

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

На правах рукописи

Савельев Евгений Сергеевич

Выбор параметров стимуляции систем кохлеарной имплантации у детей

3.1.3. Оториноларингология

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Попадюк Валентин Иванович

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1.1. Нейросенсорные нарушения слуха у детей, эпидемиология, этиология и основные факторы патогенеза.....	15
1.2. Особенности диагностики, лечения и реабилитации детей с нейросенсорной тугоухостью.....	19
1.3. Кохлеарная имплантация-эффективный способ реабилитации детей с тугоухостью IV степени и глухотой.....	23
1.4. Оценка эффективности кохлеарной имплантации у детей.....	34
1.5. Использование Анкет-опросников для оценки слуха и речи детей после кохлеарной имплантации.....	39
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	42
2.1. Общая характеристика обследованных.....	42
2.2. Методы обследования пациентов	47
2.3. Дизайн и структура исследований.....	52
2.4. Статистическая обработка результатов.....	53
ГЛАВА 3. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	54
3.1. Общая клиническая характеристика детей группы исследования	54
3.2. Результаты тестирования состояния электродов.....	62
3.3. Телеметрия нервного ответа, корреляция порогов с комфортным и пороговым уровнями речевой карты процессора кохлеарного импланта.....	72
ГЛАВА 4. РОЛЬ ПСИХОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ ПРИ ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПРОЦЕССОРА КОХЛЕАРНОГО ИМПЛАНТА У ДЕТЕЙ	83

4.1. Оценка эффективности настройки речевого процессора с применением теста тональной пороговой аудиометрии и аудиометрии с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле.....	83
4.2. Настройка речевого процессора системы кохлеарной имплантации с учетом показателей речевой аудиометрии в тишине и шуме в свободном звуковом поле.....	89
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПРОСНИКОВ REACH И MUSS	97
ГЛАВА 6. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СТИМУЛЯЦИИ РЕЧЕВОЙ КАРТЫ СИСТЕМ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ У ДЕТЕЙ МЕТОДОМ РУССКИХ РЕЧЕВЫХ ФОНЕМ.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	114
ВЫВОДЫ.....	124
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	126
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	127
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	128

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Проблема диагностики, лечения и реабилитации нарушений слуха у детей имеет большую медицинскую и социальную значимость [50, 155, 186]. В настоящее время не подвергается сомнению тот факт, что даже тугоухость I степени влияет на языковое и интеллектуальное развитие ребенка [14,43].

По данным Всемирной организации здравоохранения, к 2050 г. более 700 миллионов человек, или каждый десятый, будут иметь инвалидизирующую потерю слуха [190]. Хроническая нейросенсорная тугоухость является хроническим неинфекционным заболеванием, проявляющимся снижением слуха, которое достаточно часто встречается в популяции и считается одним из сенсорных дефицитов, значительно снижающих качество жизни населения [13].

Проблема нейросенсорной тугоухости сохраняет свою актуальность в современных условиях в связи с продолжающимся ростом числа пациентов с этой патологией [34]. Убедительно доказано негативное влияние нарушения слуховой функции не только на качество жизни, но и на социальное взаимодействие пациента [29]. Тугоухость осложняет восприятие речи, а также оказывает влияние на психологическую и социальную сферы ребенка, значительно затрудняя возможность обучения и общения, что отрицательно влияет на интеллектуальное развитие [105]. Дети с врожденной двусторонней нейросенсорной тугоухостью от тяжелой до глубокой степени сталкиваются с проблемами в развитии речи, языка, грамотности, психологического функционирования и академической успеваемости [129, 139, 141, 154, 157].

Доступными вариантами помощи детям с хронической нейросенсорной тугоухостью являются слуховые аппараты (СА) и кохлеарные импланты (КИ). Причем при глубокой потере слуха преимущество показывает метод кохлеарной имплантации. Кохлеарная имплантация - одно из лучших инновационных изобретений в медицине для лечения тяжелой и глубокой тугоухости. Это единственное устройство в мире, которое способно полностью восстановить слух глухому человеку. Кохлеарные импланты эффективны для детей и взрослых со

значительной потерей слуха, а также в случае крутонисходящих аудиограмм, когда слуховые аппараты показывают низкую эффективность. В то время, как слуховой аппарат только усиливает акустическую энергию на основе остаточного слуха, КИ напрямую стимулирует слуховой нерв [157, 159].

Численность пациентов, перенесших КИ неуклонно растет [67]. Дети с глубокой потерей слуха после операции КИ получают возможность полноценного развития и интеграции в общество [97,185]. Последние годы технология кохлеарной имплантации активно развивалась и на современном этапе метод КИ является самым эффективным средством слухоречевой реабилитации глухих детей [21, 39]. Многие научные и практические исследования доказывают, что чем раньше проведена диагностика глухоты и выполнено хирургическое вмешательство, тем успешнее реабилитация детей и их интеграция в общество [160, 165, 31]. Восстановление детей после КИ не происходит само по себе. Для достижения полного успеха необходима последовательная, продуманная и комплексная реабилитация [46, 162].

Мировой опыт применения КИ показал, что помимо успешно проведенной операции и качественной комплексной реабилитации ребенка, важным фактором эффективности проведенной имплантации является правильный выбор параметров стимуляции речевого процессора (РП). Программирование РП пациента осуществляется с помощью различных методов, применяются стандартизированные или индивидуальные способы настройки процессора, специалистами определяются такие параметры как пороговый и комфортный уровни стимуляции, стратегия кодирования, частота стимуляции, ширина импульса и другие [175].

На сегодняшний день не существует универсальных подходов и методов программирования процессора КИ, также разнообразны методы слухоречевой реабилитации и оценки качества слуха ребенка после проведенной операции. Важными факторами, влияющими на эффективность реабилитации детей, использующих КИ, являются разработка методов оценки эффективности программирования РП и применяемых методик. Сравнение различных методов

настройки РП и оценка их эффективности, а также разработка новых подходов при выборе параметров РП, являются актуальными проблемами современной оториноларингологии и сурдологии.

Степень разработанности проблемы

Так как от слуха ребенка зависит его слухоречевое и интеллектуальное развитие, проблема разработки новых эффективных методов выбора параметров РП является актуальной задачей клинической медицины и, в частности сурдологии-оториноларингологии [49, 63, 81]. Неоптимальный уровень порогов комфортной громкости обуславливает плохую слышимость и снижает разборчивость речи, а излишняя стимуляция может сопровождаться дискомфортными или болевыми ощущениями [47, 81]. Это, в свою очередь, может привести к отказу ребенка в использовании РП КИ. Некорректная настройка процессора КИ может стать причиной отсутствия прогресса и даже наступления регресса в слухоречевом развитии [48, 52].

Имеется большое количество отечественных и зарубежных работ по использованию различных методов настройки РП. Общеизвестны 2 основных метода настройки процессора КИ: субъективный (психоакустический) и объективный (электрофизиологический) [4, 95, 132, 146, 164, 185].

Одним из объективных методов, который наиболее часто используется при программировании РП, является регистрация порога электрически вызванного потенциала действия слухового нерва методом телеметрии нервного ответа (ТНО; ЕСАР- Electrically evoked compound action potential) [4, 40, 95, 121, 130, 132].

Корреляция параметров комфортного уровня стимуляции и порогов потенциала действия слухового нерва ЕСАР варьирует от средней до сильной степени корреляции, причем более сильная корреляция обнаруживается через 6-12 мес. после первичного подключения РП [4].

Янов Ю.К. с соавт. (2012) описывают использование регистрации стапедальных рефлексов для настройки речевых процессоров [111].

Субъективные методы используются для оценки индивидуальной реакции ребенка на электрическую стимуляцию во время настроечной сессии, что помогает специалисту максимально правильно подобрать параметры стимуляции процессора КИ. Большинство специалистов оценивают настройки РП совместно с сурдопедагогом, а также используют психоакустические тесты, например, исследование шепотной и разговорной речи или метод тональной пороговой аудиометрии в свободном поле [49].

Считается, что при правильной настройке РП пороги слуха ребенка на основной программе прослушивания должны составлять 30 ± 5 дБ. Если на отдельных частотах пороги не соответствуют этому критерию, то требуется коррекция настройки РП в этом частотном диапазоне [47].

Ряд авторов важным фактором эффективности КИ считает хорошую разборчивость речи у пациентов после операции [6, 20].

Настройка считается достаточной, если по данным речевой аудиометрии разборчивость равна или превышает 80% [16, 22, 82].

Оценка эффективности КИ в детском возрасте представляется сложной задачей, так как оценка речевого развития и получение объективных ответов от маленького ребенка бывают затруднительными. Проведение же речевого тестирования возможно только с 3-летнего возраста, а описание ребенком субъективных слуховых ощущений с 5 лет. Между тем доказано, что период жизни от рождения до 3 лет является наиболее сенситивным для развития слуха и речи [52]. В мировой практике широко применяются различные опросники, которые позволяют оценить слухоречевое развитие ребенка и изучить «пользу» используемого КИ.

Таким образом, несмотря на многочисленные публикации по различным способам и методам настройки, то есть выбора параметров РП КИ у детей и оценки их эффективности, ряд вопросов по-прежнему остаются нерешенными. Требуют разработки вопросы оптимального выбора параметров стимуляции РП КИ, особенно, в группе детей, которые не могут выполнить речевые тесты и тесты игровой аудиометрии в свободном звуковом поле, отстают в речевом развитии и

имеют недостаточный слуховой опыт. Вопросы корректной настройки речевой карты у имплантированных детей в различных возрастных группах и оценка их эффективности также требуют разработки и внедрения в клиническую практику.

Цель исследования: Повышение эффективности слухоречевой реабилитации детей после кохлеарной имплантации путем усовершенствования выбора параметров стимуляции речевого процессора.

Задачи исследования

1. Разработать новые способы выбора параметров стимуляции систем КИ с использованием методики речевой аудиометрии в тишине, шуме и теста фоном русской речи.
2. Провести оценку типичной практики сурдолога по выбору параметров речевой карты процессора КИ.
3. Изучить результаты исследования состояния электродов и провести корреляционный анализ показателей наиболее часто используемого метода настройки РП – электрически вызванного потенциала действия слухового нерва ЕСАР с комфортным и пороговым уровнями речевой карты процессора КИ.
4. Оценить возможность использования тональной пороговой аудиометрии и аудиометрии с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле для выбора параметров стимуляции процессора КИ.

Научная новизна исследования

1. Впервые проведена оценка типичной практики сурдолога по выбору параметров речевого процессора КИ.
2. Впервые изучена возможность использования аудиометрии с визуальным подкреплением и речевой аудиометрии в тишине и шуме при выборе параметров стимуляции процессора КИ.
3. Впервые разработаны, запатентованы и внедрены в практику новые методики выбора параметров стимуляции процессора КИ. Разработана и

предложена собственная методика игровой речевой аудиометрии в тишине и шуме «открытым» и «закрытым выбором».

4. Впервые разработана и предложена собственная методика настройки речевой карты с использованием фоном русской речи в игровой форме.

5. Впервые разработан алгоритм настройки речевого процессора систем КИ для улучшения качества послеоперационной реабилитации, основанный на электрофизиологических и психоакустических методах выбора параметров речевой карты, учитывающий не только слышимость звуков, но и наиболее важный показатель - разборчивость речи.

Теоретическая и практическая значимость работы

В результате проведенного диссертационного исследования выявлены основные методы, которые использовались при выборе параметров речевой карты у детей, перенесших КИ. В ходе исследования проведена сравнительная оценка взаимосвязи показателей телеметрии нервного ответа (ТНО, ЕСАР) с данными психоакустических порогов настроечных карт. Разработаны, запатентованы и внедрены в клиническую практику новые методы настройки РП систем КИ на основе показателей речевой игровой аудиометрии, аудиометрии с визуальным подкреплением и метод с использованием фоном русской речи, в том числе, в игровой форме. Предлагаемые запатентованные методы настройки РП позволяют достичь оптимальной конфигурации настроечной карты процессора и приводят к максимально хорошей разборчивости речи у детей после КИ, улучшая результаты слухоречевой реабилитации.

Методология и методы исследования

Диссертационная работа выполнена в дизайне ретроспективного и проспективного исследований. Использовались психоакустические, электрофизиологические и статистические методы. В исследование были включены пациенты с нейросенсорной тугоухостью 4 степени и глухотой в возрасте от 2 до 15 лет, ранее перенесшие операцию КИ, находящиеся в стадии

слухоречевой реабилитации и проходившие настроечные сессии в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» ФМБА России (лицензия № ЛО Л041-00110-79/00363777 от 04.03.2020 г., бессрочная; договор о сотрудничестве № 0040 - Дог-23 от 20.02.2024 г.), а также в сурдологическом центре «МастерСлух-Уфа» (лицензия № ЛО 41-01024-74/00555899 от 08.04.2020г., бессрочная, договор о сотрудничестве № 0090-07-1780 от 25.09.2025г.), где были обследованы 102 ребенка после КИ.

На первом этапе проведено изучение особенностей перинатального периода, анамнеза заболевания и типичной практики сурдолога по выбору параметров речевого процессора КИ, а также определены наиболее часто используемые объективные и субъективные методы настройки речевых процессоров КИ.

На втором этапе изучены показатели регистрации межэлектродного сопротивления электродов и электрического потенциала действия (ЭПД) слухового нерва, или телеметрии нервного ответа (Evoked Compound Action Potentials - ЕСАР). Проведен корреляционный анализ порогов ЕСАР с комфортным и пороговым уровнями речевой карты процессора КИ. Предложены новые психоакустические методы настройки РП и проведено сравнительное исследование разборчивости речи в тишине и шуме, а также различения фонем русской речи при использовании традиционных методов настройки и с использованием собственных методик, доказана их эффективность. Предложен и внедрен в клиническую практику алгоритм выбора параметров РП систем КИ, который может использоваться при настройке РП всех производителей КИ у детей.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Регистрация электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (ЕСАР), тональная пороговая аудиометрия в свободном звуковом поле и сурдопедагогическая оценка, являющиеся основными методами в клинической практике при выборе параметров стимуляции речевого процессора у детей после КИ, не обеспечивают полноценной верификации восприятия ребенком речевых

стимулов, необходимой для индивидуальной коррекции настроечной карты речевого процессора.

2. Дополнительное использование психоакустических методов настройки РП КИ: аудиометрии с визуальным подкреплением VRA и речевой аудиометрии в тишине и шуме индивидуализируют и персонифицируют карты настройки РП ребенка.

3. Применение предложенных способов настройки РП с использованием игровой речевой аудиометрии и теста фонем русского языка являются хорошими инструментами для выбора параметров РП у детей после КИ. Методы позволяют получить «обратную связь» от ребенка, оценить слышимость звуков в различных частотных диапазонах речевой карты и внести коррекцию в настроечную карту процессора КИ, приводя к лучшей разборчивости речи.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности

Диссертация на тему: «Выбор параметров стимуляции систем кохlearной имплантации у детей» соответствует паспорту специальности 3.1.3. Оториноларингология (медицинские науки) и области исследования: «Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики ЛОР-заболеваний».

Степень достоверности

Положения данной диссертационной работы основаны на первичных материалах медицинской документации и имеют полное соответствие. Степень достоверности и обоснованности выводов подтверждена достаточным объемом наблюдений в количестве 102 пациентов ($n = 142$ уха с КИ) в возрасте от 2 до 15 лет с глубокой степенью тугоухости, которые используют различные системы кохlearной имплантации (КИ). Полученные результаты при использовании различных методик при настройке речевого процессора (РП) кохlearного импланта (КИ) подтверждают решение поставленных задач. Выводы полностью отражают результаты проведенных исследований.

Апробация результатов исследования

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: IX Национальном Конгрессе Audiологов и XIII Международном симпозиуме «Современные проблемы физиологии и патологии слуха» (21-23 сентября 2021 г., г. Суздаль), XIII Форуме оториноларингологов России (24-26 апреля 2024 г., г. Санкт-Петербург), 2-м Конгрессе Международного общества клинической физиологии и патологии – Congress of International Society for Clinical Physiology and Pathology, ISCPP (13-15 мая 2024 г., г. Москва), IV Всероссийском Конгрессе с международным участием «Лечебно-реабилитационные перспективы при кохлеовестибулярных и голосовых расстройствах. Первый Национальный Конгресс сурдологов» (05- 06 июня 2024 г., г. Москва), Конкурсе молодых ученых, диплом за 1-е место «Междисциплинарный подход в оториноларингологии, хирургии головы и шеи» (10-11 октября 2024 г., г. Москва), VII Всероссийском форуме «Россия-территория заботы» (24-25 октября 2024 г., г. Москва), 3-м Конгрессе Международного общества клинической физиологии и патологии - Congress of International Society for Clinical Physiology and Pathology, ISCPP (12-14 мая 2025г., г. Москва, on-line), V Всероссийском Конгрессе с международным участием «Лечебно-реабилитационные перспективы при кохлеовестибулярных и голосовых расстройствах» (15-16 мая 2025г., г. Москва), Школе практического врача «Заболевания ЛОР-органов. Разбор клинических случаев» (31 октября 2025 г., г. Уфа, on-line), IX Всероссийском Форуме оториноларингологов с международным участием «Междисциплинарный подход в оториноларингологии, хирургии головы и шеи» (9-10 октября 2025г., г. Москва).

Внедрение результатов исследования

Результаты проведенного исследования внедрены в лечебный процесс Отделения сурдологии и слухоречевой реабилитации ФГБУ НМИЦО ФМБА России (Акт внедрения от 27.05.2026 г.), в учебный процесс ФГБУ НМИЦО ФМБА России (Акт внедрения от 27.05.2026г.), в практическую работу сурдологического центра «МастерСлух-Уфа» (Акт внедрения от 25.05.2026г.).

Материалы диссертационного исследования внедрены в учебно-педагогический процесс на кафедре оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Акт внедрения от 16.06.2026 г.

Личный вклад автора в результаты исследования

Личный вклад состоит в выполнении всех этапов диссертационной работы: систематическом обзоре литературы с целью определения проблемы, формулировании цели и задач исследования, подходов к решению, поставленных задач в соответствии с основной целью диссертационной работы, разработке индивидуального протокола исследования, выполнении исследования, наборе первичного материала и анализе полученных результатов. Обсуждение и интерпретация полученных результатов были проведены совместно с научным руководителем и соавторами опубликованных работ. Основные положения, выносимые на защиту, а также выводы диссертационной работы сформулированы автором самостоятельно.

Публикации

По материалам диссертации опубликованы 9 печатных работ, из которых 4 – работы опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах цитирования (SCOPUS), 1 - в научных изданиях ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 2 тезиса в сборниках научно-практических конференций. Получены 2 патента на изобретение РФ: «Способ настройки речевого процессора кохлеарного импланта», RU 2829687 C1 от 05.11.2024 и «Способ выбора параметров речевой карты кохлеарного импланта методом русских речевых фонем», RU2851159 C1 от 19.11.2025.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 151 странице машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, главы, отражающей материалы и методы

исследования, 4 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений и списка используемой литературы. В работе представлены 17 таблиц и 32 рисунка. Библиографический указатель состоит из 196 источников, из которых 112 отечественных и 84 зарубежных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 **Нейросенсорные нарушения слуха у детей, эпидемиология, этиология и основные факторы патогенеза**

Всемирная организация здравоохранения в феврале 2025 года опубликовала данные о том, что более 5% населения земного шара, а именно, 430 млн. человек имеют инвалидизирующие потери слуха и нуждаются в реабилитации, в том числе, 34 млн. детей [190]. Слух — это важнейший интеллектуальный, эмоциональный и социальный орган чувств [109]. Нарушения слуха отражаются на психоэмоциональном статусе пациентов, усугубляя прогрессирование когнитивного дефицита [33]. Развитие стойких нарушений слуха приводит к инвалидизации больных и к связанным с ними экономическим затратам со стороны государства [61].

По оценкам экспертов ВОЗ, существует значимый риск развития тугоухости у более чем 1 миллиарда молодых людей, связанный с прослушиванием громкой музыки и небезопасным использованием аудиоустройств [190]. В настоящее время выявлено значительное количество пациентов с нейросенсорным поражением органа слуха и отмечается тенденция к росту числа таких больных [91].

Общеизвестен факт, что каждые 1000 физиологических родов сопровождаются рождением одного глухого ребенка, а от 2 до 4% новорожденных, которые нуждаются в интенсивной терапии, имеют выраженные нарушения слуха [27]. Так, Пашков А.В. с соавт. (2020) констатирует, что в Российской Федерации подтвержденных пациентов с различной степенью тугоухости насчитывается более 13 млн. человек, в том числе, около 1 млн. составляют дети [80]. От 50 до 60% всех случаев нарушений слуха вызваны генетическими причинами [25,77, 152].

При хронической НСТ в большинстве случаев имеет место двусторонняя стойкая, наблюдаемая в течение многих лет тугоухость с медленным или быстрым прогрессированием [59, 60].

Длительное снижение слуха или его полное отсутствие влечет за собой системное нарушение речи [41]. Первые годы жизни ребенка являются важными

для развития речи, познавательных навыков и развития интеллекта. Нарушение слуха ребенка приводит к нарушению его речевого развития. При задержке в формировании речи вторично происходит задержка в развитии интеллекта [8, 9, 45, 78]. По данным литературы, у 82% детей нарушения слуха возникают на 1–2-м году жизни, то есть в доречевой период или в период становления речи [8].

Данные о распространённости потери слуха в детском возрасте можно найти в различных исследованиях, и они значительно варьируют, составляя от 0,1% до 17,9%. Это связано с различными методами сбора данных и критериями включения в исследование [172, 187]. Так, например, распространённость двусторонней врождённой тугоухости у детей в Германии по данным универсального скрининга новорожденных за 2011- 2012гг. оценивалась в 0,13% на 1000 [194].

Andrej Kral и Gerard O'Donoghue (2010) сообщают, что распространённость постоянной потери слуха у детей, которая обусловлена кохлеарными нарушениями, составляет от 1,2 до 1,7 случаев на 1000 живорожденных. От 20 до 30% рожденных детей с тугоухостью имеют глубокую потерю слуха. Распространённость увеличивается к 6 годам жизни ребенка в результате различных факторов, в том числе, менингита, отсроченного начала генетической потери слуха или поздней диагностики. Известен факт, что около половины случаев инвалидизирующей потери слуха во всем мире можно предотвратить. Примерно у 30% глухих детей есть дополнительная инвалидность, связанная чаще всего с когнитивными нарушениями [153].

Нарушение слуха в детском возрасте примерно в 60% случаев обусловлено генетическими нарушениями [158]. В развитых странах генетические причины составляют не менее половины случаев врожденной тугоухости или тугоухости, возникшей в детском возрасте [177, 191].

Согласно статистическим данным по общей заболеваемости детского населения Российской федерации в стране в 2023 г. состояло на учете более 35 037 детей от 0 до 14 лет с двусторонней нейросенсорной тугоухостью, что в среднем составило 137,2 на 100 тыс. детского населения [32].

Чибисова С.С. с соавт. на основании изучения официальных статистических данных и отчетов центров реабилитации слуха в 2018г. показала, что распространенность нарушений слуха у детей 1-го года жизни составила 2,5 на 1000 новорожденных. Несмотря на очевидные успехи аудиологического скрининга новорожденных и детей 1-го года жизни, только 70% случаев врожденной и доречевой тугоухости диагностируется на первом году жизни [106].

Hidekane Yoshimura с соавт. в 2025 г. изучили результаты 1 и 2 этапов аудиологического скрининга у 153 913 новорожденных Японии. Авторы выявили, что распространённость врождённой тугоухости составила 1,62 на 1000 новорождённых, в том числе, двусторонняя – 0,84, а односторонняя – 0,77. Более чем в половине случаев врождённой двусторонней тугоухости была выявлена генетическая этиология. Примерно 4% и 6% случаев врождённой бинауральной и односторонней тугоухости были связаны с врождённой цитомегаловирусной инфекцией и расстройством слухового нейропатического спектра соответственно [191].

В 2021 г. Туфатулин Г.Ш. с соавт. провели эпидемиологическое исследование нарушений слуха (НС) в детской популяции (n=3098 детей) Санкт-Петербурга [104]. Авторы показали, что у детей, прошедших аудиологический скрининг новорожденных, средний возраст установления диагноза был статистически значимо меньше, чем у детей, у которых аудиологический скрининг не проводился. Только 5% из 3098 детей с НСТ получили раннюю помощь в соответствии с современным стандартом: выявление тугоухости в 1 месяц; диагностика в 3 месяца жизни; слухопротезирование в 6 месяцев. Авторы делают вывод о необходимости усовершенствования аудиологического скрининга, улучшении диагностики и реабилитации детей с НСТ [104].

Нейросенсорная (сенсонеуральная, перцептивная) потеря слуха (НСТ) - это поражение звуковоспринимающего отдела органа слуха, которое может затрагивать структуры от нейроэпителия улитки до центральных отделов головного мозга [5]. По механизму развития различают приобретенную и врожденную тугоухость [10].

При врожденной тугоухости причинный фактор действует на плод или новорожденного и поэтому потеря слуха имеется при рождении [99].

Факторами риска, оказывающими отрицательное влияние на слух новорожденного, считаются: низкая масса при рождении (менее 1500 г); недоношенность; гипоксия и асфиксия новорожденного; низкая оценка по шкале Апгар; длительная ИВЛ; гипербилирубинемия и другие [7, 18, 120].

Процент детей с перцептивным нарушением слуха в отделениях реанимации и интенсивной терапии значительно выше, чем в общей популяции детей [127,144].

70% детей с врожденной долигвальной тугоухостью или глухотой имеют изменения генотипа, которые являются причиной нарушений слуха, причем в 70-85% случаев это несиндромальные формы, которые не сопровождаются поражением других органов и систем [7, 66]. На сегодняшний день вариации в 89 генах были идентифицированы как причинные при аутосомно-рецессивной несиндромальной тугоухости. Данная тугоухость является наиболее распространенным типом генетической потери слуха. Usami, S.I.; Nishio, S.Y. в 2022 году описали, что основными генами-возбудителями несиндромальной тугоухости у японских пациентов являются GJB2 (12,9%), SLC26A4 (3,4%) и CDH23 (3,4%), тогда как среди пациентов с лёгкой и умеренной степенью тугоухости соотношение смещается в сторону GJB2 (7,8%), STRC (3,4%) и KCNQ4 (2,2%) [181]. В России наиболее часто встречается мутация в гене GJB2, которая отвечает за синтез коннексина 26, регулирующего обмен ионов K^+ в улитке, приводящая к стойкой тугоухости [7, 66].

Цитомегаловирусная инфекция, которая выявляется у четверти недоношенных детей, может быть причиной НСТ ребенка [136]. Общеизвестно, что токсоплазмоз и краснуха могут приводить к развитию нейросенсорных поражений органа слуха детей [117].

После рождения ребенка различные факторы могут оказывать влияние на орган Корти ребенка, вызывая приобретенную НСТ. Это могут быть: менингит, парагрипп, грипп, паротит, скарлатина, аденовирусная инфекция, применение

ототоксичных медицинских препаратов, травматические повреждения головы и другие [1].

Необратимые изменения органа слуха наблюдаются при травматических и взрывных поражениях, когда характерно сочетание нарушений со стороны центральной нервной системы и слухоречевых расстройств, так называемый коммоционно-контузионный синдром [112]. Внутреннее ухо может быть возможной мишенью вируса SARS-CoV-2, а индуцированное повреждение может проявляться как нейросенсорная потеря слуха с шумом в ушах и/или головокружением [70]. При заболеваниях центральных отделов коры головного мозга также может наблюдаться НСТ [38].

1.2 Особенности диагностики, лечения и реабилитации детей с нейросенсорной тугоухостью

Основным симптомом нейросенсорных нарушений слуха у детей является отсутствие у ребенка реакций на речевые и неречевые звуки, а также задержка речевого развития. Однако, если НСТ развилась остро в постлингвальный период, то может наблюдаться хорошее развитие речи, сочетающееся с ушным шумом высокочастотного спектра и снижением разборчивости речи. Также могут возникать симптомы нарушения вестибулярной функции. Родители часто недооценивают задержку развития речи ребенка при долингвальной НСТ. Такие дети наблюдаются у психологов, неврологов, логопедов, сурдопедагогов. Небольшие потери слуха (I, II степени) являются наиболее сложными в диагностике и долгое время могут оставаться незамеченными.

Первые годы жизни ребенка являются критическими для развития речи и познавательных навыков, что обуславливает первостепенную значимость раннего выявления нарушений слуха [84].

Факторы риска есть только у 50% новорожденных с диагностированной НСТ, что обосновало целесообразность введения универсального аудиологического скрининга новорожденных во многих странах, включая Российскую Федерацию [3]. Благодаря внедрению аудиологического скрининга в России увеличилось число выявления случаев НСТ и глухоты у детей раннего возраста. Методы

диагностики и реабилитации нарушений слуха непрерывно совершенствуются, внедряются в клиническую практику [64]. Судьба глухого ребенка зависит от многих факторов, главными из которых являются: возраст, в котором произошло нарушение слуха; степень снижения слуха и самый важный фактор - срок от момента возникновения снижения слуха до начала реабилитационных мероприятий [100].

Для диагностики НСТ используются субъективные (психоакустические) и объективные (электрофизиологические) методы диагностики функции слуха ребенка. Тесты помогают поставить точный диагноз с раннего возраста ребенка [55, 65, 72, 87, 88].

К субъективным методикам относятся: безусловные рефлексы на звуки, поведенческая аудиометрия, игровая аудиометрия, аудиометрия с визуальным подкреплением и другие [7, 93, 97, 98, 115, 134, 183].

Радциг А.Н. (2024) разработал метод массового слухового скрининга односторонних нарушений слуха у детей с помощью программы-игры, который не требует участия врача, размещен в сети интернет с доступом из любой точки планеты [85].

К объективным методикам относятся тесты, не требующие ответной реакции ребенка: тимпанометрия с рефлексометрией, регистрация различных классов отоакустической эмиссии (ОАЭ) и слуховых вызванных потенциалов (КСВП, ASSR) [2, 19, 30, 55, 89, 93, 97, 98, 115, 149, 169].

В России метод регистрации ОАЭ применяется для проведения аудиологического скрининга в родильных домах [11, 15, 17, 27, 101, 115, 134, 188].

Крейсман М.В. с соавт. (2025) доказала, что необходимо проводить не только скрининг новорожденных и детей 1-го года жизни, но и необходим аудиологический скрининг детей школьного возраста для учащихся 1, 2 и 7-х классов в связи с большим количеством нарушений слуха именно в эти периоды жизни ребенка [53, 54].

Для правильной постановки диагноза нейросенсорной тугоухости у детей важно использовать как объективные, так и субъективные методы обследования, применяя принцип «перекрестного контроля» [86, 90,94, 138].

У детей с подозрением на НСТ особое значение имеет оценка уровня развития речи, артикуляции, интеллекта и психических функций. Поэтому следует использовать всесторонний междисциплинарный подход команды специалистов: оториноларингологов, сурдологов, генетиков, сурдопедагогов, психологов, дефектологов, логопедов, неврологов и др.

При оказании помощи ребенку с НСТ очень важно выяснить сроки возникновения снижения слуха, потому что остро возникшая тугоухость нуждается в срочной интенсивной медикаментозной терапии в соответствии с клиническими рекомендациями Минздрава РФ [39]. Традиционное лечение различных форм нейросенсорной тугоухости эффективно лишь при остром начале заболевания [71].

Согласно официальным клиническим рекомендациям, консервативные методы лечения хронической стойкой НСТ у детей не находят всеобщего признания ввиду их малой эффективности и низкой доказательной базы. Однако, акцентируется внимание на необходимость лечения сопутствующих заболеваний у профильных специалистов [39].

Для компенсации нарушенного слуха у детей, страдающих НСТ, рекомендуется использовать слуховые аппараты (СА). В случае выраженной потери слуха - кохлеарные импланты (КИ) [39, 93]. У детей с двусторонней хронической тугоухостью показанием к использованию СА являются средние уровни нарушения слуха при воздушном проведении на 4-х основных речевых частотах в лучше слышащем ухе более 31 дБ [39]. Голованова Л.Е. с соавт. (2018) показала, что бинауральное слухопротезирование эффективнее моноаурального в 86% случаев [24]. К противопоказаниям к использованию СА относят: острую тугоухость и воспалительные заболевания уха, требующие лечения, и некомпенсированное головокружение [39]. У детей предпочтение отдается заушным моделям СА. При использовании СА с двух сторон (бинауральное

слухопротезирование) отмечается заметное преимущество по локализации звука и восприятию речи в шуме.

У ребенка с врожденной тугоухостью до 6 месяцев жизни должна быть сформирована индивидуальная программа реабилитации, включающая: коррекцию слуховой функции с использованием технических средств реабилитации (ТСР)- СА или КИ; сурдопедагогическую, логопедическую и психологическую помощь и информационно-социальную поддержку семьи, а также диспансерное наблюдение [39].

Использование современных цифровых многоканальных СА и раннее слухопротезирование в возрасте от 3 до 6 месяцев жизни ребёнка помогает компенсировать слухоречевые и когнитивные способности. После слухопротезирования рекомендуется оценить его эффективность, то есть провести валидацию. У детей валидация необходима каждые 6 месяцев после подбора СА [39, 51, 75].

Коваленко А.Н., Кастыро И.В. с соавт. (2021) провели исследование акустических треугольников гласных звуков и показали, что данный метод является неинвазивным инструментом для оценки речевого развития и его нарушений, он может быть полезен при оценке качества слухопротезирования и при контроле настройки СА у пациентов с длительной тугоухостью [41].

Единственным методом реабилитации пациентов с тотальной глухотой и выраженной степенью тугоухости является кохлеарная имплантация (КИ) [67, 93]. Каждый год в РФ проводится до 1300 подобных операций. С расширением показаний растет число пользователей систем КИ младшего возраста, начиная с 6-месяцев жизни, а также детей с сочетанной неврологической и соматической патологией [69].

Петрова И.П. показала, что математическая модель искусственных нейронных сетей, примененная в послеоперационном периоде КИ, позволяет прогнозировать отдаленные результаты реабилитации и повышает эффективность реабилитации [83].

1.3 Кохлеарная имплантация-эффективный способ реабилитации детей с тугоухостью IV степени и глухотой

КИ является высокоэффективным методом помощи детям с тяжелыми сенсорными нарушениями слуха [28].

Таварткиладзе Г.А. в 2024 году указывает, что в мире насчитывается уже более 1 млн. людей, которые пользуются системами КИ, что свидетельствует о том, что имплантация стала реальным средством помощи пациентам с тяжелой тугоухостью [93].

При КИ проводят вживление электродных систем во внутреннее ухо с целью восстановления слуха путем непосредственной электрической стимуляции афферентных волокон слухового нерва [93, 153]. При КИ улучшается восприятие речи, пространственный слух и восприятие музыки, подавляется ушной шум, улучшается качество жизни, происходит компенсация сопутствующей патологии. При НСТ IV степени и глухоте КИ показывают существенное преимущество в сравнении с использованием СА, что отражено в большом количестве научных исследований и публикаций [22, 26, 31, 47, 51, 58, 69, 81, 93, 95].

Gaylor J. M. с соавторами провел метаанализ по оценке показателей качества жизни пациентов с КИ. Источником данных являлись: исследования в базе MEDLINE, Кокрейновский центральный реестр контролируемых исследований, Scopus и опубликованные отчеты с 2004 года по 2012 год. В общей сложности проанализированы 42 исследования. Проведенный метаанализ показал значительное улучшение качества жизни у пациентов с НСТ после односторонней имплантации. Результаты исследований с оценкой двусторонней имплантации показали улучшение показателей, связанных с коммуникацией по сравнению с односторонней имплантацией, а также дополнительные улучшения в локализации звука по сравнению с использованием только одностороннего устройства [135].

Результаты многоцентрового проспективного контролируемого исследования показали значительные улучшения показателей разборчивости речи при бимодальном использовании КИ и СА у взрослых пациентов [150]. Показания к проведению КИ ежегодно расширяются. Так, Калугина М.С. и Русецкий Ю.Ю. с

соавт. (2019) опубликовали успешный опыт проведения КИ ребенку с тяжелой кардиальной патологией [35].

Если слухопротезирование не принесло достаточного эффекта в течение полугода и ребенку требуется улучшение его слуховой функции, то рекомендована КИ. Безусловно, семья ребёнка должна быть согласна и готова к проведению операции и последующей реабилитации. В некоторых случаях может быть рекомендована КИ без предварительного слухопротезирования, если у пациентов с двусторонней глубокой НСТ или глухотой диагностирована наследственная мутация в гене GJB2 или других генах, либо имеется перенёсённый менингит в анамнезе [39].

КИ включает в себя целый комплекс мероприятий, в том числе, отбор кандидатов на проведение операции, комплексное обследование, хирургическое вмешательство, первичное подключение и последующая настройка РП, а также комплекс реабилитационных воздействий, включающий в себя ежедневные занятия с сурдопедагогом, психологом и логопедом [57]. Постоянно модернизируются модели КИ и РП, создаются новые материалы, разрабатываются новейшие стратегии кодирования акустического сигнала, методы настройки и оценка их эффективности [74, 93, 110].

Система КИ состоит из электродной решетки, которая устанавливается во время операции и РП, подключаемого через месяц после операции (Рисунок 1). РП при помощи микрофонов улавливает входящие сигналы, кодирует их и через кожный покров передает информацию во внутреннюю часть системы – электродную решетку.

В РФ замену РП проводят раз в 5 лет [107]. Как правило РП КИ подключают через месяц после операции [93]. Однако, в некоторых случаях первое подключение РП может производиться значительно раньше.

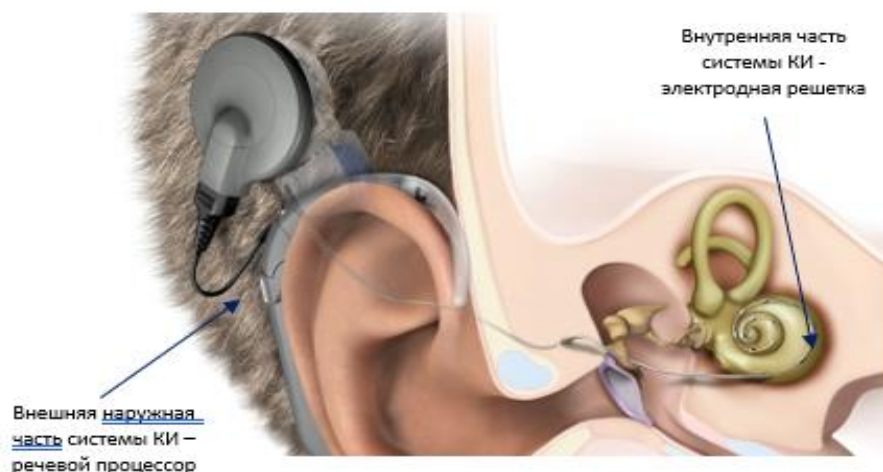


Рисунок 1 — Наружная (речевой процессор, РП) и внутренняя часть (электродная решетка) системы КИ компании-производителя Med-el

Согласно утвержденным Министерством здравоохранения РФ клинических рекомендаций показаниями для проведения КИ являются: двусторонняя хроническая НСТ IV степени и глухота со средними слуховыми порогами 80 дБ и более в диапазоне речевых частот 0,5-4 кГц при отсутствии улучшения слухового восприятия речи от применения оптимально подобранных СА, после их использования 3-6 месяцев. Противопоказаниями для КИ являются: аплазия внутреннего уха (аномалия Michel), полная облитерация улитки, наличие тяжелых соматических, неврологических и психических заболеваний.

Относительными противопоказаниями могут быть: отсутствие мотивации к проведению КИ и реабилитации у родителей ребенка, частичная облитерация и аномалии развития улитки и слухового нерва, воспалительные заболевания ЛОР-органов в стадии обострения, ретрокохлеарная патология. Аудиторная (слуховая) нейропатия любой степени при неэффективности слухопротезирования и при постоянном использовании СА 3-6 месяцев может являться показанием к проведению КИ при наличии заключения сурдопедагогической комиссии медучреждения, которое проводит хирургическое лечение [39].

Важными факторами для успешной КИ являются: наличие поддержки родственников ребенка и готовность к реабилитационному периоду,

периодические настройки РП с участием профильных специалистов, мониторинг технического состояния импланта и РП, занятия с ребенком по развитию речи [196]. Качество настройки процессора КИ определяет возможности ребенка комфортно воспринимать весь частотный и динамический диапазон окружающих неречевых и речевых звуков, развивать способности дифференцировать и, благодаря этому, распознавать звуки и речь. Чем точнее настроены индивидуальные параметры РП ребенка, тем точнее он начнет различать и узнавать окружающие звуки и, следовательно, эффективнее его слухоречевое развитие [47]. Для этого специалисты определяют пороги комфортного и порогового уровней стимуляции слухового нерва и оценивают показатели разборчивости речи, уровни дискомфорта и др. [175].

Одним из объективных показателей функционирования КИ является межэлектродное сопротивление (импеданс), который напрямую влияет на энергопотребление заряда элементов питания процессора и дает возможность оценить адекватность работы импланта [56]. При программировании РП создается персональная индивидуальная карта стимуляции, в которой сурдолог выбирает свойства электрической стимуляции. Известны два метода программирования РП: *субъективный* или психоакустический, когда учитываются субъективные ответы пациента, и *объективный* или электрофизиологический, при котором регистрируют объективные ответы нерва [93]. Настройка РП системы КИ традиционно основана на поведенческих реакциях пациента при предъявлении электрических раздражителей, что является «золотым стандартом» настройки [68]. В результате программирования РП получают карту настройки, которая отражает формулу кодирования РП; пороги восприятия звука (Т-уровень; пороговый уровень - ПУ; минимальный пороговый уровень ощущений; T-level); пороги комфортной громкости (MCL-most comfortable level; максимально комфортный уровень - МКУ; C- Level); частоту стимуляции; ширину импульса; динамический диапазон и другие (Рисунок 2).

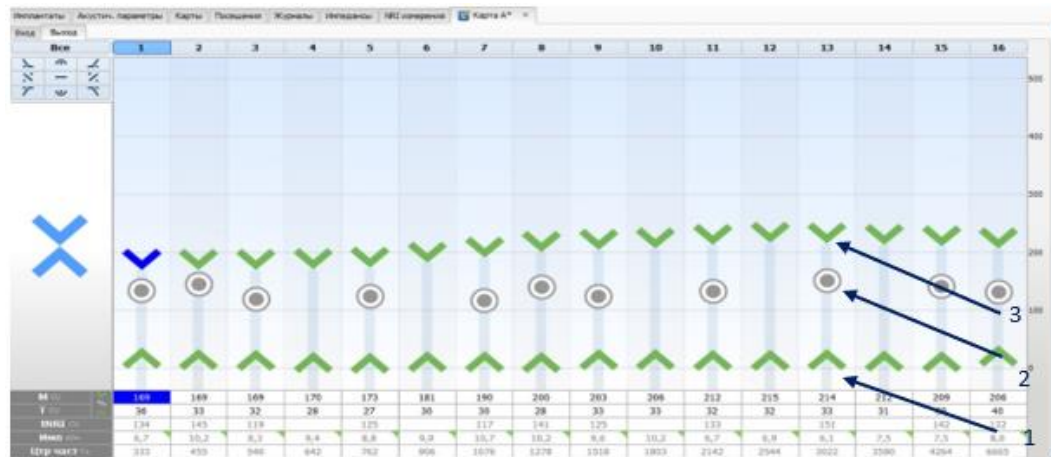


Рисунок 2 — Пример карты настройки процессора КИ (РП Advanced Bionics)

1. Пороговый уровень (ПУ; минимальный/пороговый уровень ощущений (T-level));
2. Уровень телеметрии нервного ответа (ТНО; ECAP- Electrically Evoked Compound Action Potential, tNRI);
3. Максимально комфортный уровень (МКУ; M-Level).

Первично при настройке РП могут быть использованы объективно измеренные показатели: ЭПД (электрический потенциал действия, или телеметрия нервного ответа; Evoked Compound Action Potentials - ECAP); ЭКСВП (электрически вызванные коротколатентные слуховые потенциалы (эКСВП); ЭВРСМ (электрически вызванный контрлатеральный рефлекс стремянной мышцы) [26, 40, 58, 62, 76, 93, 173, 175].

У имплантированных детей раннего возраста при недостоверности полученных субъективных ответов во время настройки РП, значительную роль играют объективные методы настройки РП, такие как регистрация электрически вызванных стапедальных рефлексов (эВСР) и регистрация электрически вызванных суммарных потенциалов действия слухового нерва (эВСПД) [58, 108, 147]. Пашков А.В. с соавт. (2018) предложил способ настройки РП системы КИ на основе регистрации слуховых ответов мозга на стимуляцию постоянными модулированными стимулами одновременно на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц [73].

Наиболее удобным и часто используемым объективным методом выбора параметров стимуляции РП КИ является регистрация ЭПД слухового нерва, или

телеметрия нервного ответа (Evoked Compound Action Potentials - ЕСАР) [40]. ЕСАР - это синхронный ответ нервных волокон слухового нерва на электростимуляцию. Ответ возможно регистрировать посредством отдельных электродов системы [40]. Для записи ЕСАР используется метод телеметрии нервного ответа (ТНО), заключающийся в том, что КИ после генерации стимула начинает осуществлять функцию, регистрирующую изменение электрического поля слухового нерва в ответ на стимул (Рисунок 3).

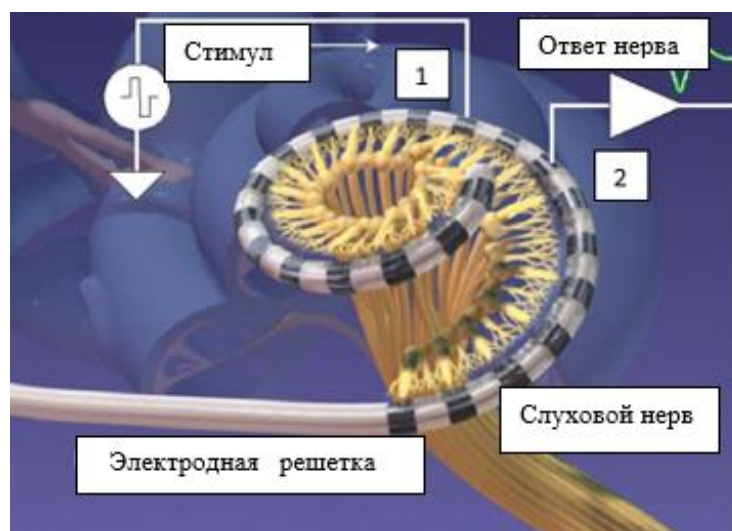


Рисунок 3 — Принцип записи электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (ЕСАР): стимул подается через стимулирующий электрод (1); ответ записывается регистрирующим электродом импланта (2)., A.D. Costlow

У некоторых производителей систем КИ имеется автоматический алгоритм регистрации порогов ЕСАР (например, запись AutoNRT), который полностью автоматизирует данный вид измерения и сокращает время исследования, что особенно важно у маленьких детей, которые не смогут неподвижно сидеть во время настройки РП [4]. Уровни ЕСАР помогают получить профиль индивидуальной карты стимуляции РП, что служит ориентиром для определения минимально слышимого порогового (ПУ) и максимально комфортного уровней (МКУ) речевой карты. Таким образом, телеметрия нервного ответа слухового нерва помогает определить ответ нервных волокон при помощи электродов КИ внутри улитки [40].

Пороги регистрации ЕСАР остаются стабильными, начиная с шестого месяца после подключения процессора КИ [40, 81].

Кечиян Д.К. с соавт. в 2020 г. изучал пороги ЭПД слухового нерва (ЕСАР) и показал, что пороги на электродах в середине электродной решетки более стабильны по сравнению с порогами на апикальных и базальных электродах [36]. Значения порогов ЭПД (ЕСАР) находятся в диапазоне между Т и С-уровнем речевой карты процессора, при этом их взаимосвязь неоднородна на разных электродах [81].

В литературе имеются работы по выявлению корреляционной связи между порогами ЕСАР и порогами максимально комфортной громкости (MCL), полученными с использованием психоакустических субъективных методов [79]. Так, József Kiss в 2003г. изучал корреляционную зависимость между поведенческими порогами комфортного уровня и ЭПД слухового нерва (NRT) при использовании имплантов Nucleus (Cochlear) на пяти электродах (3, 5, 10, 15 и 20) у 23 детей и 4 взрослых. Он сделал вывод, что значения ЕСАР (NRT) не позволяют достаточно точно предсказать уровень MCL во всех случаях. В то же время он показал, что уровни индивидуальной карты РП коррелируют с электрически вызванными реакциями ствола мозга, в связи с чем NRT-пороги полезны в случае, когда невозможно выполнение субъективных тестов [151].

В группе 25 детей-пользователей Nucleus 24M Henkin Y. с соавт. (2003) изучили значения импеданса электродов, пороговые и комфортные уровни в течение 1 года после имплантации и установили, что первые месяцы использования КИ характеризуются значительным увеличением порогов MCL и расширением динамического диапазона. Уровни комфортной громкости MCL повышались до 6-го месяца использования РП КИ, после чего становились стабильными. Импеданс электродов КИ постепенно снижался и в дальнейшем становился относительно стабильным [142].

После проведения имплантации флюктуация порогов ЕСАР может достигать больших значений в течение 1-го года после подключения РП, к 5-му году параметры ЕСАР стабилизируются [44]. Бахшинян В.В. с соавт. (2014)

опубликовали исследование о том, что параметры MCL и ЕСАР имеют корреляцию от средней до сильной степени. Более сильная корреляция наблюдается через 6-12 мес. после первичного подключения процессора [4].

Pradeep V.R. (2017) на примере изучения 36 взрослых пользователей систем Cochlear CI422 (ST) констатирует, что поведенческие психоакустические пороги (T-level) настроечных карт имеют значительную разницу с порогами NRT (ЕСАР). У взрослых пациентов автор отдает предпочтение поведенческим психоакустическим методам настройки РП, а методы объективной настройки по порогам ЕСАР могут использоваться при первичной настройке РП у детей [171].

Аналогичные данные опубликовали Zarowski A. с соавт. (2020). Изучив 98 взрослых пациентов-пользователей КИ Nucleus 24 REC(Freedom), они оценили пороговые значения (ПУ, уровень T -level), пороги максимально комфортного уровня (МКУ, MCL, уровень C - level), значения импеданса контактов электродов и пороговые значения ЕСАР. Авторы сравнили значения импеданса электродов и пороги ЕСАР для прогнозирования уровней речевой карты (Т и C-level). Были сделаны выводы, что импеданс электродов вместе со значениями NRT (ЕСАР) способны спрогнозировать лишь 2 - 40% уровней речевой карты (Т и C-level), а пороговые значения NRT (ЕСАР) объясняют лишь до 14% изменчивости порогов речевой карты (Т и C-level) [193].

В отличие от вышеуказанных исследователей S. Raghunandhan с соавт. в 2014 г. исследовали 10 детей от 2 до 7 лет. Все дети пользовались системами КИ Advanced Bionics HiRes 90 К с речевым процессором Harmony. В работе было доказано, что пороги ЕСАР(NRI) имеют статистически значимую положительную корреляционную связь с поведенческими уровнями максимально комфортной громкости (МКУ, MCL, М-уровень). В то же время, авторы показали, что у некоторых детей наблюдались значительные отличия уровня MCL от прогнозируемых значений, основанных на пороговых уровнях ЕСАР. В связи с чем авторы делают важный вывод о том, что поведенческие психоакустические тесты должны быть обязательными для получения оптимальных настроечных карт РП [173].

В отличие от ЭПД(ЕСАР) слухового нерва электрически вызванные коротколатентные слуховые потенциалы (эКСВП) отражают функциональное состояние структур ствола мозга, в то время как ЭПД отражает лишь реакцию слухового нерва в ответ на электрическую стимуляцию. Имеются данные, что электрически вызванные коротколатентные слуховые потенциалы оказываются более информативными для прогноза реабилитации [62]. Регистрация порогов эКСВП может помочь определить максимально комфортный уровень стимуляции (MCL), так как пороги эКСВП наиболее соответствуют минимальным значениям MCL. В связи с этим, данный объективный тест особенно актуален у малышей и неконтактных детей [62]. Пороговые уровни стимуляции (ПУ; минимальные/пороговые уровни ощущений, T-level) в свою очередь устанавливаются в диапазоне 10-20% от максимально комфортных уровней (МКУ; MCL - Most Comfortable Level) [58].

Кузовков В.Е., Гауфман В.Е. с соавт. показали, что высокие частоты стимуляции при записи эКСВП, например, 43 Гц, значительно сокращают время регистрации эКСВП, в то время как использование низких частот стимуляции, например, 17 Гц, приводит к более высокой достоверности результатов исследования [58]. В доступной литературе имеются данные о возможности использования не только электрически вызванных коротколатентных слуховых потенциалов (эКСВП), но и электрически вызванных длиннолатентных слуховых потенциалов (эВДСП) [58, 108, 147].

Еще одной объективной методикой является измерение стапедияльного мышечного рефлекса на электрическую стимуляцию. Данная методика помогает определить уровни тока, при которых происходит возбуждение стапедияльной мышцы, что может помочь специалисту в выборе комфортного уровня (MCL) [76, 111]. Регистрация электрически вызванного рефлекса стремянной мышцы (ЭВРСМ) обеспечивает информацию о порогах уровней MCL (Most Comfortable Level; C- Level) [93,175].

В практической сурдологии наиболее часто применяется тест регистрации ЭПД слухового нерва (ЕСАР), так как преимущество данного объективного теста

состоит в том, что он не требует «обратной связи» с пациентом, не зависит от уровня бодрствования ребенка и не требует дополнительного оборудования, а также фиксации электродов на голове ребенка [40, 81].

Два других теста, а именно, регистрация эКСВП и электрически вызванного рефлекса стремянной мышцы (ЭВРСМ) помимо стандартного оборудования, используемого для программирования РП (программатор, подключенный к компьютеру с соответствующей программой настройки конкретного производителя) дополнительно требуют наличия дорогостоящего оборудования. В случае регистрации эКСВП дополнительно требуется оборудование для записи КСВП и специальный триггерный кабель, связывающий оборудование для настройки РП с оборудованием для регистрации вызванных потенциалов. Кроме того, при записи эКСВП необходим сон ребенка во время регистрации и фиксация электродов на голове ребенка. В случае проведения регистрации электрически вызванного контрлатерального рефлекса стремянной мышцы (ЭВРСМ) также требуется дополнительное дорогостоящее оборудование (клинический импедансный аудиометр).

Объективные первично полученные уровни стимуляции с дополнительными данными, основанными на поведенческих реакциях и ответах ребенка, используются для настройки РП КИ [93, 175]. Основными параметрами, которые устанавливаются во время настройки речевой карты процессора КИ, являются: уровень МКУ (максимально комфортный уровень; MCL -Most Comfortable Level; C- Level) и Пороговый Уровень (ПУ; минимальный/пороговый уровень ощущений; T-level).

Оптимально установленный уровень MCL позволяет ребенку хорошо воспринимать все звуки речевого и неречевого диапазона, в том числе, громкие звуки без дискомфорта и болевых ощущений. Уровень МКУ (максимально комфортный уровень; MCL - Most Comfortable Level; C- Level) считается наиболее важным при настройке РП [81]. В то же время Пороговый Уровень (ПУ; минимальный/пороговый уровень ощущений; T-level) важен для восприятия тихой речи и речи в шумной обстановке [8, 182].

Субъективные психоакустические методы используются для оценки индивидуальной реакции ребенка на электрическую стимуляцию во время настроечной сессии, что помогает специалисту максимально правильно подобрать параметры стимуляции РП КИ и оптимально установить комфортный и пороговый уровни стимуляции и динамический диапазон между ними. Психоакустические методы настройки РП, основанные на субъективной оценке, базируются на ответных реакциях ребенка на электрическую стимуляцию слухового нерва.

Настройка РП зачастую бывает сложна в связи с недостоверной поведенческой реакцией ребенка на слуховые ощущения и неправильным ранжированием звуков: «слышу тихо – слышу хорошо – слышу громко – слышу очень громко, дискомфортно» на электростимуляцию КИ во время выбора его параметров. Как правило, в данную группу попадают дети младшего возраста и с сопутствующей неврологической патологией, которые как раз и составляют большую часть пациентов с КИ [81].

Поэтому объективные методы настройки РП у данной категории детей являются основными при первичном программировании РП. По мере роста ребенка и проведении обучающих занятий с педагогами становится возможным получить «ответную поведенческую реакцию» и в дальнейшем провести коррекцию настроечной карты основной программы прослушивания РП. Причем, максимальная корреляция между поведенческими порогами комфортной громкости и уровнями телеметрии нервного ответа наблюдается через 6-12 мес. после первичного подключения РП КИ, хотя она индивидуальна и варьирует от средней до сильной [4].

В работах Королевой И.В. с соавт. (2019) показано, что для оптимальной настройки РП, улучшения разборчивости речи и комфортного восприятия речевых и неречевых звуков требуется получить «обратный ответ от ребенка» [47]. Это возможно выполнить во время периодических настроечных сессий. Для этого применяются субъективные поведенческие методы. Методики позволяют оптимально выбрать параметры стимуляции речевой карты процессора с комфортным звучанием и хорошей разборчивостью речи. Многие тесты

выполняются по аналогии с игровой аудиометрией. Ребенку последовательно подают стимуляцию на каждый электрод РП и если ребенок воспринимает эти стимулы как звуковые сигналы, то он выполняет действие, например, собирает пирамидку по аналогии с аудиометрией [47].

В идеале ребенок ранжирует звук и сообщает громкость услышанного звука, например, «тихо, хорошо, громко, очень громко, дискомфортно». Это позволяет специалисту определить наиболее важные параметры речевой карты процессора КИ: пороговый (Т) и максимально комфортный (MCL) уровни электрической стимуляции РП.

1.4 Оценка эффективности кохлеарной имплантации у детей

Качество слуха ребенка, который перенес операцию по установке КИ, его слухоречевое развитие зависят от многих параметров. Корректная настройка РП является одним из самых важных факторов успешности, проведенной КИ. Оценка выбранных персональных параметров настройки процессора и эффективности проведенной имплантации в процессе послеоперационной реабилитации ребенка является очень важной задачей, так как некорректная настройка может привести к отсутствию прогресса развития речи у ребенка и нарушению развития его когнитивных навыков. Для оценки эффективности проведенной настройки РП применяются как объективные, так и субъективные методы оценки эффективности настройки РП.

К объективным методам относятся такие тесты, как электрически вызванные слуховые ответы ствола головного мозга (EABR) и электрически вызванные стационарные слуховые потенциалы (EASSR) [121, 145, 163].

Объективные тесты требуют наличие специального дорогостоящего оборудования и пока не нашли широкого применения в клинической практике сурдологов при настройке кохлеарных имплантов в РФ. Однако, эти тесты являются наиболее перспективными для оценки эффективности настройки РП.

Субъективные же методы с оценкой порогов слуха в КИ нашли широкое применение в клинической практике сурдоцентров и сурдокабинетов.

Применяются различные субъективные методы оценки эффективности проведенной настройки РП и проведенной КИ в целом: исследование шепотной и разговорной речью, выявление дискомфорта с помощью громких звуков, метод тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле, метод речевой аудиометрии в свободном звуковом поле как в тишине, так и в шуме, сурдопедагогические методики тестирования, оценка результатов с помощью заполнения специально разработанных анкет [6, 20, 48, 49, 103].

Одним из методов субъективной оценки настройки РП КИ, который нашел широкое применение в клинической практике, является тональная пороговая аудиометрия в свободном звуковом поле. Метод позволяет получить тональные пороги в речевом диапазоне при использовании рабочей программы РП КИ. Этот метод подразумевает выработку условно-двигательного рефлекса (УДР) у ребенка, требует временных затрат команды специалистов (сурдолог, сурдопедагог, дефектолог и родители). У детей в возрасте до 2-4 лет возможно использовать выработку УДР со зрительным подкреплением, это позволит также оценить минимальные тональные уровни слышимости при использовании РП, то есть оценить пороги тональной аудиометрии с визуальным подкреплением (VRA-Visual Reinforcement Audiometry). Кроме того, данные методы возможно использовать с целью улучшения качества слышимости определенных тональных посылок, если первоначально имелось снижение слышимости на определенной частоте. Внесение коррекции в настроечную карту РП именно в этом частотном диапазоне позволит добиться хорошей слышимости тональных посылок во всем речевом диапазоне. Так, согласно данным Королевой И.В. с соавт. (2019) при корректной настройке процессора КИ пороги слуха ребенка на основной рабочей программе прослушивания должны составлять 30 ± 5 дБ [47].

Использование аудиометрии с визуальным подкреплением позволяет оценить слух ребенка и внести коррекцию во время настройки РП в случае необходимости. Американская академия аудиологии в клиническом руководстве по кохлеарной имплантации (2019) рекомендует использовать аудиометрию с визуальным

подкреплением (VRA), игровую аудиометрию и традиционные методы аудиометрии у детей, использующих системы КИ.

Аудиометрия с визуальным или зрительным подкреплением (VRA) — это ключевой поведенческий тест для оценки слуха у детей младшего возраста, тест впервые предложен Liden and Kankkunen в 1969 году, он отражает информацию о том, как ребёнок восприимчив к звукам речевого диапазона [140]. Метод VRA является предпочтительным поведенческим методом для детей в возрасте от 6 до 24 месяцев [124].

Для проведения теста обычно ребенок находится на высоком стульчике или на руках у родителей лицом вперед. Один или два громкоговорителя (колонки) расположены под углом 45 или 90 градусов к ребенку. Когда появляется звук, ребёнок начинает искать источник звука и поворачивает голову, а через несколько секунд после этого получает «подкрепление» в виде анимированной игрушки или яркой картинки, или видео рядом с громкоговорителем, из которого доносится звуковой стимул [176]. Аудиометрия со зрительным подкреплением (VRA - Visual Reinforcement Audiometry) подразумевает выработку условно-рефлекторной двигательной реакции (УДР) в ответ на звук, который зрительно «подкреплен» интересной игрушкой или видео [124].

Оценка способности воспринимать звуки речи и понимать их является одним из наиболее значимых тестов, так как в отличие от тональной аудиометрии в свободном звуковом поле речевая аудиометрия использует «социально-адекватный раздражитель» слухового анализатора - речь. Речевая аудиометрия может применяться как во время настроечной сессии, так и для оценки эффективности проведенной настройки и динамического наблюдения за имплантированным ребенком [6, 42].

История анализа речи началась в 19 веке, в 1913 г. Генрих Адольф Ринне изобрел первый генератор звука для аудиометрии. В дальнейшем Miller G.A. и Nicely P.E. внесли большой вклад в разработку речевого материала и описали различные фонемы [161]. При речевой аудиометрии в качестве сигналов могут использоваться слоги, слова, логотомы или фразы [6]. Метод, предложенной А.М.

Ошеровичем, отличался сложностью аппаратуры и трудоемкостью исследования, однако он проводился в игровой форме - игровая речевая аудиометрия [42].

Основные группы речевых тестов были разработаны и предложены в 70-е годы. Использовались таблицы слов, фонем, слова на рифму, цифры, алфавит, на начальные согласные, таблицы предложений и оценки качества речи (MOS - средняя оценка мнений - метод оценки впечатления слушателя о качестве речи) [6, 133, 137, 170, 179, 184,].

Речевая аудиометрия, то есть исследование разборчивости речи в свободном поле, может применяться для оценки эффективности слухопротезирования при использовании слуховых аппаратов (СА) и/или КИ [6]. При речевой аудиометрии речевой материал может предъявляться не только в тишине, но и на фоне шума, что имеет важное значение, так как в обычной жизни ребенок постоянно должен распознавать речь в шумной обстановке.

Разборчивость речи у пациентов с глухотой после операции КИ является ключевым индикатором эффективности данного вмешательства; настройку считают достаточной, если по данным речевой аудиометрии показатель разборчивости речи равен или превышает 80% [16, 22, 23, 81].

Так, Гойхбург, М.В. в 2017г. в своей диссертационной работе изучала зависимость результатов проведенной КИ от типа используемой электродной решетки и этиологии глухоты. Автор изучала разборчивость речи в шуме методом речевой аудиометрии с использованием международного Ольденбургского фразового теста Matrix – его русскоязычной версии (RUMatrix). В этой работе показано, что наилучшими для оценки слухоречевой реабилитации после КИ являются следующие критерии: пороги тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле - 25 дБ нПС, разборчивость речи в тишине при предъявлении речевого сигнала 65 дБ УЗД не менее 80%, RUMatrix тест - соотношение сигнал/шум при 50%-ной разборчивости речи не более -2 дБ [22].

Таварткиладзе Г.А. с соавт. (2021) на примере 33 пациентов с КИ (27 детей и 6 взрослых) показали, что речевая аудиометрия в свободном звуковом поле в шуме с использованием русскоязычной версии международного фразового теста

RUMatrix является эффективным инструментом оценки результатов слухоречевой реабилитации пациентов после КИ [96].

Пашкова А.Е. в 2024 году провела сравнительную оценку взаимосвязи показателей порога регистрации ЕСАР у пациентов перимодиолярным типом электродной решетки по сравнению с группой пациентов с прямой электродной решеткой и показала подходы к настройке РП в зависимости от типа электродной решетки. В данной работе автор разработала алгоритм настройки РП, используя методику регистрации ЕСАР для исходной конфигурации настроечной карты, которую корректировали под контролем показателя разборчивости речи. В результате данного исследования автор показывает, что уровень разборчивости речи у пациентов после операции КИ является ключевым индикатором эффективности проведенного хирургического вмешательства [81].

Учителя-дефектологи (сурдопедагоги) владеют методами тестирования ребенка во время настроечной сессии, для этой цели они используют фонемы, фразы, живую речь, музыкальные игрушки и инструменты. Данное тестирование помогает врачу сурдологу оптимально выбрать параметры стимуляции РП. Однако, данное тестирование «живой» речью не является стандартизированным, т.к. речь индивидуальна и отличается по тембру, высоте и другим параметрам у каждого человека. Индивидуальные и групповые постоянные занятия с участием сурдопедагогов, логопедов, психологов, родителей с динамической оценкой слухоречевого развития ребенка является одним из важнейших составляющих элементов успешной реабилитации ребенка после КИ.

Индивидуальная реакция ребенка на электростимуляцию во время настроечной сессии помогает правильно выбрать параметры стимуляции РП. Специалисты оценивают настройки РП, используя «обратную» связь с ребенком. Однако у маленького ребенка порой бывает достаточно сложно получить «обратную» объективную реакцию. Как правило, описание ребенком субъективных слуховых ощущений возможно с 5 лет. При этом возраст до 3 лет является наиболее важным для развития слуха и речи [52, 103]. Способность формирования новых нейронных связей наиболее высока в первые 3,5 года жизни

ребенка, поэтому хороший слух в этом возрасте максимально важен для развития мозга и овладения речью [180].

Поэтому оценка эффективности проведенной настройки РП абсолютно необходима, особенно у маленьких детей в наиболее важный период развития речи, так как от качества слуха ребенка зависит его дальнейшее слухоречевое развитие.

У маленьких детей, которые не могут выполнить тесты тональной пороговой аудиометрии, речевой аудиометрии, не могут ранжировать звуки «тихо-хорошо-громко» и не «дают обратную связь со специалистом», возможно применять аудиометрию с визуальным подкреплением, использовать игровые способы проверки слышимости различных звуков и речи. Кроме того, в мировой практике широко применяются различные анкеты-опросники, которые позволяют оценить слухоречевое развитие ребенка и помогают оценить качество настройки РП и «пользу» от используемого КИ.

Именно анкеты-опросники в наибольшей степени отражают информацию о том, как ребенок слышит в «реальной жизни», отражают слуховое и коммуникативное развитие ребенка, несмотря на простоту и субъективизм опросников [103,118]. С помощью анкет возможно уточнить эффективность настройки РП, оценить развитие ребенка в динамике в процессе реабилитации и соответствие возрастным нормам.

1.5 Использование Анкет-опросников для оценки слуха и речи детей после кохлеарной имплантации

В клинической сурдологии существует большое количество различных Анкет-вопросников. Наиболее известные и применяемые в сурдологии анкеты-опросники для оценки качества слухопротезирования: APHAB, COSI, анкета HHIA-S (Hearing Handicap Inventory for Adults), HHIE (Hearing Handicap Inventory for the Elderly). Анкета APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benef) и Анкета COSI (Client Oriented Scale of Improvement) предназначены для взрослых, а у детей они не применяются.

У детей используются другие анкеты:

Анкета COW (Children's Outcome Worksheet) – создана в 1999г. в США, она учитывает потребности родителей и педагогов ребенка, применяется для оценки эффективности электроакустической коррекции слуха детей. На вопросы в анкете отвечают родители и сурдопедагоги.

Специальная батарея тестов LittleEARS (Evaluation of Auditory Responses on Speech) предложена V. Weichbold с соавт. в 1999 году. Данная анкета применяется для оценки слухового развития детей раннего возраста до 2 лет. Родители в домашних условиях наблюдают слуховые реакции ребенка и заполняют анкету. Эти реакции ребенок обычно проявляет на занятиях дома или у сурдопедагога, поэтому анкету могут заполнять родители совместно с учителями дефектологами или педагогами. Анкета отражает уровень слухоречевого развития ребенка, а также динамику этого развития [125]. Русскоязычная версия валидирована сотрудниками Санкт-Петербургского НИИ уха, горла, носа и речи - Королевой И.В. с соавт. (2016) [52].

Анкета PECH (Parents Evaluation of aural/ oral Performance in Children) предложена Ching T., Hill M. в 2003 году. Эта анкета оценивает развитие слуховой функции ребенка после коррекции слуха. Она состоит из 13 пунктов и позволяет оценить использование слухоулучшающего устройства, громкость, дискомфорт, общение ребенка в тишине, шуме и другие ситуации из дневника наблюдений за ребенком в течение недели. Оценка по 5 бальной системе с подсчетом результатов в процентах [123]. Русскоязычная версия валидирована Г.Ш. Туфатулиным с соавт. (2021) [103].

Анкета MAIS (Meaningful Auditory Integration Scale) – шкала слуховой интеграции, позволяет определять различие, узнавание и понимание звуков. Шкала слуховой интеграции, IT-MAIS (Infant-Toddler Meaningful Auditory Integration Scale) позволяет оценить эффективность СА или КИ и степень адаптированности к устройству. Тест занимает не более 15 минут [195].

Анкета значимого использования речи (MUS - Meaningful Use of Speech Scale) разработана Robbins A., Osberger M. в 1991 году [174]. Анкета MUS определяет в какой степени КИ помогают детям с нарушениями слуха улучшить свои навыки

произнесения речи. Русскоязычная версия валидирована И.В. Королевой (1999). Шкала значимого использования речи (MUSS) — это интервью из 11 пунктов, направленное на аспекты использования речи детьми в ежедневных ситуациях. Возраст пациентов: 30-135 месяцев (2,5 года – 11 лет). В данной Анкете всего 11 вопросов. Анкета проста в применении и не требует специального оборудования. Анкета MUSS оценивает использование устных навыков в разных категориях: речь в семье, в социальных ситуациях, понимание речи и использование навыков устного разъяснения [52, 128].

По мнению экспертов, наивысшие оценки за доступность на разных языках получили анкеты LittleEARS и дневник PEACH. LittleEARS доступен на 19 языках, а дневник PEACH - на 6. Опросник LittleEARS предназначен для детей от рождения до двух лет, а вопросы рейтинговой шкалы PEACH - для детей младшего и старшего возраста [118].

Таким образом, обзор литературы показал, что существует большое количество различных методов по выбору параметров стимуляции систем КИ и оценки их эффективности. Различные авторы указывают на преимущества или недостатки определенного метода настройки РП, однако отсутствуют стандартизированные алгоритмы и подходы при выборе параметров речевой карты процессора. Утвержденные современные клинические рекомендации МЗ РФ также не отражают методы и алгоритмы выбора конфигурации РП систем КИ.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на кафедре оториноларингологии медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы». Набор клинического материала проводился в отделении медицинской реабилитации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» ФМБА России (лицензия № ЛО Л041-00110-79/00363777; договор о сотрудничестве № 0040 -Дог-23 от 20.02.2024 г. и сурдологическом центре «МастерСлух-Уфа» (лицензия № ЛО 41-01024-74/00555899; договор о сотрудничестве № 0090-07-1780 от 25.09.2025г.).

2.1 Общая характеристика обследованных

В исследование вошли данные обследования целевой выборки 102 детей ($n=102$) с двусторонней нейросенсорной тугоухостью IV степени и глухотой, проживающих в различных регионах РФ (Рисунок 4). Все дети ранее перенесли операцию кохлеарной имплантации (КИ) и обращались с целью настройки речевого процессора КИ. Имелась равновероятная возможность попадания в выборку всех единиц генеральной совокупности.



Рисунок 4 — Регионы проживания детей с КИ исследуемой группы, ($n = 102$)

Всем пациентам, включенным в исследование, была проведена операция - кохлеарная имплантация (КИ), причем бинаурально – у 40 детей (39,2%), моноаурально - у 62 детей (60,8%).

Критерии включения в исследование:

- возраст от 2 до 15 лет;
- наличие подписанного информированного согласия от законного представителя/родителя ребенка;
- опыт использования КИ более 6 мес. после первичного подключения РП.

Критерии исключения:

- дети с аномалиями слухового нерва (аплазией, гипоплазия);
- отказ от проведения тестов аудиометрии с визуальным подкреплением, речевой аудиометрии в тишине и шуме, теста русских речевых фонем;
- техническая неисправность в работе речевого процессора или микрофона, кабеля или катушки-передатчика.

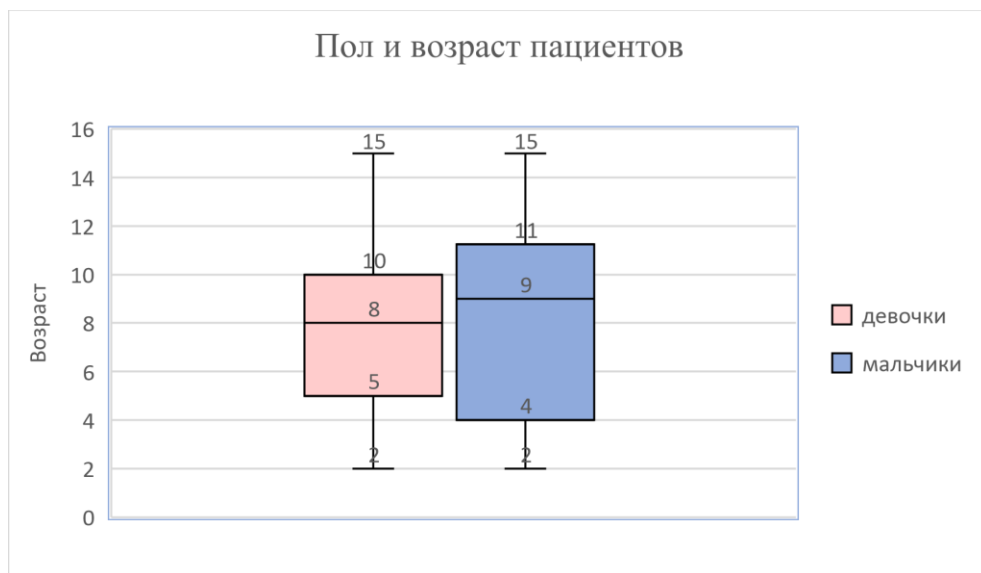


Рисунок 5 — Распределение пациентов по полу и возрасту

Медиана возраста пациентов составила 7,0 лет [5,0; 9,75], диапазон возраста от 2 до 15 лет. Средний возраст детей ($M \pm m$) – $7,54 \pm 0,33$, среди которых 48,04 % ($n= 49$) девочек и 51,96% ($n=53$) мальчиков. Распределение пациентов по полу и возрасту представлено на Рисунке 5.

Все пациенты были распределены по возрасту на следующие подгруппы, отраженные в Таблице 1 [12].

Таблица 1 — Распределение детей по возрасту, n = 102

Периоды детства (по Ваганов П.Д. с соавт., 2018)	Возраст	Количество детей		Средний возраст $M \pm m$
		п, абс	доля, %	
Период раннего детства, преддошкольный период	от 1 до 3 лет	10	9,8	$2,6 \pm 0,16$
Дошкольный возраст	более 3 лет до 7 лет	47	46,1	$5,6 \pm 0,17$
Младший школьный возраст	более 7 лет до 12 лет	34	33,3	$9,65 \pm 0,23$
Старший школьный возраст	более 12 лет	11	10,8	$13,82 \pm 0,26$
Всего детей		102	100	$7,54 \pm 0,33$

Как следует из Таблицы 1 в группе исследования наибольшее количество детей было дошкольного возраста от 3 до 7 лет (46%) и младшего школьного возраста от 7 до 12 лет (33%). Все дети группы исследования перенесли операцию КИ и были проимплантированы различными системами КИ в различных Федеральных центрах г. Москвы и Санкт-Петербурга (Таблица 2).

Таблица 2 — Распределение детей по используемому типу КИ, n = 102

	Cochl ear	Medel	Advanced Bionics	Neurel ec	Nurotr on	Otico n	Neurelec + Cochlear
Моноаурально	9	22	8	5	2	0	0
Бинаурально	10	19	7	0	0	2	2
Бимодально	4	7	2	1	2	0	0
Итого, n=102	23	48	17	6	4	2	2

Системы производителя компании MED-EL (Medical Electronics, Австрия) использовали 48 детей, из них 19 детей - бинаурально (Med-el+Med-el), 7 детей-бимодально (Med-el+CA), а 22 – моноаурально (Med-el).

Системами компании Cochlear Ltd.(Австралия) пользовались 25 детей, из них 10 детей бинаурально (Cochlear+Cochlear), бимодально – 4 ребенка (Cochlear+CA), 9 детей – моноаурально (Cochlear), а 2 ребенка использовали процессор Cochlear на одном ухе, а на противоположном ухе - систему производителя Neurelec (Neurelec+Cochlear).

Системы КИ компании Advanced Bionics (США) использовали 17 детей, из них бинаурально (AB+AB) – 7 детей, бимодально – 2 ребенка (AB+CA) и 8 детей – моноаурально (AB).

Системы производителя Neurelec (Франция) использовали 8 детей, из них 5 детей моноаурально (Neurelec), 1 ребенок- бимодально (Neurelec+ CA), а 2 ребенка использовали процессор Neurelec на одном ухе, а на противоположном ухе были проимплантированы системами производителя Cochlear (Neurelec+Cochlear).

Системы компании Nurotron (Китай) использовали 4 ребенка, из них 2 ребенка- моноаурально (Nurotron), а 2 ребенка - бимодально (Nurotron+CA).

Системы производителя Oticon Medical (Дания) использовали двое детей бинаурально (Oticon+ Oticon).

В группе детей, использующих систему Medel (67 ушей), были установлены различные электродные решетки: Mix 12 Standart – 23 уха; Mix 10 Standart - 34 ушей; Mix 12 Comressed – 1 ухо; Mix 12 Flexsoft - 1 ухо; Mix 10 medium - 1 ухо; Sonatati 100 Standart - 6 ушей, Pulsar ci100 Standart - 1 ухо. Использовались речевые процессоры: Opus 2-11 ушей; Sonnet 2- 49 ушей; Rondo 2-7 ушей.

В группе детей, использующих систему Cochlear (35 ушей), были установлены электродные решетки: CI512 – 25 ушей; CI612 – 7 ушей; CI24 RE(CA) – 2 уха; CI24 RE(S) – 1 ухо. Использовались речевые процессоры: CP1000-11 ушей; CP910-24 уха.

В группе детей, использующих систему Advanced Bionics (24 уха), были установлены электродные решетки: HR90K Advantage – 19 ушей; HiRes Ultra 3D – 5 ушей. Использовались речевые процессоры: Naida Q70-14 ушей; Naida Q90-10 ушей.

В группе детей, использующих систему Neurelec (8 ушей), были установлены электродные решетки: Digisonic SP – 8 ушей. Использовались речевые процессоры Saphyr - 8 ушей.

В группе детей, использующих систему Nurotron (4 уха), были установлены электродные решетки Cs-10a. Использовались речевые процессоры Enduro 4 уха.

В группе детей, использующих систему Oticon (4 уха), были установлены электродные решетки Neuro Zti - 4 уха, использовались речевые процессоры – Neuro one.

Таким образом, всего были изучены показатели 142 «проимплантированных» ушей у 102 детей (Рисунок 6).

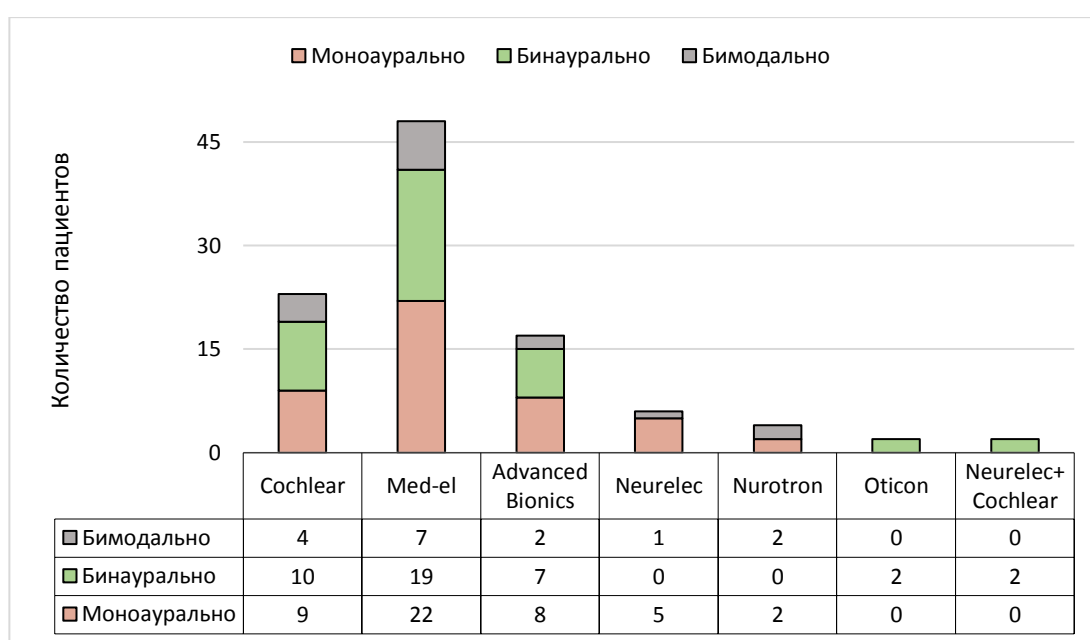


Рисунок 6 — Распределение пациентов по используемому типу КИ, n = 102

Как видно из Рисунка 6 в группе исследования (n=102) наибольшее количество детей использовали КИ производителей MED-EL (Medical Electronics, Австрия; n=48; 47,0%), Cochlear Ltd. (Австралия; n=25; 24,5%) и Advanced Bionics (США; n=17; 16,7%). Дети, использующие КИ данных 3-х компаний - производителей составили 88,2% от всех детей группы исследования.

2.2 Методы обследования пациентов

Всем пациентам группы исследования было проведено комплексное клинико-сурдологическое обследование, которое включало в себя: сбор жалоб, анамнеза заболевания, стандартный осмотр ЛОР-органов, сурдопедагогическое тестирование.

Проводили сбор анамнеза, сведений о проведенной ранее операции кохлеарной имплантации (КИ) путем опроса родителей или законных представителей ребенка. Оценивали особенности перинатального периода (вес при рождении, срок рождения, патологию беременности и родов, данные аудиологического скрининга и факторы риска), наследственность по тугоухости и глухоте, возраст ребенка на момент выявления тугоухости, использование слухового аппарата (СА) до операции, возраст ребенка на момент слухопротезирования и на момент проведения КИ, временной интервал между слухопротезированием и операцией, модель используемого имплантируемого устройства и речевой процессор (РП).

При сурдологическом исследовании проводили следующие тесты: тональную пороговую аудиометрию в свободном звуковом поле (Free Field) с использованием речевого процессора КИ, в том числе, игровую с визуальным подкреплением, речевую аудиометрию в тишине и шуме, тестирование с использованием фоном русской речи.

Всем детям была проведена настройка и коррекция настроечной карты речевого процессора КИ. Первым этапом во время настройки проводилось тестирование состояния электродов и телеметрия нервного ответа. Для оценки состояния электродов и их сопротивления, а также электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (ЕСАР) использовали компьютер и программатор соответствующего производителя КИ.

У детей (n=25), которые были прооперированы системами компании Cochlear, использовали программу Cochlear Custom Sound 7.0 (Cochlear Ltd., Австралия), первым этапом измеряли сопротивление электродов (R, импеданс, кОм) и NRT (телеметрия нервного ответа, CL) на 22 электродах, для анализа использовали

значения R и autoNRT на 5 электродах: 1, 6, 11, 16, 22. На данных электродах определяли корреляционную зависимость NRT с комфортным (К-уровень; Comfortable level; C-level) и пороговыми уровнями (П-уровень; Threshold level; T-level) стимуляции основной программы прослушивания РП.

У детей (n=48), которые были прооперированы системами компании Med-el, использовали программу Maestro 11.0 (Med-el., Австрия), первым этапом измеряли сопротивление электродов (R, IFT - Impedance Field Telemetry, кОм) и AutoART (телеметрия нервного ответа, qu) на 12 электродах, для анализа использовали значения R и autoART на 12 электродах, определяли корреляционную зависимость autoART с максимально комфортным уровнем (MCL-уровень; Most Comfortable Level) и пороговыми уровнями (П-уровень; Threshold level; THR-level) стимуляции основной программы прослушивания РП.

У детей (n=17), которые были прооперированы системами компании Advanced Bionics, использовали программу SoundWave 3 (Advanced Bionics., США), первым этапом измеряли сопротивление электродов (R, импеданс, кОм) и tNRI -измерение (телеметрия нервного ответа, CU) на 16 электродах, для анализа использовали значения R и tNRI на 9 заданных электродах (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 16), определяли корреляционную зависимость tNRI с максимально комфортным уровнем (М-уровень; Most Comfortable Level) и пороговыми уровнями (Threshold level; T-level) стимуляции основной программы прослушивания РП.

У детей, которые были прооперированы системами компании Neurelec (n= 6), получаемая информация анализировалась посредством программы Digimap (Neurelec., Франция), измерение eCAP не проводилось, так как в данной программе отсутствует данный тип теста. У детей, которые были прооперированы системами компании Oticon (n=2), получаемая информация анализировалась посредством программы Genie Medical CI 5 (Oticon Medical., Дания), измерение Neuro ECAP проводилось на 20 активных электродах. У детей, которые были прооперированы системами компании Nurotron (n= 4), получаемая информация анализировалась посредством программы Nurosound 1.01 (Nurotron Biotechnology Co., Ltd, Китай), измерение eCAP (NRM) проводилось в автоматическом режиме по 5 заданным

электродам (1, 7, 13, 19, 24). Корреляционный анализ порогов ЕСАР и уровнями стимуляции у детей, использующих системы Neurelec (n=6), Oticon (n=2) и Nurotron (n=4) не проводился в связи с малочисленностью детей этих групп и отсутствием данного теста в программном обеспечении у компании Neurelec.

Тональная пороговая аудиометрия в свободном звуковом поле (ТПА СЗП, Free Field) использовалась для определения поведенческих психоакустических порогов для определения порогов слышимости на основных речевых частотах: 500Гц, 1000Гц, 2000Гц, 4000 Гц на основной программе прослушивания РП. При моноауральной КИ ТПА проводили на оперированное ухо, а при бинауральной-последовательно на 1-е, а затем 2-е ухо с КИ, использовали клинический двухканальный аудиометр (Interacoustics AC40e, Дания). Громкоговорители (колонки) аудиометра были расположены под углом 45° на расстоянии 1 метр от РП КИ. ТПА в свободном поле проводили шагом 5 дБ. У детей, которые не имели хорошо выработанной условно-двигательной реакции УДР на предъявляемый звук, применяли зрительное подкрепление в виде яркой картинки на экране телевизора.

Метод речевой аудиометрии с свободным звуковым поле был использован нами для оценки уровня разборчивости речи, как показателя качества настройки РП и эффективности реабилитации. Мы оценивали разборчивость речи до настройки РП и через 7 дней после настройки. Дополнительно использовали данный метод для коррекции настроечных карт. Для проведения речевой аудиометрии применяли Русский речевой материал (Riehakanen, Boboshko, 2019). Использовали клинический двухканальный аудиометр (Interacoustics AC40e, Дания) с откалиброванными колонками. Речевые тесты соответствовали возрасту ребенка и предъявлялись в «открытом выборе». Если ребенок затруднялся повторять слова, то ему предлагали выбрать услышанное слово из нарисованных картинок, то есть проводили речевую аудиометрию «закрытым выбором» в игровой форме. Интенсивность речевого материала была на уровне 65 дБ УЗД. Звуковые громкоговорители располагали под углом 45° на расстоянии 1 м от РП. Каждому ребенку предъявляли четыре набора по 10 слов: односложные и разносложные слова в тишине, а также односложные и разносложные слова в шуме

с соотношением сигнал/шум 6дБ. Проводилось измерение процента правильно повторенных слов до настройки речевого процессора (РП), во время настройки с подключенным РП и в течение 7 дней после настройки. Во время настройки РП оценивалась разборчивость речи при использовании «рабочей» программы РП, то есть определяли параметры настройки процессора на основании показателей речевой аудиометрии непосредственно во время настроечной сессии. Затем, учитывая показатели разборчивости речи, вносили коррекцию в данную настроечную карту, добиваясь улучшения разборчивости речи. Через 7 дней повторно определяли разборчивость речи по такой же методике, изменив последовательность предъявляемых слов.

В группе 29 детей младшего возраста, которые не смогли выполнить тесты речевой аудиометрии, мы использовали собственную методику тестирования и настройки РП на основании предложенных нами фонем русской речи. Методику мы называли «Метод русских речевых фонем». На данный метод был получен патент RU2851159 С1 от 19.11.2025 г. «Способ выбора параметров речевой карты кохлеарного импланта методом русских речевых фонем». На студии звукозаписи мы произвели запись русскоязычных фонем с использованием микрофона «Октава МК-012», Focusrite Scarlett Solo, использовали окно Блэкмана с разверткой 2048 точек. Используя измерительный зонд системы Auricle Plus (GN Otometrics, Дания, рег.номер ФС №2006/2417) мы произвели измерения частотной составляющей каждой, записанной нами фонемы.

Для детей младших возрастных групп нами были предложены нарисованные с помощью искусственного интеллекта (ИИ) картинки, ассоциированные с каждой записанной фонемой. Дети старше 5 лет могли свободно повторять предъявленные фонемы, а дети более младшего возраста показывали картинку и повторяли фонему в игровой форме. То есть использование картинок делало процесс «узнавания» фонем захватывающе интересным для ребенка и метод проводился в игровой форме. Фонема «У» соответствовала картинке «волк»; фонема «И»-картинке «мышь»; фонема «А»-картинке «девочка, которая плачет»; фонема «Ш»-картинке «змея»; фонема «С»-картинке «комар»; фонема «Ф»-картинке «еж»; фонема «Х»-

картинке «хомяк, который выдыхает воздух»; фонема «М»-картинке «медведь, который ест мед», что отражено на Рисунке 7.



Рисунок 7— Картинки для проведения теста «Метод русских речевых фонем»

Для использования «Метода русских речевых фонем» применялся ноутбук с программами для настройки соответствующего производителя КИ и программным обеспечением для звуковоспроизведения; программаторы для подключения и настройки процессоров КИ соответствующего производителя, а также 2 звуковые колонки, установленные на расстоянии 1 метра от ребенка, откалиброванные с помощью модулированного тона.

Из 29 детей, которые не смогли выполнить речевые тесты, 93,1 % детей (n=27 детей) в игровой форме смогли выполнить тест различения русских речевых фонем, а 6,9% детей (n=2) не смогли выполнить оба теста: ни речевые тесты, ни тесты фонем. У этих 2-х детей в дальнейшем при настройке процессора КИ использовались объективные тесты (ЕСАР и рефлекс стремянной мышцы).

2.3 Дизайн и структура исследований

Дизайн и структура исследований изображены на Рисунке 8.

Пациенты с НСТ IV ст. и глухотой после КИ			
Средний возраст: 7 [5,0; 9,75] лет (n=102 ребенка; 142 уха после КИ)			
Сбор перинатального анамнеза, анамнеза жизни и заболевания (n=102)			
Тональная пороговая аудиометрия в свободном звуковом поле (n=109 ушей)		Аудиометрия с визуальным подкреплением (n=21 ухо)	
Импедансометрия, R кОМ (n=142 уха)			
Телеметрия нервного ответа, ЭПД (ЕСАР; n=126 ушей)			
Изучение корреляции порогов ЭПД с комфортным и пороговым уровнями речевой карты процессора КИ (n=126 ушей)			
Группа 1 Дети, которые смогли выполнить тест Речевой аудиометрии в тишине и шуме (n= 73 ребенка после КИ; n =109 имплантированных ушей)		Группа 2 Дети, которые не смогли выполнить тест Речевой аудиометрии в тишине и шуме (n=27 детей после КИ; n= 31 имплантированное ухо)	
Разборчивость речи при настройке традиционным способом	Разборчивость речи при настройке РП с использованием «Способа настройки речевого процессора КИ» патент RU 2829687	Количество разпознанных фонем при настройке РП традиционным способом	Количество разпознанных фонем при настройке РП с использованием «Способа выбора параметров речевой карты КИ методом русских речевых фонем» патент RU 2851159
Сравнение показателей речевой аудиометрии		Сравнение показателей количества разпознанных фонем	
Анкетирование пациентов с использованием анкет - опросников PEACH (Оценка родителями слуховых и речевых способностей детей) и MUSS (Шкала значимого использования речи) (n=65)			
Оценка полученных результатов			

Рисунок 8 — Дизайн и структура исследований

2.4 Статистическая обработка результатов

Полученные данные подвергались статистической обработке, анализу и систематизации. Показатели вводились в базу данных, использовался редактор электронных таблиц MS Excel 2016. Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с использованием пакета обработки данных Statistica 10 и электронных таблиц. Расчет необходимого объема выборки осуществлялся в пакете Statistica 10. Проверку на нормальность распределения проводили вычислением критерия Шапиро-Уилка. Для проверки гипотез о связи между переменными применяли корреляционный анализ с использованием коэффициента корреляции (r) Пирсона. Проверку коэффициента корреляции на значимость проводили вычислением t-критерия Стьюдента. Оценка достоверности различий между выборками производилась с помощью t-критерия Стьюдента. Результаты статистического анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Общая клиническая характеристика детей группы исследования

В исследование были включены 102 ребенка ($n=102$) с двусторонней нейросенсорной тугоухостью IV степени и глухотой, которые ранее перенесли операцию кохлеарной имплантации (КИ).

Всем детям, включенным в исследование ($n=102$), была проведена операция - кохлеарная имплантация, причем бинаурально – у 40 детей (39,2 %), моноаурально - у 62 детей (60,8 %), из них 16 детей, которые перенесли операцию моноаурально на одном ухе, на втором ухе постоянно использовали слуховой аппарат (СА), что представлено на Рисунке 9.

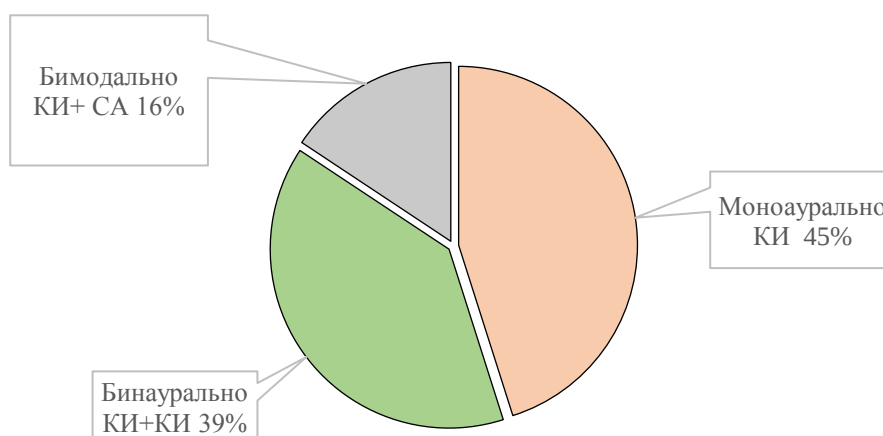


Рисунок 9 — Распределение пациентов в зависимости от типа использования КИ

Как видно на Рисунке 9 лишь 40 детей группы исследования (39%) были проимплантированы на оба уха, а 61% детей-перенесли операцию только с 1 стороны, несмотря на наличие глубокой тугоухости IV степени или глухоты на противоположное ухо. Из них лишь 16 детей (16%) носили СА на втором ухе и имели бинауральный слух, а 46 детей нашей группы исследования (45%) пользовались лишь 1 устройством - кохлеарным имплантом, то есть моноаурально и не использовали на второе ухо СА. Однако, многочисленные исследования в

области сурдологии и КИ доказывают, что дети с двусторонней имплантацией, показывают значительно лучшие результаты в тестах на локализацию звука, восприятие речи в тишине и шуме, понимание и воспроизведение речи, чем дети с односторонней. Эти преимущества обусловлены бинауральным слуховым восприятием. Причем, наилучшие результаты отмечались у тех детей, которые перенесли КИ одномоментно, чем последовательно через какой-то промежуток времени. Чем меньше данный промежуток времени, тем лучше результаты слухоречевой реабилитации ребенка [116].

Средний возраст ребенка на момент проведения операции КИ в общем по группе (n=102) составил Me=30,50 мес. [21,00; 48,00] или Me=2,54 года [1,75; 4,00]. Наибольшее количество детей группы исследования использовали 1 КИ - 60,8%, средний возраст ребенка на момент имплантации в этой группе составил Me=37,50 мес. [21,25; 57,50] или Me=3,13 года [1,77; 4,79]. В то же время общеизвестен современный временной стандарт ранней помощи детям с нарушением слуха - «1 мес.-3 мес. -6 мес.»: выявление детей с подозрением на наличие тугоухости до 1 месяца жизни, диагностику тугоухости до 3 месяцев и начало реабилитационных мероприятий в 6 месяцев жизни ребенка [102].

В нашей группе исследования 40 детей использовали КИ бинаурально, из них операция была сделана одномоментно сразу на два уха у 6 детей, что составило лишь 15% от детей «бинауральной» группы. Из анамнеза 6 детей, которые перенесли КИ одномоментно, было выявлено, что у 4 детей причиной глухоты был перенесенный менингит. Средний возраст ребенка при проведении одномоментной операции КИ (n=6) составил Me=39,00 мес. [28,50; 73,50] или Me=3,25 года [2,38; 6,13].

Последовательную КИ перенесли большинство детей «бинауральной группы» - 34 ребенка (85%). Средний возраст ребенка при проведении операции на «первом» ухе составил Me=24,00 [17,25; 32,00] мес. или Me=2,00 года [1,44; 2,67]. Средний возраст ребенка при проведении операции на «втором» ухе составил Me=46,00 [35,25; 69,50] мес. или Me=3,83 года [2,94; 5,79]. Временной интервал

между первым и вторым ухом в среднем составил $Me=16,00$ [12,00; 36,00] мес. или $Me=1,33$ года [1,00; 3,00].

Возраст детей на момент операции в группе исследования ($n=102$) отражен в Таблице 3.

Таблица 3 — Средний возраст детей на момент операции КИ, $n = 102$

Показатель	Дети, использующие КИ на 1 ухе (моноаурально) или КИ+СА (бимодално), $n=62$	Дети, перенесшие последовательную операцию, использующие КИ на 2 ушах (бинаурально), $n=34$		Дети, перенесшие одномоментную операцию, использующие КИ на 2 ушах (бинаурально), $n=6$
		Первое ухо	Второе ухо	
Средний возраст на момент операции, Me [$Q1;Q3$] лет	3,13 года [1,77; 4,79]	2,00 года [1,44; 2,67]	3,83 года [2,94; 5,79]	3,25 года [2,38; 6,13]

Как следует из Таблицы 3 в группе исследования наибольшее количество детей были прооперированы только на 1 ухо (60,78%) в возрасте $Me=3,13$ года [1,77; 4,79], что в целом отражает преобладание моноаурального использования КИ перед бинауральным. Однако, многочисленные научные исследования доказывают, что при использовании двух КИ пациенты демонстрируют более высокие показатели разборчивости речи в свободном звуковом поле, а также показатели качества жизни по сравнению с использованием одного КИ [92]. В связи с этим одним из направлений усовершенствования помощи детям с тугоухостью IV степени и глухотой является проведение одномоментной или последовательной КИ на оба уха.

Изучение особенностей анамнеза в исследуемой группе детей ($n=102$) показало, что 21,57% ($n=22$) родителей указывали на отягощенную наследственность по тугоухости, а именно - наличие ближайших родственников с перцептивным типом снижения слуха, а 78,43% ($n=80$) родителей отмечали отсутствие сниженной функции слуха у родственников. В исследуемой группе

средний возраст ребенка на момент выявления тугоухости составил $Me=16,50$ [6,00; 30,00] мес. или $Me=1,38$ года [0,50; 2,50].

Родители 80 детей (78,43 %) указывали, что в роддоме ребенку проводился аудиологический скрининг, а родители 22 детей (21,57 %) были не осведомлены о проведении скрининга, затруднялись ответить или отмечали, что скрининг не проводился. При опросе родителей детей после КИ, которые подтвердили проведение скрининга ($n=80$), было выявлено, что 62,5% ($n=50$) родителей указали, что ОАЭ была зарегистрирована и ребенок «успешно прошел аудиологический скрининг» в роддоме, а родители 30 детей (37,5%) отметили, что в роддоме ОАЭ не регистрировалась, что послужило поводом для дальнейшего исследования функции слуха на 2-м этапе. Однако, большинство родителей (70,59%) затруднялись предоставить документы, подтверждающие проведение скрининга, не были осведомлены о методике и сроках проведения аудиологического скрининга. Данный опрос родителей имплантированных детей показал низкую осведомленность родителей о методике, сроках, значимости аудиологического скрининга. В связи с чем одним из направлений усовершенствования сурдологической помощи детям с нарушением слуха является информирование родителей о роли скрининга слуха, о применяемой методике и важности проведения углубленного исследования слуха на 2-м этапе скрининга для всех детей с факторами риска по тугоухости. Также опрос родителей имплантированных детей показал низкую осведомленность родителей о факторах риска и профилактики тугоухости.

При опросе-анкетировании родителей детей с КИ на вопрос «Кто первым заметил снижение слуха и выявил тугоухость?» - были получены разные ответы, отраженные в Таблице 4.

Исходя из Таблицы 4 наглядно видна существенная роль родителей ребенка в выявлении тугоухости и глухоты.

Таблица 4 — Данные изучение анамнеза заболевания по результатам анкетирования родителей ребенка, n = 102

Кто первым заметил снижение слуха и выявил тугоухость	Количество детей	
	n, абс	доля, %
Скрининг	20	19,61
Родители	54	52,94
Врач: педиатр, оториноларинголог, сурдолог	25	24,51
Психолог	1	0,98
Учитель в дошкольном учреждении	1	0,98
Учитель-дефектолог, логопед	1	0,98

В нашей группе исследования 80,39% детей (n=82) до проведения операции КИ использовали слуховые аппараты (СА), а 19,61% детей (n=20) не пользовались СА до операции. В качестве причины «неиспользования СА» до операции родители указывали на следующие причины: «Ребенок плохо слышит в СА»; «Ребенок постоянно его снимает в связи с неудобным вкладышем или свистом»; «СА не помогает», «Врач-сурдолог рекомендовал срочную КИ в связи с глубоким снижением слуха». Однако, в научных исследованиях показано, что использование СА перед операцией КИ положительно влияет на слухоречевое развитие ребенка [131].

Так, в работах Hueqing Chen с соавт. (2010) показано, что младенцы, проходящие дооперационную абилитацию с использованием СА, продемонстрировали значительный положительный эффект на развитие слуховых навыков по сравнению с младенцами, которые не использовали СА до операции КИ и не проходили дооперационную абилитацию (реабилитацию) [122]. Battmer R.D. с соавт. показал, что использование СА перед операцией у пациентов до КИ повышает чувствительность вестибуло-улиткового нерва, а также слуховых и языковых зон головного мозга, что, в свою очередь, подтверждает улучшение слуха и речи по сравнению с пациентами, которые до операции СА не пользовались [119]. Регулярное использование СА помогает ребенку быстро адаптироваться к регулярному использованию КИ [126].

Таким образом, многочисленные научные исследования подтверждают информацию, что детям, которым предстоит операция по кохлеарной коррекции, следует перед операцией использовать СА. Исключение составляют дети, перенесшие менингит. Проведенный опрос родителей детей в нашей группе исследования показал низкую осведомленность 20% родителей о пользе использования СА перед операцией.

Средний возраст детей ($n=82$) на момент слухопротезирования составил $Me=18,50$ мес. $[12,00; 36,00]$ или $Me=1,54$ года $[1,00; 3,00]$. Из анамнеза стало известно, что 63,41% ($n=52$) детей из этой группы ($n=82$) были слухопротезированы в течение первого месяца после выявления тугоухости, а остальные 36,59% ($n=30$) были спротезированы в среднем через $Me=6,00$ мес. $[3,00; 11,75]$ после выявления тугоухости. В группе детей, которые использовали СА перед КИ ($n=82$), средний срок использования СА составил $Me = 12,00$ мес. $[6,00; 24,00]$.

Изучение особенностей перинатального периода на основе опроса родителей ($n=102$) и сбора анамнеза имплантированного ребенка выявило, что по сроку рождения дети распределились следующим образом: 80,39% детей ($n=82$) родились в срок от 37 до 42 недель и были доношенными, средний вес составил $3400,84 \pm 51,24$ гр.; 16,67% детей ($n=17$) родились в срок до 37 недель и были недоношенными, средний вес составил $1341,88 \pm 183,02$ гр.; 2,94% детей ($n=3$) родились в срок более 42 недель и были переношенными, средний вес составил $3510,00 \pm 396,31$ гр. Причем среди недоношенных ($n=17$) экстремально ранние преждевременные роды (ПР) в срок от 22-27 недель беременности были у 7 детей (41,18%), средняя масса тела которых при рождении составила $860,29 \pm 41,90$ гр.; ранние ПР в срок от 28 до 31 недель беременности были у 6 детей (35,29%), средняя масса тела при рождении составила $1180,00 \pm 61,91$ гр. и поздние ПР в срок от 34 до 36 недель беременности - у 4 детей (23,53%), средняя масса тела при рождении составила $2427,50 \pm 449,73$ гр.



Рисунок 10 — Распределение детей группы исследования в зависимости от сроков рождения

Родители детей после КИ в качестве возможной причины тугоухости у ребенка указывали на наличие следующих факторов риска, которые отражены в Таблице 5.

Таблица 5 — Факторы риска тугоухости у детей группы исследования, n = 102

Факторы риска	Количество детей	
	п, абс	доля, %
Гипоксия плода	36	35,29%
Желтуха новорожденных	38	37,25%
Прием ототоксичных антибиотиков	21	20,59%
Отслойка плаценты	1	0,98%
Асфиксия плода	14	13,73%
Обвитие пуповины	1	0,98%
Длительный безводный период	1	0,98%
Длительная ИВЛ	1	0,98%
Не отмечали патологии в родах и перинатальный период	32	31,37%

Как видно из Таблицы 5, у детей группы исследования имелись различные факторы риска нейросенсорных нарушений слуха, и лишь 31% родителей не отмечали наличия факторов риска в перинатальный период.

Таблица 6 отражает наличие сопутствующей патологии у детей с КИ основной группы исследования, (n = 102).

Таблица 6 — Сопутствующая патология у детей группы исследования, n = 102

Сопутствующая патология других органов и систем (по результатам сбора анамнеза и опроса родителей)	Количество детей	
	n, абс	доля, %
Киста головного мозга	1	0,98
Поражение ЦНС	2	1,96
Перенесенный менингит	5	4,90
Аномалия Арнольда Киари	1	0,98
Энцефалопатия	2	1,96
Ретинопатия	2	1,96
Миопия	8	7,84
Астигматизм	3	2,94
Дальнозоркость	1	0,98
Аномалия улитки	2	1,96
Перенесенные в анамнезе отиты	5	4,90
Органическое поражение головного мозга	1	0,98
Дисплазия тазобедренного сустава	2	1,96
Эпиактивность	3	2,94
ДЦП	2	1,96
Аллергический ринит	1	0,98
Задержка психического развития (ЗПР)	2	1,96
Тромбоцитопения	1	0,98
Носительство ЦМВ	1	0,98
Гемангиома	1	0,98
Дерматит	1	0,98
Недостаточность трикуспидального клапана	1	0,98
Сколиоз	1	0,98
Хронический бронхит	1	0,98
Пищевая аллергия	1	0,98
Врожденный гипотиреоз	1	0,98
Атаксия	1	0,98
Бронхолегочная дисплазия	1	0,98
Пупочная грыжа	1	0,98
Родители не отмечали наличие сопутствующих заболеваний	54	52,94

Таблица 6 показывает, что дети, перенесшие операцию КИ (n = 102) в 48% случаев имели различную патологию других органов и систем.

По результатам проведенного анализа анамнестических данных в группе 102 детей после КИ от 2 до 15 лет было установлено, что 19,61% детей родились недоношенными или переношенными, 68,63% детей имели различную патологию в антенатальном, интранатальном или неонатальном периодах, в 48% случаев дети имели сопутствующую патологию других органов и систем. Экстремально ранние

преждевременные роды (ПР) в срок от 22-27 недель беременности были в 6,86% случаев, средняя масса тела детей при рождении составила $860,29 \pm 41,90$ гр.

В общем по группе 102 детей из различных регионов России преобладали дети с моноауральным типом использования КИ (61%), несмотря на наличие глубокой потери слуха с противоположной стороны. Средний возраст ребенка при проведении операции КИ составил 2,54 года [1,75; 4,00], а средний возраст ребенка на момент выявления тугоухости составил 1,38 лет [0,50; 2,50]. Отягощенную наследственность по тугоухости имели 21,57% детей. Родители 70,59% детей имели низкую осведомленность об аудиологическом скрининге слуха и факторах риска. 19,61% детей не пользовались СА до операции и не имели информированности о положительном эффекте дооперационного использования СА на развитие слуховых навыков.

3.2 Результаты тестирования состояния электродов

Все дети группы исследования перенесли операцию с использованием систем КИ разных производителей в разных Федеральных центрах Москвы и Санкт-Петербурга, средний возраст детей на момент операции в группе исследования ($n=102$) составил $Me=2,54$ года [1,75; 4,00].

Наибольшее количество детей перенесли операцию на 1 ухе-моноаурально ($n=62$; 60,78%), а у 40 детей - бинаурально (39,22 %). Таким образом, изучались данные 142 ушей у 102 детей.

Тестирование состояния электродов (R-сопротивление; импедансометрия) и измерение телеметрии нервного ответа (ЕСАР), а также корреляция уровней ЕСАР с комфортным и пороговым уровнями речевой карты процессора КИ было проведено у 90 детей (126 ушей; 126 речевых карт основной программы прослушивания РП), из них 25 детей (35 ушей) использовали системы компании Cochlear (Австралия), 48 детей (67 ушей) использовали системы компании Med-el (Австрия) и 17 детей (24 уха) использовали системы компании Advanced Bionics (США). Корреляционный анализ порогов ЕСАР с уровнями комфортной и пороговой стимуляции у детей, использующих системы Neurelec ($n=6$), Oticon

(n=2) и Nurotron (n=4) не проводился в связи с малочисленностью детей этих групп или отсутствием данного теста в программном обеспечении производителя, например, у компании Neurelec (Франция).

Все дети до включения в исследование настраивались с использованием разных методов настройки в медицинских учреждениях разными специалистами и имели опыт использования КИ более 6 мес. после первичного подключения РП. Дети были адаптированы к КИ и пользовались основной программой прослушивания РП. Все дети находились на реабилитационных сессиях и обращались с целью настройки РП. Имелась равновероятная возможность попадания в исследуемую группу.

В группе 90 детей мы оценили типичную практику сурдолога по выбору параметров РП. Из опроса родителей мы выявили, что 42,2% родителей (38 из 90) предоставили внешний носитель с настроечными картами, у 88,9% родителей был опыт настройки в разных Центрах и у различных специалистов. Типичная практика сурдолога при выборе параметров РП у детей группы исследования отражена в Таблице 7.

Таблица 7 — Оценка типичной практики сурдолога по выбору параметров речевого процессора КИ, n=90

Методы, используемые при выборе параметров стимуляции РП	Количество детей, n= 90	
	п, абс	доля, %
<i>Объективные электрофизиологические методы настройки РП</i>		
Использование стапедальных рефлексов (ESRT)	3	3,3%
Использование электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (ECAP, NRT, NRI, ART)	90	100%
ЕABR – электрически вызванные коротколатентные слуховые потенциалы	0	0%
<i>Субъективные психоакустические методы настройки РП</i>		
Тестирование живой речью, тихими и громкими звуками, определение дискомфорта	43	47,8%
Тестирование во время настройки с участием сурдопедагога (логопеда)	83	92,2 %
Проведение тональной пороговой аудиометрии в свободном поле	57	63,3%
Проведение речевой аудиометрии	2	2,2%
Тестирование фонемами, звуками «Ling Six»	0	0%

Из субъективных тестов наиболее часто родители отмечали использование тестирования с участием сурдопедагога, проведение тональной пороговой аудиометрии в свободном поле и тестирование живой речью с определением дискомфорта (Таблица 7). Такие тесты, как речевая аудиометрия и тестирование международно известными звуками Линка «Линкс Сикс» при настройке имплантов практически не применялись, хотя разборчивость речи является важнейшим показателем эффективности проведенной имплантации и настройки РП. Из объективных тестов у всех детей использовался электрически вызванный потенциал действия слухового нерва (ЕСАР), так как этот тест в отличие от двух других объективных тестов не требует дополнительного оборудования и прост в регистрации.

Опрос родителей имплантированных детей показал, что в группе исследования отсутствовал единый универсальный подход в клинической практике. Кроме того, методы настройки не отражены в Клинических рекомендациях Минздрава РФ.

92,2% родителей детей отмечали, что во время предыдущих настроек РП или сразу после проводилось тестирование ребенка с участием сурдопедагога или логопеда. Родители 47,8% детей отмечали проверку во время настройки РП с помощью «живой» разговорной или шепотной речи, в то же время, лишь 2,2% родителей детей после КИ отметили использование тестов «распознавания слов», предъявленных через колонки, то есть проведение теста речевой аудиометрии, причем 4,4% родителей считали, что во время настройки использовалась речевая аудиометрия, однако родители не смогли представить протокол исследования и описать методику. 63,3% родителей указали, что после или во время настройки РП ребенку выполнялась тональная аудиометрия в свободном поле, во время которой ребенок «собирал пирамидку» или «перекладывал камешки».

Большинство родителей не были осведомлены о методах настройки и методах оценки эффективности настройки РП, однако 96,7% родителей учитывали рекомендации врача о сроках последующей настройки РП и рекомендации педагога о необходимости «подтянуть звуки» или «поднастроить РП». В 14,4%

случаев родители ребенка отметили, что перед или после настройки РП специалисты проводили опрос с заполнением Анкет, однако большинство родителей (85,6%) затруднялись ответить на этот вопрос или указывали на отсутствие анкетирования.

Таким образом, при опросе родителей имплантированных детей, мы обратили внимание на тот факт, что нет стандартного подхода к выбору и оценке параметров стимуляции речевого процессора КИ: у большинства детей имеется опыт настройки РП в различных Центрах, у более, чем 2-х специалистов, методы речевой аудиометрии и анкетирования крайне редко используются во время настроек РП. Родители недостаточно проинформированы о методах оценки качества настроек РП. Тем не менее, многие родители имеют информацию о необходимости постоянных реабилитационных мероприятий и учитывают рекомендации врача, учителя-дефектолога (сурдопедагога).

Первым этапом мы измеряли сопротивление электродов (R , импеданс, IFT - Impedance Field Telemetry, кОм).

Значения импеданса у детей исследуемой группы было различным, средние показатели по исследуемым электродам отражены в таблице 8. Все дети в нашей группе стабильно использовали систему КИ более 6 мес., большинство детей - более 1-2 лет. Так, согласно данным Кечиян Д.К., Бахшиян В.В., Таварткиладзе Г.А. (2020), снижение межэлектродного сопротивления начинается сразу после подключения РП с началом постоянной электрической стимуляции и стабилизируется через 3-6 мес. после подключения системы КИ [37].

Импеданс электродов (R , сопротивление) является важным показателем целостности электрода и определяет параметры стимуляции КИ. Эффективность КИ в долгосрочной перспективе может снижаться из-за непредвиденных нарушений в работе электродов или незначительных функциональных изменений, которые могут повлиять на работу всей системы [178].

Данные регистрации сопротивления электродов отражены в Таблице 8 ($n=90$ детей; 126 ушей).

Таблица 8 — Данные сопротивления электродов R – импеданса ($M \pm m$), кОм

Импеданс (R) -электрическое сопротивление электродов					
Med-el (IFT), кОм $M \pm SD$, min; max		Cochlear (CG), кОм $M \pm SD$, min; max		Advanced Bionics (R), кОм $M \pm SD$, min; max	
1 электрод	8,11 $\pm$ 2,47 3,46;15,11	1 электрод	8,92 $\pm$ 2,06 5,23;13,87	1 электрод	5,73 $\pm$ 1,93 1,90;9,90
2 электрод	7,81 $\pm$ 2,24 3,21;13,49	6 электрод	7,02 $\pm$ 1,95 4,19;13,21	3 электрод	5,73 $\pm$ 2,27 1,60;10,40
3 электрод	7,03 $\pm$ 2,13 3,41;12,89	11 электрод	6,89 $\pm$ 1,39 4,29;9,51	5 электрод	5,78 $\pm$ 2,9 1,60;13,30
4 электрод	6,87 $\pm$ 2,06 3,82;3,14	16 электрод	7,23 $\pm$ 1,97 3,55;11,28	7 электрод	6,35 $\pm$ 2,86 1,60;13,10
5 электрод	6,40 $\pm$ 1,84 3,40;11,94	22 электрод	7,61 $\pm$ 1,98 3,94;11,87	9 электрод	6,56 $\pm$ 2,64 1,90;11,20
6 электрод	5,58 $\pm$ 1,71 2,30;12,54			11 электрод	6,43 $\pm$ 2,36 1,90;10,40
7 электрод	5,45 $\pm$ 1,87 2,82;14,29			13 электрод	6,75 $\pm$ 2,10 2,40;10,90
8 электрод	5,31 $\pm$ 1,55 2,90;10,06			15 электрод	7,37 $\pm$ 1,71 3,70;11,20
9 электрод	5,49 $\pm$ 1,50 3,25;11,09			16 электрод	7,39 $\pm$ 1,73 4,30;10,70
10 электрод	6,10 $\pm$ 1,68 2,99;10,46				
11 электрод	5,83 $\pm$ 1,63 2,14;10,97				
12 электрод	6,93 $\pm$ 1,78 3,578;13,84				

Системы компании Cochlear использовали 25 детей (35 ушей), в 91,43 % случаев ($n = 32$ уха) по результатам телеметрии импланта нарушений в работе электродов выявлено не было, а в 8,57 % случаев ($n = 3$ уха) имелись проблемы при тестировании электродов, а именно: в 1 случае был отключен 1 электрод (разомкнутая цепь), у 1 ребенка было отключено 2 электрода в связи с коротким замыканием и в 1 случае не функционировали 6 электродов (разомкнутая цепь).

Системы компании Med-el использовали 48 детей (67 ушей), в 91,04 % случаев ($n=61$ ухо) по результатам телеметрии импланта нарушений в работе электродов

выявлено не было, а в 8,96 % случаев ($n = 6$ ушей) имелись проблемы при тестировании электродов, а именно: в 3 случаях были экстракохлеарные электроды (от 3-х-до 5-ти), связанные с особенностями строения улитки, либо ее аномалиями и в 3-х случаях был отключен 1 электрод (высокий импеданс).

Системы компании Advanced Bionics использовали 17 детей (24 уха), в 95,83% случаев ($n = 23$ уха) по результатам телеметрии импланта нарушений в работе электродов выявлено не было, а в 4,17% случаев ($n = 1$ ухо) имелись проблемы при тестировании электродов, были 7 экстракохлеарных электродов у ребенка, этиология глухоты которого была связана с перенесенным менингитом.

Исследование телеметрии импланта в нашей группе показало, что у большинства детей (более 90%), использующих кохлеарные системы разных производителей, нарушений в работе электродов выявлено не было. Случаи отключения электродов, в основном, были связаны с особенностями строения уха ребенка, аномалиями или перенесенным менингитом.

В нашей группе исследования имела тенденция более высоких значений показателей телеметрии импланта (импеданса) на апикальных и базальных электродах в сравнении со средней зоной электродной решетки, введенной в улитку в группе детей с кохлеарными системами Cochlear и Med-el, то есть имелось «U-образное распределение импеданса».

У детей, использующих системы производителя Advanced Bionics, также мы наблюдали более высокие значения показателей телеметрии импланта (импеданса) на базальных электродах в сравнении со «средней зоной» электродной решетки.

В литературе описаны факторы, которые влияют на показатели межэлектродного сопротивления. Wimmer W. с соавт. (2022) проанализировали данные 42 пациентов с КИ и сообщили, что электроды, установленные ближе к верхушке (то есть глубже), имели более высокое сопротивление, независимо от остаточного слуха. Авторы показали, что импеданс электродов меняется со временем и зависит от электродов. Через месяц после имплантации импеданс достигает пиковых значений, а затем в большинстве случаев снижается. Со временем импеданс базальных электродов остается высоким, в то время как

импеданс апикальных электродов снова снижается, что в конечном итоге может привести к формированию наблюдаемого в течение длительного времени U-образного распределения импеданса.

Авторы предполагают, что такое повышение базального импеданса может указывать на послеоперационные изменения в тканях улитки. Самое высокое сопротивление наблюдалось через месяц после операции и со временем оно постепенно снижалось. Базальные электроды с большей вероятностью сохраняли высокое сопротивление [189].

Liа Н. с соавт. (2011) показали, что хирургическая техника значительно влияет на показатели импеданса [148]. В работах Okayasu Т. с соавт. (2020) также было показано, что после КИ происходит лимфоцитарная инфильтрация и образуется фиброзная оболочка в тканях, окружающих электрод и активируются макрофаги. Авторы показали, что такие изменения чаще наблюдается в базальных и средних отделах улитки у имплантированных пациентов [167].

Имеются работы, показывающие, что воспаление улитки внутреннего уха определяет степень реакции ее ткани, влияя на миграцию клеток в улитку после повреждения во время операции. Чем сильнее воспаление, тем больше иммунокомпетентных клеток попадает в улитку, в том числе, макрофагов и фибробластов, необходимых для формирования реакции ткани [168].

Следовательно, тяжесть воспалительной реакции определяет выраженность реакции тканей улитки. Фиброзно-гранулематозные клетки образуются, когда макрофаги не могут фагоцитировать инородные материалы, в том числе, электродную решетку, как это происходит после КИ [168, 189].

Таким образом, измерение телеметрии электродов у имплантированных детей исследуемой группы показало неоднородность показателей межэлектродного сопротивления у разных детей и на разных электродах.

По результатам нашего исследования у детей имелась тенденция более высоких значений показателей телеметрии импланта (импеданса) на апикальных или базальных электродах в сравнении со средней зоной электродной решетки.

В некоторых случаях у одного и того же ребенка на правом и левом ухе, несмотря на одинаковую систему КИ, также показатели импеданса были разнообразными и значительно отличались (Рисунок 11).

Правое ухо: Дата исследования: 22.12.2025 Дата операции: 22.11.2017 Дата 1 подключения: 18.12.2017 Электродная решетка: HR90K Advantage Речевой процессор: Naida Q70	Левое ухо: Дата исследования: 22.12.2025 Дата операции: 22.11.2017 Дата 1 подключения: 19.12.2017 Электродная решетка: HR90K Advantage Речевой процессор: Naida Q70
	
А. Импеданс (R), кОм правого уха Дата исследования: 22.12.2025 в 17.19 (8 лет после операции КИ)	В. Импеданс (R), кОм левого уха Дата исследования: 22.12.2025 в 17.42 (8 лет после операции КИ)
	
С.Импеданс (R), кОм правого уха после очистки (кондиционирования) электродов в программе SoundWave 3 Дата исследования: 22.12.2025 в 17.20 (8 лет после операции КИ)	Д.Импеданс (R), кОм левого уха после очистки (кондиционирования) электродов в программе SoundWave 3 Дата исследования: 22.12.2025 в 17.43 (8 лет после операции КИ)

Рисунок 11 — Телеметрия импланта (импеданс) на правом и левом ухе ребенка Г., 9 лет.

На Рисунке 11 показаны данные сопротивления (импеданса) электродов правого и левого уха ребенка Г., 9-ти лет, КИ компании Advanced Bionics, одномоментная КИ на оба уха в возрасте 1 года до (рис. А и В) и после (рис. С и D) очистки (кондиционирования) электродов в программе SoundWave 3 (Advanced Bionics., США).

На данном рисунке видно, что несмотря на проведение операции КИ в один день одинаковыми кохлеарными системами с одинаковым типом решетки, имеется разная конфигурация измерения межэлектродного сопротивления. Так, на правом ухе импеданс (R , кОм) на всех 16 электродах составлял не более 10 кОм, наиболее высокие его показатели наблюдались на 9,10,14 электродах. В то же время, на левом ухе импеданс (R , кОм) имел более высокие уровни, например, на 1,5,6,7,9,13,14 и 15 электродах составлял более 10 кОм, а наиболее высокие его показатели наблюдались на 5,6,7,14 электродах. После кондиционирования (очистки) электродов с помощью специальной функции программы SoundWave 3 (Advanced Bionics) тенденция более высоких показателей импеданса на левом ухе сохранялась.

При наблюдении за исследуемой группой детей мы обратили внимание на то, что дети, которые использовали систему КИ постоянно с раннего утра до позднего вечера согласно журналу регистрации данных использования РП Datalogging, имели более низкие показатели импеданса.

Примером может служить Рисунок 12, в котором отражены данные телеметрии импланта и использования РП на правом и левом ухе ребенка Г., 9 лет согласно функции Datalogging программного обеспечения SoundWave 3.

Как видно из Рисунка 12 показатели межэлектродного сопротивления выше на левом ухе, на котором среднее время использования РП было всего лишь 5,5 часов в день. На противоположном же правом ухе показатели межэлектродного сопротивления были более низкие в сравнении с левым, а среднее время использования РП было больше - 8,0 часов в день.

Дети, которые использовали РП более 8-10 часов в день, в нашей группе исследования имели лучшие показатели межэлектродного сопротивления. Мы считаем, что более низкие показатели сопротивления свидетельствуют о хорошей стабильности электрода, а использование РП более 10-12 часов в день приводит не только к улучшению показателей межэлектродного сопротивления, но и лучшей адаптации ребенка к системе КИ и лучшей разборчивости речи.

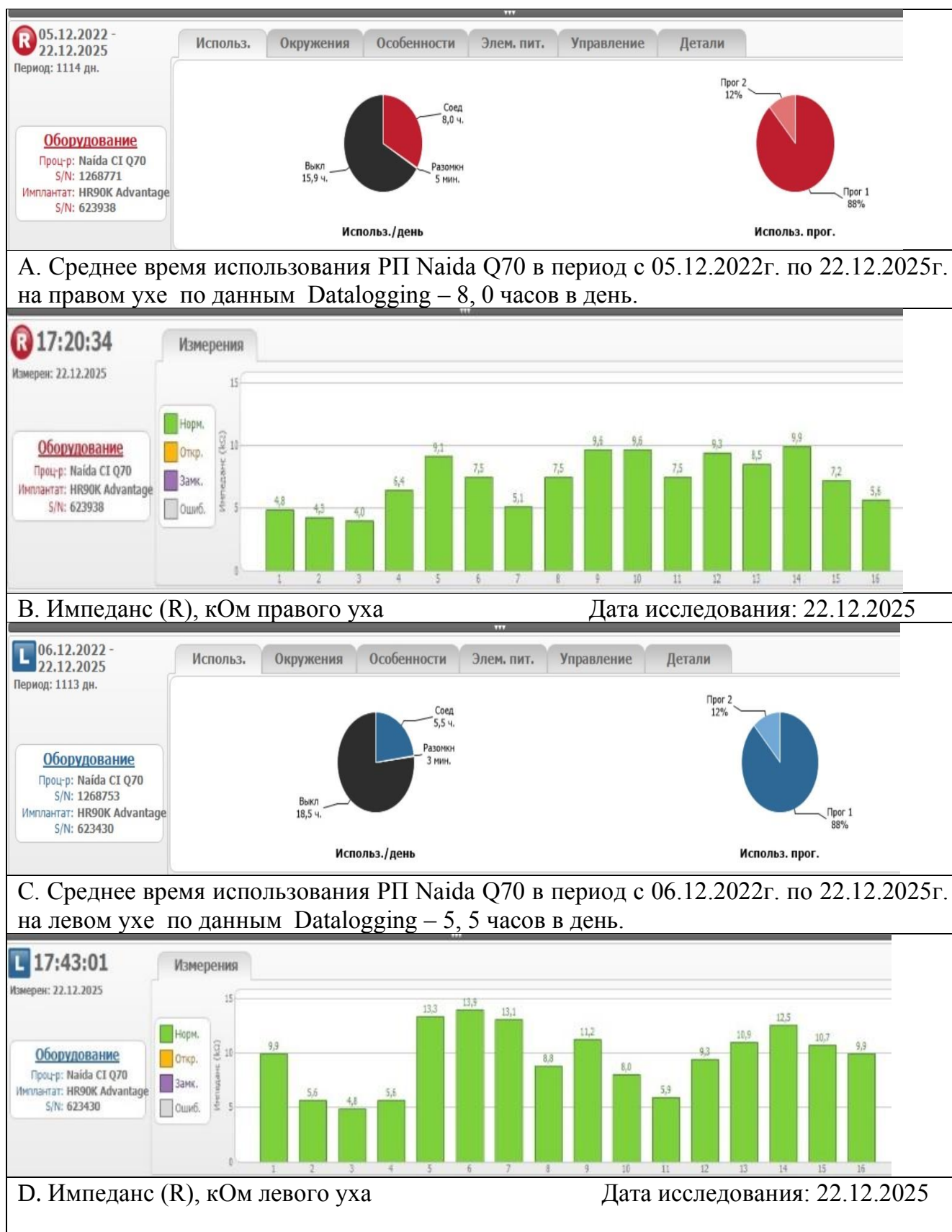


Рисунок 12 — Среднее время использования РП (А,С) и телеметрия импланта (импеданс) на правом (В) и левом (D) ухе ребенка Г., 9 лет.

Это согласуется с данными Alhabib S.F. et al. (2021), которые показали, что минимальное время ношения процессора КИ, необходимое для достижения 60-процентного результата в тесте на распознавание речи, составляет 8,3 часа в день. Это минимальное время ношения устройства в день, необходимое для приемлемого развития речи и языка [114].

Таким образом, данные телеметрии импланта с регистрацией межэлектродного сопротивления носят индивидуальный характер на каждом ухе и, согласно данным литературы, стабилизируются после 6-12 мес. после подключения РП., зависят от многих факторов, в том числе от особенностей строения внутреннего уха, особенностей проведения самой операции и введения электродов, выраженности послеоперационного воспаления в ответ на наличие инородного тела в улитке (электродной решетки), послеоперационного фиброза и образования новой костной ткани в улитке, от типа электродной решетки, от количества часов использования РП в день. В некоторых случаях вокруг электродов могут образовываться отложения солей, белков, фиброзной и вновь образованной костной ткани, что снижает эффективность стимуляции и сопровождается повышенным межэлектродным сопротивлением.

Функция регистрации среднего времени использования РП в сутки Datalogging является прекрасным инструментом, который позволяет проанализировать приверженность к использованию системы КИ, скорректировать реабилитационный процесс и проконсультировать родителей ребенка.

3.3 Телеметрия нервного ответа, корреляция порогов с комфортным и пороговым уровнями речевой карты процессора кохлеарного импланта

У детей (n=25), которые были прооперированы системами компании Cochlear, определяли корреляционную зависимость показателей порогов ЕСАР (autoNRT) на 5 электродах: 1, 6, 11, 16, 22 с комфортным (Comfortable level; C-level) и пороговым уровнями (Threshold level; T-level) стимуляции основной программы прослушивания РП.

Для выявления корреляционных взаимосвязей между уровнем телеметрии нервного ответа ЕСАР (autoNRT) с порогоми комфортной громкости (C-level) и пороговыми уровнями (T-level) стимуляции был использован коэффициент корреляции (r) Пирсона. Показатели порогов ЕСАР, показатели C-level, T-level и коэффициенты корреляции Пирсона (r) отражены в Таблице 9.

Таблица 9 — Средние показатели порогов ЕСАР, комфортного и порогового уровней на 5 электродах: 1, 6, 11, 16, 22 у детей с КИ Cochlear, n=25 детей; 35 ушей

Cochlear (autoNRT), CU					
№ электрода	ЕСАР autoNRT, М ± SD, min; max	C-level, М ± SD, min; max	Коэффициент корреляции Пирсона (r) (C-level-AutoNRT)	T-level, М ± SD, min; max	Коэффициент корреляции Пирсона (r) (T-level-AutoNRT)
1	166,57±17,69 119;194	173,37±18,21 130;209	0,378	129,89±16,34 82;158	0,446
6	164,35±17,39 119;195	174,56±13,74 141;205	0,165	129,12±14,42 87;154	0,230
11	177,69±14,66 143;212	181,26±16,16 143;218	0,308	136,71±15,99 100;161	0,347
16	166,29±19,66 108;198	170,50±21,55 113;218	0,536	124,68±22,73 57;156	0,568
22	146,34±18,81 97;173	157,60±20,47 101;202	0,507	111,74±21,71 49;153	0,545

Согласно Шкалы Чеддока, используемой для качественной интерпретации силы корреляционной связи, мы применяли следующую градацию силы корреляции:

- слабая связь (r = от 0,1 до 0,3);
- умеренная связь (r = от 0,3 до 0,5);
- заметная связь (r = от 0,5 до 0,7);
- высокая связь (r = от 0,7 до 0,9);
- сильная связь (r = от 0,9 до 1,0).

Исходя из Таблицы 9, мы выявили, что у детей с КИ Cochlear корреляционная зависимость ЕСАР (autoNRT) с комфортным (C-level) и пороговым (T-level) уровнями была различна на исследуемых 5 электродах, коэффициент корреляции Пирсона составил от 0,165 до 0,568. Сила корреляционной связи в большинстве случаев относилась к категории: «умеренная связь»; в некоторых каналах к категориям «слабая связь» или «заметная связь».

Так, например, корреляционная зависимость «C-level-AutoNRT» на 1-м и 11-м электродах была умеренной, а на 6-м электроде слабой, в то же время на 16-м и 22-м электродах сила корреляции относилась к категории «заметная связь». Корреляционная зависимость «T-level-AutoNRT» на 6-м электроде была слабой, на 1-м и 11-м электродах – умеренной, в то же время на 16-м и 22-м электродах была заметной.

У детей (n=48), которые были прооперированы системами компании Med-el определяли корреляционную зависимость показателей порогов ЕСАР (AutoART) на 12 электродах с комфортным (Most Comfortable Level; MC-level) и пороговым уровнями (Threshold level; THR-level) стимуляции основной программы прослушивания РП.

Показатели порогов ЕСАР, показатели MCL, THR-level и коэффициенты корреляции Пирсона (r) отражены в Таблице 10.

Таблица 10 показывает, что у детей с КИ Med-el корреляционная зависимость ЕСАР (autoART) с комфортным (MCL) и пороговым (T-level) уровнями была различна на исследуемых 12 электродах, коэффициент корреляции Пирсона составил от -0,042 до 0,404. Сила корреляционной связи относилась к категориям: «слабая связь» и «умеренная связь». На базальных электродах 10-м, 11-м и 12-м были наименьшие показатели корреляционной зависимости.

Таблица 10 — Средние показатели порогов ЕСАР, комфортного и порогового уровней на 12 электродах у детей с КИ Med-el, n=48 детей; 67 ушей

Med-el (autoART), qu					
№ электрода	autoART, M ± SD, min; max	MCL, M ± SD, min; max	Коэффициент корреляции Пирсона (r) (MCL- AutoART)	T-level, M ± SD, min; max	Коэффициент корреляции Пирсона (r) (T-level- AutoART)
1	12,42±3,20 7,60;21,90	15,49±4,54 7,14;27,81	0,381	1,75±0,68 0,71;3,76	0,315
2	11,78±3,33 7,40;20,50	15,82±4,65 7,33;29,20	0,284	1,84±0,73 0,73;4,01	0,226
3	11,59±3,16 7,40;20,90	16,13±4,46 7,18;28,51	0,281	1,88±0,74 0,72;4,07	0,156
4	10,50±2,95 6,90;18,90	16,18±4,78 6,62;30,32	0,283	1,88±0,78 0,66;4,18	0,373
5	10,92±3,20 6,40;20,10	16,49±4,48 7,31;29,88	0,321	1,92±0,77 0,73;4,25	0,390
6	11,48±2,87 6,70;19,90	16,94±4,53 7,48;30,42	0,404	1,95±0,74 0,71;4,06	0,275
7	11,99±3,32 7,40;19,30	17,70±4,58 7,24;31,40	0,274	2,05±0,76 0,72;4,24	0,232
8	13,80±3,86 7,60;21,90	18,40±4,75 7,69;32,04	0,393	2,14±0,80 0,77;4,53	0,343
9	15,34±3,56 8,00;22,10	18,85±4,53 8,59;31,87	0,175	2,19±0,75 0,86;4,30	0,173
10	14,43±2,85 7,90;20,30	18,55±4,41 9,14;31,22	0,038	2,15±0,76 0,91;4,34	-0,042
11	12,59±3,15 7,80;20,80	17,46±4,95 8,70;31,22	0,088	2,03±0,81 0,87;4,19	-0,056
12	11,51±3,04 7,40;19,60	16,76±4,86 8,45;31,20	0,028	1,91±0,72 0,85;3,84	-0,107

У детей (n=17), которые были прооперированы системами компании Advanced Bionics определяли корреляционную зависимость показателей порогов ЕСАР (tNRI) на 9 электродах: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 16 с комфортным (Most Comfortable Level; MCL) и пороговыми уровнями (Threshold level; T-level) стимуляции основной

программы прослушивания РП. Показатели порогов ЕСАР, показатели MCL и T-level отражены в Таблице 11.

Таблица 11 — Средние показатели порогов ЕСАР, комфортного и порогового уровней на 9 электродах у детей с КИ Advanced Bionics, n=17 детей; 24 уха

Advanced Bionics (tNRI), CU					
№ электрода	tNRI, M ± SD, min; max	MCL, M ± SD, min; max	Коэффициент корреляции Пирсона (r) (MCL -tNRI)	T-level, M ± SD, min; max	Коэффициент корреляции Пирсона (r) (T-level-tNRI)
1	135,63±34,03 56;198	173,33±33,37 115;272	0,392	26,00±14,80 8;70	0,336
3	132,45±38,18 83;248	179,17±32,36 119;274	0,684	28,25±14,77 10;72	0,517
5	144,38±31,56 83;206	196,54±31,70 144;286	0,372	30,79±13,40 16;70	0,463
7	169,23±36,19 103;241	221,42±40,50 167;338	0,433	35,63±15,73 19;80	0,391
9	164,82±40,51 92;226	231,54±44,09 172;350	0,255	39,29±19,34 18;94	0,120
11	163,24±46,34 84;260	219,22±43,88 146;350	0,468	36,13±16,64 17;84	0,334
13	146,35±42,04 65;233	201,74±37,21 137;309	0,088	32,91±15,58 16;78	0,200
15	146,81±64,95 17;340	197,43±52,67 95;324	0,691	36,70±24,60 9;110	0,717
16	142,84±39,14 77; 223	200,48±55,72 98;324	0,527	42,35±29,43 8;130	0,388

Исходя из Таблицы 11, мы отметили, что у детей с КИ Advanced Bionics корреляционная зависимость ЕСАР(tNRI,) с комфортным (MCL) и пороговым (T-level) уровнями была различна на исследуемых 9 электродах, коэффициент корреляции Пирсона составил от 0,088 до 0,717. Сила корреляционной связи в большинстве случаев относилась к категории: «умеренная связь»; в некоторых каналах к категориям «слабая связь», а «заметная связь» наблюдалась на 3-м и 15-м электродах.

На Рисунках 13 и 14 представлен пример корреляционной зависимости показателей ЕСАР (autoNRT), комфортного (C-level) и порогового (T-level) уровней на 11 электроде у детей с КИ Cochlear n=25 детей; 35 ушей).

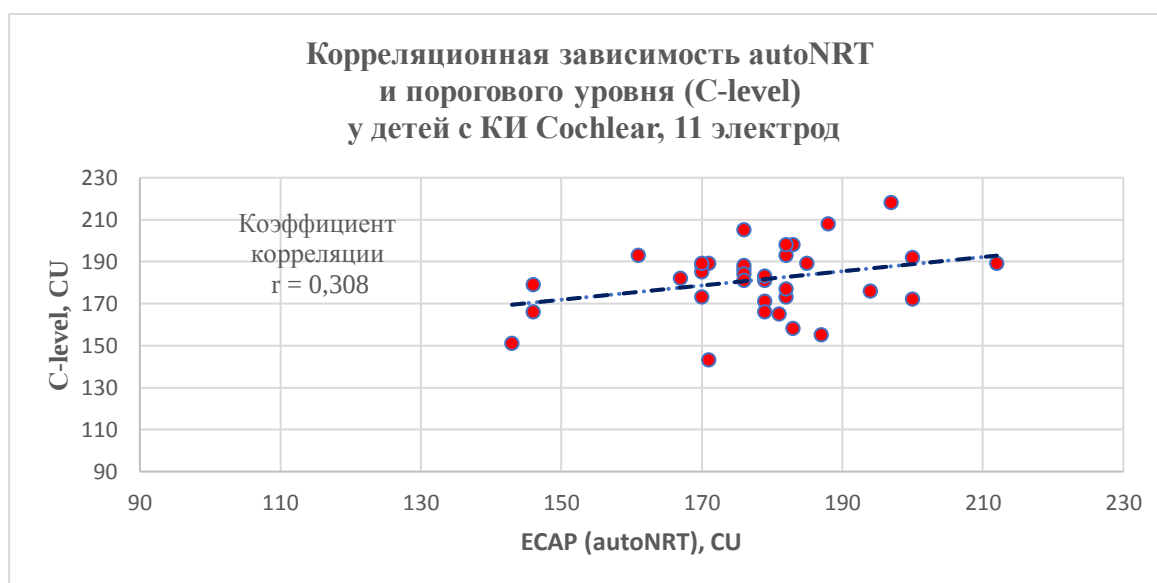


Рисунок 13 — Корреляционная зависимость ЕСАР (auto NRT) и комфортного уровня (C-level) у детей с КИ Cochlear, 11 электрод, (n=35 ушей).

Как видно из Рисунка 13, коэффициент корреляции порогов ЕСАР (auto NRT) и уровней комфортной громкости C-level (n=25 детей; 35 ушей) на 11 электроде составил 0,308, что относится к уровню умеренной связи, согласно шкалы Чеддока. Коэффициент корреляции порогов ЕСАР (auto NRT) и порогового уровня (T-level) составил 0,347, что также относится к умеренной силе корреляционной связи (Рисунок 14).

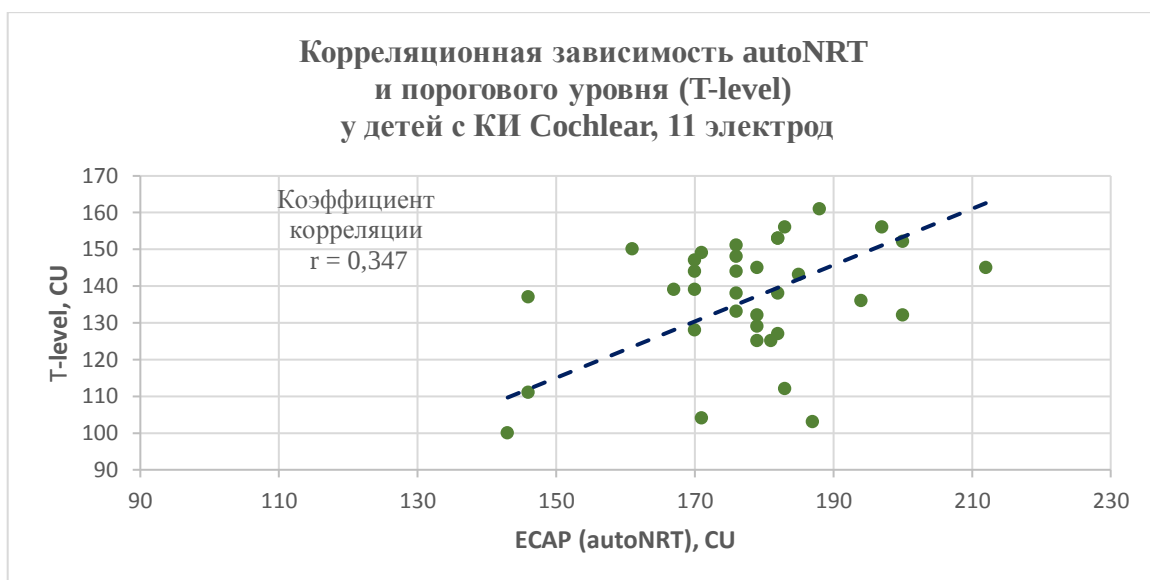


Рисунок 14 — Корреляционная зависимость ECAP (auto NRT) и порогового уровня (T-level) у детей с КИ Cochlear, 11 электрод, (n=35 ушей).

На Рисунках 15 и 16 представлена корреляционная зависимость показателей ECAP (tNRI), комфортного (MCL) и порогового (T-level) уровней на 13 электроде у детей с КИ Advanced Bionics (n=17 детей; 24 уха).

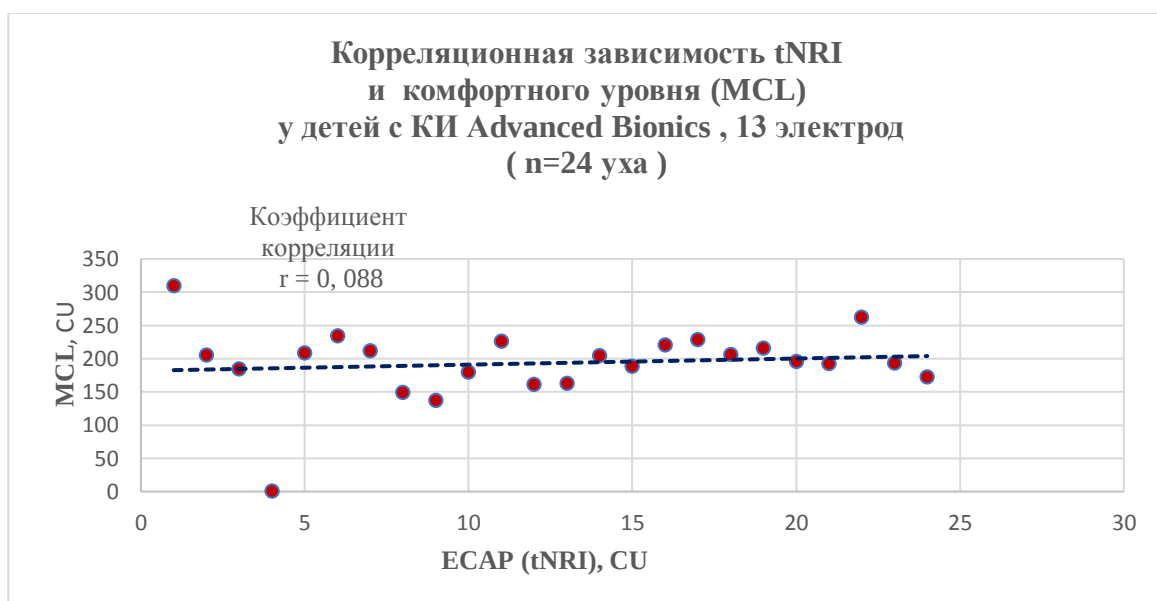


Рисунок 15 — Корреляционная зависимость ECAP (tNRT) и уровня комфортной громкости (MCL) у детей с КИ Advanced Bionics, 13 электрод, (n= 24 уха)

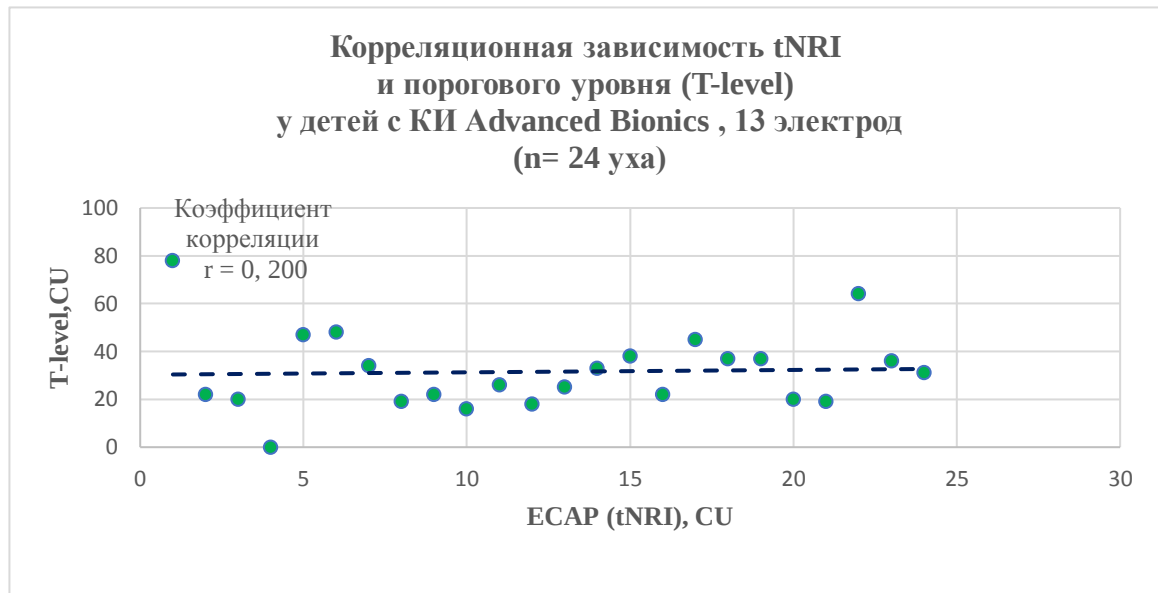


Рисунок 16 — Корреляционная зависимость ECAP (tNRT) и порогового уровня (T-level) у детей с КИ Advanced Bionics, 13 электрод, (n= 24 уха)

На Рисунках 17 и 18 представлена корреляционная зависимость показателей ECAP (autoART), комфортного (MCL) и порогового (T-level) уровней на 8 электроде у детей с КИ Med-el (n=48 детей; 67 ушей).

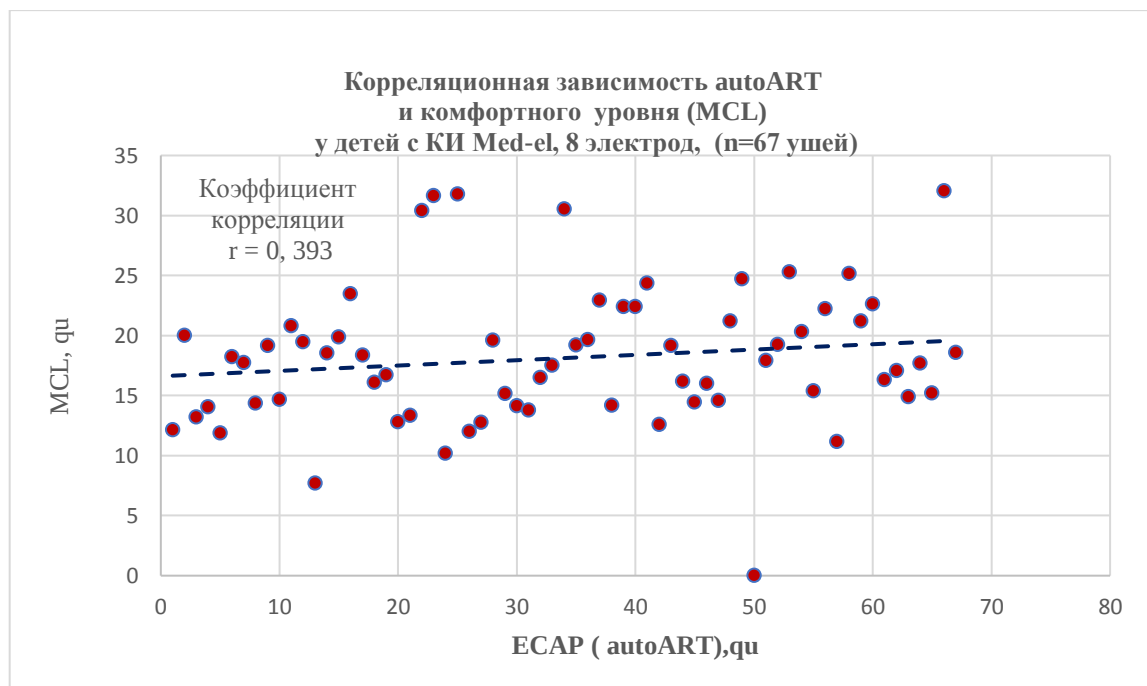


Рисунок 17 — Корреляционная зависимость ECAP (autoNRT) и комфортного уровня (MCL) у детей с КИ Med-el, 8 электрод, (n= 67 ушей)

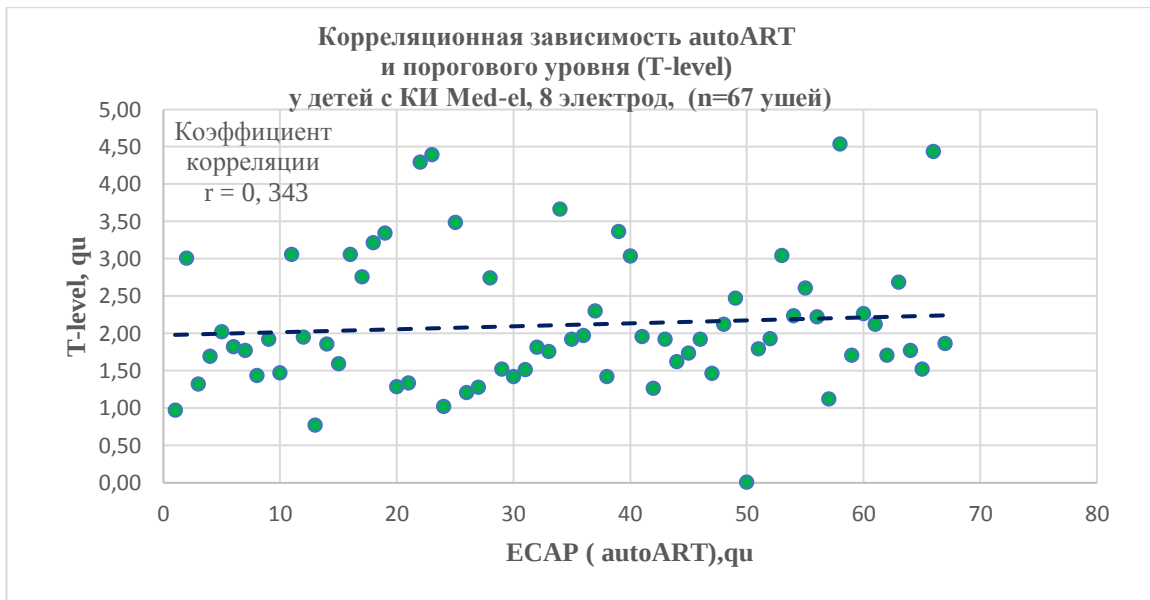


Рисунок 18 — Корреляционная зависимость ECAP (autoNRT) и порогового уровня (T-level) у детей с КИ Med-el, 8 электрод, (n= 67 ушей)

Таким образом, при изучении корреляции порогов ECAP с комфортными уровнями речевой карты (MCL), нами в большинстве случаев была выявлена слабая и умеренная корреляционная связь, на некоторых каналах связь отсутствовала, а на единичных каналах была заметной, сильной связи мы не выявили ни на одном из каналов. Коэффициент корреляции Пирсона был в диапазоне от $r=0,028$ до $r=0,691$.

Корреляция порогов ECAP с пороговыми уровнями речевой карты (T-level) также была в большинстве случаев слабой и умеренной.

Телеметрия нервного ответа слухового нерва (ЕСАР) помогает определить ответ нервных волокон при помощи программного обеспечения внутри улитки, безусловно у детей, которые не могут выполнить психоакустические тесты, этот метод является наиболее оптимальным, т.к. не требует дополнительного оборудования помимо программатора. Пороги ЕСАР стабилизируются уже к 6 месяцу после 1-го подключения процессора [4, 40,81].

Анализируя данные регистрации ЕСАР в нашей группе исследования, мы сравнивали полученные пороги с психоакустическими порогами громкости,

которые использовали пациенты на основной рабочей программе прослушивания РП.

Данные опроса родителей показали, что наиболее часто выбор порогов речевой карты основывался на данных категоризации громкости «тихо-хорошо-громко», на оценке слышимости по сурдопедагогическим тестам и на данных тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле. Наш анализ регистрации ЕСАР показал, что их пороги находятся в диапазоне между пороговым и комфортным уровнями стимуляции (T-level и MCL) речевой карты процессора, при этом их показатели неоднородны на разных электродах, что соответствует исследованиям других авторов [81].

В нашей группе исследования неоднородность и «разброс» показателей ЕСАР наблюдались практически на всех электродах и у всех производителей КИ, что наглядно продемонстрировано на Рисунках 13, 14, 15, 16, 17, 18. На данных Рисунках видно, что пороговые показатели стимуляции у многих пациентов «приближаются» к показателю ЕСАР, однако, имеется их «существенный разброс» и неоднородность.

В литературе имеется множество работ по выявлению корреляционной связи между порогами ЕСАР и порогами максимально комфортной громкости (MCL), полученными с использованием психоакустических субъективных методов. Так, József Kiss в 2003 г. изучал корреляционную зависимость между поведенческими порогами комфортного уровня и потенциалами действия слухового нерва (NRT - импланты Nucleus (Cochlear)) на пяти электродах (3, 5, 10, 15 и 20) у 23 детей и 4 взрослых. Он сделал вывод, что пороговые значения ЕСАР (NRT) не позволяют достаточно точно предсказать комфортный уровень MCL во всех случаях. В то же время, он показал, что уровни индивидуальной карты РП коррелируют с электрически вызванными реакциями ствола мозга у пациентов, использующих импланты Nucleus (Cochlear), в связи с чем NRT-пороги уточняют необходимую информацию для программирования РП в случае, когда невозможно выполнение субъективных тестов [151].

Pradeep V.R. (2017) констатирует, что методы объективной настройки по порогам ЕСАР могут использоваться только при первичной настройке РП у детей, автор отдает предпочтение поведенческим психоакустическим методам настройки РП [171].

Zarowski A. с соавт. в 2020г. опубликовал исследование, что пороговые значения ЕСАР объясняют лишь до 14% изменчивости порогов речевой карты (Т и C-level) [193].

S. Raghunandhan с соавт. в 2014 г. исследовали 10 детей от 2 до 7 лет. Все дети пользовались системами КИ Advanced Bionics HiRes 90 К с речевым процессором Harmony. В работе было доказано, что пороги ЕСАР(NRI) имеют положительную корреляционную связь с поведенческими уровнями максимально комфортной громкости (MCL). Однако, авторы описывают, что у некоторых детей наблюдались значительные отличия уровня MCL от прогнозируемых значений, основанных на пороговых уровнях ЕСАР. В связи с чем авторы делают важный вывод, что поведенческие психоакустические тесты должны быть обязательными для получения оптимальных настроечных карт речевого процессора КИ [173].

Мы также получили данные, свидетельствующие о необходимости использования индивидуальных пороговых ответов ребенка при настройке уровней комфортной и пороговой громкости, т.к. несмотря на то, что пороги ЕСАР имеют умеренную положительную в большинстве случаев корреляционную связь с поведенческими уровнями, однако, у некоторых детей имелись значительные отклонения порогов ЕСАР от поведенческих и не было закономерностей данных отклонений. Также имелось разнообразие отклонений порогов ЕСАР от поведенческих на разных электродах.

ГЛАВА 4. РОЛЬ ПСИХОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ ПРИ ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПРОЦЕССОРА КОХЛЕАРНОГО ИМПЛАНТА У ДЕТЕЙ

Корректная настройка РП является одним из самых важных условий успешной реабилитации ребенка с КИ. Общеизвестно, что некорректная настройка РП может привести к отсутствию развития речи у ребенка.

4.1 Оценка эффективности настройки речевого процессора с применением теста тональной пороговой аудиометрии и аудиометрии с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле

В клинической практике широко применяется метод тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле, который позволяет оценить слышимость тонов речевого диапазона на основной программе прослушивания РП. Однако, этот метод требует наличия условно-двигательного рефлекса (УДР) у ребенка в ответ на предъявляемый тон. У маленьких детей, которые не могут выполнить тест тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле, возможно использование зрительного подкрепления. Так, Королева И. В. соавт. (2019) указали, что при правильной настройке РП пороги слуха ребенка на основной программе прослушивания должны составлять 30 ± 5 дБ [47]. В научной работе Гойхбург М.В. в 2017г. показано, что наилучшими для успешной реабилитации после КИ являются пороги аудиометрии в свободном звуковом поле в процессоре КИ - 25 дБ нПС [22].

Используя клинический двухканальный аудиометр (Interacoustics AC40e, Дания) мы провели исследование тональных порогов слуха на основных речевых частотах на основной программе прослушивания РП. Причем 73 ребенка нашей группы исследования смогли выполнить тест ТПА в свободном поле, из них 56 детей (76,71%) выполнили тест ТПА без подготовки, т.к. имели хорошо выработанную УДР, а 17 детей (23,29%) выполнили тест после предварительной подготовки по выработке УДР. Результаты ТПА в свободном звуковом поле с

использованием процессора КИ на основной программе прослушивания отражены в Таблице 12.

Таблица 12 — Результаты исследования средних значений поведенческих порогов слуха по данным ТПА, $M \pm SD$ (n=73 ребенка; 109 ушей)

Речевые частоты	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Средние значения порогов слуха, дБ	38,17 $\pm$ 7,03	34,45 $\pm$ 7,08	33,72 $\pm$ 7,40	35,09 $\pm$ 7,17

У большинства детей данной группы исследования (n=109 ушей) в 93,58% (n=102 уха) показатели порогов ТПА в свободном звуковом поле соответствовали критериям корректной настройки на 3-х и более частотах. 29 детей не смогли выполнить стандартный тест тональной пороговой аудиометрии в свободном звуковом поле, в этой группе были дети маленького возраста 2-3 года или с тяжелой сопутствующей соматической или неврологической патологией (ДЦП, энцефалопатия и др.). Также в этой группе были дети, которые редко занимались с сурдопедагогами, были с недостаточным количеством курсов реабилитации, с задержкой речевого развития, которые отставали от своих сверстников по развитию. У данной категории детей использовалась аудиометрию с визуальным подкреплением (VRA-Visual Reinforcement Audiometry).

Из 29 детей, которые не смогли выполнить стандартный тест ТПА, в дальнейшем 18 детей смогли выполнить ТПА с визуальным подкреплением. Исследование проводили на клиническом двухканальном аудиометре АС40е (Interacoustics, Дания) с колонками. В качестве стимулов подавали тональные сигналы (warble tones) в диапазоне речевых частот 500 - 4000 Гц в свободном звуковом поле через колонки. Для визуального подкрепления мы использовали яркие картинки игрушек из программы Maestro 9.0 (Med-el) на экране монитора (Рисунок 19). Проводили тест непосредственно перед настройкой РП, т.к. яркие интересные для ребенка картинки позволяли заинтересовать и удержать ребенка во время выполнения тестов и программирования РП. У некоторых детей в

дальнейшем данный тест использовался во время настройки для коррекции определенного частотного диапазона, если ребенок «плохо» слышал определенный тон во время теста VRA.

Рисунки 19 и 20 показывают методику проведения VRA - теста (аудиометрии с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле).

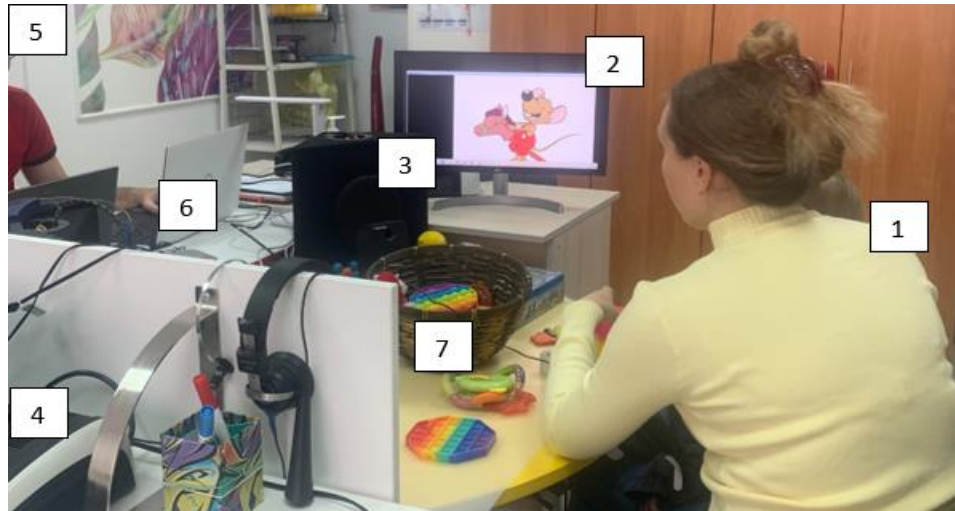


Рисунок 19 — Проведение аудиометрии с визуальным подкреплением с использованием программы Maestro 9.0 (Med-el)

- 1-мама с ребенком-«пользователем системы КИ»;
- 2-монитор с яркой картинкой;
- 3-откалиброванные колонки;
- 4-клинический двухканальный аудиометр АС40е;
- 5-сурдолог, настраивающий РП;
- 6-ноутбук с подключенным программатором;
- 7-соединяющий кабель между речевым процессором (РП) и программатором.

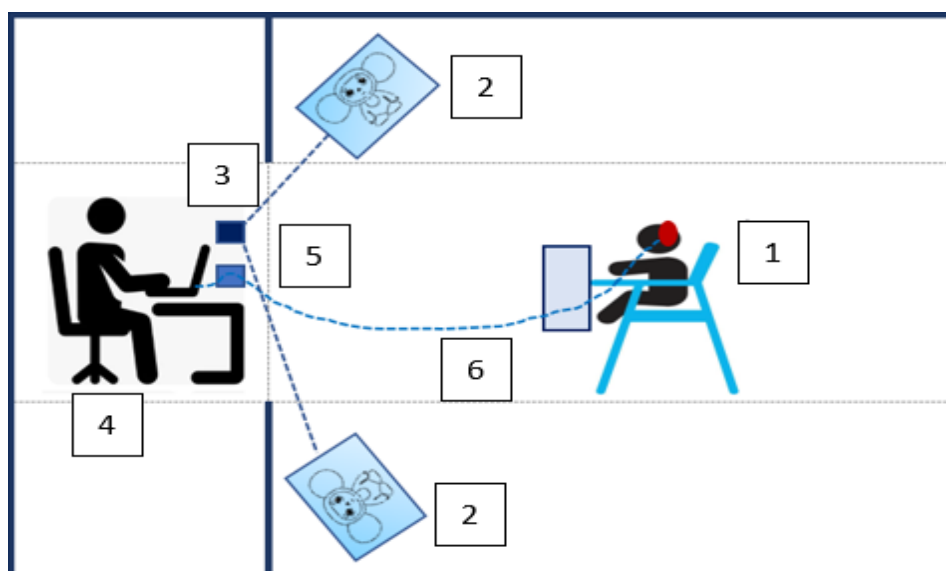


Рисунок 20 — Схема аудиометрии с визуальным подкреплением во время настройки речевого процессора КИ

- 1- ребенок после КИ;
- 2- откалиброванная колонка, рядом с ней анимированная игрушка или экран;
- 3 – аудиометр с подключенными к нему колонками;
- 4 - специалист, настраивающий РП;
- 5 - ноутбук с подключенным программатором;
- 6- соединяющий кабель между речевым процессором (РП) и программатором.

Полученные результаты ТПА в свободном звуковом поле с визуальным подкреплением у детей после КИ отражены в Таблице 13.

Таблица 13 — Результаты исследования средних значений поведенческих порогов слуха по данным аудиометрии с визуальным подкреплением, $M \pm SD$ (n=18 детей; 21 ухо)

Речевые частоты	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
Средние значения порогов слуха, дБ	41,43±8,39	39,52±6,87	39,05±6,45	38,81±6,87

Возможность использования зрительного подкрепления приводит к расширению применения психоакустических тестов у детей маленького возраста и у детей, которые отстают в развитии и имеют слабый слуховой опыт, что позволяет

получить «обратную связь» от ребенка и понять слышимость звуков разной частоты в процессоре КИ на основной программе прослушивания РП. Так, Американская академия аудиологии в клиническом руководстве по КИ 2019 года рекомендует использовать визуальную аудиометрию с подкреплением (VRA), условно игровую аудиометрию и традиционные методы аудиометрии у детей, использующих системы КИ [124].

На Рисунке 21 изображена аудиограмма имплантированного ребенка в свободном звуковом поле в РП на основной рабочей программе прослушивания (P1) на основных 4-х речевых частотах до и после настройки процессора КИ.

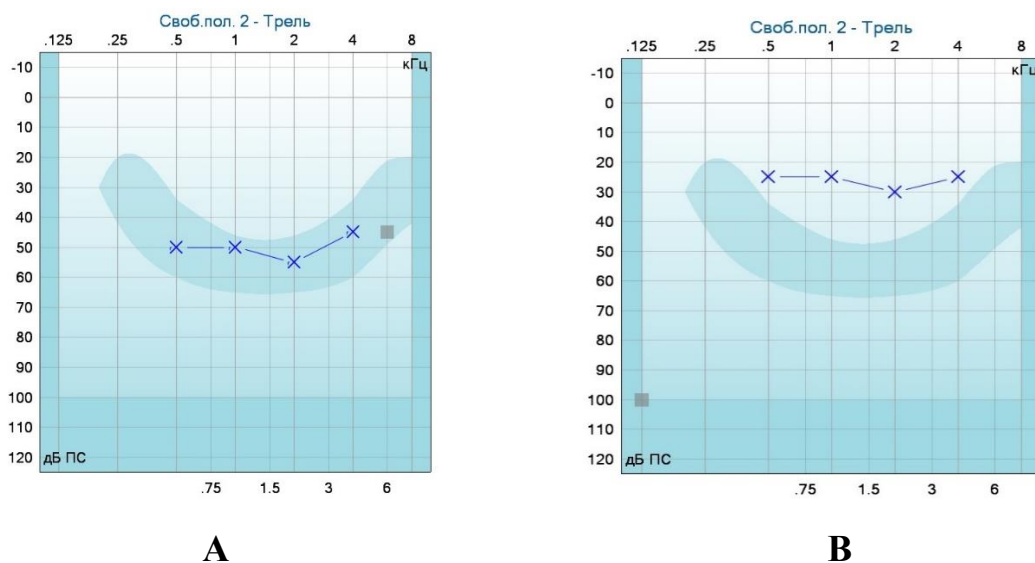


Рисунок 21 — Аудиограммы ребенка с КИ в свободном звуковом поле

А-до настройки речевой карты процессора КИ;

В-после настройки речевой карты процессора КИ.

Как видно из Рисунка 21 пороги слуха в свободном звуковом поле после настройки процессора КИ с использованием субъективных психоакустических методов во время настройки (аудиометрии с визуальным подкреплением) улучшились. Таким образом, с помощью VRA-аудиометрии (аудиометрии с визуальным подкреплением) возможно определить пороги слышимости в речевом диапазоне частот с помощью динамиков в свободном поле у детей, использующих КИ.

Данный метод был также применен нами для настройки РП, а у 5-х детей данный тест помог определить индивидуальные пороговые значения Т-уровня (T-level). На Рисунке 22 изображена речевая карта РП Med-El после настройки пороговых уровней стимуляции с использованием метода игровой аудиометрии с визуальным подкреплением (VRA).



Рисунок 22 — Пример карты настройки речевого процессора КИ (Med-El).

1-пороговый уровень (ПУ; минимальный/пороговый уровень ощущений (T-level));
2- уровень телеметрии нервного ответа (ТНО; ECAP- Electrically Evoked Compound Action Potential, autoART);

3-максимально комфортный уровень (МКУ; MCL- Most Comfortable Level).

В результате проведенной коррекции речевой карты данные сурдопедагогического обследования также показали улучшение слуха ребенка и отсутствие дискомфорта.

Таким образом, методы тональной пороговой, игровой аудиометрии и аудиометрии с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле позволяют оценить пороги слуха ребенка в процессоре КИ и дают возможность внести коррекцию в речевую карту с целью улучшения слышимости определенных частот. Выработка условно-двигательной реакции на звук со зрительным подкреплением (VRA тест) позволяет оценить слух в речевом диапазоне у «имплантированных»

детей, которые не выполняют тест пороговой аудиометрии и позволяют получить «обратную связь» от ребенка. Аудиометрия с визуальным подкреплением (VRA - Visual Reinforcement Audiometry) является простым инструментом субъективной оценки порогов слуха в речевом диапазоне частот при использовании РП у детей с различными системами КИ, метод может применяться у маленьких детей до 2-3 лет и у более старших детей, которые отстают от своих сверстников в развитии речи и имеют небольшой слуховой опыт и словарный запас.

4.2 Настройка речевого процессора системы кохлеарной имплантации с учетом показателей речевой аудиометрии в тишине и шуме в свободном звуковом поле

Субъективные психоакустические методы настройки РП у детей состоят из оценки индивидуальной реакции ребенка на стимуляцию во время настроечной сессии, определении категоризации громкости: «тихо-хорошо-громко», уровня дискомфорта и сурдопедагогического тестирования. Методы же речевой аудиометрии и применение Анкет-опросников используются на практике крайне редко в РФ, что было описано нами выше на основании опроса родителей ребенка. Проведение речевой аудиометрии в свободном звуковом поле в тишине и на фоне шума позволяет оценить разборчивость речи, что крайне важно для оценки качества слуха ребенка в КИ [49].

В клинической практике сурдопедагоги оказывают большую помощь при выборе параметров стимуляции РП, оценивают слышимость различных звуков у ребенка в РП, анализируют разборчивость речи, выявляют дискомфорт и другие проблемы. Однако, тестирование «живой» речью не является стандартизированным, т.к. речь у различных специалистов отличается по тембру, высоте, то есть носит индивидуальный характер. В связи с этим использование метода речевой аудиометрии для выбора параметров стимуляции РП с оценкой разборчивости речи в тишине и шуме стандартизирует методы выбора параметров РП во время настроечной сессии и наряду с сурдопедагогическим тестированием будет способствовать улучшению качества настройки РП.

С целью оптимального выбора параметров РП кохлеарного импланта мы использовали предложенную нами методику настройки РП (Патент RU 2829687 С1 от 26.03.2024г. «Способ настройки речевого процессора кохлеарного импланта»), основанную на проведении речевой аудиометрии. В группе 73 детей ($n = 109$ ушей) мы провели речевую аудиометрию в тишине и шуме до настройки РП и через 7 дней после настройки РП, во время настройки использовали собственную методику. У детей, которые использовали КИ бинаурально ($n=36$ детей) анализировали тесты речевой аудиометрии сначала 1-го, а затем 2-го уха. Использовали детский набор «Речевой материал для оценки восприятия русской речи у детей» [Русский речевой материал, Riehakanen, Boboshko, 2019], слова которого фонетически сбалансированы и содержат все фонемы русского языка. В зависимости от возраста использовали сбалансированные слова для детей от 3-7 лет и 7-14 лет. Применяли интенсивность подаваемого в колонки речевого материала - 65 дБ УЗД. Тесты калибровали к уровню речевого сигнала к тестовому стимулу в 1 кГц. Каждому ребенку предъявляли четыре набора по 10 слов: односложные и разносложные слова в тишине, а также односложные и разносложные слова в шуме с соотношением сигнал/шум +6дБ. При распознавании предъявленного слова это фиксировалось в таблицу, а нераспознанные слова подвергались частотному анализу. Для оценки частотной составляющей «неопознанных» слов мы использовали измерительный зонд системы Auricle Plus, GN Otometrics, Дания, рег.номер ФС №2006/2417 (Рисунок 23 и 24).



Рисунок 23 — Измерительный зонд системы Auricle Plus (GN Otometrics, Дания)

Оценивая частотную составляющую «неопознанных» при речевых тестах слов, мы вносили изменения в настройочную карту в диапазоне низко-, средне- или высокочастотной области, который соответствовал «нераспознанному слову», так как измерительный зонд системы Auricle Plus позволяет измерить частотный диапазон и пики предъявляемого слова.

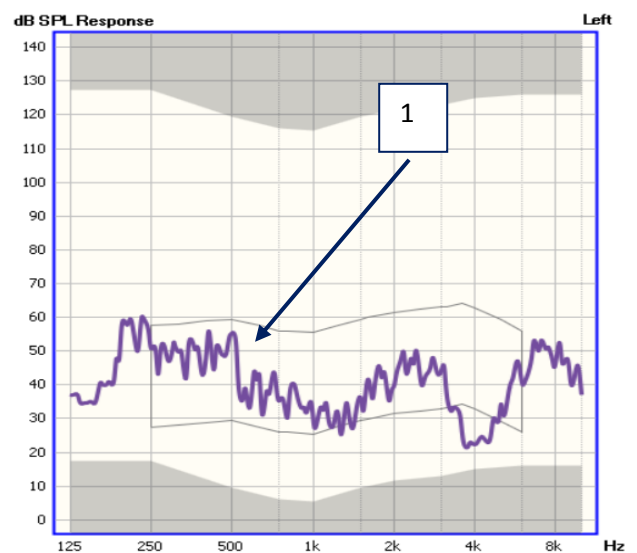


Рисунок 24 — Пациент А, 4 года, измерение частотного диапазона слова на микрофоне процессора КИ: 1-частотный диапазон слова «Блеск» при измерении с помощью зонда системы Auricle Plus.

В дальнейшем мы добивались повышения процента разборчивости речи в свободном звуковом поле в тишине и на фоне шума при подключенном РП КИ под контролем тестов речевой аудиометрии непосредственно во время настройки процессора КИ. После внесения изменений в настроечную карту РП проводили повторно речевую аудиометрию в тишине и шуме с помощью односложных и разносложных русских речевых детских тестов для подтверждения повышения процента разборчивости речи как в тишине, так и в шуме. Если ребенок затруднялся повторять слова, то ему предлагали выбрать услышанное слово из нарисованных картинок, то есть проводили речевую аудиометрию «закрытым выбором» в игровой форме. Как при «открытом выборе», так и при «закрытом выборе» определяли процент правильно распознанных слов в тишине и на фоне шума и достигали оптимальной разборчивости речи. После проведенной настройки производили повторное исследование этих же слов в случайном порядке и оценивали качество настройки.

Примеры использования предлагаемой методики.

Клинический пример 1. Амбулаторная карта № 818/21, пациент С.А., 4 года. Диагноз: Двусторонняя хроническая нейросенсорная тугоухость IV степени. Состояние после бинауральной кохлеарной имплантации. Проведена последовательная кохлеарная имплантация в 2020 г. справа и 2021 г. слева в НМИЦ Здоровья детей в г. Москвы. Ребенок пользуется системами КИ фирмы Cochlear более 2 лет. Со слов законного представителя (мамы), ребенок не всегда реагирует на тихие звуки.

Ребенок имеет хорошо развитую речь, УДР свободно выполняет, тест тональной пороговой аудиометрии при использовании основной программы прослушивания (P2): 500 Гц-30дБ; 1000 Гц-25 дБ; 2000Гц-25дБ; 4000Гц-30дБ. Речевая аудиометрия открытым выбором до настройки РП: ребенок допустил 2 ошибки при тестировании односложными словами в тишине и набрал 80% при громкости 65 дБ, разносложные слова в тишине ребенок слышал все правильно-100%. При тестировании в шуме разборчивость односложных и разносложных слов была одинакова и составила 70%. При настройке процессора КИ по предложенной

нами методике была проведена коррекция карты прослушивания программы Р2 и увеличены комфортный и пороговый уровни на 2 СУ с проверкой разборчивости во время настройки РП. В дальнейшем нами при повторном проведении речевой аудиометрии через 7 дней с другим порядком тех же слов, предъявляемых открытым выбором, мы получили улучшение разборчивости речи в тишине, разборчивость односложных слов составила 90%, ребенок допустил только одну ошибку, назвав при этом правильно структуру слова, в котором ошибся (назвал «гекс» вместо «кекс»), разборчивость односложных слов в шуме составила 90%, а разносложных слов в шуме-100%.

Таким образом, настройка РП с использованием метода речевой аудиометрии в тишине и шуме улучшила показатели разборчивости речи и ребенок продемонстрировал отличные результаты понимания и распознавания предъявляемых слов. После настройки через месяц мама ребенка сообщила о хорошей разборчивости речи как в тишине, так и в шуме, улучшении слышимости тихих звуков и отсутствии дискомфорта.

Клинический пример 2. Ребенок Л.К, 8 лет. Выписка из амбулаторной карты пациента. Диагноз: Двусторонняя сенсоневральная глухота. Состояние после кохлеарной имплантации справа. Кохлеарная имплантация проведена в 3 года на правом ухе. На левом ухе не использует средства реабилитации. Использует процессор КИ в течение 10 часов в сутки. Со слов мамы, последние 9 месяцев ребенок часто переспрашивает, жалуется на плохую слышимость при разговоре нескольких людей и на улице. Ребенок использует четвертую (Р4) самую громкую программу РП. Уровень развития речи хороший.

Была проведена речевая аудиометрия «открытым выбором». Разборчивость речи до настройки РП при использовании программы Р4 для односложных слов составила 60 %, для разносложных слов -70%, для односложных слов в шуме 50%, разносложных слов в шуме-70%. Была проведена настройка речевой карты с использованием речевой аудиометрии. С помощью зонда системы Auricle Plus были измерены «частотные составляющие» неправильно названных слов. Были внесены поправки в используемую настроечную карту пациента Р4. Процент

разборчивости речи после коррекции составил для односложных слов - 80%, для разносложных слов - 90%, для односложных слов в шуме - 70%, разносложных слов в шуме-80%. Таким образом, данная методика помогла улучшить разборчивость речи на 17,5%. Мама ребенка через 7 дней после настройки отметила улучшение различения в шуме и на улице, также ребенок перестал «переспрашивать слова» в шумной обстановке.

Клинический пример 3. Ребенок С., 5 лет. Для настройки использовалась предлагаемая методика, основанная на речевой аудиометрии. На Рисунке 25 показаны результаты речевой аудиометрии в тишине и шуме до и после настройки РП.

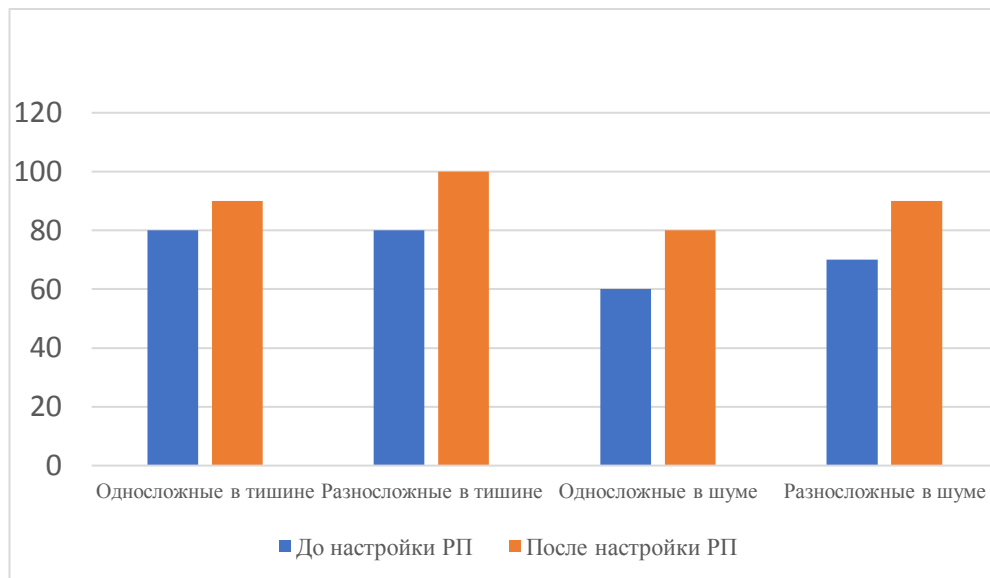


Рисунок 25 — Результаты речевой аудиометрии в тишине и шуме до и после настройки РП ребенка А. 4 лет.

Общий прирост разборчивости речи после настройки РП составил 15%.

Преимуществами предлагаемого нами способа настройки РП являются: метод может использоваться у детей от 3-х лет и проводиться в игровой форме с использованием картинок-иллюстраций предъявляемых слов; используются общепризнанные сбалансированные таблицы слов, фонематически выверенные, специально предназначенные для детей от 3 до 7 лет и от 7 до 14 лет; методика

позволяет оценить частотный диапазон слов и внести изменения в речевую карту РП; метод позволяет добиться оптимальной разборчивости речи, как в тишине, так и в шуме; предлагаемая методика позволяет оценить уровень развития речи испытуемого и прогнозировать дальнейшую слухоречевую реабилитацию. Применение предложенного нами метода выбора параметров РП показало клиническую эффективность при настройке РП у имплантированных детей.

Данные речевой аудиометрии в тишине и шуме у пациентов исследуемой группы до и после настройки РП с использованием предложенной методики отражены в Таблице 14.

Таблица 14 — Результаты речевой аудиометрии в тишине и шуме у пациентов исследуемой группы до и после настройки речевого процессора у 73 детей (n = 109 ушей)

Речевой материал (65 дБ УЗД)	РЕЧЕВАЯ АУДИОМЕТРИЯ В ТИШИНЕ		
	Разборчивость речи до настройки РП, %	Разборчивость речи после настройки РП, %	P
Односложные слова	70,28±15,60	78,53±13,53	p<0,05
Разносложные слова	74,86±16,02	83,30±14,47	p<0,05
Речевой материал (65 дБ УЗД)	РЕЧЕВАЯ АУДИОМЕТРИЯ В ШУМЕ с соотношением сигнал/шум 6дБ		
	Разборчивость речи до настройки РП, %	Разборчивость речи после настройки РП, %	p
Односложные слова	72,57±13,01	78,07±11,66	p<0,05
Разносложные слова	77,06±13,83	84,40 ±12,80	p<0,05

Таблица 14 наглядно демонстрирует, что предложенная методика выбора параметров стимуляции РП, а именно выбора конфигурации уровней MCL и T с использованием речевой аудиометрии, позволяет достоверно улучшить уровень разборчивости речи в тишине ($p < 0,05$) и в шуме ($p < 0,05$) как при использовании односложных, так и разносложных слов.

При наблюдении за группой исследования мы выявили, что важными факторами в реабилитации детей после проведенной КИ являлись постоянные занятия по развитию речи с сурдопедагогом, логопедом и родителями, обучение в «слышащей» среде, ранний возраст проведенной операции до 2-х лет, достаточное количество часов использования РП КИ более 10-12 часов в день. Совокупность перечисленных факторов обуславливала хорошее речевое развитие детей. Метод речевой аудиометрии позволял не только оценить разборчивость речи, но и помогал во время настройки провести коррекцию индивидуальной карты прослушивания РП. Использование метода речевой аудиометрии во время настройки РП позволило достоверно улучшить разборчивость речи детей с КИ. Метод речевой аудиометрии в свободном поле в тишине и шуме является быстрым стандартизированным тестом у детей с хорошим речевым развитием. Данный метод наряду с такими методами, как телеметрия нервного ответа, регистрация мышечного рефлекса стременной мышцы, тональная пороговая аудиометрия в свободном поле, поведенческое тестирование, может включаться в линейку дополнительных тестов при настройке РП. Использование данного метода позволяет улучшить разборчивость услышанных ребенком односложных и разносложных слов как в тишине, так и на фоне шума. Недостатком данного метода является невозможность его использования в группе детей с задержкой речевого развития, с тяжелой сопутствующей патологией, которые не могут выполнить речевые тесты.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПРОСНИКОВ PEACH И MUSS.

Bagatto M.P. с соавт. (2011) провели экспертизу Анкет-опросников и показали, что наиболее доступными во многих странах на разных языках и удобными для оценки качества слухопротезирования, в том числе, у детей после КИ, являются анкета LittleEARS и дневник PEACH [118].

В нашей группе наблюдения были дети от 2-х до 15 лет, в связи с чем мы использовали шкалу PEACH, которая как раз и предназначена для детей младшего и старшего возраста. Опросник же LittleEARS используется у детей от рождения до 2-х лет.

Анкета PECH (Parents Evaluation of aural/ oral Performance in Children - оценка родителями слуховых и речевых способностей детей) была разработана Ching T., Hill M. в 2003 г. Она позволяет оценить использование КИ и составить дневник наблюдений за ребенком в течение недели. Оценка по 5 бальной системе (0-4 балла) с подсчетом результатов в процентах [123]. Русскоязычная версия валидирована нами в 2021г. (Туфатулин Г.Ш., Чинг Т., Савельева Е.Е., Савельев Е.С.) [103].

Для оценки слухоречевого развития ребенка мы провели анкетирование родителей детей после КИ. Была использована анкета PEACH (родительские наблюдения за слухоречевым развитием ребенка). Данная анкета является опросником для родителей. Анкета показывает, как ребенок слышит и общается при помощи КИ в настоящее время и в соответствии с возрастом. Родителям требуется наблюдать за слуховым поведением ребенка и оценить его по шкале, в дальнейшем полученные данные сравниваются с показателями слышащих детей соответствующего возраста. Данная анкета помогает оценить соответствие слухового поведения и составить портрет слуховых возможностей ребенка в повседневной жизни. Выход за пределы нормативных показателей свидетельствует

о недостаточном слухоречевом развитии ребенка, что является поводом для коррекции параметров настройки РП и усиления реабилитационных мероприятий.

Для заполнения анкеты родители отвечали на 12 вопросов, каждый из которых имеет 4 варианта ответа: 0-никогда; 1-редко; 2-иногда; 3-часто; 4-всегда. В дальнейшем результат высчитывался по формуле: тишина (вопросы 3+5+7+9+11*100/20); шум (вопросы 4+6+8+10+12*100/20); общий балл: (результат шум+тишина/2), полученный результат отмечался на специальном графике.

Родителям 30 детей нашей группы исследования возраста от 2 до 10 лет была предоставлена Анкета PEACH и даны подробные инструкции по ее заполнению в домашних условиях.

Из 30 родителей в дальнейшем в течение 1 месяца заполнили и вернули анкеты лишь родители 9 детей, что составило лишь 30%. Это показало нам, что метод заполнения анкет-опросников не находит широкого применения в РФ, родители имплантированных детей, несмотря на инструктаж, имели крайне низкую приверженность к заполнению данных анкет. В течение 1-й недели лишь 30% родителей выполнили требуемое исследование. При первичном опросе все родители (n=30) сообщили нам, что никогда до этого не заполняли подобные анкеты.

Исходя из Таблицы 14 из 9 детей, родители которых заполнили анкеты, выявлено, что только у троих детей слуховое развитие соответствовало возрасту. У остальных 6 детей с помощью данной анкеты PEACH мы выявили, что общий балл Анкеты «отставал» от балла здоровых сверстников и требовалась коррекция реабилитационных мероприятий и увеличение интенсивности сурдопедагогических занятий.

В Таблице 15 отражены данные опросника PEACH по результатам анкетирования родителей 9 детей.

Таблица 15 — Данные опросника PEACH по результатам анкетирования родителей (n= 9 детей)

№	Тип системы КИ	Возраст ребенка в мес.	Балл Анкеты в тишине	Балл Анкеты в шуме	Общий балл анкеты PEACH	Нормативный балл анкеты в соответствии с возрастом	Соответствие нормативных показателей уровню нормально слышащих детей
Ребенок №1	Advanced Bionics, бинаурально	72	75	60	67,5	80-100	Не соответствует
Ребенок №2	Medel, моно-аурально	54	75	75	75	80-100	Не соответствует
Ребенок №3	Medel, моно-аурально	56	50	70	60	80-100	Не соответствует
Ребенок №4	Advanced Bionics, моно-аурально	96	55	55	55	80-100	Не соответствует
Ребенок №5	Cochlear, моно-аурально	36	95	80	87,5	77,5-100	Соответствует
Ребенок №6	Medel, моно-аурально	36	75	75	75	80-100	Не соответствует
Ребенок №7	Medel, моно-аурально	102	85	80	82,5	80-100	Соответствует
Ребенок №8	Cochlear, моно-аурально	60	85	85	85	80-100	Соответствует
Ребенок №9	Cochlear, моно-аурально	48	65	65	65	80-100	Не соответствует

Таким образом, применение Анкет-опросников используются на практике крайне редко в РФ, что было описано нами выше на основании опроса родителей ребенка. Использование Анкет-опросников удобно использовать в реабилитационном процессе, так, например, дневник PEACH наглядно показывает и оценивает слухоречевое развитие имплантированного ребенка и позволяет сравнить его со здоровыми детьми.

Следующим этапом в группе 56 детей ($n=56$) была апробирована Анкета значимого использования речи MUSS (Meaningful Use of Speech Scale):

1 группа: дети, использующие КИ моноаурально ($n=32$),

2 группа: дети, использующие 2 КИ бинаурально ($n=24$),

Контрольная группа: 20 здоровых детей (средний возраст $6,18 \pm 0,68$).

Данная Анкета-опросник была разработана Robbins A., Osberger M. в 1991 году, она показывает насколько КИ помогает улучшить навыки произнесения речи ребенком [174]. Русскоязычная версия Анкеты MUSS валидирована И.В. Королевой в 1999 году (Рисунок 26). Шкала значимого использования речи (MUSS) — это 11 вопросов, направленные на изучение использования речи детьми в ежедневных ситуациях. Анкета предназначена для использования у детей от 30 до 135 месяцев (2,5 года – 11 лет). Анкета MUSS оценивает использование устных навыков в следующих категориях: речь в семье, использование речи в социальных ситуациях, понимание речи и использование навыков устного разъяснения. Нами были заполнены Анкеты на основании опроса родителей 56 детей после КИ по 5 категориям шкалы MUSS.

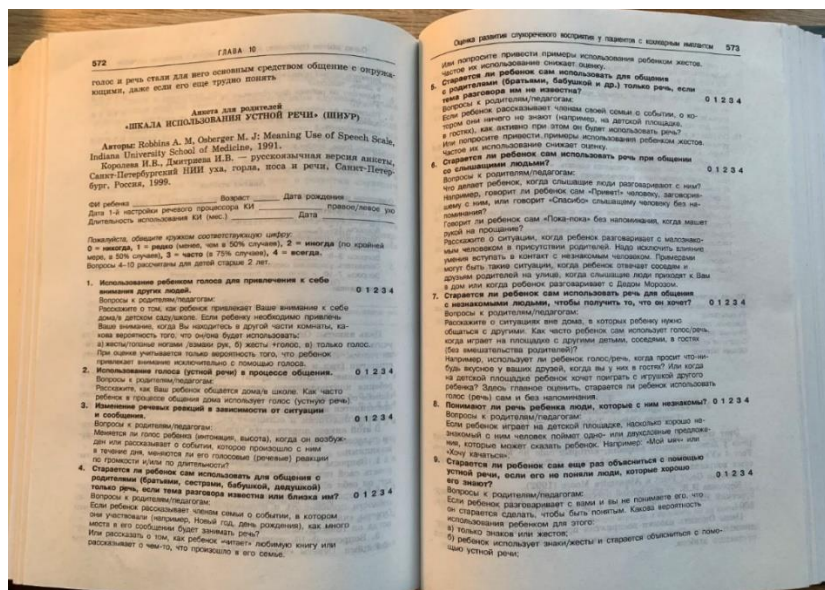


Рисунок 26 — Анкета - опросник MUSS, перевод и валидация И.В. Королева, Дмитриева И.В., русскоязычная версия анкеты, Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи [52].

Данная анкета проста в применении и ее можно заполнять специалистам на основании опроса родителей, время заполнения всего 10 – 15 минут на 1 ребенка. Мы проводили заполнение данной Анкеты перед настроечной сессией, не выдавая Анкету домой, в связи с чем приверженность к данной анкете была выше, и все родители позволили нам «заполнить все пункты анкеты» и свободно отвечали на простые вопросы данной Шкалы [128, 174].

Оценивая результаты анкетирования по опроснику MUSS, мы получили результаты, отраженные на Рисунке 27



Рисунок 27 — Результаты слухоречевого развития детей после КИ по результатам Шкалы значимого использования речи MUSS.

Отличные результаты речевого развития после операции КИ мы наблюдали в 48 % случаев (результаты анкетирования соответствовали 36-44 баллам), слухоречевое развитие детей было отличным и соответствовало здоровой группе.

Хорошие результаты мы выявили в 41 % случаев (балл анкеты составил 28-35 баллов), что является хорошим показателем слухоречевого развития ребенка.

Удовлетворительные результаты мы получили в 11% случаев (балл анкеты менее 28), в данной группе дети отставали от сверстников по слухоречевому развитию, имели задержку развития речи.

Наиболее частые причины неудовлетворительных результатов после КИ в нашей группе наблюдения: позднее проведение КИ, тяжелая сопутствующая

патология у ребенка, отсутствие специалистов по месту жительства ребенка, низкая мотивация родителей ребенка в реабилитации.

Общий балл Анкеты MUSS отражен на Рисунке 28.

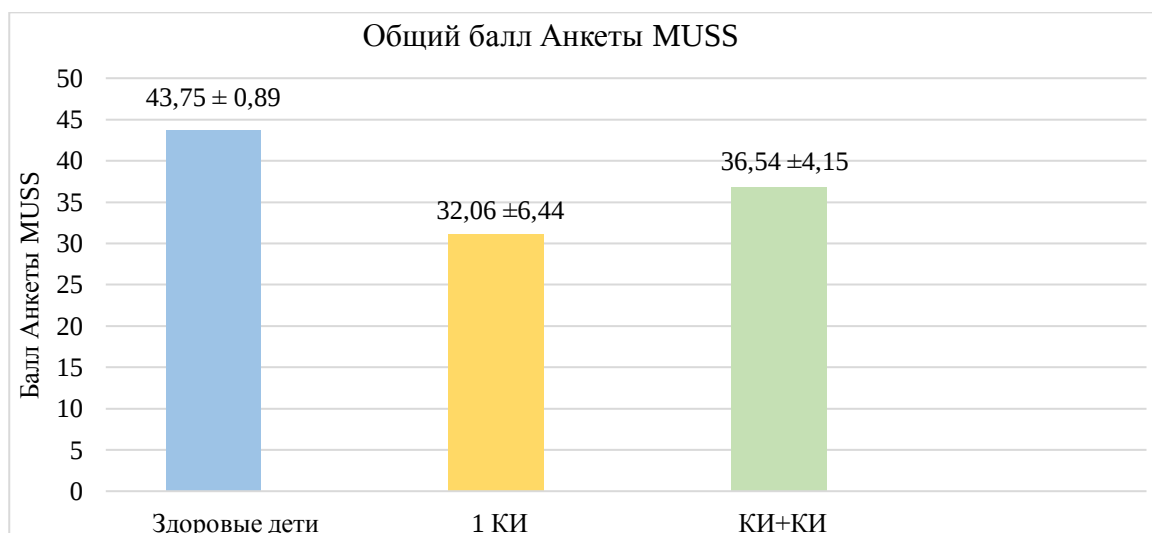


Рисунок 28 — Результат проведения опроса с использованием Анкет значимого использования речи MUSS (Meaningful Use of Speech Scale) (n=56)

Как видно из Рисунка 28 КИ является эффективным средством реабилитации детей, т.к. проведенная нами оценка по Шкале значимого использования речи MUSS у детей после КИ показала хорошие результаты.

Средний балл Анкеты MUSS в группе здоровых детей составил $43,75 \pm 0,89$; в группе детей с моноауральным типом использования КИ составил $32,06 \pm 6,44$; в группе детей с бинауральным использованием КИ средний балл Анкеты был несколько выше и составил $36,54 \pm 4,15$. Однако, достоверной разницы между бинауральным и моноауральным использованием КИ по результатам общего балла Анкеты MUSS мы не получили.

У имплантированных детей средний балл Анкеты был несколько ниже здоровых слышащих детей контрольной группы, однако они достоверно не отличались от результатов здоровых детей, как в группе моноаурального, так и бинаурального использования.

Результаты Анкетирования по 5 категориям опросника MUSS отражены на Рисунке 29.

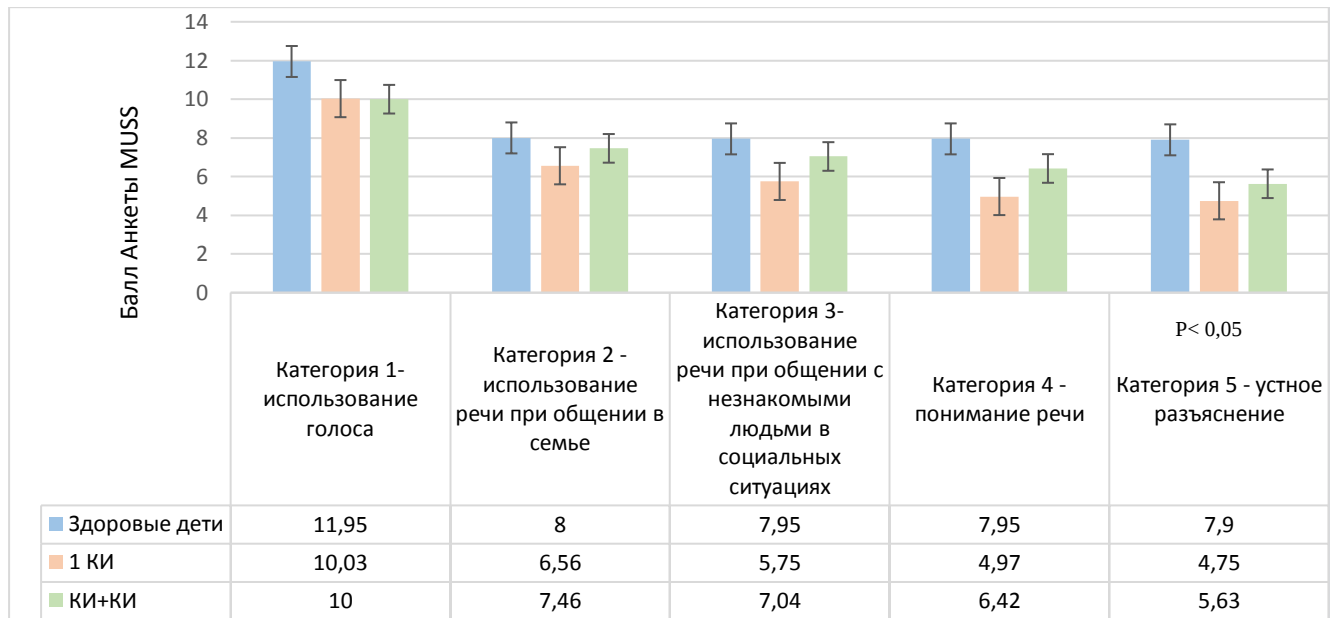


Рисунок 29 — Результаты анкетирования по 5 категориям Анкеты значимого использования речи MUSS (Meaningful Use of Speech Scale) (n=56)

Результаты Анкетирования по 5 категориям опросника MUSS показали также хорошие результаты по 4 категориям, однако в 5 категории мы выявили статистически значимое отличие ($p < 0,05$) между группами моно- и бинаурального использования системы КИ: в категории устного разъяснения и объяснения Анкеты MUSS дети, использующие 2 КИ показали достоверно лучшие результаты Анкетирования, чем дети, которые использовали 1 КИ (Рисунок 29).

Таким образом, Шкала Значимого Использования речи (MUSS) является простым инструментом оценки развития устной речи у имплантированных детей, которую удобно применять при реабилитационных сессиях. Оценка по шкале MUSS у большинства детей без тяжелой сопутствующей патологии показала хорошие в 41% случаев и отличные – в 48% случаев результаты. Бинауральная КИ имеет преимущества по Шкале 5 категории Анкеты MUSS.

ГЛАВА 6. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СТИМУЛЯЦИИ РЕЧЕВОЙ КАРТЫ СИСТЕМ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ У ДЕТЕЙ МЕТОДОМ РУССКИХ РЕЧЕВЫХ ФОНЕМ

Использование метода речевой аудиометрии в свободном звуковом поле ограничено у маленьких детей до 3-4 лет и детей с отставанием в речевом развитии. Такие дети испытывают трудности в понимании и распознавании слов, и даже при подкреплении картинкой каждого слова и проведении теста «закрытым» выбором в игровой форме данная категория детей в силу низкого словарного запаса не может выполнить речевые тесты.

В нашей группе наблюдения из 102 детей (средний возраст $7,54 \pm 0,33$) 71,57% детей ($n=73$) смогли выполнить речевую аудиометрию «открытым» или «закрытым выбором», а 28,43% детей ($n=29$) не смогли выполнить тесты речевой аудиометрии в тишине и шуме в силу маленького возраста до 3-4 лет, низкого словарного запаса, недоразвития речи, сопутствующей патологии (энцефалопатия, ДЦП, неврологические расстройства и др.). Для данной категории детей нами предложена собственная методика настройки речевых процессоров КИ – патент № RU2851159 С1 от 19.11.2025 г. «Способ выбора параметров речевой карты кохлеарного импланта методом русских речевых фонем». Методику мы назвали: «Метод русских речевых фонем». Фонема — это минимальная единица языка, служащая для различения значимых единиц - морфем. Принято считать, что фонема на письме передаётся буквой.

За основу нашего метода выбран способ диагностики порогов слуха с использованием так называемых звуков «Ling Six Check» [156]. Звуковой тест «Ling Six» был разработан Дэниелом Ling в 1976 году как простой и эффективный способ для проверки эффективности настройки СА у детей [113]. Звуковой тест «Ling Six» заключается в том, что через откалиброванные колонки подается 6 звуков английской речи - фонемы «Ah, E, Oo, S, Sh, M». Звуковой тест «Ling Six» применяется для обнаружения и идентификации звукового материала. При тестировании каждый звук воспроизводится случайным образом. Маленькие дети

при помощи выработанной условной двигательной реакции отвечают на данные фонемы. Дети старшего возраста поднимают руку и повторяют предъявляемый звук [113].

В России метод идентификации фонем не использовался для настройки процессоров КИ, так как русскоязычной версии не представлено, а частотная составляющая английских звуков отличается от русскоязычных звуков. Однако, за рубежом имеются работы по использованию данных фонем «Ling Six» при настройке процессоров КИ [192].

На студии звукозаписи мы произвели запись следующих русскоязычных фонем: «У, И, А, Ш, С, Ф, Х, М», использовали микрофон «Октава МК-012», Focusrite Scarlett Solo, окно Блэкмана с разверткой 2048 точек, диктор-мужской голос. Используя измерительный зонд системы Auricle Plus, GN Otometrics, Дания, рег.номер ФС №2006/2417 мы произвели измерения частотной составляющей каждой, записанной нами фонемы.

Частотный диапазон записанных на студии фонем составил:

фонема «У» - от 100 до 1000 Гц с основной энергией в диапазоне 125-300 Гц, наивысшая точка - пик 125 Гц;

фонема «И» - от 230 до 2000 Гц с основной энергией в диапазоне 260 до 500 Гц, наивысшая точка - пик 260 Гц;

фонема «А» - от 300 до 2500 Гц с основной энергией в диапазоне 320-1000 Гц, наивысшая точка - пик 1000 Гц;

фонема «Ш» - от 1000 до 6000 Гц с основной энергией в диапазоне 1200 до 5000 Гц, наивысшая точка - пик 2800Гц;

фонема «С» - от 2000 до 12000 Гц с основной энергией в диапазоне 4000 до 10000 Гц, наивысшая точка - пик 6600Гц;

фонема «Ф» - от 300 до 12000 Гц с основной энергией в диапазоне 500 до 6000 Гц, наивысшая точка - пик 1500Гц;

фонема «Х» - от 120 до 4000 Гц с основной энергией в диапазоне 400 до 1600 Гц, наивысшая точка - пик 1400Гц;

фонема «М» - от 50 до 3000 Гц с основной энергией в диапазоне 150 до 1000 Гц, наивысшая точка - пик 210 Гц.

Для маленьких детей (2-5 лет) мы создали соответствующую каждой фонеме картинку с использованием искусственного интеллекта для проведения методики опознавания фонем в игровой форме (Таблица 16).

Таблица 16 — Частотный диапазон Русских речевых фонем

№	Фонема	Пик, Гц	Основная энергия, Гц	Диапазон, Гц	Картинка
1	У	125	125-300	100-1000	Волк
2	И	260	260-500	230-2000	Мыши
3	А	1000	320-1000	300-2500	Девочка, которая плачет
4	Ш	2800	1200-5000	1000-6000	Змея
5	С	6600	4000-10000	2000-12000	Комар
6	Ф	1500	500-6000	300-12000	Ежик
7	Х	1400	400-1600	120-4000	Хомяк, который выдыхает воздух
8	М	210	150-1000	50-3000	Медвежонок, который ест мед

Использование игры и ярких картинок способствовало удержанию внимания маленького ребенка, и дети с удовольствием старались услышать, опознать и повторить фонему. Маленькие дети воспринимали данную методику как увлекательную игру. Фонема «У» соответствовала картинке «волк»; фонема «И»- картинке «мыши»; фонема «А»-картинке «девочка, которая плачет»; фонема «Ш»- картинке «змея»; фонема «С»-картинке «комар»; фонема «Ф»-картинке «еж»; фонема «Х»-картинке «хомяк, который выдыхает воздух»; фонема «М»-картинке «Медвежонок, который ест мед» (Таблица 16).

Дети старше 5 лет могли свободно повторять услышанные фонемы, а дети младше 5 лет повторяли 1 или 2 фонемы и затем отвлекались и теряли интерес. При использовании же ярких картинок маленькие дети показывали картинку или «кидали» яркую фишку-орешек в ячейку, которая соответствовала этой фонеме, и старались повторить фонему в игровой форме (Рисунок 30).



Рисунок 30 — Игровой набор «Метод русских речевых фонем»

Перед использованием данной методики ребенку предъявляют каждый звук по три раза и показывают соответствующую ему картинку, чтобы ребенок запомнил какому звуку какая картинка соответствует. После этого ребенок повторяет услышанные фонемы и показывает соответствующую картинку. Если ребенок слышит этот звук, то он кидает орешек в соответствующую ячейку или выбирает картинку данного звука.

Используя фонемы русской речи у детей во время настройки РП возможно оценить слышимость каждой фонемы, которая соответствует определенному частотному диапазону и отличается от односложных или многосложных слов, предъявляемых при речевой аудиометрии, более «узкой частотной полосой», что позволяет провести коррекцию уровня комфортной и пороговой громкости настроечной карты РП именно в этой частотной области.

В отличие от фонем, слова, применяемые для речевой аудиометрии, состоят из множества фонем и имеют несколько частотных пиков. Так, слово «Поросенок» из русского Речевого материала для речевой аудиометрии у детей имеет множество частотных пиков как в области низких, так в средних и высоких частотах, что

делает процесс «настройки» РП более сложным для понимания «частотной составляющей нераспознанного слова». В отличие от этого Фонема «С» имеет один максимальный пик 6600 Гц (Рисунок 31), в связи с чем именно в этом частотном диапазоне требуется коррекция речевой карты в случае «плохой слышимости» данной фонемы.

Методика осуществляется следующим образом: ребенка располагают на расстоянии 1 метра от откалиброванных колонок и подают фонему громкостью 50 дБ. Если ребенок правильно слышит и повторяет фонему или выбирает правильно соответствующую картинку, то коррекцию в частотный диапазон не вносят. Если же ребенок ошибается и не слышит (не повторяет) фонему, то проводят увеличение комфортной и пороговой громкости, то есть количества электрической энергии на 1 шаг в том частотном канале, который соответствует фонеме. В зависимости от производителя данная единица измерения может отличаться. Затем повторяют предъявление «неуслышанной фонемы» при том же уровне 50 дБ, если ребенок начинает слышать данную фонему, то в дальнейшем увеличения уровня комфортной и пороговой громкости не производят. В дальнейшем осуществляют предъявление данной фонемы при уровне громкости 60 дБ, подтверждая, что ребенок слышит фонему 60 дБ, так как этот уровень соответствует тихой разговорной речи. Далее проводят аналогичные действия со всеми 8 русскими речевыми фонемами, подавая их в случайном порядке. Таким образом, вносятся изменения в настроечную карту РП, а именно увеличивают пороговый и максимальный комфортный уровни громкостей в том диапазоне, который соответствует основной энергии «неуслышанной» фонемы. В случае же появления дискомфорта при прослушивании определенной фонемы проводят уменьшение уровней стимуляции в соответствующем частотном диапазоне. После проведенной настройки РП производят повторное исследование этих же фонем в случайном порядке.

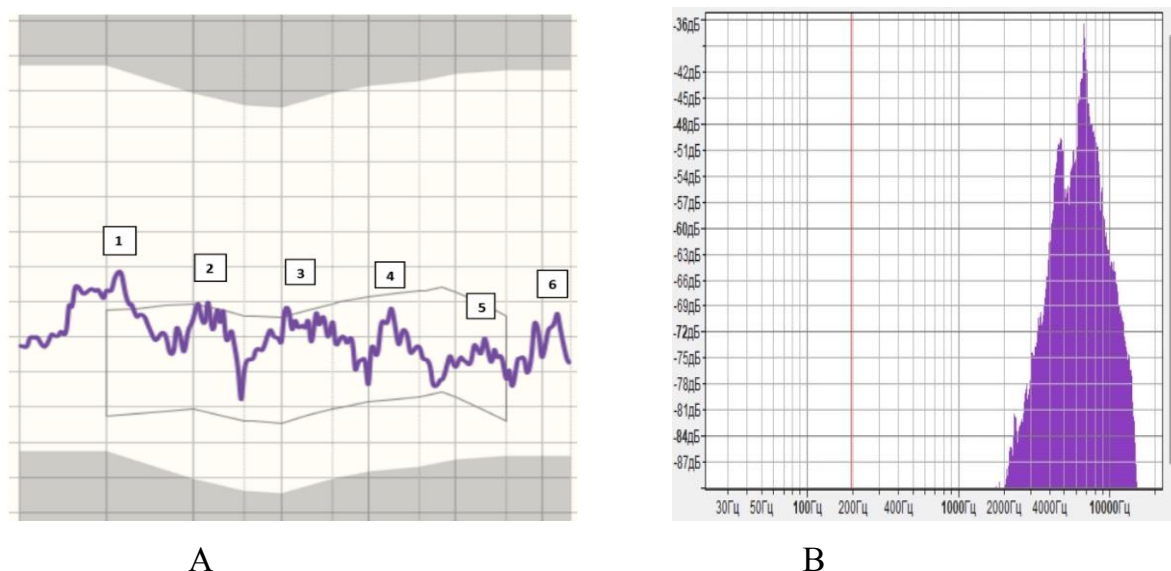


Рисунок 31 — А- Частотный диапазон слова «Поросёнок»:

1-пик №1-низкие частоты; 2-пик №2-средне-низкие частоты; 3-пик №3-средние частоты; 4-пик №4-средне - высокие частоты; 5-пик №5-высокие частоты; 6-пик №6-высокие частоты; В - Частотный диапазон фонемы «С».

Данная методика настройки РП с использованием метода Русских речевых фонем может использоваться для настройки всех производителей систем КИ: Cochlear, Medel, Neurelec, Nurotron, Oticon, Advanced Bionics.

Клинический пример1. Ребенок Д.А., 3 года. Диагноз: Двусторонняя сенсоневральная глухота. Состояние после кохлеарной имплантации справа, процессор Opus 2 (производитель - Medel).

Кохлеарная имплантация проведена в 1 год на правом ухе. На левом ухе использует слуховой аппарат, слышит в нем только низкочастотные звуки, так как имеется обрыв аудиограммы на высоких частотах. Использует процессор КИ более 9 часов в сутки. Пороги тональной пороговой игровой аудиометрии с визуальным подкреплением в процессоре КИ соответствуют первой степени тугоухости.

Со слов мамы, не дает четкой реакции на некоторые тихие звуки и плохо реагирует на речевые шипящие звуки, проглатывает окончания слов, несмотря на интенсивные занятия с сурдопедагогом. Ребенок использует первую (P1) основную программу РП.

Ребенку до настройки РП была проведена диагностика с использованием русских речевых фонем. Во время диагностики ребенок не давал четкой реакции на шипящие звуки С и Ш при уровне 50 дБ, также путал картинки при подаче данных фонем через колонки. Далее была проведена коррекция настроечной карты речевого процессора в тех каналах, которые соответствовали фонеме «С» - 10,11 и 12 электроды и фонеме «Ш» - 8,9 электроды, на данных электродах проведено увеличение порогов стимуляции на 1 шаг, что увеличило пороги максимальной комфортной громкости на 0.3 qu на данных электродах.

Затем была проведена повторная диагностика русских речевых фонем по предложенной методике с использованием картинок, интересных для ребенка. После проведенной корректировки ребенок начал дифференцировать и различать ранее не распознанные фонемы, начал их определять как при уровне 50 дБ, так и при повторной подаче фонем при уровне 60 дБ. При тестировании у ребенка отсутствовал дискомфорт.

При повторных консультациях через 3 и 6 месяцев ребенок свободно распознавал все звуки, четко указывал на соответствующую звуку картинку. Мама ребенка также отметила хороший результат, ребенок стал слышать тихие звуки, сурдопедагог отметила положительную динамику.

Клинический пример 2. Ребенок М.Т., 7 лет. Диагноз: Двусторонняя нейросенсорная глухота. Состояние после кохлеарной имплантации справа, Naida Q90 (производитель- Advanced Bionics).

Кохлеарная имплантация проведена справа в 1,3 года. Использует процессор КИ более 12,5 часов в сутки. Пороги тональной пороговой игровой аудиометрии в свободном звуковом поле в процессоре КИ не превышали 30 дБ.

Речь ребенка развита хорошо, ребенок посещает массовое школьное учреждение. При использовании процессора КИ дискомфорта в тишине нет, разборчивость речи в тишине при интенсивности звука 65 дБ при использовании односложных слов 60%, многосложных слов - 70%. Родители ребенка предъявляют жалобы на плохую разборчивость речи в шуме, ребенок снимает процессор в

шумном помещении и на улице. Ребенок постоянно использует пятую (P5) программу РП, на других программах испытывает дискомфорт.

Была проведена диагностика настроечной карты (P5) с использованием предложенной нами методики русских речевых фонем. Во время диагностики звуками 50 дБ и 60 дБ мальчик давал четкую реакцию на шесть речевых фонем: «И», «А», «Х», «Ф», «У» и «М», при распознавании данных фонем дискомфорта не было. При предъявлении фонемы «С» ребенок распознал данный звук, но испытал дискомфорт и зажмурился. Однако, при предъявлении фонемы «Ш» с интенсивностью 60 дБ ребенок испугался, испытал дискомфорт и снял речевой процессор с уха.

При проведении речевой аудиометрии в тишине и шуме разборчивость речи была ниже 70%. В связи с дискомфортом при предъявлении фонем «С» (основная энергия в диапазоне от 4000 до 10000 Гц, наивысшая точка - 6600 Гц) и «Ш» (основная энергия в диапазоне от 1200 до 5000 Гц, наивысшая точка – 2800 Гц) был сделан вывод о чрезмерной стимуляции в области 16, 12 и 13 электродов.

Для уменьшения дискомфорта на данных электродах было проведено уменьшение уровня комфортной и пороговой громкости на 1 шаг (1 СУ) в 16-м, 12-м и 13-м каналах, так как они соответствовали дискомфортной области. После этого дискомфорт при предъявлении фонемы «С» не наблюдался, а на фонему «Ш» стал меньше, ребенок перестал снимать процессор при предъявлении звука «Ш».

Затем было проведено уменьшение уровня комфортной и пороговой громкости еще на 1 шаг (1 СУ) в 12-м и 13-м каналах, которые соответствовал фонеме «Ш». При повторном проведении речевой аудиометрии после коррекции настроечной карты в тишине и шуме разборчивость речи улучшилась.

При использовании процессора КИ дискомфорта в тишине и шуме не наблюдалось, разборчивость речи в тишине при интенсивности звука 65 дБ при использовании односложных слов увеличилась до 80%, а многосложных слов до 90%. В шуме разборчивость речи при интенсивности звука 65 дБ при использовании односложных слов составила 70%, а многосложных слов - 90%. При повторных консультациях через 1, 2 и 3 месяца ребенок свободно распознавал все

фонемы русской речи без дискомфорта, ребенок перестал снимать процессор на улице и в шумной обстановке.

Из 29 детей, которые не смогли выполнить тесты речевой аудиометрии, в дальнейшем 27 детей смогли выполнить тест распознавания русских речевых фонем. 2 ребенка не смогли выполнить ни тест речевых фонем, ни речевые тесты, в связи с чем настройки РП были сделаны с использованием только объективных тестов (ЕСАР и регистрация контрлатерального стапедиального рефлекса).

Таким образом, у 100 детей (98,04%) нашей группы исследования получилось получить «обратную» связь от ребенка и выполнить индивидуальную настройку РП с использованием психоакустических тестов (речевой аудиометрии, игровой аудиометрии, аудиометрии с визуальным подкреплением или используя тест русских речевых фонем), лишь 2 ребенка не смогли выполнить психоакустические тесты и единственным инструментом для выбора параметров РП у них были методы с использованием объективных тестов. Среднее количество распознанных фонем до и после настройки РП с использованием предложенного нами Теста Русских речевых фонем отражено в Таблице 17.

Таблица 17 — Среднее количество распознанных фонем до и после настройки РП с использованием Теста Русских речевых фонем. (n=27 детей; 31 ухо, средний возраст $5,91 \pm 3,33$)

Интенсивность предъявляемого стимула, дБ	Среднее количество распознанных фонем, $M \pm SD$		p
	До настройки	После настройки с использованием Теста Русских речевых фонем	
50дБ	$4,52 \pm 1,06$	$6,03 \pm 0,95$	$<0,05$
60 дБ	$5,39 \pm 1,17$	$7,32 \pm 0,79$	$<0,05$

Как следует из Таблицы 17, использование предложенного нами теста Русских речевых фонем (патент № RU2851159 С1 от 19.11.2025 г.) для настройки

процессора КИ достоверно увеличило количество распознанных фонем в исследуемой группе детей, что свидетельствовала о лучшей слышимости звуков разного частотного диапазона.

Преимущества разработанного нами способа настройки РП с использованием теста Русских речевых фонем следующие:

- метод может использоваться у маленьких детей, которые не могут выполнить речевую аудиометрию: методика более простая, чем повтор слов Русского речевого материала;

- методика может проводиться в игровой форме с использованием картинок-ассоциаций предъявляемых фонем и может использоваться у детей с сопутствующей патологией, задержкой речевого развития, а также при низком словарном запасе и в случаях «позднего проведения КИ»;

- данная методика индивидуализирует выбор параметров стимуляции процессора КИ и полностью адаптирована для русскоговорящих детей;

- предлагаемый метод позволяет оценить характеристики настроечной карты РП и, в случае необходимости, внести индивидуальную корректировку в настроечную карту рабочей программы процессора именно в той частотной зоне, которая соответствует конкретному предъявляемому звуку, который не расслышал ребенок;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимальный выбор параметров речевой карты процессора КИ, то есть настройка РП является ключевым фактором эффективной реабилитации ребенка, который перенес операцию по вживлению электродов в улитку, то есть КИ. От качества проведенной хирургической операции и последующей настройки речевого процессора зависит как ребенок будет слышать в послеоперационном периоде. В конечном итоге от этого зависит дальнейшая реабилитация и слухоречевое развитие пациента. Выбранные параметры электрической стимуляции РП определяют комфортность восприятия речевых и неречевых звуков. Важнейшим параметром эффективной настройки процессора КИ является разборчивость речи. В связи с этим разработка и создание методик оптимального выбора параметров речевой карты процессора КИ и усовершенствование алгоритмов настройки РП являются актуальными задачами современной оториноларингологии и сурдологии.

Проведенное нами клиническое обследование целевой группы детей ($n=102$) среднего возраста 7,0 лет [5,0; 9,75] с двусторонней нейросенсорной тугоухостью IV степени и глухотой, проживающих в различных регионах РФ, перенесших КИ, показало, что преобладает моноауральная кохлеарная имплантация и использование системы КИ на 1 ухе – у 60,8% детей. Бинауральная КИ была проведена лишь 39,2 % детей, хотя многочисленные исследования в области аудиологии доказывают, что дети, перенесшие двустороннюю КИ, показывают значительно лучшие результаты тестов по локализации звуков и восприятию речи в тишине и шуме, а также по пониманию и воспроизведению речи, чем дети с односторонней КИ. Бимодальное использование системы КИ, то есть процессор КИ на одном ухе и СА - на противоположном использовали лишь 16% детей. Таким образом, одним из направлений улучшения сурдологической помощи детям с нейросенсорной тугоухостью IV степени и глухотой является увеличение количества операций и использование бинауральной стимуляции.

На примере нашей целевой группы детей после КИ средний возраст ребенка при проведении операции составил $Me=30,50$ мес. $[21,00; 48,00]$ или $Me=2,54$ года $[1,75; 4,00]$. Однако, «золотой» современный временной стандарт ранней помощи детям с нарушением слуха - «1 мес.-3 мес. -6 мес.», то есть выявление детей с подозрением на наличие тугоухости до 1 месяца жизни, диагностику тугоухости до 3 месяцев и начало реабилитационных мероприятий в 6 месяцев жизни ребенка. Следовательно, еще одним направлением усовершенствования помощи детям с нарушением слуха является внедрение системы ранней помощи детям с диагностикой тугоухости до 3 месяцев жизни и ранним началом реабилитационных мероприятий до 6 месяцев.

Анализ анамнестических данных в группе 102 детей с глубоким нарушением слуха, перенесших КИ, показал, что 19,61% детей родились недоношенными или переношенными; 68,63% детей имели различную патологию в антенатальный, интранатальный или неонатальный периоды; в 48% случаев дети имели сопутствующую патологию других органов и систем. Экстремально ранние преждевременные роды (ПР) в срок от 22-27 недель беременности были в 6,86% случаев, в этой группе средняя масса тела детей при рождении составила $860,29 \pm 41,90$ гр. Отягощенную наследственность по тугоухости имели 21,57% детей.

Опрос родителей имплантированных детей ($n=102$) показал, что родители 70,59% детей имели низкую осведомленность об аудиологическом скрининге слуха, факторах риска и профилактики тугоухости. Средний возраст ребенка на момент выявления тугоухости составил $Me=1,38$ года $[0,50; 2,50]$. Не пользовались СА до операции и не имели информированности о положительном эффекте дооперационного использования СА и важности дооперационной реабилитации на развитие слухоречевых навыков 19,61% детей. В связи с этим улучшение информационной помощи родителям и родственникам детей с тугоухостью и глухотой является актуальной задачей современной сурдологии.

Проведенное нами исследование показало, что дети группы исследования «настраивались» с использованием разных методов настройки в медицинских учреждениях разными специалистами и нами не было выявлено единых подходов

и стандартов при выборе параметров стимуляции речевой карты процессора КИ. Согласно собранного анамнеза, у 92,2% детей во время настроек РП или сразу после проводилось тестирование ребенка с участием сурдопедагога или логопеда; 63,3% родителей отметили, что во время или после настройки РП ребенку выполнялась тональная аудиометрия в свободном звуковом поле; тестирование «живой» разговорной и шепотной речью во время настройки РП отметили родители 47,8% родителей детей. Анамнестический опрос родителей детей после КИ показал нам, что методы речевой аудиометрии и методы анкетирования с помощью специально-разработанных Анкет - опросников перед, во время или после настройки РП используются редко при выборе параметров РП систем КИ. Так, лишь 2,2% родителей отметили использование тестов «распознавания слов», предъявленных через колонки, то есть проведение теста речевой аудиометрии. Причем 4,4 % родителей считали, что во время настройки использовалась речевая аудиометрия, однако родители не смогли представить протокол исследования и описать методику. В 14,4% случаев родители ребенка отметили, что перед или после настройки РП специалисты проводили опрос с заполнением Анкет, однако большинство родителей (85,6%) затруднялись ответить на этот вопрос или указывали на отсутствие анкетирования.

Таким образом, при опросе родителей имплантированных детей, мы обратили внимание на то, что нет стандартного подхода к выбору и оценке параметров стимуляции РП КИ, у большинства детей имеется опыт настройки РП в различных Центрах, у более, чем 2-х специалистов, методы речевой аудиометрии и анкетирования достаточно редко используются во время настроек РП. Современные клинические рекомендации также не содержат стандартизированных подходов и алгоритмов выбора параметров РП у детей. Родители недостаточно проинформированы о методах оценки качества настроек РП и исследования способности слышать в домашних условиях.

Мы выявили при проведении измерений телеметрии электродов у имплантированных детей исследуемой группы неоднородность показателей межэлектродного сопротивления у разных детей и на разных электродах. У детей

имелась тенденция более высоких значений показателей телеметрии импланта (импеданса) на апикальных и базальных электродах в сравнении со средней зоной электродной решетки. В некоторых случаях у одного и того же ребенка на правом и левом ухе, несмотря на одинаковую систему КИ, показатели импеданса были разнообразными и значительно отличались.

В работах Swaddiwudhipong, Chen Jiang (2021) авторы описали более высокие показатели импеданса в апикальной части электродной решетки по сравнению с ее базальной частью [166]. Neutink F. С соавт. (2022) констатируют, что изменения импеданса связаны с формированием новой костной ткани во внутреннем ухе. По их данным КИ может вызывать воспаление, фиброз и образование новой костной ткани, что может привести к потере остаточного слуха. В их исследовании приняли участие 123 человека после КИ. Новая костная ткань была обнаружена у 83 из 123 участников (68 %) в 466 из 2706 контактов электродов (17%). Образование новой костной ткани после КИ авторы обнаружили с помощью компьютерной томографии сверхвысокого пространственного разрешения. Авторы сделали вывод, что у большинства пациентов с КИ образуется новая костная ткань преимущественно в основании улитки и она негативно влияет на межэлектродное сопротивление и сохранение остаточного слуха [143].

Таким образом, данные телеметрии импланта с регистрацией межэлектродного сопротивления носят индивидуальный характер на каждом ухе и зависят от многих факторов, в том числе, от особенностей строения внутреннего уха, особенностей проведения самой операции и введения электродов, выраженности послеоперационного воспаления в ответ на наличие инородного тела в улитке (электродной решетки), послеоперационного фиброза и образования новой костной ткани в улитке, от типа электродной решетки, а также от количества часов использования РП в день.

Функция регистрации среднего времени использования РП в сутки Datalogging является прекрасным инструментом, который позволяет проанализировать приверженность к использованию системы КИ, скорректировать реабилитационный процесс и проконсультировать родителей ребенка.

Анализ результатов регистрации телеметрии нервного ответа ЭПД (ЕСАР) в нашей группе исследования показал, что его пороги находятся в диапазоне между пороговым и комфортным уровнями стимуляции (T-level и MCL) речевой карты процессора, при этом показатели ЕСАР неоднородны на разных электродах. Неоднородность и «разброс» показателей ЕСАР наблюдались практически на всех электродах и у всех производителей систем КИ.

Многочисленные научные исследования констатируют, что помимо объективных тестов, поведенческие психоакустические тесты должны быть обязательными для получения оптимальных настроечных карт РП КИ.

Методы тональной пороговой, игровой аудиометрии и аудиометрии с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле позволили нам оценить пороги слуха ребенка в процессоре КИ и дали возможность внести коррекцию в речевую карту с целью улучшения слышимости определенных частот. Выработка условно-двигательной реакции на звук со зрительным подкреплением (VRA тест) позволила оценить слух в речевом диапазоне у «имплантированных» детей, которые не выполняют тест пороговой аудиометрии и позволили получить «обратную связь» от ребенка. Таким образом, аудиометрия с визуальным подкреплением (VRA - Visual Reinforcement Audiometry) является простым инструментом субъективной оценки порогов слуха в речевом диапазоне частот при использовании РП у детей с различными системами КИ. Метод может применяться у маленьких детей до 2-3 лет и у более старших детей, которые отстают от своих сверстников в развитии речи и имеют небольшой слуховой опыт и словарный запас.

Метод речевой аудиометрии в свободном поле в тишине и шуме является быстрым стандартизированным тестом у детей с хорошим речевым развитием. Использование предложенного нами метода выбора параметров стимуляции РП с использованием речевой аудиометрии в тишине и шуме (патент RU 2829687 C1 от 26.03.2024 г. «Способ настройки речевого процессора кохлеарного импланта») позволило достоверно улучшить разборчивость речи детей с КИ. Улучшение разборчивости речи составило: при использовании односложных слов в тишине с

70,28±15,60 % до 78,53±13,53% ($p<0,05$); при использовании разносложных слов в тишине с 74,86±16,02% до 83,30±14,47% ($p<0,05$); при использовании односложных слов в шуме с 72,57±13,01% до 78,07±11,66% ($p<0,05$); при использовании разносложных слов в шуме с 77,06±13,83% до 84,40 ±12,80% ($p<0,05$). Мы считаем, что данный метод наряду с такими методами, как телеметрия нервного ответа, регистрация мышечного рефлекса стременной мышцы, тональная пороговая аудиометрия в свободном поле, поведенческое тестирование, должен включаться в линейку тестов при настройке РП. Предложенная методика выбора параметров стимуляции РП, а именно выбора конфигурации основной рабочей карты РП с использованием речевой аудиометрии позволяет достоверно улучшить уровень разборчивости речи в тишине ($p<0,05$) и в шуме ($p<0,05$) как при использовании односложных, так и разносложных слов. Опрос родителей имплантированных детей показал достаточно редкое использование данного теста при настройке РП (2,2%). Недостатком данного метода является невозможность его использования в группе детей с задержкой речевого развития, с тяжелой сопутствующей патологией, которые не могут выполнить речевые тесты. Кроме того, использование данного метода ограничено у маленьких детей до 3-4 лет и детей с низким развитием речи. Такие дети испытывают трудности в понимании и распознавании слов, и даже при подкреплении картинкой каждого слова и проведении теста «закрытым» выбором в игровой форме данная категория детей в силу низкого словарного запаса не может выполнить речевые тесты.

В нашей группе наблюдения из 102 детей (средний возраст $7,54 \pm 0,33$) 71,57% детей смогли выполнить речевую аудиометрию «открытым» или «закрытым выбором», а 28,43% детей не смогли выполнить тесты речевой аудиометрии в тишине и шуме в силу маленького возраста до 3-4 лет, низкого словарного запаса, недоразвития речи, сопутствующей патологии (энцефалопатия, ДЦП, неврологические расстройства и др.). Для данной категории детей нами предложена собственная методика настройки речевых процессоров КИ – патент № RU2851159 С1 от 19.11.2025 г. «Способ выбора параметров речевой карты кохлеарного импланта методом русских речевых фонем». Прототипом метода

выбран способ диагностики порогов слуха с использованием звуков «Ling Six Check». В России метод идентификации фонем не использовался для настройки процессоров КИ, так как русскоязычной версии не представлено, а частотная составляющая английских звуков отличается от русскоязычных звуков. Однако, за рубежом имеются работы по использованию данных фонем «Ling Six» при настройке процессоров КИ.

Используя 8 предложенных нами фонем русской речи у детей во время настройки РП возможно оценить слышимость каждой фонемы, которая соответствует определенному частотному диапазону и отличается от односложных или многосложных слов, предъявляемых при речевой аудиометрии, более «узкой частотной полосой», что позволяет провести коррекцию уровня комфортной и пороговой громкости настроечной карты РП именно в этой частотной области.

Использование предложенного нами теста Русских речевых фонем (патент № RU2851159 С1 от 19.11.2025 г.) для настройки процессора КИ достоверно увеличило количество распознанных фонем в исследуемой группе детей: при интенсивности предъявляемого стимула 50 дБ с $4,52 \pm 1,06$ до $6,03 \pm 0,95$ ($p < 0,05$), а при интенсивности предъявляемого стимула 60 дБ с $5,39 \pm 1,17$ до $7,32 \pm 0,79$ ($p < 0,05$). Это привело к достоверно лучшей слышимости звуков речевого диапазона.

Преимуществами разработанного способа настройки РП с использованием теста Русских речевых фонем являются: возможность использования метода у маленьких детей и детей с отставанием в речевом развитии, проведение методики в игровой форме с использованием картинок-ассоциаций предъявляемых фонем, что делает процесс настройки РП интересным для ребенка и позволяет получить «обратную связь» от имплантированного пациента с пониманием уровня слышимости в речевом диапазоне частот, соответствующем фонеме, методика может использоваться у детей с сопутствующей патологией или при низком словарном запасе и в случаях «позднего проведения КИ», методика полностью адаптирована для русскоговорящих детей, методика позволяет внести индивидуальную персонифицированную коррекцию в настроечную карту рабочей

программы РП системы КИ. Данная методика настройки РП с использованием метода Русских речевых фонем может использоваться для настройки всех производителей систем КИ: Cochlear, Medel, Neurelec, Nurotron, Oticon, Advanced Bionics.

В результате проведенного нами исследования у 98,04% детей получилось получить «обратную» связь от ребенка и выполнить индивидуальную настройку РП с использованием психоакустических тестов: речевой аудиометрии, игровой аудиометрии, аудиометрии с визуальным подкреплением или используя тест русских речевых фонем. Нами был разработан алгоритм выбора параметров речевого процессора КИ. Лишь 2 ребенка не смогли выполнить психоакустические тесты и единственным инструментом для выбора параметров РП у них были методы с использованием объективных тестов.

Таким образом, использование собственных методик психоакустических методов выбора параметров РП у детей после КИ способствовало индивидуализации настроек, достоверно улучшало разборчивость речи и увеличивало распознавание фонем речевого диапазона. Методики позволяют оценить слышимость различных слов и фонем в игровой форме, что делает процесс настройки РП систем КИ увлекательным и интересным для ребенка.

Опрос родителей имплантированных детей показал, что оценка эффективности, проведенной КИ с использованием специальных валидированных анкет опросников редко используется в клинической практике. Применение анкет - опросников PEACH (Оценка родителями слуховых и речевых способностей детей) и MUSS (Шкала значимого использования речи) в нашей группе исследования показало клиническую эффективность. Данные анкеты-опросники удобно использовать в реабилитационном процессе. Шкала Значимого Использования речи (MUSS) является простым инструментом оценки развития устной речи у имплантированных детей, которую удобно применять при реабилитационных сессиях. Результаты анкетирования детей после КИ по 5 категориям опросника MUSS показали хорошие результаты по 4 категориям, однако в 5 категории (оценка устного разъяснения и объяснения) мы выявили

статистически значимое отличие ($p < 0,05$) между группами моно- и бинаурального использования системы КИ: в категории устного разъяснения и объяснения Анкеты MUSS дети, использующие 2 КИ показали достоверно лучшие результаты анкетирования, чем дети, которые использовали 1 КИ. Дневник наблюдений PEACH наглядно показывает и оценивает слухоречевое развитие имплантированного ребенка и позволяет сравнить его со здоровыми детьми.

На основании предложенных нами психоакустических методик настройки РП систем КИ мы разработали Алгоритм выбора параметров речевой карты процессора КИ (Рисунок 32).

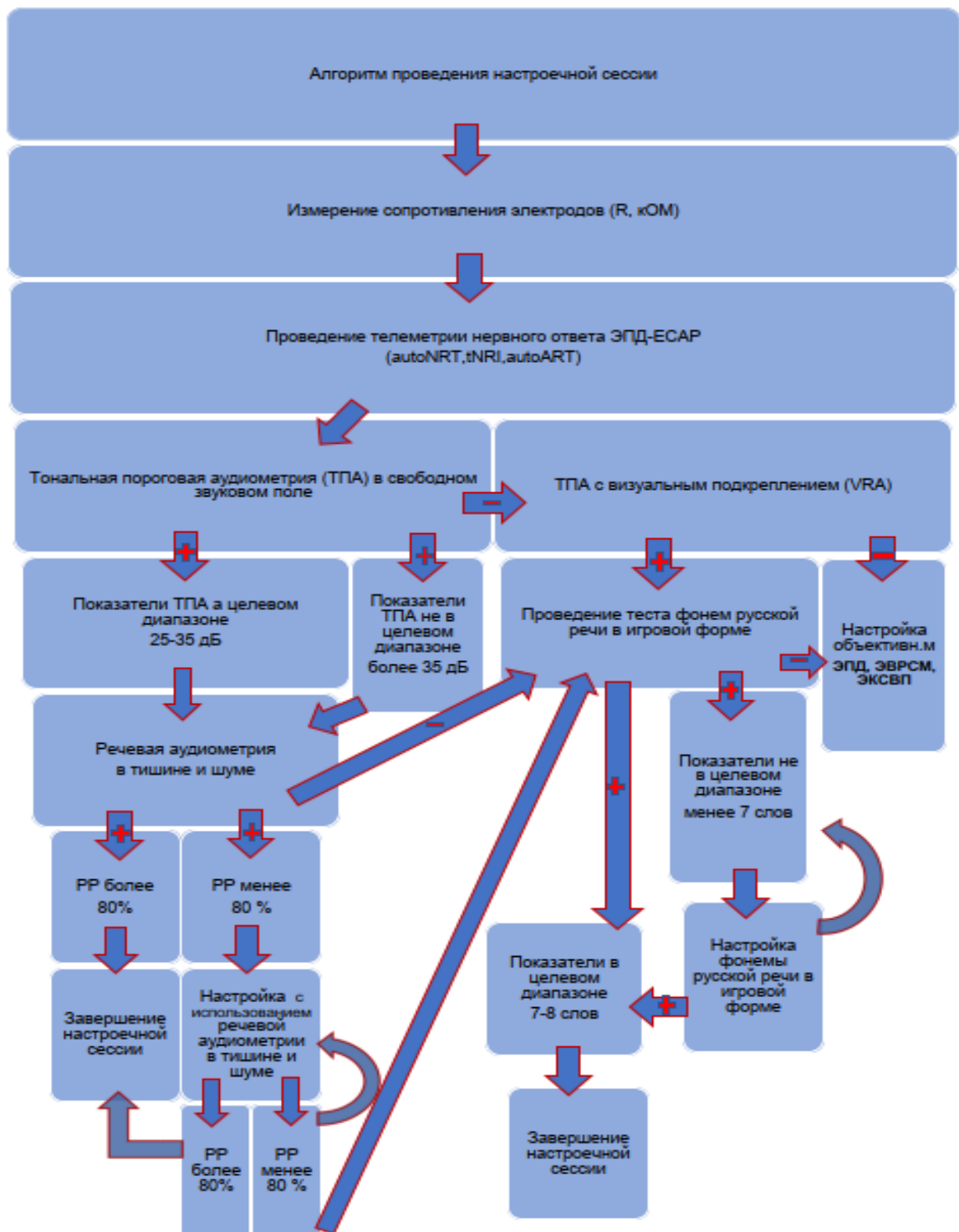


Рисунок 32 — Алгоритм выбора параметров речевой карты процессора КИ.

Данный алгоритм стандартизирует методики настройки процессора КИ, опирается на электрофизиологические и психоакустические методики выбора параметров речевой карты, а также оценивает не только слышимость звуков, но и наиболее важный показатель - разборчивость речи.

ВЫВОДЫ

1. Разработанный метод выбора параметров стимуляции РП с использованием речевой аудиометрии в тишине и шуме позволил достоверно улучшить разборчивость речи у детей. Использование теста Русских речевых фонем для настройки процессора КИ у детей с недостаточным развитием речи и низким словарным запасом достоверно увеличило количество распознанных фонем и привело к лучшей слышимости звуков речевого диапазона.

2. Проведенное обследование целевой группы детей с двусторонней НСТ IV степени и глухотой, проживающих в различных регионах РФ, перенесших КИ, показало, что в клинической практике не используются стандартизированные подходы к выбору параметров стимуляции речевого процессора КИ. Наиболее часто во время настройки РП в типичной практике сурдолога использовались: тестирование ребенка с участием сурдопедагога или логопеда – у 92,2% детей; тональная пороговая аудиометрия в свободном звуковом поле – у 63,3%; тестирование разговорной и шепотной речью – у 47,8% детей. Метод речевой аудиометрии перед, во время или после настройки РП использовался достаточно редко для коррекции параметров РП систем КИ – у 2,2% детей.

3. Телеметрия импланта с регистрацией межэлектродного сопротивления (R) показала, что пороги регистрации ЕСАР находились в диапазоне между пороговым и комфортным уровнями стимуляции речевой карты процессора, имелась тенденция более высоких значений показателей импеданса на апикальных и базальных электродах в сравнении со средней зоной электродной решетки. Показатели ЕСАР были неоднородны и индивидуальны на разных электродах у всех производителей систем КИ. Корреляция порогов ЕСАР с пороговыми уровнями речевой карты (T-level) была в большинстве случаев слабой и умеренной. При изучении корреляции порогов ЕСАР с комфортными уровнями речевой карты (MCL), в большинстве случаев также была выявлена слабая и умеренная корреляционная связь, на некоторых электродах связь отсутствовала, а на

единичных - была заметной, сильной связи не было выявлено ни на одном электроде, в связи с чем использование только порогов ЕСАР при программировании РП недостаточно, необходимо дополнительно использовать результаты психоакустических тестов.

4. Метод тональной пороговой игровой аудиометрии в свободном звуковом поле позволяет внести коррекцию в речевую карту с целью улучшения слышимости определенных частот. Тональная пороговая аудиометрия с визуальным подкреплением (VRA -Visual Reinforcement Audiometry) в свободном звуковом поле является простым инструментом субъективной оценки порогов слуха в речевом диапазоне частот при использовании РП у маленьких детей до 2-3 лет и у детей, которые отстают от сверстников в развитии речи, имеют небольшой слуховой опыт и словарный запас и не могут выполнить игровую аудиометрию.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Психоакустические тесты: тональную пороговую и игровую аудиометрию в свободном звуковом поле рекомендовано применять для оценки порогов слуха ребенка в процессоре КИ и внесения коррекции в речевую карту с целью улучшения слышимости определенных частот. Рекомендовано использовать комплексный подход к выбору параметров РП с применением объективных электрофизиологических и субъективных психоакустических тестов, что индивидуализирует и персонифицирует настроечную карту РП системы КИ, приводя к хорошим результатам слухоречевого развития ребенка.
2. У маленьких детей до 2-3 лет и у детей, которые отстают от своих сверстников в развитии речи, а также имеют небольшой слуховой опыт и словарный запас и не могут выполнить игровую аудиометрию, рекомендовано использовать тональную пороговую аудиометрию в свободном звуковом поле с выработкой визуального подкрепления (ТПА ВП СЗП; VRA -Visual Reinforcement Audiometry). Данный метод является простым инструментом для коррекции настроечной карты у маленьких детей.
3. У детей с хорошим речевым развитием для улучшения разборчивости речи при использовании процессора КИ рекомендовано применять разработанный «Способ настройки речевого процессора КИ» с использованием речевой аудиометрии в тишине и шуме.
4. У детей с недостаточным развитием речи и низким словарным запасом для настройки процессора КИ рекомендовано применять «Способ выбора параметров речевой карты КИ методом русских речевых фонем» в игровой форме, что приводит к лучшей слышимости звуков речевого диапазона.
5. Рекомендовано использовать предложенный алгоритм, который позволяет добиться оптимальной настройки РП у детей разного возраста и приводит к улучшению разборчивости речи у детей после КИ, улучшая слухоречевое развитие.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

дБ – децибел

дБ нПс – децибел над нормальным порогом слуха

ЭПД - электрически вызванный потенциал действия слухового нерва

КИ – кохлеарная имплантация

ТПА – тональная пороговая аудиометрия

РП – речевой процессор

ТНО - Телеметрии Нервного Ответа

ЕСАР – evoked compound action potentials - электрически вызванный потенциал действия слухового нерва

СЗП – свободное звуковое поле

MCL – Most Comfortable Level - максимально комфортный уровень стимуляции

МКУ- уровень максимально комфортной громкости (MCL, М-уровень)

CL – Comfortable Level – уровень комфортной стимуляции

ТПА ВП СЗП -тональная пороговая аудиометрия с визуальным подкреплением в свободном звуковом поле;

VRA -visual reinforcement audiometry

РР-разборчивость речи

НСТ- нейросенсорная тугоухость

ЭКСВП - электрически вызванные коротколатентные слуховые потенциалы (ЭКСВП)

эВСП - электрически вызванные стапедиальные рефлексы

ПУ - пороговый уровень

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулкеримов, Х. Т. Воздействие повышенного уровня акустической нагрузки на функциональное состояние слухового анализатора молодых людей при использовании аудиоплееров. Направления развития предупреждающих и корректирующих мероприятий / Х.Т. Абдулкеримов, К. И. Карташова, З. Х. Абдулкеримов и др // Современная медицина. — 2019 — № 3 — С. 115–117.
2. Арефьева, Н. А. Нарушения слуха у детей, возможности диагностики и реабилитации. / Н. А. Арефьева, Е. Е. Савельева // Медицинский совет. — 2014. — № 3. — С. 51–54. — <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2014-3-51-54>.
3. Артюшкин, С. А. Нарушения слуха у детей – региональные эпидемиологические исследования / С. А. Артюшкин, И. В. Королева, М. В. Крейсман, Г. Ш. Туфатулин // Российская оториноларингология. — 2021. — 20(2). — 21–31. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-2-21-31>.
4. Бахшинян, В. В. Современные тенденции и перспективы применения метода телеметрии нервного ответа в реабилитации пациентов после кохлеарной имплантации / В.В Бахшинян // Вестник оториноларингологии. — 2014. — 2. — 21–25. — <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2014/2/030042-4668201425>.
5. Бобошко, М. Ю. Практическая сурдология / М. Ю. Бобошко, И. В. Савенко, Е. С. Гарбарук, С. Г. Журавский, Н. В. Мальцева, И. П. Бердникова // СПб.: Диалог. — 2021. — 420 с. — ISBN 978-5-8469-0154-4.
6. Бобошко, М. Ю. Речевая аудиометрия в клинической практике / М. Ю. Бобошко, Е. И. Риехакайнен // СПб.: Издательство Диалог. — 2019.
7. Бобошко, М. Ю. Сенсоневральная тугоухость у детей: клин. Рекомендации / М. Ю. Бобошко, Е. С. Гарбарук, Т. Н. Маркова, Г. А. Таварткиладзе, Е. Р. Цыганкова, С. М. Чибисова // СПб. — 2016. — 29 с.
8. Богомилский, М. Р. Методика обследования детей раннего возраста с сочетанной патологией носоглотки и среднего уха / М. Р. Богомилский, Я. М. Сапожников, И. В. Рахманова, М. М. Полунин // М.: Медицинская технология. —

2010. — 28 с.

9. Богомильский, М. Р. Социальная значимость аудиологического обследования детей с задержкой речевого развития / М. Р. Богомильский и др. // Практика педиатра. — 2020. — №. 4. — С. 33–38.

10. Богомильский, М. Р. Болезни уха, горла, носа в детском возрасте: национальное руководство / М.Р. Богомильский. — ГЭОТАР-Медиа. —2021. — 1010 с. — ISBN978-5-9704-6140-2

11. Богомильский, М.Р. Динамика созревания слуховой функции у недоношенных новорожденных по данным вызванной отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения / М.Р. Богомильский, И.В. Рахманова, Я.М. Сапожников, А.А. Лазаревич / Вестник оториноларингологии. — 2008. — № 3. — С. 4-7

12. Ваганов, П.Д. Периоды детского возраста / П.Д. Ваганов Э.Ю., Яновская, Э.Т. Манджиева // Российский медицинский журнал. — 2018. — 24(4). — 185-190. — DOI <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2106-2018-24-4-185-190>

13. Владимирова, Т. Ю. Хроническая сенсоневральная тугоухость в структуре заболеваний взрослого населения Самарской области / Т. Ю. Владимирова, Л. А. Барышевская, А. Б. Мартынова // Российская оториноларингология. — 2020. — 19(6). — 23–29. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-6-23-29>

14. Володин, Н.Н. Выявление патологии органа слуха в системе медицинского обеспечения детей раннего возраста / Н.Н. Володин, Г.А. Таварткиладзе, Ю.В. Козунь // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2000. — №5. — С.20-24.

15. Володина, Н.Н. Методика аудиологического обследования недоношенных детей различного гестационного возраста методом регистрации вызванной отоакустической эмиссии / Н.Н Володина // М.: РГМУ под ред. М.Р. Богомильского. —2010. —32 с.

16. Гарбарук, Е. С. Применение русскоязычной версии матриксного фразового теста у детей / Е. С. Гарбарук, М. В. Гойхбург, А. Важибок и др. // Вестник оториноларингологии. — 2020. — Т. 85. — № 1. — С. 34-39. — DOI

10.17116/otorino20208501134. - EDN NCІKРQ.

17. Гарбарук, Е.С. Аудиологический скрининг глубоконедоношенных детей методом задержанной вызванной отоакустической эмиссии / Е.С. Гарбарук // Российская оториноларингология. 2005. — № 1. — С. 47-50.

18. Гарбарук, Е.С. Сенсоневральная тугоухость и слуховая нейропатия у недоношенных детей / Е.С. Гарбарук, И.В. Калмыкова, Е.А. Вершинина // Российская оториноларингология. — 2008. — № 1 (Прил.). — С. 228-232.

19. Гнездицкий, В.В. Атлас по вызванным потенциалам мозга (практическое руководство, основанное на анализе конкретных клинических наблюдений) / В.В. Гнездицкий, О. С. Корепина // Иваново: ПресСто. — 2011. — 532 с.

20. Гойхбург М. В. Психоакустические и электрофизиологические показатели у пациентов после КИ / М. В. Гойхбург, В. В. Бахшиян, В. В. Жеренкова, Т. И. Чугунова, Г. А. Таварткиладзе // Сенсорные системы. — 2020. — 2(34). — 107–116. — DOI: 10.31857/s0235009220020031.

21. Гойхбург, М. В. Кохлеарная имплантация у пациента с длительной слуховой депривацией / М. В. Гойхбург, В. В. Бахшиян, М. Р. Лалаянц и др. // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. — 2021. — Т. 27, № 4. — С. 81–88. — DOI 10.33848/foliorl23103825-2021-27-4-81-88. – EDN FJXFUB.

22. Гойхбург, М. В. Отдаленные результаты слухоречевой реабилитации у пациентов после кохлеарной имплантации: специальность 14.01.03 "Болезни уха, горла и носа" : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Гойхбург Марина Валерьевна. — Москва, 2017. — 156 с. — EDN GSLPEX.

23. Гойхбург, М. В. Русскоязычная версия матричного фразового теста RUMatrix в свободном звуковом поле у пациентов после кохлеарной имплантации / М. В. Гойхбург, В. В. Бахшиян, И. П. Петрова и др. // Вестник оториноларингологии. — 2016. — Т. 81. — № 6. — С. 42–46. — DOI 10.17116/otorino201681642-46. — EDN XVOWHR.

24. Голованова, Л. Е. Моно- и бинауральное слухопротезирование в реабилитации взрослых пациентов с тугоухостью / Л.Е. Голованова, Е.А. Огородникова, М.Ю. Бобошко // Вестник оториноларингологии. — 2018. — 83(3).

— 29–32. — DOI: 10.17116/otorino201883329.

25. Гребенюк, М. В. Сравнительный анализ аудиологических параметров у детей с заболеваниями спектра аудиторных нейропатий с различной этиологией / М. В. Гребенюк, Л. И. Ильенко, А. С. Мачалов, Т. И. Гаращенко, Т. Ю. Владимирова, А. О. Кузнецов // Медицинский совет. — 2025. — 19(18). — 188–193. — <https://doi.org/10.21518/ms2025-417>.

26. Дайхес, Н. А. Модифицированный способ регистрации стапедального рефлекса у имплантированных пациентов при настройке речевого процессора / Н. А. Дайхес, А. В. Пашков, С. М. Петров, Ю. К. Янов // Российская оториноларингология. — 2007. — 3. — 19–21.

27. Дайхес, Н. А. Универсальный аудиологический скрининг новорожденных и детей первого года жизни: методические рекомендации / Н. А. Дайхес, С. В. Яблонский, А. В. Пашков, И. В. Наумова // Методические рекомендации. — 2012. — 34 с.

28. Дайхес, Н. А. Аудиологические особенности ведения пациентов, перенесших хирургические вмешательства на структурах среднего уха, во время использования системы кохлеарной имплантации / Н. А. Дайхес, А. С. Мачалов, А. В. Балакина, А. О. Кузнецов с соавт // Российская оториноларингология. — 2022. — 21(4). — 103–112. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-103-112>.

29. Дайхес, Н. А. Комплексная оценка результатов реабилитации пациентов старшей возрастной группы с хронической сенсоневральной тугоухостью / Н. А. Дайхес, Т. Ю. Владимирова, С. В. Булгакова, Я. М. Сапожников, А. С. Мачалов, А. О. Кузнецов, А. В. Куренков, А. Б. Мартынова // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2021. — 17 (4). — 691–696. — УДК 616.28–008.14–036.12–036.868–053.9.

30. Дайхес, Н. А. Особенности объективной оценки функции слухового анализатора у детей / Н. А. Дайхес, С. Э. Кербабаяев, А. В. Пашков и др. // Российская оториноларингология. — 2003. — № 3. — С. 53–55.

31. Дайхес, Н. А. Последовательная билатеральная кохлеарная имплантация у детей: критерии отбора пациентов для операции на втором ухе / Н. А. Дайхес, А. В.

- Балакина, А. С. Мачалов, А. О. Кузнецов, Е. Н. Зуева, Е. И. Наяндина // Наука и инновации в медицине. — 2021. — 6(2). — 13–19. — DOI: 10.35693/2500-1388-2021-6-2-13-19.
32. Деев, И. А. Общая заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2023 году: статистические материалы / И. А. Деев, О. С. Кобякова, В. И. Стародубов и др. // — М.: ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России. — 2023. — С. 156.
33. Егоров, В. И. Тугоухость и деменция – сопряженность развития: неизбежность и возможная обратимость, желаемое и действительное / В. И. Егоров, А. В. Козаренко // Российская оториноларингология. — 2023. — 22(5). — 76–84. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2023-5-76-84>.
34. Золотова, Т. В. Современные аспекты патогенетического лечения сенсоневральной тугоухости / Т. В. Золотова, Н. В. Дубинская, А. П. Давыдова // Вестник оториноларингологии. — 2020. — 85(3). — 6–10. — DOI: 10.17116/otorino2020850316
35. Калугина, М. С. Кохлеарная имплантация у ребенка с синдромом гипоплазии левых отделов сердца: клинический случай / М. С. Калугина, Ю. Ю. Русецкий, А. Е. Александров, А. В. Пашков, У. С. Малявина, Е. А. Алексеева // Педиатрическая фармакология. — 2019. — 16 (3). — 159–164. — doi: 10.15690/pf.v16i3.2028.
36. Кечиян, Д. К. Динамика порогов электрически вызванного потенциала действия слухового нерва у имплантированных детей / Д. К. Кечиян, В. В. Бахшинян, Г. А. Таварткиладзе // Вестник оториноларингологии. — 2020. — Т. 85, № 6. — С. 17–22. — DOI 10.17116/otorino20208506117. - EDN HRGWZT.
37. Кечиян, Д. К. Послеоперационная динамика сопротивления электродов у детей с кохлеарными имплантами / Д. К. Кечиян, В. В. Бахшинян, Г. А. Таварткиладзе // Вестник оториноларингологии. — 2020. — 85(5). — 29–32. — <https://doi.org/10.17116/otorino20208505129>.
38. Кириченко, И. М. Комплексная диагностика кохлеовестибулярных синдромов у больных рассеянным склерозом и вертебро-базилярной недостаточностью / И. М. Кириченко // автореферат диссертации. доктора мед. наук: 14.01.03. — М. — 2012. — 270 с.

39. Клинические рекомендации Национальной медицинской ассоциации оториноларингологов. Нейросенсорная тугоухость у детей. — 2024.
40. Клячко, Д. С. Электрически вызванный потенциал действия слухового нерва / Д. С. Клячко, А. В. Пашков, С. В. Гадалева, И. В. Наумова // Российская оториноларингология. — 2018. — № 4 — 95. — <https://cyberleninka.ru/article/n/elektricheski-vyzvannyi-potentsial-deystviya-sluhovogo-nerva-obzor-literatury>.
41. Коваленко, А. Н. Динамика показателей акустических треугольников гласных звуков у пациентов, страдающих длительным нарушением слуха / А. Н. Коваленко, И. В. Кастыро, В. И. Попадюк и др. // Вестник оториноларингологии. — 2021. — 86(5). — 17-21. — DOI: 10.17116/otorino20218605117.
42. Козлов, М.Я. Детская сурдоаудиология / М. Я. Козлов, А. Л. Левин // Л.: Медицина. —1989. — 224.
43. Козунь, Ю. В. Методические подходы к оценке состояния слухового анализатора у детей первых лет жизни / Ю. В. Козунь, С. И. Кибченко // Вестник РГМУ. — 2000. — №2 (12). — С.115.
44. Колоколов, О. В. Изменения данных телеметрии потенциала действия слухового нерва у пациентов после кохлеарной имплантации / О. В. Колоколов, А. С. Мачалов, А. О. Кузнецов, Я. М. Сапожников, А. А. Григорьева // Современные проблемы науки и образования. —2021. —3. — <https://doi.org/10.17513/spno.30957>.
45. Константинова, Н. П. Ототоксичность лекарственных средств / Н. П. Константинова // РМЖ. — 2001 — № 16 — С. 715. — http://www.rmj.ru/articles/otorinolaringologiya/Ototoksichnosty_lekarstvennyh_sredstv.
46. Королева И. В. Развитие слуха и речи у глухих детей раннего и дошкольного возраста после кохлеарной имплантации: Учебное пособие / И.В. Королева // СПб: С Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи. — 2008. — 286 с.
47. Королева, И. В. Настройка процессора кохлеарного импланта у особых групп пациентов / И. В. Королева, В. И. Пудов, Д. С. Клячко, С. В. Левин, Е. А. Левина, В. Е. Кузовков, О. В. Зонтова // Под ред. И. В. Королевой. — СПб.: Полифорум

Групп. — 2019. — 66 с.

48. Королева, И. В. Разработка критериев и методов оценки эффективности кохлеарной имплантации у детей / И. В. Королева, А. В. Шапорова, В. Е. Кузовков // Российская оториноларингология. — 2013. — 6(67).

49. Королева, И. В. Использование психоакустических тестов для перцептивной оценки настройки процессора кохлеарного импланта у глухих пациентов / И.В. Королева, Е.А. Огородникова, С.В. Левин, С.П. Пак, В.Е. Кузовков, Ю.К. Янов // Вестник оториноларингологии. — 2021. — 86(1) — 30–35. — DOI: 10.17116/otorino20218601130.

50. Королева, И. В. Модель развития региональной системы медико-психолого-педагогической помощи детям с нарушением слуха раннего возраста / И.В. Королева, Г. Ш. Туфатулин, М. С. Коркунова // Российская оториноларингология. — 2021. — 20(1). — 41–50. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-1-41-50>.

51. Королева, И. В. Основы аудиологии и слухопротезирования. 2-е издание, исправленное и дополненное / Королева И. В. // СПб.: КАРО. — 2022. — 448 с.

52. Королева, И.В. Помощь детям с нарушением слуха. Руководство для родителей и специалистов / И.В. Королева // СПб.: КАРО. — 2016. — ISBN: 978-5-9925-1587-9

53. Крейсман, М. В. Протокол аудиологического обследования детей первого года жизни в Российской Федерации: учебно-методическое пособие для врачей / Г.Ш. Туфатулин, В. В. Дворянчиков, Л. С. Намазова-Баранова, С. А. Артюшкин, А. А. Баранов, С. М. Вихнина, К. И. Воеводина, Н.Н. Володин, Е.С. Гарбарук, И.В. Королева, М.В. Крейсман и др. // – М.: ПедиатрЪ. — 2024. — 144 с.

54. Крейсман, М. В. Разработка модели специализированной медицинской помощи детям с нарушением слуха с учетом региональных особенностей: диссертация ... кандидата медицинских наук: 3.1.3. / Крейсман Мария Вячеславовна; [Диссовет 21.1.064.01]. — Санкт-Петербург, 2025. — 174 с.

55. Крюков, А. И. Возрастные особенности исследования слуха у детей / А. И. Крюков, Н. Л. Кунельская, М. И. Кулагина // Русский медицинский журнал. — 2011. — № 6 — С. 386.

56. Кузнецов, А. О. Изменение межэлектродного сопротивления различных систем кохлеарной имплантации в течение первого года слухоречевой реабилитации / А. О. Кузнецов, И. В. Наумова, А. В. Пашков, Е. А. Григорьева, Е. Е. Савельева // Российская оториноларингология. — 2013. — № 3 (64). — УДК: 616.28-008.14-053.4-089.843:534.773:612.789:612.85.
57. Кузовков, В. Е. Кохлеарная имплантация как метод слуховой реабилитации в разных возрастных группах / В. Е. Кузовков, С. Б. Сугарова, Р. К. Кантемирова с соавт // Российская оториноларингология. — 2022. — 21(2). — 70–79. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-2-70-79>.
58. Кузовков, В. Е. Использование порогов электрически вызванных коротколатентных слуховых потенциалов для настройки речевых процессоров у пациентов после кохлеарной имплантации / В. Е. Кузовков, В. Е. Гауфман, Д. С. Клячко, В. И. Пудов // Вестник оториноларингологии. — 2016. — 81(3). — 35–38. — <https://doi.org/10.17116/otorino201681335-38>.
59. Кунельская, Н. Л. Комплексный подход к лечению нейросенсорной тугоухости / Н. Л. Кунельская // Фарматека. — 2013г. — № 15. — С. 54-58.
60. Кунельская, Н. Л. Нейросенсорная тугоухость. Принципы лечения / Н. Л. Кунельская, Т. С. Полякова // Вестн. оториноларингол. [Приложение]. — 2006. — № 5. — С. 161–63.
61. Лазарева, Л. А. Триггеры и предикторы развития и формирования сенсоневральной тугоухости / Л. А. Лазарева, И. С. Элизбарян, С. А. Азаматова, Б. Р. Музаева, Н. А. Сущева // Вестник оториноларингологии. — 2022. — 87(2). — 34-43. — DOI: 10.17116/otorino20228702134.
62. Лалаянц, М. Р. Регистрация электрически вызванных коротколатентных слуховых потенциалов у детей с заболеванием спектра аудиторных нейропатий / М. Р. Лалаянц, Т. И. Чугунова, В. В. Бахшинян, Г. А. Таварткиладзе // Вестник оториноларингологии. — 2022.—87(2).—4-9.— <https://doi.org/10.17116/otorino2022870214>.
63. Левин, С. В. Настройка речевых процессоров с применением алгоритмов

нейросетевой системы / С. В. Левин, А. Н. Наркевич, Ю. К. Янов и др. // *Consilium Medicum*. — 2018. — Т. 20, № 3. — С. 73-76. — EDN YUFBSH.

64. Левин, С.В. Алгоритм отбора пациентов на кохлеарную имплантацию. Лекция для врачей / С.В. Левин, Е.А. Левина, В.Е. Кузовков, И.В. Королева, В.В. Дворянчиков // *Consilium Medicum*. — 2023. — Т. 25(3). — С.198-203. — DOI: 10.26442/20751753.2023.3.202108.

65. Лопотко, А. И. Практическое руководство по сурдологии / А. И. Лопотко и др. // СПб.: Диалог. — 2008. — 274 с.

66. Маркова Т. Г. Наследственные нарушения слуха. Т. Г. Маркова // В кн.: Оториноларингология/ Национальное руководство / под ред. В.Т. Пальчуна 2-е издание. — М.: Геотар. — 2016. — 1024 с.

67. Мачалов, А. С. Система комплексной слухоречевой реабилитации: диссертация ... доктора медицинских наук: 3.1.3. / Мачалов Антон Сергеевич; [Место защиты: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства» [Диссовет 68.1.006.01]. — Москва, 2022. — 241 с.

68. Наумова, И. В. Восприятие речи и состояние порогов звуковосприятия у пациентов с кохлеарными имплантатами / И. В. Наумова, А. В. Пашков, К. И. Воеводина, М. Т. Фатахова // *Вестник оториноларингологии*. — 2022. — 87(6). — 11-13. — DOI: 10.17116/otorino20228706111.

69. Наумова, И. В. Психофизические и электрофизиологические показатели слухового анализатора как индикаторы эффективности кохлеарной имплантации у детей с двусторонней глухотой: диссертация ... доктора медицинских наук: 3.1.3. / Наумова Ирина Витальевна; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»; Диссовет ПДС 0300.029]. — Москва, 2025. — 284 с.

70. Овчинников, А.Ю. COVID-19 и кохлеовестибулярные расстройства / А. Ю. Овчинников, Н.А. Мирошниченко, К.В. Савранская, А.А. Зайцев // *Consilium Medicum*. — 2023. — 25(3). — 204–207. — DOI: 10.26442/20751753.2023.3.202165.

71. Овчинников, П. А. Особенности звуковых феноменов при перцептивной

- тугоухости / П. А. Овчинников, Ф. М. Синепуп // Российская оториноларингология. — 2009. — №1(38). — С.99-102.
72. Пальчун, В. Т. Оториноларингология // В. Т. Пальчун, А. И. Крюков // — М.: Медицина. — 2001. — 616 с.
73. Патент РФ на изобретение № 2017107712. Способ настройки речевого процессора системы кохлеарной имплантации / А. В. Пашков, И. В. Наумова, С. В. Гадалева и др. Оpubл.:28.04.2018.
74. Патент РФ на изобретение № 2024106264. Способ электрофизиологической оценки целостности системы кохлеарной имплантации / Г. Ш. Туфатулин, А. В. Пашков, И. В. Наумова, С. А. Артюшкин. Оpubл.:06.09.2024.
75. Патент РФ на изобретение № RU2769058C1. Способ оценки эффективности слухопротезирования и подбора слуховых аппаратов / В. Е. Гауфман, И. Э. Гребенюк. Оpubл.:28.03.2022 г.
76. Патент РФ на изобретение №2325142. Способ настройки параметров речевого процессора системы кохлеарной имплантации / Н. А. Дайхес с соавт. Оpubл.:27.05.08.
77. Патент РФ на изобретение RU 2024622835. Пополняемая база данных аудиологических параметров состояния слуха пациентов с генетическими формами сенсоневральной тугоухости в ФГБУ НМИЦО ФМБА России / Н. А. Дайхес, А. С. Мачалов, М. В. Базанова, А. О. Кузнецов. Оpubл.:13.06.2024.
78. Пашков, А. В. Объективные методы диагностики нарушения слуха у детей первых лет жизни / А. В. Пашков, Е. Е. Савельева, Т. А. Полунина, И. В. Наумова, А. С. Самкова // Педиатрическая фармакология. — 2014. — Т. 11 — № 2 — С. 82–85. — DOI: <https://doi.org/10.15690/pf.v11i2.963>.
79. Пашков, А.В. Взаимосвязь показателей разборчивости речи, уровней максимального комфорта и порогов регистрации потенциала действия слухового нерва у пациентов с кохлеарными имплантами / А.В. Пашков, И.В. Наумова, А.Е. Пашкова, К.И. Воеводина, В.И. Попадюк // Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. — 2024. — 12(2). — 80–85. — DOI: <https://doi.org/10.25792/HN.2024.12.2.80-85>

80. Пашков, А.В. Влияние тугоухости на образовательный процесс у детей и подростков / А. В. Пашков, Л. С. Намазова-Баранова, Е. А. Вишнёва, И. В. Наумова, И. В. Зеленкова // Вопросы современной педиатрии. — 2020. — 19 (4). — С. 272–278. — DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v19i4.2134>.
81. Пашкова, А. Е. Особенности настройки процессора системы кохлеарной имплантации в зависимости от типа электродной решетки у пациентов с сенсоневральной тугоухостью: диссертация ... кандидата медицинских наук: 3.1.3. / Пашкова Александра Елефтерьевна; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»; Диссовет ПДС 0300.022]. — Москва, 2024. — 107 с.
82. Пашкова, А. Е. Особенности установки параметров настройки процессора у пациентов с глухотой с различными типами электродной решетки кохлеарного импланта / А. Е. Пашкова, В. И. Попадюк, К. И. Воеводина, И. В. Наумова, И. М. Кириченко, А. В. Пашков // Медицинский совет. — 2023. — 17(12). — 192–199. — <https://doi.org/10.21518/ms2023-166>.
83. Петрова, И. П. Использование математической модели для определения прогноза реабилитации у детей после кохлеарной имплантации / И. П. Петрова, Е. А. Балашова, М. В. Гойхбург, А. И. Мащенко, Т. Г. Маркова, В. В. Бахшинян, Г. А. Таварткиладзе // Вестник оториноларингологии. — 2016. — 81(6). — 47-50. DOI: [10.17116/otorino201681647-50](https://doi.org/10.17116/otorino201681647-50).
84. Полунин М. М. Кондуктивная тугоухость у детей раннего возраста: диагностика, лечение, профилактика. Автореф. дис. ...канд. мед. наук. М. — 2005.
85. Радциг, А. Н. Односторонняя тугоухость у детей: диссертация ... кандидата медицинских наук: 3.1.3. / Радциг Антон Николаевич Место защиты: ГБУЗ ГМ «Научно- исследовательский клинический институт оториноларингологии им. Л.И. Свержевского» Департамента здравоохранения города Москвы; Диссовет 72.1.012.01 (Д 850.003.01)]. — Санкт-Петербург, 2024. — 122 с.
86. Радциг, Е. Ю. Проблемы педиатра в подготовке новорожденных детей к исследованию слуха и аудиологическому скринингу / Е. Ю. Радциг, И. В. Рахманова, М. Р. Богомильский, Ю. А. Ишанова, Н. Д. Пивнева // Педиатрия. —

2010. —Том 89. — № 3. — с.65–68.

87. Рахманова, И. В. Методы оценки состояния слуха у детей различного возраста / И. В. Рахманова, А. Г. Матроскин // Практика педиатра. — 2018. — №2. — С. 10–15.

88. Сапожников, Я. М. Возможности широкополосной тимпанометрии в дифференциальной диагностике некоторых форм тугоухости / Я. М. Сапожников, Н. А. Дайхес, А. С. Мачалов, В. Л. Карпов, Д. М. Канафьев // Российская оториноларингология. — 2019. — 18(6). — 59–65. —<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-6-59-65>

89. Сапожников, Я. М. Исследование слуха у грудных детей и детей раннего возраста / Я. М. Сапожников, В.С. Минасян, А. А. Лазаревич // Медицинская помощь. —2005. —№ 2. — С.10–13.

90. Сапожников, Я. М. Современные методы диагностики, лечения и коррекции тугоухости и глухоты у детей / Я. М. Сапожников, М. Р. Богомилский // М.: Икар. — 2001. — 250 с.

91. Свистушкин, В. М. Возможности терапии больных сенсоневральной тугоухостью на современном этапе / В. М. Свистушкин, А. Б. Ордян, Г. Н. Никифорова и др // Consilium Medicum. — 2020. — 22 (11). — 31–33. — DOI: 10.26442/20751753.2020.11.200370.

92. Сугарова, С. Б. Влияние временного диапазона между последовательными оперативными вмешательствами при бинауральной кохлеарной имплантации / С. Б. Сугарова, Д. С. Клячко, Д. Д. Каляпин, А. В Шапорова // Российская оториноларингология. — 2022. — 21(6). — 120–125. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-6-120-125>.

93. Таваркиладзе, Г. А. Клиническая аудиология: Национальное руководство: В 3-х т. / Г. А. Таваркиладзе. — ГЭОТАР-Медиа. — 2024. — ISBN: 978-5-9704-8252-0.

94. Таварткиладзе, Г. А. Клиническая аудиология, / Г. А. Таварткиладзе, Т. Г. Гвелисиани // М. — 2003. — 74 с.

95. Таварткиладзе, Г. А. Кохлеарная имплантация / Г. А. Таварткиладзе // М:

Святигорпресс. — 2004.

96. Таварткиладзе, Г. А. Речевая аудиометрия в шуме в свободном звуковом поле у пациентов после кохлеарной имплантации. / Г. А. Таварткиладзе, Б. Кольмейер, А. Важыбок, В. В. Бахшинян, М. В. Гойхбург // Альманах Института коррекционной педагогики. — Альманах №45. — 2021. — <https://alldef.ru/ru/articles/almanac-45/the-free-field-speech-audiometry-in-noisy-environment-in-patients-after-cochlear-implantation>.

97. Таварткиладзе, Г. А. Руководство по клинической аудиологии / Г. А. Таварткиладзе // М.: Медицина. — 2013. — 674 с.

98. Таварткиладзе, Г. А. Функциональные методы исследования слухового анализатора / Г. А. Таварткиладзе // В кн.: Оториноларингология. Национальное руководство под ред. В.Т. Пальчуна, 2-е издание. — М.: Геотар. — 2016. — 1024 с

99. Тарасов, Д. И. Наследственная и врожденная тугоухость / Д. И. Тарасов, Г. Д. Тарасова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 1998. — № 2. — С. 30–42.

100. Торопчина, Л. В. Слуховая реабилитация детей со стойкими нарушениями слуха кондуктивного характера / Л. В. Торопчина, Т. А. Полунина, М. М. Полунин // Вопросы современной педиатрии. — 2012. — 11 (5). — 130–136.

101. Туфатулин, Г. Ш. Протокол аудиологического обследования детей первого года жизни в Российской Федерации. Часть I / Г. Ш. Туфатулин, М. Р. Лалаянц, С. А. Артюшкин, С. М. Вихнина, Е. С. Гарбарук, В. В. Дворянчиков, И.В. Королева, М. В. Крейсман, Е. К. Мефодовская, А. В. Пашков, И. В. Савенко, Е. Р. Цыганкова, С. С. Чибисова, Г. А. Таварткиладзе // Вестник оториноларингологии. — 2023. — 88(5). — 82-90. — <https://doi.org/10.17116/otorino20238805182>.

102. Туфатулин, Г. Ш. Результаты аудита первого этапа аудиологического скрининга новорожденных в Санкт-Петербурге / Г. Ш. Туфатулин, И. В. Королева, С. А. Артюшкин и др. // Вестник оториноларингологии. — 2023. — 88(2). — 26-30.

— <https://doi.org/10.17116/otorino20228802126>.

103. Туфатулин, Г. Ш. Русскоязычная версия опросника PEACH (валидация и

нормативные данные) / Г.Ш. Туфатулин, Т. Чинг, Е.Е. Савельева, Е.С. Савельев // Вестник оториноларингологии. — 2021. — 86(2). — 10-15. — <https://doi.org/10.17116/otorino20218602110>.

104. Туфатулин, Г. Ш. Эпидемиология нарушений слуха у детей: распространенность, структура, аспекты слухопротезирования и социальные факторы / Г. Ш. Туфатулин, И. В. Королева, Е. К. Мефодовская // Вестник оториноларингологии. — 2021. — 86(3). — 28-35. — <https://doi.org/10.17116/otorino20218603128>.

105. Чибисова, С. С. Распространенность нарушений слуха у школьников: популяционное исследование и глобальные оценки / С. С. Чибисова, И. Альшарджаби, А. С. Зюзин, Т. Г. Маркова, В.И. Попадюк, Г. А. Таварткиладзе // Медицинский совет. — 2022. — 16(18). — 107–112. — <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-18-107-112>.

106. Чибисова, С. С. Эпидемиология нарушений слуха среди детей 1-го года жизни / С. С. Чибисова, Т. Г. Маркова, Н. Н. Алексеева и др. // Вестник оториноларингологии. — 2018. — 83(4). — 37-42. — <https://doi.org/10.17116/otorino201883437>.

107. Шапорова, А. В. Особенности раннего подключения речевого процессора у пациентов после кохлеарной имплантации / А. В. Шапорова, Д. С. Клячко, Ю. С. Преображенская, В. Е. Кузовков, С. Б. Сугарова, Я. Л. Щербакова // Российская оториноларингология. — 2022. — 21(4). — 92–97. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-92-9>.

108. Шубина, Н. Ю. Современные методы функциональной диагностики слуха / Н. Ю. Шубина, Е. Л. Фридман, Т. Г. Комарова, М. И. Соганов, В. В. Гнездицкий, О. С. Корепина, Е. О. Гарбарук, В. Е. Гауфман // Изд.-полигр. комплекс «ИресСто». — 2013. — 188 с.

109. Щербакова, Я. Л. Нарушения слуха и методы их коррекции / Я. Л. Щербакова, Ю. К. Янов, В. Е. Кузовков, С. М. Мегрелишвили // Российская оториноларингология. — 2014. — № 6(73). — С. 104-110.

110. Щербакова, Я. Л. Расширение показаний к кохлеарной имплантации в

Российской Федерации / Я. Л. Щербакова, С. М. Мегрелишвили, В. Е. Кузовков, С. А. Карпищенко // Российская оториноларингология. — 2020— 19(6). — 72–77. — <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-6-72-77>

111. Янов, Ю. К. Использование интраоперационных стапедиальных рефлексов для настройки речевых процессоров / Ю. К. Янов, В. И. Пудов, Д. С. Клячко // Российская Оториноларингология. — 2012. — 5(60). — 141-144.

112. Янов, Ю. К. Нарушения коркового отдела слухового анализатора при взрывной травме / Ю. К. Янов, М. С. Кузнецов, Л. А. Глазников, В. В. Дворянчиков, Ф. А. Сыроежкин, А. Е. Голованов, В. Р. Гофман // Вестник оториноларингологии. — 2022. — 87(1). — 14-20. — DOI: 10.17116/otorino20228701114.

113. Agung, K. B. The Ling Sound Test Revisited / K. B. Agung, S. C. Purdy, C. Kitamura // Australian and New Zealand Journal of Audiology. — 2005. — v. 27. — n. 1.

https://www.researchgate.net/publication/247830713_The_Ling_Sound_Test_revisited.

114. Alhabib, S. F. Study: Cochlear implant: More hearing – better speech performance / S. F. Alhabib, Y. Abdelsamad, R. S. Badghaish, F. Alzhrani, A. Hagr, F. Almuhawwas // Int J Pediatr Otorhinolaryngol. — 2021. — 150:110896. — DOI: 10.1016/j.ijporl.2021.110896.

115. American Academy of Pediatrics. Joint Committee on Infant Hearing Year 2007 position statement: Principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs / American Academy of Pediatrics // Pediatrics. — 2007. — V. 120 — P. 898–921. — <https://doi.org/10.1542/peds.2007-2333>.

116. Amit Kumar Anand. Comparison of Outcomes in Unilateral and Bilateral Pediatric Cochlear Implants: Our Experience / A. K. Anand, N. Suri, J. Ganesh, R. Vepuri, R. Kumar, N. Tiwari // Indian J Otolaryngol Head Neck Surg. — 2021. — 74(Suppl 1). — 707–713. — DOI: 10.1007/s12070-021-02458-3.

117. Andrade, G.M. Hearing loss in congenital toxoplasmosis detected by newborn screening / G. M. Andrade, L. M. Resende, E. M. Goulart, A. L. Siqueira, R. W. Vitor, J. N. Januario J. Braz // Otorhinolaryngol. — 2008. — Vol. 74. — P. 21–8. —

DOI: 10.1016/s1808-8694(15)30746-1.

118. Bagatto, M. P. A critical review of audiological outcome measures for infants and children / M. P. Bagatto, S. T. Moodie, R. C. Seewald, D. J. Bartlett, S. D. Scollie // Trends in Amplification. — 2011. — 15(1). — 23-33. — <https://doi.org/10.1177/1084713811412056>.

119. Battmer, R.D. Factors influencing cochlear implant perceptual performance in adults / R. D. Battmer, S. P. Gupta, D.J. Allum-Mecklenburg, T. Lenarz // Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology. — 1995. — 106. — S185– S187. — <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7668628/>.

120. Borkoski-Barreiro, S. A. Evaluation of very low birth weight ($\leq 1,500$ g) as a risk indicator for sensorineural hearing loss / S. A. Borkoski-Barreiro, J. C. Falcon-González, J.M. Liminana-Canal, A. Ramos-Macias // Acta Otorrinolaringol Esp. — 2013. — Vol. 64. — P. 403–8. — DOI: 10.1016/j.otorri.2013.05.002.

121. Brown, C. J. The relationship between EAP and EABR thresholds and levels used to program the Nucleus24 speech processor: data from adults / C. J. Brown, M. L. Hughes, B. Luk, P. J. Abbas, A. Wolaver, J. Gervais // Ear Hear. — 2000. — 21. — 151– 163. — <https://doi.org/10.1097/00003446-200004000-00009>.

122. Chen, X. The effects of age at cochlear implantation and hearing aid trial on auditory performance of Chinese infants / X. Chen, S. Liu, Bo Liu, L. Mo, Y. Kong, H. Liu, Sh. Gong, D. Han, L. Zhang // Acta Otolaryngol. — 2010. — 130(2). — 263–70. — DOI: 10.3109/00016480903150528.

123. Ching, T. The parents' evaluation of aural/oral performance of children (PEACH) scale: normative data / T. J. Ching // Am. Acad. Audiol. — 2007. — Vol. 18. — 220–35. — DOI:10.3766/jaaa.18.3.4.

124. Clinical practice guideline: Cochlear Implants. [<https://www.audiology.org/wp-content/uploads/2021/05/CochlearImplantPracticeGuidelines.pdf>]. American Academy of Audiology. —2019. —112 p.

125. Coninx, F. Validation of the LittlEARS((R)) Auditory Questionnaire in children with normal hearing / F. Coninx, V. Weichbold, L. Tsiakpini, et al. // Int J Pediatr Otorhinolaryngol. —2009. — 73(12). — 1761. — DOI: 10.1016/j.ijporl.2009.09.036.

126. Connor, C. M. Speech, vocabulary, and the education of children using cochlear implants: Oral or total communication? / C.M. Connor, S. Hieber, H. A. Arts, T. A. Zwolan // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. — 2000. — 43. — 1185–1204. — DOI: 10.1044/jslhr.4305.1185.
127. Cristobal, R. Hearing loss in children with very low birth weight: current review of epidemiology and pathophysiology / R. Cristobal, J. S. Oghalai // *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. — 2008. — Vol. 93. — P. F462–468. — DOI: 10.1136/adc.2007.124214
128. Crosson, J. Meaningful use of speech scale: application to orally educated hearing-impaired children / J. Crosson // *Independent Studies and Capstones*. — 1992. — p-335. — https://digitalcommons.wustl.edu/pacs_capstones/335.
129. Davis, A. A critical review of the role of neonatal hearing screening in the detection of congenital hearing impairment / A. Davis, J. Bamford, I. Wilson, T. Ramkalawan, M. Forshaw, S. Wright // *Health Technol Assess*. — 1997. — 1(10). — 1–176. — DOI: 10.3310/hta1100.
130. Dillier, N. Measurement of the electrically evoked compound action potential via a neural response telemetry system / N. Dillier, W. K. Lai, B. Almqvist, C. Frohne, J. Muller-Deile, H. Stecker, E. L. von Wallenberg // *Ann Otol Rhinol Laryng*. — 2002. — 111. — 407–414.
131. Dr. Patel, R. Hearing Aid use before Cochlear Implantation-Is it Mandatory? / Dr. R. Patel, Dr. A. Barot, Dr. N. Mehta, Dr. R. Vishwakarma // *International Journal of Science and Research*. — 2016. — 1732-1734 p.
132. Eisenberg, L.S. Clinical Management of children with cochlear implants / Eisenberg L.S // San Diego-Oxford-Melbourne: Plural Publishing. — 2009.
133. Fairbanks, G. Test of phonetic differentiation: The Rhyme Test / G. Fairbanks // *J. Acoust. Soc. Am*. — 1958. — 30. — 596-600. — DOI:10.1121/1.1909702.
134. Feirn, R. Guidelines for the early audiological assessment and management of babies referred from the newborn hearing screening programme / R. Feirn, G. Lightfoot, R. Meredith, S. Minchom, G. Parker, S. Brennan, R. Booth // *NHSP Clinical Group*. — 2013. — 44 p. — <https://www.thebsa.org.uk>.
135. Gaylor, J. Cochlear implantation in adults: A systematic review and meta-analysis

- / J. M. Gaylor, G. Raman, M. Chung, J. Lee, M. Rao, J. Lau, et al // JAMA Otolaryngol. Head Neck Surg. — 2013. — 139. — 265–272. — doi: 10.1001/jamaoto.2013.1744.
136. Goderis, E. Hearing loss and congenital CMV infection: a systematic review / E. Goderis, K. De Leenheer, H. Smets, Van Hoecke, A. Keymeulen, I. Dhooge // Pediatrics. — 2014. — Vol. 134. — P. 972–82. — DOI: 10.1542/peds.2014-1173.
137. Goodman, D.J. Subjective quality of the same speech transmission conditions in seven different countries / D.J. Goodman, R.D. Nash // IEEE Trans Comm. — 1982. — 30. — 642-654. — doi:10.1109/tcom.1982.1095507.
138. Guidelines for the audiologic assessment of children from birth to 5 years of age.[http://www.infanthearing.org/coordinator_orientation/section2/10_asha_guidelines.pdf] American Speech-Language–Hearing Association.
139. Harrison, L.J. Risk and protective factors associated with speech and language impairment in a nationally representative sample of 4 to 5-year-old children / L.J. Harrison, S. McLeod // J Speech, Lang Hear Res. — 2010. — 53(2). — 508–529. — DOI: 10.1044/1092-4388(2009/08-0086).
140. Hearing Tests for Children. [https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.b4c2b728-68efd9db-dc0a56b0-74722d776562/https/web.archive.org/web/20141129034030/] Children's Hospital Dartmouth-Hitchcock. Pediatric Audiology.
141. Helfand, M. Newborn hearing screening: systematic evidence review / M. Helfand, D.C. Thompson, R. Davis, H. McPhillips, C.J. Homer, T.L. Lieu // AHRQ Publication. — 2001. — No. 02-S001.
142. Henkin, Y. Changes over time in electrical stimulation levels and electrode impedance values in children using the Nucleus 24M cochlear implant / Y. Henkin, R. Kaplan-Neeman, C. Muchnik, J. Kronenberg, M. Hildesheimer // Int J Pediatr Otorhinolaryngol. — 2003. — 67. — 873–880. — DOI: 10.1016/s0165-5876(03)00131-9
143. Heutink, F. Ultra-high-resolution CT to detect intracochlear new bone formation after cochlear implantation / F. Heutink, T.M. Klabbers, W.J. Huinck, F. Lucev, W.J. van der Woude, E.A. Mylanus, et al. // Radiology. — 2022. — 302(3). — 605-612. — DOI:

10.1148/radiol.211400.

144. Hille, E.T. Prevalence and independent risk factors for hearing loss in NICU infants / E.T. Hille, H.I. van Straaten, P.H. Verkerk // *Acta Paediatr.* — 2007. — Vol. 96. — P. 1155–8. 12. — DOI: 10.1111/j.1651-2227.2007.00398.x.
145. Hofman, M. Electrically evoked auditory steady-state response in cochlear implant users / M. Hofman, J. Wouters // *J. Assoc. Res. Otolaryngol.* — 2010. — 11. — 267–282. <https://doi.org/10.1007/s10162-009-0201-z>.
146. Hughes M.L. Objective measures in cochlear implants / M.L. Hughes // San Diego-Oxford-Melbourne: Plural Publishing. — 2013.
147. James W Hall. New Handbook for Auditory Evoked Responses / J. W Hall // Boston: Allyn and Bacon. — 2007.
148. Jia, H. Effect of surgical technique on electrode impedance after cochlear implantation / H. Jia, F. Venail, J.P. Piron, C. Batrel, P. Pelliccia, F. Artières, et al // *Ann Otol Rhinol Laryngol.* — 2011. — 120:529–34. — 10. — DOI-1177/000348941112000807
149. Katz, J. Handbook of clinical audiology / J. Katz // Williams & Wilkins. — 1994. — 839 p.
150. Kelsall, D. A. Longitudinal outcomes of cochlear implantation and bimodal hearing in a large group of adults: A multicenter clinical study / D. Kelsall, J. Lupoand, A. Biever // *Am. J. Otolaryngol.* — 2021. — 42. — DOI: 10.1016/j.amjoto.2020.102773.
151. Kiss, J.G. Neural Response Telemetry in Cochlear Implant Users / J.G Kiss, F. T., A. L Nagy, J. Jarabin, A. Szamosközi, A. Torkos, J. Jóri, J. Czigne // *International Tinnitus Journal.* — 2003. — Vol. 9. — No.1. — 59-60. — <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14763333/>.
152. Korver, A.M. Congenital hearing loss / A.M. Korver, R.J. Smith, G. Van Camp, M.R. Schleiss, M.A. Bitner-Glindzicz, L.R. Lustig et al. // *Nat Rev Dis Primers.* — 2017. — 12(3). — 16094. — <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.94>.
153. Kral, A. Profound Deafness in Childhood / A. Kral, G.M. O'Donoghue // *N Engl J Med.* — 2010. — VOL. 363. — NO. 15. — DOI: 10.1056/NEJMra0911225.
154. Kumar, S. Performance of Indian children with cochlear implant on PEACH scale

- / S. Kumar, N. Rout, N. Kumar, I. Chatterjee, H. Selvakumaran // *ISRN Otolaryngol.* — 2013. — DOI: 10.1155/2013/565096.
155. Le Clercq, C.M.P. Association of slight to mild hearing loss with behavioral problems and school performance in children / C.M.P. le Clercq, L.J.E. Labuschagne, M.J.P. Franken, R.J. Baatenburg de Jong, M.P.C.M. Luijk, P.W. Jansen, M.P. van der Schroeff // *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2020. — 146(2). — 113–120. — <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2019.3585>.
156. Ling, D. Speech and the hearing-impaired child: Theory and practice / D. Ling // Washington, DC: Alexander Graham Bell Association for the Deaf. — 1976.
157. Lokanath Sahoo. Outcomes of Hearing Aid and Cochlear Implantation in Case of Congenital Non-Syndromic Bilateral Severe to Profound Sensorineural Hearing Loss: An Observational Study / L. Sahoo, K. S. Sahoo, N. K. Nayak, A. Behera // *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2022. — 74. — 200–206. — DOI: 10.1007/s12070-020-01967-x.
158. Maekawa, K. Prevalence and Clinical Characteristics of OTOGL-Associated Hearing Loss Identified in a Cohort of 7065 Japanese Patients with Hearing Loss / K. Maekawa, S.Y. Nishio, K. Ishikawa, M. Takahashi, K. Kumakawa, M. Okami, H. Yoshimura, J. Nakayama, M. Teraoka, S.I. Usami // *Genes.* — 2025. — 16. — 123. — <https://doi.org/10.3390/genes16020123>.
159. Manrique, M. Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation / M. Manrique, F.J. Cervera-Paz, A. Huarte, M. Molina // *The Laryngoscope.* — 2004. — 114(8). — 1462–1469. — DOI: 10.1097/00005537-200408000-00027.
160. Manrique, M. Prospective Long-Term Auditory Results of Cochlear Implantation in Prelinguistically Deafened Children: the Importance of Early Implantation / M. Manrique, F.J. Cervera-Paz, A. Huarte, M. Molina // *Acta Otolaryngol Suppl.* — 2004. — 522:55–63. — doi: 10.1080/03655230410017148.
161. Miller, G.A. An analysis of perceptual confusions among some English consonants / G.A. Miller, P.E. Nicely // *J. Acoust. Soc. Am.* — 1955. — 27. — 338–352. — DOI:10.1121/1.1907526.

162. Moradi, M. Rehabilitation of children with cochlear implant in Iran: A scoping review / M. Moradi, M. Fallahi-Khoshknab, A. Dalvandi, M. Farhadi, S.S.B Maddah, E. Mohammadi // *Med J Islam Repub Iran*. — 2021. — 35:73. — DOI: 10.47176/mjiri.35.73.
163. Naumova, I. V. Our experience of recording the auditory steady-state responses in the patients using cochlear implant system / I. V. Naumova, A. V. Pashkov, S. V. Gadaleva, D. S. Klyachko, I. V. Zelenkova // *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. — 2019. — 18(2). — 57–63. — [https://doi.org/ 10.18692/1810-4800-2019-2-57-63](https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-2-57-63).
164. Niparko, J.K. Cochlear implants: Principles and Practices / J.K. Niparko // Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. — 2009.
165. Niparko, J.K. Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation / J.K. Niparko, E.A. Tobey, D.J. Thal, et al // *JAMA*. — 2010. — 303(15). — 1498–1506. — DOI: 10.1001/jama.2010.451.
166. Nol Swaddiwudhipong., Investigating the Electrical Properties of Different Cochlear Implants / N. Swaddiwudhipong, C. Jiang, Th. G. Landry, M. Bance // *Otology & Neurotology*, — 2021. — 42(1). — 59–67. — DOI: 10.1097/MAO.0000000000002861.
167. Okayasu, T. The distribution and prevalence of macrophages in the cochlea following cochlear implantation in the human: an immunohistochemical study using anti-Iba1 antibody / T. Okayasu, A.M. Quesnel, J.T. O'Malley, T. Kamakura, J.B, Jr. Nadol // *Otol Neurotol*. — 2020. — 41(3): e304-e316. — DOI: 10.1097/MAO.0000000000002495.
168. O'Leary, S. Relations between cochlear histopathology and hearing loss in experimental cochlear implantation / S. O'Leary, P. Monksfield, G. Kel, T. Connolly, M. Souter, A. Chang, et al // *Hear Res*. — 2013. — 298:27-35. — DOI: 10.1016/j.heares.2013.01.012.
169. Pediatric Amplification Practice Guidelines. [<http://www.audiology.org>]. American Academy of Audiology. — 2013. — 60 p.
170. Peutz V.M.A. Articulation loss of consonants as a criterion for speech transmission in a room / V.M.A. Peutz // *J. Aud. Eng. Soc*. — 1971. — 19. — 12. [https://www.semanticscholar.org/paper/Articulation-Loss-of-Consonants-as-a Criterion-](https://www.semanticscholar.org/paper/Articulation-Loss-of-Consonants-as-a-Criterion-)

for-Peutz/5fd1513180dd8cbe5f852ffdc0e7a98c8d04fb58.

171. Pradeep, V.R. A Comparative Study on the Differences between NRT and Behavioral Mapping in Cochlear Implant – A Single Case Study / V.R. Pradeep // Glob J Oto. —2017. — 9(4). — DOI: 10.19080/GJO.2017.09.555768.

172. Pützer, E. Provision of hearing technology in children and adolescents with permanent hearing loss in Germany / E. Pützer, Heike van de Sand, J. Filip, I. Schubert, U. Marschall, I. Meyer, K. Schäfer // HNO. — 2025. — 73(3). — 397–403. — <https://doi.org/10.1007/s00106-025-01617-0>.

173. Raghunandhan, S. A clinical study of electrophysiological correlates of behavioural comfort levels in cochlear implantees / S. Raghunandhan, A. Ravikumar, M. Kameswaran, K. Mandke, R. Ranjith // Cochlear implants int. —2014. — Vol. 15. — N 3. — P. 145–160. — DOI: 10.1179/1754762814Y.0000000064.

174. Robbins, A.M. The meaningful Use of Speech Scale / A.M. Robbins, M.J. Osberger // Indiana University School of Medicine. — 1992.

175. Rosa Isela Banda González. Parámetros de programación del implante coclear / R.I. B. González, S. C. Castillo, Gr. R. Lee // Bol Med Hosp Infant Mex. — 2017. — 74(1). — 65–69. — DOI: 10.1016/j.bmhime.2017.11.016.

176. Sabo, D.L. The audiologic assessment of the young pediatric patient: the clinic / D.L. Sabo // Trends Amplif. — 1999. — 4(2). — 51–60. — DOI: 10.1177/108471389900400205.

177. Sheffield, A. M. The Epidemiology of Deafness / A. M. Sheffield, R.J.H. Smith // Cold Spring Harb. Perspect. Med. — 2019, —9. — DOI: 10.1101/cshperspect. a033258.

178. Spitzer, J. B. Multi-Year Longitudinal Study of Electrode Impedance Stability / J.B. Spitzer, I. Cellum, C. Bosworth, S. Shiau, A.K. Lalwani // Curr Trends Otolaryngol Rhinol. — 2018. — DOI: 10.29011/ CTOR-131. 100031.

179. Steeneken, H. J. M. Forty years of speech intelligibility assessment (and some history) / Herman J. M // Steeneken Conference: 40 Years anniversary Institute of Acoustics. —DOI:10.25144/16282.

180. Swami, H. A study to determine factors influencing outcomes of paediatric cochlear implants / H. Swami, E. James, K. Sabrigirish, et al // Medical Journal Armed

- Forces India. — 2013. — 69(4). — 366–8. — DOI: 10.1016/j.mjafi.2012.10.008.
181. Usami, S. I. The genetic etiology of hearing loss in Japan revealed by the social health insurance-based genetic testing of 10K patients / S.I. Usami, S.Y. Nishio // *Hum. Genet.* — 2022. — 141. — 665–681. — DOI: 10.1007/s00439-021-02371-3.
182. Van der Beek, F.B. Population-based prediction of fitting levels for individual cochlear implant recipients / F. B. Van der Beek, J. J. Briare, J. Frijns // *H. Audiol. Neurotol.* — 2015. — 20. — 1–16. — DOI: 10.1159/000362779.
183. Visual Reinforcement Audiometry: Recommended Procedure. [<http://www.thebsa.org.uk>]. British Society of Audiology. — 2014. — 27 p.
184. Voiers, W.D. Diagnostic evaluation of speech intelligibility/ W.D. Voiers // *Speech Intelligibility and Speaker Recognition, Vol. 2 W.D. Benchmark papers in Acoustics*, edited by M.E. Hawley (Dowden, Hutchinson, and Ross, Stroudsburg). — 1977. — 374–384. — https://archive.org/details/DTIC_AD0755918.
185. Waltzman, S.B. Cochlear implants // S.B. Waltzman, I.T. Roland // 2nd ed. Thieme NY-Stuttgart. — 2007.
186. Wang, J. Academic, behavioural and quality of life outcomes of slight to mild hearing loss in late childhood: a population- based study / J. Wang, J. Quach, V. Sung, P. Carew, B. Edwards, A. Grobler et al. // *Arch Dis Child.* — 2019. — 104(11). — 1056–1063. — <https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-316917>.
187. Wang, J. Prevalence of Childhood Hearing Loss and Secular Trends: A Systematic Review and Meta-Analysis / J. Wang, V. Sung, P. Carew, R. A. Burt, M. Liu, Y. Wang, A. Afandi, M. Wake // *Acad Pediatr.* — 2019. — 19(5). — 504–514. — <https://doi.org/10.1016/j.acap.2019.01.010>.
188. Watkin, P. The longitudinal follow up of a universal neonatal hearing screen: the implications for confirming deafness in childhood / P. Watkin, M. Baldwin // *International Journal of Audiology.* — 2012. — 51(7) — 519–528. — DOI: 10.3109/14992027.2012.673237.
189. Wimmer, W. Cochlear Implant Electrode Impedance as Potential Biomarker for Residual Hearing / W. Wimmer, L. Sclabas, M. Caversaccio, S. Weder // *Front. Neurol.* — 2022. — 13:886171. — DOI: 10.3389/fneur.2022.886171.

190. World report on hearing. [<https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>]. World Health Organization. — 2021.
191. Yoshimura, H. Epidemiology, aetiology and diagnosis of congenital hearing loss via hearing screening of 153 913 newborns / H. Yoshimura, T. Okubo, J. Shinagawa, S.Y. Nishio, Y. Takumi, S. I. Usami // *Int. J. Epidemiol.* — 2024. — 53. — doi: 10.1093/ije/dyae052.
192. Yufeng Zuo. Tone evaluation of Ling sound test in Mandarin tone version / Y. Zuo., Y. Wang, Shu Liu, H. Yan, Lin Liu, X. Wang // *Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine.* — 2023. — 31(2). — 607-620. — DOI: 10.3233/THC-220189.
193. Zarowski, A. Prediction of Behavioral T/C Levels In Cochlear Implant Patients Based Upon Analysis of Electrode Impedances / A. Zarowski, A. Molisz, E. Cardinael, A. Vermeiren, Theunen, L. DeConinck, L. Theuwis, J. Siebert, F. E. Offeciers // *JAmAcadAudiol.* — 2020. — 31. — 674–679. — DOI [https://doi.org/ 10.1055/s-0040-1718701](https://doi.org/10.1055/s-0040-1718701). ISSN1050-0545.
194. Zehnhoff-Dinnesen, A. Endbericht zur Evaluation des Neugeborenen-Hörscreenings 2011/2012 / A. Zehnhoff-Dinnesen, M. Mansmann, A. Rieger // *Kinder-RL_Annahme_Endbericht_NHS-Bericht.* — 2023. — <https://www.g-ba.de/downloads/17-98-4329/2017-05-18>.
195. Zimmerman-Phillips, S. Assessing cochlear implant benefit in very young children / S. Zimmerman-Phillips, A. M. Robbins, M. J. Osberger // *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* — 2000. — 185:42–3. — DOI: 10.1177/0003489400109s1217.
196. Zora Jachova. Cochlear implantation in children with hearing impairment / Z. Jachova, L. Ristovska // *The Annual of the Faculty of Philosophy in Skopje. MedStar Health.* — 2022. — DOI: 10.37510/godzbo2275483j.