

<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.2.032>
УДК 616.28-008.14-036.868



Владимирова Т.Ю. ✉, Мартынова А.Б.

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

Слуховые тренировки с использованием программы для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker у пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование – Владимирова Т.Ю.; сбор материала, обработка, написание текста – Мартынова А.Б.

Подана: 21.04.2023

Принята: 22.05.2023

Контакты: t.yu.vladimirova@samsmu.ru

Резюме

Введение. Основным методом коррекции сниженного слуха является применение технических средств реабилитации с последующей реабилитацией путем слуховых тренировок. Большинство описанных способов слуховых тренировок не рассматривают аспекты пространственного слуха после слухопротезирования.

Цель. Изучение эффективности слуховых тренировок с помощью разработанной программы для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker у пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью после проведенного слухопротезирования.

Материалы и методы. Обследовано 49 человек (средний возраст $57,2 \pm 13,2$ года) с хронической сенсоневральной тугоухостью I–III степени после проведенного слухопротезирования. Пациенты распределены на 2 группы: 1-я группа (контрольная) – 26 человек – провела курс слуховых тренировок на базе системы диагностики и реабилитации пространственного и речевого слуха на основе виртуальной реальности с использованием различных аудиовизуальных сценариев ReviAudio, 2-я группа (основная) – 23 человека – дополнительно использовала программу для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker. Оценивали результаты русскоязычной версии опросника пространственного слуха (The Spatial Hearing Questionnaire, SHQ) до начала лечения и через 30 дней.

Результаты. Средний суммарный балл опросника SHQ к завершению слуховых тренировок у пациентов основной и контрольной групп составил $76,8 \pm 13,9$ и $79,3 \pm 12,7$ балла ($p < 0,05$) соответственно за счет увеличения по шкалам «Восприятие пространственно-разделенного целевого сигнала и шума» и «Локализация источника звука». Шкала «Восприятие речи в шуме» наиболее выражено улучшилась только у пациентов основной группы – до $78,0 \pm 14,6$ балла.

Заключение. Проведение слуховых тренировок характеризуется улучшением восприятия пространственных сигналов в обеих группах путем прироста суммарного балла опросника SHQ. Использование программы для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker позволяет улучшить распознавание сигналов на фоне помехи, что подтверждается более выраженным приростом шкалы «Восприятие речи в шуме».

Ключевые слова: сенсоневральная тугоухость, слуховые тренировки, реабилитация, компьютерная программа

Tatyana Yu. Vladimirova ✉, Anastasia B. Martynova
Samara State Medical University, Samara, Russia

Auditory Training Using "Audio Tracker" Hearing Training and Rehabilitation Program in Patients with Chronic Sensorineural Hearing Loss

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, editing – Tatyana Yu. Vladimirova; material collection, processing, text writing – Anastasia B. Martynova.

Submitted: 21.04.2023

Accepted: 22.05.2023

Contacts: t.yu.vladimirova@samsmu.ru

Abstract

Introduction. The main method of correcting hearing loss is the use of technical means of rehabilitation followed by rehabilitation through auditory training. Most of the auditory training methods described do not address aspects of spatial hearing after hearing aids.

Purpose. To study the effectiveness of auditory training using the elaborated program for hearing rehabilitation and training "Audio Tracker" in patients with chronic sensorineural hearing loss after hearing aids.

Materials and methods. We examined 49 people (mean age 57.2 ± 13.2 years) with chronic sensorineural hearing loss of I–III degree after hearing aids. The patients were divided into 2 groups: the 1st group (control group) consisted of 26 subjects underwent a course of auditory training based on the System for diagnosis and rehabilitation of spatial and speech hearing based on virtual reality using various audio-visual scenarios ReviAudio, the 2nd group (main group) consisted of 23 subjects in whom the program for the rehabilitation and training of hearing "Audio Tracker" was additionally used. The results of the Russian-language version of the Spatial Hearing Questionnaire (SHQ) were evaluated before and after 30 days of treatment.

Results. The average total score of the SHQ questionnaire by the end of auditory training in patients of the main and control groups was 76.8 ± 13.9 points and 79.3 ± 12.7 points ($p < 0.05$), respectively, due to the increase in the scales "Perception of spatial separated target signal and noise" and "Sound source localization". The scale "Speech perception in noise" was improved most significantly only in patients of the main group: up to 78.0 ± 14.6 points.

Conclusion. Conducting auditory training is characterized by a positive effect in both groups by increasing the total score of the SHQ questionnaire. The use of the program for the rehabilitation and training of hearing "Audio Tracker" allows improving signals recognition against the background of interference, which is confirmed by a more pronounced increase in the "Speech perception in noise" scale.

Keywords: sensorineural hearing loss, auditory training, rehabilitation, computer program

■ ВВЕДЕНИЕ

Основным методом коррекции нарушенной слуховой функции в настоящее время является применение технических средств реабилитации [1]. В то же время отмечается сложность восприятия сигналов окружающей среды, включая пространственное ориентирование в случае присутствия фоновых звуков [2]. Положительное влияние слуховых тренировок в процессе реабилитации пациентов после проведения слухопротезирования и выполнения кохлеарной имплантации было показано в ряде публикаций [3–6]. По данным литературы, активное проведение слуховых тренировок способствует улучшению слуховой функции за счет образования новых и коррекции сформированных ранее слуховых образов [7, 8]. Особенно эффективным является выполнение слуховых тренировок при впервые проведенном слухопротезировании [9, 10]. Варианты проведения слуховых тренировок предусматривают использование компьютерных программ, направленных на улучшение слуховых навыков путем многократного повторения сигналов с различными характеристиками [11–13], а также использование технологии виртуальной реальности [14–16]. Большинство описанных способов слуховых тренировок касаются реабилитации детей, а также пациентов после проведенной кохлеарной имплантации и не рассматривают аспекты пространственного слуха проводимой реабилитации после слухопротезирования [17, 18].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение эффективности слуховых тренировок с помощью разработанной программы для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker у пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью после проведенного слухопротезирования.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 49 человек с хронической сенсоневральной тугоухостью I–III степени после проведенного слухопротезирования. Все пациенты дали информированное добровольное согласие на участие в исследовании и по результатам предварительного тестирования соответствовали хорошей переносимости виртуальной реальности. Условия проведения исследования соответствовали этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (2000) и Правилами клинической практики в Российской Федерации, утвержденными приказом Минздрава РФ № 266 (2003). Средний возраст пациентов составил $57,2 \pm 13,2$ года, среди них 29 женщин (средний возраст $58,0 \pm 11,3$ года) и 20 мужчин (средний возраст $55,8 \pm 14,7$ года).

Пациенты были распределены на две группы с помощью программы для случайного отбора выборки и рандомизации [19]. Первая группа (контрольная) включала 26 человек (средний возраст $59,1 \pm 11,6$ года, из них 8 мужчин и 18 женщин), которым проводился курс слуховых тренировок на базе системы диагностики и реабилитации пространственного и речевого слуха на основе виртуальной реальности с использованием различных аудиовизуальных сценариев ReviAudio [14] по способу лечения пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью путем слуховых тренировок в условиях виртуальной реальности [15] на базе клиник Самарского

государственного медицинского университета. Слуховые тренировки проводили ежедневно по одной процедуре в день длительностью 30 минут в течение 10 дней. Во вторую группу (основную) вошли 23 человека (средний возраст $54,9 \pm 14,7$ года, из них 12 мужчин и 11 женщин), которые дополнительно в домашних условиях проходили слуховые тренировки с использованием программы для ЭВМ для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker [20]. Продолжительность одного сеанса слуховых тренировок составляла 30 минут с частотой сеансов слуховых тренировок по два занятия в неделю в течение 30 дней. Ответы пациента автоматически сохранялись в рабочем интерфейсе программы в специальном текстовом файле, доступном для дальнейшей обработки с помощью стандартных программ (Microsoft Excel), и еженедельно просматривались врачом-сурдологом.

В качестве контроля эффективности слуховых тренировок использовалась валидизированная русскоязычная версия опросника пространственного слуха (The Spatial Hearing Questionnaire, SHQ) [21]. Результаты оценивались по суммарному баллу, дополнительная оценка включала анализ восьми шкал: восприятие мужских (№№ 1, 5, 9, 13 и 17), женских (№№ 2, 6, 10, 14 и 18) и детских голосов (№№ 3, 7, 11, 15, 19), восприятие музыки (№№ 4, 8, 12, 16 и 20), локализация источника звука (№№ 13–24), восприятие речи в тишине (№№ 1–4), восприятие целевого сигнала и шума (№№ 5–8) и восприятие пространственно-разделенного целевого сигнала и шума (№№ 9–12). Оценка пространственного слуха с помощью опросника SHQ проводилась до начала лечения и через один месяц после.

Обработка результатов исследования проведена с помощью статистического анализа IBM SPSS Statistics, версия 1.0.0.1089 и прикладного пакета программ Microsoft Excel. Для оценки нормальности распределения количественных данных использовали критерий Колмогорова – Смирнова, показавший нормальность распределения. Результаты представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее значение и SD – стандартное отклонение. Для сравнения выборок использовался критерий Манна – Уитни. Критическим уровнем статистической значимости различий (p) считался $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний суммарный балл опросника SHQ к завершению слуховых тренировок составил у пациентов основной и контрольной групп $76,8 \pm 13,9$ и $79,3 \pm 12,7$ балла ($p < 0,05$) соответственно, что свидетельствует об улучшении пространственного слуха. При детальном рассмотрении вопросов опросника SHQ до и после слуховых тренировок отмечается увеличение по каждому вопросу в обеих группах (см. таблицу).

Особенно значимое ($p < 0,05$) улучшение в основной и контрольной группах касалось шкалы «Восприятие пространственно-разделенного целевого сигнала и шума» до $76,6 \pm 15,1$ и $78,0 \pm 13,80$ балла соответственно и шкалы «Локализация источника звука» до $77,2 \pm 14,9$ и $77,5 \pm 15,5$ балла соответственно, в то время как шкала «Восприятие речи в шуме» к завершению слуховых тренировок наиболее выраженно улучшилась только в основной группе – до $78,0 \pm 14,6$ балла ($p < 0,05$) (рис. 1, 2). Улучшение по шкале «Восприятие музыки» у пациентов основной и контрольной групп были низкими и составили $75,0 \pm 16,0$ и $77,5 \pm 15,5$ балла соответственно. В то же время отмечаются низкие показатели шкалы «Восприятие речи в шуме» $79,3 \pm 13,0$ балла у пациентов контрольной группы.

Данные опросника пространственного слуха до и после слуховых тренировок в группах исследования ($M \pm SD$, балла)

Table 1

Data from the Spatial Hearing Questionnaire before and after auditory training in study groups ($M \pm SD$, points)

№ вопроса п/п	Основная группа		Контрольная группа	
	до	после	до	после
1	73,8±8,1	82,3±14,2	81,5±17	86,7±13,7
2	73,7±18,6	81,9±14,6	79,8±17,4	86,7±13,0
3	70,2±18	78,7±13,9	76,3±19	84,3±14,0
4	74,2±19,4	82,9±17,9	81,5±19,1	87,0±14,1
5	65,8±20,3	78,8±13,6*	71,3±17,5	79,8±13,0
6	65,8±21,5	79,2±14,8*	71,5±17,2	80,7±13,3
7	63,8±21,9	77,1±15,4	72±16,8	77,2±14,6
8	66,9±22,1	76,9±17,8	75±17,3	79,6±14,5
9	64±22,6	77,3±14,8*	68±20,4	78,7±14,9*
10	64±22,8	77,7±15,8*	67,2±19,9	78,0±14,4*
11	62,9±21,5	75,0±15,4	67±19,1	77,0±14,4*
12	66±19,6	76,5±16,6*	70,2±17,4	78,5±15,7
13	67,1±20,4	76,9±15,0	68,7±23	80,9±17,2
14	68,3±20,4	78,5±15,0*	67,8±23	79,3±17,4*
15	67,9±20,5	76,7±15,7	66,3±22,3	77,2±16,3*
16	67,5±20,7	76,9±16,6*	68±22,4	77,2±18,1
17	62,5±21,2	72,7±18,9	68±22,6	78,0±18,2
18	63,5±22,2	72,7±20,9	68±21,1	77,8±17,3
19	63,7±19,6	72,3±19,1	67±21,6	77,2±18,5
20	64,4±18,3	72,5±17,4	67,4±21,6	76,3±17,9
21	66,9±15,9	74,2±16,0	65,4±23,4	76,1±14,2
22	68,7±18,1	75,4±16,2	65,7±24,3	75,0±16,2
23	67,9±19,3	76,3±18,3	66,5±25,8	77,4±14,7
24	66,2±19,4	74,6±16,2	70,4±19	77,2±16,6
Средний суммарный балл	66,9±17,8	76,8±13,9*	70,4±16,6	79,3±12,7*

Примечание: * статистическая значимость $p < 0,05$.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами данные позволяют подтвердить эффективность реабилитации пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью после проведенного слухопротезирования путем слуховых тренировок. Использование опросника пространственного слуха показало прирост по суммарному баллу с $68,8 \pm 17,1$ до $78,0 \pm 13,2$, что согласуется с предыдущими исследованиями у слухопротезированных пациентов [22] и пациентов с кохлеарными имплантами [23, 24].

Дополнительный анализ шкал опросника пространственного слуха позволил выявить наиболее выраженную динамику шкалы «Восприятие пространственно-разделенного целевого сигнала и шума» до $76,6 \pm 15,1$ и $78,0 \pm 13,80$ балла и шкалы

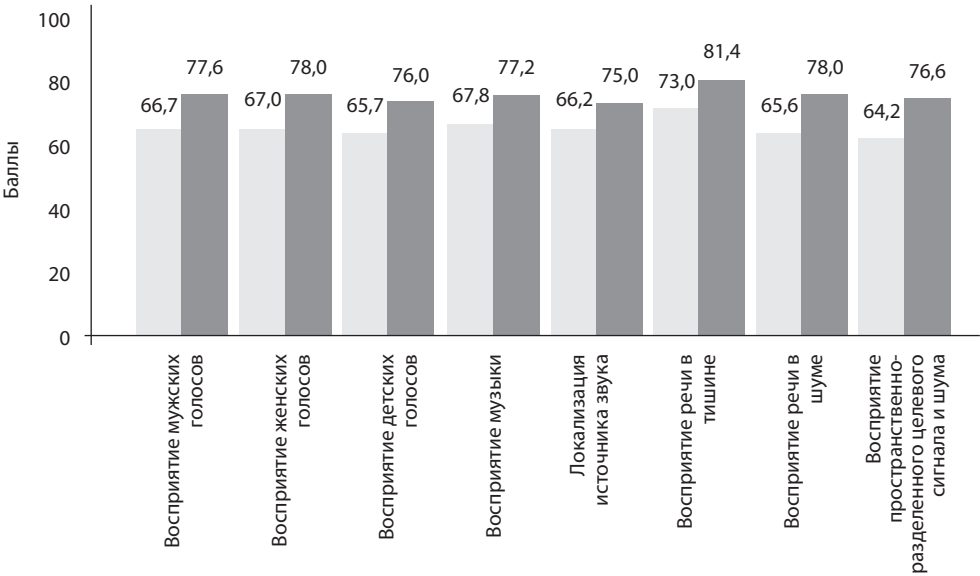


Рис. 1. Шкалы опросника пространственного слуха до и после слуховых тренировок в основной группе
Fig. 1. Scales of the Spatial Hearing Questionnaire before and after auditory training in the main group

Примечание: темным цветом указан результат после лечения.

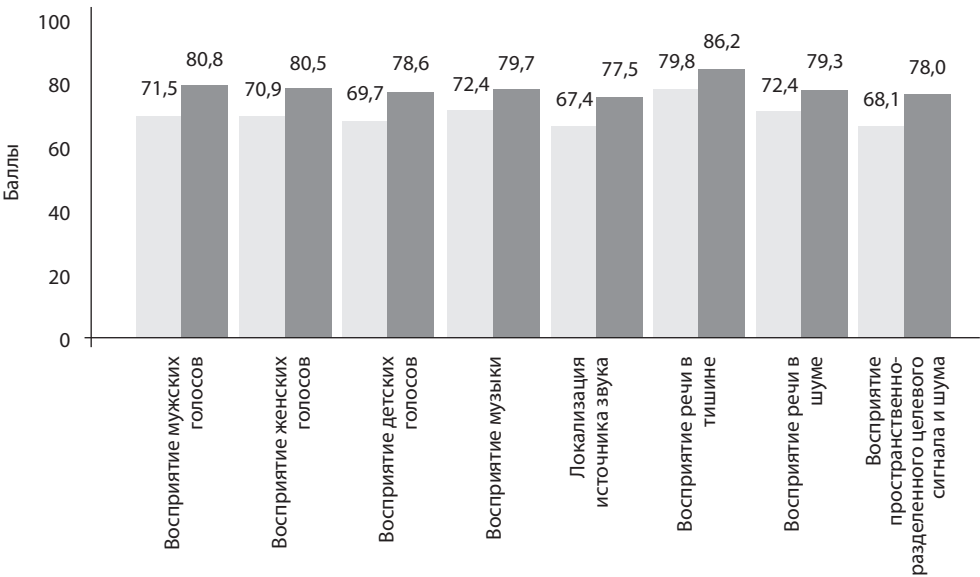


Рис. 2. Шкалы опросника пространственного слуха до и после слуховых тренировок в контрольной группе
Fig. 2. Scales of the Spatial Hearing Questionnaire before and after auditory training in the control group

Примечание: темным цветом указан результат после лечения.

«Локализация источника звука» до $77,2 \pm 14,9$ и $77,5 \pm 15,5$ балла в основной и контрольной группах соответственно, что согласуется с более ранними работами по оценке кохлеарной имплантации [25, 26].

В то же время использование программы для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker в сравнительном аспекте позволило добиться улучшения навыков слушания в усложненных акустических ситуациях, подтвержденного более выраженным приростом шкалы «Восприятие речи в шуме» до $78,0 \pm 14,6$ балла у пациентов основной группы к завершению курса слуховых тренировок.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение слуховых тренировок характеризуется положительным эффектом в обеих группах пациентов путем прироста суммарного балла опросника пространственного слуха. При проведении слуховых тренировок у пациентов с хронической сенсоневральной тугоухостью после процедуры слухопротезирования улучшаются преимущественно шкалы «Восприятие пространственно-разделенного целевого сигнала и шума» и «Локализация источника звука». Использование программы для реабилитации и тренировки слуха Audio Tracker позволяет улучшить распознавание сигналов на фоне помехи, что подтверждается более выраженным приростом шкалы «Восприятие речи в шуме».

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Tavartkiladze G.A., Machalov A.S., Nikitin M.V. Sensorineural hearing loss in adults. Clinical guidelines. 2023. https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/518_3 (in Russian)
2. Dai L., Best V., Shinn-Cunningham B.G. Sensorineural hearing loss degrades behavioral and physiological measures of human spatial selective auditory attention. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2018;3;115(14):E3286–E3295. doi: 10.1073/pnas.1721226115
3. Dornhoffer J.R., Reddy P., Ma C. Use of Auditory Training and Its Influence on Early Cochlear Implant Outcomes in Adults. *Otol Neurotol*. 2022;1;43(2):e165–e173. doi: 10.1097/MAO.00000000000003417
4. Reis M., McMahon C.M., Távora-Vieira D. Effectiveness of Computer-Based Auditory Training for Adult Cochlear Implant Users: A Randomized Crossover Study. *Trends Hear*. 2021;25:23312165211025938. doi: 10.1177/23312165211025938
5. Ogorodnikova E.A., Balyakova A.A., Zhilinskaya E.V. Auditory training as a method of rehabilitation of patients with hearing and speech impairments. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2017;23(1):34–43. (in Russian)
6. Nkyekyer J., Meyer D., Pipingas A. The cognitive and psychosocial effects of auditory training and hearing aids in adults with hearing loss. *Clin Interv Aging*. 2019;11;14:123–135. doi: 10.2147/CIA.S183905
7. Irvine R.F. Plasticity in the auditory system. *Hearing Research*. 2018;362(5):61–73. doi: 10.1016/j.heares.2017.10.0113.1
8. Neuman A.C. Central auditory system plasticity and aural rehabilitation of adults. *J Rehabil Res Dev*. 2005;42(4 Suppl 2):169–86. doi: 10.1682/jrrd.2005.01.0020
9. Boboshko M.Yu., Zhilinskaya E.V., Pak S.P. Auditory training in the rehabilitation of adult patients with hearing loss. Modern problems of physiology and pathology of hearing. Proceedings of the 7th National Congress of Audiologists and the 11th International Symposium. Suzdal: Svyatigor; 2017:84–85. (in Russian)
10. Nkyekyer J., Meyer D., Blamey P.J. Investigating the Impact of Hearing Aid Use and Auditory Training on Cognition, Depressive Symptoms, and Social Interaction in Adults With Hearing Loss: Protocol for a Crossover Trial. *JMIR Res Protoc*. 2018;23;7(3):e85. doi: 10.2196/resprot.8936
11. Belova N.Yu., Ermakova A.G., Ogorodnikova E.A. Using the computer simulator «Learn to listen» for the development of auditory perception of children with hearing and speech impairments in an educational institution. *Russian otorhinolaryngology*. 2013;3(64):15–23. (in Russian)
12. Lyublinskaya V.V., Ogorodnikova E.A., Koroleva I.V. Experience of using a computer in the study and training of auditory perception in patients after cochlear implantation. *Speech technologies*. 2009;1:43–54. (in Russian)
13. Ogorodnikova E.A., Koroleva I.V., Lyublinskaya V.V. A complex for the development of basic skills of auditory perception in people with hearing impairments. Certificate of state registration of the invention № 82419 U1 dated 06/20/2007. (in Russian)
14. Kolsanov A.V., Vladimirova T.Yu., Chaplygin S.S. A system for diagnosing and rehabilitating spatial and speech hearing based on virtual reality using various audiovisual scenarios «ReviAudio». Certificate of state registration of the computer program No. 2020667093 dated 12/10/2020. (in Russian)
15. Vladimirova T.Yu., Kurenkov A.V., Martynova A.B. A method for treating patients with chronic sensorineural hearing loss by means of auditory training in virtual reality. Certificate of state registration of the invention № 2758165 C1 dated 10/26/2021. (in Russian)
16. Dayhes N.A., Vladimirova T.Yu., Sapozhnikov Ya.M. The effectiveness of auditory training using virtual reality technologies in persons with chronic sensorineural hearing loss. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2021;86(6):17–21. doi: 10.17116/otorino20218606117. (in Russian)
17. Koroleva I.V., Lyublinskaya V.V., Ogorodnikova E.A. The method of auditory-speech rehabilitation and its evaluation in patients with cochlear implants. Certificate of state registration of the invention № 2209057 C1 dated 04/02/2002. (in Russian)

18. Sukhinin M.V., Kraisman Zh.V., Lopakov K.V. The method of rehabilitation of children with hearing impairment. Certificate of state registration of the invention № 2769620 C1 dated 04/04/2022. (in Russian)
19. National standard of the Russian Federation. Statistical methods of the procedure of randomization and selection of a random sample. 2023. <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-iso-24153-2012>
20. Vladimirova T.Yu., Martynova A.B. Computer program «Program for rehabilitation and training of hearing «Audio Tracker». Certificate of state registration of the computer program № 2023616840 от 04/03/2023. (in Russian)
21. Vladimirova T.Yu., Martynova A.B., Barbasheva S.S. Validation and prospects for the use of the Russian version Spatial Hearing Questionnaire (SHQ). *Postgraduate Bulletin of the Volga Region*. 2023;23(1):15–20. doi: 10.55531/2072-2354.2023.23.1.15-20
22. Desmet J.B., Wouters K., Bodt M., Comparison of 2 implantable bone conduction devices in patients with single-sided deafness using a daily alternating method. *Otol Neurotol*. 2012;33(6):1018–26. doi: 10.1097/MAO.0b013e31825e79ba.
23. Zhang J., Tyler R., Ji H., Dunn C., Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) and Spatial Hearing Questionnaire (SHQ) Changes Over Time in Adults With Simultaneous Cochlear Implants. *Am J Audiol*. 2015;24(3):384–97. doi: 10.1044/2015_AJA-14-0074.
24. Perreau A.E., Ou H., Tyler R., Self-reported spatial hearing abilities across different cochlear implant profiles. *Am J Audiol*. 2014;23(4):374–84. doi: 10.1044/2014_AJA-14-0015.
25. Buss E., Pillsbury H.C., Buchman C.A., Multicenter U.S. bilateral MED-EL cochlear implantation study: speech perception over the first year of use. *Ear Hear*. 2008;29(1):20–32. doi: 10.1097/AUD.0b013e31815d7467.
26. Chang S.A., Tyler R.S., Dunn C.C., Performance over time on adults with simultaneous bilateral cochlear implants. *J Am Acad Audiol*. 2010;21(1):35–43. doi: 10.3766/jaaa.21.1.5.