

ИЗМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ТЕЛЕМЕТРИИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ СЛУХОВОГО НЕРВА У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Колоколов О.В.², Мачалов А.С.^{1,3}, Кузнецов А.О.^{1,3}, Сапожников Я.М.¹, Григорьева А.А.^{2,4}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства», Москва, e-mail: aspirant.prioritet@yamdex.ru;

² Астраханский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства», Астрахань;

³ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения России, Москва;

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань

В работе проведено изучение изменений показателей телеметрии потенциала действия слухового нерва в течение 5 лет после проведения кохлеарной имплантации, представлены результаты изучения показателей телеметрии потенциала действия слухового нерва после проведения кохлеарной имплантации. Проведено ретроспективное изучение данных порогов NRT в СУ у пациентов с имплантами CI24RE на электродах 1, 6, 11, 16 и 22, полученных в результате реабилитации, проводимой на базе Астраханского филиала ФГБУ НМИЦО ФМБА России в течение 5 лет. В ходе работы отмечалась корреляция показателей NRT с картами настройки речевого процессора КИ, которые пациенты использовали после программирования сурдологом-оториноларингологом. Обследованы 14 пациентов с Nucleus CI24RE с момента проведения интраоперационного измерения потенциала действия слухового нерва и до момента проведения последней настроечной сессии системы кохлеарной имплантации. Выявлены значительные колебания уровня стимуляции для создания потенциала действия (ЕСАР) в первые 3 года после КИ с наибольшими изменениями в 1-й год, а также стабилизация необходимого уровня стимуляции в последующие 4-й и 5-й годы. Полученные данные позволяют сделать вывод о необходимости регулярного контроля состояния слухового нерва в первые 3 года с проведением коррекции карт настроек речевых процессоров в связи с тем, что имеющиеся амплитуды изменений индивидуальны и требуют персонализированного подхода.

Ключевые слова: телеметрия нервного ответа, кохлеарная имплантация, тугоухость, сенсоневральная тугоухость.

EVALUATION OF AUDITORY NERVE ACTION POTENTIAL DATA TELEMETRY OF PATIENTS WITH COCHLEAR SYSTEM IMPLANTATION

Kolokolov O.W.², Sapozhnikov Ya.M.¹, Kuznetsov A.O.^{1,3}, Machalov A.S.^{1,3}, Grigoreva A.A.^{2,4}

¹ Federal State Budgetary Institution «The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency», Moscow, e-mail: aspirant.prioritet@yamdex.ru;

² Astrakhan branch of Federal State Budgetary Institution «The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency», Astrakhan;

³ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Pirogov Russian National Research Medical University» Ministry of Health of Russian Federation, Moscow;

⁴ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Astrakhan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan

The aim is to study changes in the telemetry parameters of the action potential of the auditory nerve within 5 years after cochlear implantation. The paper presents the results of studying the telemetry indicators of the action potential of the auditory nerve after cochlear implantation. A retrospective study of these NRT thresholds in CU was carried out in patients with CI24RE implants on electrodes 1, 6, 11, 16 and 22, obtained as a result of the ongoing rehabilitation at the Astrakhan branch of the FSBI NMRCO FMBA of Russia for 5 years. In the course of the work, the correlation of NRT indices with the CI speech processor tuning maps was noted, which

patients used after programming by an audiologist-otorhinolaryngologist. We examined 14 patients with Nucleus CI24RE from the moment of the intraoperative measurement of the action potential of the auditory nerve to the moment of the last tuning session of the cochlear implantation system. Significant fluctuations in the level of stimulation to create an action potential (ECAP) were revealed in the first 3 years after CI with the greatest changes in the 1st year, as well as the stabilization of the required level of stimulation in the subsequent 4th and 5th years. The data obtained allow us to conclude that it is necessary to regularly monitor the state of the auditory nerve in the first 3 years with correction of the speech processor settings maps, due to the fact that the available amplitudes of changes are individual and require a personalized approach.

Keywords: electrically evoked compound action potential, cochlear implantation, hearing loss

Кохлеарный имплант (КИ) – это способ лечения пациентов с высокой или глубокой степенью потери слуха [1, 2]. КИ частично замещает функцию улитки, трансформирует звуковую энергию в электрический сигнал и передает его на клетки ганглия слухового нерва. В свою очередь, от количества, распределения и функционирования этих нервных клеток зависит дальнейшая эффективность использования КИ [3, 4]. Следовательно, возможность получения информации о состоянии слухового нерва и его структурах очень важна для использования КИ в процессе реабилитации [5], особенно для создания карт стимуляции прелингвально оглохших детей. Телеметрия нервного ответа (NRT) фиксирует вызванный потенциал действия (electrically evoked compound action potential, ECAP) дистальной порции слухового нерва у пациентов с КИ (Nucleus CI, Cochlear Corporation, Australia) путем использования КИ для генерации стимула и записи ответов. Потенциал действия зависит от состояния нервной ткани, количества нервных клеток, участвующих в его создании, используемого стимула, дистанции между электродной решеткой и спиральным ганглием, технологии записи реакции. ECAP обычно формируется за счет негативного пика (N1) с латентностью от 0,2 до 0,4 мс, следуя за позитивным пиком (P1). Амплитуда ответа (измеренного между N1 и P2) варьируется в зависимости от увеличения интенсивности стимула и измеряется в мкВ. Уровни ECAP могут быть использованы для определения минимумов и максимумов стимуляции, которые необходимы в программировании речевого процессора (mapping) для стимуляции электродами слухового нерва. Эти данные облегчают проведение настроечной сессии у детей и позволяют увеличить эффективность реабилитации [6], однако следует учитывать, что пороговые значения ECAP могут быть применены для оценки электрических уровней, но они не могут предсказать точные значения психофизиологических измерений. Параметры ECAP хорошо регистрируются многоканальными имплантами Nucleus CI24 с использованием серии внутриулитковых электродов. CI24 представлена 22 электродными полосами, пронумерованными от 1 до 22, где 22-й – это самый апикальный (последний). В дополнение к этим 22 имеются дополнительные экстракохлеарные электроды (MP1 и MP2), которые позволяют проводить монополярную стимуляцию; MP1 дает возможность генерировать стимул, а MP2 регистрирует реакцию слухового нерва. Использование системы телеметрии рекомендовано

интраоперационно для проверки не только целостности электродов после введения в улитку, но и в связи с тем, что седация позволяет использовать более мощные интенсивности стимуляции без признаков дискомфорта у пациента, увеличивая шанс на фиксацию реакции. Данные интраоперационной телеметрии (NRT) могут быть использованы для создания первой карты стимуляции слухового нерва. Значимая взаимосвязь между данными, полученными с помощью NRT, и уровнями восприятия звука была доказана исследованиями неоднократно, в том числе с помощью поведенческого метода оценки восприятия звука пациентом. Состоятельность применения такого объективного метода (NRT) для программирования и картирования электродов не вызывает сомнений.

Уровни ЕСАР могут быть использованы в случаях, когда пациент не способен точно определить минимальный уровень восприятия (порог чувствительности, Т-уровень), посредством поведенческих методов, поскольку предъявляемая интенсивность выше порога чувствительности. Более того, точное определение Т-уровня с помощью ЕСАР позволяет аудиологу быть уверенным, что стимуляция слышима и комфортна. Полученные данные позволяют судить о динамическом диапазоне восприятия пациента и значительно ускоряют создание карты стимуляции, в отличие от получаемых данных во время поведенческих тестов. Первые карты стимуляции (MAP) создаются во время первого подключения речевого процессора и корректируются в течение первого года использования от 3 до 5 раз, в зависимости от потребностей, и продолжают эволюционировать на протяжении всего времени использования. К изучению изменений показателей ЕСАР посредством телеметрии в течение первого года использования системы КИ проявляли интерес ряд авторов [7, 8], также наблюдалась взаимосвязь с этиологией тугоухости, временем слуховой депривации [9]. В нашем исследовании мы уделили внимание большему промежутку времени.

Цель исследования

Изучение изменений показателей телеметрии потенциала действия слухового нерва в течение 5 лет после проведения кохлеарной имплантации.

Материалы и методы исследования

Было проведено ретроспективное исследование на основе накопленных данных в базе программы Cochlear Custom Sound 5.0, содержащей в себе информацию о показателях межэлектродного сопротивления, данных AutoNRT по заданному количеству электродов, карт стимуляции (MAP) пациентов, перенесших кохлеарную имплантацию, на базе Астраханского филиала ФГБУ НМИЦО ФМБА России. В проводимое исследование были включены клинические записи у детей, которым был имплантирован многоканальный кохлеарный имплант (Nucleus Freedom, Cochlear Ltd., Australia, model CI24RE) в период с 2010 по 2016 гг. В группу вошли 14 детей в возрасте от 6 до 14 лет, критериями включения в

исследование являлись систематическое использование речевого процессора (более 8 ч в день), наличие интраоперационных данных NRT и при каждой последующей настройке системы по электродам 22, 16, 11, 6, 1, регулярное проведение настроечных сессий в течение 5 лет, не реже 1 раза в год, поддержание межэлектродного сопротивления в пределах допустимых производителем значений (от 0.7 kΩ до 20 kΩ). Для записи NRT были использованы исправные речевые процессоры с исправными внешними магнитными антеннами, связь между речевым процессором и программным интерфейсом на компьютере устанавливалась посредством программатора. Вся получаемая информация функционирования системы КИ анализировалась посредством программы Cochlear Custom Sound 5.0 (Cochlear Ltd., Australia), с помощью которой, в том числе, можно контролировать параметры стимуляции (ECAP) и записи реакции слухового нерва на стимуляцию. Измерение NRT проводилось в автоматическом режиме по 5 заданным электродам (22, 16, 11, 6, 1). Полученные абсолютные значения T-NRT, измеряемые в CU (current unit), были записаны в электронные таблицы Microsoft Excel и проанализированы. Были вычислены отклонения параметров в течение года и выполнено сравнение изменений с предыдущим, для первого случая по формуле: [Последний показатель за анализируемый год] – [Первый показатель за анализируемый год] = X, для второго: [Последний показатель за анализируемый год] – [Последний показатель за предыдущий год] = X. Также сравнивалось различие последних полученных показателей по данным NRT на 5-й год использования КИ-системы Cochlear в сравнении с первым (интраоперационным) по формуле: [Последний показатель на 5-й год] – [Интраоперационный показатель] = X. Во всех случаях изменения выражались в количестве единиц CU, которые принимают только целые значения. Для удобства применения в практике полученных результатов указаны крайние значения CU.

Результаты исследования и их обсуждение

В течение первого года после имплантации КИ отмечается снижение порога чувствительности от интраоперационного значения по всем электродам от –2 CU до –78 CU у 6 пациентов из 14 (43%), колебание значений порога чувствительности от –25 CU до +23 CU по различным электродам – у 4 (29%) пациентов, только увеличение порога – у 2 (14%) пациентов от +4 CU до +22 CU и у 2 – отсутствие его изменений (14%). Следует отметить, что в некоторых случаях колебания достигали больших значений (от –78 CU до +33 CU) и затрагивали 22-й и 6-й электроды. Во 2-й год использования снижение порога чувствительности в сравнении с первым и последним измерением в этот год было отмечено только у 2 пациентов (14%), в основной массе (11 пациентов, 79%) было отмечено колебание порога чувствительности по электродам в большую или меньшую сторону в пределах от –37 CU до +32 CU. Только у 1 пациента (7%) порог чувствительности увеличился от +3 CU до +

35 CU. Снижения порога чувствительности выявлено не было. Максимальные изменения отмечаются на 22-м и 1-м электродах. Выполнено сравнение полученных измерений последних за 1-й и 2-й годы. Уменьшение порога чувствительности по всем электродам отмечено только у 3 пациентов (21%), в остальных случаях (9 человек, 64%) отмечается колебание параметров в большую или меньшую сторону от +3 CU до -32 CU. У 2 пациентов (14%) отмечен рост порогов чувствительности к концу 2-го года после операции в сравнении с 1-м годом в пределах от +3 CU до +35 CU. Наибольшие изменения также отмечены на 1-м и 22-м электродах. В 3-й год использования только у 3 пациентов (21%) отмечено увеличение порогов чувствительности в течение года по всем электродам от +1 CU до +7 CU, колебания показателей в пределах от -18 CU до +15 CU отмечены только у 1 пациента (7%), у 10 человек (71%) изменений в течение года не отмечено или было выполнено только 1-кратное проведение телеметрии. В сравнении со 2-м годом в 3-м году у 7 пациентов пороги чувствительности стали выше (50%), уменьшились они только у 1 (7%), в остальных случаях (6; 43%) по электродам наблюдались колебания в большую или меньшую сторону в пределах от -36 CU до +38 CU. Сохраняется наибольшая динамика по 1-му и 22-му электродам. В 4-й год роста порога чувствительности в течение года не было отмечено ни у одного пациента, снижение порога – только у 1 (7%), в остальных случаях (93%) изменений не было отмечено ввиду либо отсутствия, либо наличия 1 сеанса настроечной сессии. В сравнении с 3-м годом в 4-м году увеличение порогов было отмечено только у 1-ого пациента (7%), снижение порога – у 2 (14%), у 8 (57%) – колебание порогов от -39 CU до +41 CU. В остальных случаях (5; 36%), изменений не выявлено. В 5-й год изменений порога чувствительности в течение года не было выявлено в сравнении с предыдущим годом, 4-м, колебания значений в пределах от -4 CU до +11 CU – у 4 пациентов, увеличение порогов – только у 1 пациента (7%) от +3 до +9 CU, уменьшение порога – у 1 (7%) до -6 CU. В остальных случаях различий порогов чувствительности между 4-м и 5-м годом нет (8; 57%). При сравнении изменений порогов с интраоперационным и последним измеренным на 5-й год после операции показателем отмечено увеличение порогов только у 4 пациентов (29%) от +8 CU до +33 CU, колебания порогов от -48 CU до +20 CU – у 7 пациентов (50%), снижение порога – у 1 пациента от -99 CU до -15 CU (22-й и 16-й электроды), у 3 (21%) пациентов значимых изменений не было выявлено. Полученные данные подтверждают необходимость периодического проведения телеметрии потенциала действия (NRT) в клинической практике для уточнения реадaptации и восстановления волокон слухового нерва после проводимой стимуляции. У некоторых пациентов в нашем исследовании во время интраоперационной телеметрии на части электродов не было зарегистрировано потенциала действия в ответ на стимуляцию, однако он был зарегистрирован в послеоперационный период, либо

интенсивность ответа значительно изменилась. Этот факт может свидетельствовать о тенденции восстановления функции слухового нерва после постоянного использования кохлеарного импланта, что можно связать с существующей гипотезой изменения синаптической активности и усиления трофики слуховых нервов, что было также обнаружено и другими исследователями [8]. В результате таких изменений происходит более эффективная синхронизация нервных волокон, активируется первичный нейрон и сокращается период запуска последующих нейронов.

По результату обработки полученных данных можно сделать вывод, что изменения параметров ЕСАР могут достигать больших значений (от -99 CU до $+41$ CU), наибольшие отклонения отмечаются в течение 1-го года после имплантации, интенсивность несколько снижается в последующие 2-й и 3-й годы, как и изменения между годами, на 4-й и 5-й год отклонения в течение года и в сравнении с прошлым значительно уменьшаются или отсутствуют, параметры ЕСАР стабилизируются. В 1-й год у 43% пациентов отмечается снижение порога ЕСАР по отношению к интраоперационным данным, у 29% пациентов наблюдается колебание параметров в большую или меньшую сторону по электродам. Во 2-й год значительно растет количество пациентов (79%), у которых нет однозначного направления изменений параметров стимуляции для вызова потенциала действия на всех электродах. В сравнении с 1-м годом во 2-м году в 64% случаев также нет однозначного вектора изменений показателей. В 3-й год значительно возрастает доля пациентов, у которых значимых изменений в течение года нет (71%), а том числе по причине проведения всего одного измерения, однако в целом у 50% больных в сравнении с предыдущим годом пороги несколько выросли. В 4-й и 5-й год продолжает увеличиваться число пациентов, у которых не выявлено каких-либо значимых изменений в течение года (до 93% в 4-м и до 100% в 5-м году), в 57% случаев нет изменений и между годами, наблюдается стабилизация параметров. В целом за 5 лет использования системы КИ только у 29% пациентов отмечается рост порога NRT, у 50% больных показатели по каждому электроду менялись в большую или меньшую сторону. В нашем исследовании была отмечена тенденция к наибольшим изменениям в абсолютных значениях с течением времени на крайних электродах (1-м и 22-м), показатели на 11-м электроде наиболее стабильны, 6-й и 16-й подвержены изменениям, но амплитуда таких изменений, как правило, ниже, чем на 1-м и 22-м электродах. Полученные данные мы связываем с расположением электродов в улитке. Наличие больших колебаний параметров ЕСАР обуславливает необходимость коррекции карт стимуляции слухового нерва (MAP) в рекомендуемые периоды и объясняет изменение чувствительности пациентов к определенным звуковым и речевым сигналам.

Результаты нашего исследования показали важность интраоперационного измерения

NRT, которая является простой и быстрой процедурой, позволяющей судить о состоянии слухового нерва вообще и контролировать его состояние в течение последующей реабилитации. Более того, метод телеметрии нервного ответа позволяет проводить программирование речевого процессора кохлеарного импланта сразу после операции и в дальнейшем. Периодическое измерение ЕСАР дает возможность глубже понять физиологию нерва пациента и может помочь создать более эффективные стратегии кодирования стимуляции и более эффективно проводить реабилитацию для каждого пациента.

Выводы

1. Проведение телеметрии нервного ответа NRT как в момент операции, так и в последующее время при проведении коррекции карт стимуляции слухового нерва позволяет получить достоверные данные о функциональном состоянии волокон слухового нерва и оценить уровень необходимой стимуляции для создания слуховых ощущений на каждом тестируемом электроде.
2. Полученные данные подчеркивают необходимость обязательного посещения проимплантированными пациентами врача сурдолога-оториноларинголога для коррекции карты стимуляции. Наиболее оптимальной схемой посещения врача сурдолога-оториноларинголога с целью коррекции карты стимуляции кохлеарных имплантов является следующая: 1-й год – 4 раза, 2-й год – 3 раза, 3-й год – 2 раза, 4–5-й год и последующие – 1–2 раза.
3. В процессе программирования речевого процессора должны создаваться карты, способные компенсировать имеющиеся колебания параметров до момента консультации врача сурдолога-оториноларинголога и позволяющие пациенту самостоятельно подбирать одну из загруженных программ, которая обеспечит комфортное восприятие звуков. Особое внимание при корректирующем программировании следует уделять 1-му и 22-му электродам, а также к близлежащим к ним, поскольку колебания по данным электродам, как правило, значительны и трудно предсказуемы, что в конечном итоге приводит к нарушению звуковосприятия.

Список литературы

1. Guedes M.C., Brito Neto R.V., Gomez M.V. Neural response telemetry measures in patients implanted with Nucleus 24. Braz. J. Otorhinolaryngol. 2005. no.71(5). P. 660-667. DOI: 10.1016/s1808-8694(15)31271-4.
2. Диаб Х.М, Дайхес Н.А., Каибов А.А., Пашинина О.А., Мачалов А.С. Местная анестезия в хирургическом лечении пациентов с отосклерозом с IV степенью тугоухости и

глухотой // Рос. оториноларингология. 2020. №2(105). С. 28-38. DOI: 10.18692/1810-4800-2020-2-28-37.

3. Tanamati L.F., Bevilacqua M.C., Costa O.A. Longitudinal study of the ecap measured in children with cochlear implants. Braz J Otorhinolaryngol. 2009. no.75(1). P.90-96. DOI: 10.1016/s1808-8694(15)30837-5.

4. Колоколов О.В., Кузнецов А.О., Мачалов А.С., Григорьева А.А. К вопросу истории модернизации стратегий кодирования звукового сигнала системами кохлеарной имплантации // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. 2018. Vol. 20. No 12. С.82-86. DOI: 10.26787/nydha-2226-7425-2018-20-12-82-86.

5. Carvalho B., Hamerschmidt R., Wiemes G.. Intraoperative Neural Response Telemetry and Neural Recovery Function: a Comparative Study between Adults and Children. Int. Arch Otorhinolaryngol. 2015. no.19(1). P.10-15. DOI: 10.1055/s-0034-1372509.

6. Мачалов А.С. Вестибулярный синдром после кохлеарной имплантации // Научно-практический журнал «Врач аспирант». 2014. № 6(67). С. 90-95.

7. Laila M. Telmesania, Nithreen M.Said. Electrically evoked compound action potential (ECAP) in cochlear implant children: Changes in auditory nerve response in first year of cochlear implant use. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology. 2019 Vol. 82. P.28-33. DOI: 10.1016/j.ijporl.2015.12.027.

8. Gomes de Moura A.C., Schmidt Goffi-Gomez M.V., Vieira Couto M.I., Brito R., Robinson K.T., Befi-Lopes D.M., Matas C.G., Bento R.F.. Longitudinal Analysis of the Absence of Intraoperative Neural Response Telemetry in Children using Cochlear Implants. Int.. Int. Arch Otorhinolaryngol 2014. no.18(04). P.362-368. DOI: 10.1055/s-0034-1372510.

9. Roehm P. C., Hansen M. R. Strategies to preserve or regenerate spiral ganglion neurons. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg 2005. no.13(5). P.294-300. DOI: 10.1097/01.moo.0000180919.68812.b9.