

УДК: 616.28-008.14-089.819.843:364.048.6
<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-5-137-144>

Технологические возможности современных кохлеарных имплантов Nurotron на пути успешной слухоречевой реабилитации пациентов с нарушениями слуха высокой степени и глухотой

Х. М. Диаб¹, А. С. Мачалов^{1,2}, А. О. Кузнецов^{1,2}, А. В. Балакина¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства, Москва, 123182, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, 117997, Россия

В статье представлены современные данные о технологических возможностях систем кохлеарной имплантации Nurotron для реабилитации пациентов различных возрастных групп с высокой степенью нейросенсорной тугоухости и глухотой. Приведена сравнительная характеристика основных моделей речевых процессоров различных фирм-производителей, а также проведена оценка эффективности применения системы кохлеарной имплантации Nurotron. Опыт применения системы кохлеарной имплантации Nurotron может быть использован в практической деятельности врачей-оториноларингологов и сурдологов-оториноларингологов на территории Российской Федерации и за ее пределами.

Ключевые слова: кохлеарная имплантация, речевой процессор, тугоухость, глухота.

Для цитирования: Диаб Х. М., Мачалов А. С., Кузнецов А. О., Балакина А. В. Технологические возможности современных кохлеарных имплантов Nurotron на пути успешной слухоречевой реабилитации пациентов с нарушениями слуха высокой степени и глухотой. *Российская оториноларингология*. 2022;21(5):137–144. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-5-137-144>

Technological capabilities of modern Nurotron cochlear implants on the path of successful hearing and speech rehabilitation of patients with high definitely hearing impairments and deafness

Kh. M. Diab¹, A. S. Machalov^{1,2}, A. O. Kuznetsov^{1,2}, A. V. Balakina¹

¹ National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia, Moscow, 123182, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russia

This article presents current data on the technological capabilities of Nurotron cochlear implantation systems for the rehabilitation of patients from various age groups with a high degree of sensorineural hearing loss and deafness. A comparative description of the main models of speech processors from various manufacturers is given, as well as an assessment of the effectiveness of the use of the Nurotron cochlear implantation system. This experience of using the Nurotron cochlear implantation system can be used in the practice of otorhinolaryngologists and otorhinolaryngologists in the Russian Federation and abroad.

Keywords: cochlear implantation, speech processor, hearing loss, deafness.

For citation: Diab Kh. M., Machalov A. S., Kuznetsov A. O., Balakina A. V. Technological capabilities of modern Nurotron cochlear implants on the path of successful hearing and speech rehabilitation of patients with high definitely hearing impairments and deafness. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2022;21(5):137-144. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-5-137-144>

Число лиц с нарушениями слуха различной степени выраженности неуклонно растет во всем мире, в том числе и в Российской Федерации. Уже не вызывает сомнений, что одним из самых эффективных методов реабилитации лиц с высокой степенью нейросенсорной тугоухости и глухотой является кохлеарная имплантация.

Метод кохлеарной имплантации стал применяться в СССР еще с 1980-х годов, когда под руководством профессора М. Р. Богомильского был создан отечественный кохлеарный имплант и было проведено несколько кохлеарных имплантаций гражданам СССР [1, 4, 19]. Однако промышленного производства налажено не было. Широкое распространение восстановления слуха методом многоканальной кохлеарной имплантации в нашей стране началось с 1991 года [7, 8, 10, 19].

С внедрением кохлеарной имплантации принципиально изменились подходы к лечению высокой степени тугоухости и глухоты [2, 3, 5, 6, 11, 14, 17, 22]. За последние четыре десятилетия кохлеарные импланты радикально изменились, стали технологией массового применения, обеспечивающей восстановление слуха тысячам пациентов различного возраста [9, 12–16, 18].

В настоящее время в Российской Федерации, согласно официальным статистическим данным, проживает более 12 000 детей пациентов старше 18 лет, использующих систему кохлеарной имплантации.

В Российской Федерации зарегистрировано 5 фирм-производителей систем кохлеарной имплантации: Cochlear (Австралия), MedEl (Австрия), Advanced Bionics (США), Neurelec/OticonMedical (Дания), Nurotron (КНР).

Кохлеарная имплантация стремительно развивается. С появлением новых производителей интенсивно создаются новые технологии, стремящиеся к естественному звучанию и комфортному использованию [10, 15, 20, 21, 23].

Однако, необходимо помнить, что эффективность процесса реабилитации зависит не только от технологии, которая, конечно, занимает важное место, но и от корректной предоперационной подготовки, тщательного обследования пациента, успешно проведенного хирургического вмешательства, корректной настройки кохлеарного импланта и регулярного динамического наблюдения [10, 21].

Для совершенствования процесса реабилитации производители дополняют систему кохлеарной имплантации новыми функциями, которые облегчают процесс реабилитации пациента и являются крайне полезными для специалистов, обеспечивающих ее функционирование (хирург, сурдолог-оториноларинголог, сурдопедагог, логопед, дефектолог и др.).

В качестве примера мы хотим представить последние разработки и технологические решения компании Nurotron, направленные на успешный процесс комплексной слухоречевой реабилитации пациентов с высокой степенью тугоухости и глухотой.

Более 18 000 пациентов во всем мире благодаря разработкам компании Nurotron получили возможность обрести слух и вернуться в мир звуков. В Российской Федерации в настоящее время проживает более 500 пользователей системы кохлеарной имплантации Nurotron. Ежегодно число пациентов, использующих технологии компании Nurotron увеличивается.

Первая модификация системы кохлеарной имплантации компании Nurotron была зарегистрирована в России в 2017 году в составе кохлеарного импланта Venusi речевого процессора NSP-60C, в 2022 году в Российской Федерации зарегистрирована сверхновая модификация системы кохлеарной имплантации, состоящая из кохлеарного импланта CS-10A с 4 модификациями электродных решеток (SD – стандартная, TS – маленькая, TM – средняя и TL – большая) (рис. 1) и речевого процессора EnduroTM. Новое поколение речевого процессора EnduroTM включает в себя уникальный способ управления шумом, основанный на алгоритме подавления шума на основе оценки соотношения сигнал/шум «eVoice». Данный алгоритм гарантирует эффективное подавление окружающего шума, разделение источников звука в пространстве и учет условий окружающей среды.

Система кохлеарной имплантации Nurotron EnduroTM — это система нового поколения. Речевой процессор стал более интеллектуальным, тонким и удобным для пользователей. Снижено энергопотребление, при этом улучшены показатели восприятия звука и разборчивости речи в шуме.

От расположения электродной решетки в улитке зависит качество восприятия звуковой информации. А сочетание с новой «седловидной» формой контактов электрода позволяет обеспечить более эффективную и точную стимуляцию (рис. 2).

Разработанные новые типы электродных решеток позволяют расширить возможности их применения как при нормальной анатомии, так и при наличии патологии внутреннего уха (аномалии развития, оссификации улитки). Тонкая электродная решетка способствует сохранению структур улитки (спиральная пластинка), что позволяет улучшить результаты слухоречевой реабилитации.

Результаты тестирования внутренней части системы кохлеарной имплантации Nurotron демонстрируют результаты прочности свыше

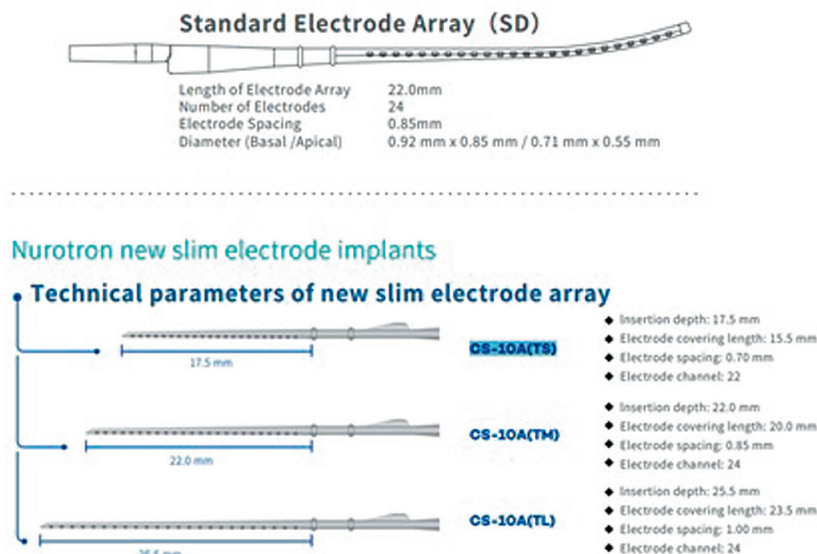


Рис. 1. Характеристика электродных решеток CS-10A
Fig. 1. Characteristics of electrode arrays CS-10A



Рис. 2. Новая «седловидная» форма контактов электрода системы кохlearной имплантации Nurotron, позволяющая обеспечить более эффективную и точную стимуляцию
Fig. 2. New „saddle“ shape of the Nurotron Cochlear Implant System lead electrodes for more efficient and precise stimulation

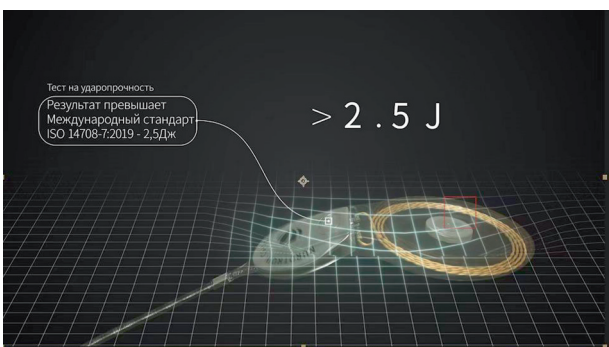


Рис. 3. Результат тестирования на прочность внутренней части системы кохlearной имплантации Nurotron
Fig. 3. The result of strength testing of the interior of the Nurotron Cochlear Implant System

2,5 Дж, что превышает международный стандарт ISO 14708-7:2019 (рис. 3).

Сегодня пациенты компании Nurotron имеют широкий ассортимент основных и дополнительных аксессуаров для речевого процес-

сора Enduro™, которые позволяют облегчить реабилитацию и управление речевым процессом пользователю:

- дистанционный пульт управления с сенсорным экраном с высоким разрешением. Обеспечивает контроль громкости и переключения программ прослушивания на речевом процессоре, оснащен встроенной системой диагностики внутренней части кохlearного импланта, имеет возможность управления двумя устройствами при бинауральной кохlearной имплантации и обеспечивает контроль оставшегося заряда аккумулятора.

- перезаряжаемые аккумуляторы заушного типа и нательного со встроенной FM-системой, обеспечивающие бесперебойную работу 8–10 часов и до 170 часов соответственно. Технология оптимизации энергопотребления речевого процессора позволяет интеллектуально настраивать режимы и параметры стимула в соответствии с окружающей ситуацией пользователя, эффективно снижая энергопотребление и продлевая срок службы аккумулятора;

- водозащитный аксессуар для плавания и активных видов отдыха, что позволяет пациентам компании Nurotron вести полноценный образ жизни. Между тем речевой процессор сохраняет качество звучания в воде. Благодаря таким разработкам ребенок может безопасно играть на пляже в песке, плескаться водой в жаркий день, бегать по лужам и даже заниматься профессиональным плаванием, сохраняя возможность слышать тренера, точно также как его сверстники без нарушения слуха;

- возможность беспроводной передачи данных посредством Telecoil, FM, Bluetooth. Речевой процессор Enduro™ может быть подключен к

мобильному телефону и другим устройствам посредством Bluetooth для прослушивания музыки и общения по телефону. Встроенный разъем DAI в нательный аккумулятор позволяет подключать различные аксессуары. Особое значение данные технологии имеют для подростков в социальном плане. Активное применение аксессуаров, особенно технологий беспроводного соединения, вызывает особый интерес у сверстников и является привлекательным средством внимания и поводом дополнительного общения.

– аксессуар в виде наушников для мониторинга качества работы микрофонов, чтобы заботливые родители всегда могли быть уверены в качестве звука и состоянии микрофонов в речевом процессоре Enduro™.

Сравнительная характеристика наиболее значимых технических характеристик кохлеарного импланта и речевого процессора для эксплуатации и процесса реабилитации различных фирм производителей приведена в таблице.

Как видно из таблицы, новое поколение речевого процессора Enduro™ системы кохлеарной имплантации Nurotron имеет самые маленькие размеры как по высоте, так и по ширине и толщине, что позволяет обеспечить максимально комфортное ношение на ушной раковине. Более того, вес речевого процессора Enduro™ в сравнении с речевым процессором NSP-60C стал меньше на 13,7%.

Речевой процессор Enduro™ обладает уникальной технологией шумоподавления «eVoice» обеспечивающей максимальную разборчивость речи на фоне шума пользователями. Ведущая в мире технология шумоподавления «eVoice» может эффективно подавлять или устранять шум при общении. Независимо от того, где находится па-

циент: на улице, в школе, в ресторане или в машине, пациенты пользователи речевого процессора Enduro™ могут свободно слышать и понимать речь собеседника. Клинические исследования показали, что в условиях различных соотношений шума и сигнала пользователи кохлеарных имплантов Nurotron с помощью технологии шумоподавления могут демонстрировать увеличение распознавания речи на 5–8%.

На рис. 4 представлены данные выделения речи на фоне шума пользователем системой кохлеарной имплантации Nurotron в сравнении с речью на фоне полной тишины.

Также речевой процессор Enduro™ обладает стратегией кодирования «С-тонов». Данная технология разработана в основном для обработки звука тональных языков, которые составляют 60–70% языков мира. Данная стратегия кодирования звука может передавать более насыщенную тональную информацию, не влияя на кодирование речи, и позволяет слышать тональные сигналы более четко. Клинические исследования показали, что по сравнению с традиционными стратегиями кодирования звука пользователи кохлеарного импланта Nurotron с речевым процессором Enduro™ имеют значительное улучшение скорости распознавания тона на 5% по сравнению с традиционными стратегиями кодирования. В то же время уровень распознавания речи открытого типа также увеличился на 4–6%.

Речевой процессор Enduro™ имеет встроенную систему защиты пользователя от внезапного резкого звука, что является важным фактором, особенно для маленьких пациентов, предохраняя их от испуга на громкие звуки.

Компания Nurotron применяет 24 стимулирующих электрода для более точного частотного

Таблица

Сравнительная характеристика наиболее значимых технических характеристик кохлеарного импланта и речевого процессора

Table

Comparative characteristics of the most significant technical characteristics of a cochlear implant and a speech processor

	Cochlear	MedEL	Advanced Bionics	Nurotron	
Модель РП	CP910	SONNET	Q70	NSP-60C	ENDURO
Размер РП (В×Ш×Т), мм	47,7×19×9	57×37,4×9,3	55×19×9	43×32×14	41,1×25,3×9,4
Количество активных электродов в импланте	22	12	16	24	24
Входной динамический диапазон	45 dB	75dB	80dB	75dB	75dB
Стратегии кодирования звука	ACE/CIS/SPEAK	HDCIS/FS P/FS4	CIS/M PS/HiRes/Optima	APS/CIS/SYMPHONY	APS/CIS/CTONE/SYMPHONY
Система шумоподавления	Да	Да	Да	Нет	да
Количество программ прослушивания	4	4	5	4	4

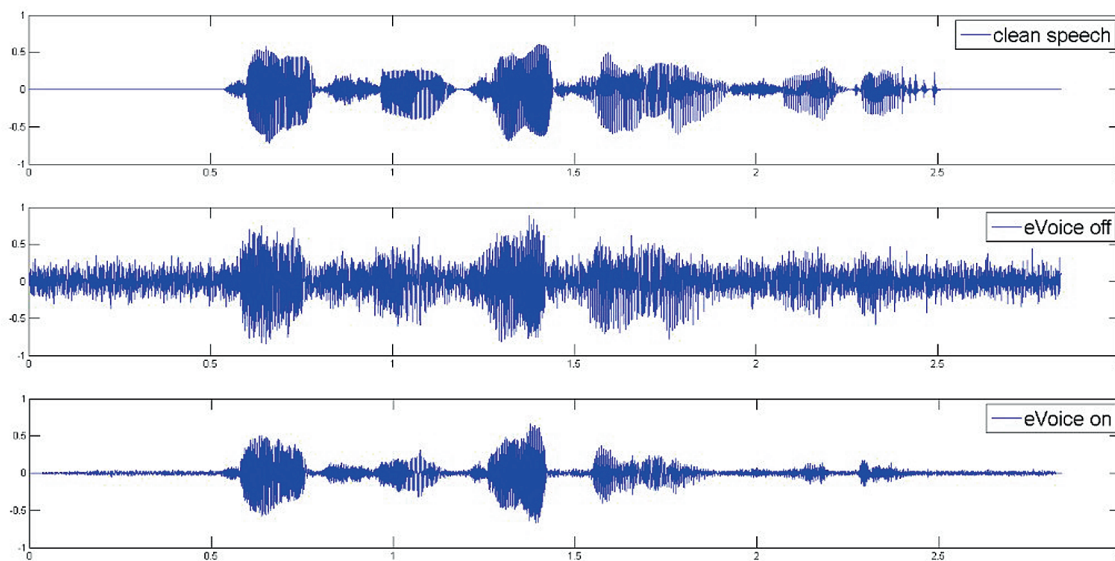


Рис. 4. Данные выделения речи на фоне шума пользователем системы кохlearной имплантации Nurotron в сравнении с речью на фоне полной тишины
Fig. 4. Speech-to-noise data by a user of the Nurotron cochlear Implant System compared to speech in complete silence

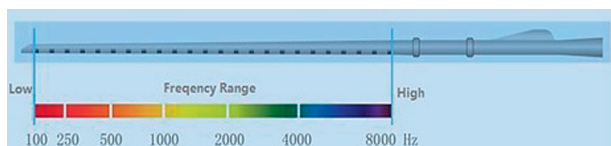


Рис. 5. Распределение частот на 24-электродную решетку кохlearного имплантата CS-10A Nurotron
Fig. 5. Frequency distribution on the 24-electrode array of the cochlear implant CS-10A Nurotron

распределения стимуляции и облегчения восприятия звуков окружающего мира особенно в сложных акустических средах и на фоне шума. Распределение частот на электроды кохlearного имплантата CS-10A компании Nurotron представлено на рис. 5.

В системе кохlearной имплантации Nurotron 24 физических канала и 128 виртуальных каналов, которые позволяют значительно увеличить диапазон воспринимаемых частот и объема информации за единицу времени, что облегчает распознавание речи и восприятие музыки пользователями.

Немаловажная функция в новом поколении системы кохlearной имплантации Nurotron – это наличие технологии телеметрии нервного ответа (NRM), которая позволяет регистрировать потенциал действия слухового нерва, что позволяет обеспечить объективный контроль корректности проведенного хирургического лечения во время операции, а также способствует более точной настройке речевого процессора в процессе эксплуатации, особенно у маленьких пациентов.

В настоящее время пользователи системы кохlearной имплантации Nurotron проживают в 59 регионах Российской Федерации.

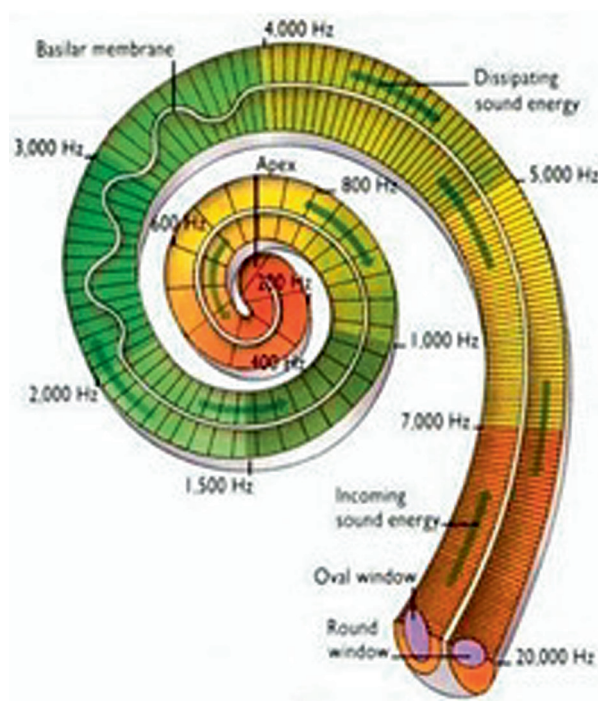


Рис. 6. Частотная характеристика улитки внутреннего уха человека
Fig. 6. Frequency response of the cochlea of the human inner ear

Компания Nurotron обеспечивает всех своих пациентов постоянной коммуникацией не только с техническими представителями компании, но профильными специалистами (врач-сурдолог-оториноларинголог, хирург, сурдопедагог, психолог) как в России, так и за рубежом. С 2017 года компания Nurotron проводит обучение специалистов на регулярной основе как на территории

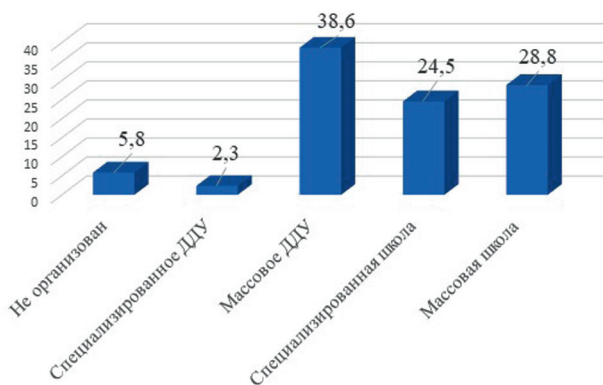


Рис. 7. Распределение детского населения использующих систему кохлеарной имплантации Nurotron по образовательному сегменту

Fig. 7. Distribution of the child population using the Nurotron cochlear implantation system by educational segment

Российской Федерации, так и за ее пределами. Одна из первых компаний в нашей стране, которая осуществляет обмен опытом, направляя своих пациентов на слухоречевую реабилитацию в зарубежные клиники.

Эффективность применения системы кохлеарной имплантации компании Nurotron подтверждается многолетним опытом применения в различных странах мира. Использование системы кохлеарной имплантации Nurotron на

протяжении последних пяти лет на территории Российской Федерации наглядно демонстрирует высокие социальные показатели: повышение качества жизни пациентов с глухотой и высокой степенью выраженности тугоухости, эффективный процесс реабилитации как детей, так и взрослых.

Согласно проведенному сбору информации компанией Nurotron среди своих пользователей в Российской Федерации по критериям возраста, места обучения и занятости распределение осуществилось следующим образом (рис. 7).

Пользователей системой кохлеарной имплантацией Nurotron среди взрослого населения – 15,6%, из них 13,4% – пациенты трудоспособного возраста, которые продолжают работать по специальности после кохлеарной имплантации.

Таким образом, технологии компании Nurotron в настоящее время позволили обрести мир звуков сотням пациентов, проживающих на территории Российской Федерации, и тысячам пациентам во всем мире. Применяемые технологии позволяют полноценно компенсировать утраченную слуховую функцию, обучаться в массовых учебных заведениях, вести активный образ жизни и вернуться в профессию.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирова Т. Ю., Мартынова А. Б. Качество жизни и коморбидный статус у лиц старшей возрастной группы с хронической сенсоневральной тугоухостью. *Российская оториноларингология*. 2020;19(5):36–43. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-36-43>
2. Всемирная Организация Здравоохранения. Глухота и потеря слуха [сайт]. who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss (дата обращения: 24.09.2022).
3. Глухота и потеря слуха: Информационный бюллетень ВОЗ [Электронный ресурс]. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (дата обращения: 01.09.2022)
4. Дайхес Н. А., Тарасова Г. Д., Орлова О. С. Социальные вопросы в реабилитации тугоухости и глухоты в детском возрасте. Человек и его здоровье: тез. 8-го Рос. нац. конгр. (24–28 нояб. 2003 г., Санкт-Петербург). СПб., 2003. С. 220.
5. Бобошко М. Ю., Владимирова О. Н., Голованова Л. Е., Аргюшкин С. А. Диагностика, медико-социальная экспертиза и (ре)абилитация при стойких нарушениях слуха. СПб.: РИЦ ПСПбГМУ, 2020. 61 с.
6. Дайхес Н. А., Владимирова Т. Ю., Мачалов А. С. и др. Диагностики нарушений слуха у лиц старшей возрастной группы: учебное пособие. Самара: ООО «Слово», 2021. 58 с.
7. Литвак М. М., Староха А. В., Мачалов А. С., Балакина А. В. Динамика потребности в аудиологическом сопровождении у пациентов после кохлеарной имплантации на разных сроках реабилитации. *Российская оториноларингология*. 2012;3(58):70–74.
8. Козлов М. Я., Левин А. Л. Детская сурдоаудиология. М.: Медицина, 1989. 223 с.
9. Королева И. В. Методические материалы для слухоречевой реабилитации разных категорий пациентов после кохлеарной и стволомозговой имплантации. Материалы V Петербургского форума оториноларингологов России, IV Всероссийского конгресса по слуховой имплантации с международным участием. 21–23 сентября 2016 г. Санкт-Петербург, 2016. С. 175.
10. Королева И. В. Современные технологии слухоречевой реабилитации детей с нарушениями слуха. Основные проблемы реабилитации детей с ограниченными возможностями по слуху и пути их решения: материалы конференции. Санкт-Петербург, 2009. С. 17–24.
11. Мачалов А. С. Функциональное состояние среднего и внутреннего уха у больных нейросенсорной тугоухостью после кохлеарной имплантации: автореферат дис. ... канд. мед. наук: 14.01.03. Москва, 2015. 23 с.
12. Дайхес Н. А., Владимирова Т. Ю., Мачалов А. С. и др. Особенности реабилитации лиц старшей возрастной группы с сенсоневральной тугоухостью: учебно-методическое пособие. Самара: ООО «Слово», 2021. 60 с.

13. Янов Ю. К., Кривопалов А. А., Тузиков Н. А., Шнайдер Н. А., Насырова Р. Ф., Щербук А. Ю., Щербук Ю. А., Шарданов З. Н., Артюшкин С. А. Оценка качества специализированной оториноларингологической помощи. *Российская оториноларингология*. 2019;18(1):103–115. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-103-115>
14. Тарасова Н. В., Мачалов А. С., Кравченко О. Ю., Балакина А. В., Терехина Л. И., Наяндина Е. И. Психолого-педагогическое сопровождение взрослых после кохлеарной имплантации – пятилетний опыт наблюдений. *Ототоларингология. Восточная Европа*. 2021;11(4):480–486. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47330022>
15. Addressing the rising prevalence of hearing loss. Geneva: WorldHealthOrganization, 2018.
16. Loughrey D. G., Kelly M. E., Kelley G. A. [et al.] Association of Age-Related Hearing Loss With Cognitive Function, Cognitive Impairment, and Dementia: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Otolaryngol. Head. Neck. Surg.* 2018;144(2):115.
17. Ortmann M., Knief A., Deuster D. [et al.]. Neural correlates of speech processing in prelingually deafened children and adolescents with cochlear implants. *PLoS One*. 2013; 8(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067696>
18. Hendriks M. P., Kessels R. P. C., Gorissen M. E. E. [et al.]. Neuropsychological diagnostics, clinical practice. Amsterdam: Boom. 2014. Available from: <https://doi.org/10.1007/bf03081376>
19. 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;20(12):82–86. <https://doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2018-20-12-82-86>
20. Диаб Х. М., Корвяков В. С., Каибов А. А., Пашинина О. А., Мачалов А. С., Терехина Л. И. Кохлеарная имплантация при отосклерозе с IV степенью тугоухости и глухотой. *Российская оториноларингология*. 2019;18(5):74–81. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-5-74-81>
21. Дайхес Н. А., Мачалов А. С., Кузнецов А. О., Балакина А. В., Сапожников Я. М., Тарасова Н. В., Терехина Л. И., Карпов В. Л., Наяндина Е. И., Базанова М. В. Реестр лиц с нарушением слуха высокой степени и глухотой в Российской Федерации. *Ототоларингология. Восточная Европа*. 2021;11(3):348–355.
22. Местникова А. З., Гоголев И. И., Диаб Х. М., Мачалов А. С., Федотова Э. Е., Васильева Л. М. Результаты операций кохлеарной имплантации, проведенных в РС (Я). *Якутский медицинский журнал*. 2018;3(63):69-71. <http://ymj.mednauka.com/files/УМЖ-3-2018.pdf>
23. Мачалов А. С., Староха А. В., Литвак М. М. К вопросу оценки состояния среднего и внутреннего уха у больных с сенсоневральной тугоухостью после кохлеарной имплантации. Сб. Актуальные вопросы оториноларингологии. Материалы межрегиональной научно-практической конференции оториноларингологов Сибири и Дальнего Востока с международным участием. Благовещенск, 2012. С. 18–21.

REFERENCES

1. Vladimirova T. Yu., Martynova A. B. Quality of life and comorbid status in persons of the older age group with chronic sensorineural hearing loss. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2020;19(5):36–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-5-36-43>
2. Vsemirnaya Organizatsiya Zdravookhraneniya. Glukhota i poterya slukha [sait]. URL: who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss (date of the application: 24.09.2022). (In Russ.)
3. Glukhota i poterya slukha: Informatsionnyi byulleten' VOZ [Elektronnyi resurs]. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (date of the application: 01.09.2022) (In Russ.)
4. Daikhes N. A., Tarasova G. D., Orlova O. S. Sotsial'nye voprosy v reabilitatsii tugoukhosti i glukhoty v detskom vozraste. In: *Chelovek i ego zdorov'e: tez. 8-go Ros. nats. kongr. (24–28 noyab. 2003 g., Sankt Peterburg)*. Saint Petersburg, 2003: 220. (In Russ.)
5. Boboshko M. Yu., Vladimirova O. N., Golovanova L. E., Artyushkin S. A. Diagnostika, mediko-sotsial'naya ekspertiza i (re)abilitatsiya pri stoikikh narusheniyakh slukh. SPb.: RITs PSPbGMU, 2020. 61 p. (In Russ.)
6. Daikhes N. A., Vladimirova T. Yu., Machalov A. S. i dr. Diagnostiki narushenii slukha u lits starshei vuzrastnoi gruppy: uchebnoe posobie. Samara: OOO «Slovo», 2021. 58 p. (In Russ.)
7. Litvak M. M., Starokha A. V., Machalov A. S., Balakina A. V. Audiological maintenance demand changes in patients after cochlear implantation according to phase of rehabilitation process. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2012;3(58):70–74. (In Russ.)
8. Kozlov M. Ya., Levin A. L. Detskaya surdoaudiologiya. Moscow: Meditsina, 1989. 223 p. (In Russ.)
9. Koroleva I. V. Metodicheskie materialy dlya slukhorechevoi reabilitatsii raznykh kategorii patsientov posle kokhlearnoi i stvolomozgovoi implantatsii. Materialy V Peterburgskogo foruma otorinolaringologov Rossii, IV Vserossiiskogo kongressa po slukhovoii implantatsii s mezhdunarodnym uchastiem. 21–23 sentyabrya 2016. Saint Petersburg, 2016: 175. (In Russ.)
10. Koroleva I. V. Sovremennyye tekhnologii slukhorechevoi reabilitatsii detei s narusheniyami slukha. Osnovnyye problemy reabilitatsii detei s ograniченными возможностями po slukhu i puti ikh resheniya: materialy konferentsii. Saint Petersburg, 2009: 17–24. (In Russ.)
11. Machalov A. S. Funktsional'noe sostoyanie srednego i vnutrennego ukha u bol'nykh neirosensornoi tugoukhost'yu posle kokhlearnoi implantatsii: avtoreferat dis. ... kand. med. nauk: 14.01.03. Moscow, 2015. 23 p. (In Russ.)
12. Daikhes N. A., Vladimirova T. Yu., Machalov A. S. i dr. Osobennosti reabilitatsii lits starshei vuzrastnoi gruppy s sensonevral'noi tugoukhost'yu: uchebno-metodicheskoe posobie. Samara: OOO «Slovo», 2021. 60 p. (In Russ.)
13. Yanov Yu. K., Krivopalov A. A., Tuzikov N. A., Shnaider N. A., Nasyrova R. F., Shcherbuk A. Yu., Shcherbuk Yu. A., Shardanov Z. N., Artyushkin S. A. The assessment of specialized otorhinolaryngological care quality. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2019;18(1):103–115. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-103-115>
14. Tarasova N. V., Machalov A. S., Kravchenko O. Yu., Balakina A. V., Terekhina L. I., Nayandina E. I. Psychological and pedagogical support of adults after cochlear implantation - five-year observation experience. *Otolaryngologiya. Vostochnaya Evropa*. 2021;11(4):480–486. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47330022>
15. Addressing the rising prevalence of hearing loss. Geneva: WorldHealthOrganization, 2018.
16. Loughrey D. G., Kelly M. E., Kelley G. A. [et al.] Association of Age-Related Hearing Loss With Cognitive Function, Cognitive Impairment, and Dementia: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Otolaryngol. Head. Neck. Surg.* 2018;144(2):115.
17. Ortmann M., Knief A., Deuster D. [et al.]. Neural correlates of speech processing in prelingually deafened children and adolescents with cochlear implants. *PLoS One*. 2013; 8(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067696>

18. Hendriks M. P., Kessels R. P. C., Gorissen M. E. E. [et al.]. Neuropsychological diagnostics, clinical practice. Amsterdam: Boom. 2014. Available from: <https://doi.org/10.1007/bf03081376>
19. Kolokolov O. V., Kuznetsov A. O., Machalov A. S., Grigor'eva A. A. On the issue of the history of modernization of audio signal coding strategies by cochlear implantation systems. *Zhurnal nauchnykh statei Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2018;20(12):82–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.26787/nydha-2226-7425-2018-20-12-82-86>
20. Diab Kh. M., Korvyakov V. S., Kaibov A. A., Pashchinina O. A., Machalov A. S., Terekhina L. I. Cochlear implantation in otosclerosis with degree IV hearing loss and deafness. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2019;18(5):74–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-5-74-81>
21. Daikhes N. A., Machalov A. S., Kuznetsov A. O., Balakina A. V., Sapozhnikov Ya. M., Tarasova N. V., Terekhina L. I., Karpov V. L., Nayandina E. I., Bazanova M. V. Register of persons with high degree of hearing impairment and deafness in Russian Federation. *Otolaringologiya. Vostochnaya Evropa*. 2021;11(3):348–355. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46542502>
22. Mestnikova A. Z., Gogolev I. I., Diab Kh. M., Machalov A. S., Fedotova E. E., Vasilyeva L. M. The results of cochlear implantation in the RS (Ya). *Yakutskii meditsinskii zhurnal*. 2018;3(63):69–71. (In Russ.) <http://ymj.mednauka.com/files/YMJ-3-2018.pdf>
23. Machalov A. S., Starokha A. V., Litvak M. M. K voprosu otsenki sostoyaniya srednego i vnutrennego ukha u bol'nykh s sensevral'noi tugoukhost'yu posle kokhlearnoi implantatsii. Sb. Aktual'nye voprosy otorinolaringologii. Materialy mezhtseleynoi nauchno-prakticheskoi konferentsii otorinolaringologov Sibiri i Dal'nego Vostoka s mezhdunarodnym uchastiem. Blagoveshchensk, 2012:18–21. (In Russ.)

Информация об авторах

Диаб Хассан Мохаммад Али – доктор медицинских наук, заместитель директора по международной деятельности, Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); e-mail: hasandiab@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-000-5337-3239>

✉ **Мачалов Антон Сергеевич** – кандидат медицинских наук, доцент, начальник научно-клинического отдела аудиологии, слухопротезирования и слухоречевой реабилитации, Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); e-mail: anton-machalov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5706-7893>

Кузнецов Александр Олегович – доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); e-mail: aokuznet@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0372-7040>

Балакина Анна Викторовна – кандидат медицинских наук, врач-сурдолог-оториноларинголог, Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии (Россия, 123182, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, стр. 2); e-mail: abc2021@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6185-3291>

Information about authors

Hassan M. A. Diab – MD, Deputy Director for International Affairs, National Medical Research Center for Otorhinology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia (building 2, 30, Volokolamskoe highway, Moscow, Russia, 123182); e-mail: hasandiab@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-000-5337-3239>

✉ **Anton S. Machalov** – MD Candidate, Associate Professor, Head of the Scientific and Clinical Department of Audiology, Hearing Prosthetics and Hearing and Speech Rehabilitation, National Medical Research Center for Otorhinology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia (building 2, 30, Volokolamskoe highway, Moscow, Russia, 123182); e-mail: anton-machalov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5706-7893>

Aleksandr O. Kuznetsov – MD, Associate Professor, Leading Researcher, National Medical Research Center for Otorhinology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia (building 2, 30, Volokolamskoe highway, Moscow, Russia, 123182); e-mail: aokuznet@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0372-7040>

Anna V. Balakina – MD Candidate, audiologist-otorhinologist, National Medical Research Center for Otorhinology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia (building 2, 30, Volokolamskoe highway, Moscow, Russia, 123182); e-mail: abc2021@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6185-3291>