

Наумова Ирина Витальевна

**ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА КАК ИНДИКАТОРЫ
ЭФФЕКТИВНОСТИ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ У ДЕТЕЙ С
ДВУСТОРОННЕЙ ГЛУХОТОЙ**

3.1.3. Оториноларингология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена на базе отдела оториноларингологии и сурдологии НИИ педиатрии и охраны здоровья детей Научно-клинического центра №2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»

Научный консультант:

Пашков Александр Владимирович, доктор медицинских наук, доцент

Официальные оппоненты:

Милешина Нейля Адельшиновна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры сурдологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Полунин Михаил Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедрой оториноларингологии Института хирургии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Сыроежкин Федор Анатольевич, доктор медицинских наук, доцент, заместитель начальника кафедры оториноларингологии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится 18 июня 2025 г. в _____ часов на заседании постоянно действующего диссертационного совета ПДС 0300.029 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале УНИБЦ (Научная библиотека) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6) и на сайте <https://www.rudn.ru/science/dissovet/dissertacionnye-sovety/pds-0300029>

Автореферат разослан «_____» _____ мая 2025 г.

Ученый секретарь ПДС 0300.029
кандидат медицинских наук, доцент

Чернолев Анна Ильинична

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Настройка процессора системы кохлеарной имплантации (КИ) – создание индивидуальной карты звуковосприятия является залогом эффективной реабилитации и развития речи в послеоперационном периоде. Ежегодно на территории Российской Федерации проводят до 1300 подобных вмешательств. С расширением показаний для проведения кохлеарной имплантации, растет число пользователей систем КИ младшего возраста (начиная с 6 месяцев жизни), лиц с сочетанной неврологической патологией, а также увеличивается количество пациентов со сложным дефектом, таким, как, слепоглухота [Чибисова С.С. и соавт., 2018; Лалаянц М.Р., 2014; Ehrmann-Müller D. и соавт. 2018]; такие пациенты, как правило, не способны дать надежной поведенческой обратной связи на слуховые ощущения, вызванные электростимуляцией от кохлеарного импланта. Вследствие этого растет потребность, как в развитии уже имеющихся, так и в разработке новых технологий объективной (т.е. не зависящей от ответной реакции) оценки уровней электростимуляции слухового нерва у пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации [Vlastarakos P.V. и соавт., 2017; Leigh J. и соавт., 2019].

Наиболее распространенными техниками объективной оценки уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом являются регистрация электрически вызванного стапедального рефлекса (Electrically Evoked Stapedial Reflex Threshold – ESRT) и регистрация электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (Electrically Evoked Compound Action Potential – ECAP). Корреляционная взаимосвязь значений порогов ESRT и максимально комфортных уровней электрической стимуляции (МКУ) настроечной карты процессора подтверждена результатами ряда исследований [Andrade K.C. и соавт., 2014; Spivak L.G. и соавт. 1994; Pérez-Rodríguez M.Á и соавт. 2023; Palani S. и соавт. 2022; Guo H. и соавт., 2021]. Вместе с тем, применение метода в клинической практике ограничено невозможностью зарегистрировать ответ у каждого пациента, в том числе, ввиду необходимости использования дополнительного оборудования и длительностью процедуры тестирования. Электрически вызванный потенциал действия слухового нерва (ECAP) представляет собой синхронизированный ответ, генерируемый группой электрически активированных нейронов слухового нерва. Большинство систем КИ имеют встроенный модуль регистрации ECAP; значения порогов ECAP используют в клинической практике для программирования порогов стимуляции в процессоре. Ограничением этого метода является необходимость получения как минимум 3-х надпороговых ответов с нарастающей амплитудой стимула для построения функции роста амплитуды, что не всегда возможно у чувствительных к электростимуляции пациентов. В связи с этим, необходимо иметь дополнительный либо альтернативный тест, который давал бы информацию о состоянии звуковосприятия пациентом.

Возможной альтернативой объективной регистрации порогов восприятия звуков в области речевых частотах (500, 1000, 2000, 4000 Герц - Гц) может стать метод регистрации стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы, подаваемые через громкоговорители к активированному процессору КИ [Van Eeckhoutte M. И соавт., 2018]. Тест регистрации стационарных слуховых потенциалов (Auditory Steady State Response – ASSR) с подачей стимула через внутриканальные и головные телефоны, а также костные вибраторы, используется для регистрации частотно-специфических порогов слуха, как правило, у детей раннего возраста [Пашков А.В., 2004; Deprez Н. И соавт., 2018; Alemi R. И соавт 2021]. Ответ ASSR на предъявляемые акустические стимулы представляет собой синхронизированный по фазе, происходящий из разных областей слухового пути (в зависимости от частоты модуляции) продукт общей нейронной активности. В клинической практике у детей применяют регистрацию ответов ASSR, генерируемых на участке ствола мозга (частота модуляции 80 – 100 Гц), поскольку они не зависят от созревания структур коры головного мозга. Регистрация ASSR с подачей стимула посредством акустического громкоговорителя ранее никогда не применялась у пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации. Изучение особенностей использования методики у данной группы пациентов позволит получить новые знания о специфике звуковосприятия, а также научно обосновать необходимость внедрения метода в клиническую практику в качестве дополнительного или альтернативного к уже существующим методикам объективизации слуховых ощущений на электростимуляцию от КИ.

Степень разработанности темы

Разработка максимально информативных и универсальных подходов к определению психофизических и электрофизиологических показателей эффективности настройки процессора системы кохлеарной имплантации является актуальным вызовом современной сурдологии - оториноларингологии.

Применение традиционных поведенческих методик для определения параметров электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом возможно только у пациентов, способных дать надежную обратную связь. Однако даже в этой категории пользователей использование показателей психофизических тестов не стандартизировано. Нет достаточной полноты сведений о вариабельности поведенческих порогов в свободном звуковом поле, полученных путем исследования большой репрезентативной выборки детей, использующих системы кохлеарной имплантации от различных производителей. По данным зарубежной и отечественной литературы, проведены единичные исследования [Глазунова С.С., 2013, Гойхбург М.В., 2013, 2014], указывающие на величину значений поведенческих порогов пациентов, использующих системы КИ различных производителей, что не дает возможности экстраполировать эти данные на всю совокупность пациентов. Кроме того, данный метод не

всегда выполним у пациентов, не достигших 6-летнего возраста (возрастной критерий проведения тональной пороговой аудиометрии).

Применение речевой аудиометрии, помимо возрастных ограничений, в силу языковых и культурных особенностей развития пациентов также ограничено и не может рассматриваться как единый индикатор эффективности кохлеарной имплантации.

В связи с этим, разработка нового персонифицированного направления ведения пациентов - пользователей систем кохлеарной имплантации, не зависящего от технических или индивидуальных особенностей, является актуальной.

Цель исследования: разработка и внедрение комплекса диагностических мероприятий для повышения эффективности слухоречевой реабилитации пациентов с двусторонней глухотой после проведенной кохлеарной имплантации.

Задачи исследования:

1. Разработать способ объективной оценки показателей электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом в ответ на акустическую стимуляцию у пациентов, использующих системы кохлеарной имплантации.
2. Исследовать вариабельность психофизических порогов и стационарных слуховых потенциалов, зарегистрированных в ответ на акустическую стимуляцию, в условиях свободного звукового поля, в зависимости от факторов пола, возраста, типа глухоты, технических особенностей системы КИ, опыта использования ребенком системы КИ, опыта предшествующего операции слухопротезирования, периодичности проведения слухоречевой реабилитации, частоты коррекции настроек звукового процессора.
3. Выявить значимые различия между величиной поведенческих порогов звуковосприятия и ответов стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле у пациентов детского возраста с двусторонней глухотой, использующих системы КИ.
4. Определить возможность использования результатов регистрации ASSR в качестве индикатора объективной оценки эффективности кохлеарной имплантации у пациентов детского возраста с двусторонней глухотой.
5. Проанализировать вариабельность показателей разборчивости речи в зависимости от факторов пола, возраста, типа глухоты, технических особенностей системы КИ, опыта использования ребенком системы КИ, опыта предшествующего операции слухопротезирования, периодичности проведения слухоречевой реабилитации, частоты коррекции настроек звукового процессора, пороговых значений ASSR у детей с двусторонней глухотой, использующих систему КИ.
6. Исследовать в возрастном аспекте особенности психометрических показателей пациентов детского возраста с двусторонней глухотой, использующих систему

кохlearной имплантации и сравнить их с показателями детей, имеющих нормальную функцию слухового анализатора.

7. Доказать клиническую эффективность применения разработанного способа объективной оценки показателей слухового анализатора для определения адекватных параметров электрической стимуляции слухового нерва кохlearным имплантом в качестве дополнительного либо альтернативного средства у пациентов, неспособных дать надежной обратной связи, в т.ч. при невозможности использования у них других методов объективизации слуховых ощущений.

Научная новизна работы

Разработан способ верификации уровней звуковосприятия у пациентов – пользователей систем кохlearной имплантации методом регистрации на акустическую стимуляцию стационарных слуховых потенциалов (Патент РФ № 2652733 от 28.04.2018) и показана возможность его применения в клинической практике в качестве предиктора поведенческих порогов у пациентов – пользователей систем кохlearной имплантации как альтернативы теста тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле. Выявлена взаимосвязь между средними значениями поведенческих порогов и ответов ASSR, подтвержденная анализом статистики парных выборок. Разность среднего поведенческих порогов и ответов ASSR на всех исследуемых частотах была статистически незначима и не превышала 3 дБ нПС ($p \leq 0,05$). На всех речевых частотах выявлена высокая корреляция между этими признаками: на частоте 500 Гц – $r = 0,794$, при $p\text{-value} = 0,000$; 1000 Гц – $r = 0,945$ при $p\text{-value} = 0,000$; 2000 Гц – $r = 0,968$ при $p\text{-value} = 0,000$; 4000 Гц – $r = 0,904$ при $p\text{-value} \leq 0,01$.

Впервые на большой выборке у пациентов, пользователей систем КИ, исследована вариабельность значений поведенческих порогов, зарегистрированных в условиях свободного звукового поля и порогов регистрации стационарных слуховых потенциалов на акустическую стимуляцию через процессор. Установлены величины средних значений поведенческих порогов, полученных с помощью тональной пороговой аудиометрии и ответов ASSR в условиях свободного звукового поля. Средние значения поведенческих порогов составили: частоте 500 Гц – от 25 до 55 дБ нПС ($M = 42 \pm 5,61$), на частоте 1000 Гц – от 25 до 50 дБ нПС ($M = 39,5 \pm 6,54$), на частоте 2000 Гц – от 15 до 60 дБ нПС ($M = 33,82 \pm 5,81$), на частоте 4000 Гц – от 20 до 60 дБ нПС ($M = 36,38 \pm 6,2$). Значения ответов ASSR находились в пределах: на несущей частоте 500 Гц – от 25 до 70 дБ нПС ($M = 44,74 \pm 6,79$), на несущей частоте 1000 Гц – от 25 до 70 дБ нПС ($M = 42,02 \pm 7,3$), на несущей частоте 2000 Гц – от 15 до 60 дБ нПС ($M = 33,24 \pm 6,78$), на несущей частоте 4000 Гц – от 20 до 65 дБ нПС ($M = 37,0 \pm 6,91$).

Разработан способ электрофизиологической оценки целостности системы кохlearной имплантации (Патент РФ № 2826238 от 12.03.2024), позволяющий на основе динамики

электрофизиологических компонентов ответа ASSR на акустическую стимуляцию верифицировать нарушение передачи данных в системе «КИ – процессор – имплант».

Впервые исследованы показатели регистрации стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы в аспекте объективных данных о слуховых ощущениях с учетом диапазона речевых частот у детей младшего возраста в раннем периоде слухоречевой реабилитации. Определен диапазон значений порогов регистрации стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы, соответствующий оптимальному уровню электрической стимуляции у пациентов – пользователей систем КИ: на несущих частотах 500 Гц – от 35 до 50 дБ нПС ($M = 41,67 \pm 5,14$), на несущей частоте 1000 Гц – от 30 до 50 дБ нПС ($M = 41,50 \pm 5,59$), на несущей частоте 2000 Гц – от 30 до 40 дБ нПС ($M = 34,33 \pm 3,14$), на несущей частоте 4000 Гц – от 25 до 40 дБ нПС ($M = 33,00 \pm 5,017$).

Предложен алгоритм использования результатов регистрации стационарных слуховых потенциалов на акустическую стимуляцию в качестве предиктора разборчивости речи у пациентов – пользователей систем кохлеарной имплантации. Данные, полученные в результате регрессионного анализа, подтвердили зависимость значения разборчивости речи в свободном звуковом поле, при предъявлении речевого материала интенсивностью стимула 65 дБ УЗД, от величин порогов ASSR. Коэффициент детерминации (R^2) для частоты 500 Гц составил – 0,111, 1000 Гц – 0,197, 2000 Гц – 0,065, 4000 Гц – 0,075.

Доказана эффективность применения способа регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов на акустические стимулы для получения дополнительных объективных данных о слуховых ощущениях у детей в раннем периоде слухоречевой реабилитации. Относительный размер эффекта клинического воздействия (SMD) был высоким и находился в пределах от 0,7 – 1,35 баллов.

Теоретическая и практическая значимость

Разработана научная концепция оценки эффективности слухоречевой реабилитации у пациентов-пользователей КИ. Полученные знания расширяют представления об особенностях звуковосприятия у данной группы пациентов.

Определены критерии эффективности слухоречевой реабилитации у пациентов-пользователей КИ с учетом возраста, опыта использования системы КИ, периодичности проведения коррекции настроек речевого процессора.

Предложенный алгоритм оценки психологического развития и структуры темперамента детей, использующих систему кохлеарной имплантации, позволяет быстро оценить факторы, регулирующие поведение ребенка, с целью определения необходимости в рамках мультидисциплинарного подхода направления пациента на консультацию к профильному специалисту.

Научное обоснование разработанной технологии верификации уровней звуковосприятия у пациентов – пользователей систем кохлеарной имплантации методом регистрации ASSR в свободном звуковом поле позволяет повысить эффективность слухоречевой реабилитации.

Результаты использования методики расширяют возможности реабилитации пациентов – пользователей системы КИ со сложным дефектом или отсутствием надежной обратной связи, когда традиционные объективные тесты невыполнимы, позволяя полноценно заменить тест тональной пороговой аудиометрии. Кроме того, предложенный способ может быть востребованным при верификации порогов звуковосприятия по запросу медико-социальной экспертизы. Полученные данные, в перспективе, дают возможность использовать разработанную методику в качестве одного из индикаторов эффективности кохлеарной имплантации у детей с двусторонней глухотой.

Положения, выносимые на защиту

1. Вариабельность поведенческих порогов и ответов стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы, предъявляемые в условиях свободного звукового поля, у пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации минимальна.
2. Значения поведенческих порогов и ответов стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы, предъявляемые в условиях свободного звукового поля, у пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации идентичны.
3. Значения ответов стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы, предъявляемые в условиях свободного звукового поля, у пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации, могут применяться в качестве предикторов поведенческих порогов и уровня разборчивости речи, то есть, индикаторов объективной оценки уровня электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом.
4. Психологическое развитие детей, длительно использующих систему кохлеарной имплантации, аналогично развитию их сверстников с нормальной функцией слухового анализатора.
5. Способ регистрации стационарных слуховых потенциалов на акустические стимулы, предъявляемые в условиях свободного звукового поля, эффективен для верификации уровней электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом, у пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации, не способных дать надежной обратной связи, при невозможности использования у них других рутинных методов объективизации.

Степень достоверности результатов и апробация работы

Достоверность результатов определяется проведением оценки внутренней, операциональной, конструктивной валидности исследования, репрезентативностью исследуемых групп пациентов, превышающих допустимый минимальный объем выборки; объем включенных в исследование пациентов – достаточный ($n = 200$). Для исключения системной ошибки отбора при формировании групп на каждом этапе применялись строгие критерии включения и исключения. Анализ, проводился с позиций доказательной медицины, с использованием современных методов статистической обработки данных и интерпретации полученных результатов, что обеспечило высокий уровень достоверности выводов и рекомендаций, изложенных в диссертационной работе.

Материалы научной работы представлены на научных конференциях: 15th International Conference on Cochlear Implants and other Implantable auditory technologies – CI2018, (Antwerp, 2018), 14th European Symposium on Pediatric Cochlear Implantation – ESPCI2019, (Bucharest, 2019 г.), VIII Петербургском форуме оториноларингологов России (Санкт-Петербург, 2019 г.), V международной междисциплинарной научно-практической конференции «Вопросы интеграции и междисциплинарного взаимодействия в оториноларингологии» (Самара, 2021 г.), XXXV World Congress of Audiology in Warsaw (Warsaw, 2022 г.), XI Петербургском форуме оториноларингологов России (Санкт-Петербург, 2022 г.), X Юбилейном Международном Междисциплинарном Конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи (Москва, 2022 г.), 1 Конгрессе международного общества по клинической физиологии и патологии - 1st congress of international society for clinical physiology and pathology - ISCPP (13-14 октября 2023 г., ON-LINE), XXV Конгрессе педиатров России «Актуальные проблемы педиатрии (Москва, 2024 г.), XII Юбилейном Международном Междисциплинарном Конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи (Москва, 2024 г.).

По результатам исследования опубликованы 37 научных работ по научной специальности 3.1.3. – Оториноларингология, из них в изданиях, входящих в перечень, рекомендуемый ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и РУДН – 33, 9 статей – в журналах международной базы цитирования Scopus и 2 статьи - в журналах базы цитирования RSCI. Получены 2 Патента РФ: № 2652733 «Способ настройки речевого процессора системы кохлеарной имплантации» (свидетельство №2652733 от 28.04.2018 г.) и № 2826238 «Способ электрофизиологической оценки целостности системы кохлеарной имплантации» (свидетельство № 2826238 от 12.03.2024г.). Результаты исследования вошли в актуальную версию клинических рекомендаций «Нейросенсорная тугоухость у детей».

Апробация диссертации проведена на объединенной научной конференции структурных подразделений ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» и кафедры оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», протокол № 7/25 от 29.01.2025.

Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит во включенном участии на всех этапах процесса научно-исследовательской работы. Автором самостоятельно проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, сформулированы цель и задачи исследования, разработан дизайн, определены объем и методы исследования, критерии включения пациентов в исследование и индивидуальные регистрационные карты обследования пациентов. Автор лично проводила обследование пациентов, включенных в исследование, создала базу данных, позволяющую провести статистически достоверный анализ полученных результатов. Доля участия автора в клинической части, обобщении и анализе полученных результатов составляет более 95%.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности

Диссертация на тему: «Психофизические и электрофизиологические показатели слухового анализатора как индикаторы эффективности кохлеарной имплантации у детей с двусторонней глухотой» соответствует паспорту специальности 3.1.3. Оториноларингология (медицинские науки) и областям исследования: п.1 «Исследования по изучению этиологии, патогенеза и распространенности ЛОР-заболеваний» и п.2 «Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики ЛОР-заболеваний».

Внедрение в практику

Результаты исследования внедрены в практическую работу НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» Минобрнауки России; Городского детского консультативно-диагностического сурдологического центра ГБУЗ «НИКИО им. Л.И. Свержевского» ДЗМ; СПб ГКУЗ «Детский городской сурдологический центр». Материалы диссертации внедрены в учебно-педагогический процесс кафедры оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 284 страницах машинописного текста, иллюстрирована 45 таблицами, 129 рисунками. Список литературы включает 230 источников: отечественных – 62; зарубежных – 168.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на базе отдела оториноларингологии и сурдологии НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» в рамках НИР «Совершенствование оказания медицинской помощи детям с сенсоневральной тугоухостью», № государственной регистрации АААА-А20-120060890062-0.

Согласно цели и задачам, исследование было разделено на этапы. Дизайн исследования демонстрирует рисунок 1. Первый этап проводился в дизайне экспериментального обсервационного нерандомизированного контролируемого исследования с проспективной оценкой психофизических показателей; второй – экспериментального, проспективного, продольного исследования в дизайне Single-Subject design, типа ATD – дизайн с чередующимся лечением, где происходит сравнение влияния двух переменных на зависимую переменную.

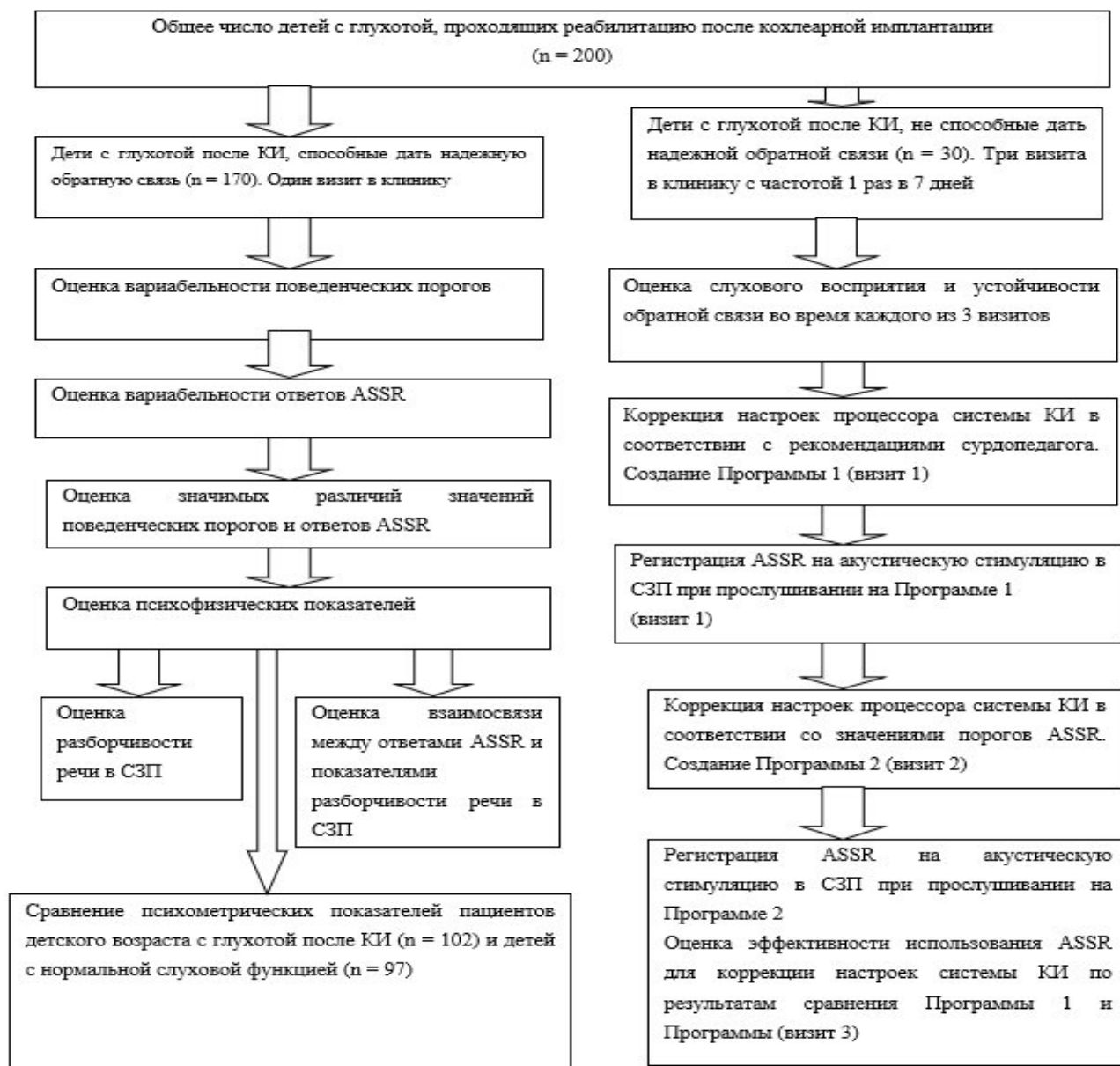


Рисунок 1 – Блок-схема дизайна исследования

Всего в исследование вошло 297 детей (200 пациентов с глухотой после КИ и 97 лиц с нормальным слухом для сравнения психометрических показателей разработанной технологии). В первый этап исследования были включены 170 пациентов детского возраста, использующих систему кохлеарной имплантации и способных дать надежную поведенческую обратную связь, в возрасте от 6 до 17 лет ($M = 8,88 \pm 2,95$). Им проводили оценку взаимосвязи между порогами звуковосприятия, полученными методом тональной пороговой аудиометрии при прослушивании через процессор системы кохлеарной имплантации (СКИ), в условиях свободного звукового поля, и ответами ASSR, зарегистрированными при подаче стимула с помощью акустической системы в условиях свободного звукового поля. Для верификации надежности поведенческой обратной связи всем пациентам перед включением в исследование проводили речевую аудиометрию. Распределение исследуемых по признаку принадлежности к полу демонстрировало равное соотношение пациентов мужского и женского пола: девочки составили 48,8% ($n = 83$), мальчики – 51,2% ($n = 87$).

Критерии включения пациентов в первый этап исследования:

- Возраст на момент исследования – от 6 до 17 лет
- Установленный диагноз двусторонней глухоты
- Отсутствие активных жалоб на снижение слуха и разборчивости речи при прослушивании через звуковой процессор (ЗП) системы кохлеарной имплантации (КИ)
- наличие подписанного информированного согласия от законных представителей всех испытуемых и детей старше 15 лет

Критерии невключения пациентов в первый этап исследования:

- Возраст, отличный от критериев включения
- Отсутствие подписанного информированного согласия от законных представителей всех испытуемых и детей старше 15 лет
- Отказ от проведения исследования

Критерии исключения пациентов из первого этапа исследования:

- Неспособность пройти тест тональной пороговой аудиометрии
- Повышенная электроэнцефалографическая активность во время проведения ASSR-теста

Во второй этап исследования были включены 30 пациентов – пользователей КИ со сложным дефектом и отсутствием надежной поведенческой обратной связи, у которых оказалось невозможным проведение рутинных объективных методов верификации порогов звуковосприятия. Возраст наблюдаемых варьировал от 1,2 до 11,0 лет ($Me = 2,7$ лет, $Q\ 25 - 75$). В данной выборке провели сравнение традиционного и нового, предложенного нами, способов настройки звукового процессора, а также оценку размера эффекта клинического воздействия

метода, основанного на использовании пороговых значений ASSR, полученных при применении разработанного нами способа регистрации.

Распределение по признаку пола и возраста демонстрировало преобладание пациентов мужского пола 66,7% ($n = 20$); девочки составляли 33,3% ($n = 10$).

Критерии включения пациентов во второй этап исследования:

- Установленный диагноз двусторонней глухоты
- Отсутствие надежной поведенческой обратной связи
- Невозможность проведения объективной оценки уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом стандартными методами
- Наличие подписанного информированного согласия от законных представителей всех испытуемых

Критерии невключения пациентов в исследование

- Наличие надежной поведенческой обратной связи
- Возможность проведения объективной оценки уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом стандартными методами
- Отсутствие подписанного информированного согласия от законных представителей всех испытуемых
- Отказ от проведения исследования

Критерии исключения пациентов из исследования

- Повышенная электроэнцефалографическая активность во время регистрации ASSR

Методы обследования пациентов

Оценка поведенческих порогов в свободном звуковом поле

Для определения значений поведенческих порогов всем испытуемым провели тональную пороговую аудиометрию (ТПА) с активированным звуковым процессором системы КИ в свободном звуковом поле при помощи клинического аудиометра AC40, (Interacoustics, Дания) на частотах 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Акустическую стимуляцию осуществляли в стандартном режиме, с использованием громкоговорителя SP – 90 (входная мощность 40 – 80 Вт, частотный диапазон 125 – 8000 Гц, максимальный уровень звукового давления до 100 дБ). Громкоговоритель располагался под углом 45° на расстоянии 1 метра от микрофона звукового процессора. Уровень звукового давления, создаваемого громкоговорителем на расстоянии 15 см от контрольной точки справа и слева, вверх и вниз от рабочей оси, был эквивалентен уровню звукового давления в контрольной точке для всех тестовых сигналов на всех следуемых частотах. Уровень фонового шума не превышал 60 дБ. Методика регистрации поведенческих порогов в свободном звуковом поле показана на Рисунке 2.



Рисунок 2 – Методика определения поведенческих порогов. Красная стрелка указывает на активированный звуковой процессор, синяя стрелка – на громкоговоритель SP – 90

Если пациент идентифицировал звуковой сигнал, то сообщал об этом исследователю, либо поднимал руку. Минимальные значения фиксировались и заносились в память прибора и отображались графически на бланке в двух системах оси координат: по оси ординат – пороги слуха в единицах измерения дБ нПС, по оси абсцисс – частоты в единицах измерения Гц. В качестве адекватных пороговых уровней, характеризующих оптимальную настройку звукового процессора, принимались значения в диапазоне 30 – 40 дБ нПС.

Оценка разборчивости речи в свободном звуковом поле

С целью установления наличия надежной поведенческой обратной связи всем пациентам провели речевую аудиометрию с активированным звуковым процессором КИ в свободном звуковом поле.

Исследование разборчивости речи проводилось при помощи клинического аудиометра АС40, (Interacoustics, Дания), в память которого внесена запись предъявляемого фонетического материала в форме артикуляционных таблиц. Акустическая стимуляция проводилась с помощью громкоговорителя SP – 90 (входная мощность 40 – 80 Вт, частотный диапазон 125 – 8000 Гц, максимальный уровень звукового давления до 100 дБ), расположенного под углом 45° на расстоянии 1 метра от микрофона звукового процессора. Калибровка интенсивности проводилась относительно тона частотой 1000 Гц. В качестве стимула, в зависимости от возраста пациента, использовался набор Тестовых таблиц двусложных слов, на русском языке для тестирования детей 7 – 14 лет, Ошерович А.М., 1965, в редакции Риехакайнен Е.И. 2019, или набор Тестовых таблиц разнотелых слов на русском языке для тестирования детей 3 – 7 лет Ошерович А.М., 1965, в редакции Риехакайнен Е.И. 2019. Стимул предъявлялся на различных уровнях речевого сигнала, начиная с порогового, с последовательным повышением на 5 дБ нПС. Речевой материал был сбалансирован семантически, представлял статистически

репрезентативное распределение фонем, предъявлялся в открытом выборе, как единое целое, и оценивался единым показателем. При оценке учитывался процент правильно повторенных слов. Индикатором надежной поведенческой обратной связи считался уровень разборчивости речи не ниже 80% при уровне интенсивности 65 дБ нПС.

Оценка психометрических показателей

199 пациентам, участвовавшим в первом этапе исследования, из которых 102 ребенка использовали систему кохлеарной имплантации и 97 сверстников имели нормальную функцию слухового анализатора, провели психологическое тестирование. У этих детей оценили следующие психометрические показатели: физическую выносливость – Physical Endurance (ERM), физический темп – Physical Tempo (TMM), склонность к риску – Risk Seeking (SS), социальную выносливость – Social Endurance (ERS), социальный темп – Social Tempo (TMS), уровень эмпатии – Empathy (EMP), интеллектуальную выносливость – Intellectual Endurance (ERI), пластичность – Plasticity (PL), вероятностное мышление – Probably thinking (PRO), уверенность в себе – Self-confidence (SLF), импульсивность – Impulsivity (IMP), невротизм – Neurotism (NEU).

Исследование проводилось с использованием стандартизированной валидированной методики «Опросник структуры темперамента STQ-77R», сформированной в зависимости от возраста. Данный метод служит для оценки детского поведения родителем. Тест включает в себя 77 пунктов, каждый из которых, является утверждением. Ответы были представлены по шкале Лайкерта, где 1 – «совершенно не согласен»; 2 – «скорее не согласен», 3 – «скорее согласен»; 4 – «совершенно согласен». Оценивались четыре фактора, регулирующие человеческое поведение: физический, умственный, социально-вербальный виды деятельности и эмоциональность. Полученные результаты оформлялись протоколом, пример которого демонстрирует Рисунок 3. Индекс достоверности протокола составлял ≥ 14 .

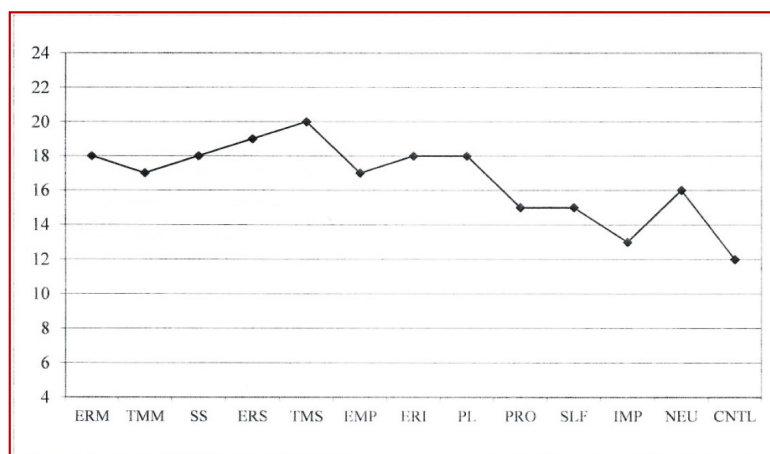


Рисунок 3 – Пример протокола психологического тестирования с использованием методики «Опросник структуры темперамента STQ-77R»

Оценка слухового восприятия и эффективности использования пациентом системы КИ

Для оценки эффективности использования ребенком системы кохлеарной имплантации при общении в ежедневных ситуациях проводился опрос родителей и педагогов с использованием анкеты «Шкала слуховой интеграции» (ШСИ). Данный вид анкетирования является стандартизированным, валидированным на территории Российской Федерации, рекомендованным к применению в детском возрасте, согласно актуальной версии Клинических Рекомендаций «Нейросенсорная тугоухость у детей».

Шкала слуховой интеграции (ШСИ) представляет анкету из 10 вопросов, каждый из которых оценивается в диапазоне от 0 до 4 баллов, где 0 – никогда, 1 – редко ($\geq 25\%$), 2 – иногда ($\geq 50\%$), 3 – часто ($\geq 75\%$), 4 – всегда. Максимальная оценочная стоимость составляет 40 баллов. Отдельно, по результатам анкеты ШСИ вычислены следующие индикаторы: Показатель контроля голоса; (ПКГ); Показатель произнесения речевых звуков (ПРЗ); Показатель ведущей стратегии общения (ВСО).

Инструментом оценки способности ребенка воспринимать звуки окружающей среды и понимать обращенную речь служила анкета «Уровни развития слухового восприятия» – Category of Auditory Performance (CAP). Данный вид анкетирования также включен в перечень тестов, рекомендуемых к использованию у детей в соответствии с актуальной версией Клинических Рекомендаций «Нейросенсорная тугоухость у детей». Анкета состояла из 13 пунктов, каждый из которых записан в утвердительной форме, характеризовал число уровней развития слухового восприятия от нулевого до двенадцатого. Родителю пациента или педагогу предлагалось выбрать уровень, соответствующий уровню ребенка.

Показатель способности ребенка дать надежную обратную связь определяли с помощью анкеты «Уровень разборчивости устной речи ребенка с нарушенным слухом» (УРУР) – Speech intelligibility rating (SIR). Тест валидирован, стандартизирован, включен в актуальную версию Клинических Рекомендаций «Нейросенсорная тугоухость у детей». Тест является рейтингом, включающим в себя 7 ступеней (от уровня 00 до уровня 5), оформленных в виде предложения в утвердительной форме, где, согласно уровню «00», соответствует полному отсутствию использования голоса ребенком, тогда, как при уровне «5» речь ребенка понятна всем окружающим в разных ежедневных ситуациях. Родитель пациента или педагог выбирали уровень, в соответствии с речевым развитием ребенка.

Методы статистической обработки результатов

Для сбора хранения и статистической обработки исходных данных использовали программное обеспечение: SPSS 25.0 (IBM, США). Проверку на нормальность распределения проводили с помощью вычисления критерия Смирнова-Колмагорова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро-Уилка. Так как для ряда признаков распределение было ненормальным, в

исследовании применяли параметрические и непараметрические методы анализа. Описательные статистики представлены в виде среднего, стандартного отклонения: $M \pm SD$, медианы и интерквартильного размаха: $Me (Q\ 25-75)$, разности среднего и стандартного отклонения: $\Delta M \pm SD$, среднего гармонического. Взаимосвязь количественных переменных вычисляли с помощью корреляционного анализа Пирсона, Спирмена, Тау-Кендела, с вычислением коэффициентов корреляции (r , R_0 , τ). Оценку тесноты корреляционной связи определяли по шкале Чеддока. Проверку коэффициента корреляции на значимость (p -value) проводили с применением вычисления t -критерия Стьюдента. Для нахождения параметров уравнения регрессии использовали метод наименьших квадратов (МНК), оценку значимости уравнения проводили на основе вычисления F -критерия Фишера. Для анализа общего качества уравнения вычисляли коэффициент детерминации R^2 . Случайность остаточной компоненты вычисляли, используя проверку равенства математического ожидания остаточной последовательности нулю на основе вычисления t -критерия Стьюдента.

Сравнение номинальных переменных выполняли с применением анализа таблиц сопряженности с вычислением критерия χ^2 . При размерности таблицы сопряженности 2×2 использовали точный метод Фишера. Описательные статистики для номинальных переменных представлены абсолютными значениями и процентами по наблюдениям.

Для сравнения количественных переменных в зависимых выборках при нормальном распределении применяли вычисление t -критерия Стьюдента для зависимых парных выборок, при ненормальном – критерия знаковых рангов Вилкоксона (W -критерий), однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с вычислением апостериорных тестов наименьшей значимой разницы (НРЗ) и Тьюки, дисперсионный анализ повторных измерений с расчетом критерия Фридмана. Для сравнения количественных переменных в независимых выборках и оценки их различий применяли вычисление критерия Манна – Уитни (U -критерий) и Краскала – Уоллиса (H -критерий).

Для разделения совокупности объектов на группы, где число категориальных переменных было больше двух, применялся линейный дискриминантный анализ.

Абсолютный размер эффекта для количественных переменных (ES) вычисляли с помощью разницы средних. Относительный размер эффекта для количественных переменных проводили с помощью вычисления Δ Гласса (d), с использованием стандартизированной разницы средних SMD , гипотезу о равенстве дисперсий проверяли с помощью вычисления F -критерия Фишера и критерия однородности Ливиня. Относительный размер эффекта оценивали по шкале Коэна.

Статистически значимыми для всех видов анализа признавали результаты, где $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Способ регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов в свободном звуковом поле

Для достижения цели исследования и решения одной из задач нами был разработан и запатентован оригинальный способ объективной оценки порогов восприятия звуков на речевых частотах от 500 Гц до 4000 Гц посредством регистрации ASSR на акустические стимулы, подаваемые через громкоговорители к активированному звуковому процессору (Патент РФ № 2652733 «Способ настройки речевого процессора системы кохlearной имплантации»).

В соответствии с разработанным нами способом, регистрацию ASSR осуществляли при помощи компьютерного многофункционального комплекса для регистрации слуховых вызванных потенциалов и отоакустической эмиссии «Нейро-Аудио», (Нейрософт, Россия).

С целью создания условий, соответствующих условиям свободного звукового поля, где уровень звукового давления, производимый колонкой-громкоговорителем на расстоянии 15 см от контрольной точки справа и слева, вверх и вниз от рабочей оси, эквивалентен уровню звукового давления в контрольной точке для несущих частот 500 – 1000 – 2000 – 4000 Гц, экспериментальным путем было определено оптимальное расстояние от источника акустической стимуляции до микрофона звукового процессора равное 1,0 м.

Источником звуковой стимуляции служила акустическая система 2.0 SVEN® SPS – 608 (выходная мощность 6 Вт, частотный диапазон 75 – 20 000 Гц, с максимальным уровнем звукового давления до 100 дБ).

Монтаж электродов производился по традиционной схеме: заземляющий электрод (нижняя область лба), центральный – на границе волосистой части головы по средней линии, отрицательные электроды – на сосцевидных отростках. Референтные значения сопротивления составляли 3–5 кОм. В качестве методики стимуляции была выбрана двухканальная мультичастотная стимуляция, так как она позволяет одновременно предъявлять несколько тонов со всеми несущими частотами. Так как стимулы, амплитуда которых динамически изменяется за счет придания основному тону формы синусоиды (амплитудно-модулированные), имеют бóльшую частотную специфичность, но меньшую амплитуду ответа, для получения более выраженной амплитуды ответа и облегчения тестирования в качестве стимула был выбран частотно специфический Chirp-стимул с частотной модуляцией 90 Гц. Глубина амплитудной модуляции составляла – 100%, частотной – 20%.

Фильтр ЭЭГ-активности был выбран в диапазоне от 10 – 300 Гц.

Источник стимуляции располагался на расстоянии 1 метра от микрофона речевого процессора. Для соблюдения чистоты эксперимента исследование проводилось одним и тем же

исследователем, в одних и тех же акустических условиях, на одном и том же оборудовании. Во время регистрации стационарных слуховых потенциалов мозга на акустическую стимуляцию, с активированным процессором системы КИ, испытуемый находился в состоянии естественного сна или спокойного бодрствования. Начальный уровень стимуляции составлял 50 дБ над порогом слуха (нПС) на традиционных несущих частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Уровень фонового шума не превышал 60 дБ нПС. Подключение динамиков осуществлялось через вход для воздушных внутриканальных телефонов. У пациентов с билатеральной кохлеарной имплантацией исследование проводили отдельно для правого и левого уха. Рисунок 4 демонстрирует методику регистрации ASSR на акустическую стимуляцию у пациента, использующего систему КИ.

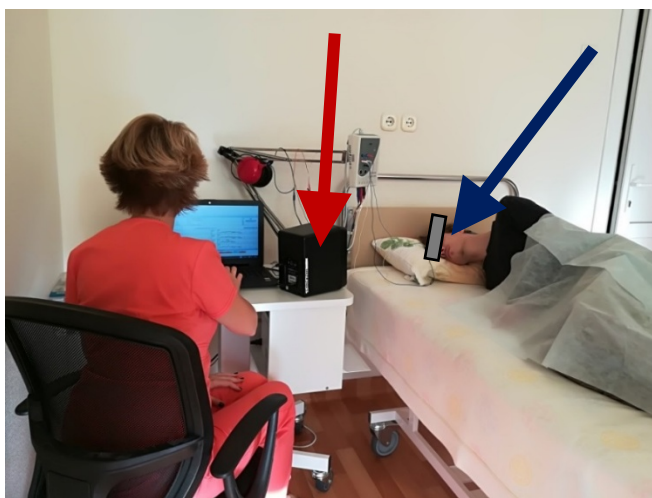


Рисунок 4 – Регистрация ASSR с активированным звуковым процессором в свободном звуковом поле (синяя стрелка указывает на процессор, красная стрелка – на источник звуковой стимуляции)

Зарегистрированные ответы ASSR автоматически фиксировались, заносились в память компьютерного многофункционального комплекса в двух системах оси координат: по оси ординат – пороги ASSR и преобразованные пороги слуха в единицах измерения дБ нПС, по оси абсцисс – несущие частоты в единицах измерения Гц.

Оценка вариабельности поведенческих порогов и ответов ASSR в свободном звуковом поле у пациентов – пользователей КИ детского возраста в зависимости от различных факторов

При анализе результатов тональной пороговой аудиометрии, ни на одной из исследуемых частот речевого диапазона не было выявлено влияния возраста на значение поведенческого порога. Везде коэффициент корреляции (r) имел статистически незначимые минимальные значения для $p \leq 0,05$.

В зависимости от пола средние значения поведенческих порогов в свободном звуковом поле на всех исследуемых частотах также варьировали незначительно ($p \leq 0,05$).

Поскольку системы КИ разных производителей, несмотря на общие принципы функционирования, отличаются между собой некоторыми техническими параметрами, такими как, например, число электродов, длина электродной решетки, стратегия кодирования речевого сигнала, частота стимуляции, характеристики микрофонов звукового процессора и т.д., в рамках текущего исследования было проведено сравнение средних пороговых значений на всех речевых частотах у пользователей систем КИ разных производителей. Значимых различий между исследуемыми параметрами выявлено не было ни на одной частоте.

Опыт использования системы КИ значимо не влиял на величину поведенческих порогов. Несмотря на то, что на всех исследуемых частотах была выявлена слабая отрицательная корреляция: на частоте 500 Гц – $r = -0,107$, при $p\text{-value} = 0,164$; на частоте 1000 Гц – $r = -0,236$, при $p\text{-value} = 0,222$; на частоте 2000 Гц $r = -0,167$, при $p\text{-value} = 0,3$; на частоте 4000 Гц $r = -0,159$, при $p\text{-value} = 0,39$, $p\text{-value}$ везде превышал статистическую значимость $p \leq 0,05$.

Сравнение данных группы пациентов, имевших опыт слухопротезирования, предшествующий кохлеарной имплантации ($n = 95$) и пациентов без подобного опыта ($n = 75$) первоначально выявило сопоставимость средних значений по всему диапазону частот. Данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения поведенческих порогов в свободном звуковом поле в группе детей – пользователей систем КИ в зависимости от опыта слухопротезирования ($n = 170$)

Исследуемая частота, Гц	Опыт слухопротезирования. Средние значения поведенческих порогов, дБ нПС ($M \pm SD$)	
	отсутствие опыта ($n = 95$)	наличие опыта ($n = 75$)
500	$43,01 \pm 6,00$	$41,37 \text{ дБ} \pm 5,93$
1000	$40,15 \pm 7,17$	$39,21 \pm 6,23$
2000	$34,14 \pm 6,25$	$34,08 \pm 5,77$
4000	$36,56 \pm 7,38$	$36,07 \pm 6,36$

Ответы ASSR, зарегистрированные в условиях свободного звукового поля на несущих частотах варьировали следующим образом: на 500 Гц – от 25 до 70 дБ нПС ($M = 44,74 \pm 6,79$), на 1000 Гц – от 25 до 70 дБ нПС ($M = 42,02 \pm 7,3$), на 2000 Гц – от 15 до 60 дБ нПС ($M = 33,24 \pm 6,78$) и на 4000 Гц – от 20 до 65 дБ нПС ($M = 37,0 \pm 6,91$).

Влияние фактора возраста на значение ответа ASSR на всех исследуемых несущих частотах отсутствовало. Коэффициент корреляции (r) везде имел значимость больше статистической для $p \leq 0,05$.

Пол пациентов также значимо не влиял на величину ответов ASSR, демонстрируя незначительный разброс средних значений на всех несущих частотах. На всех исследуемых несущих частотах величины χ^2 не превышали критических при $df = 8$ для $p \leq 0,05$.

Отсутствовали убедительные аргументы, подтверждающие влияние фактора «Производитель системы КИ» на ответы ASSR, полученные в условиях свободного звукового поля. Значения критерия- χ^2 на всех несущих частотах не превышали критических для $df = 24$ на несущих частотах: 500, 1000 и 4000 Гц и $df = 27$ на частоте 2000 Гц для $p \leq 0,05$. Это дало основание считать предлагаемый нами метод универсальным для оценки слухового восприятия пациентов – пользователей системы КИ с активированным звуковым процессором, независимо от производителя системы.

Опыт использования системы КИ не был статистически значимо связан с величинами ответа ASSR. Хотя на всех на всех несущих частотах между этими переменными была выявлена слабая корреляционная связь: на несущей частоте 500 Гц – $r = -0,115$ $p\text{-value} = 0,152$, на частоте 1000 Гц – $r = -0,157$ $p\text{-value} = 0,341$, на частоте 2000 Гц $r = -0,222$ $p\text{-value} = 0,152$, на частоте 4000 Гц $r = -0,127$ $p\text{-value} = 0,112$, она была признан незначимой, так как по всему диапазону несущих частот $p\text{-value}$ превышал 0,05.

Отсутствовала зависимость величины ответов стационарных слуховых вызванных потенциалов от опыта слухопротезирования, предшествующего КИ. Средние значения ответов ASSR на всех несущих частотах в группе пациентов, имеющих опыт слухопротезирования, предшествующий кохлеарной имплантации ($n = 95$) и пациентов–пользователей системы КИ без подобного опыта ($n = 75$) различались незначительно, что подтвердило сравнение средних значений переменной и вычисление критерия- χ^2 (Таблица 2).

Таблица 2 – Показатели сравнения средних значений ответов ASSR в свободном звуковом поле в зависимости от опыта слухопротезирования, предшествующего кохлеарной имплантации в группе детей – пользователей систем КИ ($n = 170$)

Исследуемая несущая частота, Гц	Средние значения ответов ASSR в зависимости от опыта слухопротезирования перед КИ, дБ нПЧ ($M \pm SD$)		Полученные значения χ^2
	отсутствие опыта ($n = 95$)	наличие опыта ($n = 75$)	
500 Гц $\chi^2 = 15,51$ при $df = 8$ $p \leq 0,05$	$45,47 \pm 6,69$	$43,80 \pm 6,87$	11,65
1000 Гц $\chi^2 = 15,51$ при $df = 8$ $p \leq 0,05$	$42,53 \pm 7,50$	$41,40 \pm 7,05$	13,65
2000 Гц $\chi^2 = 16,92$ при $df = 9$ $p \leq 0,05$	$32,84 \pm 6,75$	$33,73 \pm 6,83$	12,18
4000 Гц $\chi^2 = 15,51$ при $df = 8$ $p \leq 0,05$	$37,00 \pm 7,34$	$37,00 \pm 6,37$	10,82

В зависимости от периодичности проведения курсов слухоречевой реабилитации и коррекции настроек процессора системы КИ, средние значения ответов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля, на всех несущих частотах значимо не отличались.

Оценка значимых различий между поведенческими порогами и порогами регистрации стационарных слуховых потенциалов у пациентов детского возраста

Сравнение парных выборок с вычислением t-критерия Стьюдента для связанных выборок выявило отсутствие статистически достоверной разности среднего (ΔM) на всех исследуемых частотах. Ни на одной исследуемой частоте ΔM не превышала 5 дБ нПС, а значения критерия t-Student не превышали критических значений – 1,976 для $df = 169$ при $p \leq 0,05$, что демонстрирует Таблица 3.

Таблица 3 – Показатели сравнения средних значений поведенческих порогов и ответов ASSR в свободном звуковом поле, в группе детей – пользователей систем КИ ($n = 170$)

Исследуемая частота, Гц		M $\pm$ SD, дБ нПС	Δ M $\pm$ SD, дБ нПС	t-Student=1,976 для $df = 169$ при $p \leq 0,05$
Пара 1–500	поведенческий порог (ТПА)	42,00 $\pm$ 5,61	2,73 $\pm$ 5,6	1,967
	ответ ASSR	44,73 $\pm$ 6,79		
Пара 2–1000	поведенческий порог (ТПА)	39,50 $\pm$ 6,54	2,52 $\pm$ 5,52	1,953
	ответ ASSR	42,02 $\pm$ 7,30		
Пара 3–2000	поведенческий порог (ТПА)	33,82 $\pm$ 5,81	0,59 $\pm$ 4,28	1,793
	ответ ASSR	33,23 $\pm$ 5,82		
Пара 4–4000	поведенческий порог (ТПА)	36,38 $\pm$ 6,2	0,62 $\pm$ 4,32	1,862
	ответ ASSR	37,0 $\pm$ 6,91		

На всех исследуемых частотах была выявлена взаимосвязь между поведенческими порогами и ответами ASSR. При оценке по шкале Чеддока она была оценена, как заметная, на частотах 500 и 1000 Гц, и сильная, на частотах 2000 и 4000 Гц. Коэффициент корреляции (r) варьировал от 0,607 до 0,788, что отражено в Таблице 4.

Таблица 4 – Корреляция парных выборок поведенческих порогов и ответов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля, в группе детей – пользователей систем КИ ($n = 170$)

Парное сравнение средних значений поведенческих порогов и ответов ASSR		Коэффициент корреляции (r)	p-value корреляции ($p \leq 0,05$)
Пара 1	поведенческий порог (ТПА) и ответ ASSR на частоте 500 Гц	0,607	0,000
Пара 2	поведенческий порог (ТПА) и ответ ASSR на частоте 1000 Гц	0,687	0,000
Пара 3	поведенческий порог (ТПА) и ответ ASSR на частоте 2000 Гц	0,780	0,000
Пара 4	поведенческий порог (ТПА) и ответ ASSR на частоте 4000 Гц	0,788	0,000

Использование результатов регистрации ASSR в качестве индикатора объективной оценки эффективности кохлеарной имплантации

Поскольку универсальность предложенного нами метода исследования была доказана отсутствием значимых различий в зависимости от фактора «Производитель системы КИ», для поиска различий между поведенческими порогами и ответами ASSR, мы использовали всю выборку целиком, не разбивая ее на подгруппы.

Так как наличие корреляции отражает только степень совместного изменения переменных, для понимания влияния одной переменной на другую с целью выявления возможности использования значений ASSR в качестве предикторов поведенческих порогов, полученных в условиях свободного звукового поля, мы провели регрессионный анализ. В качестве независимой переменной использовали значения ответов ASSR, зависимой переменной – значения поведенческих порогов, полученных в условиях свободного звукового поля. Для определения степени влияния значений ответов ASSR на значения поведенческих порогов вычислили коэффициент детерминации R^2 , показывающий долю изменчивости зависимой переменной от независимой. Линию регрессии определяли методом наименьших квадратов.

На частоте 500 Гц коэффициент детерминации (R^2) составил 0,369, стандартная ошибка оценки регрессии = 4,47, VIF = 1,58, что иллюстрирует Рисунок 5.

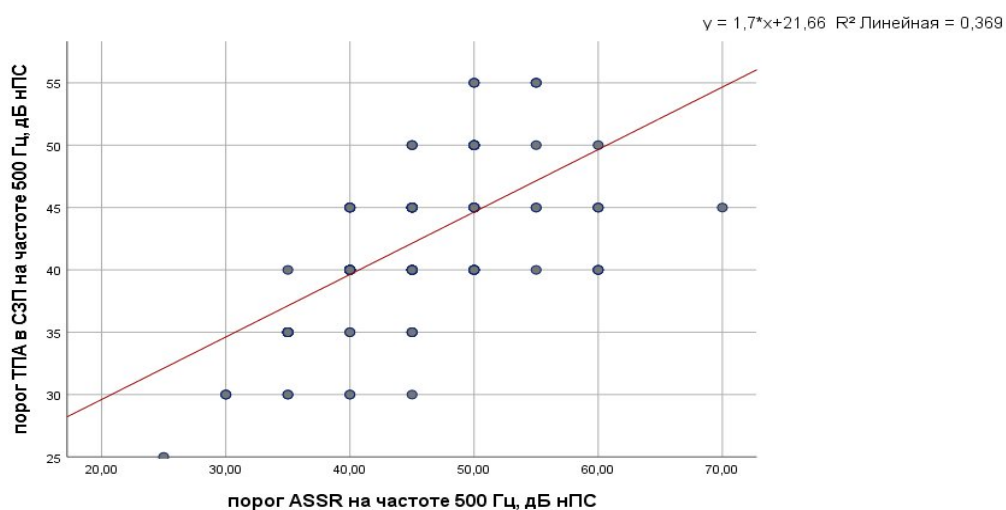


Рисунок 5 – Зависимость значений поведенческих порогов от значений от значений ответов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля, на частоте 500 Гц ($n = 170$)

На частоте 1000 Гц коэффициент детерминации (R^2) составил 0,471, стандартная ошибка оценки регрессии = 4,77, VIF = 1,89, как показано на Рисунке 6.

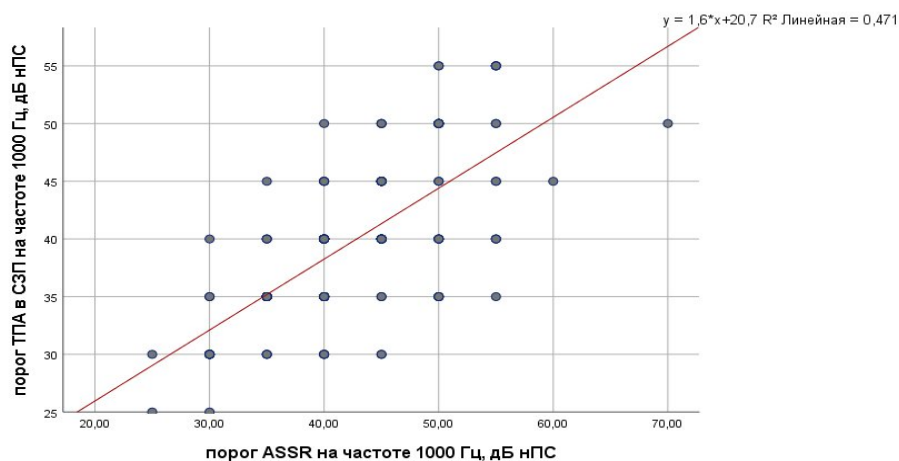


Рисунок 6. – Зависимость значений поведенческих порогов от значений от значений ответов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля, на частоте 1000 Гц ($n = 170$)

На частоте 2000 Гц коэффициент детерминации (R^2) составил 0,608, стандартная ошибка оценки = 3,65, VIF = 2,5, что демонстрирует Рисунок 7.

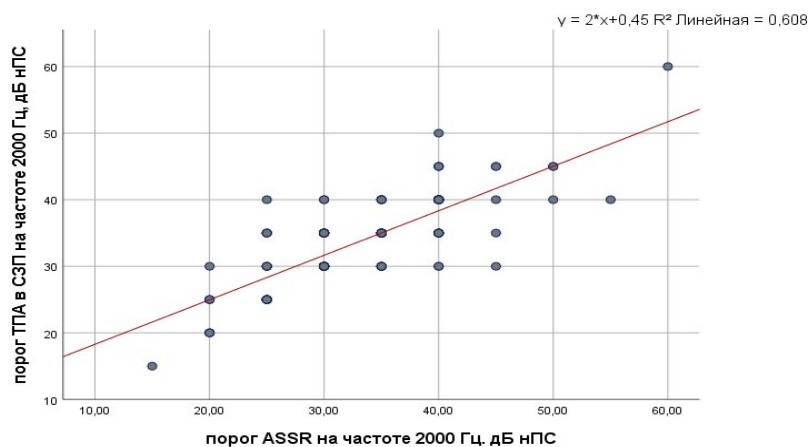


Рисунок 7 – Зависимость значений поведенческих порогов от значений от значений ответов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля, на частоте 2000 Гц ($n = 170$)

На частоте 4000 Гц коэффициент детерминации (R^2) составил 0,620, стандартная ошибка оценки регрессии = 3,83, VIF = 2,63, что отражает Рисунок 8.

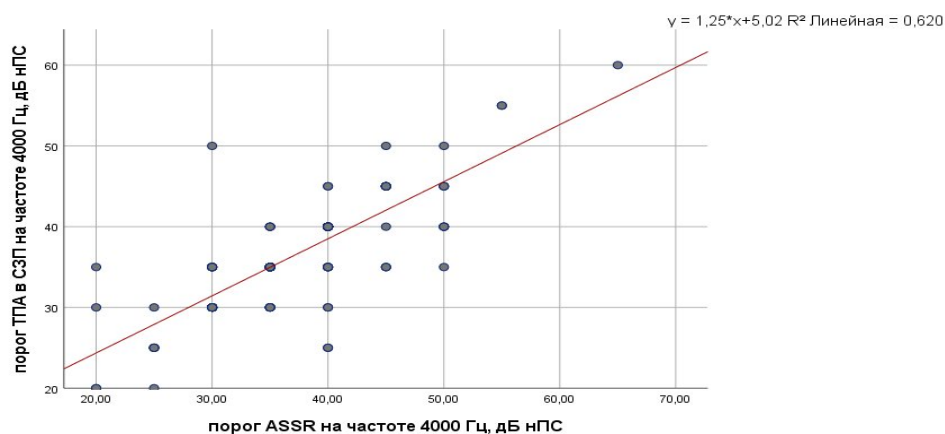


Рисунок 8 – Зависимость значений поведенческих порогов от значений от значений ответов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля, на частоте 4000 Гц ($n = 170$)

На всех исследуемых частотах было доказано влияние значений ответа ASSR на величину значения поведенческих порогов, полученных в условиях свободного звукового поля. Следовательно, значения ответов ASSR с определенной долей вероятности могут предсказать значения поведенческих порогов, что дает возможность использовать результаты регистрации ASSR на тональные стимулы в свободном звуковом поле в качестве индикатора для объективной оценки уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом и рассматривать метод как аналог тональной пороговой аудиометрии, что критически важно в группах пациентов с отсутствием надежной обратной связи при определении оптимальных параметров электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом. Также, предложенный нами метод может быть востребован при проведении экспертизы с целью объективной верификации порогов звуковосприятия. Уникальным свойством данного способа диагностики является возможность оценки целостности системы кохлеарной имплантации, начиная с микрофона звукового процессора (восприятие тональных сигналов), заканчивая структурами слухового анализатора, генерирующими стационарные слуховые потенциалы, т.е. возможность увидеть функционирование системы «звуковой процессор – приемник-стимулятор (КИ) – слуховой нерв – генератор ответа ASSR», что лежит в основе предложенной нами разработки «Способ электрофизиологической оценки целостности системы кохлеарной имплантации» (Патент РФ № 2826238).

Оценка разборчивости речи в свободном звуковом поле, в зависимости от различных факторов

Отсутствие единого стандарта использования диагностических тестов речевой аудиометрии, результаты которых можно равноценно интерпретировать у пользователей КИ детского возраста, побуждает к дальнейшему изучению применения показателя разборчивости речи в качестве индикатора эффективности проведения кохлеарной имплантации.

Показатели разборчивости речи в свободном звуковом поле при интенсивности стимула 65 дБ УЗД, у всех 170 пациентов, способных дать надежную обратную связь, в нашем исследовании варьировали в пределах от 67 до 100% ($M = 87,33 \pm 8,89$).

Фактор пола значимо не влиял на средний показатель разборчивости речи: среди девочек ($n = 83$) он составил $86,2 \pm 9,56$ %, в группе мальчиков ($n = 87$) – $88,3 \pm 8,35$ %.

134 наших обследуемых – 78,8% посещали общеобразовательное учреждение массового типа; 21,2% пациентов ($n = 36$) обучались в специализированной школе. Дети, посещавшие массовую школу, демонстрировали показатель разборчивости речи выше ($M = 88,75 \pm 8,23$ %) по сравнению с учащимися специализированной школы, где среднее значение разборчивости речи составляло $M = 81,3 \pm 9,45$ % (Рисунок 9). Тем не менее, средний показатель разборчивости речи в тишине в условиях свободного звукового поля при интенсивности

стимула 65 дБ УЗД в обеих группах превышал 80%, что принято считать индикатором оптимального уровня электрической стимуляции слухового нерва.

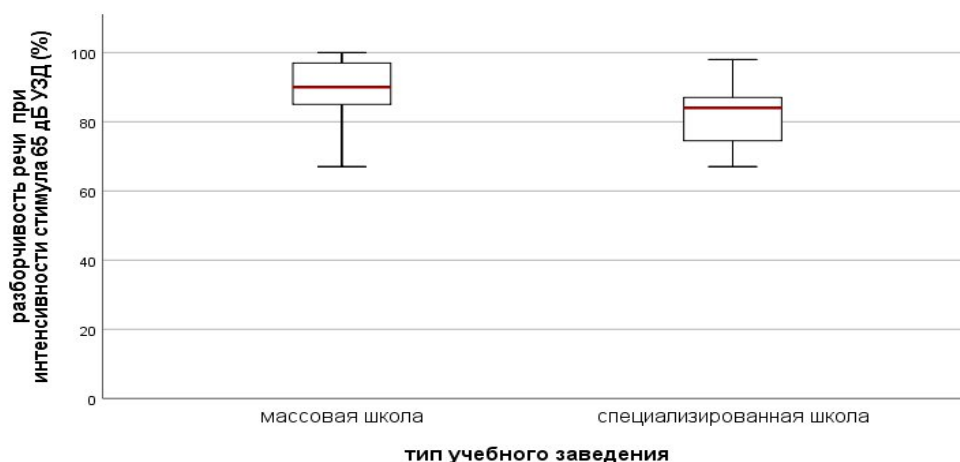


Рисунок 9 – Распределение значений показателей речевой аудиометрии, полученных в условиях свободного звукового поля, в зависимости от типа учебного заведения (n = 170)

Анализ величин разборчивости речи в свободном звуковом поле при интенсивности стимула 65 УЗД выявил отсутствие значимых различий в зависимости от производителя системы КИ. Медианные значения разборчивости речи составили: для пользователей системы Med-El (n = 73) Me = 90,32 % Q 25 – 75; Cochlear (n = 39) Me = 90,29 % Q 25 – 75; AB (n = 36) Me = 85,15% Q 25–75; Oticon Medical (n = 22) Me = 85,01% Q 25–75, что демонстрирует Рисунок 10.

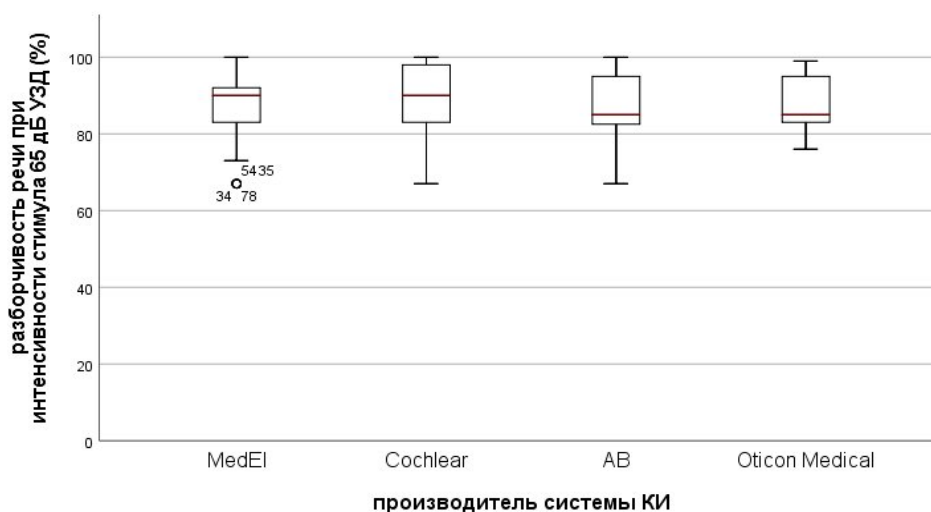


Рисунок 10 – Распределение средних значений разборчивости речи при интенсивности 65 дБ УЗД в зависимости от производителя системы КИ (n = 170)

В ходе исследования была выявлена взаимосвязь между показателями разборчивости речи в тишине в условиях свободного звукового поля при интенсивности стимула 65 дБ УЗД и опытом использования системы КИ. Несмотря на то, что коэффициент ранговой корреляции Спирмена ($R_o = 0,256$), характеризовал взаимосвязь как слабую, значимость взаимосвязи была высокой и составила $p\text{-value} = 0,01$.

Медианное значение (Me) разборчивости речи в группе пациентов, имеющих опыт слухопротезирования ($n = 95$), было выше $Me = 90,12\%$, $Q\ 25 - 75$ по сравнению со значением в группе пациентов без опыта слухопротезирования, где Me составляло $85,77\%$, $Q\ 25 - 75$, что отражает Рисунок 11.

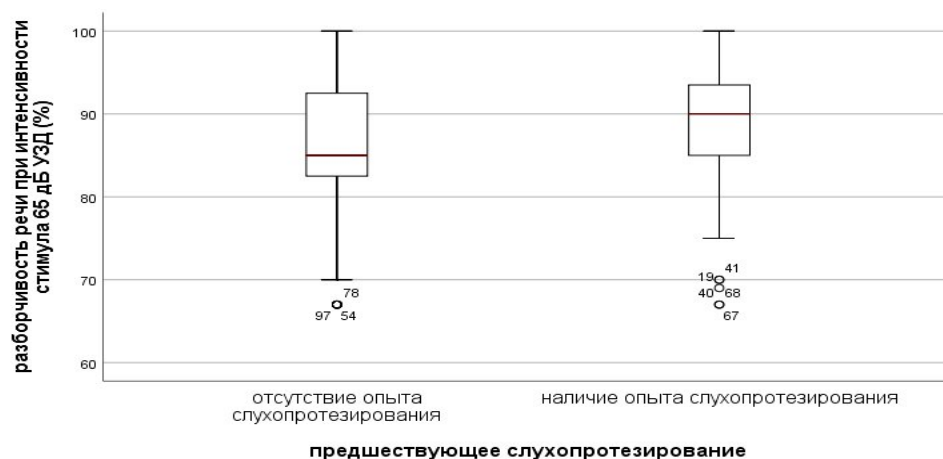


Рисунок 11 – Распределение значений разборчивости речи поля при интенсивности стимула 65 дБ УЗД в условиях свободного звукового поля в зависимости от опыта слухопротезирования, предшествующего кохлеарной имплантации, ($n = 170$)

Значимость взаимосвязи между этими показателями в исследуемой нами выборке была неубедительной, коэффициент корреляции Тау-б Кендалла (τ) составлял $0,125$, $p\text{-value} = 0,05$. Тем не менее, гипотеза об отсутствии влияния опыта слухопротезирования на показатель разборчивости речи была отклонена после вычисления критерия- χ^2 , значение которого составляло $34,46$ $p\text{-value} = 0,045$ и превышало критическое (критическое значение $\chi^2 = 31,40$ при $df = 20$ и статистической значимости $p \leq 0,05$).

Выявленная зависимость показателей разборчивости речи от периодичности проведения курсов слухоречевой реабилитации признана статистически значимой: коэффициент корреляции Тау-б Кендалла (τ), $\tau = -0,126$, $p\text{-value} = 0,026$; значение критерия- $\chi^2 - 137,105$ $p\text{-value} = 0,01$.

В группе пациентов, которым слухоречевая реабилитация проводилась 1 раз в год, показатель разборчивости речи находился в пределах от 67 до 99 % ($Me = 87,00\%$ $Q\ 25 - 75$). Дети, кому интенсивные реабилитационные курсы проводились дважды в год, демонстрировали показатель разборчивости речи от 67 до 100 % ($Me = 90,00\%$ $Q\ 25 - 75$). У пользователей системы КИ, посетивших 3 курса интенсивной реабилитации, показатель разборчивости речи был от 70 до 98 % ($Me = 86,00\%$ $Q\ 25 - 75$). Разборчивость речи пациентов, посещавших сурдопедагогические занятия эпизодически, находилась в пределах от 67 до 99 % ($Me = 78,00\%$ $Q\ 25 - 75$), в то время как, у тех, кто занимались с сурдопедагогом непрерывно в

течение недели, показатель разборчивости речи варьировал от 67 до 100% ($Me = 89,00\%$ $Q\ 25-75$).

Важным результатом, полученным в ходе исследования, является наличие статистически значимой взаимосвязи между порогами ASSR, полученными в условиях свободного звукового поля и значениями показателя разборчивости речи при интенсивности стимула 65 дБ УЗД, подтвержденной отрицательной корреляцией на уровне значимости $p \leq 0,01$ на всех исследуемых частотах. Возможность использования значений ответов ASSR на разных несущих частотах, полученных при акустической стимуляции в условиях свободного звукового поля, в качестве предикторов разборчивости речи, при интенсивности стимула 65 дБ УЗД, доказана результатами регрессионного анализа.

На частоте 500 Гц – $r = -0,333$ $p\text{-value} = 0,00$ ($p \leq 0,01$). Коэффициент детерминации (R^2) составлял 0,111, стандартная ошибка оценки регрессии = 0,95, $VIF = 1,023$. На частоте 1000 Гц – $r = -0,444$ $p\text{-value} = 0,00$ ($p \leq 0,01$). Коэффициент детерминации (R^2) составлял 0,197, стандартная ошибка оценки регрессии = 0,84, $VIF = 1,15$. На частоте 2000 Гц – $r = -0,255$ $p\text{-value} = 0,00$ ($p \leq 0,01$). Коэффициент детерминации (R^2) составлял 0,065, стандартная ошибка оценки регрессии = 0,98, $VIF = 1,31$. На частоте 4000 Гц – $r = -0,274$ $p\text{-value} = 0,00$ ($p \leq 0,01$). Коэффициент детерминации (R^2) составлял 0,075, стандартная ошибка оценки регрессии = 0,96, $VIF = 1,33$.

Полученные данные подтверждают наличие косвенной взаимосвязи между значениями ответов ASSR и частотно разрешающей способностью слуховой системы у глухих детей с КИ, что доказывает пользу предлагаемого нами метода, результаты, которого могут быть применены в качестве дополнительного индикатора при определении адекватных параметров электрической стимуляции слухового нерва, особенно в ситуации отсутствия надежной обратной связи.

Показатели психологического развития и структуры темперамента пациентов детского возраста после кохлеарной имплантации

Важнейшей целью слухоречевой реабилитации после проведения кохлеарной имплантации является не только улучшение когнитивных функций через формирование адекватных речевых навыков, но и адаптация ребенка с КИ в социуме. В связи с этим, в фокусе нашего интереса оказался анализ особенностей психологического развития и структуры темперамента опытных пользователей систем КИ в возрастном аспекте путем оценки факторов, регулирующих поведение, в сравнении с показателями нормы.

Используемая нами методика оценки детского поведения была сформирована в зависимости от возраста. Общая выборка пациентов состояла из двух групп: основной (А) – 102

пациента-пользователя КИ, и контрольной (Б) – 97 школьников без нарушения слуха. Обе группы были разделены на возрастные подгруппы.

Подгруппу А1 ($n = 48$) составили дети в возрасте 6 – 7 лет ($Me = 7,0$ Q 25 – 75). Среди них девочек было – 52,1% ($n = 25$), мальчиков – 47,9% ($n = 23$). Опыт использования пациентами системы КИ в данной подгруппе составил 3,01 – 6,10 лет ($M = 4,19 \pm 0,88$).

Подгруппа контроля Б1 включала 44 нормально слышащих ребенка в возрасте 6 – 7 лет ($Me = 7,0$ Q 25 – 75) с аналогичным распределением по гендерному признаку: 47,7% ($n = 21$) – девочек, 52,3% ($n = 23$) мальчиков.

В подгруппу А2 ($n = 41$) были включены дети в возрасте от 8,0 до 11,02 лет ($Me = 9,0$ Q 25 – 75). Распределение по гендерному признаку было равномерным: девочки – 51,21% ($n = 21$), мальчики – 48,8% ($n = 20$). Опыт слухоречевой реабилитации составил 3,01 – 10,09 лет ($Me = 6,10$ Q 25 – 75). В подгруппу Б2 вошли 40 субъектов с нормальным слухом ($n = 40$) в возрасте от 8,0 до 11,07 лет ($Me = 9,04$ Q 25 – 75). Процентное соотношение девочек и мальчиков было идентичным – по 50% ($n = 20$).

Наименьшее число детей вошло в подгруппы А3 и Б3, каждая из которых содержала по 13 наблюдений в возрасте от 12 до 16 лет. Медианное значение возраста составило в подгруппе А3 – 16, 0 лет (Q 25 – 75), в группе Б3 – 15,0 лет (Q 25 – 75). В распределении по признаку пола в подгруппе А3 преобладали мальчики – 69,2 % ($n = 9$). В подгруппе Б3 – процентное соотношение мальчиков и девочек было сопоставимым – 53,8% ($n = 7$) и 46,2% ($n = 6$).

Во всех подгруппах основной группы проведены оценка и сравнение с подгруппами контроля следующих психометрических показателей: физической выносливости – Physical Endurance (ERM) (показателя способности выдерживать физические нагрузки), физического темпа – Physical Tempo (TMM) (показателя скорости моторных реакций), склонности к риску – Risk Seeking (SS) (показателя способности к принятию нестандартных решений), социальной выносливости – Social Endurance (ERS) (показателя психологической устойчивости), социального темпа – Social Tempo (TMS) (показателя скорости речи в процессе повседневного общения), эмпатии – Empathy (EMP) (показателя способности к сопереживанию), интеллектуальной выносливости – Intellectual Endurance (ERI) (показателя способности выдерживать умственные нагрузки), пластичности – Plasticity (PL) (показателя скорости переключения с одной задачи на другую), вероятностного мышления – Probably thinking (PRO) (показателя выявления причинно-следственных связей и суждения о степени вероятности событий), уверенности в себе – Self-confidence (SLF) (показателя самооценки) импульсивности – Impulsivity (IMP) (показателя скорости необдуманного принятия решений), невротизма – Neurotism (NEU) (показателя лабильности нервной системы). Индекс валидности – Validity Index (условная норма) ≥ 14 баллов.

В группах наблюдений детей дошкольного возраста большинство психометрических показателей глухих детей с КИ, значимо не отличалось от показателей детей с нормальным слухом. Психологическое развитие опытные пользователи системы КИ младшего возраста было аналогично развитию их сверстников из подгруппы контроля. Значимые различия некоторых психометрических показателей, выявленные в группах наблюдений детей младшего школьного возраста, не носили драматического характера, так как не демонстрировали экстремального разброса медианных значений относительно Индекса валидности.

В сравниваемых подгруппах старшеклассников отсутствовали значимые различия между медианными значениями оценки показателей импульсивности – Impulsivity (IMP) (p-value U-критерия = 0,336) и невротизма Neurotism (NEU) (p-value U-критерия = 0,311). Дети из обеих выборок были склонны к совершению необдуманных поступков, основанных на немедленной эмоциональной реакции, в умеренной степени, о чем свидетельствовали близкие по значению к индексу валидности медианные значения оценки показателя импульсивности – Impulsivity (IMP), которые в обеих подгруппах: А3 (n = 13) и Б3 (n = 13) были идентичны и составляли Me = 14 Q 25 – 75 баллов. Способность детей обеих подгрупп старшей возрастной группы к регуляции негативных эмоций, характеризующая лабильность нервной системы значимо не различалась. Медианное значение оценки показателя невротизма Neurotism (NEU) в подгруппе А3 (n = 13) составляло: Me = 14 баллов (Q 25 – 75); в подгруппе Б3 (n = 13) было немного выше Me = 15 баллов (Q 25 – 75). Однако разница между ними нами была признана незначимой (p-value U-критерия = 0,311).

Полученные данные позволяют утверждать, что «Опросник структуры темперамента STQ-77R» может применяться у пациентов – пользователей системы КИ младшего и среднего школьного возраста в качестве диагностического материала для выявления подозрения на наличие дефекта психологического развития, с целью определения необходимости направления пациента к профильному специалисту (психологу/ нейропсихологу). При работе с глухими пациентами в возрастной группе 12-16 лет этот вопрос остался открытым, в связи с небольшим объемом выборок наблюдений детей старшего возраста А3 (n = 13) и Б3 (n = 13).

Применение ASSR в условиях свободного звукового поля у детей с КИ

Наличие статистически достоверной взаимосвязи между значениями ответов ASSR, зарегистрированными в условиях свободного звукового поля, поведенческими порогами и показателями разборчивости речи при интенсивности стимула 65 дБ УЗД, определило возможность использования результатов регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов в качестве предикторов при определении оптимальных параметров электрической стимуляции кохлеарного импланта. Нами проведено экспериментальное, проспективное, продольное исследование по оценке эффективности технологии регистрации стационарных

слуховых потенциалов для определения адекватных параметров электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом у 30 пациентов-пользователей КИ, неспособных дать надежной обратной связи, при невозможности использования у них других рутинных методов объективизации.

Исследование проводилось в дизайне Single-Subject design, тип ATD (Alternating treatment design) – дизайн с чередующимся лечением, где происходило сравнение влияния двух переменных на зависимую переменную, что позволило оценить в пределах одного субъекта двух способов настройки звукового процессора. В качестве нулевой была принята гипотеза об отсутствии влияния значений ответов ASSR, полученных при акустической стимуляции в условиях свободного звукового поля на значения психофизических показателей пациентов – пользователей КИ, не способных дать надежной обратной связи.

Наблюдение за каждым ребенком проводили в течение 21 дня в рамках трех визитов с интервалом 7 дней между ними.

Для подтверждения отсутствия надежной обратной связи на первом этапе всем испытуемым проводилась первичная сурдопедагогическая оценка слухового восприятия и оценка эффективности использования системы КИ. Способность ребенка дать надежную обратную связь, при общении в ежедневных ситуациях определяли в соответствии с «Уровнем разборчивости речи ребенка с нарушенным слухом», где минимальный уровень в рейтинге определен как 00, а максимальный – 5. Уровень развития слухового восприятия оценивали по шкале CAP, где минимальный уровень в рейтинге определен как 0, а максимальный – 12. Эффективность использования ребенком системы КИ оценивали по «Шкале слуховой интеграции» – ШСИ, где максимальная оценка составляла 40 баллов. В рамках ШСИ также учтены следующие показатели: контроль голоса (ПКГ); произнесение речевых звуков (ПРЗ); ведущая стратегия общения (BCO). Затем, проводилась коррекция настроек звукового процессора, где параметры электрической стимуляции слухового нерва определяли в соответствии с рекомендациями сурдопедагога. Созданная программа электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом была обозначена, как Программа 1. Далее в течение последующих 7 дней в домашних условиях родителями ребенка проводилась оценка реакции пациента на обращенную речь в соответствии с субъективными критериями: «стала хуже», «не изменилась», «стала лучше».

Через 7 дней на втором этапе оценивали эффективность использования ребенком системы КИ при прослушивании через звуковой процессор на Программе 1 по тем же критериям оценки, что и на первом этапе. Затем, на этой же программе в состоянии естественного сна проводили регистрацию ASSR с активированным звуковым процессором в условиях свободного звукового поля. После чего, на основании полученных ответов проводили коррекцию настроек звукового

процессора. Программа, где параметры электрической стимуляции были определены в соответствии со значениями ответов ASSR, была обозначена, как Программа 2. Далее, в течение последующих 7 дней в домашних условиях родителями ребенка проводилась оценка реакции пациента на обращенную речь при прослушивании через звуковой процессор, используя Программу 2.

На заключительном этапе, через 7 дней, во время визита в клинику, проводилась регистрация ASSR с активированным звуковым процессором при прослушивании на Программе 2 в условиях свободного звукового поля, а также сравнение результатов с данными, полученными при регистрации на Программе 2, с вычислением разности среднего значения на всех несущих частотах. Кроме того, проводилась оценка эффективности использования ребенком системы КИ при прослушивании через звуковой процессор на Программе 2. В заключении, проводилось сравнение психофизических показателей пациента и субъективной оценки родителей при прослушивании на Программах 1 и 2.

В исследование вошли 30 пациентов с КИ трех производителей, использующих систему КИ MedEl было 16, 12 детей – с Cochlear и 2 – имели систему КИ Oticon Medical.

Показатели по ШСИ при первичном визите варьировали в пределах 8-27 баллов (Me = 16,0 Q 25 – 75) и отражены на Рисунке 12.

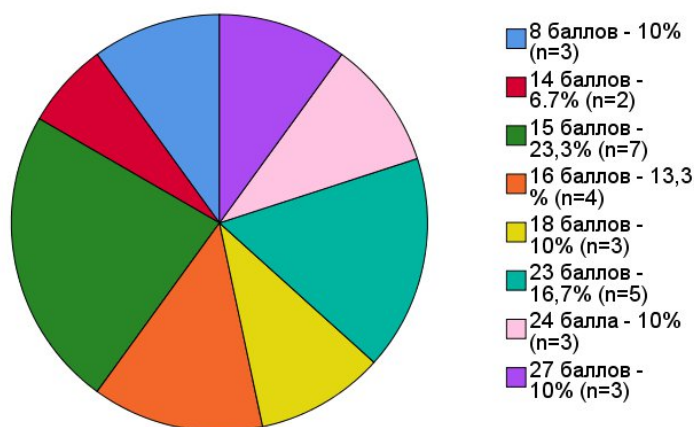


Рисунок 12 – Распределение пациентов – пользователей КИ, неспособных дать надежной обратной связи, при первичном осмотре, оценка по ШСИ (n = 30)

Во время второго визита в 13 родителей указали на то, что реакция ребенка на обращенную речь осталась без изменений, 9 – заметили улучшение и 9 – что реакция ребенка на обращенную речь стала хуже по сравнению с реакцией на предыдущей базовой программе.

В соответствии со значениями ответов ASSR, полученными в условиях свободного звукового поля была проведена коррекция параметров электрической стимуляции слухового нерва (Программа 2). Так же, как и на первом этапе, в течение следующих 7 дней, в домашних

условиях родители проводили наблюдение за реакцией ребенка на обращенную речь, сравнивая ее с реакцией на Программе 2 по тем же критериям.

Во время третьего визита подавляющее большинство родителей (28 из 30) отметили, что реакция ребенка на обращенную речь при прослушивании на Программе 2 улучшилась по сравнению с реакцией при прослушивании на Программе 1. Двое утверждали, что реакция не изменилась. Отсутствовала группа родителей, которая наблюдала ухудшение реакции ребенка на обращенную речь при прослушивании на Программе 2.

Сравнение эффективности использования системы КИ при прослушивании на Программе 1 и Программе 2, проведенные на третьем этапе исследования, выявило наличие статистически значимых различий в значениях всех показателей (p-value W-критерия по всем показателям составил 0,000).

Проведенная оценка размера эффекта клинического воздействия с вычислением абсолютного размера эффекта (MD) и относительного размера эффекта (SMD) выявила улучшение всех показателей при использовании Программы прослушивания 2. Абсолютный размер эффекта клинического воздействия (MD) при оценке эффективности использования системы КИ по шкале ШСИ составил 9,26 баллов (Рисунок 13).

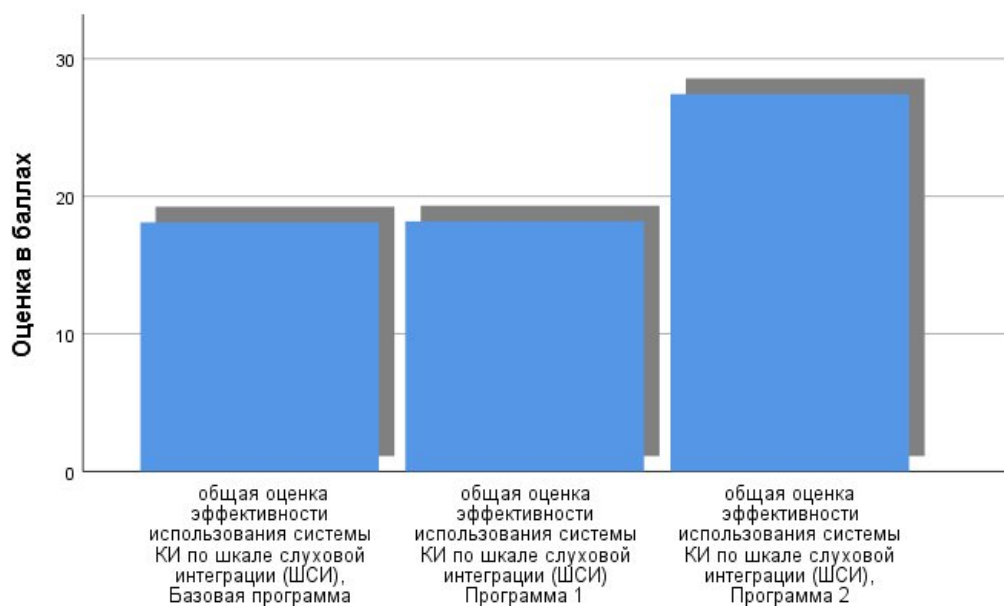


Рисунок 13 – Показатели общей оценки эффективности использования системы КИ по ШСИ, в зависимости от программ электрической стимуляции (n = 30)

Оценка слухового восприятия продемонстрировала статистически значимое улучшение показателей обратной связи при использовании Программы 2 (p-value W-критерия – 0,00), что отражает диаграмма Рисунка 14. Увеличилось число детей, уровень слухового восприятия, которых значительно повысился. При использовании Программы 2 практически не осталось детей с рейтингом нулевого и первого уровня, трое пациентов (n = 3) перешли на пятый

уровень слухового восприятия. Число пользователей КИ, находящихся на четвертом уровне, увеличилось до ($n = 12$).

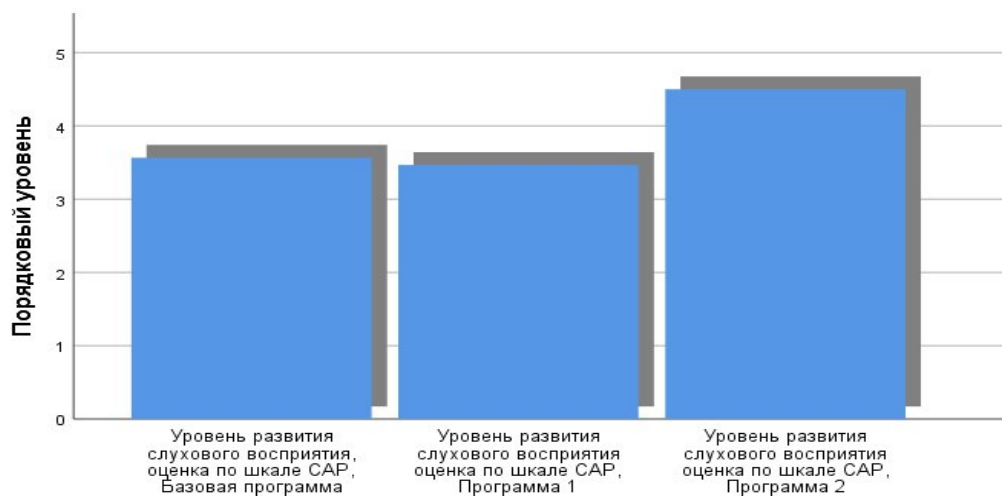


Рисунок 14 – Уровни развития слухового восприятия в зависимости от программ электрической стимуляции ($n = 30$)

Уровень разборчивости устной речи при использовании Программы 2 достоверно улучшился (p -value W-критерия – 0,014). Число детей, занимавших уровень 00, уменьшилось с 16 до 10. Число пациентов, перешедших на уровень разборчивости устной речи 1, повысилось до 13 вместо 7, что отражено в на Рисунке 15.

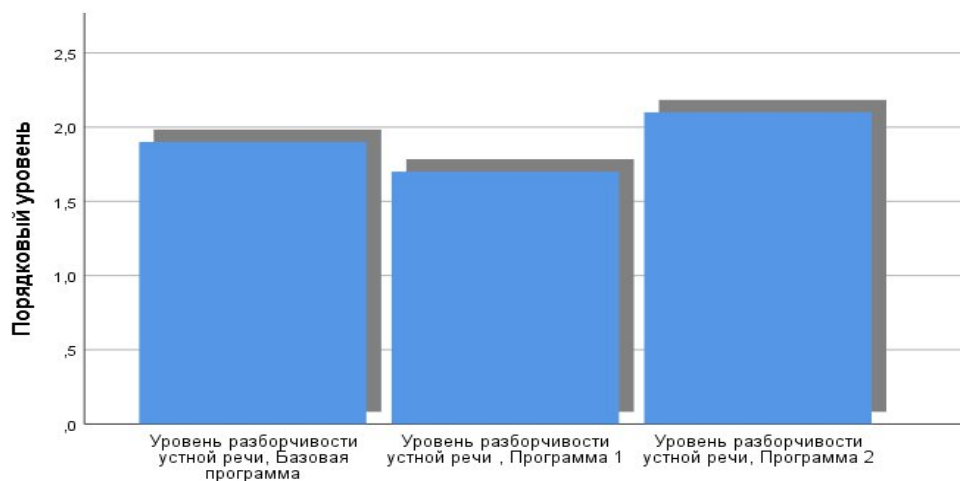


Рисунок 15 – Уровни разборчивости устной речи в зависимости от программ электрической стимуляции ($n = 30$)

Сравнение пороговых значений ASSR в условиях свободного звукового поля, зарегистрированных на Программах 1 и 2, выявило снижение показателей по всему диапазону несущих частот на Программе 2: на 500 Гц – с 60,50 до 41,67 дБ нПС, на 1000 Гц – с 52,67 до 41,5 дБ нПС, на 2000 Гц – с 35,33 до 34,33 нПС), на 4000 Гц – с 38,67 до 33,00 нПС. Достоверная разность среднего (ΔM), где значимость t -критерия Стьюдента превышала критическое значение – 2,048 для $df = 29$ при $p \leq 0,05$, подтверждена на несущих частотах – 500

Гц, 1000Гц и 4000 Гц. На частоте 2000 Гц разность средних значений ответов ASSR была признана статистически не значимой (Рисунок 16).

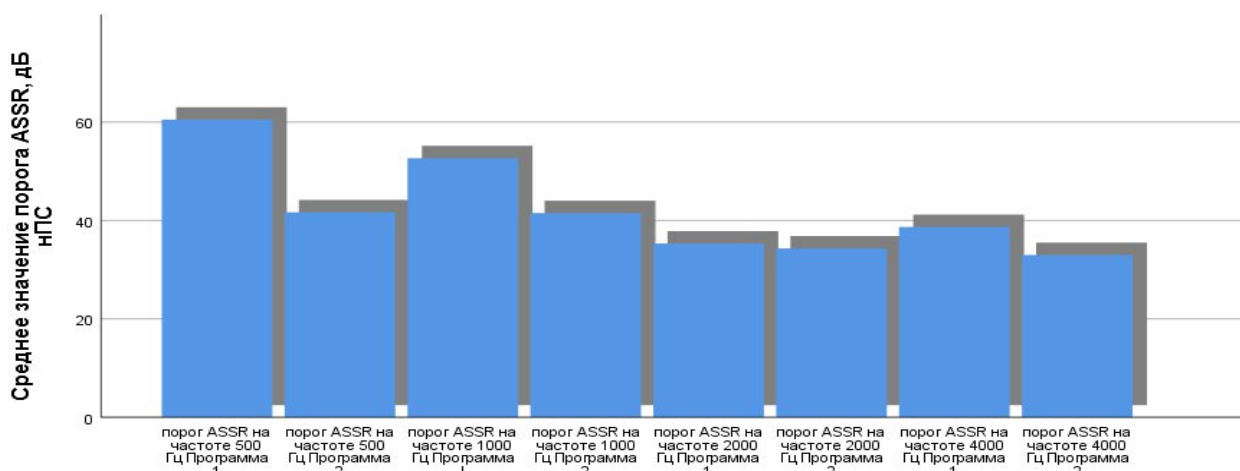


Рисунок 16 – Значения порогов ASSR, полученные на Программах 1 и 2 (n = 30)

Таким образом, наличие статистически значимых различий при оценке показателей эффективности использования глухими детьми КИ на программе прослушивания, скорректированной на основе субъективных показателей и программе, основанной на использовании результатов регистрации ASSR, подтвердило высокую клиническую эффективность последней. Разработанный нами способ регистрации ASSR на акустическую стимуляцию в условиях свободного звукового поля у пациентов – пользователей КИ, неспособных дать надежной обратной связи, при невозможности использования у них других рутинных методов объективизации для определения параметров электрической стимуляции слухового нерва, является высоко эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с актуальными представлениями о слухоречевой реабилитации пациентов детского возраста после кохлеарной имплантации залогом успеха является эффективное развитие речи и социальная адаптация ребенка. Создание оптимальной индивидуальной карты звуковосприятия в процессоре системы кохлеарной имплантации с определением верифицированного уровня электростимуляции слухового нерва, являющегося максимально комфортным для пациента детского возраста, критически важно для разборчивости речи и различения неречевых сигналов. Прогрессивно растущее число детей, использующих систему кохлеарной имплантации, не способных дать надежной поведенческой

обратной связи, побуждает к разработке и внедрению в широкую клиническую практику новых технологий объективной оценки звуковосприятия.

Результаты, полученные в ходе второго этапа исследования, свидетельствуют о высокой эффективности разработанного нами способа регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов, на акустические стимулы в условиях свободного звукового поля в качестве показателя верификации уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом у пациентов – пользователей системы КИ. Данная методика может быть полезна к применению в качестве дополнительного либо альтернативного способа регистрации ответа слухового нерва на электрическую стимуляцию в когорте пациентов, неспособных дать надежной обратной связи, при невозможности использования у них других рутинных методов объективизации.

Перспективой развития темы является исследование взаимосвязи ответов ASSR, зарегистрированных во время акустической и речевой стимуляции, в условиях свободного звукового поля у пациентов с КИ, имеющих когнитивные расстройства. Кроме того, необходимо дальнейшее изучение вариабельности параметров фоновой ЭЭГ-активности (Патент РФ № 2826238) в зависимости от изменений амплитуды, ширины импульса, моды стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом во время регистрации ASSR у пациентов с выявленным артефактом стимула на примере большей выборки наблюдений.

Выводы

1. Разработан новый способ объективной оценки показателей электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом в ответ на акустическую стимуляцию у пациентов, использующих системы кохlearной имплантации. Доказано отсутствие статистически значимых различий между средними значениями ответов ASSR и поведенческих порогов в области речевых частот и наличие тесной взаимосвязи между этими показателями, полученными в группе взрослых пациентов, использующих системы КИ: 500 Гц – $r = 0,794$, $p \leq 0,01$; 1000 Гц – $r = 0,945$, $p \leq 0,01$; 2000 Гц – $r = 0,968$, $p \leq 0,01$; 4000 Гц – $r = 0,904$, $p \leq 0,01$.
2. Исследована вариабельность психофизических порогов звуковосприятия и стационарных слуховых потенциалов, зарегистрированных в ответ на акустическую стимуляцию, в условиях свободного звукового поля, в зависимости от факторов пола, возраста, типа глухоты, технических особенностей системы КИ, опыта использования ребенком системы КИ, опыта предшествующего операции слухопротезирования, периодичности проведения слухоречевой реабилитации, частоты коррекции настроек звукового процессора. Подтверждено отсутствие зависимости между этими значениями, что позволяет считать их надежными показателями эффективности кохlearной имплантации у детей с двусторонней глухотой.

3. Выявлено отсутствие значимых различий между величиной поведенческих порогов звуковосприятия и ответов стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле у пациентов детского возраста, использующих системы КИ, (ΔM на частотах: 500 Гц – $2,73 \pm 5,6$ дБ нПС, 1000 Гц – $2,52 \pm 5,52$ дБ нПС, 2000 Гц – $0,59 \pm 4,28$ дБ нПС, 4000 Гц – $0,62 \pm 4,32$), что позволяет применять способ регистрации ASSR в свободном звуковом поле в качестве аналога тональной пороговой аудиометрии.
4. Определена возможность использования результатов регистрации ASSR как индикатора объективной оценки эффективности кохлеарной имплантации у пациентов детского возраста с двусторонней глухотой, что доказано наличием линейной зависимости значений поведенческих порогов от ответов стационарных слуховых вызванных потенциалов на речевых частотах: 500 Гц – $r = 0,607$ $p \leq 0,01$; 1000 Гц – $r = 0,687$ $p \leq 0,01$, 2000 Гц $r = 0,780$ $p \leq 0,01$, 4000 Гц – $r = 0,788$ $p \leq 0,01$. R^2 для частот: 500 Гц = 0,369, 1000 Гц = 0,471, 2000 Гц = 0,608, 4000 Гц = 0,620.
5. Проанализирована вариабельность показателей разборчивости речи в зависимости от различных факторов, и пороговых значений ASSR у детей с двусторонней глухотой с КИ. Подтверждена зависимость разборчивости речи в тишине у детей с двусторонней глухотой от факторов: опыта использования пациентом системы КИ (R_0 Спирмена = 0,256 $p \leq 0,01$, $R^2 = 0,048$), опыта слухопротезирования, предшествующего кохлеарной имплантации ($\chi^2 = 34,46$ превышает критическое $\chi^2 = 31,40$ при $df = 20$ и $p \leq 0,05$), числа имплантов ($\dagger$ Тау-в Кендалла = 0,218, $p \leq 0,05$). Универсальность нового способа объективной оценки параметров электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом подтверждена наличием линейной зависимости уровня разборчивости речи в тишине от величины значений порогов ASSR, полученных в условиях свободного звукового поля (R^2 для частот: 500 Гц = 0,111, 1000 Гц = 0,197, 2000 Гц = 0,065, 4000 Гц = 0,075; $p \leq 0,05$)
6. Исследованы в возрастном аспекте особенности психометрических показателей пациентов детского возраста с двусторонней глухотой, использующих систему кохлеарной имплантации, проведено сравнение полученных данных с данными детей, имеющих нормальную функцию слухового анализатора. В когортах детей дошкольного и младшего школьного возраста отсутствуют значимые различия подавляющего большинства психометрических показателей пациентов, использующих систему кохлеарной имплантации и детей, имеющих нормальный слух. Результаты, полученные с помощью анкеты «Опросник структуры темперамента STQ-77R», могут быть использованы в качестве дополнительного показателя эффективности кохлеарной имплантации, в рамках персонализированного, мультидисциплинарного подхода у детей с двусторонней

глухотой с 6 лет.

7. Доказана клиническая эффективность применения разработанного способа объективной оценки показателей слухового анализатора для определения адекватных параметров электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом по параметрам относительного размера эффекта клинического воздействия (SMD составил 0,7-1,35 баллов). Подтверждена целесообразность его использования в качестве дополнительного либо альтернативного средства объективизации уровня электрической стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом у пациентов, неспособных дать надежной обратной связи, в т.ч. в условиях, когда невозможно применить другие объективные методы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Рекомендуется использовать регистрацию ASSR на акустическую стимуляцию в свободном звуковом поле у детей любого возраста с двусторонней глухотой после перенесенной кохлеарной имплантации на всех этапах слухоречевой реабилитации в качестве индикатора оценки эффективности проведения кохлеарной имплантации, так как ответы ASSR являются надежным предиктором поведенческих порогов.
2. При проведении медико-социальной экспертизы в спорных случаях верификации порогов звуковосприятия рекомендуется к применению способ регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов на акустическую стимуляцию в условиях свободного звукового поля.
3. С целью оценки целостности системы кохлеарной имплантации при проведении технической экспертизы рекомендуется к применению способ регистрации ASSR на акустическую стимуляцию в условиях свободного звукового поля, так как он обладает уникальным свойством, позволяющим оценить целостность системы КИ, начиная с микрофона процессора (восприятие тональных сигналов) и заканчивая структурами слухового анализатора, генерирующими стационарные слуховые потенциалы, т.е. возможность увидеть функционирование системы «звуковой процессор – приемник-симулятор (КИ) – слуховой нерв – генератор ответа ASSR».
4. Рекомендуется применять способ регистрации ASSR в условиях свободного звукового поля для верификации порогов звуковосприятия у пациентов, неспособных к надежной обратной связи, с целью определения оптимальных уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом в условиях, когда невозможно использовать другие объективные методы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, включенных в международные базы цитирования

1. Пашков А.В., Наумова И.В., Воеводина К.И., Пашкова А.Е., Попадюк В.И., Устинова Н.В., Мамедъяров А.М. Психофизические и электрофизиологические показатели слухового анализатора как индикаторы эффективности кохлеарной имплантации у детей с двусторонней глухотой // Вестник Российской академии медицинских наук. - 2023. - Т. 78. - №5. - С. 400-407. doi: 10.15690/vramn10922.
2. Пашкова А.Е., Попадюк В.И., Воеводина К.И., Наумова И.В., Кириченко И.М., Пашков А.В. Особенности установки параметров настройки процессора у пациентов с глухотой с различными типами электродной решетки кохлеарного импланта. Медицинский Совет. 2023;(12):192-199. <https://doi.org/10.21518/ms2023-166>.
3. Каркашадзе Г.А., Намазова-Баранова Л.С., Яцык Л.М., Гордеева О.Б., Вишневая Е.А., Эфендиева К.Е., Кайтукова Е.В., Суханова Н.В., Сергиенко Н.С., Нестерова Ю.В., Кондратова С.Э., Фатахова М.Т., Пашков А.В., Наумова И.В., Зеленкова И.В., Ганковский В.А., Губанова С.Г., Леонова Е.В., Панкова А.Р., Алексеева А.А. Содержание нейроспецифических пептидов, маркеров нейромессенджера и нейрорецептора в сыворотке крови детей с вариативными сенсорными расстройствами, легкими когнитивными нарушениями и другой нейропатологией. Педиатрическая фармакология. 2022. Т. 19. № 6. С. 459-478. doi: 10.15690/pf.v19i6.2486
4. Наумова И.В., Пашков А.В., Воеводина К.И., Фатахова М.Т. Восприятие речи и состояние порогов звуковосприятия у пациентов с кохлеарными имплантатами. Вестник оториноларингологии. 2022;87(6):11–13. <https://doi.org/10.17116/otorino20228706111>
5. Пашков А.В., Намазова-Баранова Л.С., Вишнёва Е.А., Наумова И.В., Зеленкова И.В. Влияние тугоухости на образовательный процесс у детей и подростков. Вопросы современной педиатрии. 2020. Т. 19. № 4. С. 272-278. doi: 10.15690/vsp.v19i4.2134
6. Зеленкова И.В., Губанова С.Г., Наумова И.В., Ганковский В.А., Фатахова М.Т., Намазова-Баранова Л.С. Роль отоскопии в диагностике редких болезней в практике педиатра. Врожденная холестеатома среднего уха у ребенка: клинический случай. Педиатрическая фармакология. 2021. Т. 18. № 4. С. 298-303. doi: 10.15690/pf.v18i4.2296
7. Пашков А.В., Наумова И.В., Зеленкова И.В., Намазова-Баранова Л.С., Вишнёва Е.А., Воеводина К.И. Автоматическая аудиометрия как скрининговое исследование слуховой функции у школьников: обзор литературы и собственный опыт. Вопросы современной педиатрии. 2021. Т. 20. № 3. С. 245-250. doi: 10.15690/vsp.v20i3/2277
8. Диаб Х.М., Наумова И.В., Балакирева О.А., Соколова В.Н., Терехина Л.И. Миоклонус мышц среднего уха. Вестник оториноларингологии. 2018. Т. 83. № 2. С. 63-66. doi: 10.17116/otorino201883263-66
9. Диаб Х.М., Сапожников Я.М., Наумова И.В., Соколова В.Н., Капелюш Н.В., Балакирева. Психогенное нарушение слуха у детей и подростков О.А. Вестник оториноларингологии. 2017. Т. 82. № 5. С. 77-79. doi: 10.17116/otorino201782577-79

Публикации в изданиях, включенных в RSCI

10. Пашков А.В., Наумова И.В., Пашкова А.Е., Воеводина К.И. Анализ анатомических параметров улитки для повышения эффективности кохлеарной имплантации. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2023;11(3):56–60. doi: <https://doi.org/10.25792/HN.2023.11.3.56-60>.

11. Пашков А.В., Наумова И.В., Пашкова А.Е., Воеводина К.И., Фатахова М.Т. Взаимосвязь показателей разборчивости речи, уровней максимального комфорта и порогов регистрации потенциала действия слухового нерва у пациентов с кохлеарными имплантами. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2024. Т. 12. № 2 С. 80-85. doi: 10.25792/HN.2024.12.2.80-85
12. Пашков А.В., Савельева Е.Е., Полунина Т.А., Наумова И.В., Самкова А.С. Объективные методы диагностики нарушения слуха у детей первых лет жизни. Педиатрическая фармакология. 2014. Т. 11. № 2. С. 82-85.

Публикации в изданиях, включенные в перечень, рекомендуемый ВАК/РУДН

13. Пашков А.В., Наумова И.В., Намазова-Баранова Л.С., Зеленкова, Клячко Д.С. Тональная Аудиометрия с применением скринингового переносного комплекса в группах учащихся. Российская оториноларингология. 2020. Т. 19. № 6 (109). С. 50-56. doi: 10.18692/1810-4800-2020-6-50-56
14. Наумова И.В., Пашков А.В., Зеленкова И.В., Клячко Д.С. Регистрация стационарных слуховых потенциалов в свободном звуковом поле у нормально слышащих лиц. Наш опыт. Российская оториноларингология. 2020. Т. 19. № 5 (108). С. 63-67. doi: 10.18692/1810-4800-2020-5-63-67
15. Пашков А.В., Свистушкин В.М., Гадалева С.В., Наумова И.В., Клячко Д.С. Аномалия развития уха у ребенка с синдромом Пфайффера. Российская оториноларингология. 2019. Т. 18. № 5 (102). С. 102-105. doi: 10.18692/1810-4800-2019-5-102-105
16. Наумова И.В., Пашков А.В., Гадалева С.В., Клячко Д.С., Зеленкова И.В. Регистрация стационарных слуховых потенциалов у пациентов - пользователей систем кохлеарной имплантации. Наш опыт. Российская оториноларингология. 2019. Т. 18. № 2 (99). С. 57-63. doi: 10.18692/1810-4800-2020-5-63-67
17. Клячко Д.С., Пашков А.В., Гадалева С.В., Наумова И.В. Электрически вызванный потенциал действия слухового нерва. Обзор литературы. Российская оториноларингология. 2018. № 4 (95). С. 99-120. doi: 10.18692/1810-4800-2018-4-99-120
18. Наумова И.В., Гадалева С.В., Пашков А.В. Стационарные слуховые потенциалы. Обзор литературы. Российская оториноларингология. 2018. № 3 (94). С. 115-129. DOI: 10.18692/1810-4800-2018-3-115-129
19. Pashkov A.V., Naumova I.V., Uglova E.V., Gadaleva S.V. Testing of hearing in children using general anesthesia. Российская оториноларингология. 2017. № 4 (89). С. 65-69. doi: 10.18692/1810-4800-2017-4-65-69
20. Кузнецов А.О., Наумова И.В., Пашков А.В. Мониторинг межэлектродного сопротивления различных систем кохлеарной имплантации в течение первых двух лет слухоречевой реабилитации. Российская оториноларингология. 2016. № 1 (80). С. 61-66. doi: 10.18692/1810-4800-2016-1-61-66
21. Пашков А.В., Ганковский В.А., Кузнецов А.О., Наумова И.В., Полунина Т.А. Выявление нарушений слуха у новорожденных и детей первого года жизни с перинатальной патологией. Российская оториноларингология. 2015. № 6 (79). С. 58-61. doi: 10.18692/1810-4800-2015-6-58-61
22. Кузнецов А.О., Пашков А.В., Сираева А.Р., Наумова И.В. Мониторинг уровня максимального комфорта при использовании различных систем кохлеарной имплантации в первые девять месяцев работы устройств. Российская оториноларингология. 2015. № 6 (79). С. 39-42. doi: 10.18692/1810-4800-2015-6-39-42

23. Пашков А.В., Самкова А.С., Кузнецов А.О., Наумова И.В., Салмияров А.В. Исследование костного звукопроводения у детей с нормальным слухом с использованием методики регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга. Российская оториноларингология. 2015. № 5 (78). С. 59-62.
24. Кузнецов А.О., Пашков А.В., Наумова И.В., Оценка возможности перестимуляции пациента при проведении телеметрии нервного ответа в момент первого подключения речевого процессора к кохлеарному импланту. Российская оториноларингология. 2014. № 6 (73). С. 62-64.
25. Пашков А.В., Самкова А.С., Кузнецов А.О., Наумова И.В. Сравнение методик регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов с использованием частотноспецифических chirp-стимулов и тональных посылок у нормально слышащих лиц и пациентов с кондуктивной тугоухостью. Российская оториноларингология. 2013. № 6 (67). С. 103-106.
26. Кузнецов А.О., Наумова И.В., Пашков А.В., Григорьева Е.А., Савельева Е.Е. Изменение межэлектродного сопротивления различных систем кохлеарной имплантации в течение первого года слухоречевой реабилитации. Российская оториноларингология. 2013. № 3 (64). С.100-103.
27. Пашков А.В., Кузнецов А.О., Наумова И.В., Григорьева Е.А., Савельева Е.Е., Хандажапова Ю.А. Мониторинг слухового восприятия и воспроизведения речи у пациентов, использующих различные системы кохлеарной имплантации в первые шесть-восемь недель после операции. Российская оториноларингология. 2011. № 3 (52). С.111-115.
28. Зеленкова И.В., Пашков А.В., Наумова И.В., Фатахова М.Т., Кузьмина А.Б. Возможности мобильных технологий оценки слуха. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2022. № 3. С.16-18. doi: 10.26269/bgdr-zy26
29. А. В. Пашков, И. В. Наумова, А. Е. Пашкова, Воеводина К.И., Фатахова М.Т. Преимущества двусторонней кохлеарной имплантации. Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2022. – № 3. – С. 13-15. – doi 10.26269/1910-1-505. – EDN XZCYUF.
30. Пашков А.В., Наумова И.В., Зеленкова И.В., Русецкий Ю.Ю., Воеводина К.И. Регистрация стационарных слуховых потенциалов у пациентов с кохлеарными имплантами. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2021. № 2. С.24-28.

Материалы конференций и другие научные периодические издания

31. Pashkov A.V., Naumova I.V., Voevodina K.I., Fatakhova M.T., Izosimov A.A. Possibilities of triphasic pulse stimulation in patients with cochlear implants. XXXV World congress of audiology, Warsaw, Poland, 10-13 April 2022 Journal of Hearing Science. 2022. T. 12. № 1. С. 180. <https://journalofhearingscience.com/#/volumes>
32. Pashkov A.V., Naumova I.V., Voevodina K.I., Fatakhova M.T., Izosimov A.A. Auditory steady-state responses in CI users. XXXV World congress of audiology, Warsaw, Poland, 10-13 April 2022 Journal of Hearing Science. 2022. T. 12. № 1. С. 152. <https://journalofhearingscience.com/#/volumes>
33. Pashkov A.V., Garaeva S., Naumova I.V. Rusetckii I., Kliachko D. Comparison of ECAP thresholds in CI patients with different ASSR levels XXXV World congress of audiology, Warsaw, Poland, 10-13 April 2022 Journal of Hearing Science. 2022. T. 12. № 1. С. 159. <https://journalofhearingscience.com/#/volumes>
34. Pashkov A.V., Naumova I.V. Voevodina K.I., Kuzmina A.V. Automation of hearing diagnostics in adolescents. our experience. XXXV World congress of audiology, Warsaw, Poland,

- 10-13 April 2022 Journal of Hearing Science. 2022. T. 12. № 1. C. 153. <https://journalofhearingscience.com/#/volumes>
35. Naumova I.V. Pashkov A.V., Zelenkova I.V., Namazova-Baranova L.S. Vestibular schwannoma in a teenager: case report/Archives of Disease in Childhood. 2021. T. 106. № S2. C. A170-A171. doi: 10.1136/archdischild-2021-europaediatrics.407

Патенты

36. Патент № 2652733 С1 Российская Федерация, МПК А61F 11/00, А61В 5/0484. Способ настройки речевого процессора системы кохлеарной имплантации: № 2017107712: заявл. 09.03.2017 : опубл. 28.04.2018 / А. В. Пашков, И. В. Наумова, С. В. Гадалева [и др.].
37. Патент № 2826238 С1 Российская Федерация, МПК А61F 11/00, А61В 5/12. Способ электрофизиологической оценки целостности системы кохлеарной имплантации: № 2024106264: заявл. 12.03.2024 : опубл. 06.09.2024 / Г. Ш. Туфатулин, А. В. Пашков, И. В. Наумова, С. А. Артюшкин ;

Список сокращений и условных обозначений

дБ нПС – децибел относительно нормального порога звуковосприятия
 дБ УЗД – децибел относительно уровня звукового давления
 Вт – Ватт – единица мощности электрического тока
 кОм – килоОм – производная единица измерения межэлектродного сопротивления
 Chirp-стимул – стимул, преобразующий временное распределение спектральной стимуляции для синхронизации улитки
 СНТ – сенсоневральная тугоухость
 КИ – кохлеарный имплант
 СИ – система кохлеарной имплантации
 ЗП – звуковой процессор
 МКУ – максимально комфортный уровень стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом
 ПУ – пороговый уровень стимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом
 ТПА – тональная пороговая аудиометрия
 DTT – Digit triplex test , тройной числовой тест
 OLSA – Ольденбургский матричный тест
 ESRT – электрически вызванный стапедальный рефлекс
 ЕСАР – электрический вызванный потенциал действия слухового нерва
 40 Hz ERP – Event-related potential 40 Гц результат-зависимые слуховые вызванные потенциалы мозга
 ЭЭГ – электроэнцефалография
 АЕР – слуховые вызванные потенциалы мозга
 BESA (Brain Electrical Source Analysis) – программа анализа источников и дипольной локализации в области ЭЭГ
 MEG – магнитная электроэнцефалография
 ФМРТ – функциональная магниторезонансная томография
 КСВП – коротколатентные слуховые вызванные потенциалы мозга
 EABR – электрически вызванных стволовые потенциалы
 ASSR – стационарные слуховые вызванные потенциалы мозга
 CF – carrier frequency, несущая частота
 MF – modulation frequency, частота модуляции
 БПФ – быстрое преобразование Фурье
 ФК – фазовая когерентность
 ERM – Physical Endurance, оценка физической выносливости
 TMM – Physical Tempo, оценка физического темпа
 SS – Risk Seeking, оценка склонности к риску
 TMS – Social Tempo, оценка социального темпа
 EMP – Empathy, оценка уровня эмпатии

ERI – Intellectual Endurance, оценка интеллектуальной выносливости
 PL – Plasticity, оценка способности действовать в условиях многозадачности
 PRO – Probably thinking
 SLF – Self-confidence, оценка уверенности в себе
 IMP – Impulsivity, оценка импульсивности
 NEU – Neurotism, оценка показателя лабильности нервной системы
 ШСИ – Шкала слуховой интеграции
 ПКГ – Показатель контроля голоса
 ПРЗ – Показатель произнесения речевых звуков ребенком
 ВСО – Ведущая стратегия общения
 CAP – Category of Auditory Performance, Уровни развития слухового восприятия
 УРУР – Уровни разборчивости устной речи ребенка

Наумова И.В.

Психофизические и электрофизиологические показатели слухового анализатора как индикаторы эффективности кохлеарной имплантации у детей с двусторонней глухотой

Исследование посвящено решению проблемы создания оптимальной индивидуальной карты процессора системы кохлеарной имплантации с определением верифицированного уровня электростимуляции слухового нерва, являющегося максимально комфортным для пациента детского возраста, не способных дать надежной поведенческой обратной связи.

В ходе исследования был разработан новый метод регистрации стационарных слуховых вызванных потенциалов на акустические стимулы в условиях свободного звукового поля в качестве показателя верификации уровней электростимуляции слухового нерва кохлеарным имплантом. Данная методика показала свою эффективность в качестве дополнительного, либо альтернативного способа объективизации в когорте пациентов неспособных дать надежной обратной связи при невозможности использования у них других рутинных методов объективизации ответа слухового анализатора.

Naumova I.V.

Dynamics of electrophysiological parameters of auditory nerve stimulation in patients with deafness after unilateral and bilateral cochlear implantation

The study is devoted to solving the problem of creating an optimal personal processor map for the cochlear implantation system with the determination of a verified levels of electrical stimulation of the auditory nerve, which is as comfortable for a small patient's who are unable to provide reliable behavioral feedback.

In the course of the study, a new method was developed for recording steady-state auditory evoked potentials on acoustic stimuli in a free field as an indicator of verification of the levels of electrical stimulation of the auditory nerve by a cochlear implant. This result has shown its effectiveness as an additional or alternative method of objectification in a cohort of patients who are unable to provide reliable feedback when they cannot use other routine methods to objectify the auditory analyzer response.

Подписано в печать 17.04.2025. г. Формат 60х84/16

Усл. Печ.л. 2,75. Тираж 125 экз. Заказ 1725

Российский университет дружбы народов (РУДН)

Типография РУДН

115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе д.3.

Тел.: 8 (945) 955-08-74. E-mail: publishing@rudn.ru