

Дата публикации: 15.09.2024
DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_03_6
УДК 712; 551.58; 796.5

Publication date: 15.09.2024
DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_03_6
UDC 712; 551.58; 796.5

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОЙ ОБЛАСТИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

Ю.В. Корягина¹, С.В. Нопин¹, Ю.В. Кушнарева¹, С.М. Абуталимова¹, И.Н. Митин²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

Аннотация. Целью данного исследования явилось сравнительное изучение применения высокоинтенсивной периферической ритмической магнитной стимуляции поясничной области на функциональное состояние нижних конечностей у спортсменов, занимающихся единоборствами и циклическими видами спорта. В исследовании приняло участие 9 спортсменов высокой квалификации, из них 5 женщин, занимающихся единоборствами и 4 женщины, занимающиеся циклическими видами спорта. Периферическую ритмическую магнитную стимуляцию проводили с помощью системы высокоинтенсивной магнитотерапии BTL-6000 Super Inductive System. Область стимуляции – пояснично-крестцовый отдел позвоночника. Применение периферической ритмической магнитной стимуляции на область пояснично-крестцового отдела позвоночника у женщин, занимающихся единоборствами и циклическими видами спорта, вызывало однонаправленные изменения параметров нервно-мышечного аппарата нижних конечностей: снижались латентность и длительность М-ответа, но также снижалась и площадь М-ответа. Реовазография нижних конечностей в сегментах «голень», «стопа» выявила значительное усиление всех параметров гемодинамики. Большие эффекты изменений функционального состояния и гемодинамики нижних конечностей зарегистрированы у женщин, занимающихся единоборствами, по сравнению с женщинами, специализирующимися в циклических видах спорта. Апробированная методика применения высокоинтенсивной магнитной стимуляции может быть рекомендована для применения у спортсменов для восстановления по завершении интенсивного тренировочного дня в подготовительный период спортивной подготовки.

Ключевые слова: магнитная стимуляция, магнитотерапия, восстановление, спортсменки, опорно-двигательный аппарат, нервно-мышечный аппарат.

FUNCTIONAL STATUS OF THE LOWER LIMBS AFTER PERIPHERAL MAGNETIC STIMULATION OF THE LUMBAR AND SACRAL SPINE OF ATHLETES OF DIFFERENT SPORTS

Yu.V. Koryagina¹, S.V. Nopin¹, Yu.V. Kushnareva¹, S.M. Abutalimova¹, I.N. Mitin²

¹FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

²FSBI “Federal Research-Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency”, Moscow, Russia

Abstract. Aim of the study – to conduct a comparative study of the use of high-intensity repetitive peripheral magnetic stimulation of the lumbar region on the functional status of the lower limbs of female athletes engaged in martial arts and cyclic sports. The study included 9 elite female athletes, 5 of whom were engaged in martial arts, and 4 of whom were engaged in cyclic sports. Repetitive peripheral magnetic stimulation was performed on the BTL-600 Super Inductive system, the stimulation area – the lumbar and sacral spine. The application of magnetic

stimulation to the lumbar and sacral spine caused unidirectional changes in the parameters of the neuromuscular system of the lower limbs: reduction of M-response latency and duration, although the M-response surface was also reduced. Rheovasography of the lower limbs in the “tibia” and “foot” segments showed a significant improvement of all hemodynamic parameters. Greater changes in the functional status and hemodynamics of the lower limbs were observed in martial artists compared to cyclic sports athletes. The tested method of high-intensity magnetic stimulation may be recommended for athletes when recovering after an intensive training day during the preparatory period of sports training.

Keywords: magnetic stimulation, magnet therapy, recovery, female athletes, musculoskeletal system, neuromuscular system.

Введение. Одним из основных направлений медико-биологического обеспечения спорта высших достижений в Российской Федерации является разработка новых технологий восстановления, реабилитации, а также повышения физической работоспособности [1]. В настоящее время магнитная стимуляция является высокоэффективным методом лечения, широко применяемым в клинической практике при терапии и реабилитации пациентов с патологией центральной и периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата, урологических заболеваниями [2-4]. В последние годы публикуется всё больше работ, посвященных изучению влияния транскраниального и периферического воздействия ритмического магнитного поля на функциональное состояние органов и систем у спортсменов [5-7]. Однако, анализ литературных данных показал отсутствие четко регламентированных параметров интенсивности, режима, количества стимулов при применении периферической магнитной стимуляции для восстановления спортсменов [8-9], а также данных по особенностям ее применения у спортсменов различных видов спорта.

В связи с этим, целью данной работы явилось сравнительное изучение применения высокоинтенсивной периферической ритмической магнитной стимуляции поясничной области на функциональное состояние нижних конечностей у спортсменов, занимающихся единоборствами и циклическими видами спорта.

Методы и организация исследования. Всего в исследовании приняло участие 9 спортсменок высокой квалификации, из них

5 женщин, занимающихся единоборствами (тхэквондо), возраст – 20 (19; 23) лет, и 4 женщины, занимающиеся циклическими видами спорта (подводный спорт, триатлон, водное поло), возраст – 21 (19; 30) лет.

Исследования спортсменов проводились в г. Кисловодске в условиях учебно-тренировочных сборов в ФГБУ «Юг Спорт» в подготовительный период тренировочного процесса. В период проведения исследования спортсмены каждый день выполняли по несколько интенсивных тренировок. Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects (2013), а также разрешение на обработку персональных данных. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом по экспертизе биомедицинских исследований ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, протокол № 2 от 30.06.2023.

Периферическую ритмическую магнитную стимуляцию проводили с помощью системы высокоинтенсивной магнитотерапии BTL-6000 Super Inductive System, вариант исполнения BTL-6000 Super Inductive System Elite (BTL Industries Ltd., United Kingdom). Процедура проводилась в положении лежа на животе, центр аппликатора располагался на минимальном расстоянии от кожных покровов. Область стимуляции – пояснично-крестцовый отдел позвоночника. При стимуляции указанной области применяли предустановленный протокол (1001) «Миорелаксация», режим «последовательность», состоящий из 7 секций с заданными типами амплитудной модуляции

(постоянная-постоянная-трапецеидальная-трапецеидальная-постоянная-синусоидальная-постоянная) и модуляцией частоты 1-150 Гц. Интенсивность стимула подбиралась индивидуально, до достижения порога моторного ответа ($20 (\pm 5) \%$). Общая продолжительность процедуры составила 10 минут, количество сеансов – 5.

Для исследования динамики функционального состояния нервно-мышечного аппарата применяли стимуляционную электромиографию (ЭНМГ) с помощью 4-х канального аппаратно-программного комплекса Нейро-МВП («Нейрософт», г. Иваново). Исследовали регистрацию моторных ответов (М-ответов) с короткого разгибателя пальцев стопы (m. Extensor digitorum brevis), иннервируемого п. Peroneus, и мышцы, отводящей большой палец стопы (m. Abductor hallucis), иннервируемой п. Tibialis. Исследование гемодинамики сосудов нижних конечностей проводили на реографе (реограф Валента, ООО «Компания Нео», г. Санкт-Петербург) по методике РВГ (реовазография).

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью программы

Statistica 13.0. Данные представлены в виде медианы, 1 и 3 квартилей. Анализ динамики показателей до, после 1 сеанса и после курса магнитной стимуляции проводилось с помощью критерия Вилкоксона.

Результаты исследования и их обсуждение. Применение сеанса и курса периферической магнитной стимуляции у спортсменок различных спортивных специализаций выявило следующие особенности. У женщин-единоборцев уже после 1-го сеанса в точке стимуляции «предплюсна» (при стимуляции малоберцового нерва) уменьшилась терминальная латентность справа (до – 3,7 (3,6;4,2) мс, после – 3,4 (3,1;3,4) мс, $p < 0,05$) (рис. 1) и слева (до – 3,5 (3,3;4,2) мс, после – 3,3 (3,3;3,4) мс, $p < 0,05$) и резидуальная латентность справа (до – 2,41 (2,12;2,63) мс, после – 2,08 (1,88;2,27) мс, $p < 0,05$). Снизилась терминальная латентность (при стимуляции большеберцового нерва) в точках стимуляции «медиальная лодыжка» справа (до – 4,9 (4,6;5,4) мс, после – 4,5 (3,3;4,5) мс, $p < 0,04$) (рис. 2) и «подколенная ямка» справа (до – 13 (12,3;13,1) мс, после – 11,6 (11;11,6) мс, $p < 0,05$).

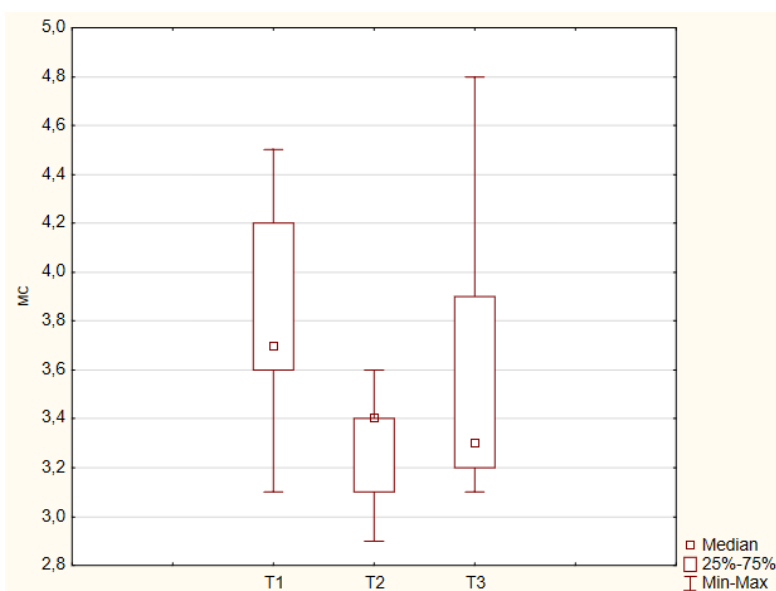


Рис. 1. Терминальная латентность в точке стимуляции «предплюсна» справа при стимуляции малоберцового нерва у женщин, занимающихся единоборствами, до (T1), после первого сеанса (T2) и после курса периферической ритмической магнитной стимуляции (T3)

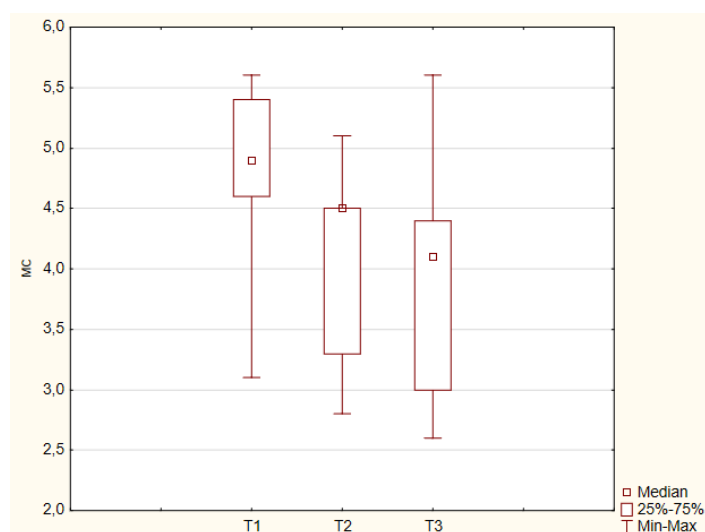


Рис. 2. Терминальная латентность в точке стимуляции «медиальная лодыжка» справа при стимуляции большеберцового нерва у женщин, занимающихся единоборствами, до (T1), после первого сеанса (T2) и после курса периферической ритмической магнитной стимуляции (T3)

После курса периферической ритмической магнитной стимуляции в точке стимуляции «подколенная ямка» при стимуляции малоберцового нерва снизилась скорость распространения возбуждения справа (до – 56 (55,3;57,1) м/с, после курса – 50 (49,5;53,5) м/с, $p<0,04$) и слева (до – 57,7 (56,8;60) м/с, после курса – 51,7 (49,5;56,2) м/с, $p<0,04$).

У спортсменок циклических видов спорта после 1-го сеанса периферической

ритмической магнитной стимуляции при стимуляции малоберцового нерва в точках стимуляции «предплюсна» справа (до – 23,65 (13,9;32,55) мВ×мс, после – 16,6 (9,6; 23,8) мВ×мс, $p<0,05$) (рис. 3), «головка малоберцовой кости» справа (до – 22,85 (14; 31,05) мВ×мс, после – 16,45 (8,8;25,15) мВ×мс, $p<0,05$) и «подколенная ямка» справа (до – 23,4 (14,8;36,95) мВ×мс, после – 19,25 (9,9;29,15) мВ×мс, $p<0,05$) снизилась площадь М-ответа.

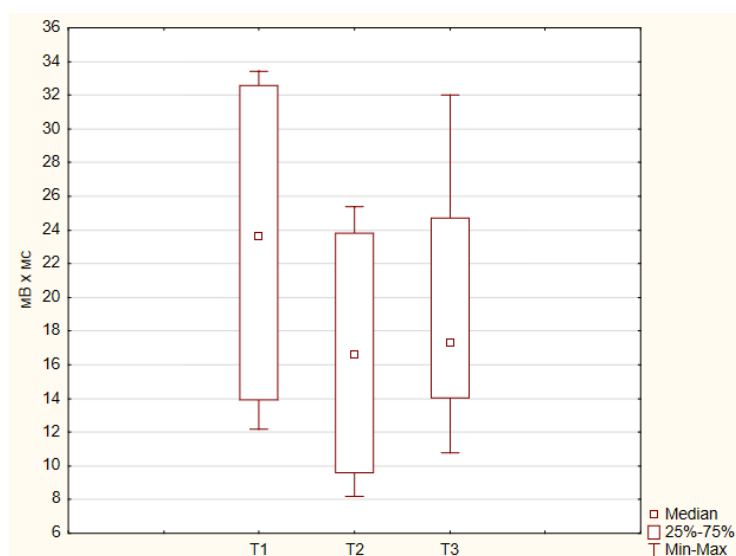


Рис. 3. Показатель площади М-ответа в точке стимуляции «предплюсна» справа при стимуляции малоберцового нерва у женщин, занимающихся циклическими видами спорта, до (T1), после первого сеанса (T2) и после курса периферической ритмической магнитной стимуляции (T3)

После курса периферической ритмической магнитной стимуляции при стимуляции малоберцового нерва в точке «головка малоберцовой кости» справа снизилась терминальная латентность (до – 10,7 (10,2; 11,8) мс, после – 10 (9,75; 10,55) мс, $p < 0,05$). В точке стимуляции «подколенная ямка» справа уменьшилась длительность М-ответа (до – 8,265 (6,89; 8,975) мс, после – 7,85 (6,6; 8,55) мс, $p < 0,05$). При стимуляции большеберцового нерва в точке «медиальная лодыжка» справа уменьшилась длительность М-ответа (до – 6,46 (5,725; 7,36) мс, после – 5,41 (4,9; 6,01) мс, $p < 0,05$).

Также после курса периферической ритмической магнитной стимуляции при стимуляции малоберцового нерва в точке «предплюсна» слева уменьшились показатели терминальной (до – 4 (3,5; 4,7) мс, после – 3,6 (3,25; 3,95) мс, $p < 0,05$) и резидуальной латентности (до – 2,345 (1,935; 2,645) мс, после – 2,345 (1,935; 2,645) мс, $p < 0,05$).

Анализ динамики показателей периферического кровообращения нижних конечностей у женщин, занимающихся единоборствами, до, после 1-го сеанса и после курса периферической ритмической магнитной стимуляции выявило в сегменте «левая стопа» повышение реографического индекса (до – 0,57 (0,55; 0,69) усл.ед., после 1-го сеанса – 0,92 (0,81; 1,09) усл.ед., после курса – 1,17 (0,69; 1,4) усл.ед., $p < 0,04$). В сегменте «правая стопа» после 1-го сеанса статистически значимо увеличились показатели времени максимального систолического наполнения сосудов (до – 0,122 (0,1; 0,126) с, после – 0,158 (0,141; 0,17) с, $p < 0,04$), модуль упругости (показатель тонуса сосудов) (до – 10 (10; 13) %, после – 15 (12; 23) %, $p < 0,04$). В сегменте «левая голень» после 1-го сеанса ритмической магнитной стимуляции снизились показатели времени распространения реографических волн (до – 0,24 (0,24; 0,27) с., после – 0,26 (0,25; 0,28) с, $p < 0,04$) и время медленного наполнения сосудов (до – 0,092 (0,079; 0,095) с, после – 0,109 (0,104; 0,122) с,

$p < 0,04$). После курса в сегменте «левая голень» значительно увеличился венозный отток сосудов (до – 13 (12; 29) %, после – 25 (22; 47) %, $p < 0,05$).

У спортсменов циклических видов спорта выявлены только статистически значимые изменения в увеличении времени медленного наполнения сосудов в сегменте «правая стопа» после 1-го сеанса периферической ритмической магнитной стимуляции (до – 0,089 (0,074; 0,103) с, после – 0,117 (0,1; 0,155) с, $p < 0,05$).

Заключение. Следовательно, применение периферической ритмической магнитной стимуляции на область пояснично-крестцового отдела позвоночника у женщин, занимающихся единоборствами и циклическими видами спорта, вызывало однонаправленные изменения параметров нервно-мышечного аппарата нижних конечностей: снижались латентность и длительность М-ответа, но также снижалась и площадь М-ответа. Реовазография нижних конечностей в сегментах «голень», «стопа» выявило значительное усиление всех параметров гемодинамики. Большие эффекты изменений функционального состояния и гемодинамики нижних конечностей зарегистрированы у женщин, занимающихся единоборствами. Выявленная динамика показателей свидетельствует о том, что высокоинтенсивная периферическая ритмическая магнитная стимуляция пояснично-крестцовой области у спортсменов вызывает расслабление (снижение активности) нервно-мышечного аппарата нижних конечностей и улучшение в них гемодинамики, что способствует ускорению процессов срочного восстановления после интенсивных спортивных нагрузок. Апробированная методика применения высокоинтенсивной магнитной стимуляции может быть рекомендована для применения у спортсменов для восстановления после интенсивного тренировочного дня в подготовительный период спортивной подготовки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тер-Акопов, Г. Н. Медико-биологическое обеспечение спорта высших достижений: современное состояние и актуальные вопросы (статья первая) / Г. Н. Тер-Акопов // Курортная медицина. – 2023. – № 2. – С. 139-146.
2. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция в терапии резистентных депрессий при шизофрении / А. Н. Помяткин, И. С. Лебедева, Д. В. Тихонов, В. Г. Каледа // Журнал неврологии и психиатрии им. СС Корсакова. – 2021. – Т. 121. – № 5-2. – С. 99-105.
3. Новикова, Е. С. Радиотерапия малыми дозами хронического болевого синдрома при специфических и неспецифических заболеваниях опорно-двигательного аппарата / Е. С. Новикова, И. Д. Розанов // Медицинский алфавит. – 2019. – Т. 1. – № 2. – С. 58-58.
4. Экстракорпоральная магнитная стимуляция нервно-мышечного аппарата тазового дна в урологической практике / Пушкар Д. Ю., Куликов А.Г., Касян Г.Р. [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2019. – Т. 18. – № 4. – С. 264-276.
5. Возможности применения метода транскраниальной магнитной стимуляции в лечении хронических болевых синдромов / Пospelova М. Л., Касумова А. А., Фионик О. В. [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – С. 195-195.
6. Куташов, В. А. Применение транскраниальной магнитной стимуляции при комплексном лечении пациентов с ишемическим инсультом в позднем восстановительном периоде с лечебно-реабилитационных позиций / В. А. Куташов, О. В. Ульянова // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – Т. 24. – № 3. – С. 73-80.
7. Эффекты применения периферической магнитной стимуляции мышц торса спортсменов в период интенсивных тренировочных нагрузок / Корягина Ю. В., Абуталимова С. М., Кушнарева Ю. В. [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3 (29). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_28.
8. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция в терапии нейропатической боли, сопровождающейся коморбидной депрессией: обзор эффективных параметров лечебных протоколов / Астафьева Д. С., Власов Я. В., Стрельник А. И. [и др.] // Нервно-мышечные болезни. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 20-30.
9. Безопасность и переносимость различных протоколов высокочастотной ритмической транскраниальной магнитной стимуляции / Бакулин И. С., Пойдашева А. Г., Лагода Д. Ю. [и др.] // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2019. – № 1. – С. 26-37.

REFERENCES

1. Ter-Akopov G.N. Medical and biological support of the highest achievement sports: status and topical issues (article one). *Resort medicine*, 2023, no. 2, pp. 139-146. (in Russ.)
2. Pomytkin A.N., Lebedeva I.S., Tikhonov D.V., Kaleda V.G. Rhythmic transcranial magnetic stimulation in the treatment of resistant depression in schizophrenia. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2021, vol. 121, no. 5-2, pp. 99-105. (in Russ.)
3. Novikova E.S., Rozanov I.D. Low-dose radiotherapy for chronic pain syndrome in specific and nonspecific musculoskeletal system diseases. *Medical alphabet*, 2019, vol. 1, no. 2, pp. 58-58. (in Russ.)
4. Pushkar' D.Yu., Kulikov A.G., Kasyan G.R., Kupriyanov Yu.A., Romikh V.V., Zakharchenko A.V., Voronina D.D., Yarustovskaya O.V., Zajtseva T.N. Extracorporeal magnetic stimulation of the pelvic floor neuromuscular system in urological practice. *Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation*, 2019, vol. 18, no. 4, pp. 264-276. (in Russ.)
5. Kasumova A.A., Krasnikova V.V., Pospelova M.L., Fionik O.V., Alekseeva T.M., Samochernykh K.A. Possibilities of using the transcranial magnetic stimulation method in the treatment of chronic pain syndromes. *Modern problems of science and education*, 2021, no. 2, pp. 195-195. (in Russ.)
6. Kutashov V.A., Ulyanova O.V. Application of transcranial magnetic stimulation within complex treatment of patients with ischemic stroke in the late recovery period from medical rehabilitation positions. *Herald of physiotherapy and health resort therapy*, 2018, vol. 24, no. 3, pp. 73-80. (in Russ.)
7. Koryagina Yu.V., Abutalimova S.M., Kushnareva Yu.V., Nopin S.V., Mitin I.N. Peripheral magnetic stimulation of the torso muscles of athletes during intensive training activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_28. (in Russ.)
8. Astafyeva D.S., Vlasov Ya.V., Strelnik A.I., Chigareva O.V., Markina E.A., Shishkovskaya T.I., Smirnova D.A., Gayduk A.Ya. Repetitive transcranial magnetic stimulation use in neuropathic pain with comorbid depression: a review of efficient

treatment protocols' parameters. *Neuromuscular Diseases*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 20-30. (in Russ.)
9. Bakulin I.S., Pojdasheva A.G., Lagoda D.Yu., Evdokimov K.M., Sabirova A.Kh., Suponeva N.A.,

Piradov M.A. Safety and tolerability of different protocols of high-frequency rhythmic transcranial magnetic stimulation. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*, 2019, no. 1, pp. 26-37. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Сергей Викторович Нопин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.

Юлия Валериевна Кушнарева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий, ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: u.v.kushnareva@skfmba.ru.

Сабина Маликовна Абуталимова – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий, ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: sabina190989@yandex.ru.

Игорь Николаевич Митин – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, Москва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yulia V. Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Sergej V. Nopin – Candidate of Technical Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.

Yulia V. Kushnareva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: u.v.kushnareva@skfmba.ru.

Sabina M. Abutalimova – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Center of Biomedical Technologies, FSBI “North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, e-mail: sabina190989@yandex.ru.

Igor' N. Mitin – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, FSBI “Federal Research-Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical and Biological Agency”, Moscow.

Для цитирования: Функциональное состояние нижних конечностей при применении периферической магнитной стимуляции пояснично-крестцовой области у спортсменов различных специализаций / Корягина Ю. В., Нопин С. В., Кушнарева Ю. В. [и др.] // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2024. – Т. 3. – № 3(11). DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_03_6

For citation: Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Kushnareva Yu.V., Abutalimova S.M., Mitin I.N. Functional status of the lower limbs after peripheral magnetic stimulation of the lumbar and sacral spine of athletes of different sports. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2024, vol. 3, no. 3(11). DOI: 10.24412/2782-6570-2024_03_03_6