

© Team of authors, 2024 / © Коллектив авторов, 2024

3.1.3. Otorhinolaryngology, 3.3.3. Pathological physiology / 3.1.3. Оториноларингология, 3.3.3. Патологическая физиология

Relationship between speech intelligibility, maximum comfort levels, and evoked compound action potential thresholds in patients with cochlear implants

A.V. Pashkov^{1,2}, I.V. Naumova¹, A.E. Pashkova¹, K.I. Voevodina¹, V.I. Popadyuk³¹НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» Минобрнауки России, Москва, Россия²ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия³Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Contacts: Ksenia Igorevna Voevodina – e-mail: ksuvoko@mail.ru

Взаимосвязь показателей разборчивости речи, уровней максимального комфорта и порогов регистрации потенциала действия слухового нерва у пациентов с кохлеарными имплантами

А.В. Пашков^{1,2}, И.В. Наумова¹, А.Е. Пашкова¹, К.И. Воеводина¹, В.И. Попадюк³¹НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» Минобрнауки России, Москва, Россия²ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия³Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

Контакты: Воеводина Ксения Игоревна – e-mail: ksuvoko@mail.ru

言语清晰度、最大舒适水平以及植入耳蜗患者诱发的复合动作电位阈值之间的关系

A.V. Pashkov^{1,2}, I.V. Naumova¹, A.E. Pashkova¹, K.I. Voevodina¹, V.I. Popadyuk³¹Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Scientific and Clinical Center No. 2, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky, Moscow, Russia²Central State Medical Academy of Department for Presidential Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia³Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

通讯作者: Ksenia Igorevna Voevodina – e-mail: ksuvoko@mail.ru

Introduction. The study compared the values of maximum comfort levels and Electrically Evoked Compound Action Potential (ECAP) thresholds in deaf patients after cochlear implantation (CI). Patients with high speech intelligibility were selected for examination. The relationship between the values of the registration ECAP thresholds and the values of the maximum comfortable level of stimulation is revealed.

Purpose of the study. Evaluation of the relationship between the values and configuration of maximum comfort levels of electrical stimulation of the auditory nerve and the ECAP thresholds in patients with high speech intelligibility after cochlear implantation.

Material and methods. Thirty-nine patients with bilateral sensorineural deafness between 6 and 12 years of age were included (Me=9.4). Thirty (76.9%) patients underwent sequential CI on both sides. In 23.1% of cases (n=9) CI was performed on one side. Auditory compound action potentials (ECAPs) were recorded in all subjects, and the threshold values were compared with the Maximum Comfortable Levels (MCLs).

Results. In all patients with good auditory and verbal skills development (speech intelligibility Me=91.08%), a statistically significant relationship between ECAP thresholds and MCL values was established on all channels of the electrode array. Analysis of the configuration of median MCL values (Me MCL) and electrically evoked ECAP thresholds (Me ECAP) revealed the concordance of the profile of both curves.

Conclusion. The use of the most comfortable level fitting profile for CI recipients, created on the basis of registered ECAP thresholds, is a promising approach, especially at the initial stage of auditory rehabilitation. The dynamics of changes in thresholds (stimulation levels) depends on several additional factors that should be considered in the process of auditory and speech rehabilitation.

Key words: hearing loss, deafness, cochlear implantation, speech rehabilitation, speech audiometry, cochlear implant fitting

Conflicts of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding. There was no funding for this study.

For citation: Pashkov A.V., Naumova I.V., Pashkova A.E., Voevodina K.I., Popadyuk V.I. Relationship between speech intelligibility, maximum comfort levels, and evoked compound action potential thresholds in patients with cochlear implants. *Head and neck. Russian Journal.* 2024;12(2):80–85

Doi: 10.25792/HN.2024.12.2.80-85

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

В исследовании проведено сравнение показателей уровней максимального комфорта уровня электростимуляции слухового нерва (MCL) и порогов регистрации электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (ЕСАР) в группе пациентов с глухотой после операции кохлеарной имплантации (КИ). Были отобраны пациенты с высокими показателями разборчивости речи, что является критерием эффективной настройки процессора системы КИ. Выявлена связь между значениями порогов регистрации (ЕСАР) и значениями MCL, что определяет конфигурацию настроечной карты процессора.

Цель исследования. Оценка взаимосвязи значений и конфигурации уровней MCL и порогов регистрации ЕСАР у пациентов с высокими показателями разборчивости речи после КИ.

Материал и методы. Тридцать девять пациентов с двусторонней сенсоневральной глухотой в возрасте от 6 до 12 лет (Me=9,4). Тридцать (76,9%) пациентам была проведена последовательная КИ с двух сторон. В 9 (23,1%) КИ была проведена с одной стороны. У всех испытуемых регистрировали ЕСАР и сравнивали значения порогов возникновения с параметрами MCL.

Результаты. У всех пациентов с хорошим развитием слухоречевых навыков (разборчивость речи Me=91,08%) установлена статистически значимая связь между пороговыми значениями ЕСАР и MCL на всех каналах электродной решетки. Анализ конфигурации медианных значений MCL (Me MCL) и порогов электрически вызванного ЕСАР (Me ЕСАР) выявил совпадение профиля обеих кривых.

Заключение. Применение профиля настройки MCL пациентам с КИ, созданного на основе зарегистрированных порогов ЕСАР, является перспективным подходом, особенно на начальном этапе слухоречевой реабилитации. Динамика изменений пороговых значений (уровней стимуляции) зависит от ряда дополнительных факторов, которые необходимо учитывать в процессе слухоречевой реабилитации пациента.

Ключевые слова: тугоухость, глухота, кохлеарная имплантация, слухоречевая реабилитация, речевая аудиометрия, настройка процессора

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования. Пашков А.В., Наумова И.В., Пашкова А.Е., Воеводина К.И., Попадюк В.И. Взаимосвязь показателей разборчивости речи, уровней максимального комфорта и порогов регистрации потенциала действия слухового нерва у пациентов с кохлеарными имплантами. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2024;12(2):80–85

Doi: 10.25792/HN.2024.12.2.80-85

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

简介：该研究比较了耳聋患者在人工耳蜗植入(CI)后最大舒适水平的值和通过电刺激诱发的复合动作电位(ЕСАР)阈值。选择了语言理解能力高的患者进行检查。揭示了记录ЕСАР阈值的值与最大舒适刺激水平值之间的关系。

研究目的：评估耳聋患者在人工耳蜗植入后，通过电刺激听觉神经的最大舒适水平的值和配置与ЕСАР阈值之间的关系。

材料与方​​法：纳入了39名年龄在6至12岁之间的双侧感音神经性聋患者（中位数为9.4岁）。其中30名（76.9%）患者先后在两侧进行了CI。在23.1%的病例中（n=9），CI在一侧进行。在所有受试对象中记录了听觉复合动作电位(ЕСАР)，并将阈值与最大舒适水平（MCL）进行了比较。

结果：在所有听觉和语言技能发展良好的患者中（语言理解能力中位数为91.08%），在电极阵列的所有通道上建立了ЕСАР阈值和MCL值之间的统计学显著关系。对中位MCL值（Me MCL）和电刺激诱发的ЕСАР阈值（Me ЕСАР）的配置分析揭示了两​​者曲线的一致性。

结论：在听觉康复的初期阶段，基于记录的ЕСАР阈值创建最舒适水平的适配配置用于CI接受者是一种有前途的方法。阈值（刺激水平）变化的动态取决于几个额外因素，这些因素在听觉和语音康复过程中应予以考虑。

关键词：听力损失，耳聋，人工耳蜗植入，语言康复，语音听力测验，人工耳蜗适配。

利益冲突：作者没有需要声明的利益冲突。

资金来源：本研究没有资金支持。

引用本文: Pashkov A.V., Naumova I.V., Pashkova A.E., Voevodina K.I., Popadyuk V.I. Relationship between speech intelligibility, maximum comfort levels, and evoked compound action potential thresholds in patients with cochlear implants. *Head and neck. Russian Journal.* 2024;12(2):80–85

Doi: 10.25792/HN.2024.12.2.80-85

作者负责所呈现数据的原创性以及可能发布的插图材料——表格、图纸、患者照片的可发布性。

Введение

Разборчивость речи у пациентов с глухотой после операции кохлеарной имплантации (КИ) является ключевым индикатором эффективности данного вмешательства [1]. Данный показатель зависит от множества факторов: возраст проведения КИ, продолжительность глухоты, этиология, уровень развития когнитивных и слухоречевых навыков [2, 3]. Дополнительное влияние на разборчивость речи оказывают характеристики расположения электрода импланта, такие как глубина и полнота введения [4, 5]. В ряде случаев для улучшения разборчивости речи необходимо учитывать расположение электродных контактов по отношению к соответствующим частотным областям кортиева органа [6, 7]. Настройка процессора КИ, создание индивидуальной настроечной программы прослушивания (карты) определяют параметры звуковосприятия, что напрямую влияет на разборчивость речи [8, 9]. Оптимально созданная карта процессора позволяет пациенту воспринимать звуки различной частоты в пределах т.н. динамического диапазона – минимального (пороговый уровень стимуляции, при котором у пациента возникают слуховые ощущения) и максимальных значений электрической стимуляции слухового нерва (уровень максимального комфорта, MCL – Maximum Comfortable Levels), установленных отдельно для каждого канала стимуляции системы КИ. Неоптимально установленные параметры этих значений снижают показатели восприятия речевого материала [10–14]. Недостаточный уровень MCL снижает звуковосприятие, а чрез-

мерный может привести к дискомфортным ощущениям, вплоть до болевых, а дальнейшее использование такой карты также приведет к снижению разборчивости речи. Низкие пороговые уровни стимуляции не позволяют воспринимать тихие звуки, а высокие значения данного параметра делают громкими фоновые шумы, что снижает разборчивость речи. Принято считать, что оптимально установленные параметры динамического диапазона позволяют воспринимать тональные стимулы в свободном звуковом поле (тональная пороговая аудиометрия) в диапазоне 20–30 децибел (дБ) нормального порога слуха (нПс) [15, 16].

Множество исследований посвящено использованию результатов регистрации потенциала действия слухового нерва (ЕСАР – Electrically Evoked Compound Action Potential) как пособия для создания конфигурации настроечной карты [17–22]. ЕСАР представляет собой вызванный ответ слухового нерва на электростимуляцию, который регистрируют с помощью соответствующего модуля программного обеспечения системы КИ. Несмотря на то что авторы исследований указывают на слабую корреляцию значений уровней стимуляции карты и порогов ЕСАР, сама конфигурация настроечной карты может быть использована для программирования процессора [23–25].

Цель исследования. Целью нашего исследования являлась оценка взаимосвязи значений и конфигурации уровней MCL и порогов регистрации ЕСАР у пациентов с высокими показателями разборчивости речи после КИ.

Материал и методы

В исследование включены данные 39 пациентов с двусторонней сенсоневральной глухотой – пользователей системы КИ Med-El (Австрия) в возрасте от 6 до 12 лет (Me=9,4; 75 перцентиль); среди них девочек – 23 (59%), мальчиков – 16 (41%). Большую часть наблюдений – 30 (76,9%), составили пациенты, которым была проведена последовательная КИ с двух сторон. В 9 (23,1%) случаях КИ была проведена с одной стороны. По опыту использования системы КИ (на момент исследования) пациенты были разделены на 2 группы: больше 3 лет – 15 (38,5%) и больше 5 лет – 24 (61,5%) (рис. 1).

Все дети имели достаточное развитие слухоречевых навыков и посещали дошкольные и школьные общеобразовательные учреждения. Разборчивость речи находилась в диапазоне от 80 до 99% (Me=91,08; 85 перцентиль). Усиление микрофона процессора по умолчанию во всех наблюдениях составляло 90%. Критериями невключения в анализ являлись аномалия развития улитки, перенесенная ранее менингококковая инфекция, неполное введение в улитку электродной решетки либо деактивация одного или нескольких электродов, высокие значения (более 20 килоом) межэлектродного сопротивления.

В начале исследования всем пациентам проводили речевую аудиометрию с речевым процессором в свободном звуковом поле. Исследование проводили в тихой обстановке, с уровнем фонового шума менее 50 дБ уровня звукового давления. Речевой

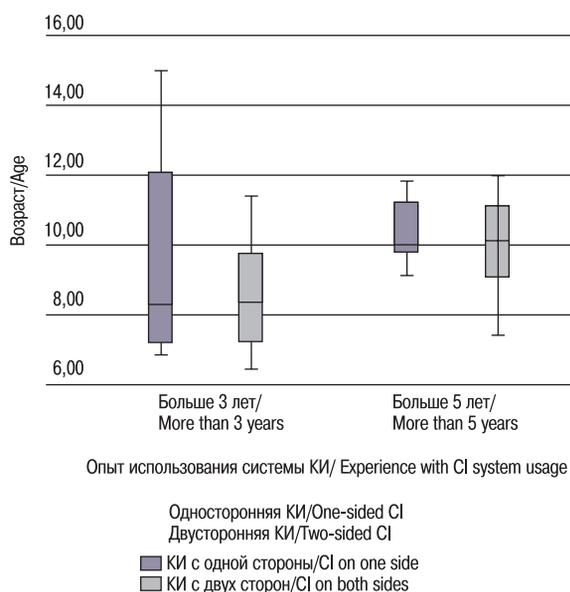


Рис. 1. Распределение наблюдений в зависимости от возраста и слухового опыта

Figure 1. Distribution of observations according to age and auditory experience

материал интенсивностью 65 дБ уровня звукового давления подавали через звуковые колонки – громкоговорители, расположенные под углом 45° на расстоянии 1 метра от микрофона РП. В качестве речевого материала использовали батарею тестов, предъявляемую в открытом выборе, в соответствии с возрастом испытуемого (А.М. Ошерович, 1965, в редакции Е.И. Риехакайнен, 2019). Затем всем испытуемым проводили регистрацию ЕСАР и сравнение значений порогов возникновения с параметрами MCL.

Статистический анализ проводили с помощью программы IBM® Статистический пакет социальных наук (SPSS Statistics New Seas Subscription)® версия 25.0.0. Проверку выборок на нормальность распределения проводили с помощью тестов Смирнова–Колмагорова и Шапиро–Уилка $p\text{-value} \geq 0,05$. Критерий однородности дисперсии проверяли с помощью статистики Ливиня. Для установления наличия или отсутствия связи между порогами ЕСАР и значениями MCL вычисляли критерий знаковых рангов Вилкоксона для двух связанных выборок, а также применяли двухфазный ранговый дисперсионный анализ Фридмана для связанных выборок $p\text{-value} \leq 0,05$.

Результаты

У всех 39 наблюдаемых пациентов с хорошим развитием слухоречевых навыков (разборчивость речи $Me=91,08$; 85 процентиль) установлена статистически значимая связь между пороговыми значениями ЕСАР и уровнями MCL на всех 12 электродах электродной решетки. Анализ конфигурации медианных значений максимально комфортных уровней стимуляции (Me MCL) и порогов электрически вызванного ЕСАР (Me ECAP) выявил совпадение профиля обеих кривых (рис. 2).

Наибольшая вариабельность значений отмечена для 1 канала системы (апикальное расположение электродного массива). Поскольку в задачи исследования входила только оценка значений и взаимоотношения конфигураций двух параметров (ЕСАР и MCL), мы не оценивали разность параметров для прогнозирования характеристик оптимальной настроечной карты, т.к. на значения MCL также оказывают влияние такие факторы, как межэлектродное сопротивление, этиология глухоты, скорость стимуляции (стратегия кодирования), ширина импульса, двусторонняя установка системы КИ и т.д.

Обсуждение

Идея применения объективных тестов, не требующих субъективной оценки пациентом своих слуховых ощущений для настройки процессора, является привлекательной ввиду большой доли среди пользователей КИ детей младшего возраста, а также лиц с сочетанной неврологической патологией или когнитивными нарушениями. По сравнению с другими объективными методами диагностики, которые можно использовать для настройки процессора (регистрация электрически вызванного стапедального рефлекса, регистрация электрически вызванных слуховых коротколатентных или корковых потенциалов мозга), методика регистрации ЕСАР не требует применения дополнительного оборудования и занимает существенно меньше времени, что критически важно для переносимости процедуры настройки пациентами. Данные предпосылки обосновывают перспективность изучения различных аспектов применения регистрации ЕСАР в процессе реабилитации пациентов после КИ. Результаты, полученные в ходе данного исследования, показывают возможность применения конфи-

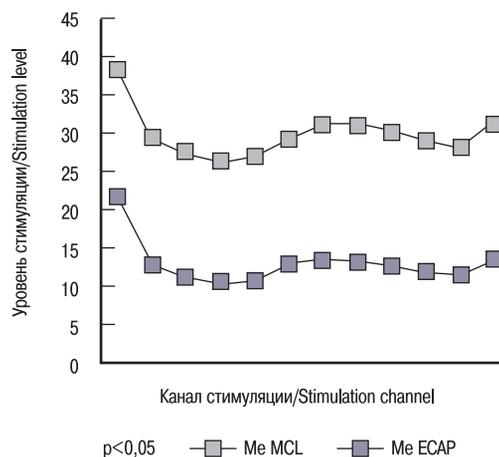


Рис. 2. Взаимосвязь медианных значений максимально комфортного уровня стимуляции (Me MCL) и порогов электрически вызванного потенциала действия слухового нерва (Me ECAP)

Figure 2. Relationship between median values of the maximum comfortable stimulation level (Me MCL) and thresholds of the electrically evoked compound action potential of the auditory nerve (Me ECAP)

гурации (профиля) зарегистрированных порогов ЕСАР для создания оптимальной настроечной карты [26–29]. Полученные данные перекликаются с результатами других исследований [9], в которых показана клиническая значимость применения профиля порогов регистрации ЕСАР для программирования процессора КИ.

Заключение

Применение профиля максимально комфортных уровней стимуляции созданного на основе зарегистрированных порогов ЕСАР является перспективным подходом, особенно на начальном этапе слухоречевой реабилитации после операции КИ. Динамика изменений пороговых значений (уровней стимуляции) зависит от ряда дополнительных факторов, изучение которых не входило в задачи данного исследования. В работе были проанализированы данные пациентов с высокими показателями реабилитации (по данным тестов речевой аудиометрии), что также указывает на эффективность подхода к созданию профиля настроечной карты процессора на основании теста регистрации ЕСАР.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Таварткиладзе Г.А. и др. Раннее выявление и коррекция нарушений слуха у детей первых лет жизни. 2010. https://audiology.ru/wp-content/uploads/2017/08/Screening_2011.pdf. [Tavartkiladze G.A. et al. Early detection and correction of hearing disorders in children of the first years of life. 2010. https://audiology.ru/wp-content/uploads/2017/08/Screening_2011.pdf. (In Russ.)].
2. Kaandorp M.W., et al. Lexical-access ability and cognitive predictors of speech recognition in noise in adult cochlear implant users. *Trends in Hearing*. 2017;21:2331216517743887. Doi: 10.1177/2331216517743887.
3. Kaandorp M.W., et al. The influence of lexical-access ability and vocabulary knowledge on measures of speech recognition in noise. *Int. J. Audiol.* 2016;55(3):157–67. Doi: 10.3109/14992027.2015.1104735.

4. Holden L.K., et al. Evaluation of a new algorithm to optimize audibility in cochlear implant recipients. *Ear and hearing*. 2019;40(4):990. Doi: 10.1097/AUD.0000000000000680.
5. Stronks H.C., et al. *SoftVoice Improves Speech Recognition and Reduces Listening Effort in Cochlear Implant Users*. *Ear and Hearing*. 2021;42(2):381–92. Doi: 10.1097/AUD.0000000000000928.
6. Fu Q.J., Nogaki G., Galvin J.J. Auditory training with spectrally shifted speech: implications for cochlear implant patient rehabilitation. *J. Assoc. Res. Otolaryngol.* 2005;6(2):180–9. Doi: 10.1007/s10162-005-5061-6.
7. Nogaki G., Fu Q.J., Galvin III J.J. The effect of training rate on recognition of spectrally shifted speech. *Ear and Hearing*. 2007;28(2):132. Doi: 10.1097/AUD.0b013e3180312669.
8. Busby P.A., Arora K. Effects of threshold adjustment on speech perception in nucleus cochlear implant recipients. *Ear and Hearing*. 2016;37(3):303–11. Doi: 10.1097/AUD.0000000000000248.
9. Rakszawski B., et al. The effects of preprocessing strategies for pediatric cochlear implant recipients. *J. Am. Acad. Audiol.* 2016;27(02):85–102. Doi: 10.3766/jaaa.14058.
10. Nunn T.B., et al. A systematic review of the impact of adjusting input dynamic range (IDR), electrical threshold (T) level and rate of stimulation on speech perception ability in cochlear implant users. *Int. J. Audiol.* 2019;58(6):317–25. Doi: 10.1080/14992027.2018.1564844.
11. Baudhuin J., et al. Optimization of programming parameters in children with the advanced bionics cochlear implant. *J. Am. Acad. Audiol.* 2012;23(05):302–12. Doi: 10.3766/jaaa.23.5.2.
12. Янов Ю.К. и соавт. Способ настройки параметров работы речевого процессора системы кохлеарной имплантации. Патент №RU2325142C1 от 27.05.2008 г. [Yanov Y.K. et al. A method for configuring the parameters of the speech processor of the cochlear implantation system. Patent No. RU2325142C1 from May 27, 2008. (In Russ.)].
13. Martins K.V.C., Goffi-Gomez M.V.S. The influence of stimulation levels on auditory thresholds and speech recognition in adult cochlear implant users. *Cochlear Implants Int.* 2021;22(1):42–8. Doi: 10.1080/14670100.2020.1822495.
14. Donaldson G.S., Allen S.L. Effects of presentation level on phoneme and sentence recognition in quiet by cochlear implant listeners. *Ear and Hearing*. 2003;24(5):392–405. Doi: 10.1097/01.AUD.0000090340.09847.39.
15. de Graaff F., et al. Relationship between speech recognition in quiet and noise and fitting parameters, impedances and ECAP thresholds in adult cochlear implant users. *Ear and Hearing*. 2020;41(4):935–47. Doi: 10.1097/AUD.0000000000000814.
16. Martins K.V.C., et al. Do the minimum and maximum comfortable stimulation levels influence the cortical potential latencies or the speech recognition in adult cochlear implant users? *Hear. Res.* 2021;404:108206. Doi: 10.1016/j.heares.2021.108206.
17. de Vos J.J., et al. Use of electrically evoked compound action potentials for cochlear implant fitting: a systematic review. *Ear and Hearing*. 2018;39(3):401–11. Doi: 10.1097/AUD.0000000000000495.
18. van Eijl R.H.M., et al. Systematic review of compound action potentials as predictors for cochlear implant performance. *Laryngoscope*. 2017;127(2):476–87. Doi: 10.1002/lary.26154.
19. Клячко Д.С. и др. Электрически вызванный потенциал действия слухового нерва. Обзор литературы. *Российская оториноларингология*. 2018;4(95):99–120. [Klyachko D.S. et al. The electrically evoked action potential of the auditory nerve. Literature review. *Rossiiskaja otorinolaringologija*. 2018;4(95):99–120 (In Russ.)].
20. James C.J., et al. An investigation of input level range for the nucleus 24 cochlear implant system: speech perception performance, program preference, and loudness comfort ratings. *Ear and Hearing*. 2003;24(2):157–74. Doi: 10.1097/01.AUD.0000058107.64929.D6.
21. Holden L.K., et al. Optimizing the perception of soft speech and speech in noise with the Advanced Bionics cochlear implant system. *Int. J. Audiol.* 2011;50(4):255–69. Doi: 10.3109/14992027.2010.533200.
22. Theelen-van den Hoek F.L., et al. Adjustments of the amplitude mapping function: Sensitivity of cochlear implant users and effects on subjective preference and speech recognition. *Int. J. Audiol.* 2016;55(11):674–87. Doi: 10.1080/14992027.2016.1202454.
23. Botros A., Psarros C. Neural response telemetry reconsidered: I. The relevance of ECAP threshold profiles and scaled profiles to cochlear implant fitting. *Ear and Hearing*. 2010;31(3):367–79. Doi: 10.1097/AUD.0b013e3181c9fd86.
24. Botros A., Psarros C. Neural response telemetry reconsidered: II. The influence of neural population on the ECAP recovery function and refractoriness. *Ear and Hearing*. 2010;31(3):380–91. Doi: 10.1097/AUD.0b013e3181cb41aa.
25. Potts L.G., et al. Relation between neural response telemetry thresholds, T- and C-levels, and loudness judgments in 12 adult nucleus 24 cochlear implant recipients. *Ear and Hearing*. 2007;28(4):495–511. Doi: 10.1097/AUD.0b013e31806dc16e.
26. Kovalenko A.N., Kastyro I.V., Reshetov I.V., Popadyuk V.I. Study of the Role of Hearing Aid on the Area of the Acoustic Field of Vowels. *Doklady. Biochem. Biophys.* 2021;497(1):108–11.
27. Коваленко А.Н., Кастыро И.В., Попадюк В.И., Востриков А.М., Шевелева В.А., Клейман В.К., Шаламов К.П., Торшин В.И. Динамика показателей акустических треугольников гласных звуков у пациентов, страдающих длительным нарушением слуха. *Вестник оториноларингологии*. 2021;86(5):17–21. (Kovalenko A.N., Kastyro I.V., Popadyuk V.I., et al. Dynamics of vowel acoustic space indicators in patients with long-term hearing loss. *Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2021;86(5):17–21. [In Russ.]
28. Kastyro I.V., Kovalenko A.N., Torshin V.I., et al. Changes to voice production caused by long-term hearing loss (HL). // *Models and Analysis of Vocal Emissions for Biomedical Applications – 11th International Workshop, MAVEDA 2019*. 2019. P. 241–4.
29. Kovalenko A.N., Kastyro I.V., Torshin V.I., et al. Comparison of immediate effects of vocal breathing exercises and physical exercises on heart rate variability in healthy students. *Models and Analysis of Vocal Emissions for Biomedical Applications – 11th International Workshop, MAVEDA 2019*. 2019. P. 245–8.

Поступила 28.06.2022

Получены положительные рецензии 15.08.23

Принята в печать 05.10.23

Received 28.06.2022

Positive reviews received 15.08.23

Accepted 05.10.23

Вклад авторов. Пашков А.В. — концепция исследования, написание текста, сбор, анализ, интерпретация данных, обработка материала, научное редактирование, оформление библиографии. Наумова И.В. — концепция исследования, написание текста, анализ, интерпретация данных, оформление библиографии. Пашкова А.Е. — концепция исследования, написание текста, анализ и интерпретация данных, техническое редактирование, подготовка статьи. Воеводина К.И. — техническое редактирование, сбор данных, подготовка статьи. Попадюк В.И. — обработка материала, сбор данных, оформление библиографии.

Contribution of the authors. A.V. Pashkov – research concept, text writing, collection, analysis, interpretation of data, material processing, scientific editing, reference list compilation. I.V. Naumova – research concept, text writing, data analysis, interpretation, reference list compilation. A.E. Pashkova – research concept, text writing, data analysis and interpretation, technical editing, article preparation. K.I. Voevodina – technical editing, data collection, article preparation. V.I. Popadyuk – material processing, data collection, reference list compilation.

Информация об авторах:

Пашков А.В. — д.м.н., руководитель отдела оториноларингологии и сурдологии отдела оториноларингологии и сурдологии НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Адрес: 119435, Москва, Абрикосовский пер., д. 2, профессор кафедры оториноларингологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УДП РФ. Адрес: 121359, Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, тел: +79167404204, E-mail: avpashkov.mail@gmail.com, Orcid: 0000-0002-3197-2879

Наумова И.В. — к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела оториноларингологии и сурдологии НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Адрес: 119435, Москва, Абрикосовский пер., д.2, тел: +79166844447, E-mail: irinanaumova22@gmail.com, Orcid: 0000-0002-0559-4878

Пашкова А.Е. — научный сотрудник отдела оториноларингологии и сурдологии НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Адрес: 119435, Москва, Абрикосовский пер., д.2; тел. +79169095376, E-mail: aepashkova@yandex.ru, Orcid: 0000-0002-2404-8477

Воеводина К.И. — лаборант отдела оториноларингологии и сурдологии НКЦ №2 «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Адрес: 119435, Москва, Абрикосовский пер., д.2; тел: +79776175215, E-mail: ksuvoko@mail.ru, Orcid: 0000-0002-0249-1662

Попадюк В.И. — д.м.н. заведующий кафедрой оториноларингологии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы. Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; E-mail: lorval04@mail.ru, Orcid: 0000-0003-3309-4683.

Information about the authors:

Aleksandr V. Pashkov — Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Otorhinolaryngology and Surdology of the Research Institute of Pediatrics and

Child Health of the Scientific and Clinical Center No. 2, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky. Address: 2, Abrikosovsky Lane, Moscow, 119435, Russia; Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Central State Medical Academy of Department for Presidential Affairs of the Russian Federation. Address: 19, Bldg. 1a, Marshal Timoshenko St., Moscow, 121359, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>; avpashkov.mail@gmail.com

Irina V. Naumova — Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher of the Department of Otorhinolaryngology and Surdology of the Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Scientific and Clinical Center No. 2, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky. Address: 2, Abrikosovsky Lane, Moscow, 119435, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0559-4878>; irinanaumova22@gmail.com

Aleksandra E. Pashkova — Researcher of the Department of Otorhinolaryngology and Surdology of the Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Scientific and Clinical Center No. 2, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky; 2. Address: Abrikosovsky Lane, Moscow, 119435, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2404-8477>; aepashkova@yandex.ru

Ksenia I. Voevodina — Laboratory Assistant of the Department of Otorhinolaryngology and Surdology of the Research Institute of Pediatrics and Child Health of the Scientific and Clinical Center No. 2, Russian Scientific Center of Surgery named after Academician B.V. Petrovsky. Address: 2, Abrikosovsky Lane, Moscow, 119435, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-0249-1662>; ksuvoko@mail.ru

Valentin I. Popadyuk — Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Otorhinolaryngology, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba. Address: 6, Miklukho-Maklai St., Moscow, 117198, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-3309-4683>; lorval04@mail.ru