измерение амплитуды выделенных пятых пиков проводили в режиме тестирования с помощью курсора.



Рис. 4.1. Измерение амплитуды выделенных V – пиков КСВП при использовании различных классов стимулов.

Полученные данные об амплитуде выделенных пиков внесены в таблицу №1, представленную в приложении.

В таблице представлены данные обследования двадцати пациентов. Для каждого пациента исследование на одной частоте и одной интенсивности проводилось дважды для каждого уха. Соответственно, в таблице №1 приведены данные восьмидесяти исследований.

После вычисления средних показателей амплитуды V – пика отдельно для разной интенсивности стимуляции и разных частот, было проведено сравнение результатов для тональных посылок и Chirp – стимулов.

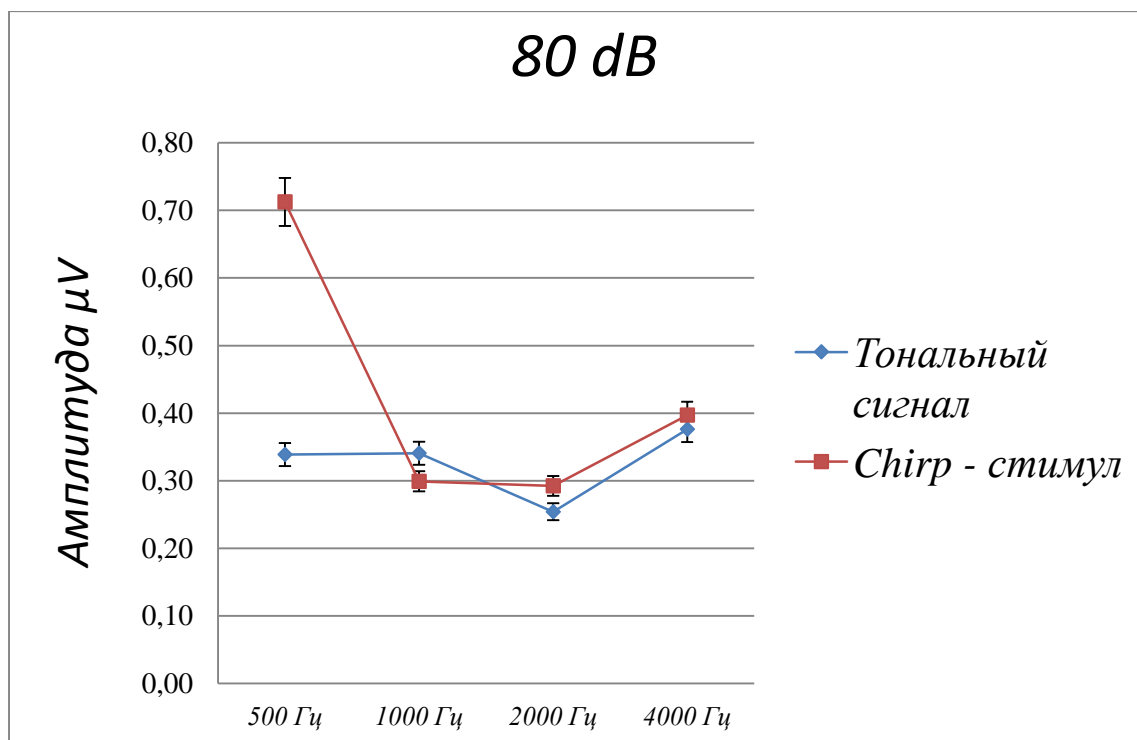


Рис 4.2 Сравнительные амплитуды V – пиков КСВП (μV) и их стандартные отклонения при стимуляции тональным и chirp-стимулом интенсивностью в 80 дБ нПс.

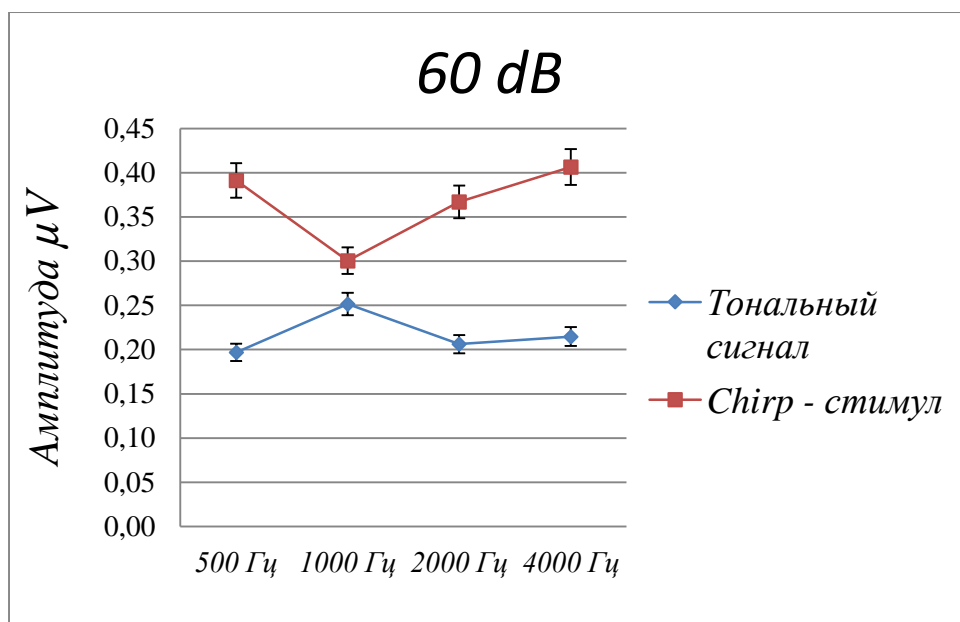


Рис 4.3 Сравнительные амплитуды V – пиков КСВП (μV) и их стандартные отклонения при стимуляции тональным и chirp-стимулом интенсивностью в 60 дБ нПс.

При обследовании пациентов с использованием интенсивности в 80 дБ нПс средняя амплитуда тональных сигналов на 1000 Гц превысила среднюю амплитуду chirp- стимула. Для 2000 Гц, 4000 Гц и 500 Гц амплитуда chirp- сигнала была выше.

При обследовании пациентов с использованием интенсивности в 60 дБ нПс средняя амплитуда тональных сигналов на 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц и 500 Гц амплитуда для chirp- сигнала была значительно выше.

Тот факт, что амплитуда chirp-стимула значительно превышала амплитуду тональных посылок при стимуляции на интенсивности в 60 дБ нПс, говорит о преимуществе использования стимулов Chirp-группы при приближении к пороговым значениям слуха. Особенно наглядно выглядит указанное различие на 2000, 4000 и 500 Гц.

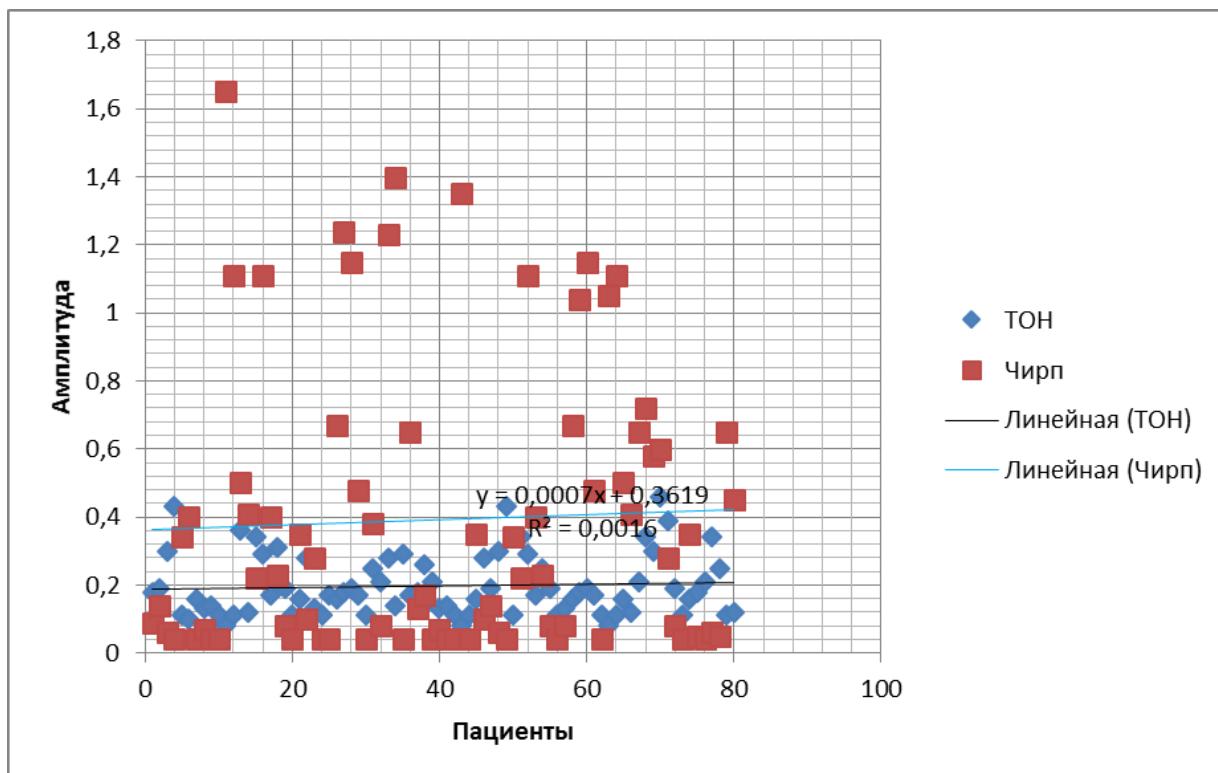


Рис 4.4 Линейная функция для амплитуд тонального и Chirp-сигнала.
Частота 500 Гц. Интенсивность 60 дБ нПС.

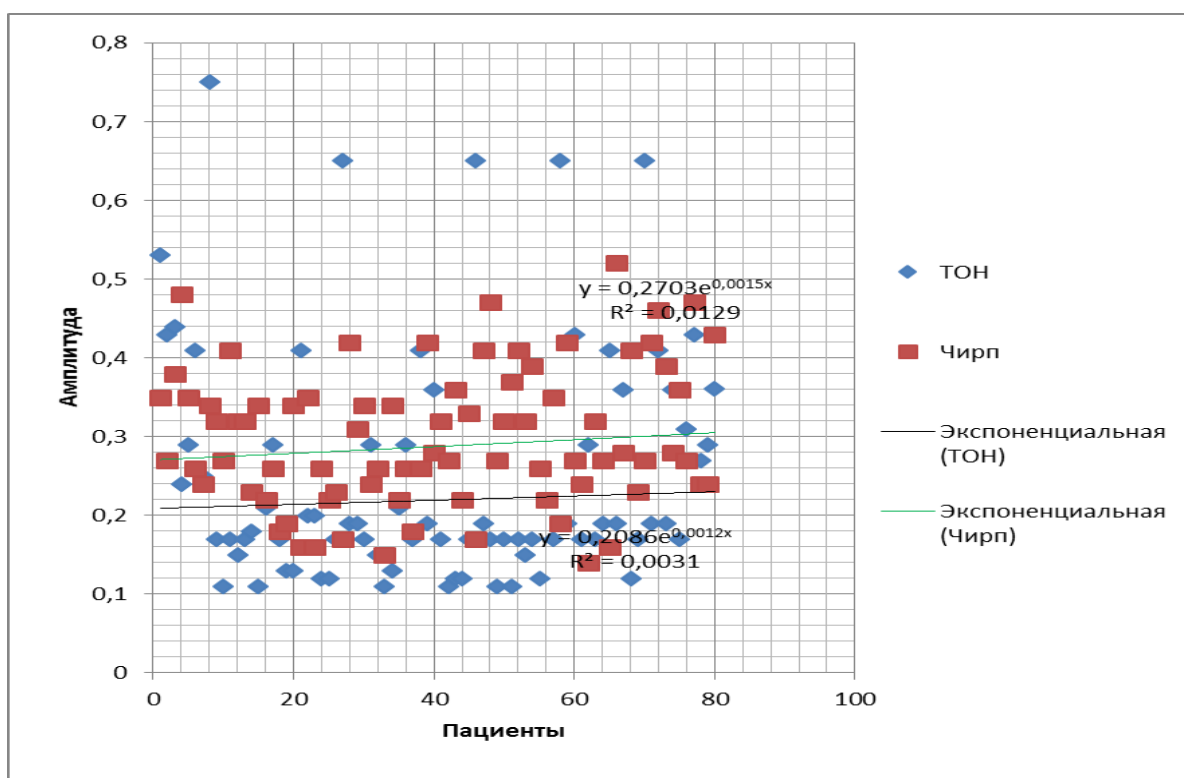


Рис 4.5 Экспоненциальная функция для амплитуд тонального и Chirp-сигнала.
Частота 1000 Гц. Интенсивность 60 дБ нПС.

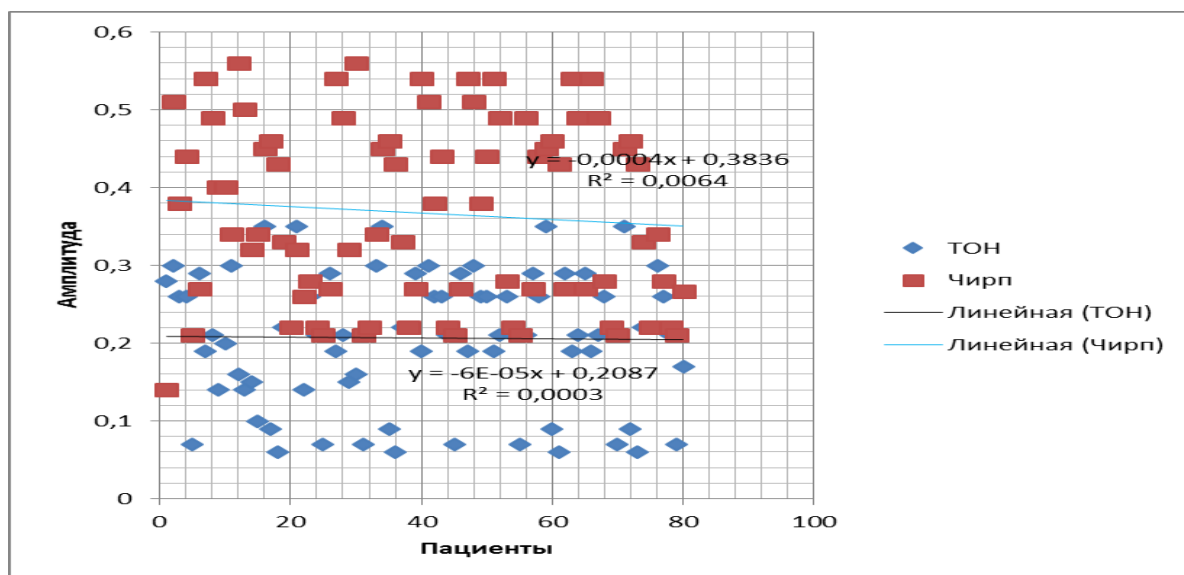


Рис 4.6 Линейная функция для амплитуд тонального и Chirp-сигнала. Частота 2000 Гц. Интенсивность 60 дБ нПС.

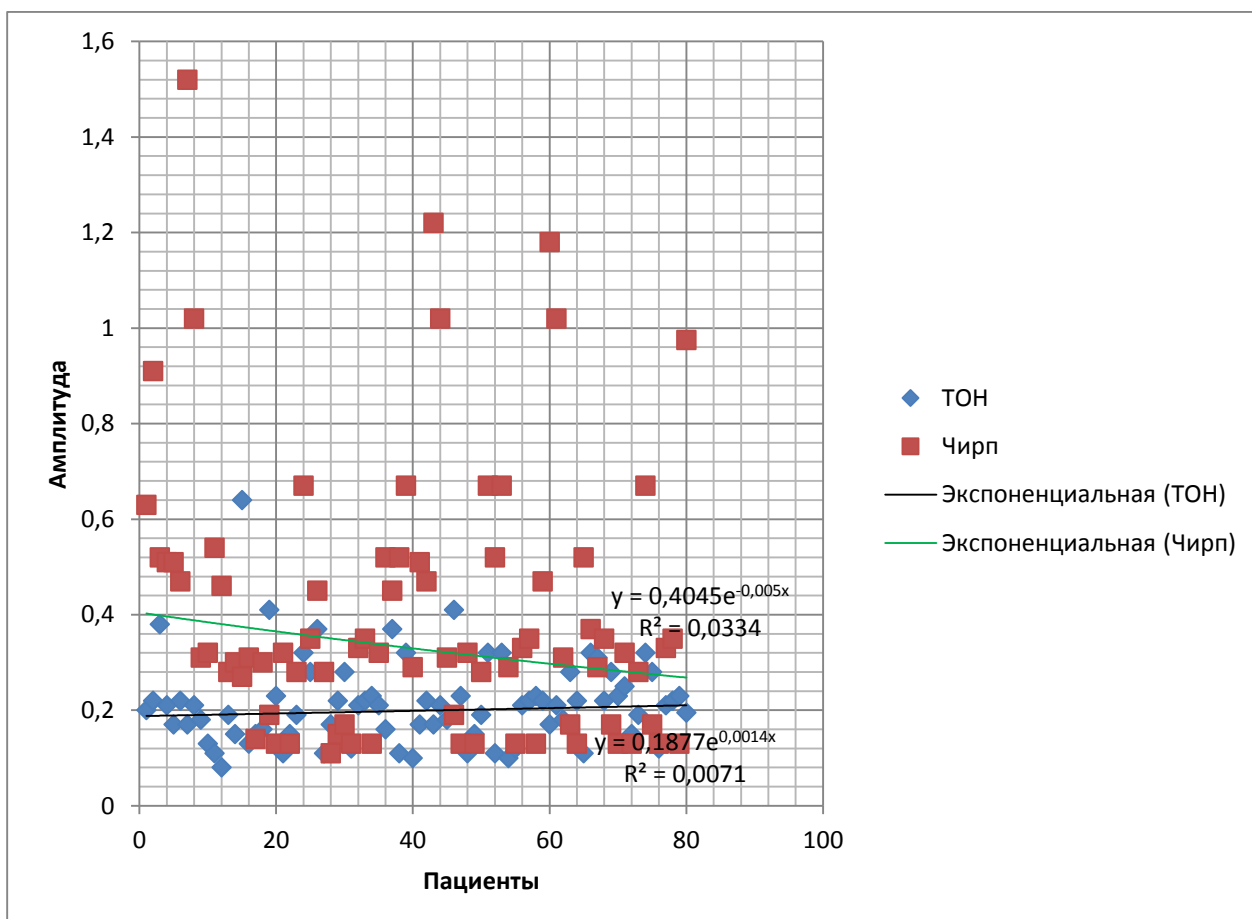


Рис 4.7. Экспоненциальная функция для амплитуд тонального и Chirp-сигнала. Частота 4000 Гц. Интенсивность 60 дБ нПС.

При проведении статистического исследования было проведено сравнение для каждого сигнала по интенсивности и по частоте; для каждой группы был выведен средний показатель и создан график. Для каждого графика была определена линия тренда с максимальной величиной достоверности (R^2). Чем выше величина достоверности от 0 до 1 (100%), тем лучше построенная модель тренда объясняет полученные результаты. Ввиду этого для разных статистических групп использовались разные статистические подходы к построению тренда (экспоненциальная и линейная функции)

Таб. 4.1

Оценка достоверности результатов статистического исследования амплитуды с вероятностью 95% ($p < 0,05$)

	60 Дб		80 Дб	
	Тон	Чирп	Тон	Чирп
500 ГЦ	0,197 ± 0,02	0,391 ± 0,092	0,339 ± 0,026	0,712 ± 0,153
1000 ГЦ	0,251 ± 0,033	0,301 ± 0,02	0,340 ± 0,028	0,299 ± 0,029
2000 ГЦ	0,206 ± 0,018	0,367 ± 0,026	0,254 ± 0,032	0,292 ± 0,025
4000 ГЦ	0,214 ± 0,02	0,407 ± 0,064	0,376 ± 0,032	0,397 ± 0,025

Таб. 4.2

Оценка достоверности результатов статистического исследования амплитуды с вероятностью 99% ($p < 0,01$).

	60 Дб		80 Дб	
	Тон	Чирп	Тон	Чирп
500 ГЦ	0,197 ± 0,027	0,391 ± 0,122	0,339 ± 0,035	0,712 ± 0,202
1000 ГЦ	0,251 ± 0,044	0,301 ± 0,026	0,340 ± 0,038	0,299 ± 0,038
2000 ГЦ	0,206 ± 0,025	0,367 ± 0,034	0,254 ± 0,042	0,292 ± 0,034
4000 ГЦ	0,214 ± 0,026	0,407 ± 0,084	0,376 ± 0,043	0,397 ± 0,033

Для получения оценки достоверности было посчитано среднее значение (\bar{x}) для каждого вида сигнала (Тон/чирп) по каждой частоте исследования (Гц) и на разных интенсивностях (Дб). Далее по каждой группе было посчитано среднее квадратичное отклонение, которое наилучшим образом характеризует степень варьирования показателей исследуемой группы:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

, где x_i — i -й элемент выборки; n — объём выборки; \bar{x} - среднее арифметическое выборки. Большое значение данного показателя характеризует полученную выборку как значения с большим разбросом значений в предоставленном множестве от среднего значения.

Далее для расчета оценки достоверности была посчитана средняя ошибка средних арифметических значений по формуле:

$$m_M = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

При оценки достоверности средних арифметических значений применяли следующее правило: средняя арифметическая величина при числе наблюдений свыше 30 и более должна превышать свою ошибку более чем в 2 раза.

Во всех исследуемых группах данное правило выполняется.

Последним шагом в данных расчетах являлось определение значения критерия t Стьюдента для вероятности 95% и 99% (рис 4.1, 4.2). Согласно распределению Стьюдента показатель t для оценки достоверности с вероятностью 95% составляет 1,99 и 2,64 для вероятности 99%.

Показатель FMP (Feature Modeling Plug-in) .

Измерение FMP (Feature Modeling Plug-in) - это статистический анализ, проводящийся в режиме записи КСВП от начала до конца процедуры. В результате проводимого анализа формируется значение FMP, которое показывает статистическую достоверность наличия ответа.

Показатель FMP основан на принципе сравнения амплитуд остаточного шума и амплитуд исследуемых ответов.

При наличии ответа - низкий уровень шума и большая амплитуда отклика на исследуемый сигнал – FMP будет расти (показатель FMP обозначен синей линией).

При отсутствии ответа, амплитуда отклика не поднимется выше остаточного шума, и FMP останется на низком уровне.

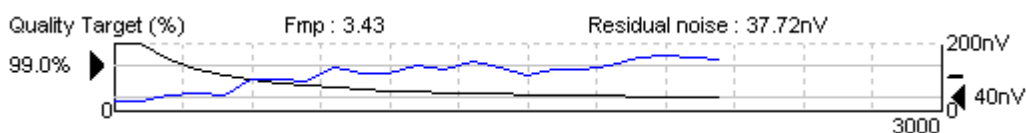


Рис 4.9 Показатель FMP (вычисляется автоматически).

Показатель FMP является показателем качества сигнала, расчет его представляет собой статистическую информацию. Благодаря его использованию повышается уверенность в наличии или отсутствии ответа.

В нашем исследовании было проведено сравнение показателя FMP для различных групп сигналов. В первом случае сравнивали широкополосный CE – chirp с акустическим щелчком. Во втором случае Chirp-сигналы различных

частот и интенсивностей сравнили с тональными сигналами аналогичных характеристик.



Рис. 4.10 Сравнение средних показателей FMP для широкополосного Chirp-сигнала и акустического щелчка.

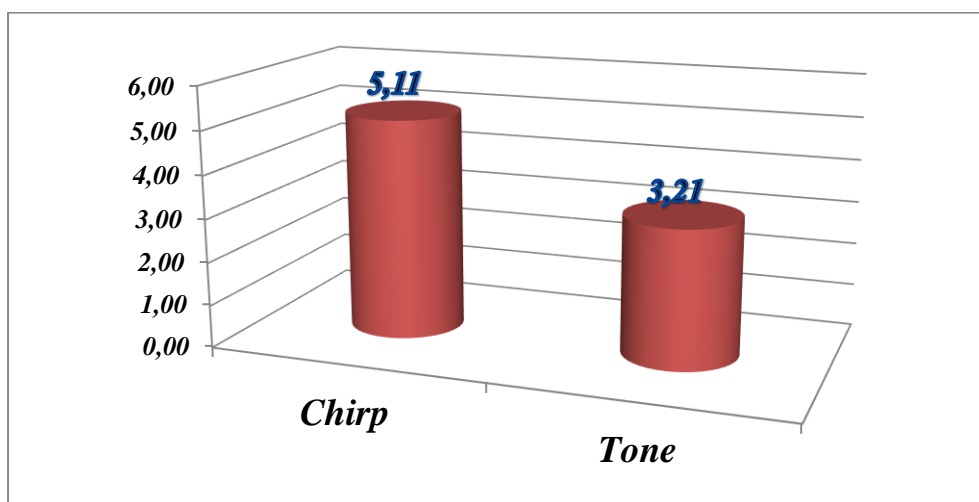


Рис. 4.11 Сравнение средних показателей FMP для тональных сигналов и Chirp-стимулов аналогичных характеристик.

В результате вышеописанных сравнений становится видно, что по показателю FMP Chirp-сигнал значительно превосходит акустический щелчок и тональные посылки. Низкий уровень шума и большая амплитуда ответа на исследуемый стимул повышают статистическую достоверность наличия ответа на исследуемый стимул.

Сравнение различных классов стимулов по времени регистрации КСВП

При проведении объективного аудиологического исследования большое значение имеет время проведения каждого обследования. Данные исследования в первую очередь актуальны для детей и проводятся в состоянии естественного сна. Так как спрогнозировать время сна ребенка практически невозможно, крайне важно, чтобы исследование было проведено в наиболее сжатые сроки.

Для сравнения различных групп стимулов по времени, затраченному на исследование, было использовано количество пробегов, необходимых для достижения 99% вероятности достоверности сигнала.

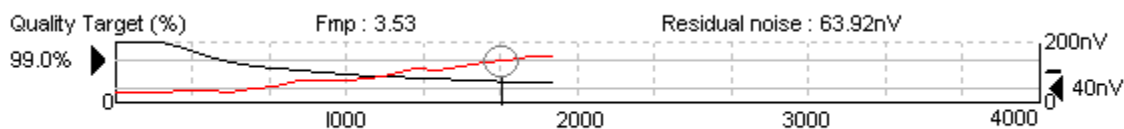


Рис. 4.12 Определение количества пробегов, необходимого для достижения 99% вероятности достоверности сигнала.

У двадцати пациентов с нормальным слухом на оба уха было проведено исследование КСВП на тональные посылки и Chirp – стимулы на частотах 500

Гц, 1000 Гц, 2000 Гц и 4000 Гц. Для каждого пациента исследование на одной частоте было проведено дважды на одно ухо. Таблица, содержащая данные о проведенном исследовании представлена в приложении.

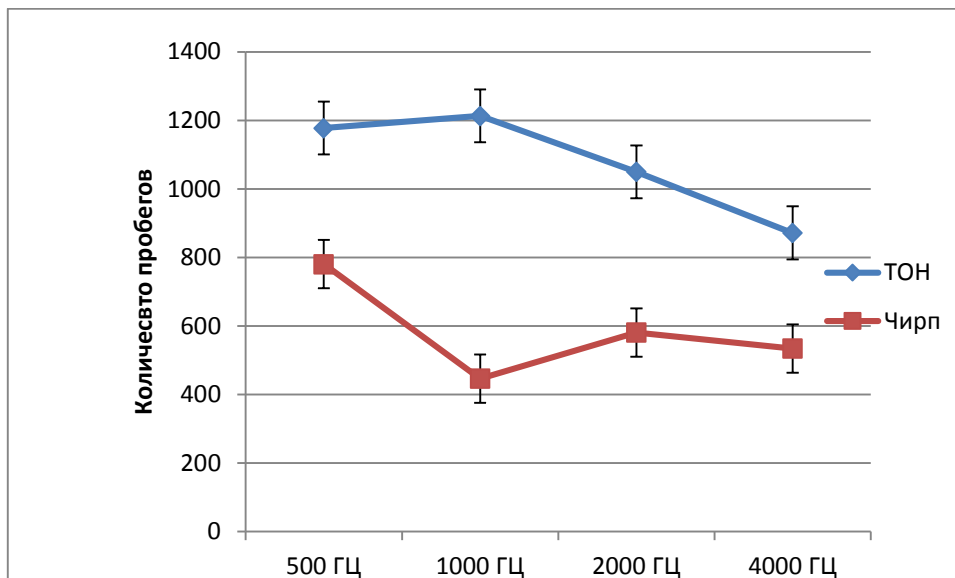


Рис 4.13. Количество пробегов, выполненных для получения достоверного результата, для регистрации КСВП на тональные сигналы частотой 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц и Chirp – стимулы на указанные частоты.

По результатам проведенного исследования наименьшее число пробегов для получения достоверного ответа требуется при использовании Chirp-стимула частотой в 1000 Гц. На всех исследуемых частотах время, затраченное на получение достоверного результата, при использовании Chirp-стимула значительно меньше времени, затраченного для исследования слуховых вызванных потенциалов с помощью тональных посылок. Наибольшее количество пробегов было использовано для исследования на частоте 1000 Гц тональным сигналом (таб 4.3, 4.4).

Таб. 4.3.

Оценка достоверности результатов статистического исследования с вероятностью 95% ($p < 0,05$).

Сигнал/ Частота	500 ГЦ	1000 ГЦ	2000 ГЦ	4000 ГЦ
Tone	1178 ± 109	1213 ± 145	1050 ± 127	872 ± 117
Chirp	780 ± 111	446 ± 89	581 ± 102	534 ± 85

Таб 4.4.

Оценка достоверности результатов статистического исследования с вероятностью 99% ($p < 0,01$).

Сигнал/ Частота	500 ГЦ	1000 ГЦ	2000 ГЦ	4000 ГЦ
Tone	1178 ± 144	1213 ± 192	1050 ± 167	872 ± 155
Chirp	780 ± 147	446 ± 119	581 ± 135	534 ± 113

Сравнение методик записи КСВП на Chirp – стимулы и регистрации ответа мозга на постоянный модулированный тон

На данный момент в аудиологии для определения порогов слуха у пациентов, нуждающихся в объективной оценки функции слуха, широко применяется метод регистрации слухового ответа на постоянный модулированный тон – Auditory Steady-State Response (ASSR). Согласно проведенным ранее исследованиям было доказано, что данный метод компьютерной аудиометрии является эффективным инструментом для объективного частотно-специфического исследования порогов слуха и имеет высокую степень корреляции с тональной пороговой аудиометрией. (Пашков А.В. 2004 г.) В методе регистрации ответа на постоянный модулированный тон для объективизации оценки результатов применяется компьютерный алгоритм, полностью исключая участие врача в процессе определения порогов слуха, в то время как при записи слуховых вызванных потенциалов мозга определение наличия пиков, их амплитуды, латентности и межпиковых интервалов выполняется клиницистом. Использование модулированных тонов дает значительное преимущество по сравнению с техникой записи ответов мозга на щелчки и тональные посылки, потому что модулированные тоны не подвержены спектральным искажениям как тональные посылки. И, наконец, модулированные тоны сравнительно более частотно-специфичны. Особенность метода позволяет проводить тестирование по всем аудиометрическим частотам и получать вызванный ответ на стимул максимально схожий с теми стимулами, которые генерирует тональный аудиометр (Lins et al., 1996; Rance et al., 1995) Акустические стимулы, вызывающие слуховой ответ при ASSR- тесте, как и Chirp – стимулы, сопоставимы по амплитудно-частотным характеристикам с чистыми тонами. [62,63] Постоянные тоны модулируются по амплитуде (AM), частоте (FM), в сочетанном виде (MM), а также по амплитуде, возрастающей по экспоненте (AM2). Chirp – стимулы не являются стационарными и модулируются по времени презентации частотных компонентов.

Для получения объективных данных при проведении ASSR – теста необходимо состояние естественного сна, так как пороги ASSR с высокой фоновой ЭЭГ-активностью могут отклоняться как в сторону занижения, так и в сторону завышения истинных порогов звуковосприятия [55.56].

При проведении нашего исследования ASSR-тест был выполнен девяти пациентам из возрастной группы от 0 до 6 лет. Так как для проведения ASSR – теста необходимо состояние естественного сна и низкой фоновой ЭЭГ-активности выполнить данную методику удалось у трех пациентов контрольной группы и шести пациентов основной группы. Всем пациентам, прошедшим ASSR-тестирование было менее двух лет.

Невозможность проведения ASSR-теста у остальных пациентов объясняется длительностью обследования – перед исследованием стационарных ответов мозга был проведен ряд методик, требующих временных затрат и спокойного состояния ребенка – тимпанометрия, задержанная вызванная отоакустическая эмиссия, исследование КСВП на щелчок, тоны, широкополосный и тональные Chirp- стимулы.

ASSR-тестирование у пациентов контрольной группы (тимпанограмма тип «А»; ЗВОАЭ – «Тест пройден» с двух сторон) проводилось на частотах 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц. Трое обследованных показали приблизительно одинаковые результаты - пороги слуха регистрировались в диапазоне от 30 до 45 дБ нПС на частотах 500 Гц и 1000 Гц; и в диапазоне от 35 до 60 дБ нПС на частотах 2000 Гц и 4000 Гц.

При проведении КСВП пациентам вышеуказанной группы с использованием щелчка и широкополосного Chirp - стимула V пики сохранялись до уровня стимуляции в 40 дБ нПС. При исследовании тональными стимулами V пики регистрировались до 40 дБ нПС на 1000 Гц, 2000 Гц и 4000 Гц, на частоте в 500 Гц V пики не регистрировались. При использовании Chirp - стимулов на частоте в 4000 Гц V пики регистрировались вплоть до 20 дБ нПС; 1000 Гц и 2000 Гц – 35-40 дБ нПС; 500 Гц – 50-60 дБ нПС.

Среди пациентов основной группы ASSR-тестирование было проведено 6 пациентам (тимпанограмма тип «С» с двух сторон - 2 пациента, тимпанограмма тип «В» с двух сторон - 4 пациента; ЗВОАЭ – «Тест не пройден» с двух сторон – 6 пациентов). ASSR- пороги слуха у пациентов с тимпанограммой типа «С» регистрировались на частоте 500 Гц от 75 до 90 дБ; на частотах 1000 Гц и 2000 Гц регистрировались при интенсивности от 65 до 80 дБ нПС; на 4000 Гц у одного пациента регистрировался при 70 дБ нПС, у второго не регистрировался. ASSR – пороги у пациентов с тимпанограммой тип «В» не определялись при максимальной степени интенсивности в 105 дБ нПС у двух пациентов. Двух пациентов пороги слуха регистрировались на 2000 Гц и 4000 Гц при интенсивности в 80 дБ нПС.

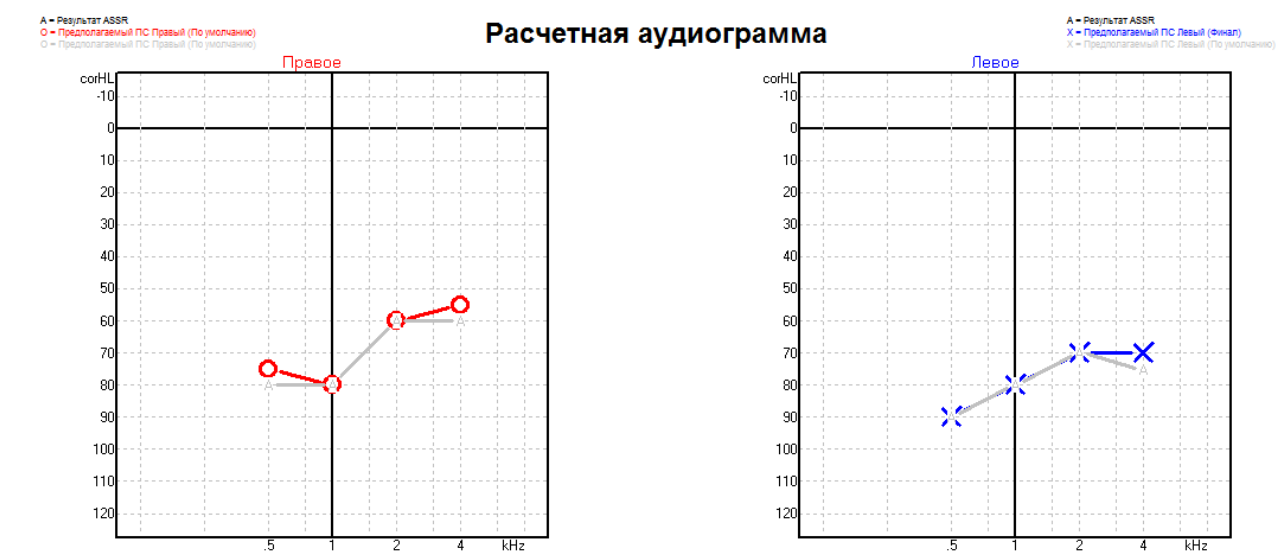


Рис. 4.14. ASSR – тест. Пациент с кондуктивной тугоухостью. Тимпанограмма тип «С».

При проведении КСВП пациентам основной группы с использованием щелчка и широкополосного Chirp-стимула V пики были зарегистрированы у двух из шести вышеуказанных пациентов при стимуляции в 80 дБ нПС. Использование тональных посылок в качестве сигнала КСВП не дало четких результатов.

При использовании октавно отфильтрованных Chirp - стимулов были выявлены четкие пики на частотах в 4000 Гц, 2000 Гц, на частоте в 1000 Гц результаты были получены в двух случаях. Исследование на частоте в 500 Гц результатов не дало.

Время проведения ASSR - исследования на одной интенсивности для пациентов контрольной группы составило полторы минуты (20-25 минут на пациента); для пациентов основной группы – около трех с половиной минут, что выражено удлинило время исследования.

Время исследования на одной интенсивности для КСВП с использованием щелчка и тональных посылок, было аналогично времени ASSR – исследования для пациентов обеих групп.

Однако, при проведении КСВП с использованием Chirp – стимулов время исследования сокращалось вдвое. Кроме того, данный вид сигнала позволял проводить исследование пациентам в спокойном бодрствующем состоянии, благодаря чему были обследованы пациенты возраста от двух до шести лет, которые не смогли заснуть на время обследования.

Заключение к 4 главе.

При наличии низкой амплитуды ответа обнаружение порога близкого к субъективному составляло большие трудности. Увеличение амплитуды ответа ранее достигалось расширением зоны возбуждения базилярной мембраны улитки, для чего был предложен метод стимуляции сигналом, включающий в себя звуковой спектр, состоящий из нескольких частот – акустический щелчок. При этом значительно снизилась частотоспецифичность сигнала. При использовании Chirp – стимула увеличение амплитуды ответа достигнуто с помощью временной дисперсии частотных компонентов сигнала. Амплитуда пиков КСВП при использовании сигналов Chirp – группы по данным нашего исследования превышает амплитуду пиков при стимуляции акустическим щелчком и тональными посылками.

Использование Chirp – стимула при проведении объективной аудиометрии дает клиницисту возможность более чем в два раза сократить время обследования пациента, данный факт является наиболее актуальным при обследовании детей, когда по методике необходимо состояние естественного сна. Увеличение скорости проведения тестирования так же отмечено при обследовании Chirp-стимулами в сравнении с постоянными модулированными тонами.

ГЛАВА 5

Применение методики КСВП для определения сенсоневрального компонента при смешанной форме тугоухости

Актуальность ранней диагностики нарушения звуковосприятия у детей не подлежит сомнению. Своевременное выявление тугоухости, а также ее частотных характеристик является залогом адекватного лечения, реабилитации слуха и, как следствие, правильного развития речи и социальной интеграции.

Взрослым пациентам определение порогов слуха проводят посредством тональной пороговой аудиометрии. Применение данного исследования невозможно у детей младших возрастных групп и для них необходимо использовать объективные аудиологические методики.

С введением аудиологического скрининга значительно улучшилась ранняя диагностика сенсоневральной тугоухости, однако в настоящее время методики, применяемые на этапах аудиологического скрининга, исключают детекцию сенсоневрального компонента у детей с кондуктивной тугоухостью.

В арсенале аудиологов имеются различные методики: регистрация отоакустической эмиссии; коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга; объективное частотно-специфическое исследование слуха – ASSR тест.

Все вышеуказанные способы диагностики слуха актуальны для пациентов, не имеющих патологии среднего уха (тимпанограмма типа «А»). Обнаружение отклонений при проведении импедансометрии (тимпанограммы типов «В» и «С») является в настоящее время поводом для приостановления аудиологического обследования до нормализации параметров акустического импеданса.

Патология среднего уха у детей в некоторых случаях «маскирует» наличие сенсоневральной тугоухости, и купирование среднего отита снижает настороженность врачей и родителей к вероятной патологии улитки. Как следствие происходит поздняя диагностика снижения слуха и задержка речевого развития.

В нашем исследовании проводилось обследование пациентов основной группы с использованием методики коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга с Chirp – стимулом в качестве раздражителя. Особенностью данного стимула является выверенное по времени воздействие на исследуемый участок базилярной мембраны улитки, благодаря чему становится возможным проведение частотно-специфического исследования слуха (с использованием методики КСВП). Исследуются основные речевые частоты, 1000 Гц; 4000Гц; 2000Гц; 500 Гц.

При использовании Chirp-стимула у пациентов с экссудативным отитом, неперфоративным и перфоративным средним отитом (группы 2 А и 2 Б) были выявлены четко выраженные V пики, постепенно сглаживающиеся при понижении уровня стимуляции. В случае обследования пациентов группы 2А - пятые пики выявлялись с двух сторон на частотах 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц. В случае обследования пациентов группы 2Б V – пики определялись на стороне отита на вышеуказанных частотах. На стороне с тимпанограммой тип «А» - так же на частоте 500 Гц. При определении пиков при уровне стимуляции стимуляции в 40 дБ нПс на различных частотах состояние слухового нерва считалось нормальным. Данным пациентам после проведения курса лечения проводилась тимпанометрия и задержанная вызванная отоакустическая эмиссия. Большинство обследованных пациентов детского возраста (12 человек) после проведения консервативного или хирургического лечения показывали хорошие результаты отоакустической эмиссии (тест – PASS).

У пятерых пациентов младшей возрастной группы по данным нашего обследования была диагностирована смешанная форма тугоухости. При проведении КСВП с использованием Chirp – стимула на 1000-; 2000-; 4000 Гц было отмечено повышение порогов слуха до 60-60-70 дБ нПС на вышеуказанных частотах у двух пациентов, до 70-80-80 дБ нПС у одного пациента. Пороги слуха не определялись у одного пациента.

После проведения хирургического лечения у первых двух вышеуказанных пациентов произошло восстановление порогов слуха до 35-40-40 дБ нПс через

месяц после лечения (при тимпанограмме тип «А»). Через 3 месяца при повторном обследовании пациенты прошли отоакустическую эмиссию (тест – Pass) с двух сторон.

У пациента с порогами слуха 70-80-80 дБ нПС (6 лет) после проведенной аденотомии, восстановления проходимости слуховых труб и данных тимпанометрии в течение трех месяцев сохранялось повышение порогов слуха до 30-50-55 дБ нПС по данным тональной пороговой аудиометрии и до 40-60-60 дБ на частотах 1000 Гц-2000 Гц-4000 Гц соответственно по данным КСВП.

Пациенту, у которого пороги слуха не были зарегистрированы, после проведенного лечения и повторного обследования (тимпанограмма тип «А»; ЗВОАЭ – тест-REFER; V пики КСВП не определяются на всем частотном диапазоне при максимальной стимуляции в 100 дБ нПС; ASSR – тест – пороги слуха не выявлены) планируется проведение кохлеарной имплантации.

Для наглядности результатов проводимых исследований приведем клинический случай:

Пациент Ш., возраст 9 месяцев. Предварительное обследование – ТЕОАЕ – не прошел с двух сторон, Тимпанограмма тип «В» справа и слева.

Пациенту проводилось исследование КСВП на Chirp-стимулы - постепенно понижался уровень стимуляции, при этом для статистической достоверности запись каждого уровня стимуляции дублировалась. При стимуляции частотой в 1000 Гц наличие V пика справа сохранялось вплоть до уровня стимуляции в 30 dBHL (рис 5.1). Слева на этой же частоте стимуляции V пики определялись лишь при стимуляции в 40 dBHL.

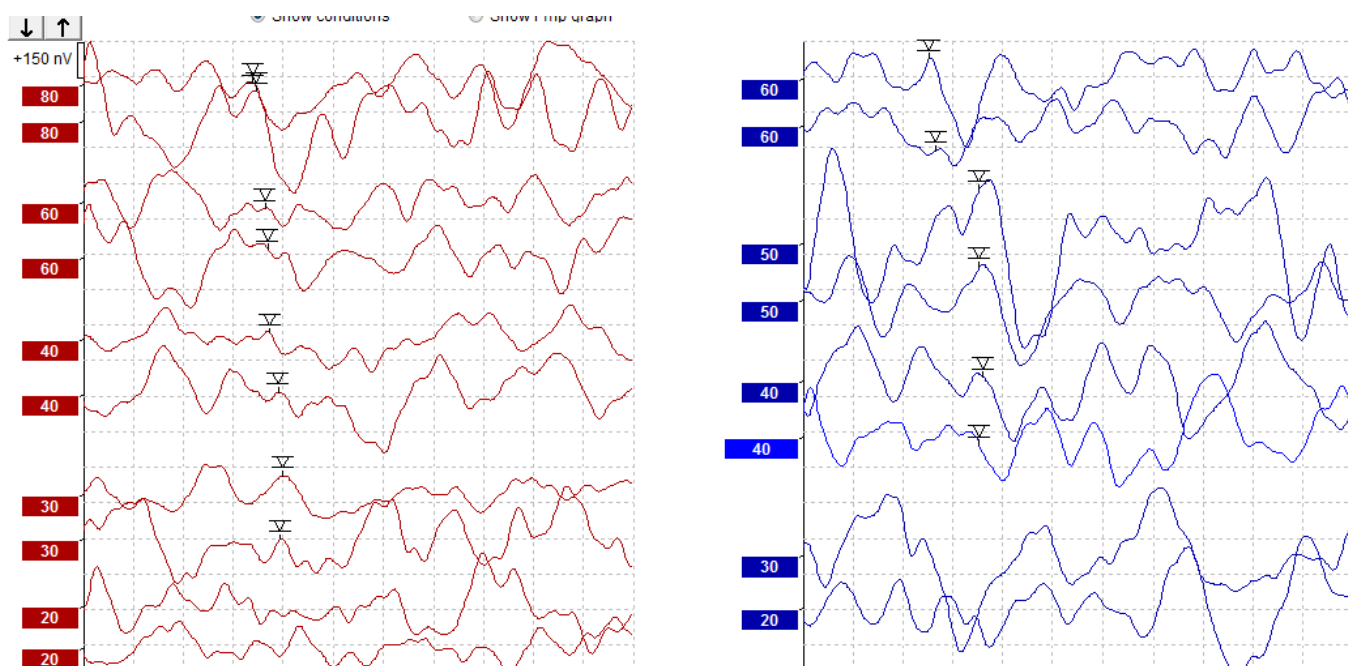


Рис. 5.1. КСВП Chirp-стимул 1000 Гц.

При стимуляции Chirp-стимулом частотой в 2000 Гц предполагаемые пороги слуха определялись на 20 dBHL справа, 60 dBHL слева (рис 5.2); при стимуляции в 4000 Гц 20 dBHL и 70 dBHL справа и слева соответственно.

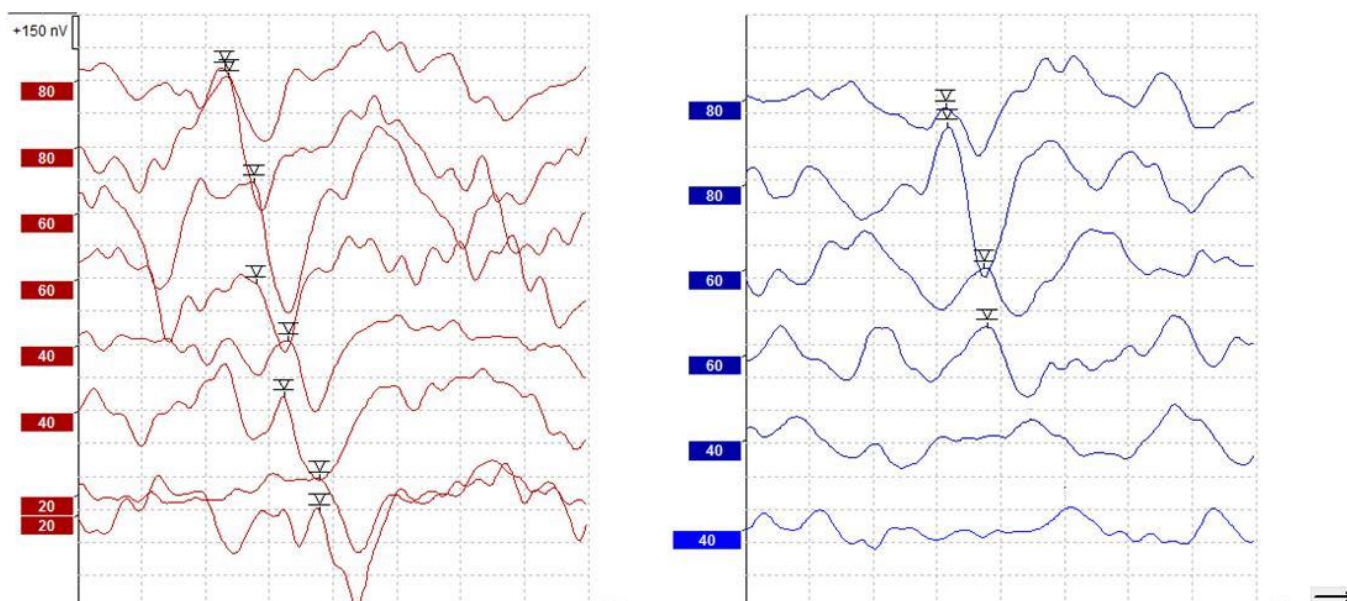


Рис. 5.2. КСВП Chirp-стимул 2000 Гц.

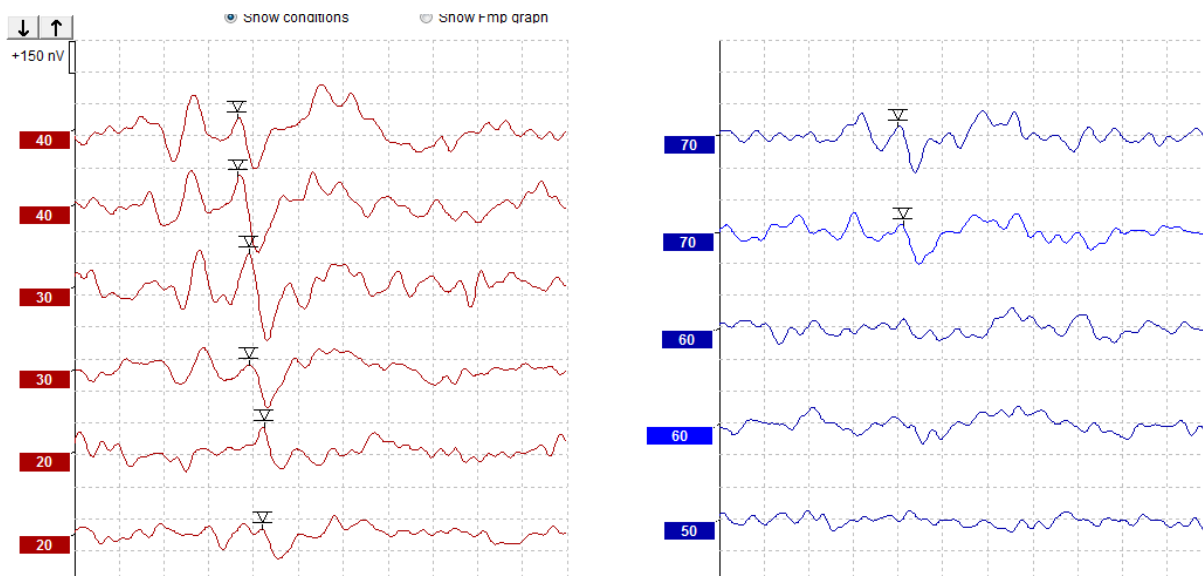


Рис. 5.3. КСВП Chirp-стимул 4000 Гц.

На частоте 500 Гц на момент обследования (тимпанограмма тип «В» AD, AS) у пациента достоверных результатов получено не было (рис 5.3).

Обследование пациента Ш. было повторно проведено через 1 месяц. Пациент был консультирован лор - врачом, диагностирован двухсторонний экссудативный отит, проведено консервативное лечение.

Повторное обследование: импедансометрия – тимпанограмма тип А с двух сторон; отоакустическая эмиссия – прошел справа, не прошел слева;

ASSR – тест – слева – повышение порогов слуха слева на 1000, 2000 и 4000 Гц до 40, 50 и 60 dBHL соответственно (рис 5.4).

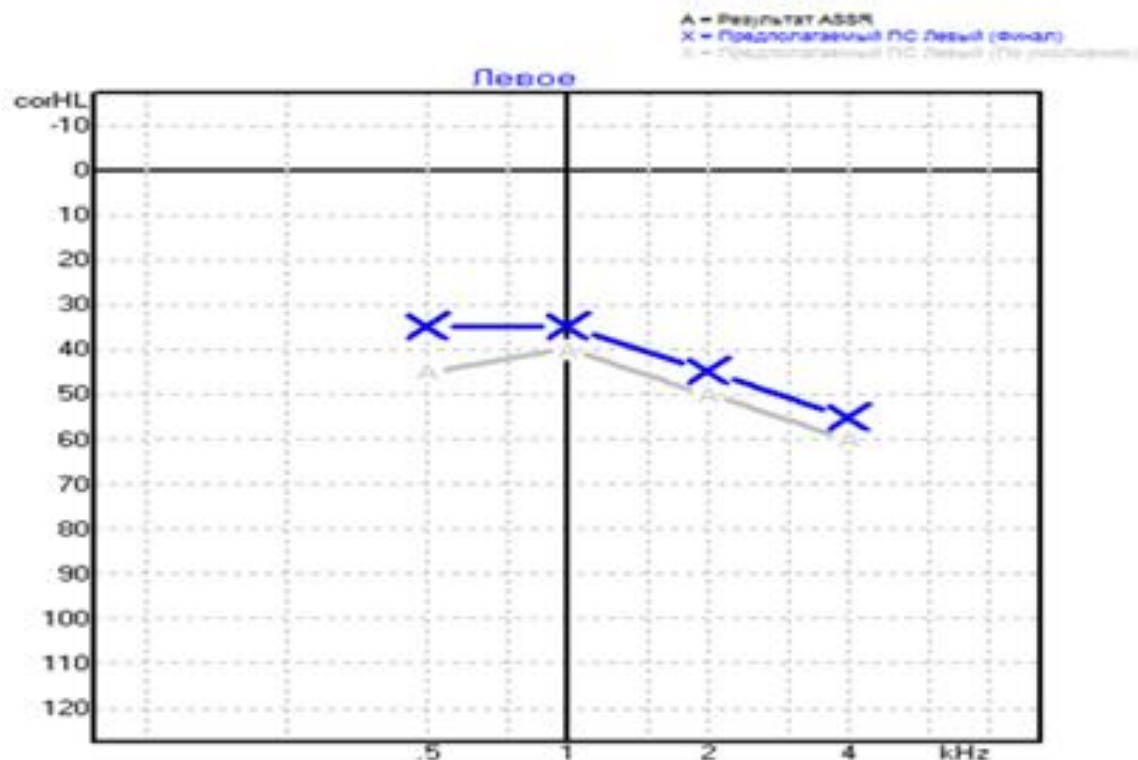


Рис 5.4 ASSR – тест у пациента после проведения лечения.

Таким образом, при условии использования частотно-выверенного Chirp-сигнала стало возможным определение сенсоневрального компонента у пациентов со смешанной формой тугоухости у пациентов, которым необходимо проведение объективного исследования слуха. Появилась возможность объективно оценить состояние слухового нерва до купирования признаков воспаления, эвакуации жидкости из полости среднего уха и нормализации функции слуховой трубы. Проведение КСВП с использованием Chirp-стимула помогает снизить риск поздней диагностики сенсоневральной тугоухости на фоне патологии среднего уха у детей. Сохраняет настороженность врачей и родителей к вероятной патологии улитки после купирования явлений отита. Помогает провести частотно-специфический анализ снижения слуха на высоких частотах. Становится возможным прогнозирование состояния слуха после лечения. Как следствие становится возможной ранняя диагностика снижения слуха и появляется возможность предотвратить задержку речевого развития у ребенка.

ГЛАВА 6

Модификация алгоритма объективного исследования состояния слуха и дополнительный метод объективной оценки восприятия у пациентов с кондуктивной тугоухостью

В связи с необходимостью раннего выявления проблем, связанных с нарушениями слуха, на территории Российской Федерации при участии ФГБУ НКЦО ФМБА России была внедрена программа двухэтапного неонатального аудиологического скрининга.

Неонатальный скрининг – массовое обследование новорожденных детей, один из способов выявления, наиболее распространенных врожденных и наследственных заболеваний [99, 67].

Обнаружение отклонений при измерении импеданса среднего уха (тимпанограммы типов «В» и «С») являлось до настоящего времени поводом для приостановления аудиологического обследования до момента нормализации параметров акустического импеданса, так как запись отоакустической эмиссии, коротколатентных вызванных потенциалов при условии использования акустического щелчка должна проходить при условии нормального звукопроводения [53,54]. Пациенты направлялись на консультацию к лор врачу, проводились реабилитационные мероприятия по поводу нормализации проходимости слуховых труб, купирования воспаления в среднем ухе, однако должного внимания к проблеме вовлечения в патологический процесс слухового нерва не уделялось. Обнаружение повышения порогов слуха на втором этапе скрининга призвано помочь врачам и родителям не пропустить диагноз «сенсоневральная тугоухость» и вовремя провести адекватные реабилитационные мероприятия.

После определения у пациента наличия кондуктивной тугоухости («Тест не пройден» по данным ЗВОАЭ; тимпанограмма типов «В» и «С») при невозможности проведения тональной пороговой аудиометрии целесообразно применение метода регистрации коротколатентных слуховых вызванных

потенциалов мозга на широкополосный Chirp-стимул. Благодаря его частотным составляющим данный сигнал вызывает возбуждение большого участка базилярной мембраны улитки, а благодаря временной синхронизации, стимуляция участков, отвечающих за различные частоты, происходит одновременно. Указанные механизмы обеспечивают выраженно большую амплитуду V – пиков при проведении КСВП, а вследствие и преимущество использования широкополосного Chirp – стимула перед акустическим щелчком. Амплитуда выявленных V пиков КСВП при использовании Chirp – стимулов выраженно превышает амплитуду пиков при приближении к пороговой интенсивности. При получении положительного ответа на уровне интенсивности в 50 дБ и менее обследование можно закончить. При отсутствии ответа необходимо исследование Chirp-стимулом в 1000, 2000, 4000 Гц. Проведение исследования у пациентов с кондуктивной тугоухостью на частоте 500 Гц нецелесообразно (Рис 6.1) Повышение порогов слуха на высоких частотах по данным КСВП - исследования свидетельствует о поражении улитки.

[55]

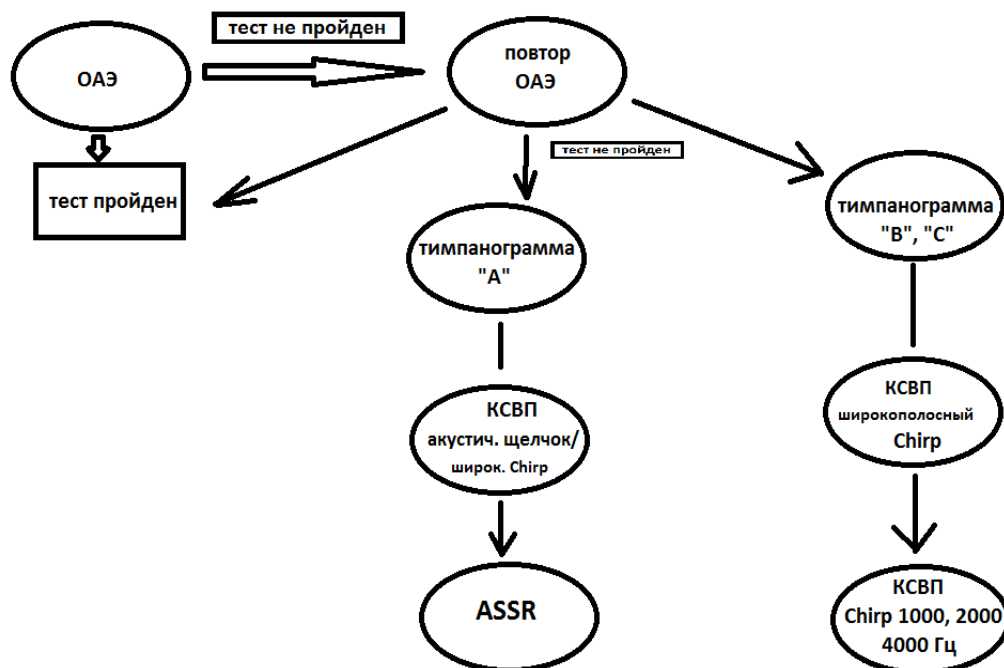


Рис. 6.1 Модификация алгоритма объективного аудиологического

обследования пациентов с кондуктивной формой тугоухости и при нормальном импедансе среднего уха.

При необходимости проведения КСВП у пациентов с тимпанограммой типа «А» время исследования также будет значительно сокращено при использовании широкополосного Chirp – стимула в сравнении с акустическим щелчком.

Исследование стационарных слуховых ответов мозга (ASSR-тест) у пациентов с кондуктивной формой тугоухости нецелесообразно [55]. Альтернативой может служить КСВП-исследование с использованием частотно-специфических Chirp-стимулов на частотах в 1000, 2000, 4000 Гц. При этом проведение ASSR – теста по-прежнему остается наиболее точным для определения порогов слуха у пациентов с нормальным импедансом среднего уха, а независимость результатов теста от оценки аудиолога делает его результаты наиболее объективными.

Преимуществом исследования порогов слуха с помощью

Chirp – стимулов перед ASSR-тестом является возможность проведения обследования в состоянии спокойного бодрствования.

Заключение.

Информация о состоянии слуха важна для диагностики заболеваний уха, для решения вопроса о выборе хирургических или консервативных методов лечения. Важное место объективные методы оценки слуха занимают в сфере профпатологии, при проведении медико-социальной экспертизы. Так же объективные данные о состоянии слуха необходимы для адекватного слухопротезирования. Однако особую роль объективное определение порогов слуха приобретает для пациентов младшей возрастной группы; для них диагностика нарушений слуха особенно важна с точки зрения социальной адаптации [5,20]. Наличие тугоухости с высокими порогами слуха играет большую роль в отношении интеграции пациента в социальной среде.

Приобретенная тугоухость имеет разнообразные причины. В зависимости от отдела органа слуха, подвергшегося патологическому воздействию, возникает кондуктивная, сенсоневральная или смешанная тугоухость. Смешанная форма тугоухости наблюдается при сочетании поражения звукопроводящего и звуковоспринимающего аппаратов.

Наиболее важной, критической для развития речи, является диагностика различных форм тугоухости у детей.

Своевременное, правильное определение патологии среднего и внутреннего уха дает возможность как можно раньше приступить к реабилитации слуха и интеграции ребенка в речевую среду.

Патология среднего уха у детей в некоторых случаях маскирует наличие сенсоневральной тугоухости, и купирование среднего отита снижает настороженность врачей и родителей к вероятной патологии улитки. Как следствие происходит поздняя диагностика снижения слуха и задержка речевого развития.

Экссудативные средние отиты являются частой патологией среднего уха пациентов раннего возраста, связанной с гипертрофией лимфоидной ткани

носоглотки. Длительно текущий ЭСО приводит к развитию кондуктивной или смешанной тугоухости.

Для подбора грамотных реабилитационных мероприятий у пациентов с различными формами тугоухости необходима детальная оценка слуха по всем частотам, в первую очередь речевого диапазона. Регистрация слуховых вызванных потенциалов мозга является методом, который предоставляет объективную информацию о работе центрального отдела слухового анализатора. На сегодняшний день основными методами, используемыми в практике, являются: акустическая импедансометрия; регистрация отоакустической эмиссии и регистрация различных классов слуховых вызванных потенциалов мозга. В настоящее время основным направлением в диагностике состояния слуха является поиск новых методов, объективно отражающих состояние слухового анализатора [29,30]. При обследовании пациентов в арсенале врача - сурдолога должны находиться наиболее современные методы. Из перечисленных выше исследований для объективной оценки уровня звуковосприятия наиболее важен метод регистрации КСВП, который представляет собой субмикроволновые слуховые вызванные потенциалы, получаемые при большом числе усреднений. Они отражают состояние слуховых стволовых ядер разного уровня и состояние слухового нерва. Коротколатентные слуховые вызванные потенциалы мозга значительно стабильнее, воспроизводимее и имеют меньшую вариабельность в сравнении с длиннолатентными слуховыми вызванными потенциалами. По этой причине КСВП получили наибольшее распространение в клинической практике.

Необходимы новые данные для повышения эффективности диагностики и коррекции слуха. Для выявления слуховых вызванных потенциалов при проведении КСВП могут быть использованы различные раздражители, в том числе акустические щелчки, чистые тоны или речевые стимулы. Традиционным стимулом при проведении КСВП является акустический щелчок [32].

Chirp стимулы были созданы для компенсации отсрочки периферического ответа, для увеличения когерентности между нервными

окончаниями, которые обычно асинхронно активируются стимулами, подобными щелчку.

Уравнения, определяющие временные характеристики chirp-стимула были получены на основе математической модели улитки. Преимуществом перед щелчками и тональными посылками является более узкий частотный спектр. Chirp-стимул, теоретически, дает одновременное максимальное смещение базальной мембраны улитки, отменяя время пробега всего кохлеарного отдела. Chirp – стимулы были апробированы в экспериментальных исследованиях и разработаны с использованием различных акустических моделей [52]. В этих моделях была высчитана отсрочка ответа, в зависимости от частоты подаваемого стимула, от начала воздействия акустического стимула на барабанную перепонку до возникновения нейронной активности слухового нерва или ствола мозга. В связи с увеличением временной когерентности, обеспеченной стимуляцией Chirp-стимулом, значительно ярче проявляется выраженность нервного ответа, чем при стимуляции акустическим щелчком. Широкополосный Chirp имеет тот же спектр и ту же калибровку значений интенсивностей, что и акустический щелчок. Разница заключается во времени презентации низко-, средне- и высокочастотных компонентов раздражителей в целях обеспечения большей нейронной синхронизации.

Chirp-стимул вызывает большую амплитуду V пика на всем диапазоне частот, чем тональный импульс с аналогичными характеристиками. Кроме того, выявлена разница в латентности V пика для этих двух раздражителей.

Обнаружение отклонений при проведении импедансометрии (тимпанограммы типов «В» и «С») является в настоящее время поводом для приостановления аудиологического обследования до нормализации параметров акустического импеданса, так как запись отоакустической эмиссии, коротколатентных вызванных потенциалов при условии использования акустического щелчка должна проходить при условии нормального звукопроводения. Это означает, что ОАЭ, КСВП и ASSR – тесты не проводились, так как считались необъективными. С появлением нового класса сигналов

(Chirp-стимулов), специально созданных для одномоментной стимуляции большого количества нейронов, стало возможно проведение исследования функции улитки при наличии патологии среднего уха.

По результатам проведенных исследований при использовании chirp-стимула выявляются четко дифференцированные пики при исследовании на частотах 1000, 2000 и 4000 Гц, как у пациентов с нормальным слухом, так и с кондуктивной тугоухостью. При использовании тонального сигнала на этих частотах, пики определяются лишь у пациентов с нормальным слухом. При использовании чистых тонов в качестве стимула для регистрации КСВП у больных с кондуктивной тугоухостью наблюдается искажение конфигурации потенциалов и уменьшение их амплитуды.

Для стимуляции частотой в 500 Гц характерно наличие пиков лишь при стимуляции Chirp-сигналом здорового уха.

При появлении нового модифицированного стимула стало возможным проведение компьютерной аудиометрии пациентам с кондуктивной тугоухостью. Благодаря использованию Chirp-стимула можно оценить функциональную состоятельность внутреннего уха до лечения среднего отита, провести частотно-специфическое объективное исследование слуха с использованием методики КСВП, оценить результаты лечения у пациентов, которым невозможно выполнить тональную пороговую аудиометрию.

Увеличение амплитуды ответа ранее достигалось расширением зоны возбуждения базилярной мембраны улитки, для чего был предложен метод стимуляции сигналом, включающий в себя звуковой спектр, состоящий из нескольких частот – акустический щелчок[41]. При этом значительно снизилась частотноспецифичность сигнала. При использовании Chirp – стимула увеличение амплитуды ответа достигнуто с помощью временной дисперсии частотных компонентов сигнала [44]. Амплитуда пиков КСВП при использовании сигналов Chirp – группы по данным нашего исследования превышает амплитуду пиков при стимуляции акустическим щелчком и тональными посылками.

Использование Chirp – стимула при проведении объективной аудиометрии дает клиницисту возможность более чем в два раза сократить время обследования пациента, данный факт является наиболее актуальным при обследовании детей, когда по методике необходимо состояние естественного сна. Увеличение скорости проведения тестирования так же отмечено при обследовании Chirp-стимулами в сравнении с постоянными модулированными тонами.

Патология среднего уха у детей в некоторых случаях «маскирует» наличие сенсоневральной тугоухости, и купирование среднего отита снижает настороженность врачей и родителей к вероятной патологии улитки. Как следствие происходит поздняя диагностика снижения слуха и задержка речевого развития [27,28].

При условии использования частотно-выверенного Chirp-сигнала стало возможным определение сенсоневрального компонента у пациентов со смешанной формой тугоухости у пациентов, которым необходимо проведение объективного исследования слуха. Появилась возможность объективно оценить состояние слухового нерва до купирования признаков воспаления, эвакуации жидкости из полости среднего уха и нормализации функции слуховой трубы. Проведение КСВП с использованием Chirp-стимула помогает снизить риск поздней диагностики сенсоневральной тугоухости на фоне патологии среднего уха у детей. Сохраняет настороженность врачей и родителей к вероятной патологии улитки после купирования явлений отита. Помогает провести частотно-специфический анализ снижения слуха на высоких частотах. Становится возможным прогнозирование состояния слуха после лечения. Как следствие становится возможной ранняя диагностика снижения слуха и появляется возможность предотвратить задержку речевого развития у ребенка.

После определения у пациента наличия кондуктивной тугоухости целесообразно применение метода регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга на широкополосный Chirp-стимул. При отсутствии ответа необходимо исследование Chirp-стимулом в 1000, 2000, 4000

Гц. Проведение исследования у пациентов с кондуктивной тугоухостью на частоте 500 Гц нецелесообразно. Повышение порогов слуха на высоких частотах по данным КСВП - исследования свидетельствует о поражении улитки.

Исследование стационарных слуховых ответов мозга (ASSR-тест) у пациентов с кондуктивной формой тугоухости нецелесообразно[40.41] Альтернативой может служить КСВП-исследование с использованием частотно-специфических Chirp-стимулов на частотах в 1000, 2000, 4000 Гц. При этом проведение ASSR – теста по-прежнему остается наиболее точным для определения порогов слуха у пациентов с нормальным импедансом среднего уха, а независимость результатов теста от оценки аудиолога делает его результаты наиболее объективными. Преимуществом исследования порогов слуха с использованием Chirp – стимула для КСВП в сравнении с ASSR-тестом является возможность проведения обследования в состоянии спокойного бодрствования.

Выводы

1. При регистрации КСВП у нормально слышащих лиц использование Chirp – стимулов предпочтительнее за счет времени тестирования; при тестировании пациентов с кондуктивной тугоухостью (при сохранной анатомии уха) данный метод является единственным достоверным объективным частотно-специфическим методом диагностики слуха.

2. Амплитуда пиков КСВП при использовании Chirp –стимулов превышает амплитуду ответа по сравнению с традиционным раздражителем (акустический щелчок) или тональными посылками.

3. Методика регистрации КСВП с использованием Chirp – стимулов позволяет определять пороги звуковосприятия у пациентов с кондуктивной тугоухостью.

4. Объективная частотно-специфическая оценка сенсоневрального компонента тугоухости у пациентов с тимпанограммами типов «В» и «С» информативна при регистрации КСВП с широкополосным Chirp – стимулом на частотах 1000, 2000 и 4000 Гц.

Практические рекомендации

1. После определения у пациента наличия кондуктивной тугоухости («Тест не пройден» по данным ЗВОАЭ; тимпанограмма типов «В» и «С») при необходимости проведения дальнейшего объективного аудиологического исследования целесообразно применение метода регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга на широкополосный Chirp-стимул. При получении положительного ответа на уровне интенсивности в 50 дБ и менее обследование можно закончить. При отсутствии ответа необходимо исследование Chirp-стимулом в 1000, 2000, 4000 Гц. Проведение исследования у пациентов с кондуктивной тугоухостью на частоте 500 Гц нецелесообразно. Повышение порогов слуха на высоких частотах по данным данного исследования свидетельствует о поражении слухового нерва.

2. При необходимости проведения КСВП у пациентов с тимпанограммой типа «А» время исследования будет значительно сокращено при использовании широкополосного Chirp – стимула в сравнении с акустическим щелчком за счет сокращения количества пробегов, необходимых для достижения 99%-вероятности достоверности ответа.

3. Амплитуда выявленных V пиков КСВП при использовании Chirp – стимулов превышает амплитуду пиков при использовании акустического щелчка и тональных посылок, особенно при приближении к пороговой интенсивности.

4. Исследование стационарных слуховых ответов мозга (ASSR-тест) у пациентов с кондуктивной формой тугоухости нецелесообразно. Альтернативой может служить КСВП-исследование с использованием частотно-специфических Chirp-стимулов на частотах в 1000, 2000, 4000 Гц.

5. При использовании Chirp – стимулов возможно проведение исследования в состоянии спокойного бодрствования. Данный факт дает преимущество при обследовании пациентов с нормальным импедансом среднего уха перед ASSR-тестом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтман Я. А., Таварткиладзе Г. А. Клиническая аудиология. - М.: ДМК Пресс, 2003. – С. 199 – 212.
2. Бобошко М. Ю. Лопотко А. И. Слуховая труба. - СПб.: СпецЛит., 2003. - 360 с.
3. Богомильский М. Р. Детская оториноларингология в России – реалии, проблемы и перспективы // Вестн. оториноларингологии. – 2006. №1. -С. 4 - 7.
4. Бронякин С. Ю. Современные возможности применения метода регистрации стационарных слуховых вызванных ответов // Рос. оториноларингология. - 2007. № 1. – С. 25 – 30.
5. Глухова Е. Ю. Слуховые вызванные потенциалы у новорождённых детей // Новости оториноларингологии и логопатологии. 2000. №3. - С. 107 - 112.
6. Гнездицкий В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике // М.: МЕДпресс-информ. 2003. - 264 с.
7. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография // М.: МЕДпресс-информ. 2004. – С. 132 - 134.
8. Григорьева И. Ф. Исследование коротколатентных слуховых вызванных потенциалов у детей в норме и при нарушениях слуха // Нарушение слуховой и вестибулярной функции (диагностика, прогноз, лечение): сб. тр. - СПб. 1993. - С. 106 - 113
9. Диагностическое обследование пациентов – кандидатов на кохлеарную имплантацию / Ю. К. Янов [и др.] // Российская оториноларингология. -2005. № 6 (19). - С. 61 - 68
- 10.Единая система аудиологического скрининга: метод. рекомендации / Г. А. Таварткиладзе [и др.] // М., 1996. - 150 с.
- 11.Ермолаев В. Г., Левин А. Л. Практическая аудиология. // М.: Медицина. 1969. - С. 172 - 173

12. Левин С. В. Использование слуховых вызванных потенциалов в современных аудиологических исследованиях: автореф. дис. ... канд. мед. наук. - М. 2009. - 21с.
13. Метод объективной оценки слуховой функции по данным коротколатентных слуховых вызванных потенциалов/ И. Н. Дьяконова [и др.] // Вестник оториноларингологии. 1994. №4. - С. 27 - 31.
14. Методики эпидемиологического исследования нарушений слуха: метод. рекомендации / Г. А. Таварткиладзе [и др.]. М. 2006. - 21 с.
15. Основы аудиологии и слухопротезирования / В. Г. Базаров [и др.] // М.: Медицина.- 1984.- 252 с.
16. Пашков А. В. Акустические вызванные потенциалы мозга на переходные и стационарные состояния слухового анализатора в зависимости от порогов слуха у больных с сенсоневральной тугоухостью: автореф. дис. ... канд. мед. наук. - М. 2004. - 22 с.
17. Понятия и термины аудиологии и сурдологии / Н. А. Дайхес [и др.] // М.: Медицина. 2004. - С. 38 – 39
18. Преображенский Н. А., Гольдман И. И. Экссудативный средний отит. — М.: Медицина, 1987, 192 с.
19. Рыбалко Н. В. Раннее выявление и дифференциальная диагностика нарушений слуха у детей с помощью регистрации длиннолатентных слуховых вызванных потенциалов // Журн. ушных, носовых и горловых болезней. 1988. № 5. - С. 14 - 20
20. Сапожников Я. М. Богомильский М.Р. Современные методы диагностики, лечения и коррекции тугоухости и глухоты у детей // М.: Икар. 2001. - 250 с.
21. Солдаткина Ф.И., Фридман В.Л., Скибина О.Г. О диагностике нарушений слуха методом регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов // Рос. оториноларингология. 2009. № 6 (43). -С. 104 – 106.

- 22.Таварткиладзе Г. А. Слуховые вызванные потенциалы в диагностике различных форм тугоухости: пособие для врачей // М. 1999. - 33 с.
- 23.Таварткиладзе Г. А. Шматко Н. Д. Диагностика и коррекция нарушенной слуховой функции у детей первого года жизни // М.: Полиграф сервис. 2001. - 60 с.
- 24.Тарасов Д.И., Федорова О.К., Быкова В.П. Заболевания среднего уха. М 1988;131—145.
- 25.Хечинашвили С. Н. Кеванишвили С.Н. Слуховые вызванные потенциалы человека // Тбилиси: Сабчота Сакартвело. 1985. - 365 с.
- 26.Уильямсон И. Хронический средний серозный отит// Вестник оторинолар. №1 2002., с.48-50
- 27.Экссудативный средний отит / В.Н. Яковлев [и др.]// Вестник оториноларингологии №6 2010., с. 77-80
- 28.Ясинская А. А. Аудиологический скрининг, основанный на регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. - М. 2006. - 28 с.
- 29.American Academy of Pediatrics, Committee on Practice and Ambulatory Medicine. Recommendations for preventive pediatric health care // Pediatrics. 2000. V. 105, № 2. - P. 645 – 646.
- 30.American Academy of Pediatrics, Task Force on Improving the Effectiveness of Newborn Hearing Screening, Diagnosis, and Intervention. Universal Newborn Hearing Screening, Diagnosis, and Intervention: Guidelines for Pediatric Medical Home Providers // American Academy of Pediatrics. 2003. - P. 25 - 30.
- 31.Archbold S., Lutman M., Marshall D. Categories of Auditory Performance // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 1995. V. 166, № 2. - P. 312 - 314.
32. Auditory Steady-State Evoked Potentials in Newborns / F. W. Rickards [et al.] // British J. of Audiology. 1994. V. 28, № 6. - P. 327 - 337.
- 33.Bachmann K., Arvedson J. Early identification and intervention for children who are hearing impaired // Pediatr. Rev. 1998. V. 19, № 5. - P. 155 – 165.

34. Brooks D. N. Acoustic impedance measurement as screening procedure in children: discussion paper // *J. Soc. Med.* 1985. V. 78, № 2. - P. 119 - 121.
35. Brooks D. N. Acoustic impedance measurements in diagnosis // *Proc. Soc. Med.* 1974. V. 67, № 8. - P. 698 - 702.
36. Cebulla M., Stürzebecher E., Elberling C. Objective detection of auditory steady-state responses: comparison of one-sample and q-sample tests // *J. Am. Acad. Audiol.* 2006. V. 17, № 2. - P. 93 - 103.
37. Comparison of steady-state evoked potentials to modulated tones in awake and sleeping humans / L. Cochen [et al.] // *Journal of the Acoustical Society of America.* 1991. V. 90, № 2. - P. 2467 - 2479.
38. De Boer, E. Auditory physics. Physical principles in hearing theory. Part I. *Phys. Rep.* 1980. 62, 87-174.
39. Distortion-product otoacoustic emission input/output characteristics in normal-hearing and hearing-impaired human ears / S. Neely [et al.] // *J. Acoust. Soc. Am.* 2009. V. 126, № 2. - P. 728 - 738.
40. Eggermont J. J. Analysis of the click-evoked brainstem potentials in man using high-pass noise masking // *J. Acoust. Soc. Am.* 1978. V. 63, № 4. - P. 1084 - 1092.
41. Elberling C., Callo J., Don M. Evaluating auditory brainstem responses to different chirp stimuli at three levels of stimulation // *J. Acoust. Soc. Am.* 2010. V. 128. № 1. P. 215-223.
42. Further efforts to predict pure-tone thresholds from distortion product otoacoustic emission input/output functions / M. P. Gorga [et al.] // *J. Acoust. Soc. Am.* 2003. V. 113, № 1. - P. 3275 – 3284.
43. Green G., Kay R. The dynamic characteristics of the stapedius reflex in humans // *J. Physiol.* 1979. V. 296, № 5. - P. 15 - 16.
44. Hall W. J. *Handbook of Auditory Evoked Responses* // Allyn and Bacon Publ. 1992. - 871 p.
45. Harlor A. D. Jr., Bower C. Hearing assessment in infants and children: recommendations beyond neonatal screening // *Pediatrics.* 2009. V. 124, № 4. P. 1252 - 1263.

46. Hearing impairment: a population study of age at diagnosis, severity, and language outcomes at 7-8 years / M. Wake [et al.] // Arch. Dis. Child. 2005. V. 90, № 3. - P. 238 - 244.
47. Highly variable population-based prevalence rates of unilateral hearing loss following the application of common case definitions / D. Ross [et al.] // Ear Hear. 2010. V. 31, № 4. - P. 126 - 133.
48. Human auditory steady - state potentials / D. R. Stapells [et al.] // Ear and Hearing. 1984. V. 5, № 2. - P. 105 - 113.
49. Jeger J. Clinical experience with impedance audiometry // Arch. Otolaryng. 1970. V. 92, №1. - P. 311 - 324.
50. Jewett D.L. Volume-conducted potentials in response to auditory stimuli as detected by averaging in the cat // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1970. V.28, № 6. – P. 609 - 618.
51. Kittrell A., Arjmand M. The age of diagnosis of sensorineural hearing impairment in children // Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1997. V. 40, № 3. - P. 97 – 106.
52. Kristensen G. B., Elberling C. Auditory Brainstem Responses to Level-Specific Chirps in Normal-Hearing Adults // J. Am. Acad. Audiol. 2012. V. 23. № 9. P. 712-721.
53. Language of early- and later-identified children with hearing loss / C. Yoshinaga-Itano [et al.] // Pediatrics. 1998. V. 102, № 2. P. 1161 – 1171.
54. Levy H. Newborn screening perspective // Yale J. Bio. Med. 1991. V 64, № 1. - P. 17 - 18.
55. Luts H., Wouters J. Comparison of Master and Audera for measurement of auditory steady-state responses // Int. J. of Audiology. 2005. V 44, № 4. - P. 244 – 253.
56. Luts H., Wouters J. Hearing assessment by recording multiple auditory steady-state responses: the influence of test duration // Int. J. Audiol. 2004. V. 43, № 8. - P. 471-478.
57. Madell J. R. Behavioral evaluation of hearing in infants and young children // New York: Thieme. 1998. V 1. - P. 199 - 200

58. Measures of follow-up in early hearing detection and intervention programs: a need for standardization / C. Mason [et al.] // *Am. J. Audiol.* 2008. V. 17, № 2. - P. 60 - 67.
59. Metz O. Threshold of reflex contractions of muscles of middle ear and recruitment of loudness // *A. Arch. Otolaryngol.* 1952. V. 55, № 5. - P. 536 – 543.
60. Mordaunt L., Cunningham C., Kan K. Computer assisted management of a regionalized newborn screening program // *J. Med. Syst.* 1988. V. 12, №2. - P. 77 - 88.
61. Mühler R., Rahne T., Verhey J.L. Auditory brainstem responses to broad-band chirps: Amplitude growth functions in sedated and anaesthetised infants // *J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2012. № 10. P. 165-174.
62. New clicklike stimuli for hearing testing / M. Cebulla [et al.] // *J. Am. Acad. Audiol.* 2007. V. 18, № 9. - P. 725 - 738
63. New efficient stimuli for evoking frequency-specific auditory steady-state responses/ E. Sturzebecher [et al.] // *J. Am. Acad. Audiol.* 2006. V. 17, № 6. - P. 448 - 461.
64. Newborn hearing screening: experience in a Malaysian hospital / A. Abdullah [et al.] // *Singapore Med. J.* 2006. V. 47, № 1. - P. 60 - 63.
65. Otoacoustic emissions from normal hearing and hearing-impaired subjects: distortion product responses / M. P. Gorga [et al.] // *J. Acoust. Soc. Am.* 1993. V. 93, № 4. - P. 2050 – 2060.
66. Plourde G., Stapells D. R., Picton T. W. The human auditory steady-state evoked potentials // *Acta Otolaryngologica (Stockh.)*. 1991. V. 491, № 6. - P. 153 - 160.
67. Prevalence of hearing loss among children 6 to 19 years of age: the Third National Health and Nutrition Examination Survey / A. Niskar [et al.] // *JAMA.* 1998. V. 279. № 4. - P.1071 - 1075.
68. Regan D. Human brain electrophysiology: Evoked potentials and evoked magnetic fields in science and medicine // New York: Elsevier. 1989. P. 1 – 20.
69. Robbins A., Osberger M. Meaningful Use of Speech Scale // Indianapolis: Indiana University School of Medicine. 1990.

70. Robbins A., Renshaw J., Berry S. Evaluating meaningful auditory integration in profoundly hearing-impaired children // *Am. J. Otol.* 1990. V. 12. - P. 144 - 150.
71. Rodrigues G., Lewis D., Fichino S. Steady-state auditory evoked responses in audiological diagnosis in children: a comparison with brainstem evoked auditory responses // *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 2010. V. 76, № 1. - P. 96 – 101.
72. Soares J., Carvalho R. Tone burst evoked otoacoustic emissions in neonates // *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 2009. V. 75, № 3. - P. 441 - 448.
73. Stapells D., Picton T., Smith A. Normal hearing thresholds for clicks // *J. Acoust. Soc. Am.* 1982. V. 72, № 1. - P. 74 - 79.
74. Steady State Evoked Potentials: A New tool for the accurate Assessment of Hearing in Cochlear Implant Candidates / G. Rance [et al.] // *Adv. Otorhinolaryngol.* 1993. V. 48. P. 44 - 48.
75. Swannie E. M. Impedance audiometry in clinical practice // *Proc. R. Soc. Med.* 1966. V. 59, № 10. - P. 971 – 974.
76. Terkildsen K., Thomsen K. The influence of pressure variations on the impedance of the human ear drum. A method for objective determination of the middle-ear pressure // *J. Laryngol. Otol.* 1959. V. 73, № 3. - P. 409 – 418.
77. The auditory steady-state response: full-term and premature neonates / B. Cone-Wesson [et al.] // *J. Am. Acad. Audiol.* 2002. V. 13, № 5. - P. 260 - 269
78. Vohr B. Overview: infants and children with hearing loss // *Ment. Retard. Dev. Disabil. Res.* 2003. V. 9, № 1. - P. 62 - 64.
79. US Public Health Service Newborn screening // *Am Fam Physician.* 1994. V. 50. - P. 354 - 358.
80. Zenker Castro F., Fernández Belda R., Barajas de Prat J. Fitting hearing aids in early childhood based on auditory evoked potentials in steady states // *Acta Otorrinolaringol. Esp.* 2006. V. 57, № 9. - P. 388 - 393.

Приложение.

Таблица 1. Значение амплитуды V-пика КСВП при использовании различных классов стимулов различной частоты и интенсивности.

№ иссл.	500 Гц				1000 Гц				2000 Гц				4000 Гц			
	60ДБ		80ДБ		60ДБ		80ДБ		60ДБ		80ДБ		60ДБ		80ДБ	
	ТОН	Шир	ТОН	Шир	ТОН	Шир	ТОН	Шир	ТОН	Шир	ТОН	Шир	ТОН	Шир	ТОН	Шир
1	0,18	0,09	0,42	0,08	0,53	0,35	0,37	0,07	0,28	0,14	0,17	0,09	0,2	0,63	0,28	0,34
2	0,19	0,14	0,40	0,08	0,43	0,27	0,42	0,03	0,30	0,51	0,41	0,10	0,22	0,91	0,25	0,47
3	0,30	0,06	0,38	0,19	0,44	0,38	0,42	0,03	0,26	0,38	0,51	0,22	0,38	0,52	0,31	0,44
4	0,43	0,04	0,30	0,06	0,24	0,48	0,61	0,28	0,26	0,44	0,41	0,11	0,21	0,51	0,44	0,46
5	0,11	0,34	0,18	0,05	0,29	0,35	0,43	0,26	0,07	0,21	0,39	0,28	0,17	0,51	0,51	0,49
6	0,10	0,40	0,21	0,04	0,41	0,26	0,28	0,27	0,29	0,27	0,55	0,40	0,22	0,47	0,59	0,33
7	0,16	0,04	0,34	0,06	0,25	0,24	0,63	0,49	0,19	0,54	0,40	0,16	0,17	1,52	0,54	0,89
8	0,13	0,07	0,30	0,04	0,75	0,34	0,14	0,38	0,21	0,49	0,11	0,21	0,21	1,02	0,36	0,14
9	0,14	0,04	0,14	0,60	0,17	0,32	0,20	0,41	0,14	0,40	0,26	0,41	0,18	0,31	0,37	0,64
10	0,11	0,04	0,22	1,71	0,11	0,27	0,39	0,33	0,20	0,40	0,26	0,31	0,13	0,32	0,28	0,55
11	0,08	1,65	0,60	4,04	0,17	0,41	0,59	0,32	0,30	0,34	0,29	0,27	0,11	0,54	0,39	0,53
12	0,11	1,11	0,12	2,93	0,15	0,32	0,68	0,29	0,16	0,56	0,37	0,24	0,08	0,46	0,33	0,26
13	0,36	0,50	0,39	0,28	0,17	0,32	0,33	0,38	0,14	0,50	0,11	0,20	0,19	0,28	0,23	0,23
14	0,12	0,41	0,48	0,45	0,18	0,23	0,27	0,10	0,15	0,32	0,75	0,12	0,15	0,3	0,36	0,34
15	0,34	0,22	0,65	0,22	0,11	0,34	0,20	0,11	0,10	0,34	0,29	0,25	0,64	0,27	0,24	0,42
16	0,29	1,11	0,29	0,57	0,21	0,22	0,43	0,25	0,35	0,45	0,28	0,40	0,13	0,31	0,22	0,4
17	0,17	0,40	0,21	0,28	0,29	0,26	0,18	0,24	0,09	0,46	0,41	0,18	0,15	0,14	0,24	0,32
18	0,31	0,23	0,23	0,04	0,17	0,18	0,20	0,37	0,06	0,43	0,34	0,13	0,16	0,3	0,63	0,26
19	0,19	0,08	0,40	0,04	0,13	0,19	0,36	0,16	0,22	0,33	0,84	0,40	0,41	0,19	0,56	0,38
20	0,11	0,04	0,34	0,67	0,13	0,34	0,33	0,10	0,22	0,22	0,55	0,17	0,23	0,13	0,23	0,22
21	0,16	0,35	0,18	1,24	0,41	0,16	0,40	0,23	0,35	0,32	0,40	0,41	0,11	0,32	0,42	0,5
22	0,28	0,10	0,19	1,15	0,20	0,35	0,31	0,42	0,14	0,26	0,23	0,64	0,15	0,13	0,33	0,52
23	0,13	0,28	0,36	0,48	0,20	0,16	0,23	0,47	0,26	0,28	0,20	0,31	0,19	0,28	0,69	0,51
24	0,11	0,04	0,28	1,23	0,12	0,26	0,42	0,47	0,21	0,22	0,30	0,28	0,32	0,67	0,2	0,6
25	0,17	0,04	0,30	1,40	0,12	0,22	0,36	0,41	0,07	0,21	0,55	0,67	0,28	0,35	0,55	0,62
26	0,16	0,67	0,29	1,60	0,17	0,23	0,25	0,18	0,29	0,27	0,21	0,19	0,37	0,45	0,34	0,47
27	0,18	1,24	0,17	0,65	0,65	0,17	0,41	0,16	0,19	0,54	0,18	0,24	0,11	0,28	0,18	0,21
28	0,19	1,15	0,25	0,05	0,19	0,42	0,26	0,53	0,21	0,49	0,11	0,40	0,17	0,11	0,63	0,23
29	0,17	0,48	0,41	0,65	0,19	0,31	0,30	0,50	0,15	0,32	0,29	0,33	0,22	0,15	0,24	0,42
30	0,11	0,04	0,34	0,72	0,17	0,34	0,55	0,33	0,16	0,56	0,17	0,62	0,28	0,17	0,21	0,33
31	0,25	0,38	0,38	0,58	0,29	0,24	0,22	0,67	0,07	0,21	0,28	0,38	0,12	0,13	0,56	0,47
32	0,21	0,08	0,52	0,60	0,15	0,26	0,46	0,27	0,22	0,22	0,15	0,35	0,21	0,33	0,4	0,42
33	0,28	1,23	0,39	0,28	0,11	0,15	0,23	0,24	0,30	0,34	0,18	0,18	0,22	0,35	0,27	0,34
34	0,14	1,40	0,48	0,45	0,13	0,34	0,21	0,25	0,35	0,45	0,11	0,21	0,23	0,13	0,46	0,34
35	0,29	0,04	0,65	0,22	0,21	0,22	0,09	0,32	0,09	0,46	0,26	0,41	0,21	0,32	0,47	0,26
36	0,17	0,65	0,42	2,23	0,29	0,26	0,24	0,33	0,06	0,43	0,17	0,31	0,16	0,52	0,33	0,27
37	0,18	0,13	0,40	1,67	0,17	0,18	0,31	0,38	0,22	0,33	0,29	0,27	0,37	0,45	0,23	0,36
38	0,26	0,17	0,38	0,19	0,41	0,26	0,24	0,33	0,22	0,22	0,41	0,19	0,11	0,52	0,25	0,48

39	0,21	0,04	0,40	0,08	0,19	0,42	0,46	0,27	0,29	0,27	0,50	0,32	0,32	0,67	0,46	0,42
40	0,13	0,07	0,44	0,60	0,36	0,28	0,22	0,33	0,19	0,54	0,41	0,31	0,1	0,29	0,46	0,36
41	0,14	0,04	0,19	1,15	0,17	0,32	0,33	0,38	0,30	0,51	0,19	0,28	0,17	0,51	0,25	0,47
42	0,11	0,04	0,36	0,48	0,11	0,27	0,27	0,10	0,26	0,38	0,25	0,40	0,22	0,47	0,31	0,44
43	0,08	1,35	0,28	1,23	0,12	0,36	0,63	0,49	0,26	0,44	0,28	0,18	0,17	1,22	0,44	0,46
44	0,11	0,04	0,38	0,19	0,12	0,22	0,14	0,38	0,21	0,22	0,14	0,23	0,21	1,02	0,51	0,49
45	0,16	0,35	0,30	0,06	0,17	0,33	0,20	0,41	0,07	0,21	0,28	0,38	0,18	0,31	0,59	0,33
46	0,28	0,10	0,18	0,05	0,65	0,17	0,33	0,10	0,29	0,27	0,19	0,35	0,41	0,19	0,18	0,41
47	0,19	0,14	0,30	1,40	0,19	0,41	0,40	0,23	0,19	0,54	0,22	0,18	0,23	0,13	0,63	0,23
48	0,30	0,06	0,29	1,60	0,17	0,47	0,31	0,42	0,30	0,51	0,16	0,44	0,11	0,32	0,24	0,42
49	0,43	0,04	0,48	0,65	0,11	0,27	0,23	0,47	0,26	0,38	0,26	0,31	0,15	0,13	0,21	0,33
50	0,11	0,34	0,44	0,60	0,17	0,32	0,42	0,47	0,26	0,44	0,19	0,27	0,19	0,28	0,25	0,38
51	0,34	0,22	0,22	1,01	0,11	0,37	0,23	0,24	0,19	0,54	0,17	0,24	0,32	0,67	0,46	0,42
52	0,29	1,11	0,36	0,65	0,17	0,41	0,33	0,38	0,21	0,49	0,18	0,18	0,11	0,52	0,46	0,3
53	0,17	0,40	0,65	0,05	0,15	0,32	0,27	0,10	0,26	0,28	0,11	0,21	0,32	0,67	0,22	0,47
54	0,25	0,23	0,39	0,65	0,17	0,39	0,39	0,38	0,21	0,22	0,10	0,27	0,1	0,29	0,24	0,32
55	0,19	0,08	0,19	0,72	0,12	0,26	0,24	0,33	0,07	0,21	0,15	0,22	0,12	0,13	0,63	0,26
56	0,11	0,04	0,45	0,52	0,22	0,22	0,46	0,27	0,21	0,49	0,17	0,18	0,21	0,33	0,56	0,38
57	0,13	0,08	0,38	0,19	0,17	0,35	0,22	0,33	0,29	0,27	0,14	0,28	0,22	0,35	0,25	0,38
58	0,16	0,67	0,30	0,06	0,65	0,19	0,31	0,42	0,26	0,44	0,21	0,40	0,23	0,13	0,46	0,42
59	0,18	1,04	0,18	0,05	0,19	0,42	0,42	0,47	0,35	0,45	0,18	0,38	0,22	0,47	0,46	0,39
60	0,19	1,15	0,29	1,15	0,43	0,27	0,28	0,27	0,09	0,46	0,19	0,35	0,17	1,18	0,63	0,23
61	0,17	0,48	0,36	0,48	0,17	0,24	0,63	0,19	0,06	0,43	0,18	0,38	0,21	1,02	0,24	0,42
62	0,11	0,04	0,28	1,23	0,29	0,14	0,47	0,38	0,29	0,27	0,19	0,21	0,18	0,31	0,21	0,33
63	0,08	1,05	0,39	1,40	0,17	0,32	0,31	0,18	0,19	0,54	0,11	0,18	0,28	0,17	0,56	0,47
64	0,11	1,11	0,29	1,60	0,19	0,27	0,24	0,33	0,21	0,49	0,14	0,23	0,22	0,13	0,51	0,49
65	0,16	0,50	0,37	0,65	0,41	0,16	0,46	0,27	0,29	0,27	0,23	0,25	0,11	0,52	0,59	0,33
66	0,12	0,41	0,64	0,60	0,19	0,52	0,22	0,33	0,19	0,54	0,13	0,41	0,32	0,37	0,25	0,48
67	0,21	0,65	0,22	1,23	0,36	0,28	0,33	0,38	0,21	0,49	0,16	0,31	0,31	0,29	0,46	0,42
68	0,34	0,72	0,38	0,19	0,12	0,41	0,27	0,10	0,26	0,28	0,12	0,37	0,22	0,35	0,16	0,35
69	0,30	0,58	0,30	0,06	0,17	0,23	0,33	0,10	0,21	0,22	0,17	0,31	0,28	0,17	0,24	0,42
70	0,46	0,60	0,18	0,05	0,65	0,27	0,40	0,23	0,07	0,21	0,21	0,22	0,23	0,13	0,22	0,48
71	0,39	0,28	0,30	1,40	0,19	0,42	0,31	0,42	0,35	0,45	0,15	0,19	0,25	0,32	0,24	0,32
72	0,19	0,08	0,29	0,83	0,41	0,46	0,23	0,17	0,09	0,46	0,11	0,28	0,15	0,13	0,23	0,26
73	0,11	0,04	0,37	0,65	0,19	0,39	0,42	0,27	0,06	0,43	0,15	0,43	0,19	0,28	0,25	0,28
74	0,16	0,35	0,25	0,70	0,36	0,28	0,33	0,38	0,22	0,33	0,25	0,21	0,32	0,67	0,46	0,42
75	0,18	0,05	0,43	0,60	0,17	0,36	0,27	0,10	0,22	0,22	0,26	0,41	0,28	0,17	0,46	0,39
76	0,21	0,04	0,22	0,71	0,31	0,27	0,28	0,27	0,30	0,34	0,16	0,31	0,12	0,13	0,31	0,44
77	0,34	0,06	0,29	1,15	0,43	0,47	0,63	0,29	0,26	0,28	0,18	0,38	0,21	0,33	0,24	0,46
78	0,25	0,05	0,36	0,48	0,27	0,24	0,44	0,38	0,21	0,22	0,27	0,35	0,22	0,35	0,51	0,49
79	0,11	0,65	0,28	1,23	0,29	0,24	0,20	0,41	0,07	0,21	0,18	0,18	0,23	0,13	0,59	0,33
80	0,12	0,45	0,46	0,80	0,36	0,43	0,45	0,14	0,17	0,27	0,12	0,38	0,195	0,975	0,33	0,41
Среднее	0,1969	0,391	0,339	0,713	0,252	0,301	0,341	0,299	0,206	0,367	0,254	0,292	0,2147	0,4066	0,376	0,397

Таблица 2. Количество пробегов, проведенных при исследовании КСВП с использованием тонального сигнала и Chirp- стимула до достижения 99% вероятности достоверного ответа.

	1000 Гц		2000		4000		500	
	тон	chirp	тон	chirp	тон	chirp	тон	chirp
1	2668	786	1832	330	2333	664	1166	670
	1600	999	500	1333	450	658	650	500
	1400	170	1000	832	832	992	1320	1900
	1800	832	840	500	850	342	980	340
2	338	150	620	1500	655	666	769	1000
	1458	349	1200	500	760	658	844	832
	2879	670	880	1560	909	340	1650	570
	1287	832	776	670	1140	170	1440	450
3	832	500	1666	1049	1166	1000	1832	1337
	1832	489	2100	550	874	1500	1670	1166
	1000	1800	1300	832	1865	1300	1700	1165
	2300	823	1800	665	1165	1000	1760	1178
4	670	300	1523	440	832	156	1730	632
	1167	270	980	70	980	500	1060	775
	832	100	1344	672	780	340	1320	642
	700	500	1060	1130	832	560	580	556
5	860	500	832	780	1332	1665	665	1332
	1800	499	1665	1600	999	780	1700	1650
	1666	832	2500	1337	1665	800	1980	1205
	1980	1500	1900	870	2300	670	1800	1004
6	430	67	1166	560	560	20	1550	55
	875	78	860	120	333	270	970	650
	760	20	665	20	333	100	1220	889
	230	20	560	40	40	20	1080	540
7	500	110	170	333	40	170	1666	170
	500	500	1166	100	333	50	500	150
	180	100	1000	20	170	20	20	20
	500	100	500	499	40	20	300	333
8	1900	500	170	20	180	300	500	160
	1780	20	100	20	1300	670	1000	200
	1300	20	340	150	1870	832	1337	200
	2333	20	20	20	1166	100	832	170
9	1700	650	1000	333	1100	333	460	1166
	1100	450	1220	170	500	450	1330	180
	600	500	1700	170	670	270	1670	1600
	1100	670	1200	140	180	480	1220	1500
10	1666	30	1337	666	1500	832	832	666
	832	666	1337	640	832	666	1666	1000
	500	30	666	832	832	500	1837	1832
	666	400	500	1166	170	500	500	832

11	710	320	1473	470	710	215	1730	764
	1360	215	960	80	820	128	1233	985
	865	128	1545	654	410	490	1188	660
	732	530	1100	1040	520	498	600	590
12	820	490	853	750	1300	1400	670	1500
	1300	498	1730	1500	823	764	1854	1400
	1263	876	2600	1400	540	965	1300	1400
	1480	1400	1800	856	1400	660	1777	1505
13	410	63	1233	590	780	90	1666	63
	823	90	890	140	540	160	832	543
	780	28	635	80	535	120	1300	1011
	218	38	670	80	326	20	823	965
14	520	130	190	350	50	140	1700	130
	540	543	1188	150	367	80	851	160
	190	160	1100	60	380	80	100	80
	535	120	550	500	50	65	600	440
15	2365	764	1854	340	2221	590	1000	620
	1400	1011	600	1400	460	600	500	540
	1300	180	1010	860	860	840	1120	1800
	1700	965	876	520	860	356	1050	370
16	326	140	634	1505	670	673	780	1100
	1348	340	1300	600	780	687	857	854
	2737	660	870	1670	1010	390	1660	550
	1165	821	750	630	1150	230	1220	450
17	851	450	1777	1050	1348	1050	1835	1010
	1947	495	2050	500	1015	1400	1900	1230
	1015	1900	1450	840	1630	1200	1600	1280
	2229	876	1750	670	1200	990	1560	1600
18	1780	400	180	30	650	400	300	168
	1630	80	130	30	1230	870	990	221
	1200	75	350	145	1280	834	1276	200
	2550	60	30	40	1000	125	650	190
19	1600	630	1230	350	1050	345	480	1320
	1000	440	1280	187	670	470	1520	190
	500	490	1600	167	668	190	1620	1500
	1120	710	1000	130	190	486	1220	1100
20	1800	40	1104	668	1600	842	840	680
	1850	520	1020	630	950	663	1670	500
	1550	36	330	832	1010	520	1840	1030
	1012	140	303	745	1815	738	1394	518
Средн.	1213	446	1050	581	872	534	1178	780