



Тихонова И.В., Русанова Д.В., Кулешова М.В., Катаманова Е.В., Лахман О.Л.,
Панков В.А.

Импульсная магнитная стимуляция и пневмомассаж в терапии профессиональной нейросенсорной тугоухости

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск, Россия

Введение. Имеется большое количество методик лечения нейросенсорной тугоухости (НСТ) профессионального генеза, что указывает на недостаточную эффективность и активный поиск более совершенных методик терапии.

Цель исследования — оценить эффективность воздействия магнитного поля в комплексе с пневмомассажем при терапии пациентов с нейросенсорной тугоухостью профессионального генеза и через год после проведённого лечения.

Материалы и методы. Пролечены 52 работника авиации с диагнозом НСТ профессионального генеза с умеренной степенью снижения слуха. Применяли импульсную магнитную стимуляцию (МС) и пневмомассаж барабанной перепонки. До и после лечения проводили акуметрию, аудиометрическое исследование, электроэнцефалографию с регистрацией зрительных и слуховых вызванных потенциалов (ВП), регистрировали соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП), использовали психологическое тестирование, изучение высших психических функций по показателям кратковременной и отсроченной вербальной памяти, функции внимания.

Результаты. После лечения отмечалось улучшение разборчивости речи в 62% случаев, снижение интенсивности шума в ушах и голове в 44% случаев, наблюдалось улучшение показателей аудиометрического исследования и данных акуметрии с двух сторон. Отмечался статистически значимый прирост α -ритма, возросло время прохождения импульса по центральному афферентным структурам, повышались показатели оперативной вербальной памяти, продуктивности долговременного запоминания, объёма и устойчивости внимания.

Заключение. Доказана эффективность применения импульсной МС в комплексе с пневмомассажем при терапии пациентов с профессиональной НСТ, что подтверждалось положительными изменениями объективных и субъективных показателей, характеризующих состояние пациентов сразу после проведённых сеансов терапии и через 1 год после лечения.

Ключевые слова: нейросенсорная тугоухость; импульсная магнитная стимуляция; пневмомассаж; лечение

Для цитирования: Тихонова И.В., Русанова Д.В., Кулешова М.В., Катаманова Е.В., Лахман О.Л., Панков В.А. Импульсная магнитная стимуляция и пневмомассаж в терапии профессиональной нейросенсорной тугоухости. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(12): 1417-1422. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1417-1422>

Для корреспонденции: Русанова Дина Владимировна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. профессиональной и экологически обусловленной патологии ФГБНУ ВСИМЭИ. E-mail: dina.rusanova@yandex.ru

Участие авторов: Тихонова И.В., Русанова Д.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Кулешова М.В., Катаманова Е.В. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Лахман О.Л., Панков В.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания.

Заключение этического комитета ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»: публикация статьи одобрена на основании того, что исследование выполнено в соответствии с разработанными протоколами, принципами, изложенными в Хельсинкской декларации о медицинских исследованиях у человека, Международных гармонизированных трёхсторонних правилах Good Clinical Practice, Национальном стандарте РФ «Надлежащая клиническая практика», Надлежащей фармакоэпидемиологической практике (НФП), Надлежащей эпидемиологической практике (НЭП), соответствуют стандартным операционным процедурам: исследования не ущемляют права и не подвергают опасности благополучие субъектов исследования; риск для субъектов исследования сведён к минимуму, учтены все возможности гарантировать их безопасность; риск для субъектов исследования не превышает ожидаемую пользу и научную ценность.

Поступила: 01.10.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликована: 30.12.2021

Inna V. Tikhonova, Dina V. Rusanova, Marina V. Kuleshova, Elena V. Katamanova,
Oleg L. Lakhman, Vladimir A. Pankov

Pulsed magnetic stimulation in combination with pneumomassage in the therapy of patients with professional sensorineural hearing loss

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

Introduction. There are many methods for treating sensorineural hearing loss (SHL) of the occupational origin, which indicates insufficient effectiveness and an active search for more advanced therapy methods.

Objective of the study: to evaluate changes in the state of the central nervous system pathways under the influence of a magnetic field and the long-term period.

Materials and Methods. There were treated fifty two aviation workers with SHL of the occupational origin with moderate hearing loss. Pulsed magnetic stimulation (MS) and pneumatic massage of the tympanic membrane were used. Before and after treatment, electroencephalography was performed with the registration of visual and auditory evoked potentials (EP), somatosensory evoked potentials (SSEP), psychological testing, and the study of higher mental functions in terms of short-term and delayed verbal memory, attention function.

Results. After treatment, there was an improvement in speech intelligibility in 62% of cases, a decrease in the intensity of the tinnitus and head noise in 44% of cases, there was an improvement in the indicators of audiometric research and acumetry data from both sides. There was a statistically significant increase in the α -rhythm, the time of the pulse passing through the central afferent structures increased, the indicators of operative verbal memory, and the productivity of long-term memorization, the volume and stability of attention increased.

Conclusion. The effectiveness of pulse MS in treating patients with occupational SHL has been proven. The prospects of using pulsed MS in combination with pneumatic massage in occupational pathology were shown, which was confirmed by positive changes in objective and subjective indicators characterizing the condition of patients immediately after the therapy sessions and a year after treatment.

Keywords: sensorineural hearing loss; pulsed magnetic stimulation; pneumomassage; treatment

For citation: Tikhonova I.V., Rusanova D.V., Kuleshova M.V., Katamanova E.V., Lakhman O.L., Pankov V.A. Pulsed magnetic stimulation in combination with pneumomassage in the therapy of patients with professional sensorineural hearing loss. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(12): 1417-1422. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1417-1422> (In Russ.)

For correspondence: Dina V. Rusanova, MD, PhD, Laboratory professional and environmentally induced diseases, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research. E-mail: dina.rusanova@yandex.ru

Information about the authors:

Tikhonova I.V., <https://orcid.org/0000-0001-8935-9308> Katamanova E.V., <https://orcid.org/0000-0002-9072-2781> Lakhman O.L., <https://orcid.org/0000-0002-0013-8013> Kuleshova M.V., <https://orcid.org/0000-0002-5348-3024> Rusanova D.V., <https://orcid.org/0000-0003-1355-3723> Pankov V.A., <https://orcid.org/0000-0002-3849-5630>

Contribution: Tikhonova I.V., Rusanova D.V. – research concept and design, material collection and processing, editing; Kuleshova M.V., Katamanova E.V. – collecting and processing material, writing text, editing; Lakhman O.L., Pankov V.A. – research concept and design, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship. This work was carried out within the framework of state assignment.

Conclusion of the ethical committee of the East Siberian Institute of Medical and Environmental Research: the publication of the article was approved on the basis that the studies were performed in accordance with the developed protocols, the principles set forth in the Helsinki Declaration on Medical Research in Human, International Harmonized Tripartite Rules of Good Clinical Practice, National Standard of the Russian Federation “Good Clinical Practice”, Good Pharmacoepidemiological Practice (GPP), Good Epidemiological Practice (GEP) are in line with standard operating procedures: research does not infringe upon the rights or endanger the well-being of research subjects; the risk for research subjects is minimized, all possibilities are taken into account to guarantee their safety; the risk to research subjects does not exceed the expected benefit and scientific value.

Received: October 1, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: December 30, 2021

Введение

В доступной литературе представлены методики лечения сенсоневральной тугоухости различной этиологии, в том числе – профессиональной. Данный факт свидетельствует о недостаточной эффективности представленных методов терапии и о необходимости на современном этапе поиска более совершенных методик лечения и профилактики тугоухости [1–5]. Сотрудниками ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» был предложен способ терапии профессиональной нейросенсорной тугоухости (НСТ) при воздействии импульсной магнитной стимуляции на зону слуховой коры и на шейный отдел позвоночника на уровне остистого отростка позвонка С7 в комплексе с пневмомассажем бароимпульсами переменного давления барабанной ушной перепонки.

Импульсная магнитная стимуляция является неинвазивным методом, который основан на применении принципов электромагнитной индукции и позволяет индуцировать гиперполяризацию или деполяризацию нейронов мозга. Применение быстроменяющихся магнитных полей создаёт слабые электрические токи, благодаря которым возможно усиление активности нейронов головного мозга, причём пациент испытывает минимальный дискомфорт [6–10].

Под действием магнитного поля отмечается снижение тормозного влияния коры и ствола мозга на механизмы, регулирующие сенсорный вход, результатом чего является облегчение поступления импульсаций с сенсорных систем в центральную нервную систему, увеличение синаптической активности, снижение порога синаптической передачи (снижение сенсорных порогов), увеличение размера рецептивного поля, что, как следствие, приводит к частичному «разблокированию» сенсорного конфликта, которому принадлежит ключевая роль при формировании профессиональных заболеваний, вызванных воздействием физических факторов, в том числе профессиональной сенсоневральной тугоухости [11–15]. Использование магнитной стимуляции при тугоухости основано на нейротрофическом действии метода, его способности улучшать кровообращение и трофику тканей, обеспечивать нормализацию обменных процессов, повышать местный тканевый иммунитет. Воздействие электромагнитной индукции происходит без осуществления физического контакта. Корпус проволочной катушки при активации создаёт магнитное поле, ориентированное ортогонально к плоскости катушки, которое беспрепятственно проходит через кожу головы и кости черепа, вызывая про-

тивоположно направленные потоки заряженных частиц, которые и активируют близлежащие нервные клетки [16–19].

Одновременно с импульсной магнитной стимуляцией применяется пневмомассаж барабанной перепонки, который снижает вероятность возникновения застойных явлений в различных отделах слухового анализатора, улучшает проведение импульсов в его структурах, снимает воспаление и предотвращает закаливание слуховых косточек, улучшает их подвижность. В результате воздействия физических факторов при проведении процедуры усиливается активность нейронов головного мозга, повышается кровообращение в области улитки [20–22].

Цель исследования – оценить эффективность воздействия магнитного поля в комплексе с пневмомассажем при терапии пациентов с нейросенсорной тугоухостью профессионального генеза и через 1 год после проведённого лечения.

Материалы и методы

Обследована и пролечена группа пациентов (52 человека) с диагнозом НСТ профессионального генеза с умеренной степенью снижения слуха (средний возраст $53,6 \pm 4,6$ года, средний стаж работы в условиях воздействия шума – $23,8 \pm 3,6$ года). Для проведения МС использовали стимулятор «Нейро-МС» ПС014.01.003.001, индуктор «восьмёрка» 0746RS производства ООО «Нейрософт» (г. Иваново). Применение катушки формы «восьмёрка» позволяет генерировать магнитный поток с достаточно точным приложением стимула. Проникающая способность импульсного магнитного поля превышает 5–6 см, поэтому индуцированные им токи могут воздействовать как на глубоко расположенные возбудимые структуры, так и на внутренние органы. Для пневмомассажа применяли аппарат АПМУ-«Компрессор» производства ООО «ТРИМА» (г. Саратов). Импульсную магнитную стимуляцию осуществляли в проекции зоны слуховой коры с 2 сторон и в области корешков шейного утолщения спинного мозга на уровне остистого отростка позвонка С7. При частоте воздействия 2,5 Гц выбирали максимальную интенсивность стимула для каждой зоны воздействия, при которой пациент не испытывает неприятных ощущений. Воздействие проводили индивидуально подобранным магнитным полем последовательно в течение 3 мин на каждую зону, на курс 10–12 процедур.

До и после лечения проводили акуметрию, аудиометрическое исследование, электроэнцефалографию (ЭЭГ) с регистрацией зрительных и слуховых вызванных потенциалов

Таблица 1 / Table 1

Данные акуметрии и показатели аудиометрического исследования (повышение порогов слуха) до и после сеансов терапии, среднее \pm ошибка среднего

Acumetry data and audiometric study (raising the threshold of a hearing) indices before and after therapy sessions, mean \pm error of the mean

Показатель Index	До лечения Before treatment <i>n</i> = 52	После лечения After treatment <i>n</i> = 52
Акуметрия (шёпотная речь), м: Acumetria (whispering speech), m:		
справа on the right	2.71 \pm 0.09	3.14 \pm 0.23**
слева on the left	2.69 \pm 0.23	3.11 \pm 0.02*
Аудиограмма, дБ (усреднённые значения на 500, 1000 и 2000 Гц): Audiogram, dB (averaged values at 500, 1000 and 2000 Hz):		
справа on the right	26.59 \pm 0.37	24.44 \pm 0.08**
слева on the left	26.92 \pm 0.09	25.13 \pm 0.06*

Примечание. Здесь и в табл. 2–4: статистически значимые различия между группами: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Note. Here and in table 2–4: statistically significant differences between groups: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$.

(ВП), определение соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), психологическое тестирование, включавшее изучение высших психических функций по показателям кратковременной вербальной, отсроченной вербальной памяти по методике «10 слов» (Лурия А.Р., 1973), функции внимания (корректирующая проба Бурдона). Оценку эффективности лечения проводили в 2 этапа – сразу после проведённого лечения и через 1 год для оценки отдалённого эффекта.

Методы терапии, описанные в данной статье, не имеют ограничений в зависимости от степени снижения слуха у пациентов, противопоказания – наличие имплантатов и индивидуальная непереносимость.

Согласно Декларации всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (Хельсинки, 2000) с поправками и «Правилами клинической практики в РФ» (Приказ МЗ РФ № 266 от 19.06.2003 г.), проведённое обследование соответствовало этическим стандартам и было одобрено этическим комитетом. Все участники, задействованные в обследовании, подписывали информированное согласие.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0 (StatSof, США, 1999). Был проведён анализ соответствия результатов на нормальность распределения (тест Шапиро–Уилка). Сравнение данных, полученных в группах обследованных, осуществляли с применением теста Вилкоксона (парное сравнение связанных выборок). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

Исследование показало, что работники авиации, имевшие профессиональную патологию слуха и прошедшие сеансы терапии, сразу после проведения лечения отмечали улучшение разборчивости речи в 62% случаев и снижение интенсивности шума в ушах и голове в 44% случаев.

После сеансов МС у пациентов отмечалось улучшение показателей аудиометрического исследования и данных акуметрии с 2 сторон (табл. 1).

Таблица 2 / Table 2

Средние значения показателей биоэлектрической активности головного мозга до и после сеансов терапии, мс, *Me* (Q_{25} – Q_{75})

Mean values of brain bioelectric activity before and after therapy sessions, ms, *Me* (Q_{25} – Q_{75})

Показатель Index	До лечения Before treatment <i>n</i> = 52	После лечения After treatment <i>n</i> = 52
<i>Зрительные вызванные потенциалы</i> <i>Visual evoked potentials</i>		
Латентность P2, мс Latency P2, ms	263.6 (245.0–280.0)	242.7 (236.0–260.0)*
Амплитуда P2, мВ The P2 amplitude, mV	4.2 (3.9–4.5)	4.9 (4.5–5.2)*
<i>Слуховые вызванные потенциалы</i> <i>Auditory evoked potentials</i>		
Латентность P1, мс Latency, ms	175.8 (154.2–178.2)	153.4 (142.0–167.0)*
Амплитуда N1, мВ The N1 amplitude, mV	2.9 (2.8–3.1)	3.3 (3.0–3.5)*
<i>Электроэнцефалография</i> <i>Electroencephalography</i>		
Индекс α -ритма, % Alpha-rhythm index, %	32.7 (23.0–33.0)	37.0 (29.0–39.5)*

На фоне проводимого лечения отмечалось статистически значимое снижение показателей латентности слуховых (пика P1) и зрительных (пика P2) ВП, увеличение амплитуды P2 зрительных и пика N1 слуховых ВП. После терапии зарегистрировано улучшение фоновой картины биоэлектрической активности головного мозга за счет статистически значимого прироста α -ритма (табл. 2).

Анализ показателей регистрации ССВП до и после сеансов МС выявил восстановление до значений нормы ранне увеличенного латентного периода компонентов N10, N11, N13, уменьшение длительности интервалов N10–N13, N13–N18 и N13–N20 (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Изменение показателей регистрации соматосенсорных вызванных потенциалов до и после сеансов терапии, мс, среднее \pm ошибка среднего

Changes in recording indices of somatosensory evoked potentials before and after therapy sessions, ms, sessions, mean \pm error of the mean

Показатель Index	До лечения Before treatment <i>n</i> = 52	После лечения After treatment <i>n</i> = 52
Длительность латентного периода, мс: Duration of the latency period, ms:		
N10	10.86 \pm 0.09	10.34 \pm 0.07*
N11	12.64 \pm 0.14	11.03 \pm 0.08**
N13	14.38 \pm 0,14	12.11 \pm 0.09*
Длительность интервалов, мс: Duration of intervals, ms:		
N10–N13	3.29 \pm 0.16	2.75 \pm 0.10**
N13–N18	5.39 \pm 0.18	4.21 \pm 0.16**
N13–N20	7.12 \pm 0.17	6.2 \pm 0.24**

Таблица 4 / Table 4

Данные исследования мнестико-аттенционной сферы до и после сеансов терапии, среднее \pm ошибка среднего
 Data from the study of the mnestic-attentional sphere before and after therapy sessions, mean \pm error of the mean

Показатель Indices	До лечения Before treatment <i>n</i> = 52	После лечения After treatment <i>n</i> = 52
Оперативная и вербальная память, ед. Operational and verbal memory, units	6.99 \pm 0.13	8.15 \pm 0.16*
Продуктивность долговременного запоминания, ед. Productivity of long-term memory, units	5.64 \pm 0.27	6.88 \pm 0.30*
Объём внимания, ед. / Attention span, units	1129.9 \pm 26.3	1252.6 \pm 27.8*
Устойчивость внимания, ед. / Attention stability, units	0.005 \pm 0.0007	0.003 \pm 0.0004*

Отмечалось улучшение показателей, характеризующих состояние мнестической и аттенционной сферы деятельности: выявлено возрастание оперативной вербальной памяти, улучшение продуктивности долговременного запоминания, а также увеличение объёма и устойчивости внимания (табл. 4).

Для определения, как долго сохраняется эффективность терапии через 1 год, было проведено повторное обследование пациентов. Изучение показателей акуметрии и аудиометрии свидетельствовало, что у пролеченных пациентов в течение года остаются стабильными показатели акуметрии в 85% случаев. Результаты, полученные справа при сравнении с данными до лечения — 2,71 \pm 0,09 и 3,09 \pm 0,23 м ($p < 0,05$), соответственно слева — 2,69 \pm 0,23 и 3,07 \pm 0,02 м ($p < 0,05$). По данным аудиометрии стабильные показатели (усреднённые значения на 500; 1000; 2000 Гц) регистрируются справа у 74% пациентов (26,59 \pm 0,37 дБ — до лечения, 24,39 \pm 0,08 дБ — 2-й этап исследования; $p < 0,05$), слева — 78% пациентов (26,92 \pm 0,09 дБ — до лечения, 25,09 \pm 0,06 — 2-й этап; $p < 0,05$). Пациенты, имеющие профессиональную патологию слуха и прошедшие курс терапии транскраниальной магнитной стимуляцией в сочетании с пневмомассажем, через 1 год после лечения отмечают стойкое улучшение разборчивости речи в 59% случаев, снижение интенсивности шума в ушах и голове — в 73% случаев.

После лечения также сохраняются признаки улучшения организации биоэлектрической активности головного мозга по данным ЭЭГ за счёт увеличения индекса α -ритма по сравнению с исходными значениями до проводимого лечения — 32,7% (23–33%) и через 1 год после — 35,3% (27–38,8%); $p < 0,05$. При регистрации зрительных вызванных потенциалов в динамике отмечаются статистически значимые различия по показателю латентности P200 — 263,6 (245–280) и 250 (240–260) мс при $p < 0,05$. Кроме того, сохраняется стабилизация амплитуды показателя пика N1 слуховых вызванных потенциалов 2,9 (2,8–3,1) и 3,25 (2,9–4,45) мкВ; $p < 0,05$.

Наблюдается незначительное снижение показателей ССВП по сравнению с данными, полученными сразу после сеансов терапии. Следует отметить, что показатели ССВП, зарегистрированные на 2-м этапе обследования, статистически значимо выше, чем имевшиеся до терапии: выявлено снижение латентного периода интервала N11 — с 12,7 до 11,8 мс ($p < 0,05$), N13 — с 14,6 до 13,4 мс ($p < 0,05$), N30 — с 31,2 до 29,2 мс ($p < 0,01$).

Сравнительный анализ результатов психологического исследования показал, что улучшение показателей мнестико-аттенционной сферы (оперативная вербальная память, продуктивность долговременного запоминания, объём и устойчивость внимания), зарегистрированных у пациентов после сеансов магнитной стимуляции, через 1 год после проведённого лечения сохраняется. Так, установлено, что показатели оперативной вербальной памяти, продуктивности

долговременного запоминания, объёма и устойчивости внимания регистрируются на уровне показателей после проведённого лечения магнитной стимуляцией (8,15; 7,85; 1266,6; 0,003 ед. после терапии и 8,38; 8,07; 1264,5; 0,002 ед. через 1 год после лечения соответственно против 6,99; 6,46; 1126,9; 0,005 ед. до терапии соответственно).

Обсуждение

Нами предложен способ лечения НСТ профессионального генеза с применением комплексного воздействия импульсной магнитной стимуляции зоны слуховой коры головного мозга и корешков спинного мозга на уровне остистого отростка позвонка С7 и пневмомассажа бароимпульсами переменного давления барабанной ушной перепонки. Пластиковый корпус проволочной катушки при активации создаёт магнитное поле, ориентированное ортогонально к плоскости катушки, которое беспрепятственно проходит через кожу головы и кости черепа, вызывая противоположно направленные потоки заряженных частиц, которые и активируют близлежащие нервные клетки [23–25].

Воздействие электромагнитной индукции происходит без осуществления физического контакта [16, 17, 26, 27]. Пневмомассаж, который применяли в комплексе с МС, осуществлялся с целью улучшения проведения импульсов в структурах слухового анализатора, что приводит к уменьшению активности патологического возбуждения в коре головного мозга. В результате воздействия физических факторов при проведении процедуры усиливалась активность нейронов головного мозга, улучшалась подвижность слуховых косточек, что способствовало повышению кровообращения в области улитки [28].

Анализ результатов, полученных в ходе исследования, показал, что у имевших профессиональную патологию слуха и прошедших сеансы терапии работников авиации наблюдались следующие изменения в структурах ЦНС: улучшалось взаимодействие в ассоциативных областях лобных и височных долей мозга, увеличивалась биоэлектрическая активность в альфа-диапазоне. У пациентов возрастали показатели аудиометрии и акуметрии. После лечения восстанавливалось проведение афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела позвоночника, в подкорковых структурах и в области соматосенсорной зоны коры головного мозга. Согласно данным психологического тестирования, улучшался психологический комфорт пролеченных работников авиации.

Результаты исследования отдалённого эффекта лечения импульсной магнитной стимуляцией в сочетании с пневмомассажем пациентов с НСТ профессионального генеза показали, что спустя длительный период времени (1 год) у пациентов сохраняются зарегистрированные сразу после окончания курса терапии, — улучшение проведения импульса по центральным афферентным проводящим структурам на уровне шейного отдела спинного мозга, в проекции

соматосенсорной зоны коры головного мозга, а также сохраняется положительная динамика состояния мнестико-аттенционной сферы деятельности.

Положительный эффект от лечения имел стойкие проявления и в отношении корково-таламических взаимоотношений (снижение активности дельта-ритма, стабильное улучшение показателей слуховых и зрительных вызванных потенциалов), подтверждая динамическое улучшение когнитивных функций у обследованных.

Таким образом, указанное свидетельствует о достаточно высокой эффективности сочетанного применения импульсной магнитной стимуляции в комплексе с пневмомассажем при лечении НСТ профессионального генеза. Внедрение импульсной магнитной стимуляции как обязательного метода в комплексном лечении профессиональной НСТ позволяет повысить эффективность терапии в целом.

Показана перспективность использования в профпатологии импульсной магнитной стимуляции в комплексе с пневмомассажем, что подтверждается положительными изменениями объективных и субъективных показателей, характеризующих состояние пациентов.

Заключение

1. Доказана высокая эффективность сочетанного применения импульсной магнитной стимуляции в комплексе с пневмомассажем при лечении пациентов с нейросенсорной тугоухостью профессионального генеза.

2. Установлено изменение состояния проводящих путей под действием магнитного поля, заключавшееся в улучшении проведения импульсов в структурах слухового аппарата на различных уровнях, уменьшении активности очагов патологического возбуждения в коре головного мозга, отмечалась положительная динамика показателей, характеризующих состояние мнестико-аттенционной сферы деятельности.

3. Спустя длительный период времени (1 год) отмечались стойкие проявления в отношении корково-таламических взаимоотношений (снижение активности дельта-ритма, стабильное улучшение показателей слуховых и зрительных вызванных потенциалов), подтверждающих динамическое улучшение когнитивных функций у обследованных пациентов с профессиональной нейросенсорной тугоухостью.

ЛИТЕРАТУРА

(п.п. 5, 9, 10, 14, 17–19, 22–28 см. References)

- Пономаренко Г.Н., ред. *Физиотерапия: Национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2009.
- Доскалиева А.Б. Хроническая нейросенсорная тугоухость: проблемы диагностики и лечения. *Медицина и экология*. 2008; (2): 6–10.
- Торопчина Л.В., Зеликович Е.И. *Сенсоневральная тугоухость и её патогенетическое разнообразие. Диагностика, дифференциальная диагностика, способы слуховой реабилитации*. М.; 2017.
- Панкова В.Б., Леская О.А. Медицинская и социальная реабилитация лиц с нарушениями слуха от производственного шума. *Вестник оториноларингологии*. 2019; (2): 75–81. <https://doi.org/10.17116/otorino2019840218>
- Никифорова Г.Н., Славский А.Н., Гергиев В.Ф. Эффективность комплексного лечения больных острой сенсоневральной тугоухостью. *Медицинский совет*. 2017; (8): 64–8.
- Червяков А.В., Пирадов М.А., Назарова М.А., Савицкая Н.Г. Новый шаг к персонализированной медицине. Навигационная система транскраниальной магнитной стимуляции (NBS eximia nexstim). *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2012; 6(3): 37–46.
- Белова А.Н., Балдова С.Н. Транскраниальная магнитная стимуляция: клиническое применение и научные перспективы. *Успехи современного естествознания*. 2015; 9(1): 34–42.
- Евтушенко С.К., Казарян Н.Э., Симонян В.А. Метод транскраниальной магнитной стимуляции: новые возможности в диагностике и реабилитации заболеваний нервной системы детей и взрослых. *Международный неврологический журнал*. 2012; (8): 20–31.
- Рукавишников В.С., Панков В.А., Кулешова М.В., Лизарев А.В., Русанова Д.В., Судакова Н.Г. Итоги и перспективы научных исследований по проблеме формирования сенсорного конфликта при воздействии шума и вибрации в условиях производства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; (1): 1–5.
- Силкина А.В., Накатис Я.А. Современный взгляд на проблему потери слуха, вызванную шумом (литературный обзор). *Российская оториноларингология*. 2016; (4): 91–8. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-4-97-102>
- Панкова В.Б. Критерии связи нарушений слуха с профессией и критерии профпригодности по слуху у авиационного персонала гражданской авиации. *Вестник оториноларингологии*. 2017; (2): 11–5. <https://doi.org/10.17116/otorino201782211-15>
- Никитин С.С., Куренков А.Л. *Магнитная стимуляция в диагностике и лечении болезней нервной системы*. М.: САШКО; 2007.
- Роза М.А., Роза М.О. *Лечебная ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция: практическое руководство*. Иваново: Нейро-софт; 2012.
- Лазаренко Н.Н., Супова М.В., Кокорева С.А., Герасименко М.Ю. Физические факторы в комплексной программе реабилитации больных с сенсоневральной тугоухостью. *Российская оториноларингология*. 2009; (2): 116–8.

REFERENCES

- Ponomarenko G.N., ed. *Physical Therapy: National Guidelines [Fizioterapiya: Natsionalnoe rukovodstvo]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2009. (in Russian)
- Doskaliyeva A.B. Chronic neurosensory hypoacusis: the diagnostic and treatment problems. *Meditsina i ekologiya*. 2008; (2): 6–10. (in Russian)
- Toropchina L.V., Zelikovich E.I. *Sensorineural Hearing Loss and Its Pathogenetic Diversity. Diagnostics, Differential Diagnostics, Methods of Auditory Rehabilitation [Sensonevral'naya tugoukhost' i ee patogeneticheskoe raznoobrazie. Diagnostika, differentsial'naya diagnostika, sposoby slukhovooy reabilitatsii]*. Moscow; 2017. (in Russian)
- Pankova V.B., Letskaya O.A. Medical and social rehabilitation of hearing impairment from occupational noise. *Vestnik otorinolaringologii*. 2019; (2): 75–81. <https://doi.org/10.17116/otorino2019840218> (in Russian)
- Liu C.C., Anne S., Horn D.L. Advances in management of pediatric sensorineural hearing loss. *Otolaryngol. Clin. North Am.* 2019; 52(5): 847–61. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2019.05.004>
- Nikiforova G.N., Slavskiy A.N., Gergiev V.F. Effectiveness of complex therapy of patients with acute sensorineural obtusity the efficiency of complex treatment of patients with acute sensorineural hearing loss. *Meditsinskiy sovet*. 2017; (8): 64–8. (in Russian)
- Chervyakov A.V., Piradov M.A., Nazarova M.A., Savitskaya N.G. A new step to personalized medicine. Transcranial magnetic stimulation navigation system. (NBS eximia nexstim). *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy neurologii*. 2012; 6(3): 37–46. (in Russian)
- Belova A.N., Baldova S.N. Transcranial magnetic stimulation: clinical applications and research potential. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2015; 9(1): 34–42. (in Russian)
- Vernieri F., Altamura C., Palazzo P., Altavilla R., Fabrizio E., Fini R., et al. 1-Hz repetitive transcranial magnetic stimulation increases cerebral vasomotor reactivity: a possible autonomic nervous system modulation. *Brain Stimul*. 2014; 7(2): 281–6. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2013.12.014>
- Lefaucheur J.P., Aleman A., Baeken C., Benninger D.H., Brunelin J., Di Lazzaro V., et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018). *Clin. Neurophysiol.* 2020; 131(2): 474–528. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002>
- Evtushenko S.K., Kazaryan N.E., Simonyan V.A. Method of transcranial magnetic stimulation: new possibilities in diagnosis and rehabilitation of diseases of the nervous system in children and adults. *Mezhdunarodnyy neurologicheskii zhurnal*. 2012; (8): 20–31. (in Russian)
- Rukavishnikov V.S., Pankov V.A., Kuleshova M.V., Lizarev A.V., Rusanova D.V., Sudakova N.G. Results and perspectives of studying the occupational diseases in workers of aircraft industry in East Siberia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; (1): 1–5. (in Russian)
- Silkina A.V., Nakatis Ya.A. The modern approach to the problem of noise-induced hearing loss (literature review). *Rossiyskaya otorinolaringologiya*. 2016; (4): 91–8. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-4-97-102> (in Russian)

14. Peng Y., Fan C., Hu L., Peng S., Xie P., Wu F., et al. Tunnel driving occupational environment and hearing loss in train drivers in China. *Occup. Environ. Med.* 2019; 76(2): 97–104. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105269>
15. Pankova V.B. The criteria for the relationship between hearing impairment and professional occupation and the criteria for professional suitability in terms of hearing among the aeronautical personnel engaged in civilian aviation. *Vestnik otorinolaringologii.* 2017; (2): 11–5. <https://doi.org/10.17116/otorino201782211-15> (in Russian)
16. Nikitin S.S., Kurenkov A.L. *Magnetic Stimulation in the Diagnosis and Treatment of Diseases of the Nervous System [Magnitnaya stimulyatsiya v diagnostike i lechenii bolezney nervnoy sistemy]*. Moscow: SASHKO; 2007. (in Russian)
17. Hamano T., Kaji R., Fukuyama H., Sadato N., Kimura J. Lack of prolonged cerebral blood flow change after transcranial magnetic stimulation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1993; 89(4): 207–10. [https://doi.org/10.1016/0168-5597\(93\)90097-9](https://doi.org/10.1016/0168-5597(93)90097-9)
18. Liu P., Gao J., Pan S., Meng F., Pan G., Li J., et al. Effects of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Cerebral Hemodynamics in Patients with Disorders of Consciousness: A Sham-Controlled Study. *Eur. Neurol.* 2016; 76(1-2): 1–7.
19. Davey K., Epstein C.M. Magnetic stimulation coil and circuit design. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 2000; 47(11): 1493–9.
20. Roza M.A., Roza M.O. *Therapeutic Rhythmic Transcranial Magnetic Stimulation: A Practical Guide [Lechebnaya ritmicheskaya transkraniyal'naya magnitnaya stimulyatsiya: prakticheskoe rukovodstvo]*. Ivanovo: Neyrosoft; 2012. (in Russian)
21. Lazarenko N.N., Supova M.V., Kokoreva S.A., Gerasimenko M.Yu. Physical factors in the complex program of rehabilitation of patients with sensorineural hearing loss. *Rossiyskaya otorinolaringologiya.* 2009; (2): 116–8. (in Russian)
22. Mudry A., Santa Maria P., Jackler R.K. Ossicular calisthenics: Pneumomassage of the tympanic membrane. *Laryngoscope.* 2016; 126(5): 1180–6. <https://doi.org/10.1002/lary.25556>
23. Park H.J., Kang H.K., Wang M., Jo J., Chung E., Kim S. A pilot study of planar coil based magnetic stimulation using acute hippocampal slice in mice. *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2017; 2017: 1118–21. <https://doi.org/10.1109/embc.2017.8037025>
24. Cabrerizo M., Cabrera A., Perez J.O., de la Rua J., Rojas N., Zhou Q., et al. Induced effects of transcranial magnetic stimulation on the autonomic nervous system and the cardiac rhythm. *Scientific World Journal.* 2014; 2014: 349718. <https://doi.org/10.1155/2014/349718>
25. Watterson P.A., Nicholson G.M. Nerve-muscle activation by rotating permanent magnet configurations. *J. Physiol.* 2016; 594(7): 1799–819. <https://doi.org/10.1113/jp271743>
26. Kanjanapanang N., Munakomi S., Chang K.V. *Peripheral Magnetic Stimulation*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021: 345–9.
27. Koponen L.M., Nieminen J.O., Ilmoniemi R.J. Multi-locus transcranial magnetic stimulation-theory and implementation. *Brain Stimul.* 2018; 11(4): 849–55. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.03.014>
28. Livshits I.Ia. A device for pneumomassage of the tympanic membrane and ear ossicles. *Zh. Ushn. Nos. Gorl. Bolezni.* 1970; 30(3): 110–1.