

УДК 616.28-009-072.7

<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-5-63-67>

Воздействие слабых магнитных полей на слуховой нерв пациентов с нейросенсорной тугоухостью III и IV степени

С. В. Сурма¹, Д. С. Клячко², Б. Ф. Щеголев¹, Е. А. Огородникова¹¹ Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, 199034, Россия² Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, 190013, Россия

Exposure of weak magnetic fields on auditory nerve of patients with moderate to severe sensorineural hearing loss

S. V. Surma¹, D. S. Klyachko², B. F. Shchegolev¹, E. A. Ogorodnikova¹¹ Pavlov Institute of Physiology, RAS, Saint Petersburg, 199034, Russia² Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Saint Petersburg, 190013, Russia

Показано, что одним из альтернативных методов лечения нейросенсорной тугоухости III и IV степени может быть использование внешнего слабого магнитного поля. Предлагаемый метод основан на совпадении эффектов, вызываемых воздействием внешнего электромагнитного поля определенных параметров на слуховой нерв и естественным акустическим воздействием. Сходность реакции позволяет использовать внешние магнитные поля в качестве искусственного стимулятора нейрональной части слуховой системы. Индукция используемых магнитных полей не превышает 300 мкТл, что позволяет отнести такие поля к классу безопасных для здоровья в соответствии с действующим законодательством. Апробация предлагаемой методики проводилась в НИИ ЛОР СПб на основе соответствующего разрешения, полученного от Этического комитета, и с соблюдением норм Информированного согласия добровольцев. Были обследованы 15 пациентов с двусторонней нейросенсорной тугоухостью III и IV степени без сопутствующих патологий в возрасте от 18 до 45 лет. Каждому пациенту проводилась пороговая тональная аудиометрия на частотах 500, 1000, 2000, 3000 и 4000 Гц до и после процедуры. Результаты проведенных экспериментов показали, что электромагнитная стимуляция слуховых нейронов действительно позволяет повысить чувствительность слуха. В случае депривации слухового нерва предлагаемая процедура может не дать ощутимых результатов. Наиболее значимые результаты были получены у пациентов, использующих слуховые аппараты. При этом проведенные измерения показали, что пороги слуха у них понижались в среднем на 10 дБ. Неинвазивность воздействия обеспечивала дополнительный комфорт для пациента.

Ключевые слова: нейросенсорная тугоухость, слабое магнитное поле, слуховой нерв, неинвазивность.

Для цитирования: Сурма С. В., Клячко Д. С., Щеголев Б. Ф., Огородникова Е. А. Воздействие слабых магнитных полей на слуховой нерв пациентов с нейросенсорной тугоухостью III и IV степени. *Российская оториноларингология*. 2021;20(5):63–67. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-5-63-67>

The article shows that one of the alternative methods of treating moderate to severe sensorineural hearing loss can be the use of an external weak magnetic field. The proposed method is based on the coincidence of the effects caused by the exposure of an external electromagnetic field of certain parameters on the auditory nerve, and natural acoustic exposure. The similarity of reaction allows using of external magnetic fields as an artificial stimulator of the auditory system's neural part. Induction of applied magnetic fields does not exceed 300 μ T, which means that under the current legislation such fields are classified as posing no health hazard. This method was tested at Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose, and Speech based on relevant Ethics Committee approval and complied with informed consent standards of volunteers. 15 patients aged 18 to 45 with III and IV levels of sensorineural deafness without concomitant pathologies were tested. Threshold pure-tone audiometry was performed on each patient at 500, 1000, 2000, 3000, and 4000 Hz before and after the procedure. The results of the experiments showed that electromagnetic stimulation of auditory neurons allows increasing hearing sensitivity. The proposed procedure may not yield a tangible result in patients with auditory deprivation. Patients with hearing aids showed the most significant results. At the same time, the

measurements have shown that the sound thresholds among them became 10 dB lower on the average. The non-invasiveness of the exposure provided additional comfort for the patient.

Keywords: sensorineural hearing loss, weak magnetic field, auditory nerve, non-invasiveness.

For citation: Surma S. V., Klyachko D. S., Shchegolev B. F., Ogorodnikova E. A. Exposure of weak magnetic fields on auditory nerve of patients with moderate to severe sensorineural hearing loss. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2021;20(5):63-67. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2021-5-63-67>

Введение

Нейросенсорная тугоухость, под которой понимают снижение или потерю слуха в результате поражения звуковоспринимающего аппарата, является достаточно распространенной патологией [1, 2]. Поскольку причины возникновения нейросенсорной тугоухости неоднозначны и могут относиться к нарушениям как на кохлеарном уровне (волосковые клетки и дендриты слухового нерва), так и на ретрокохлеарном уровне (проводящие пути и ядра продолговатого мозга, корковый отдел), то неоднозначны и предлагаемые способы лечения. Для каждого конкретного человека в зависимости от остроты процесса и локализации нарушений слуховой системы определяется вариант коррекции нейросенсорной тугоухости [3]. Отдельного упоминания заслуживает физиотерапия [4], особенно транскраниальная электростимуляция с акустической нагрузкой (ТЭС+ АН). По мнению авторов ТЭС+АН, при ее применении под действием переменного тока в коре головного мозга вырабатываются эндорфины, которые могут улучшать функцию нервных окончаний слухового анализатора, а одновременная акустическая нагрузка (АН) в виде звуков, настраиваемых по аудиограмме пациента, способствует уменьшению собственных шумов при тугоухости.

Однако метод ТЭС+АН основан на использовании токов, направление и величины которых зависят от текущей электропроводности биологических сред в зоне действия ТЭС. Поэтому предсказать последствия влияния ТЭС практически невозможно. Кроме того, ТЭС не относится к бесконтактным способам воздействия и не обладает требуемой избирательностью.

Авторы настоящей работы много лет работают в области воздействия слабых магнитных полей на живые клетки и организмы [5, 6]. Полученные

результаты позволили сформулировать выводы о неповреждающем воздействии таких полей и об их способности стимулировать определенные внутриклеточные процессы. Физически обоснованный механизм воздействия таких полей был разработан акад. А. Л. Бучаченко [7].

Предлагаемый нами метод электромагнитной стимуляции нейронов избавлен от указанных недостатков метода ТЭС+ АН и прошел апробацию при решении задачи купирования хронического болевого синдрома в Национальном медицинском исследовательском центре психиатрии и неврологии им. В. М. Бехтерева [8, 9].

В основу метода электромагнитной стимуляции нейронов положен принцип электромагнитной индукции. Внешнее переменное магнитное поле с определенными характеристиками достигает области слуховых нейронов. При определенных параметрах входного электромагнитного воздействия реакция нейрона совпадает с реакцией на электрические сигналы с волосковых клеток.

Описание метода

Схема практической реализации метода электромагнитной стимуляции слухового нейрона показана на рис. 1. Генератор сигналов формирует электрический сигнал с определенными параметрами по форме, амплитуде и частоте. Выходной сигнал с генератора поступает в усилитель мощности и далее в индуктор, который формирует требуемое электромагнитное поле.

На рис. 2 приведена фотография экспериментальной установки, которая была использована для практической проверки на добровольцах метода электромагнитной стимуляции слуха в СПб НИИ ЛОР (Санкт-Петербург, Россия). В экспериментальной установке использованы следующие компоненты: генератор сигналов JDS6600 (Китай), усилитель сигналов ТРА3116D2 (Китай)

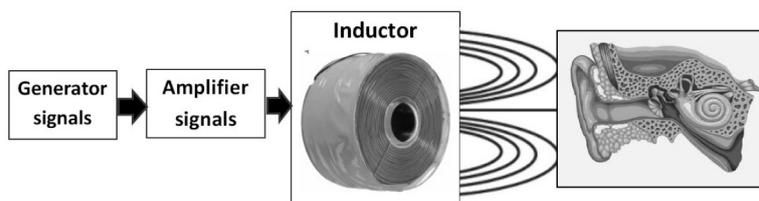


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для электромагнитной стимуляции слухового нейрона
Fig. 1. Diagram of the experimental setup for electromagnetic stimulation of the auditory neuron



Рис. 2. Фото экспериментальной установки для электромагнитной стимуляции слуха
 Fig. 2. Photo of the experimental setup for electromagnetic stimulation of hearing

с блоком питания AC-DC 2416 (Китай) и индуктор, выполненный на основе катушки без сердечника, с намоткой медным проводом диаметром 0,5 мм и сопротивлением 10 Ом, который был встроен в наушники. Измерения магнитного поля производились магнитометром Fluxgate Magnetometer FLUXMASTER (Германия).

Результаты экспериментов по электромагнитной стимуляции слуха

Эксперименты по электромагнитной стимуляции слуха проводились в НИИ ЛОР СПб на основе соответствующего разрешения, полученного от Этического комитета, и с соблюдением норм Информированного согласия добровольцев.

Нами были обследованы 15 пациентов с двусторонней нейросенсорной тугоухостью III и IV степени без сопутствующих патологий в возрасте от 18 до 45 лет. Каждому пациенту проводилась пороговая тональная аудиометрия для оценки порогов воздушной проводимости на частотах 500, 1000, 2000, 3000 и 4000 Гц до и после процедуры. Использовался аудиометр Interacoustics AD629. Для статистической обработки полу-

ченных результатов использовалась программа Excel. На рис. 3 показано, как меняются пороги слуха под воздействием слабого магнитного поля на слуховой нерв.

Проведение процедуры электромагнитной стимуляции слуха включало в себя определение минимальной чувствительности слуха на частотах, соответствующих тональной аудиометрии, повышение величины индукции магнитного поля до уровня нормального восприятия входного сигнала и его 15-минутную экспозиция.

Проведение электромагнитной стимуляции контролировалось в реальном масштабе времени и при необходимости корректировалось на основании ощущений пациента.

Обсуждение полученных результатов

Результаты экспериментов показали, что электромагнитная стимуляция слуховых нейронов позволяет повысить чувствительность слуха. Необходимо обратить внимание, что на различных частотах изменение порогов слуха разнится и эффективность воздействия снижается в направлении от низких частот к более высоким. Мы

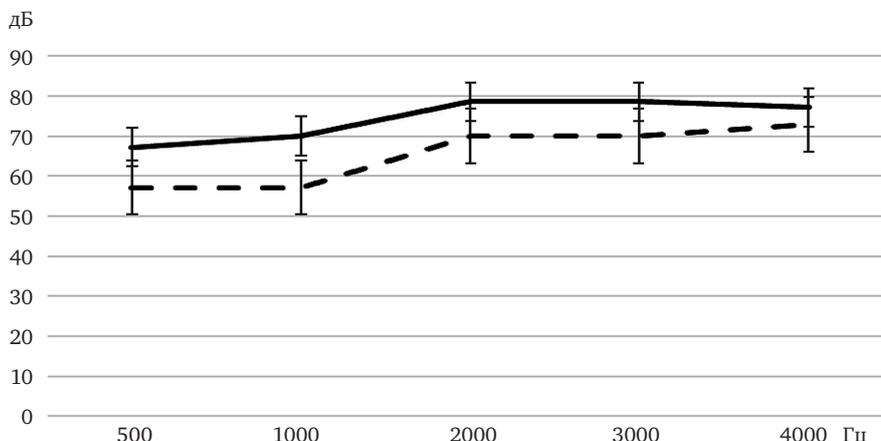


Рис. 3. Изменение порогов слуха под влиянием слабого магнитного поля. Сплошной линией обозначены пороги до воздействия, а штриховой – после воздействия
 Fig. 3. Change in hearing thresholds under the influence of a weak magnetic field. The solid line denotes the thresholds before exposure, and the dashed line – after exposure

считаем, что это связано с лучшим остаточным слухом на низких частотах. Тем более логичным видится то, что наиболее значительные результаты мы получили у пациентов со слуховыми аппаратами. Пороги слуха у них понижались в среднем на 10 дБ, и они субъективно отмечали, что речь становилась более четкой и разборчивой. Однако стоит заметить, что если пациент имеет в анамнезе длительное снижение слуха, не носит слуховые аппараты и его пороги слуха выходят за поля значений аудиограммы, то процедура может не дать ощутимых результатов. Можно предположить, что это связано с депривацией слухового нерва. Схожая ситуация наблюдается у пациентов после кохлеарной имплантации с длительным стажем глухоты. Несмотря на прямую электрическую стимуляцию слухового нерва, слуховые ощущения у таких пациентов могут появляться через 2–3 года.

Выводы

Предлагаемый метод электромагнитной стимуляции слуха позволяет значительно повысить

чувствительность слуха за один 15-минутный сеанс. Продолжительность эффекта зависит от индивидуальных особенностей пациента и может продолжаться от нескольких часов до 1–2 дней. Увеличение продолжительности последствия может быть увязано с увеличением времени экспозиции в течение одной процедуры и увеличением количества сеансов.

Возможность управления параметрами формируемого магнитного поля позволяет не только учитывать индивидуальные особенности пациента для повышения эффективности проведения электромагнитной стимуляции слуха, но и контролировать лечебную процедуру в реальном масштабе времени. Низкий уровень индукции используемого магнитного поля обеспечивает отсутствие отрицательных последствий, а неинвазивность воздействия повышает уровень комфорта для пациента.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтман Я. А., Таваркиладзе Г. А. Руководство по аудиологии. М.: ДМК Пресс, 2003. 360 с.
2. Научный совет Министерства Здравоохранения Российской Федерации. Сенсоневральная тугоухость у детей: клинические рекомендации МЗ РФ. Национальная ассоциация оториноларингологов. 2016.
3. Токарева И. Ю. Тугоухость нейросенсорная – симптомы и лечение. ПРОБОЛЕЗНИ. <https://probolezny.ru/tugouhost-nyurosensornaya>. 2019, обновление 2021.
4. Золотова Т. В. Сенсоневральная тугоухость: принципы диагностики и лечения: учеб. пособие для врачей, интернов, клинических ординаторов. 2-е изд. Ростов н/Д: РостГМУ, 2016. 78 с.
5. Surma S. V., Belostoyskay G. B., Shchegolev B. F., Stefanov V. E. Effect of weak static magnetic fields on the development of cultured skeletal muscle cells. *Bioelectromagnetics*. 2014;35(8):537–613.
6. Стефанов В. Е., Щеголев Б. Ф., Крячко О. В., Спивак И. М., Кузьменко Н. В., Сурма С. В. Модельное исследование биологических эффектов слабых статических магнитных полей на организменном и субклеточном уровнях. *Доклады Академии наук*. 2015;461;4:485–488. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23302487>
7. Бучаченко А. Л. Магнито-зависимые молекулярные и химические процессы в биохимии, генетике и медицине. *Успехи химии*. 2014;83(1):1–12. <https://doi.org/10.1070/RC2014v083n01ABEH004335>
8. Сурма С. В., Щеголев Б. Ф., Скоромец Т. А. Патент на изобретение № 2 645 948. «Способ купирования периферического нейрогенного хронического болевого синдрома». Зарегистрировано в Гос. реестре изобретений РФ 28 февраля 2018 г.
9. Surma S., Stefanov V., Shchegolev B. Relief of Peripheral Neurogenic Chronic Pain by Exposure to Weak Magnetic Field. *J Phys Med Rehabil Res*. 2020;2(1):13-19.

REFERENCES

1. Altman Ya. A., Tavarkiladze G. A. Audiology manual. M.: DMC Press, 2003. 360 p. (In Russ.)
2. Scientific council, Ministry of Public Health Russian Federation. Children sensorineural deafness: Clinical recommendations MH RF. National association of otorhinolaryngologists. 2016. (In Russ.)
3. Tokareva I. Yu. Deafness sensorineural – symptoms and treatment. PROBOLEZNI. <https://probolezny.ru/tugouhost-nyurosensornaya>. 2019, renovation 2021. (In Russ.)
4. Zolotova T. V. Sensorineural deafness : diagnostics principles and treatment. Educational supplies for doctors, interns, residents. 2-ed. Rostov on/D: Press: Rost SMU, 2016. 78 p. (In Russ.)
5. Surma S. V., Belostoyskay G. B., Shchegolev B. F., Stefanov V.E. Effect of weak static magnetic fields on the development of cultured skeletal muscle cells. *Bioelectromagnetics*. 2014;35(8):537-613.
6. Stefanov V. E., Shchegolev B. F., Kryachko O. V., Spivak I. M., Kuz'menko N. V., Surma S. V. Model study of weak magnetic fields effects at organismic and subcellular levels. *Doklady Akademii nauk*. 2015;461;4:485-488. (In Russ.) <https://elibrary.ru/item.asp?id=23302487>
7. Buchachenko A. L. Magneto-dependent molecular and chemical processes in biochemistry, genetics and medicine. *Uspekhi himii*. 2014;83(1):1-12. (In Russ.) <https://doi.org/10.1070/RC2014v083n01ABEH004335>
8. Surma S. V., Shchegolev B. F., Skoromec T. A. Patent for invention N 2 645 948 “Method for peripheric neurogenic chronic pain syndrome reduction” State list Registration of inventions RF 2018, Feb. 28. (In Russ.)
9. Surma S., Stefanov V., Shchegolev B. Relief of Peripheral Neurogenic Chronic Pain by Exposure to Weak Magnetic Field. *J Phys Med Rehabil Res*. 2020;2(1):13-19.

Информация об авторах

✉ **Сурма Сергей Викторович** – кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6); e-mail: sv-infran@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4505-0995>

Клячко Дмитрий Семенович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела диагностики и реабилитации нарушений слуха, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи (190013, Россия, Санкт-Петербург, Бронницкая ул., д. 9); e-mail: rip.tor@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5841-8053>

Щеголев Борис Федорович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6); e-mail: shcheg@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5500-2837>

Огородникова Елена Александровна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией психофизиологии речи, Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6); e-mail: elena-ogo@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8177-0431>

Information about the authors

✉ **Surma Sergei V.** – Candidate of Technical Sciences, Researcher, Pavlov Institute of Physiology RAS (6, nab. Makarova, Saint Petersburg, Russia, 199034); e-mail: sv-infran@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4505-0995>

Dmitrii S. Klyachko – MD Candidate, Senior Research Associate of the Department of Diagnostics and Rehabilitation of Hearing Impairments, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (9, Bronnitskaia str., Saint Petersburg, Russia, 190013); e-mail: rip.tor@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5841-8053>

Boris F. Shchegolev – PhD in Chemistry, Senior Researcher, Pavlov Institute of Physiology RAS (6, nab. Makarova, Saint Petersburg, Russia, 199034); e-mail: shcheg@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5500-2837>

Elena A. Ogorodnikova – candidate of Biological Sciences, Head of Psychophysiology of Speech Department, Pavlov Institute of Physiology RAS (6, nab. Makarova, Saint Petersburg, Russia, 199034); e-mail: elena-ogo@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8177-0431>