Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры
2025, Т. 102, №5, выпуск 2, с. 57–65
https://doi.org/10.17116/kurort202510205257

Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy
2025, Vol. 102. no. 5, 2nd edition, pp. 57–65
https://doi.org/10.17116/kurort202510205257

Эффективность применения метода биоакустической коррекции в терапии фантомно-болевого синдрома у ампутантов после минно-взрывной травмы

© Е.С. КОСУХИН[1], В.Е. ЮДИН[1], И.П. БОБРОВНИЦКИЙ[1], С.Н. НАГОРНЕВ[1, 2], А.А. БУДКО[1], О.И. ЗАГОРУЛЬКО[2], Е.П. ПУШКАРЕВ[1], М.А. ИСТОМИН[1], В.А. ШАХНОВИЧ[3], В.К. ФРОЛКОВ[2]

[1]Филиал №2 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневского» Минобороны России, Москва, Россия;
[2]ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия;
[3]ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Фантомно-болевой синдром (ФБС) на протяжении многих лет привлекал к себе внимание ученых и врачей. В последние десятилетия число пациентов с явлениями ФБС увеличилось за счет роста числа пострадавших в локальных конфликтах, при стихийных бедствиях и промышленных катастрофах, а также из-за роста окклюзионных заболеваний сосудов нижних конечностей. С учетом особенностей патогенеза лечение ФБС направлено на подавление патологической активности периферических пейсмейкеров и агрегатов гипервозбудимых нейронов и активизацию антиноцицептивной системы. В качестве одного из наиболее перспективных в настоящее время направлений в лечении ФБС выступает биоакустическая коррекция (БАК), представляющая собой инновационную методику, показавшую свою эффективность в комплексной терапии функциональных расстройств ЦНС и последствий органических поражений головного мозга.

Цель исследования. Оценка выраженности ФБС у пациентов с ампутированными конечностями после минно-взрывной травмы при курсовом применении метода БАК.

Материал и методы. Исследования выполнены на базе Филиала №2 ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневского» Минобороны России с участием 60 пациентов, страдающих ФБС. Методом простой фиксированной рандомизации все пациенты были разделены на 2 равночисленные группы. Пациенты контрольной группы получали только базовую медикаментозную терапию (БМТ) по протоколу; в основной группе дополнительно к БМТ проводили процедуры БАК (10 процедур длительностью 25 мин ежедневно). Эффективность терапии ФБС и сопутствующих нарушений психофизиологического статуса оценивали по динамике следующих показателей: данных неврологического осмотра, выраженности ФБС, среднего балла по визуальной аналоговой шкале боли (ВАШ), по опросникам DN4, Pain Detect, болевому опроснику Мак-Гилла, анкете качества сна Epworth.

Результаты. Под влиянием проводимой терапии в контрольной и основной группах отмечена достоверная положительная динамика по всем шкалам оценки болевого синдрома. Однако при сравнительном анализе полученных результатов установлено достоверное преимущество дополнительного курсового использования БАК-терапии. Применение этой немедикаментозной технологии способствовало достоверному снижению выраженности нейропатической боли и доли пациентов с аномальной сонливостью.

Заключение. Применение методики БАК способствует реализации более выраженного обезболивающего эффекта, который достигается за счет адаптивной реорганизации таламокортикальных детекторов пораженных конечностей путем модуляции процессов нейропластичности.

Ключевые слова: *биоакустическая коррекция, визуальная аналоговая шкала боли, минно-взрывная травма, фантомно-болевой синдром, госпитальная шкала тревоги и депрессии.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Косухин Е.С. — https://orcid.org/0000-0002-2633-9307; eLibrary SPIN: 8619-3846
Юдин В.Е. — https://orcid.org/0000-0002-7677-5342; eLibrary SPIN: 8598-4703
Бобровницкий И.П. — https://orcid.org/0000-0002-1805-4010
Нагорнев С.Н. — https://orcid.org/0000-0002-1190-1440; eLibrary SPIN: 2099-3854
Будко А.А. — https://orcid.org/0000-0001-7077-1861; eLibrary SPIN: 1794-5567
Загорулько О.И. — https://orcid.org/0000-0002-2713-9577
Пушкарев Е.П. — https://orcid.org/0009-0006-8463-3578
Истомин М.А. — https://orcid.org/0009-0004-7350-8478
Шахнович В.А. — https://orcid.org/0009-0002-4592-1287
Фролков В.К. — https://orcid.org/0000-0002-1277-5183; eLibrary SPIN: 3183-0883
Автор, ответственный за переписку: Нагорнев С.Н. — e-mail: drnag@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Косухин Е.С., Юдин В.Е., Бобровницкий И.П., Нагорнев С.Н., Будко А.А., Загорулько О.И., Пушкарев Е.П., Истомин М.А., Шахнович В.А., Фролков В.К. Эффективность применения метода биоакустической коррекции в терапии фантомно-болевого синдрома у ампутантов после минно-взрывной травмы. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2025;102(5 вып. 2):57–65. https://doi.org/10.17116/kurort202510205257

Effectiveness of applying the bioacoustic correction method in therapy of phantom pain syndrome in amputees after mine-blast injuries

© E.S. KOSUKHIN[1], V.E. YUDIN[1], I.P. BOBROVNITSKY[1], S.N. NAGORNEV[1, 2], A.A. BUDKO[1], O.I. ZAGORULKO[2], E.P. PUSHKAREV[1], M.A. ISTOMIN[1], V.A. SHAKHNOVICH[3], V.K. FROLKOV[2]

[1]Branch No. 2 of the A.A. Vishnevsky National Medical Research Center for Military-Mechanical Engineering of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia;
[2]Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia;
[3]N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT

Phantom pain syndrome (PPS) has attracted the attention of scientists and physicians for many years. In recent decades, the number of patients with PPS has increased due to the growing number of victims of local conflicts, natural disasters, and industrial accidents, as well as the rise in occlusive vascular diseases of the lower extremities. Given the pathogenesis of PPS, treatment for this condition is aimed at suppressing the pathological activity of peripheral pacemakers and hyperexcitable neuronal aggregates and activating the antinociceptive system. Bioacoustic correction, an innovative technique that has demonstrated its effectiveness in the complex treatment of functional CNS disorders and the consequences of organic brain damage, is currently one of the most promising approaches to treating PPS.

Objective. To assess the severity of phantom pain syndrome in patients with amputated limbs following mine blast injury using a course of bioacoustic correction.

Material and methods. The study was conducted at Branch No. 2 of the A.A. Vishnevsky National Medical Research Center for Military-Mechanical Engineering of the Russian Ministry of Defense. 60 patients with phantom pain syndrome participated in the study. Using a simple fixed randomization method, all patients were divided into 2 groups: a control group (n=30) and an intervention group (n=30). The control group received only basic drug therapy (BMT) according to the protocol. Patients in the intervention group, in addition to BMT, received BAC procedures (10 25-minute sessions daily). The effectiveness of phantom pain syndrome therapy and concomitant psychophysiological status disorders was assessed based on the dynamics of the following parameters: neurological examination data, phantom pain syndrome severity, visual analog pain scale (VAS); DN4 questionnaire; Pain Detect questionnaire; McGill Pain Questionnaire short form; Epworth sleep quality questionnaire.

Results. The treatment regimen in the control and study groups demonstrated significant positive dynamics across all pain assessment scales. However, a comparative analysis of the obtained results revealed a significant advantage of additional BAC therapy. The use of this non-drug technology contributed to a significant reduction in the severity of neuropathic pain and the proportion of patients with abnormal sleepiness.

Conclusion. The use of the BAC technique promotes a more pronounced analgesic effect, which is achieved through adaptive reorganization of thalamocortical detectors in the affected limbs by modulating neuroplasticity processes.

Keywords: *bioacoustic correction, visual analog pain scale, mine blast injury, phantom pain syndrome, Hospital Anxiety and Depression Scale.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Kosukhin E.S. — https://orcid.org/0000-0002-2633-9307, eLibrary SPIN: 8619-3846
Yudin V.E. — https://orcid.org/0000-0002-7677-5342; eLibrary SPIN: 8598-4703
Bobrovnitsky I.P. — https://orcid.org/0000-0002-1805-4010
Nagornev S.N. — https://orcid.org/0000-0002-1190-1440; eLibrary SPIN: 2099-3854
Budko A.A. — https://orcid.org/0000-0001-7077-1861; eLibrary SPIN: 1794-5567
Zagorulko O.I. — https://orcid.org/0000-0002-2713-9577
Pushkarev E.P. — https://orcid.org/0009-0006-8463-3578
Istomin M.A. — https://orcid.org/0009-0004-7350-8478
Shakhnovich V.A. — https://orcid.org/0009-0002-4592-1287; e-mail: 7263042@list.ru
Frolkov V.K. — https://orcid.org/0000-0002-1277-5183; eLibrary SPIN: 3183-0883
Corresponding author: Nagornev S.N. — e-mail: drnag@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Kosukhin ES, Yudin VE, Bobrovnitsky IP, Nagornev SN, Budko AA, Zagorulko OI, Pushkarev EP, Istomin MA, Shakhnovich VA, Frolkov VK. Effectiveness of applying the bioacoustic correction method in therapy of phantom pain syndrome in amputees after mine-blast injuries. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy.* 2025;102(5 vyp 2):57–65. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/kurort202510205257

Введение

Фантомно-болевой синдром (ФБС) на протяжении многих лет привлекал к себе внимание ученых и врачей. В последние десятилетия число пациентов с явлениями ФБС увеличилось за счет роста числа пострадавших в локальных конфликтах, при стихийных бедствиях и промышленных катастрофах, а также из-за роста окклюзионных заболеваний сосудов нижних конечностей [1—6].

В научной литературе ФБС описывается как болезненное ощущение, возникшее после ампутации рук или ног [7, 8]. Синдром фантома конечности с болью (код по МКБ-10: G54.6) — это ложное ощущение, возникающие в ампутированной конечности по причине чувства присутствия удаленной части. Эта боль является одним из наиболее серьезных болевых синдромов, который входит в понятие синдрома хронической боли.

Распространенность ФБС варьируется от 50 до 85% у лиц с ампутированными конечностями [6], при этом 5—10% из них испытывают сильную боль [9]. Частота формирования ФБС в конечностях составляет 84% спустя 8 сут [10] и 67% спустя 6 мес [9] для пациентов, перенесших ампутацию. Факторами, предрасполагающими к развитию ФБС, являются наличие предоперационной боли [11—13], ампутация верхней конечности, двусторонние ампутации [14] и женский пол [14], наличие тревоги и депрессии [15]. В работе A. Evans и соавт. [16], посвященной оценке распространенности и тяжести ФБС после ампутации конечностей, представлены результаты 20 рандомизированных клинических исследований с участием 1347 пациентов в возрасте от 38 до 77 лет. Авторы отмечают, что в остром периоде после оперативного вмешательства (спустя 1 нед) 50% больных имели ФБС. При этом распространенность ФБС через 3, 6, 12 и 24 мес в анализируемой когорте составила 23, 27, 22 и 24% соответственно. K. Limakatso и соавт. [17], проанализировав 39 исследований, в которых приняли участие 12 738 пациентов с ампутированными верхними и нижними конечностями, отметили, что ФБС развился у 64% ампутантов. В проспективном исследовании J. Bosmans и соавт. [15] были представлены данные наблюдения за пациентами в течение 31,5 года, свидетельствующие о том, что распространенность ФБС с течением времени снижается лишь умеренно.

Лечение болей в отсутствующей части тела всегда считалось одной из сложнейших медицинских задач [1—3, 18]. В литературе имеются многочисленные данные о методах лечения фантомной боли: снятие боли наркотическими анальгетиками, магнитотерапия фантомной боли, иглорефлексотерапия, лучевая и рентгенотерапия, психотерапия, а также хирургическое лечение. В первую очередь необходима дифференцированная терапия, которая основана на особенностях клинического течения разных форм и интенсивности болевых ощущений [7]. В клинической медицине для выбора правильной тактики ведения пациента с ФБС врачи используют классификацию, основными критериями которой являются тип болей, которые испытывает пациент, интенсивность и характер течения (постоянные, периодические, неустойчивые) [15]. При первых проявлениях ФБС лечение начинают с консервативного лечения, и лишь в случае его безуспешности прибегают к нейрохирургическим операциям на проводящей системе головного и спинного мозга. Однако исключением из правила являются больные с ампутационными невромами, которых следует оперировать как можно раньше, предупреждая тем самым возможность возникновения болевой доминанты в головном мозге [17]. С учетом особенностей патогенеза ФБС лечение данной патологии направлено на подавление патологической активности периферических пейсмейкеров и агрегатов гипервозбудимых нейронов и на активизацию антиноцицептивной системы [7].

В качестве одного из наиболее перспективных в настоящее время направлений в лечении ФБС выступает биоакустическая коррекция (БАК), представляющая собой инновационную методику, показавшую свою эффективность в комплексной терапии функциональных расстройств ЦНС и последствий органических поражений головного мозга [19, 20]. Основой метода является компьютерное преобразование электроэнцефалограммы больного в акустический сигнал и предъявление этого сигнала пациенту в реальном масштабе времени. Показано, что этот метод способствует восстановлению функционального состояния ЦНС, нормализации психофизиологических и психологических показателей, улучшению обменно-трофических процессов, сосудистой реактивности, снижению выраженности алгий и др. [21, 22]. Нейрофизиологический «смысл» данного феномена заключается в активации центров саморегуляции, восстановление работы которых является важным этапом адаптивных возможностей и купирования или значительного снижения проявлений тревожно-депрессивных расстройств, в частности у пациентов с хроническим болевым синдромом. В клиническом исследовании были продемонстрированы снижение проявлений тревожно-депрессивного компонента при хронических дорсопатиях, нормализация показателей биоэлектрической активности головного мозга: рост индекса и амплитуды альфа-ритма, который становится более структурированным [23]. Также проводилось исследование, в котором изучали влияние БАК-терапии на уровень серотонина, были получены достоверные результаты, свидетельствующие об увеличении данного нейротрансмиттера [24].

Цель исследования — оценка выраженности ФБС у пациентов с ампутированными конечностями после минно-взрывной травмы при курсовом применении метода БАК.

Материал и методы

Исследования были выполнены на базе Филиала №2 ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневского» Минобороны России с участием 60 пациентов, страдающих ФБС. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на проведение спе-

циального научного обследования и лечения с обработкой их персональных данных (в соответствии с ГОСТ Р 14155-2014).

Критериями включения выступали: добровольное информированное согласие на участие в исследовании; наличие верифицированной фантомной боли на основании неврологического осмотра, жалоб, анамнестических данных, а также по результатам анкетирования по диагностическому опроснику нейропатической боли DN4 (Douleur Neuropathique en 4 questions), опроснику выявления боли Pain Detect; наличие стресс-ассоциированных психических расстройств; возраст старше 18 лет.

Критериями невключения являлись: наличие психического заболевания в анамнезе; прием наркотических анальгетиков, хронические декомпенсированные сопутствующие заболевания в стадии обострения; речевые нарушения тяжелой степени (тотальная афазия); синдром малого сознания (апалический синдром, вегетативное состояние); наличие выраженного когнитивного дефицита; наличие тяжелой декомпенсированной соматической сопутствующей патологии; декомпенсированные эндокринные нарушения, опухоли надпочечников.

Критерии исключения: отказ от исследования и выполнения предписаний врача; участие в других клинических испытаниях; появление побочных эффектов в процессе исследования.

Методом простой фиксированной рандомизации все пациенты были разделены на 2 равночисленные (по 30 пациентов) группы: контрольную и основную. Контрольная группа получала только базовую медикаментозную терапию (БМТ) по протоколу. Основная группа дополнительно к БМТ получала процедуры БАК (10 процедур длительностью 25 мин ежедневно).

Эффективность терапии ФБС и сопутствующих нарушений психофизиологического статуса оценивали по динамике следующих показателей: данные неврологического осмотра, выраженность ФБС; визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ); опросник DN4; опросник Pain Detect; краткая форма Мак-Гилловского болевого опросника (McGill Pain Questionnaire, MPQ); анкета качества сна Epworth.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Statistica (версия 12.6). Для определения характера распределения был использован критерий Шапиро—Уилка, рекомендованный при малых объемах выборки (менее 50 наблюдений). Оценку различий между группами выполняли, используя Т-критерий Стьюдента. Результаты представлены в виде $M \pm m$ (где M — среднее значение, m — ошибка среднего). Для сравнения долей (процентов) в двух независимых или связанных выборках использовали угловое преобразование Фишера и четырехклеточные таблицы для расчета критерия Фишера. В качестве критического уровня значимости использовали $p<0,05$.

Результаты

Динамика выраженности ФБС, оцениваемой с помощью специальных опросников и шкал, при курсовом проведении БАК в сравнении с БМТ представлена в **таблице.**

Согласно представленным в таблице данным, применение БМТ снижает выраженность болевого синдрома по ВАШ на 19% ($p<0,05$), что соответствует умеренному уровню болевых ощущений. Дополнительное использование БАК способствовало усилению анальгетического эффекта: в основной группе наблюдали снижение уровня боли по ВАШ на 48,4% ($p<0,05$). При этом качественная характеристика болевого синдрома соответствовала легкой степени боли.

Была проведена оценка ФБС по ВАШ с учетом интерпретации выраженности боли. Результаты представлены на **рис. 1.**

Динамика выраженности фантомно-болевого синдрома, показателей субъективного самочувствия и дневной сонливости при курсовом применении биоакустической коррекции (баллы)

Dynamics of the severity of phantom pain syndrome, indicators of subjective well-being and daytime sleepiness during a course of bioacoustic correction (points)

Показатель	Контрольная группа		Основная группа	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
ВАШ	6,3±0,16	5,1±0,13*	6,4±0,17	3,3±0,10*#
Опросник DN4	5,4±0,21	3,9±0,15*	5,2±0,19	2,3±0,09*#
Опросник Pain Detect	20,2±0,27	15,8±0,22*	21,0±0,31	9,4±0,13*#
Опросник MPQ: ИЧВД	13,9±0,41	12,2±0,37*	13,5±0,39	10,4±0,31*#
Опросник MPQ: РИБ	30,1±1,02	23,7±0,81*	30,7±1,05	19,8±0,67*#
Опросник MPQ: ИБ	2,5±0,04	1,9±0,03*	2,8±0,05	1,5±0,03*#
Шкала Epworth	7,7±0,21	6,2±0,16*	7,9±0,23	4,8±0,13*#

Примечание. * — достоверное различие между показателями до и после лечения ($p<0,05$); # — достоверное различие между показателями контрольной и основной групп ($p<0,05$). ИЧВД — индекс числа выбранных дескрипторов; РИБ — ранговый индекс боли; ИБ — интенсивность боли.

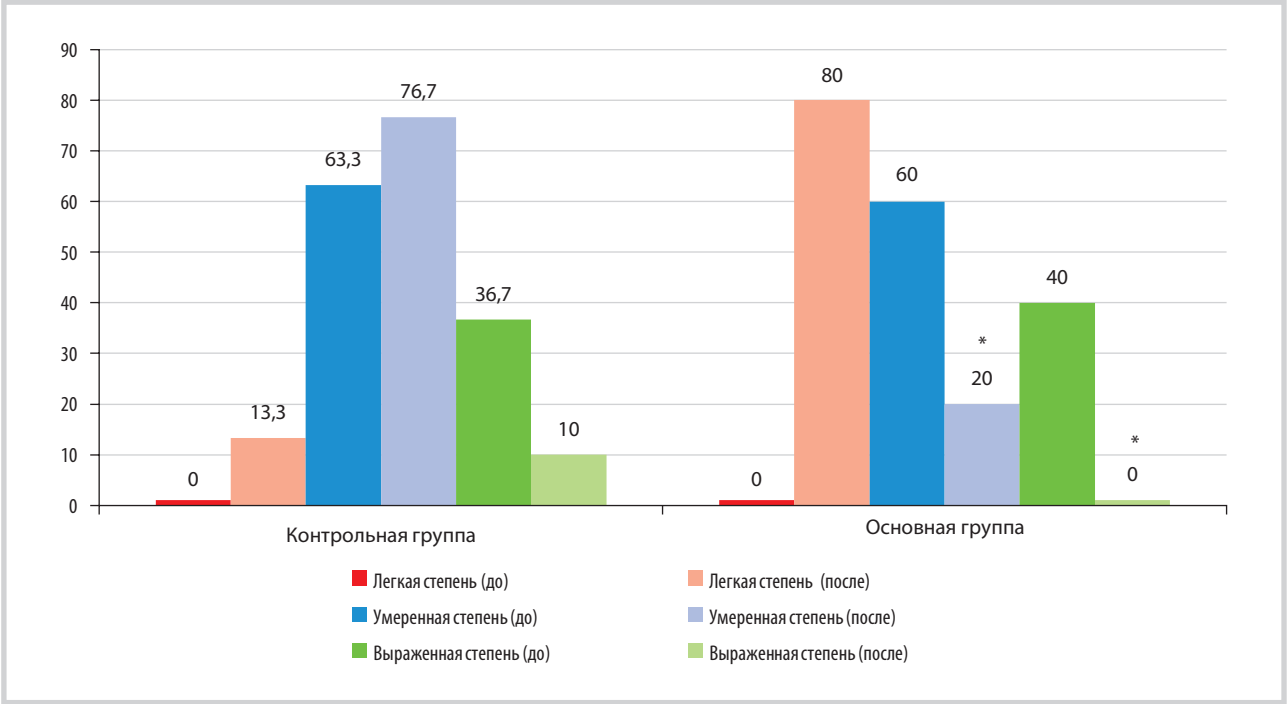

Рис. 1. **Изменение структуры выраженности боли (%) при проведении разных схем терапии.**
Здесь и на **рис. 2—5**: * — достоверное различие между соответствующими показателями контрольной и основной групп.

Fig. 1. **Change in the structure of pain severity (%) during different treatment regimens.**
Here and on **Figures 2—5**: * — significant difference between the corresponding indicators of the control and study groups.

Сравнительная оценка процентных долей с помощью углового преобразования Фишера разных степеней выраженности болевого синдрома позволила установить, что в контрольной группе достоверные изменения были выявлены в отношении легкой (возросла на 13,3%) и выраженной (снизилась на 36,7%) степеней. В основной группе отмечалась достоверная динамика в отношении всех рассматриваемых степеней тяжести болевого синдрома. В частности, было зафиксировано увеличение доли пациентов с легкой степенью выраженности боли с 0 до 80%, что составило основную часть рассматриваемой когорты. Такое перераспределение произошло за счет снижения долей больных с умеренной и выраженной степенями болевого синдрома. При этом необходимо отметить, что на выраженную боль после курса БАК ни один пациент жалоб не предъявлял.

Положительная динамика выраженности нейропатической боли по опросникам DN4 и Pain Detect, направленная на снижение болевого синдрома, носила достоверный характер в обеих группах. Так, в частности, в контрольной группе под влиянием курсового применения БМТ наблюдали снижение балльных оценок по опросникам DN4 и Pain Detect на 27,8 и 21,8% ($p<0,05$) соответственно. Однако в основной группе эти изменения имели более выраженный характер, достоверно превосходящий достигнутый в контроле уровень на 40—41% ($p<0,05$), что убедительно доказывает наличие у БАК гипалгического потенциала в реализации терапевтического эффекта при ФБС.

Принимая во внимание критерии интерпретации опросников DN4 и Pain Detect, в настоящем исследовании выполнили детальный анализ полученных результатов с выделением процентных долей пациентов с разной оценкой нейропатической боли в сравниваемых группах **(рис. 2, 3)**.

Как следует из представленных на **рис. 2** данных, достоверное перераспределение процентных долей пациентов произошло только в основной группе, где после проведенного курса БАК наблюдали выраженный прирост (на 56,7%; $p<0,05$) пациентов без диагностированного нейропатического компонента боли на фоне снижения на 56,7% ($p<0,05$) доли пациентов, у которых, по данным опросника DN4, нейропатическая боль сохранялась. Следует также отметить, что при сравнении контрольной и основной групп между собой отмечается достоверный уровень различий в точке после лечения: в основной группе доля больных с отсутствием нейропатической боли выше на 46,7% ($p<0,05$), при этом доля пациентов с сохранением болевого синдрома была ниже контроля на 46,7% ($p<0,05$).

Аналогичную динамику прослеживали при сравнении процентных долей пациентов с отрицательной, неопределенной и положительной оценкой нейропатической боли по опроснику Pain Detect меж-

ду контрольной и основной группами **(рис. 4)**. Так, в частности, в группе с БМТ отмечались достоверные изменения в структуре когорты пациентов с ФБС, свидетельствующие об увеличении долей пациентов с отсутствием болевого синдрома (на 13,3%; $p<0,05$) и сомнительным результатом (на 40%; $p<0,05$) на фоне снижения части больных, у которых диагностика нейропатического компонента боли по опроснику Pain Detect не вызывала сомнений (на 53,3%; $p<0,05$). В основной группе подобные изменения носили более выраженный и достоверный по отношению к контрольной группе характер. При этом необходимо подчеркнуть, что после курсового применения БАК ни у одного пациента не диагностировали болевой синдром.

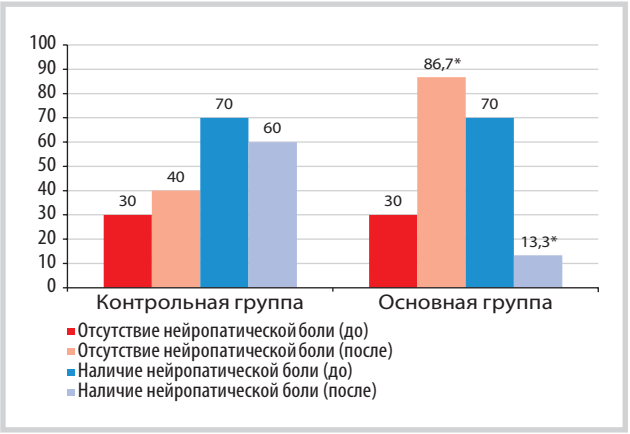

Рис. 2. **Изменение процентных долей пациентов с отрицательной и положительной оценкой нейропатической боли по опроснику DN4 при применении базовой терапии и ее комбинации с биоакустической коррекцией.**

Fig. 2. **Change in the percentage of patients with negative and positive neuropathic pain assessment on the DN4 questionnaire in applying basic therapy and its combination with bioacoustic correction.**

Под влиянием проводимой терапии в контрольной и основной группах была зафиксирована достоверная положительная динамика по всем трем шкалам (сенсорной, аффективной и эвалюативной) опросника MPQ, однако выраженность выявленных позитивных сдвигов, указывающих на регресс болевого синдрома, в группе с БАК была достоверно выше **(см. таблицу)**. Так, индекс числа выбранных дескрипторов, ранговый индекс боли и интенсивность боли в основной группе в точке после лечения были на 14,8, 16,5 и 21,1% ($p<0,05$) ниже, чем в контроле. Наиболее наглядно преимущества курсовой БАК-терапии проявились при рассмотрении динамики структурных долей пациентов **(см. рис. 4)** при разложении эвалюативной шкалы опросника MPQ на: слабую (1 балл); умеренную (2 балла); сильную (3 балла); сильнейшую (4 балла); невыносимую (5 баллов).

Выполненный сравнительный анализ динамики процентных долей пациентов с разной интенсивностью болевого синдрома в контрольной и основной группах позволяет заключить следующее. В группе с БМТ наблюдалось достоверное повышение до-

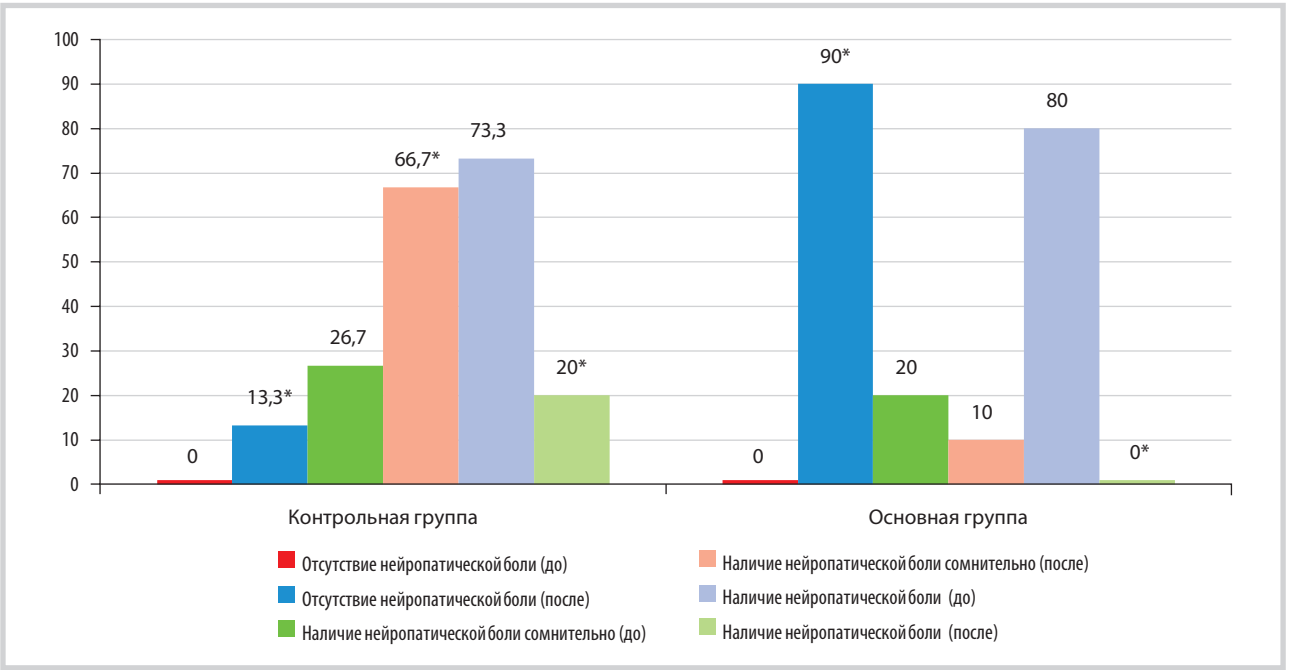

Рис. 3. **Динамика процентных долей пациентов с отрицательной, неопределенной и положительной оценкой нейропатической боли по опроснику Pain Detect при применении базовой терапии и ее комбинации с биоакустической коррекцией.**

Fig. 3. **Dynamics of the percentage of patients with negative, uncertain and positive neuropathic pain estimates on the Pain Detect questionnaire in applying basic therapy and its combination with bioacoustic correction.**

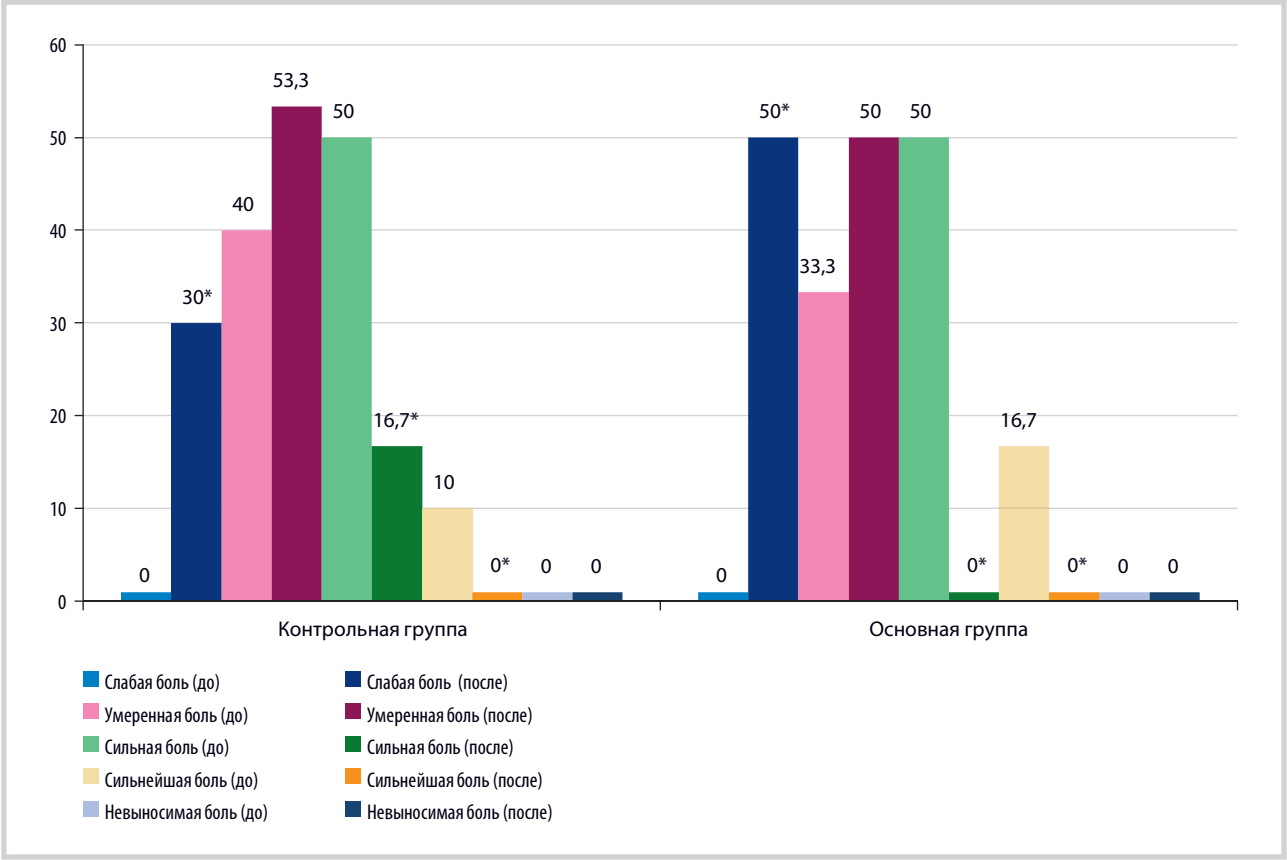

Рис. 4. **Динамика процентных долей пациентов с разной интенсивностью болевого синдрома, оцененной с помощью эвалюативной шкалы опросника MPQ, при применении базовой терапии и ее комбинации с биоакустической коррекцией.**

Fig. 4. **Dynamics of the percentage of patients with different intensity of pain syndrome assessed by means of the evaluative scale of the MPQ questionnaire in applying basic therapy and its combination with bioacoustic correction.**

лей пациентов со слабым и умеренным уровнями болевого синдрома за счет снижения относительной величины больных с сильной и сильнейшей болью. В группе с курсовым применением БАК-терапии отмечались аналогичные сдвиги, которые тем не менее имели более выраженный характер. Так, прирост пациентов со слабой болью превосходил контрольную группу на 20% (p<0,05), при этом ни один из пациентов не жаловался на сильную боль, что на 16,7% было меньше, чем в контрольной группе (p<0,05).

В целом, подводя итог сравнительной активности анальгетического эффекта, выявленного в обеих группах, необходимо отметить тот факт, что дополнение БМТ курсовым применением БАК способствует реализации более выраженного обезболивающего эффекта. Исходя из анализа данных литературы, механизм обезболивающего действия БАК-терапии реализуется за счет адаптивной реорганизации таламокортикальных детекторов пораженных конечностей путем модуляции процессов нейропластичности [25]. Это происходит благодаря синхронизации текущей биоэлектрической активности мозга с акустическими стимулами. В результате модулируется активность N-метил-D-аспартатных рецепторов (NMDA), что определяет концентрацию входящего через NMDA-рецептор кальция и дальнейшее развитие процессов синаптической пластичности [26]. Предполагается, что аналгезирующий эффект БАК зависит от локализации отводящих электродов и ритмической структуры электроэнцефалографического сигнала, с которыми синхронизируются акустические сэмплы, а также от уровня функциональной нагруженности (возбуждения) таламокортикальных детекторов соседних и/или контралатеральных зон ампутированных конечностей [25].

Под влиянием проводимой терапии в обеих группах наблюдали достоверную динамику снижения дневной сонливости по шкале Epworth у пациентов с ФБС на 19,5 и 39,2% (p<0,05) в контрольной и основной группах соответственно. На **рис. 5** представлена динамика долей больных с разными уровнями выраженности параметров по шкале Epworth.

Представленные данные убедительно свидетельствуют о преимуществе дополнительного курсового использования БАК-терапии. Применение этой немедикаментозной технологии способствовало достоверному снижению в 4 раза доли пациентов с ано-

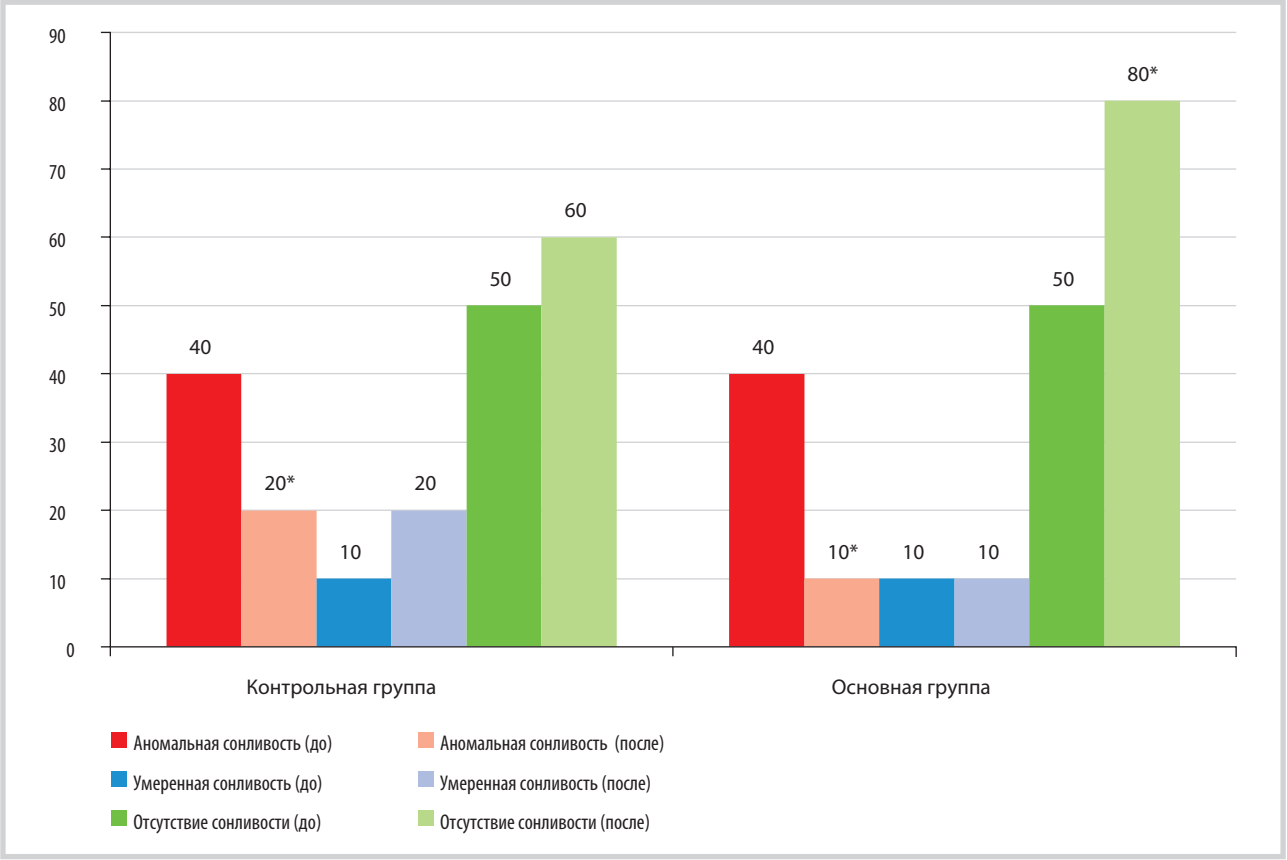

Рис. 5. **Динамика процентных долей пациентов с разными уровнями дневной сонливости по шкале Epworth при применении базовой терапии и ее комбинации с биоакустической коррекцией.**

Fig. 5. **Dynamics of the percentage of patients with different levels of daytime sleepiness on the Epworth Scale in applying basic therapy and its combination with bioacoustic correction.**

мальной сонливостью на фоне прироста на 30% доли больных, не отмечавших проявления сонливости в дневное время. В контроле было выявлено достоверное снижение лишь аномальной сонливости на 20%.

Заключение

В целом результаты выполненного исследования показывают, что применение методики БАК способствует реализации более выраженного обезболивающего эффекта, достигающегося за счет адаптивной реорганизации таламокортикальных детекторов пораженных конечностей путем модуляции процессов нейропластичности. Достоверно более выраженные положительные изменения при дополнительном использовании БАК-терапии зафиксированы также в отношении регресса дневной сонливости. Полученные данные рекомендуется использовать в дальнейшем для разработки персонифицированных подходов к применению БАК-терапии в комплексных программах медицинской реабилитации пациентов с ФБС.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания на НИР.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования — Косухин Е.С.; поиск материала — Юдин В.Е., Бобровницкий И.П., Будко А.А., Загорулько О.И., Пушкарев Е.П., Истомин М.А., Шахнович В.А.; статистическая обработка и анализ данных — Фролков В.К., Нагорнев С.Н.; написание текста — Юдин В.Е., Бобровницкий И.П., Будко А.А., Загорулько О.И., Пушкарев Е.П., Истомин М.А., Шахнович В.А.; редактирование — Косухин Е.С., Фролков В.К.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Загорулько О.И., Медведева Л.А. Анализ использования современных методов лечения и профилактики фантомного болевого синдрома при минно-взрывных травмах. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2023;12:83-88.
Zagorulko OI, Medvedeva LA. Analysis of the use of modern methods of treatment and prevention of phantom pain syndrome in mine-blast injuries. Surgery. *Journal named after N.I. Pirogov.* 2023;12:83-88. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia202312183
2. Корчажкина Н.Б., Михайлова А.А., Ковалев С.А. и др. Обоснование применения метода глубокой осцилляции импульсным низкочастотным электростатическим полем в раннем реабилитационном периоде после оперативных вмешательств. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2020;19(4):244-248.
Korchazhkina NB, Mikhailova AA, Kovalev SA, et al. Justification for the use of the method of deep oscillation with a pulsed low-frequency electrostatic field in the early rehabilitation period after surgery. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2020;19(4):244-248. (In Russ.).
https://doi.org/10.17816/1681-3456-2020-19-4-7
3. Михайлова А.А., Корчажкина Н.Б., Конева Е.С., Котенко К.В. Психокорригирующий эффект применения сочетанных методик медицинской реабилитации у пациентов, перенесших ишемический инсульт. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2020;19(6):380-383.
Mikhailova AA, Korchazhkina NB, Koneva ES, Kotenko KV. Psychocorrective effect of using combined methods of medical rehabilitation in patients who have suffered ischemic stroke. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2020;19(6):380-383. (In Russ.).
https://doi.org/10.17816/1681-3456-2020-19-6-5
4. Hogan WB, Anderson G, Kovoor M, et al. Phantom limb syndrome: Assessment of psychiatric and medical comorbidities associated with Phantom pain in 44,028 below knee amputees. *Injury.* 2022;53(11):3697-3701.
https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.09.018
5. Granata G, Di Iorio R, Ilari S, et al. Phantom limb syndrome: from pathogenesis to treatment. A narrative review. *Neurol Sci*. 2024;45(10):4741-4755.
https://doi.org/10.1007/s10072-024-07634-1
6. Valero EG, Acosta Acosta CDP, Vargas Useche W, et al. Perioperative Management of Painful Phantom Limb Syndrome: A Narrative Review and Clinical Management Proposal. *J Pain Palliat Care Pharmacother*. 2023;37(2):194-208.
https://doi.org/10.1080/15360288.2023.2187005
7. Архангельский А.Е. *Фантомно-болевой синдром. Лекция для слушателей факультета подготовки врачей*. СПб.: ВМедА; 2006.
Arkhangelsky AE. *Phantom pain syndrome. Lecture for students of the faculty of training of doctors.* St. Petersburg: Military Medical Academy; 2006. (In Russ.).
8. Purushothaman S, Kundra P, Senthilnathan M, et al. Assessment of efficiency of mirror therapy in preventing phantom limb pain in patients undergoing below-knee amputation surgery-a randomized clinical trial. *J Anesth*. 2023;37(3):387-393.
https://doi.org/10.1007/s00540-023-03173-9
9. Yin Y, Zhang L, Xiao H, et al. The pre-amputation pain and the postoperative deafferentation are the risk factors of phantom limb pain: a clinical survey in a sample of Chinese population. *BMC Anesthesiol.* 2017;17(1):69.
https://doi.org/10.1186/s12871-017-0359-6
10. Jensen TS, Krebs B, Nielsen J, Rasmussen P. Phantom limb, phantom pain and stump pain in amputees during the first 6 months following limb amputation. *Pain*. 1983;17(3):243-256.
https://doi.org/10.1016/0304-3959(83)90097-0
11. Carlen PL, Wall PD, Nadvorna H, Steinbach T. Phantom limbs and related phenomena in recent traumatic amputations. *Neurology.* 1978;28(3):211-217.
https://doi.org/10.1212/wnl.28.3.211
12. Nikolajsen L, Jensen TS. Phantom limb pain. *Br J Anaesth.* 2001;87(1):107-116.
https://doi.org/10.1093/bja/87.1.107
13. Katz J, Melzack R. Pain 'memories' in phantom limbs: review and clinical observations. *Pain*. 1990;43(3):319-336.
https://doi.org/10.1016/0304-3959(90)90029-D
14. Manchikanti L, Singh V. Managing phantom pain. *Pain Physician*. 2004;7(3):365-375.
15. Bosmans JC, Geertzen JH, Post WJ, et al. Factors associated with phantom limb pain: a 31/2-year prospective study. *Clin Rehabil.* 2010;24(5):444-453.
https://doi.org/10.1177/0269215509360645
16. Evans AG, Chaker SC, Curran GE, et al. Postamputation Residual Limb Pain Severity and Prevalence: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Plast Surg (Oakv).* 2022;30(3):254-268.
https://doi.org/10.1177/22925503211019646
17. Limakatso K, Bedwell GJ, Madden VJ, Parker R. The prevalence and risk factors for phantom limb pain in people with amputations: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2020;15(10):e0240431.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240431
18. Сайко А.В. Современное состояние проблемы фантомной боли. *Международный неврологический журнал*. 2018;4:84-93.
Saiko AV. Current state of the phantom pain problem. *Int neurol jur.* 2018;4:84-93. (In Russ.).
https://doi.org/10.22141/2224-0713.4.98.2018.139430
19. Gunduz ME, Pacheco-Barrios K, Bonin Pinto C, et al. Effects of Combined and Alone Transcranial Motor Cortex Stimulation and Mirror Therapy in Phantom Limb Pain: A Randomized Factorial Trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2021;35(8):704-716.
https://doi.org/10.1177/15459683211017509
20. Константинов К.В., Грицышина М.А., Нефедова Г.Э. Восстановление когнитивных функций у больных с органическими поражениями головного мозга в комплексной медицинской реабилитации. *Клиническая медицина*. 2012;5:36-39.
Konstantinov KV, Gritsyshina MA, Nefedova GE. Restoration of cognitive functions in patients with organic brain lesions in complex medical rehabilitation. *Clinical Medicine*. 2012;5:36-39. (In Russ.).
21. Терешин А.Е., Кирьянова В.В., Константинов К.В. и др. Биоакустическая коррекция в когнитивной реабилитации пациентов с очаговыми поражениями головного мозга. *Вестник восстановительной медицины*. 2019;5:47-55.
Tereshin AE, Kiryanova VV, Konstantinov KV, et al. Bioacoustic correction in cognitive rehabilitation of patients with focal brain lesions. *Bulletin of Restorative Medicine*. 2019;5:47-55. (In Russ.).
22. Щегольков А.М., Алехнович А.В., Массальский Р.И. Влияние биоакустической коррекции на процесс медицинской реабилитации больных с последствиями преходящих цереброваскулярных нарушений. *Госпитальная медицина: наука и практика*. 2022;5(4):46-49.
Shchegolkov AM, Alekhnovich AV, Massal'skiy RI. Influence of bioacoustic correction on the process of medical rehabilitation of patients with consequences of transient cerebrovascular disorders. *Hospital Medicine: Science and Practice*. 2022;5(4):46-49. (In Russ.).
https://doi.org/10.34852/GM3CVKG.2022.17.46.009
23. Колчева Ю.А., Константинов К.В. Значение метода биоакустической коррекции в комплексной терапии болевых синдромов различной этиологии. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2020;97(6-2):56.
Kolcheva YuA, Konstantinov KV. The Importance of Bioacoustic Correction in the Complex Therapy of Pain Syndromes of Various Etiologies. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2020;97(6-2):56. (In Russ.).
24. Константинов К.В., Карпенко М.Н., Леонова М.К. Динамика уровня серотонина в сеансах прослушивания акустического образа собственной ЭЭГ. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2014;7:32-37.
Konstantinov KV, Karpenko MN, Leonova MK. Dynamics of Serotonin Levels in Sessions of Listening to an Acoustic Image of One's Own EEG. *Neurocomputers: Development, Application*. 2014;7:32-37. (In Russ.).
25. Константинов К.В., Бадалов Н.Г., Колчева Ю.А. и др. Биоакустическая коррекция в терапии фантомно-болевого синдрома. (Пилотное исследование). *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2024;101(4):30-35.
Konstantinov KV, Badalov NG, Kolcheva YuA, et al. Bioacoustic Correction in the Treatment of Phantom Pain Syndrome. (Pilot Study). *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2024;101(4):30-35. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/kurort202410104130
26. Lüscher C, Malenka RC. NMDA receptor-dependent long-term potentiation and long-term depression (LTP/LTD). *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2012;4(6):a005710.
https://doi.org/10.1101/cshperspect.a005710

Получена 22.10.2025
Received 22.10.2025
Принята в печать 31.10.2025
Accepted 31.10.2025