

© Team of authors, 2023 / © Коллектив авторов, 2023

## Analyzing anatomical parameters of the cochlea to improve the effectiveness of cochlear implantation

A.V. Pashkov<sup>1,2</sup>, I.V. Naumova<sup>1</sup>, A.E. Pashkova<sup>1</sup>, K.I. Voevodina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

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

## Анализ анатомических параметров улитки для повышения эффективности кохлеарной имплантации

А.В. Пашков<sup>1,2</sup>, И.В. Наумова<sup>1</sup>, А.Е. Пашкова<sup>1</sup>, К.И. Воеводина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» Минобрнауки России, Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия

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

## 分析耳蜗解剖参数提高人工耳蜗植入效果

A.V. Pashkov<sup>1,2</sup>, I.V. Naumova<sup>1</sup>, A.E. Pashkova<sup>1</sup>, K.I. Voevodina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

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

**Doi: 10.25792/HN.2023.11.3.56-60**

Current review considered the possibilities of using the computed tomography (CT) data after cochlear implantation (CI) in patients with sensorineural hearing loss. The potential for analyzing CT scan data with respect to electrode array location estimation is discussed. The described studies provide additional opportunities for programming the processor of the CI system, which improves the quality of the rehabilitation process in patients.

**Key words:** sensorineural hearing loss, deafness, cochlear implantation, computed tomography, processor fitting, auditory-speech rehabilitation

**Conflicts of interest.** The author 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. Analyzing anatomical parameters of the cochlea to improve the effectiveness of cochlear implantation. Head and neck. Russian Journal. 2023;11(3):56–60

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

В обзоре рассмотрены современные возможности использования результатов компьютерной томографии (КТ) в послеоперационном периоде после операции кохлеарной имплантации (КИ) у пациентов с сенсоневральной глухотой. Представлены возможности анализа данных КТ-сканирования с учетом оценки расположения электродной решетки. Описанные исследования дают дополнительные возможности для программирования процессора системы КИ, что повышает качество реабилитационного процесса у пациентов.

**Ключевые слова:** сенсоневральная тугоухость, глухота, кохлеарная имплантация, компьютерная томография, настройка процессора, слухоречевая реабилитация

**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. Анализ анатомических параметров улитки для повышения эффективности кохлеарной имплантации. Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. 2023;11(3):56–60

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

目前的综述考虑了在感音神经性听力损失患者耳蜗植入 (CI) 后使用计算机断层扫描 (CT) 数据的可能性。讨论了在电极阵列位置估计方面分析CT扫描数据的潜力。所描述的研究为CI系统的处理器编程提供了额外的机会, 这提高了患者康复过程的质量。

关键词: 感音神经性听力损失、耳聋、人工耳蜗植入、计算机断层扫描、处理器安装、听觉言语康复

利益冲突: 提交人没有利益冲突需要声明。

基金: 这项研究没有资金。

引用本文: **Pashkov A.V., Naumova I.V., Pashkova A.E., Voevodina K.I. Analyzing anatomical parameters of the cochlea to improve the effectiveness of cochlear implantation. Head and neck. Russian Journal. 2023;11(3):56–60**

作者负责所提供数据的独创性, 并有可能出版说明性材料——表格、图纸、患者照片。

## Введение

Эффективность кохлеарной имплантации (КИ) у пациентов с сенсоневральной тугоухостью высокой степени и глухотой зависит от ряда факторов, к которым относятся: своевременное выявление и отбор кандидатов на операцию, корректность установки импланта, качественная слухоречевая реабилитация в послеоперационном периоде. В свою очередь производители систем КИ развивают технические компоненты своих продуктов, направленные на удобство установки систем КИ и улучшение качества восприятия звуковой информации пациентами [1, 2].

Компьютерная томография (КТ) играет важную роль на всех этапах КИ. Предоперационное исследование влияет на принятие решения о возможности установки импланта, а также на планирование хирургического доступа. Интраоперационно КТ-визуализацию, как правило, проводят в сложных случаях для верификации установки электродной решетки. Первоначально интраоперационное исследование проводили посредством рентгенографии, но на современном этапе все чаще используют разновидности КТ-исследования. В послеоперационном периоде визуализацию ранее также проводили с помощью рентгенографии, но в последнее время применяют КТ. Данное исследование, как правило, выполняют для оценки установки электродной решетки или выявления возможных осложнений [3]. В дополнение к своей клинической значимости, визуализацию широко применяют в исследованиях, направленных на эволюцию технологии КИ.

Наряду с постоянным развитием технологий КИ ряд вопросов по-прежнему остаются нерешенными. Например, специалисты не всегда могут объяснить отсутствие прогресса развития слухоречевых навыков на фоне полноценной реабилитации, сложности при восприятии речи в различных акустических ситуациях у части пациентов [4] или неестественные звуковые ощущения, не соответствующие предъявляемому речевому материалу [5].

Ряд исследований показали, что результаты тестов оценки звуковосприятия после КИ коррелируют с местом расположения электродов электродной решетки импланта [6–9]. Однако без визуализации расположение каждого электрода оценить невозможно, поскольку решетку устанавливают в улитку внутреннего уха, где контроль ее расположения возможен только рентгенологически.

Первоначально для анализа связи между расположением электродов и результатом КИ использовали визуальную оценку КТ-изображений, например глубину введения первого и послед-

него электродов [5–9]. Такие исследования показали, что расположение электродной решетки и возможности звуковосприятия, действительно, коррелируют, но конкретные факторы, влияющие на результат, нуждаются в дальнейшем анализе.

Применение КТ в послеоперационном периоде может быть обусловлено многими причинами. Оценку корректности введения электродного массива и фиксации корпуса импланта проводят при невозможности проведения исследования на хирургическом этапе КИ [3]. Отдельно необходимо визуализировать наличие невведенных в улитку электродных контактов, для чего возможно применение конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), что снижает лучевую нагрузку на пациента [10]. Кроме того, возможности данного метода позволяют помимо расположения электродной решетки оценивать наличие очагов травматизации как улитки [11], так и других областей височной кости [12], что может приводить к развитию осложнений. При возникновении неврологической [13] или вестибулярной симптоматики проведение КТ также считают обязательным для выявления возможного патологического очага или некорректно установленной электродной решетки [14]. В ряде случаев необходимо деактивировать отдельные электроды, которые расположены экстракохлеарно [15, 16] или непосредственно контактируют друг с другом (при аномалиях развития) [17]. Своевременное выявление возможных осложнений хирургического этапа КИ с помощью КТ-визуализации позволяет проводить их своевременное устранение или коррекцию электростимуляции КИ за счет деактивации отдельных электродов.

Проведение КИ пациентам с кохлеарной формой отосклероза считают обоснованным, поскольку такие пациенты получают хороший результат от КИ по данным показателей разборчивости речи. Однако особенности состояния костной ткани и связанное с этим распространение электрического заряда от электродов КИ обеспечивает возникновение такого осложнения, как стимуляция лицевого нерва [18]. Данное явление возможно купировать в ходе настройки процессора, но в ряде случаев необходимо проведение КТ-визуализации расположения электродов базальной области улитки [19]. Также данные КТ-исследования о взаимном расположении очагов облитерации и отдельных электродов являются основой для создания наиболее эффективных карт процессора КИ [20, 21], поскольку уровни электростимуляции слухового нерва в таких областях сравнительно выше.

Пациенты после перенесенной менингококковой инфекции, осложненной облитерацией улитки, имеют риск неполного вве-

дения электродов, что явилось причиной разработки специализированных электродных решеток КИ, в т.ч. двойной решетки. Оценка полноты введения электродов в таких случаях важна для обеспечения максимально возможной разборчивости, для чего требуется проведение КТ [22]. Помимо специально разработанной электродной решетки, при облитерации улитки возможно использование альтернативных доступов в улитке, в связи с чем в послеоперационном периоде рекомендовано проведение КТ-исследования для оценки взаимоотношения электродов и тонопических участков Кортиева органа [23].

Производители систем КИ используют различную конфигурацию электродной решетки: перимодиоллярную (преформированную), за счет эффекта памяти формы располагающуюся по ходу модиолуса, или прямую, которая расположена вдоль латеральной стенки улиткового протока. При внедрении таких разработок в клиническую практику проведение КТ позволяет оценить расположение электродных контактов по отношению к участкам Кортиева органа, а используемые элементы покрытия могут быть оценены на предмет атравматичности [24–26].

Поскольку цель КИ заключается в восстановлении слуховой функции как минимум в пределах речевого спектра, то понимание распределения и плотности нейронов спирального ганглия на различных участках Кортиева органа в сочетании с пониманием расположения прилегающих электродных контактов является основой для максимально эффективной настройки параметров электростимуляции [27].

Тонотопическое расположение электродов внутри улитки исследовали у пациентов с односторонней глухотой, у которых восприятие различных частот при стимуляции КИ сопоставляли со звуковыми ощущениями контралатерального нормально слышащего уха. Для этого использовали анализ трехмерных (3D) изображений расположения электродов КИ. Данное исследование показало возможность прогнозирования тонотопического расположения электродов для восприятия частоты тона при использовании электродной решетки различной конфигурации. Полученные данные могут быть использованы для повышения эффективности настройки процессора КИ [28].

Похуже исследование, посвященное изучению различий в ощущениях звуковосприятия у пациентов с односторонней глухотой, показало вариабельность в восприятии тонов на стимуляцию соответствующих частотных представительств КИ по сравнению с контралатеральным слышащим ухом, что может быть связано с пластичностью коры головного мозга и, следовательно, не следует считать обязательным перераспределение параметров электростимуляции КИ во всех случаях [29].

Устранить или свести к минимуму потенциальное тонотопическое несоответствие возможно за счет выбора электродной решетки в соответствии с индивидуальной морфологией улитки. Исследована связь между длиной улитки, углом введения электродной решетки по отношению к спиральному ганглию и органу Корти. Эти же авторы высказали идею об устранении в послеоперационном периоде частотного рассогласования за счет коррекции частотных полос с учетом данных КТ, проведенной в послеоперационном периоде [30].

Схожее рандомизированное исследование было проведено для оценки индивидуального тонотопического расположения электродной решетки кохлеарного имплантата. Показано, что по показаниям стратегия коррекции частотных полос стимуля-

ции на основе индивидуальных тонопических особенностей, исследованных посредством КИ, приведет к повышению эффекта обучения слухоречевым навыкам и улучшению разборчивости речи в сложных акустических ситуациях, что в целом улучшит качество воспринимаемой звуковой информации пациентом [31].

Развитие данного направления, изучение расположения электродной решетки на основании КТ, позволило предложить модель программирования процессора КИ с учетом расположения электродов. Показано, что предложенный подход позволяет улучшить показатели звуковосприятия и общего качества звука [32].

Дальнейшие исследования оценивают возможности КТ для оценки чувствительности к отдельным параметрам электрической стимуляции. Анализ КТ позволяет оценивать расстояние между электродами и модиолусом. Более высокое разрешение позволяет также измерять расстояние до спиральной костной пластинки, что отражает потенциальную область возбуждения на периферических участках слухового нерва. Получаемые данные позволяют изучить влияние отдельных компонентов стимуляции, таких как поляриность электрического импульса на слуховое восприятие [33].

Анализ влияния внутрикхлеарного расположения электродной решетки КИ на уровне электростимуляции был посвящен целый ряд исследований, где было изучено расположение электродных контактов посредством КТ-сканирования. Показано, что уровни пороговой стимуляции увеличиваются к базальному концу улитки, а профили уровней не зависят от общего уровня стимуляции и анамнеза пациентов (продолжительность глухоты, возраст на момент имплантации или время с момента имплантации). Авторы признают необходимость дальнейших исследований, для выяснения, как коррекция профилей настроечной карты улучшает восприятие речи [34].

Проведение послеоперационной КТ с оценкой расстояния между электродами и модиолусом позволяет также анализировать такие параметры стимуляции, как уровень максимального комфорта у различных типов электродной решетки: выявлены меньшие значения уровней стимуляции для апикальных и средних электродов в случае использования преформированной электродной решетки [35].

Более сложные исследования включали оценку многих компонентов: расстояние между электродами и модиолусом (с помощью КТ) в сочетании с результатами психоакустических тестов, данными телеметрии ответа слухового нерва (ЕСАР – Evoked Compound Action Potential) и значениями импеданса электродов. В частности показано, что перимодиоллярная электродная решетка обеспечивает сравнительно низкие значения импеданса, что положительно сказывается на показателях звуковосприятия [36].

Исследована зависимость между формой распространения профиля возбуждения слухового нерва (по данным регистрации ЕСАР) и локализацией электрода (КТ). Выявлены отличия в характеристиках ЕСАР в зависимости от стимулируемой области и размеров улитки, что позволяет считать применение данной технологии перспективным в послеоперационной настройке для повышения качества реабилитации [37].

На современном этапе разрабатывают алгоритмы автоматического расчета локализации электродов КИ на основе послеоперационных КТ-исследований, что позволяет проводить коррекцию частотных полос на основании индивидуальных анатомических особенностей без привлечения специалиста по КТ [38].

## Заключение

КИ является общепринятым во всем мире методом реабилитации пациентов с сенсоневральной улитковой глухотой. Визуализация области установки электродной решетки импланта имеет большое значение на всех этапах КИ.

Сравнительно новая область применения данных КТ-исследования для создания эффективной настройки процессора КИ основана на анализе расположения отдельных электродов по отношению к различным частотным областям Кортиева органа. Отмечено, что при невысоких показателях слухоречевой реабилитации перераспределение частотных полос стимуляции ведет к увеличению показателей разборчивости речи, в т.ч. в шуме, что положительно влияет на качество жизни пациента. Разработка технологии автоматического расчета частотных полос стимуляции относительно каждого установленного электрода на основе данных послеоперационного КТ-исследования позволяет сурдологу/оториноларингологу создавать индивидуальные настроечные карты процессора системы КИ, которые будут обеспечивать наибольшую эффективность реабилитации пациента.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Gnansia D., Demarcy T., Vandersteen C., et al. Optimal electrode diameter in relation to volume of the cochlea. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.* 2016;133(Suppl. 1):S66–7. Doi: 10.1016/j.anorl.2016.04.013.
- Wilson B.S., Finley C.C., Lawson D.T., et al. Better speech recognition with cochlear implants. *Nature.* 1991;352:236–8.
- Vogl T.J., Tawfik A., Emam A., et al. Pre-, Intra- and Post-Operative Imaging of Cochlear Implants. *Rofo.* 2015;187(11):980–9. Doi: 10.1055/s-0035-1553413.
- Pisoni D.B., Kronenberger W.G., Harris M.S., Moberly A.C. Three challenges for future research on cochlear implants. *World J. Otorhinolaryngol. Neck Surg.* 2017;3:240–54.
- Dorman M.F., Gifford R.H. Speech understanding in complex listening environments by listeners fit with cochlear implants. *J. Speech Lang Hear Res.* 2017;60:3019–26.
- Verbist B.M., Frijns J.H.M., Geleijns J., al. Multisection CT as a Valuable Tool in the Postoperative Assessment of Cochlear Implant Patients. *Am. J. Neuroradiol.* 2005;26:424–9.
- Aschendorff A., Kubalek R., Turowski B., et al. Quality control after cochlear implant surgery by means of rotational tomography. *Otol. Neurotol.* 2005;26:34–7.
- Skinner M.W., Holden T.A., Whiting B.R., et al. In vivo estimates of the position of advanced bionics electrode arrays in the human cochlea. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl.* 2007;197:2–24.
- Wanna G.B., Noble J.H., McRacken T.R., et al. Assessment of electrode placement and audiologic outcomes in bilateral cochlear implantation. *Otol. Neurotol.* 2011;32:428–32.
- Verbist B.M., Joemai R.M., Teeuwisse W.M., et al. Evaluation of 4 multisection CT systems in postoperative imaging of a cochlear implant: a human cadaver and phantom study. *Am. J. Neuroradiol.* 2008;29(7):1382–8. Doi: 10.3174/ajnr.A1108.
- Abd E.I., Aziz T.T., El Fiky L., et al. Radiological evaluation of inner ear trauma after cochlear implant surgery by cone beam CT (CBCT). *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2019;276(10):2697–703. Doi: 10.1007/s00405-019-05507-4.
- Sunkaraneni V.S., Banerjee A, Gray R.F. Subdural haematoma: a complication of cochlear implantation. *J. Laryngol. Otol.* 2004;118(12):980–2. Doi: 10.1258/0022215042790646.
- Palacios-García J.M., Vazquez-Becerra E., Ropero-Romero F. Seizure as Early Presentation of a Pneumocephalus after Cochlear Implant: A Case Report. *J. Int. Adv. Otol.* 2020;16(3):470–2. Doi: 10.5152/iao.2020.7601.
- Mecca M.A., Wagle W., Lupinetti A., Parnes S. Complication of cochlear implantation surgery. *Am. J. Neuroradiol.* 2003;24(10):2089–91.
- Verbist B.M., Frijns J.H., Geleijns J., van Buchem M.A. Multisection CT as a valuable tool in the postoperative assessment of cochlear implant patients. *Am. J. Neuroradiol.* 2005;26(2):424–9.
- Danieli F., Dermacy T., do Amaral M.S.A., et al. Auditory performance of post-lingually deafened adult cochlear implant recipients using electrode deactivation based on postoperative cone beam CT images. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2021;278(4):977–86. Doi: 10.1007/s00405-020-06156-8.
- Daneshi A., Hassanzadeh S., Abasalipour P., et al. Cochlear implantation in Mondini dysplasia. *J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec.* 2003;65(1):39–44. Doi: 10.1159/000068656.
- Psillas G., Kyriafinis G., Constantinidis J., Vital V. Far-advanced otosclerosis and cochlear implantation. *B-ENT.* 2007;3(2):67–71.
- Sainz M., Garcia-Valdecasas J., Ballesteros J.M. Complications and pitfalls of cochlear implantation in otosclerosis: a 6-year follow-up cohort study. *Otol. Neurotol.* 2009;30(8):1044–8. Doi: 10.1097/MAO.0b013e31819d34c9.
- Sainz M., Garcia-Valdecasas J., Garófano M., Ballesteros J.M. Otosclerosis: mid-term results of cochlear implantation. *Audiol. Neurootol.* 2007;12(6):401–6. Doi: 10.1159/000106773.
- Polak M., Ulubil S.A., Hodges A.V., Balkany T.J. Revision cochlear implantation for facial nerve stimulation in otosclerosis. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2006;132(4):398–404. Doi: 10.1001/archotol.132.4.398.
- Bento R.F., Goffi-Gomez M.V., Tsuji R.K., et al. Speech perception performance of double array multichannel cochlear implant users with standard and duplicated maps in each of the arrays. *Otol. Neurotol.* 2013;34(2):245–50. Doi: 10.1097/mao.0b013e31827d07b4.
- Senn P., Rostetter C., Arnold A., et al. Retrograde cochlear implantation in postmeningitic basal turn ossification. *Laryngoscope.* 2012;122(9):2043–50. Doi: 10.1002/lary.23397.
- Iso-Mustajärvi M., Sipari S., Löppönen H., Dietz A. Preservation of residual hearing after cochlear implant surgery with slim modiolar electrode. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2020;277(2):367–75. Doi: 10.1007/s00405-019-05708-x.
- Degen C.V., Büchner A., Kludt E., Lenarz T. Effect of Electrode to Modiolus Distance on Electrophysiological and Psychophysical Parameters in CI Patients With Perimodiolar and Lateral Electrode Arrays. *Otol. Neurotol.* 2020;41(9):e1091–7. Doi: 10.1097/MAO.0000000000002751.
- Tamir S., Ferrary E., Borel S., et al. Hearing preservation after cochlear implantation using deeply inserted flex atraumatic electrode arrays. *Audiol. Neurootol.* 2012;17(5):331–7. Doi: 10.1159/000339894.
- Pearl M.S., Roy A., Limb C.J. High-resolution secondary reconstructions with the use of flat panel CT in the clinical assessment of patients with cochlear implants. *Am. J. Neuroradiol.* 2014;35(6):1202–8. Doi: 10.3174/ajnr.A3814.
- Devocht E.M., Dees G., Arts R.A., et al. Revisiting Place-Pitch Match in CI Recipients Using 3D Imaging Analysis. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 2016;125(5):378–84. Doi: 10.1177/0003489415616130.
- Peters J.P.M., Bennink E., Grolman W., van Zanten G.A. Electroacoustic pitch matching experiments in patients with single-sided deafness and a cochlear implant: Is there a need for adjustment of the default frequency allocation tables? *Hear Res.* 2016;342:124–33. Doi: 10.1016/j.heares.2016.10.009.
- Dutrieux N., Quatre R., Péan V., Scherber S. Correlation Between Cochlear Length, Insertion Angle, and Tonotopic Mismatch for MED-EL FLEX28 Electrode Arrays. *Otol. Neurotol.* 2022;43(1):48–55. Doi: 10.1097/MAO.0000000000003337.
- Lambriks L.J.G., van Hoof M., Debruyne J.A., et al. Evaluating hearing performance with cochlear implants within the same patient using daily randomization and imaging-based fitting – The

- ELEPHANT study. Trials. 2020;21(1):564. Doi: 10.1186/s13063-020-04469-x.*
32. Noble J.H., Gifford R.H., Labadie R.F., Dawant B.M. Statistical shape model segmentation and frequency mapping of cochlear implant stimulation targets in CT. *Med. Image Comput. Comp. Assist. Interv. 2012;15(Pt. 2):421–8. Doi: 10.1007/978-3-642-33418-4\_52.*
  33. Mesnildrey Q., Venail F., Carlyon R.P., Macherey O.J. Polarity Sensitivity as a Potential Correlate of Neural Degeneration in Cochlear Implant Users. *Assoc. Res. Otolaryngol. 2020;21(1):89–104. Doi: 10.1007/s10162-020-00742-7.*
  34. van der Beek F.B., Briaire J.J., van der Marel K.S., et al. Intracochlear Position of Cochlear Implants Determined Using CT Scanning versus Fitting Levels: Higher Threshold Levels at Basal Turn. *Audiol. Neurootol. 2016;21(1):54–67. Doi: 10.1159/000442513.*
  35. Filipo R., Mancini P., Panebianco V., et al. Assessment of intracochlear electrode position and correlation with behavioural thresholds in CII and 90K cochlear implants. *Acta Otolaryngol. 2008;128(3):291–6. Doi: 10.1080/00016480701633733.*
  36. Ramos Macias A., Perez Zaballos M.T., Ramos de Miguel A., Cervera Paz J. Importance of Perimodiolar Electrode Position for Psychoacoustic Discrimination in Cochlear Implantation. *Otol. Neurotol. 2017;38(10):e429–37. Doi: 10.1097/MAO.0000000000001594.*
  37. Mlynski R., Lüsebrink A., Oberhoffner T., et al. Mapping Cochlear Duct Length to Electrically Evoked Compound Action Potentials in Cochlear Implantation. *Otol. Neurotol. 2021;42(3):e254–60. Doi: 10.1097/MAO.0000000000002957.*
  38. Anandhan Dhanasingh. The rationale for FLEX (cochlear implant) electrode with varying array lengths. *World J. Otorhinolaryngol. Head Neck Surg. 2020;7(1):45–53. Doi: 10.1016/j.wjorl.2019.12.003.*

Поступила 22.12.2021

Получены положительные рецензии 05.08.22

Принята в печать 05.09.22

Received 22.12.2021

Positive reviews received 05.08.22

Accepted 05.09.22

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

**Contribution of the authors:** A.V. Pashkov – research concept, text writing, collection, analysis, and interpretation of data, material processing, scientific editing, bibliography compilation. I.V. Naumova – research concept, text writing, data analysis, interpretation, bibliography compilation. A.E. Pashkova – research

concept, text writing, data analysis and interpretation, technical editing, manuscript preparation. K.I. Voevodina – technical editing, data collection, manuscript preparation.

#### Информация об авторах:

Пашков Александр Владимирович – д.м.н., профессор, руководитель отдела оториноларингологии и сурдологии НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского Минобрнауки России. Адрес: Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2, профессор кафедры оториноларингологии ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» УДП РФ; e-mail: avpashkov.mail@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>

Наумова Ирина Витальевна – к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела оториноларингологии и сурдологии НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского Минобрнауки России. Адрес: Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2; e-mail: irinanaumova22@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-4878>

Пашкова Александра Елефтьерьевна – научный сотрудник отдела оториноларингологии и сурдологии НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского Минобрнауки России. Адрес: Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2; e-mail: aepashkova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2404-8477>

Воеводина Ксения Игоревна – лаборант отдела оториноларингологии и сурдологии НИИ педиатрии и охраны здоровья детей НКЦ №2 РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского Минобрнауки России; адрес: Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2; e-mail: ksvukoko@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0249-1662>

#### Information about the authors:

Aleksandr V. Pashkov – Dr. Sci. (Med.), MD, Professor, Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, professor of the Department of Otorhinolaryngology, "Central State Medical Academy" Of the Administrative Department of the President of the Russian Federation; address: 2 Abricosovskii lane., Moscow, 119991, Russia; e-mail: avpashkov.mail@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3197-2879>

Irina V. Naumova – Cand. Sci. (Med.), leading researcher, Department of Otorhinolaryngology and Surdology, Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, address: 2, Abricosovskii lane., Moscow, 119991, Russia; e-mail: irinanaumova22@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-4878>

Alexandra E. Pashkova – research associate, Department of Otorhinolaryngology and Surdology, Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, address: 2, Abricosovskii lane., Moscow, 119991, Russia; e-mail: aepashkova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2404-8477>

Ksenia I. Voevodina – laboratory assistant, Department of Otorhinolaryngology and Surdology, Pediatric and Child Health Research Institute of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, address: 2, Abricosovskii lane., Moscow, 119991, Russia; e-mail: ksvukoko@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0249-1662>