

Звуковая терапия при лечении шума в ушах

Е.А. Левина[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0285-6526>, xramoval@gmail.com

С.В. Левин, <https://orcid.org/0000-0001-9770-7739>, megalor@gmail.com

В.В. Дворянчиков, <https://orcid.org/0000-0002-0925-7596>, dvoryanchikov@lornii.ru

В.Е. Кузовков, <https://orcid.org/0000-0002-2581-4006>, v_kuzovkov@mail.ru

Санкт-Петербургский научно исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9

Резюме

Шум в ушах и в настоящее время представляет собой серьезную проблему оториноларингологии, приводит к значительному снижению качества жизни человека, ограничивает его способности к бытовой, общественной и профессиональной деятельности. Он имеет высокую распространенность и встречается у 10–15% взрослого населения, при этом в 1–3% случаев наблюдается тяжелая форма заболевания. В мире существует более 60 методов лечения ушного шума. К ним относят медикаментозную терапию; физиотерапевтическое воздействие, позволяющее стимулировать различные участки слухового пути от волосковых клеток улитки, ядер ствола головного мозга, продолговатого мозга, височных извилин коры головного мозга; звуковую терапию, а также использование технических средств – аудиомаскеров, слуховых аппаратов, имплантов. Цель данного обзора – освещение современного состояния вопроса, анализ предложенных в мировой практике звукоактивирующих методов реабилитации пациентов с шумом в ушах. Такое разнообразие методик обусловлено полиэтиологичностью факторов, вызывающих шум в ушах, и эмпирическим подходом к лечению. Значительный арсенал медикаментозных средств, хирургических вмешательств, применяемых для лечения патологических слуховых ощущений, зачастую оказывается далеко не универсальным и часто малоэффективным. Следует отметить, что с увеличением давности возникновения субъективного шума в ушах эффективность медикаментозной терапии снижается и, в свою очередь, повышается значимость реабилитационных методов терапии. Большинство современных методов лечения данной патологии базируется на принципах нейропластичности – способности центральной нервной системы к структурно-функциональной реорганизации. В последнее время большое внимание уделяется немедикаментозным методикам лечения, методу реэдукации (звуковой терапии).

Ключевые слова: реэдукация, маскировка, маскер, тиннитус, акустическая терапия, нейропластичность, нейромодуляция

Для цитирования: Левина ЕА, Левин СВ, Дворянчиков ВВ, Кузовков ВЕ. Звуковая терапия при лечении шума в ушах. *Медицинский совет*. 2024;18(18):140–148. <https://doi.org/10.21518/ms2024-484>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Sound therapy in the treatment of tinnitus

Elena A. Levina[✉], <https://orcid.org/0000-0003-0285-6526>, xramoval@gmail.com

Sergey V. Levin, <https://orcid.org/0000-0001-9770-7739>, megalor@gmail.com

Vladimir V. Dvoryanchikov, <https://orcid.org/0000-0002-0925-7596>, dvoryanchikov@lornii.ru

Vladislav E. Kuzovkov, <https://orcid.org/0000-0002-2581-4006>, v_kuzovkov@mail.ru

St Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia

Abstract

Tinnitus is currently a serious problem of rhinolaryngology, leads to a significant decrease in the quality of human life, limits his ability to household, social and professional activities. It has a high prevalence and occurs in 10–15% of the adult population, while in 1–3% of cases a severe form of the disease is observed. There are more than 60 treatments for ear noise in the world. These include drug therapy; physiotherapeutic effects that allow stimulating various parts of the auditory pathway from the hair cells of the cochlea, the nuclei of the brain stem, the medulla oblongata, the temporal gyri of the cerebral cortex; sound therapy, as well as the use of technical means - audio maskers, hearing aids, implants. The aim of this review is to highlight the current state of the issue, to analyze the sound-activating methods of rehabilitation of patients with tinnitus proposed in world practice. Such a variety of techniques is due to the polyetiological nature of the factors causing tinnitus and the empirical approach to treatment. A significant arsenal of medications and surgical interventions used to treat pathological auditory sensations often turns out to be far from universal and often ineffective. It should be noted that with an increase in the prescription of subjective tinnitus, the effectiveness of drug therapy decreases and, in turn, the importance of rehabilitation therapies increases. Most modern methods of treating this pathology are based on the principles of neuroplasticity – the ability of the central nervous system to structurally and functionally reorganize. Recently, much attention has been paid to non-drug treatment methods, including the method of reeducation (sound therapy).

Keywords: sound therapy, tinnitus, masking, masker, acoustic therapy, neuroplasticity, neuromodulation, reduction

For citation: Levina EA, Levin SV, Dvoryanchikov VV, Kuzovkov VE. Sound therapy in the treatment of tinnitus. *Meditsinskiy Sovet*. 2024;18(18):140–148. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2024-484>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Шум в ушах – один из самых распространенных симптомов, который можно определить как осознанное восприятие звука продолжительностью более 5 мин при отсутствии внешнего слухового раздражителя [1, 2]. Частота этого симптома составляет 5,1–42,7% во всем мире, она увеличивается с возрастом [2]. Шум в ушах встречается у мужчин чаще, чем у женщин (16,2%) [2]. По данным некоторых авторов, шум и снижение слуха чаще встречаются в левом ухе. С одной стороны, это объясняется тем, что левое ухо более чувствительно к воздействию факторов риска, таких как громкие звуки, ототоксичные препараты, с другой стороны, в литературе описана асимметричная активность слуховой коры с гиперактивностью слева [3]. Существует большое разнообразие методов лечения и реабилитации шума в ушах – медикаментозная терапия, физиотерапевтическое воздействие, позволяющее стимулировать различные участки слухового пути от волосковых клеток улитки, ядер ствола головного мозга, продолговатого мозга, височных извилин коры головного мозга, звуковая терапия, использование технических средств – аудиомаскеров, слуховых аппаратов, имплантов [1, 4].

При этом эффективность методик крайне различна. У части пациентов удается достичь значительного положительного эффекта, для других же воздействие оказывается неэффективным. Безусловно, большую роль играют сроки начала терапии, этиология шума, наличие сопутствующей соматической патологии, однако первостепенно понимание патогенеза развития «фантомных» звуковых ощущений. Многие люди с выраженным шумом в ушах замечают, что шум в ушах меняется в зависимости от акустической среды: он становится более навязчивым в тишине и менее раздражающим в среде, обогащенной звуком [1, 4]. Это наблюдение привело к разработке методов лечения шума в ушах с использованием звука. Звуковая терапия (редукция) была впервые описана в медицинском учебнике Жана-Мари Итара в 1821 г., и этот метод лечения продолжает развиваться, разрабатывается целый ряд методов лечения [5]. Благодаря своей неинвазивности, звуковая терапия легко воспринимается пациентами и широко используется в клинической практике [6, 7]. Пациентов с выраженным субъективным шумом в ушах часто сопровождают значительные эмоциональные расстройства. Сигнал шума в ушах передается из улитки в подкорковый центр, и этот сигнал воспринимается и оценивается корой головного мозга, которая в дальнейшем стимулирует соответствующий ответ лимбической системы и вегетативной нервной системы [8, 9]. Шум воспринимается корой головного мозга как негативный стимул, тем самым активируя лимбическую систему как источник негативных эмоций, (страх и тревога) и дополнительно стимулируя вегетативную нервную систему для создания «реакции на стресс» (например, расстройства сна). Эта серия стрессовых реакций заставляет пациентов становиться более тревожными (поскольку лимбическая система более активна), образуя тем самым порочный круг между

слухом, лимбической системой и вегетативной нервной системой [2, 4]. Звуковая терапия помогает пациентам воспринимать шум в ушах как часть приятного звукового фона, что способствует формированию ощущения облегчения и контроля над ситуацией. Это делается с целью уменьшить вторичную реакцию, опосредованную лимбической системой, которая, как полагают, вносит основной вклад в эмоциональные расстройства, связанные с шумом в ушах. Кроме того, звуковая терапия уменьшает контраст между ощущением шума в ушах и фоновой активностью слуховой системы [5, 6]. Таким образом, даже если подкорковый центр обнаруживает шум, сигнал не достигает уровня восприятия, что обеспечивает перцептивную адаптацию к шуму. Адаптация к ушному шуму не меняет уровень сигнала, а скорее интерпретацию сигнала или реакцию на него [10–13].

Звуковую терапию можно разделить на неиндивидуальную и индивидуализированную терапию.

Неиндивидуальная звуковая терапия включает:

- маскирующую терапию
- терапию привыкания к шуму в ушах (TRT)
- использование технических средств – слуховые аппараты, кохлеарные импланты.

Эта стратегия использует шум, музыку или звуки окружающей среды в качестве стимулирующих звуков и направлена на улучшение неблагоприятных физиологических и эмоциональных реакций, связанных с шумом в ушах, путем маскировки шума в ушах или помощи пациентам в процессе адаптации [1, 4, 5].

Индивидуальная звуковая терапия включает в себя:

1. Гейдельбергскую нейромюзикальную терапию (Heidelberg neuro-music therapy – HNMT).
2. Музыкальную терапию с использованием режекторного фильтра (Tailor-made notched music training – TMNMT).
3. Терапию с согласованием тона.
4. Нейромодуляционную терапию с акустической скоординированной перезагрузкой (acoustic coordinated reset neuromodulation therapy – CR).
5. Нейромоническую терапию шума в ушах (neuromonics tinnitus therapy – HTT).
6. Модулированную волновую терапию.
7. Тренировку слуховой дискриминации (auditory discrimination training – ADT).

Индивидуальная звуковая терапия использует стратегию управления ушным шумом, основанную на индивидуальных аудиологических показателях шума, и направлена на индукцию реорганизации коры или изменение патологической синхронизации нейронов.

Предположение о возможности лечения шума в ушах методом *маскировки* было высказано Гиппократом за 400 лет до н. э. Древние греки были первыми, кто предложил маскирование для лечения патологических слуховых ощущений [1, 4, 5].

Описаны случаи излечения больных различными шумами: стуком мельничных колес, тиканьем часов, стуком вагонных колес. Использование внешних звуков в течение длительного времени оказывало лечебный эффект вплоть до исчезновения шума в ушах [6–9].

Маскирующая терапия белым шумом была впервые предложена J. Vernon в 1976 г. [14]. При этом методе для маскировки шума в ушах используется внешний шум, тем самым отвлекая пациентов и уменьшая контраст между сигналом шума в ушах и фоновой активностью слуховой системы. В зависимости от того, слышен шум в ушах или нет, существует два типа маскирующей терапии: полная маскировка и частичная маскировка. В ранних работах J. Vernon целью было достижение «полной маскировки». Позже он отмечал, что частичная маскировка также может быть более эффективной. Существуют также различные типы звуков, используемые для маскировки шума в ушах, такие как белый шум, широкополосный шум, узкополосный шум, окружающие звуки, музыка.

Широко распространено мнение, что индивидуализированная звуковая стимуляция оказывает лучший эффект подавления шума в ушах, чем неиндивидуализированный звук. При исследовании группы пациентов, получавших смешанную стимуляцию чистыми тонами, состоящими из смешанных чистых тонов девяти различных частот, были показаны более низкие баллы по шкале оценки ушного шума (ТН) и визуальной аналоговой шкале громкости и раздражения (ВАШ) по сравнению с исходным уровнем после 12 нед. лечения, хотя разница не была значимой в первые 4 нед. Это подразумевает наличие связи между эффективностью и продолжительностью лечения. Кроме того, авторы обнаружили, что пациенты с лучшими результатами, как правило, имели более высокие начальные баллы по шкале оценки выраженности ушного шума (ТН) [8, 11].

ТЕРАПИЯ ПРИВЫКАНИЯ К ШУМУ В УШАХ (TRT)

TRT – это комбинированная терапия, состоящая из психологического консультирования пациента с целью восприятия шума как нейтрального стимула и звуковой терапии для уменьшения раздражающего действия шума [12]. Целью терапии является научить пациентов корректировать свое психологическое состояние, чтобы облегчить негативные эмоции, связанные с шумом. В то же время продолжительное воздействие TRT может улучшить функцию центрального торможения или центральной фильтрации [13]. Положительное воздействие звуковой стимуляции заключалось в подборе оптимальных параметров сигнала для маскировки шума в ушах, поскольку привыкания к шуму в ушах может не произойти, если шум в ушах не слышен, как в случае с полной маскировкой. Авторы пришли к выводу, что TRT способствует привыканию, но не меняет уровень громкости шума [14].

ГЕЙДЕЛЬБЕРГСКАЯ НЕЙРОМУЗЫКАЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ (HNMT)

Методика была впервые предложена в 2004 г. [15]. Принцип действия HNMT основан на феномене нейрофизиологической пластичности коры головного мозга и психологических факторах, связанных с шумом в ушах. HNMT сочетает в себе стратегию психологического управления

шумом в ушах и специальную вокальную тренировку. Курс лечения состоит из девяти 50-минутных сеансов индивидуальной терапии, включающих интонационную тренировку, обучение релаксации, тренировку привычек и контроль артериального давления. Процедуру проводят дважды в день по 50 мин в течение 5 дней. И резонансная, и интонационная тренировка являются формами позитивной музыкальной терапии. Резонансная тренировка направлена на стимуляцию краниоцервикальных резонирующих полостей и воздействует на шум в ушах посредством взаимодействия слухового восприятия и соматосенсорной информации. Целью метода является обучение пациента активно фильтровать звуковую информацию и концентрироваться только на части слуховой стимуляции. Интересно отметить, что у контрольной группы также наблюдалось увеличение активности серого вещества. Эти результаты подтвердили, что в результате HNMT происходит своего рода нейрокогнитивная реабилитация [15]. Продолжительность музыкотерапии не превышает 5 последовательных тренировочных дней, что значительно повышает переносимость лечения. Кроме того, несмотря на непродолжительный курс, терапия демонстрирует долгосрочный эффект у пациентов.

МУЗЫКАЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЖЕКТОРНОГО ФИЛЬТРА (TMNMT)

Основной принцип метода заключается в фильтрации и удалении части частотного диапазона, соответствующего шуму в ушах, из любого музыкального произведения. Фактически связанная с шумом в ушах активность нейронов подавляется латеральным торможением при прослушивании предварительно обработанного музыкального фрагмента [16]. По мнению авторов, это приводит к реорганизации коры головного мозга вокруг тонотопических областей, кодирующих частоты внутри этого диапазона. Чтобы усилить эффект латерального торможения в области, соответствующей частоте шума в ушах, спектр музыки обрабатывается в три этапа. Во-первых, амплитуда частотного спектра музыки во всех диапазонах частот выравнивается за счет перераспределения стимуляции от низких частот к высоким. Это гарантирует достижение равного спектра ниже и выше частотной области, подавляемой режекторным фильтром. Во-вторых, удаляется полоса частот шириной в пол-октавы с центром на частоте шума в ушах. В-третьих, участки частотного спектра шириной в три восьмых октавы по обе стороны от частоты удаленного фрагмента усиливаются на 20 дБ, чтобы увеличить разницу в стимуляции между отфильтрованной областью и пограничными частотами. Одновременно это приводит к значительному снижению субъективной громкости шума в ушах [17]. Ряд исследователей отмечают, что методика более эффективна при шуме в ушах с частотой >8 кГц по сравнению с эффективностью у пациентов с ушным шумом частотой >8 кГц. Эта разница в лечебном эффекте может быть частично объяснена более низким содержанием музыкальной стимуляции в области частот выше 8 кГц. Помимо частоты, на эффективность TMNMT также может

влиять продолжительность лечения [18]. Оптимальная продолжительность терапии составила 6–12 мес. Однако исследование A. Stein et al. показало, что кратковременные изменения в нейрофизиологической активности мозга, вызванные TMNMT, начинают происходить уже через 3 дня [18, 19].

СОГЛАСОВАННАЯ ТЕРАПИЯ ШУМА В УШАХ

Данный вид терапии использует технический подход, противоположный TMNMT, который избирательно усиливает область частот потери слуха в области тона ушного шума [20]. Исследования показали, что нахождение в акустической среде, обогащенной высокими частотами, после шумовой травмы предотвращает реорганизацию тонотопической карты в слуховой коре и уменьшает изменения после воздействия шума [20]. Авторы предполагают, что компенсация потери слуха или стимуляция в области спектра ушного шума на ранней стадии может уменьшить реструктуризацию слуховой коры. Несмотря на контрастные способы лечения TMNMT и терапией согласования тона в ушах, оба метода, как сообщается, приводят к значительному уменьшению шума в ушах после длительного (6–12 мес.) и регулярного (2–4 ч в день) прослушивания измененных звуков. Остается неясным, почему эффективность лечения ушного шума с согласованием высоты тона в различных исследованиях непоследовательна. Можно предположить, что такие факторы, как этиология ушного шума, интенсивность стимулирующего звука, адаптация и продолжительность лечения, влияют на эффективность терапии.

АКУСТИЧЕСКАЯ КООРДИНИРОВАННАЯ ПЕРЕЗАГРУЗКА НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ

Нейромодуляция CR была первоначально разработана для электрической стимуляции глубоких слоев мозга при лечении болезни Паркинсона. В последние годы было предложено применить метод для электрофизиологической корреляции шума в ушах [21]. CR использует компьютерные слуховые стимулы, представленные в виде коротких тонов в случайной изменяющейся последовательности выше и ниже частоты шума в ушах. Принцип воздействия метода направлен на противодействие патологической нейронной синхронности путем устойчивого снижения силы синаптических связей между нейронами поврежденных клеток. В клинических исследованиях пациенты, получавшие стимуляцию CR 4–6 ч в день, показали большую эффективность, чем пациенты, получавшие стимуляцию в течение 1 ч в день. Также было показано, что CR оказывает устойчивое долгосрочное воздействие на подавление шума в ушах [21].

ЛЕЧЕНИЕ ШУМА В УШАХ НЕЙРОМОНИКОЙ (NTT)

Дэвис разработал NTT как протокол акустической десенсибилизации, который следует схеме избыточности, добавляя индивидуально настроенные звуки

широкополосной частоты к расслабляющей музыке [22]. Метод был разработан для пациентов с нормальным слухом для воздействия на лимбическую систему и обеспечения прерывистого кратковременного восприятия шума в ушах в рамках приятного и расслабляющего стимула, тем самым способствуя снижению чувствительности к шуму. Методика рассчитана на лечение не менее 2 ч в день в течение 6 мес. В течение первых двух месяцев проведения NTT индивидуальный широкополосный шум сочетается с приятной музыкой. В течение следующих 4 мес. шумовой компонент удаляется из индивидуального акустического стимула, что позволяет лишь периодически воспринимать шум в ушах. Пациент может не ощущать шум в ушах во время пиков интенсивности и по-прежнему воспринимать его во время спадов интенсивности, тем самым способствуя привыканию к шуму в ушах, что приводит к постепенному снижению тревоги, вызванной шумом [22].

МОДУЛИРОВАННАЯ ВОЛНОВАЯ ТЕРАПИЯ

Метод модулированной терапии основан на том, что согласование по высоте частоты ушного шума может оказать влияние на интерференцию шума. L. Liang et al. показали, что высота чистых тонов, соответствующая шуму в ушах пациента, а затем синусоидально модулируемая по амплитуде с константой скорости, вызывает высокочастотные корковые импульсы [23]. Модулированная волновая терапия включает в себя частотную и амплитудную модуляцию. Применяя модулированную волновую терапию и подвергая пациентов воздействию различных типов звуков, которые были представлены в одной точке ниже воспринимаемой субъектом громкости шума в ушах (по шкале от 0 до 10), испытуемых просили оценить громкость шума в ушах с интервалом в 30 сек. По сравнению с чистыми тонами и шумами, которые в основном вызывают или противодействуют активности слуховой коры, маскируя шум в ушах, модулированные стимулы производят надежную и устойчивую акустически обусловленную активность, которая может перестроить паттерны корковых импульсов таким образом, чтобы предотвратить возникновение шума в ушах. В настоящее время исследования модуляции звука при ушном шуме в основном сосредоточены на краткосрочных эффектах подавления шума, а тест на остаточное подавление часто используется для прогнозирования долгосрочного эффекта, который стимулирующие звуки оказывают на выраженность шума [24]. Как и другие виды звуковой терапии, звуковая терапия с модулированными волнами эффективна для лечения шума в ушах, но не для всех пациентов. Исследование Тайлера и др. показало положительный эффект лечения амплитудной модуляцией у 54,3% пациентов. По сравнению с пациентами с тональным ушным шумом, у пациентов с шумоподобными ощущениями наблюдался значительно лучший эффект лечения, особенно непосредственно после прекращения стимуляции [25]. Помимо влияния отдельных факторов, на эффективность терапии влияет и тип модулированного звука. Клиническое

исследование [25] представило доказательства того, что низкочастотные амплитудно-модулированные тоны с высокой несущей частотой в диапазоне высоты звука в ушах были наиболее эффективными для снижения громкости шума в ушах.

ТРЕНИРОВКА СЛУХОВОЙ ДИСКРИМИНАЦИИ (ADT)

Данные магнитоэнцефалографии С. Herraiz et al. продемонстрировали, что активация областей коры, стимулированная звуком той же частоты, что и высота шума в ушах, приводит к активации соседних зон коры головного мозга. Кроме того, G. Moffat et al. предположили, что акустическая стимуляция с той же частотой, что и высота шума в ушах, приводит к неадаптивным компенсаторным реакциям на деафферентацию (шум в ушах) [26–28]. Это показало, что реорганизация может быть вызвана внешней звуковой стимуляцией. Метод слуховой дискриминации обеспечивает специфическую акустическую стимуляцию поврежденных частот улитки для усиления активности слуховой коры, соответствующей этим частотам, и уменьшения стимуляции соседних зон, тем самым эффективно подавляя шум в ушах. Электрофизиологически было продемонстрировано, что эти процессы ремоделирования могут происходить независимо от того, подвергаются ли звуковые мишени тренировке или представляются в качестве фонового сигнала. Таким образом, терапия ADT не требует от участников концентрации, и им нужно лишь неоднократно и интенсивно прослушивать соответствующие звуковые сигналы [27–29].

СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ И КОХЛЕАРНЫЕ ИМПЛАНТЫ

С 1976 г. в клиническую практику при лечении шума в ушах все больше входит использование слуховых аппаратов, аудиомаскеров, комбинированных устройств, а также кохлеарных имплантов. Использование слуховых аппаратов и кохлеарных имплантов позволяет обеспечить обогащение акустической среды, которая может маскировать шум в ушах или сделать его менее заметным. В современных слуховых аппаратах, помимо маскеров, используются программы, воспроизводящие гармонические релаксирующие звуки (музыкальные тоны, которые можно адаптировать к потребностям пользователя посредством регулировки тембра, громкости, высоты и темпа предъявляемых звуковых паттернов) [30]. Синхронизированная нейронная активность, генерируемая этими устройствами, снижает нервную гиперактивность, связанную с шумом в ушах, и, таким образом, обеспечивает временное подавление шума в ушах [30–32]. До 60% пациентов испытывают незначительное или значительное облегчение шума в ушах при ношении слуховых аппаратов, менее 2% пациентов испытывают ухудшение шума в ушах при ношении слуховых аппаратов и 39% не ощущают изменения шума [32, 33]. Разработан ряд мобильных приложений для людей с шумом в ушах, наиболее часто в них используют звуки природы, повседневной жизни или ослабляющую музыку.

Согласно полученным результатам исследования, снижение уровня шума в ушах при использовании кохлеарного импланта связано с прямой электрической стимуляцией слухового нерва и акустической маскировкой [34, 35]. Эти наблюдения обеспечивают доказательную базу для применения кохлеарной имплантации в качестве эффективного лечения для пациентов с односторонней глухотой и выраженным ушным шумом [36, 37].

Таким образом, область применения методов звуковой терапии обширна и позволяет проводить реабилитационные мероприятия широкому контингенту пациентов с шумом в ушах [35, 38, 39].

В качестве иллюстрации представим собственное клиническое наблюдение.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациент Н. 55 лет обратился к врачу-сурдологу сурдологического отделения ФБГУ «Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи» с диагнозом «Левосторонняя сенсоневральная тугоухость I ст. Ушной шум слева». Жалобы на снижение слуха на левое ухо, ощущение заложенности уха, постоянный высокочастотный шум (звон) в левом ухе. По данным анамнеза: шум в левом ухе появился внезапно 3 мес. назад после акустической травмы. Сначала появилась заложенность левого уха, затем присоединился постоянный, раздражающий высокочастотный звон в левом ухе. В остром периоде был проведен курс инфузионной терапии глюкокортикостероидами по убывающей схеме, препаратами, улучшающими мозговую и лабиринтный кровоток, а также процессы тканевого и клеточного метаболизма. После проведенного курса лечения шум в левом ухе сохранялся. На момент осмотра риноскопия, фарингоскопия, отомикроскопия без особенностей. При камертональном исследовании выявлено снижение слуха слева по типу нарушения звуковосприятия. Проба Вебера – латерализация вправо. Пробы Ринне и Фредеричи – положительные с двух сторон. Пороги восприятия шепотной речи 4 м слева, 6 м справа, разговорной речи 5 м слева, 6 м справа. Укорочено время восприятия камертона С128 слева 8 с, справа 15 с. По данным тональной пороговой аудиометрии и аудиометрии в высокочастотном диапазоне – признаки левостороннего нарушения звуковосприятия. По данным тимпанометрии AD/AS: тимпанограмма тип А с обеих сторон, акустические рефлексы при ипси- и контрастимуляции зарегистрированы с двух сторон, слева пороги повышены в диапазоне 2 и 4 кГц. Признаков распада рефлекса справа и слева не обнаружено. Функция слуховых труб в пределах нормы. По данным КТ височных костей: признаков патологических изменений в барабанной полости, ячейках сосцевидного отростка, внутренних слуховых проходов не обнаружено. При проведении МРТ слуховых нервов с контрастом данных о патологических изменениях преддверно-улитковых нервов и внутреннего уха не получено. Данные психоакустической шумометрии по методу громкостного баланса – частотные характеристики шума соответствовали сигналу с частотой 10–12 кГц, зона перекрытия соответствовала 80 дБ.

При анкетировании THI (Tinnitus Handicap Inventory) шкала выраженности ушного шума при первом обращении – 62 балла, что соответствует 4-му классу выраженности ушного шума (тяжелый ушной шум).

Пациенту был назначен комбинированный курс лечения, сочетающий звуковую терапию и транслингвальную стимуляцию. Электротактильную стимуляцию языка проводили с помощью аппарата «Нейропорт». Интенсивность стимуляции перед каждым сеансом пациент выбирал самостоятельно, ориентируясь на собственные ощущения. Время совместного воздействия стимуляции и звуковой терапии – 20 мин. На первом этапе звуковую терапию проводили методом маскировки узкополосным шумом, соответствующим частотным характеристикам ушного шума пациента. Для проведения лечения использовался узкополосный шум в частотном диапазоне 12 кГц. Спектр предъявляемого шума показан на рис. 2.

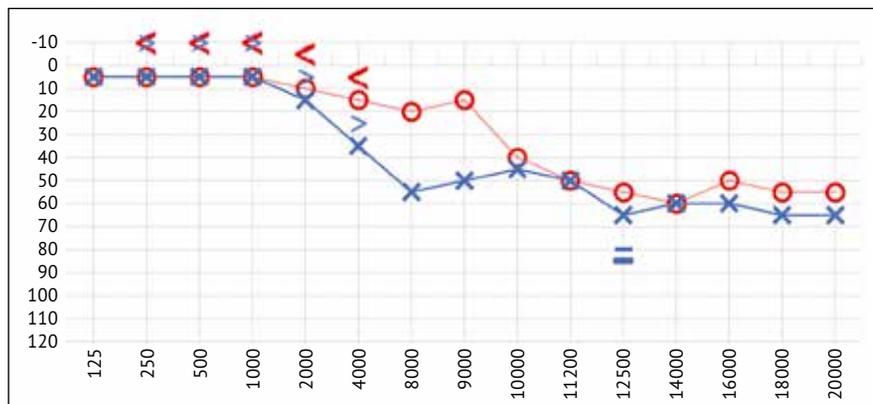
Звуковой файл был сгенерирован с плавным нарастанием и снижением шума в области высоких частот и постоянным шумовым фоном в остальных областях слышимого спектра. Длительность стимуляции в области высоких частот составила 20 мин.

Через 5 дней лечения пациент отмечал незначительные изменения собственного ушного шума. В процессе лечения была скорректирована терапия. Был подобран индивидуальный шумовой сигнал, состоящий из 3 компонентов, белого шума во всем частотном диапазоне, отвлекающего от основного маскира, небольшой интенсивности, узкополосного шумового маскира большей интенсивности, шириной около 2 октав, в области 12–14 кГц. И звуками природы с суммарным спектром до 2 кГц. Данный стимул был приятным для использования из-за низкочастотной составляющей звуков природы и в то же время эффективно маскировал собственный «неприятный» шум.

Процедура проводилась один раз в день в течение 20 мин в течение 45 дней. Уменьшение интенсивности шума пациент ощутил после первой процедуры. При анкетировании THI

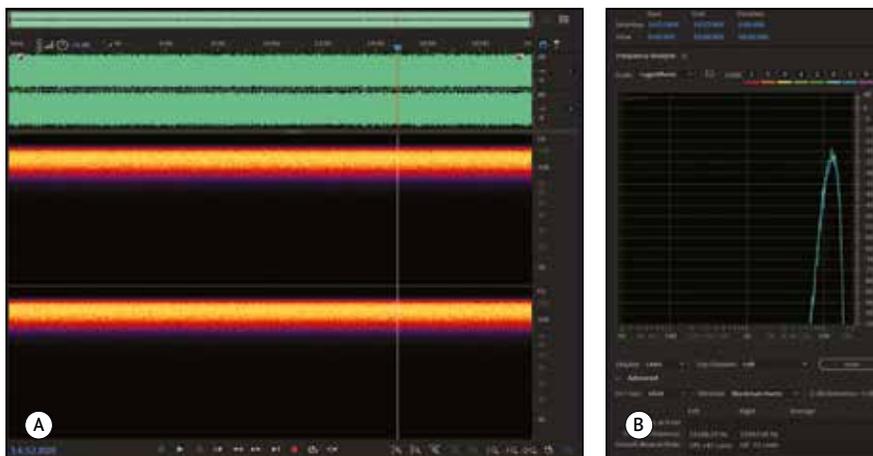
● **Рисунок 1.** Тональная пороговая аудиометрия и аудиометрия в высокочастотном спектре до 20 кГц. Данные психоакустической шумомерии отмечены синей чертой на частоте 12 500Гц

● **Figure 1.** Tonal threshold audiometry and audiometry in the high-frequency spectrum up to 20 kHz. Psychoacoustic noise measurement data is marked with a blue line at a frequency of 12 500 Hz



● **Рисунок 2.** Узкополосный шум в частотном диапазоне 12 кГц, используемый для лечения пациента

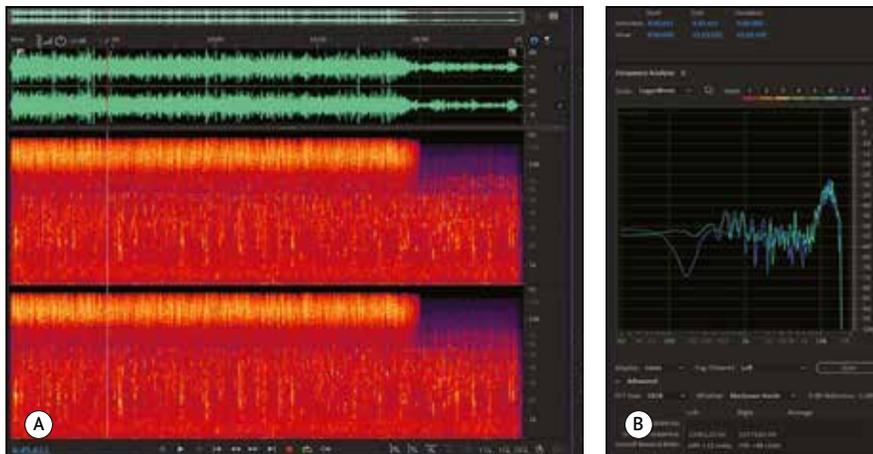
● **Figure 2.** Narrowband noise within the 12 kHz frequency range designed for the purpose of treating a patient



A – частотный анализ предъявляемого звукового стимула; B – спектрально частотный анализ используемого файла

● **Рисунок 3.** Спектр маскировочного шума, соответствующего частотным характеристикам ушного шума пациента

● **Figure 3.** Masking noise spectrum corresponding to the frequency characteristics of the patient's tympanophony



A – частотный анализ предъявляемого звукового стимула; B – спектрально частотный анализ используемого файла

после курса лечения был получен результат – 32 балла, что соответствует 2-му классу выраженности ушного шума (легкий ушной шум).

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, существует большое разнообразие методов звуковой терапии, применяющихся в лечении ушного шума. Благодаря своей неинвазивности, звуковая терапия легко воспринимается пациентами и широко используется в клинической практике. Однако вследствие большого разнообразия причин развития ушного шума эффективность методов также не однородна. Безусловно, большую роль в выборе метода воздействия играет уровень поражения слуховой системы и степень нарушения слуховой функции. Принципы формирования воздействующей акустической среды различны для пациентов с периферическими и центральными нарушениями, с глухотой и небольшим снижением звуковосприятия. Немаловажную роль в выборе метода воздействия играет психологическое, эмоциональное состояние пациента, его соматический статус. Эти данные в настоящий момент представлены разрозненно, нет единого алгоритма определения показаний и ограничений к проведению данного вида терапии.

Также большую сложность в оценке результатов воздействия оказывает использование в основном субъективных методов. Исходя из вышеизложенного, необходимо проведение сравнительного комплексного исследования для выработки обоснованных рекомендаций по определению показаний и ограничений использования конкретного вида звуковой терапии, разработки алгоритма объективной оценки эффективности проведенного лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Звуковая терапия – перспективное направление в реабилитации и лечении пациентов с шумом в ушах. Многочисленные исследования не выявили единого алгоритма, универсального лечения. В связи с полиэтиологичностью и разнообразием проявления ушных шумов необходим индивидуальный подход в подборе тактики проведения звуковой терапии. Необходимы дальнейшие исследования для определения наиболее эффективных форм звуковой терапии для разработки более точных и целенаправленных схем лечения.

Поступила / Received 09.04.2024
Поступила после рецензирования / Revised 13.09.2024
Принята в печать / Accepted 16.09.2024



Список литературы / References

- McCormack A, Edmondson-Jones M, Somerset S, Hall D. A systematic review of the reporting of tinnitus prevalence and severity. *Hear Res*. 2016;337:70–79. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.05.009>.
- Шелеско ЕВ, Черникова НА, Фомочкина ЛА, Лебедева МА, Никонова СД, Дороница ВА, Зинкевич ДН. Принципы диагностики и лечения шума в ушах. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2021;121(11):99–105. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112111199>.
- Shelesko EV, Chernikova NA, Fomochkina LA, Lebedeva MA, Nikonova SD, Doronina VA, Zinkevich DN. Principles of diagnosis and treatment of tinnitus. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2021;121(11):99–105. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro202112111199>.
- Geven LI, de Kleine E, Willemsen AT, van Dijk P. Asymmetry in primary auditory cortex activity in tinnitus patients and controls. *Neuroscience*. 2014;256:117–125. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2013.10.015>.
- Лопотко АИ (ред.). *Шум в ушах*. СПб.: Диалог; 2006. 278 с.
- Liu H, Zhang J, Yang S, Wang X, Zhang W, Li J, Yang T. Efficacy of sound therapy interventions for tinnitus management: A protocol for systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(41):e27509. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000027509>.
- Сыроежкин ФА, Дворянчиков ВВ, Данилов ЮП, Голованов АЕ, Никитин НИ, Морозова МВ. Реабилитация пациентов после слухоулучшающих операций: перспективы применения слуховой и вестибулярной тренировок в условиях неинвазивной нейромодуляции. *Российская оториноларингология*. 2016;(1):94–102. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-1-94-102>.
- Syroezhkin FA, Dvorianchikov VV, Danilov YuP, Golovanov AE, Nikitin NI, Morozova MV. Rehabilitation of patients after ear surgery: prospects of auditory and vestibular training in noninvasive neuromodulation. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2016;(1):94–102. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-1-94-102>.
- Морозова СВ, Павлюшина ЕМ, Аксенова ОВ. Шум в ушах: основные принципы диагностики и лечения. *Consilium Medicum*. 2006;8(10):5–10. <https://journals.rcsi.science/2075-1753/article/view/92183>.
- Morozova SV, Pavlyushina EM, Aksenova OV. Tinnitus: Basic principles of diagnosis and treatment. *Consilium Medicum*. 2006;8(10):5–10. (In Russ.) Режим доступа: <https://journals.rcsi.science/2075-1753/article/view/92183>.
- Сыроежкин ФА, Никитин НИ, Дворянчиков ВВ, Голованов АЕ, Морозова МВ, Летагин АИ, Данилов ЮП. Современные представления об ушном шуме в аспекте нейропластичности: перспективы применения слуховой тренировки. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2015;3(51):94–98. Режим доступа: <https://www.vmeda.org/wp-content/uploads/2016/pdf/94-98.pdf>.
- Syroezhkin FA, Nikitin NI, Dvorianchikov VV, Golovanov AE, Morozova MV, Letyagin AI, Danilov YuP. Neural plasticity in current tinnitus conception: opportunity for aural training. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2015;3(51):94–98 (In Russ.) Available at: <https://www.vmeda.org/wp-content/uploads/2016/pdf/94-98.pdf>.
- Морозова СВ, Шибина ЛМ, Шемпелева ЛЭ, Павлюшина ЕМ. Принципы дифференциальной диагностики и комплексного лечения ушного шума. *Вестник оториноларингологии*. 2013;78(6):95–98. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2013/6/030042-46682013625>.
- Morozova SV, Shibina LM, Shempeleva LE, Pavlyushina EM. The principles of differential diagnostics and combined treatment of tympanitis. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2013;78(6):95–98. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2013/6/030042-46682013625>.
- Pantev C, Okamoto H, Ross B, Stoll W, Ciurlia-Guy E, Kakigi R, Kubo T. Lateral inhibition and habituation of the human auditory cortex. *Eur J Neurosci*. 2004;19(8):2337–2344. <https://doi.org/10.1111/j.0953-816X.2004.03296.x>.
- Jastreboff PJ, Jastreboff MM. Tinnitus retraining therapy: a different view on tinnitus. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2006;68(1):23–29. <https://doi.org/10.1159/000090487>.
- Forti S, Costanzo S, Crocetti A, Pignataro L, Del Bo L, Ambrosetti U. Are results of tinnitus retraining therapy maintained over time? 18-month follow-up after completion of therapy. *Audiol Neurootol*. 2009;14(5):286–289. <https://doi.org/10.1159/000212106>.
- Bauer CA, Brozoski TJ. Effect of tinnitus retraining therapy on the loudness and annoyance of tinnitus: a controlled trial. *Ear Hear*. 2011;32(2):145–155. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181f5374f>.
- Vernon J. Attempts to relieve tinnitus. *J Am Audiol Soc*. 1977;2(4):124–131. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/845067>
- Krick CM, Argstatter H. Neural correlates of the Heidelberg Music Therapy: indicators for the regeneration of auditory cortex in tinnitus patients? *Neural Regen Res*. 2015;10(9):1373–1375. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.165220>.
- Stein A, Engell A, Junghoefer M, Wunderlich R, Lau P, Wollbrink A. Inhibition-induced plasticity in tinnitus patients after repetitive exposure to tailor-made notched music. *Clin Neurophysiol*. 2015;126(5):1007–1015. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.08.017>.
- Wunderlich R, Lau P, Stein A, Engell A, Wollbrink A, Rudack C. Impact of Spectral Notch Width on Neurophysiological Plasticity and Clinical Effectiveness of the Tailor-Made Notched Music Training. *PLoS ONE*. 2015;10(9):e0138595. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138595>.
- Stein A, Wunderlich R, Lau P, Engell A, Wollbrink A, Shaykevich A et al. Clinical trial on tonal tinnitus with tailor-made notched music training. *BMC Neurol*. 2016;16:38 <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0558-7>.

19. Stein A, Engell A, Okamoto H, Wollbrink A, Lau P, Wunderlich R. Modulatory Effects of Spectral Energy Contrasts on Lateral Inhibition in the Human Auditory Cortex: an MEG Study. *PLoS ONE*. 2013;8(12):e80899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080899>.
20. Noreña AJ, Eggermont JJ. Enriched acoustic environment after noise trauma reduces hearing loss and prevents cortical map reorganization. *J Neurosci*. 2005;25(3):699–705. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2226-04.2005>.
21. Koops EA, van Dijk P. Hyperacusis in tinnitus patients relates to enlarged subcortical and cortical responses to sound except at the tinnitus frequency. *Hear Res*. 2021;401:108158. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2020.108158>.
22. Hanley PJ, Davis PB. Treatment of tinnitus with a customized, dynamic acoustic neural stimulus: underlying principles and clinical efficacy. *Trends Amplif*. 2008;12(3):210–222. <https://doi.org/10.1177/1084713808319942>.
23. Liang L, Lu T, Wang X. Neural representations of sinusoidal amplitude and frequency modulations in the primary auditory cortex of awake primates. *J Neurophysiol*. 2002;87(5):2237–2261. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.87.5.2237>.
24. Schoisswohl S, Arnds J, Schecklmann M, Langguth B, Schlee W, Neff P. Amplitude Modulated Noise for Tinnitus Suppression in Tonal and Noise-Like Tinnitus. *Audiol Neurootol*. 2019;24(6):309–321. <https://doi.org/10.1159/000504593>.
25. Neff P, Michels J, Meyer M, Schecklmann M, Langguth B, Schlee W. 10 Hz Amplitude Modulated Sounds Induce Short-Term Tinnitus Suppression. *Front Aging Neurosci*. 2017;9:130. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00130>.
26. Herraiz C, Diges I, Cobo P, Aparicio JM, Toledano A. Auditory discrimination training for tinnitus treatment: the effect of different paradigms. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2010;267(7):1067–1074. <https://doi.org/10.1007/s00405-009-1182-6>.
27. Moffat G, Adjout K, Gallego S, Thai-Van H, Collet L, Noreña AJ. Effects of hearing aid fitting on the perceptual characteristics of tinnitus. *Hear Res*. 2009;254(1-2):82–91. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2009.04.016>.
28. Heller AJ. Classification and epidemiology of tinnitus. *Otolaryngol Clin North Am*. 2003;36(2):239–248. [https://doi.org/10.1016/s0030-6665\(02\)00160-3](https://doi.org/10.1016/s0030-6665(02)00160-3).
29. Henry JA, Roberts LE, Ellingson RM, Thielman EJ. Computer-automated tinnitus assessment: noise-band matching, maskability, and residual inhibition. *J Am Acad Audiol*. 2013;24(6):486–504. <https://doi.org/10.3766/jaaa.24.6.5>.
30. Бобошко МЮ, Бердникова ИП, Легостаева ТВ, Мальцева НВ, Абу-Джамеа АХ. Особенности слухопротезирования пациентов с ушным шумом. *Вестник оториноларингологии*. 2013;78(5):32–36. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2013/5/030042-4668201357>.
31. Boboshko MYu, Berdnikova IP, Legostaeva TV, Mal'tseva NV, Abu-Dzamea AKh. Peculiarities of hearing prosthetics for the patients suffering tympanoponia. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2013;78(5):32–36. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2013/5/030042-4668201357>.
32. Kim DK, Park SN, Kyoung Ho, Park He, Il Noh, Kim YeW. Tinnitus in the Patients with Cochlear Implantation: Preliminary Report. *Korean J Otorhinolaryngol Head Neck Surgery*. 2010;53(7):408–411. <https://doi.org/10.3342/kjorl-hns.2010.53.7.408>.
33. Янов ЮК, Корнеев АА, Левина ЕА, Серова ЕЭ, Левин СВ, Кузовков ВЕ. Влияние кохлеарной имплантации на выраженность ушного шума у пациентов с глубоким снижением слуха и глухотой. *Медицинский академический журнал*. 2017;(2):48–53. Режим доступа: <https://elibrary.ru/zhlid>.
34. Янов ЮК, Корнеев АА, Левина ЕА, Серова ЕЭ, Левин СВ, Кузовков ВЕ. Influence of cochlear implantation on the expression of tinnitus in patients with deep reduction of hearing and deafness. *Medical Academic Journal*. 2017;(2):48–53. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/zhlid>.
35. Kochkin S, Tyler R. Tinnitus treatment and the effectiveness of hearing aids: hearing care professional perceptions. *Hearing Review*. 2008;15(13):14–18. Available at: <https://hearingreview.com/practice-building/practice-management/tinnitus-treatment-and-the-effectiveness-of-hearing-aids-hearing-care-professional-perceptions>.
36. Янов ЮК, Корнеев АА, Левина ЕА, Серова ЕЭ, Левин СВ, Кузовков ВЕ. Клинические особенности шума в ушах у пациентов с кохлеарным имплантатом. *Consilium Medicum*. 2017;19(11):10–15. https://doi.org/10.26442/2075-1753_19.11.10-15.
37. Янов ЮК, Корнеев АА, Левина ЕА, Серова ЕЭ, Левин СВ, Кузовков ВЕ. Clinical features of tinnitus in patients with cochlear implant. *Consilium Medicum*. 2017;19(11):10–15. (In Russ.) https://doi.org/10.26442/2075-1753_19.11.10-15.
38. Левина ЕА, Левин СВ, Кузовков ВЕ, Асташенко СВ, Сугарова СБ. Односторонняя глухота: пути решения. *Consilium Medicum*. 2015;17(11):99–102. Режим доступа: <https://consilium.orscience.ru/2075-1753/article/view/94489>.
39. Левина ЕА, Левин СВ, Кузовков ВЕ, Асташенко СВ, Сугарова СБ. Unilateral deafness: solutions. *Consilium Medicum*. 2015;17(11):99–102. (In Russ.) Available at: <https://consilium.orscience.ru/2075-1753/article/view/94489>.
40. Левина ЕА, Левин СВ, Храмов АВ, Сугарова СБ, Воронов ВА. Гиперакузия у детей. *Consilium Medicum*. 2022;24(9):659–664. <https://doi.org/10.26442/2075-1753.2022.9.201959>.
41. Левина ЕА, Левин СВ, Храмов АВ, Сугарова СБ, Воронов ВА. Hyperacusis in children: A review. *Consilium Medicum*. 2022;24(9):659–664. (In Russ.) <https://doi.org/10.26442/2075-1753.2022.9.201959>.
42. Левина ЕА, Левин СВ, Сугарова СБ, Лиленко АС. Реабилитация пациентов с кохлеарным имплантом и «неслуховыми» ощущениями. В: Дымочка МА (ред.). *Сборник материалов IV Всероссийской конференции с международным участием «Состояние и перспективы развития системы комплексной реабилитации и абилитации инвалидов и детей-инвалидов в Российской Федерации»*. Москва, 9 декабря 2022 г. М.: ФГБУ ФБ МСЭ Минтруда России; 2023. 481 с.

Вклад авторов:

Концепция статьи – В.В. Дворянчиков, В.Е. Кузовков
 Концепция и дизайн исследования – Е.А. Левина
 Написание текста – Е.А. Левина, С.В. Левин
 Сбор и обработка материала – Е.А. Левина, С.В. Левин
 Обзор литературы – Е.А. Левина, С.В. Левин
 Анализ материала – Е.А. Левина
 Статистическая обработка – С.В. Левин
 Редактирование – В.В. Дворянчиков
 Утверждение окончательного варианта статьи – В.В. Дворянчиков

Contribution of authors:

Concept of the article – Vladimir V. Dvoryanchikov
 Study concept and design – Elena A. Levina, Sergey V. Levin
 Text development – Elena A. Levina, Sergey V. Levin
 Collection and processing of material – Elena A. Levina, Sergey V. Levin
 Literature review – Elena A. Levina, Sergey V. Levin
 Material analysis – Elena A. Levina
 Statistical processing – Sergey V. Levin
 Editing – Vladimir V. Dvoryanchikov
 Approval of the final version of the article – Vladimir V. Dvoryanchikov

Согласие пациентов на публикацию: пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.

Basic patient privacy consent: patient signed informed consent regarding publishing their data.

Информация об авторах:

Левина Елена Алексеевна, к.м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела диагностики и реабилитации нарушений слуха, Санкт-Петербургский научно исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; xramoval@gmail.com

Левин Сергей Владимирович, к.м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела диагностики и реабилитации нарушений слуха, Санкт-Петербургский научно исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; megalor@gmail.com

Дворянчиков Владимир Владимирович, д.м.н., профессор, заслуженный врач России, директор, Санкт-Петербургский научно исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; dvoryanchikov@lornii.ru

Кузовков Владислав Евгеньевич, д.м.н., заместитель директора по инновационной деятельности, Санкт-Петербургский научно исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; v_kuzovkov@mail.ru

Information about the authors:

Elena A. Levina, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher at the Research Department of Diagnosis and Rehabilitation of Hearing Disorders, St Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; xramoval@gmail.com

Sergey V. Levin, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher at the Research Department of Diagnosis and Rehabilitation of Hearing Disorders, St Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; megalor@gmail.com

Vladimir V. Dvoryanchikov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of Russia, Director, St Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; dvoryanchikov@lornii.ru

Vladislav E. Kuzovkov, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Innovation, St Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; v_kuzovkov@mail.ru