



Магнитная стимуляция в лечении и реабилитации больных с заболеваниями нервной системы и позвоночника

А. Е. Гореликов, Е. А. Мельникова, И. М. Рудь

Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы

Цель обзора: обобщение современных представлений об эффективности высокоинтенсивной магнитной стимуляции в лечении и реабилитации больных с заболеваниями нервной системы и позвоночника.

Основные положения. В статье приведены сведения о применении высокоинтенсивной магнитной стимуляции в терапии широкого спектра неврологических заболеваний. Показано, что практическая значимость данного метода особенно высока в оценке реабилитационного потенциала у больных, перенесших спинальный либо полушарный патологический процесс. Наиболее исследованной областью является применение магнитной стимуляции при инсультах; мало сведений о ее эффективности при лечении и реабилитации больных с заболеваниями позвоночника и периферической нервной системы.

Заключение. Отсутствие строгих протоколов применения магнитной стимуляции в лечении и реабилитации больных с заболеваниями позвоночника и периферической нервной системы затрудняет ее практическое использование. Необходимо продолжать исследования с целью подтверждения эффективности лечебного воздействия магнитной стимуляции на нервную систему.

Ключевые слова: магнитная стимуляция, нейрореабилитация, хроническая боль, инсульт.



Magnetic Stimulation in the Treatment and Rehabilitation of Patients with Nervous System and Spinal Disorders

A. E. Gorelikov, E. A. Melnikova, I. M. Rud

Moscow Applied Research Center for Medical Rehabilitation and Restorative and Sports Medicine, Moscow City Department of Health

Objective of the Review: To summarize the current understanding of the effectiveness of high-intensity magnetic stimulation in the treatment and rehabilitation of patients with nervous system and spinal disorders.

Key Points: This article provides information about using high-intensity magnetic stimulation in the treatment of a wide variety of neurological disorders. It provides some evidence indicating that this method is particularly important for assessing rehabilitation potential in patients who have suffered cerebral hemispheric or spinal cord damage. The use of magnetic stimulation in post-stroke patients is the most extensively studied issue, while little is known about its effectiveness in the treatment and rehabilitation of patients with spinal and peripheral nervous system disorders.

Conclusion: The lack of rigorous protocols for the use of magnetic stimulation in the treatment and rehabilitation of patients with spinal and peripheral nervous system disorders makes it difficult to adopt this method in practice. Studies should be continued in order to confirm the therapeutic effect of magnetic stimulation on the nervous system.

Keywords: magnetic stimulation, neurorehabilitation, chronic pain, stroke.

По данным Национального центра статистики здоровья населения США [1], чаще всего люди в возрасте до 45 лет ограничивают свою активность из-за постоянных болей в спине и шее, а распространенность хронической боли в спине у взрослого населения достигает 26–32%. Патология позвоночника занимает 5-е место среди причин госпитализации и 3-е место в числе показаний к хирургическому лечению [1]. В России в структуре заболеваемости с утратой трудоспособности у взрослого населения более 50% составляют заболевания периферической нервной системы, на долю которых в амбулаторно-поликлинической практике приходится 76,0% всех случаев и 71,9% дней нетрудоспособности, а в неврологических стационарах — 55,5% и 48,1% соответственно [2]. Высок процент инвалидизации: в 80% случаев ограничение трудоспособности обусловлено вторичным поражением периферической нервной системы на фоне заболеваний позвоночника [2]. Кроме того, боли в спине и шее ограничивают жизнедеятельность, снижают качество жизни, изменяют

психику и поведение людей. Более чем у половины больных, страдающих остеохондрозом позвоночника, имеются признаки хронического эмоционального напряжения [2].

Основными дезадаптирующими факторами при заболеваниях позвоночника и периферической нервной системы являются боль и симптомы выпадения (парезы стоп, гипестезии и пр.). Согласно статистическим данным, до половины всего взрослого населения когда-либо испытывало болевой синдром длительностью более 3 месяцев, из этих больных от 10% до 20% страдали от клинически значимой боли. Хроническая боль с элементами нейропатической встречается у 6–8% взрослого населения. Только у 30–40% больных фармакотерапия позволяет достичь достаточного обезболивающего эффекта (снижения выраженности болевого синдрома не менее чем на 50%) [3, 4].

В настоящее время для лечения и реабилитации больных с заболеваниями позвоночника и периферической нервной системы применяется комплексный подход, направленный

Гореликов Андрей Евгеньевич — врач — ортопед-травматолог филиала № 3 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ. 111674, г. Москва, ул. 2-я Вольская, д. 19. E-mail: winstone@bk.ru

Мельникова Екатерина Александровна — д. м. н., руководитель отдела медицинской реабилитации больных с заболеваниями центральной и периферической нервной системы филиала № 3 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ. 111674, г. Москва, ул. 2-я Вольская, д. 19. E-mail: melkaterina3@yandex.ru

Рудь Инесса Михайловна — заведующая филиалом № 3, врач-терапевт ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ. 111674, г. Москва, ул. 2-я Вольская, д. 19. E-mail: rudinessa@mail.ru

на нормализацию мышечного тонуса (низкоинтенсивная магнитотерапия, теплотечение, электростимуляция мышц, массаж), уменьшение степени пареза стопы (фиксация с помощью бандажей, кинезиотейпирование, электростимуляция мышц), ликвидацию воспаления в области позвоночника (лечебные медикаментозные блокады, электрофорез анальгетических препаратов).

Наиболее распространенным физиотерапевтическим методом лечения заболеваний периферической нервной системы является электростимуляция различных групп мышц в зависимости от уровня поражения корешков спинного мозга. Электрическая энергия используется для возбуждения сокращений мышц как в результате непосредственного воздействия на мышцы, так и через стимуляцию нервных волокон или скоплений нервных клеток. Однако применение данного метода имеет определенные ограничения, обусловленные прежде всего непосредственным контактом токопроводящих электродов прибора с кожными покровами больного, который может вызывать болезненные ощущения.

Несмотря на комплексный подход, купирование болевого синдрома и уменьшение симптомов выпадения часто оказываются нестойкими и недостаточно эффективными.

Одним из современных и перспективных физиотерапевтических методов является высокоинтенсивная магнитная стимуляция. Магнитное поле не обладает тепловым эффектом, легче переносится больными и имеет меньше противопоказаний, чем электромагнитное воздействие. Действие магнитного поля на нервную систему характеризуется позитивными изменениями физиологических и биологических процессов [5]. Периферическая нервная система реагирует на терапию магнитным полем снижением чувствительности рецепторов, что обуславливает обезболивающий эффект и улучшает функцию проводимости, способствует восстановлению травмированных периферических нервных окончаний за счет улучшения роста аксонов, миелинизации аксонов и торможения развития в них соединительной ткани [6, 7].

К настоящему времени применение ритмической транскраниальной магнитной стимуляции (рТМС) для лечения больных с заболеваниями позвоночника и периферической нервной системы изучено недостаточно. Наибольшее количество исследований посвящено оценке влияния рТМС на восстановление больных, перенесших церебральный инсульт.

Так, S. C. Barros Galvão и соавт. в 2014 г. провели рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое исследование по изучению эффективности низкочастотной стимуляции зоны коры М1 (1 Гц) непораженного полушария при купировании постинсультной спастичности. На фоне 10 сессий стимуляции и курса ЛФК у 90% больных сразу по окончании лечения и у 55,5% во время последующего 4-недельного периода наблюдения отмечалось снижение показателей спастичности по модифицированной шкале Ашфорт на 1 балл и более [6].

Что касается влияния рТМС на восстановление моторной функции при постинсультном парезе, то в базе данных PubMed насчитывается более 180 публикаций, в том числе 19 плацебо-контролируемых исследований и 3 метаанализа [5, 7, 8], метаанализы включали около 1200 больных. Основные режимы, применявшиеся в этих работах: низкочастотная стимуляция непораженного полушария и высокочастотная — пораженного.

Одно из первых научных исследований, показавших терапевтическую эффективность низкочастотной рТМС при вос-

становлении моторной функции у больных после инсульта, было проведено в 2014 г. [9]. Позднее появилось большое число исследований, доказывавших значимость низкочастотной рТМС при лечении парезов. В некоторых работах продемонстрирована эффективность высокочастотной стимуляции пораженного полушария при восстановлении моторных функций в острой и подострой стадиях инсульта [10–14]. Показано, что при наличии очага ишемии в подкорковых образованиях рТМС производит лучший эффект, чем при корковой локализации [15, 16].

В одном из исследований представлены хорошие результаты двусторонней стимуляции (на непораженное полушарие — 1 Гц; на пораженное — 10 Гц) у больных с хронической стадией нарушения мозгового кровообращения (НМК): выявлены достоверные изменения — улучшение моторной функции верхней конечности и снижение спастичности [17]. Стоит отметить, что низкочастотная стимуляция статистически значимо улучшает моторные функции по шкале Фугл-Мейера, а стимуляция обоих полушарий приводит к повышению повседневной жизненной активности по индексу Бартел [18–21].

Многие из представленных исследований были включены в три вышеназванных метаанализа, проведенных для уточнения характера эффекта рТМС у больных после НМК.

В метаанализе, опубликованном в журнале *Stroke* (2012) и включавшем 18 публикаций (общее число больных — 392 человека) [22], показана достоверная эффективность рТМС в восстановлении двигательных функций верхних конечностей у больных, перенесших инсульт. При этом низкочастотная стимуляция здорового полушария оказалась эффективнее высокочастотной. Наилучшие результаты применения рТМС достигнуты у больных с подкорковой локализацией очага.

Метаанализ 19 исследований с общим числом больных 588 человек, опубликованный в базе данных *Cochrane* в 2013 г. [16], свидетельствует о том, что ни низкочастотная, ни высокочастотная стимуляция не оказывает достоверного влияния на восстановление двигательных функций после инсульта. Отсутствие эффекта определено по индексу повседневной активности Бартел и показателям шкалы оценки движения в руке (англ. *Action Research Arm Test*).

В последнем по данной тематике метаанализе 2014 г., включавшем 8 исследований (общее число больных — 273 человека), показано, что как высокочастотная, так и низкочастотная рТМС статистически значимо улучшает функцию руки и движения пальцев у больных после НМК. Однако при этом не происходит достоверных изменений нейрофизиологических показателей (амплитуды вызванного моторного ответа и величины активного моторного порога) [23]. Совокупность приведенных публикаций и обзоров позволила группе европейских экспертов присвоить применению низкочастотной рТМС зоны М1 непораженного полушария у больных с гемипарезом для уменьшения спастичности верхней конечности в хронической фазе инсульта (после 6 месяцев) класс доказательности В и высокочастотной рТМС зоны М1 пораженного полушария для улучшения моторной функции руки у больных в острой и подострой стадиях инсульта — класс доказательности С [23].

Как показано выше, поиск эффективных методов лечения хронических болевых синдромов является актуальной проблемой современной медицины. Многообещающие результаты получены при использовании рТМС у лиц с хроническими нейропатическими болевыми синдромами,

фибромиалгией и комплексным регионарным болевым синдромом (КРБС), местом воздействия обычно являлась первичная соматомоторная кора. Предполагается, что подавление болевых ощущений происходит в результате уменьшения патологического интракортикального торможения в контралатеральной гемисфере, активизации структур лимбической системы и ядер таламуса с последующей модуляцией нисходящих импульсов. Предварительные данные свидетельствуют в пользу эффективности рТМС и при хронических висцеральных болевых синдромах [20]. Требуют уточнения оптимальные параметры стимуляции и факторы, определяющие эффективность рТМС.

С 2001 г. проведено 20 исследований (общее число больных — 501 человек), в которых оценивалась эффективность высокочастотной рТМС в терапии хронических болевых синдромов различного генеза. Показана эффективность высокочастотной рТМС в сравнении с имитацией стимуляции (англ. sham stimulation). При этом в некоторых работах был проведен только один сеанс рТМС и обезболивающее действие оценивалось непосредственно после стимуляции [23–29]. Однако более важной является возможность достижения долговременных эффектов рТМС, возникающих после проведения нескольких сеансов. В исследованиях продемонстрирован долговременный обезболивающий эффект при хронических нейропатических болях различной этиологии [11, 14, 22].

Опубликовано несколько системных обзоров и метаанализов исследований эффективности рТМС в лечении хронического болевого синдрома [27, 30–33]. В них отмечается отсутствие эффекта низкочастотной рТМС и эффективность высокочастотной рТМС (уменьшение боли на $\frac{1}{3}$ у 46–62% больных и более чем в 1,5 раза — у 29% больных), возможность получения умеренного долговременного эффекта при использовании протоколов с несколькими сеансами рТМС [27]. В метаанализе [18], в который вошли данные пяти исследований (общее число больных — 149 человек), изучали результаты высокочастотной рТМС при невралгии тройничного нерва, центральном постинсультном болевом синдроме, травме спинного мозга, повреждении нервного корешка или периферических нервов. Эффективность терапии оценивали по снижению интенсивности болевого синдрома согласно визуальной аналоговой шкале. Как при оценке в целом, так и при разделении на группы в зависимости от этиологии болевого синдрома у больных, получавших рТМС, было отмечено достоверное снижение интенсивности боли по сравнению с таковой при имитации стимуляции. При этом наиболее значительный анальгетический эффект достигался у больных с невралгией тройничного нерва (28,8%), далее следовали пациенты с центральным постинсультным болевым синдромом (16,7%), травмой спинного мозга (14,7%), повреждением нервного корешка (10,0%) и периферического нерва (1,5%) [18].

Таким образом, согласно приведенным публикациям и мнению европейского совета экспертов, высокочастотная рТМС первичной моторной коры (M1) контралатерального боли полушария может быть рекомендована как эффективный метод терапии (*уровень доказательности* — А) [20].

КРБС включает в себя чувствительные, двигательные и вегетативно-трофические расстройства, которые ранее описывали под названиями «рефлекторная симпатическая дистрофия» и «каузалгия». КРБС 1-го типа обычно развивается после микротравмы или воздействия в форме длитель-

ной иммобилизации (наложение лонгеты, гипса, ушиб, травма мягких тканей конечности и др.). Болевой синдром при КРБС по своей природе является нейропатической болью. В этой связи при данном состоянии рТМС может рассматриваться как потенциально эффективный метод терапии. Проведены два рандомизированных плацебо-контролируемых исследования эффективности рТМС первичной моторной коры в лечении КРБС 1-го типа с участием 32 больных. В обоих исследованиях показано достоверное уменьшение болевого синдрома непосредственно после сеанса рТМС, однако длительность долговременного эффекта имела большую вариабельность. Учитывая результаты этих исследований, высокочастотная рТМС M1 может быть рекомендована как терапия КРБС 1-го типа (*уровень доказательности* — С) [4].

Что касается поражения спинного мозга, то в случае его обусловленности рассеянным склерозом применение высокочастотной рТМС на грудном уровне приводит к снижению спастичности нижних конечностей [34].

Описаны результаты проведения рТМС (1 Гц, 200 стимулов по 2 сессии в сутки в течение 7 дней над первичной моторной корой, а также на 2 сегмента выше уровня спинального поражения и на уровне поясничного утолщения спинного мозга) у 9 взрослых больных со спинальной травмой на грудном уровне, у которых отсутствовало клиническое улучшение после 1 года стандартных реабилитационных воздействий. Курсы проходили 1 раз в месяц в течение 1 года. В результате проведенного лечения у всех больных отмечено восстановление активных движений в нижних конечностях. Ряд авторов сообщают о роли рТМС в уменьшении спастичности и улучшении движений при спинальной травме с неполной плегией ниже места поражения [14, 35]. Важно также, что рТМС оказывает противоболевое действие при спинальных поражениях, хотя эффективность метода в данном отношении обсуждается и, по данным недавнего метаанализа, отмечается большая вариабельность результатов [9]. При обсуждении эффективности протоколов рТМС при спинальном поражении предпочтение отдается низкочастотной стимуляции, указывается на чрезмерное возбуждение глубоких структур мозга при высокочастотной рТМС и на недоказанность ее большей эффективности по сравнению с низкочастотной. Небольшое количество опубликованных работ и различия применявшихся в них протоколов обуславливают необходимость продолжения клинического применения рТМС при спинальном поражении у взрослых и детей с разработкой оптимального режима лечения [35].

Работ, в которых оценивалась бы эффективность рТМС при различных формах нейроинфекций, практически не обнаружено. Имеются сообщения об уменьшении моторного дефицита и речевых расстройств при применении высокочастотной рТМС (8–13 Гц) в педиатрической практике у пациентов с последствиями энцефалита, обусловленного вирусом Эпштейна — Барр [36]. При рассеянном склерозе, по данным метаанализа, оценивали эффективность воздействия рТМС на спастичность, недостаточность сфинктеров, мозжечковые нарушения, моторный дефицит [37]. Применяли рТМС частотой 5 Гц. Отмечены повышение точности движений, улучшение уродинамических показателей, снижение спастичности с сохранением эффекта в течение 7 суток после одного сеанса терапии [38]. Действие на спастичность, продолжительность повседневной активности и общее качество жизни у больных с демиелинизирующим заболеванием, параллельно проходивших курсы

ЛФК и рТМС, было более выраженным, чем у тех, кто получал только рТМС. Таким образом, опубликованы лишь отдельные работы по применению рТМС при нейроинфекциях и рассеянном склерозе; внедрение данного метода в протоколы нейрореабилитации при указанных нозологиях перспективно и обоснованно [39].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ


Результаты представленных работ позволяют сделать вывод о том, что высокоинтенсивная магнитная стимуляция может быть достаточно эффективным методом лечения и реабилитации больных с заболеваниями нервной системы и позвоночника. Магнитная стимуляция обладает бесспорным преимуществом перед методом электрической стимуляции бла-

годаря большей избирательности воздействия на невральные структуры, безболезненности и возможности реализации эффектов через глубинные отделы. Кроме того, современное оборудование для магнитной стимуляции не требует использования дорогостоящих расходных материалов, что делает метод экономически эффективным.

К сожалению, в настоящее время нет показаний и четких протоколов применения магнитной стимуляции в лечении и реабилитации больных с заболеваниями нервной системы и позвоночника, что затрудняет ее практическое использование. Необходимо продолжение научных исследований с целью подтверждения эффективности лечебного воздействия магнитной стимуляции на нервную систему и разработки протоколов ее практического использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиткина Л. С., Смычек В. Б., Рябцева Т. Д. Клинико-реабилитационные группы как основа дифференцированного подхода к оценке эффективности реабилитации. *Вопр. организации и информатизации здравоохранения*. 1999; 1: 25–30. [Gitkina L.S., Smychek V.B., Ryabceva T.D. *Kliniko-reabilitacionnyye gruppy kak osnova differencirovannogo podhoda k ocenke ehffektivnosti reabilitacii. Vopr. organizacii i informatizacii zdavoohraneniya*. 1999; 1: 25–30. (in Russian)]
2. Подчуфарова Е. В., Яхно Н. Н., Алексеев В. В., Аведисова А. С., Чахава К. О., Ершова Е. М. и др. Хронические болевые синдромы пояснично-крестцовой локализации: значение структурных скелетно-мышечных расстройств и психологических факторов. *Боль*. 2003; 1: 38–43. [Podchufarova E.V., Yahno N.N., Alekseev V.V., Avedisova A.S., Chahava K.O., Ershova E.M. i dr. *Hronicheskie bolevye sindromy poyasnichno-krestcovej lokalizacii: znachenie strukturnykh skelletno-myshechnykh rasstrojstv i psihologicheskikh faktorov. Bol*. 2003; 1: 38–43. (in Russian)]
3. Bouhassira D., Lantéri-Minet M., Attal N., Laurent B., Touboul C. Prevalence of chronic pain with neuropathic characteristics in the general population. *Pain*. 2008; 136(3): 380–7.
4. Torrance N., Smith B.H., Bennett M.I., Lee A.J. The epidemiology of chronic pain of predominantly neuropathic origin. Results from a general population survey. *J. Pain*. 2006; 7(4): 281–9.
5. Jetté F., Côté I., Meziane H.B., Mercier C. Effect of single-session repetitive transcranial magnetic stimulation applied over the hand versus leg motor area on pain after spinal cord injury. *Neurorehabil. Neural. Repair*. 2013; 27(7): 636–43.
6. Barros Galvão S.C., Borba Costa dos Santos R., Borba dos Santos P., Cabral M.E., Monte-Silva K. Efficacy of coupling repetitive transcranial magnetic stimulation and physical therapy to reduce upper-limb spasticity in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 2014; 95(2): 222–9.
7. Mansur C.G., Fregni F., Boggio P.S., Riberto M., Gallucci-Neto J., Santos C.M. et al. A sham stimulation-controlled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neurology*. 2005; 64(10): 1802–4.
8. Hosomi K., Shimokawa T., Ikoma K., Nakamura Y., Sugiyama K., Ugawa Y. et al. Daily repetitive transcranial magnetic stimulation of primary motor cortex for neuropathic pain: a randomized, multicenter, double-blind, crossover, sham-controlled trial. *Pain*. 2013; 154(7): 1065–72.
9. Moreno-Duarte I., Morse L.R., Alam M., Bikson M., Zafonte R., Fregni F. Targeted therapies using electrical and magnetic neural stimulation for the treatment of chronic pain in spinal cord injury. *Neuroimage*. 2014; 85(Pt. 3): 1003–13.
10. Khedr E.M., Ahmed M.A., Fathy N., Rothwell J.C. Therapeutic trial of repetitive transcranial magnetic stimulation after acute ischemic stroke. *Neurology*. 2005; 65(3): 466–8.
11. Khedr E.M., Ahmed M.A., Shawky O.A., Mohamed E.S., El Attar G.S., Mohammad K.A. Epidemiological study of chronic tinnitus in Assiut, Egypt. *Neuroepidemiology*. 2010; 35(1): 45–52.
12. Khedr E.M., Etraby A.E., Hemeda M., Nasef A.M., Razek A.A. Long-term effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function recovery after acute ischemic stroke. *Acta Neurol. Scand*. 2010; 121(1): 30–7.
13. Khedr E.M., Kotb H., Kamel N.F., Ahmed M.A., Sadek R., Rothwell J.C. Longlasting antalgic effects of daily sessions of repetitive transcranial magnetic stimulation in central and peripheral neuropathic pain. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 2005; 76(6): 833–8.
14. Kumru H., Murillo N., Samsó J.V., Valls-Sole J., Edwards D., Pelayo R. et al. Reduction of spasticity with repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with spinal cord injury. *Neurorehabil. Neural. Repair*. 2010; 24(5): 435–41.
15. Ameli M., Grefkes C., Kemper F., Riegg F.P., Rehme A.K., Karbe H. et al. Differential effects of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over ipsilesional primary motor cortex in cortical and subcortical middle cerebral artery stroke. *Ann. Neurol*. 2009; 66(3): 298–309.
16. Hao Z., Wang D., Zeng Y., Liu M. Repetitive transcranial magnetic stimulation for improving function after stroke. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2013; 5: CD008862.
17. Yamada N., Kakuda W., Kondo T., Shimizu M., Mitani S., Abo M. Bihemispheric repetitive transcranial magnetic stimulation combined with intensive occupational therapy for upper limb hemiparesis after stroke: a preliminary study. *Int. J. Rehabil. Res*. 2013; 36(4): 323–9.
18. Chervyakov A., Piradov M., Chernikova L., Nazarova M.A., Gneditsky V.V., Savitskaya N.G. et al. Capability of navigated repeated transcranial magnetic stimulation in stroke rehabilitation (Randomized blind sham-controlled study). *J. Neurol. Sciences*. 2013; 333(1): 246–7.
19. Conforto A.B., Amaro E.Jr., Gonçalves A.L., Mercante J.P., Guendler V.Z., Ferreira J.R. et al. Randomized, proof-of-principle clinical trial of active transcranial magnetic stimulation in chronic migraine. *Cephalalgia*. 2014; 34(6): 464–72.
20. Fregni F., Simon D.K., Wu A., Pascual-Leone A. Non-invasive brain stimulation for Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of the literature. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 2005; 76(12): 1614–23.
21. Picarelli H., Teixeira M.J., de Andrade D.C., Myczkowski M.L., Luvisotto T.B., Yeng L.T. et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation is efficacious as an add-on to pharmacological therapy in complex regional pain syndrome (CRPS) type I. *J. Pain*. 2010; 11(11): 1203–10.
22. Hsu W.Y., Cheng C.H., Liao K.K., Lee I.H., Lin Y.Y. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor functions in patients with stroke: a meta-analysis. *Stroke*. 2012; 43(7): 1849–57.
23. Lefaucheur J.P., André-Obadia N., Antal A., Ayache S.S., Baeken C., Benninger D.H. et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clin. Neurophysiol*. 2014; 125(11): 2150–206.
24. André-Obadia N., Magnin M., Garcia-Larrea L. On the importance of placebo timing in rTMS studies for pain relief. *Pain*. 2011; 152(6): 1233–7.
25. André-Obadia N., Mertens P., Lelekov-Boissard T., Afif A., Magnin M., Garcia-Larrea L. Is Life better after motor cortex stimulation for pain

- control? Results at long-term and their prediction by preoperative rTMS. *Pain Physician*. 2014; 17(1): 53–62.
26. Khedr E.M., Abdel-Fadeil M.R., Farhali A., Qaid M. Role of 1 and 3 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation on motor function recovery after acute ischaemic stroke. *Eur. J. Neurol*. 2009; 16(12): 1323–30.
 27. Lefaucheur J.P., Drouot X., Keravel Y., Nguyen J.P. Pain relief induced by repetitive transcranial magnetic stimulation of precentral cortex. *Neuroreport*. 2001; 12(13): 2963–5.
 28. Lefaucheur J.P., Drouot X., Menard-Lefaucheur I., Zerah F., Bendib B., Cesaro P. et al. Neurogenic pain relief by repetitive transcranial magnetic cortical stimulation depends on the origin and the site of pain. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 2004; 75(4): 612–6.
 29. Lefaucheur J.P., Ménard-Lefaucheur I., Goujon C., Keravel Y., Nguyen J.P. Predictive value of rTMS in the identification of responders to epidural motor cortex stimulation therapy for pain. *J. Pain*. 2011; 12(10): 1102–11.
 30. Lefaucheur J.P., Antal A., Ahdab R., Ciampi de Andrade D., Fregni F., Khedr E.M. et al. The use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS) to relieve pain. *Brain Stimul*. 2008; 1(4): 337–44.
 31. Leo R.J., Latif T. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in experimentally induced and chronic neuropathic pain: a review. *J. Pain*. 2007; 8(6): 453–9.
 32. Leung A., Donohue M., Xu R., Lee R., Lefaucheur J.P., Khedr E.M. et al. rTMS for suppressing neuropathic pain: a meta-analysis. *J. Pain*. 2009; 10(12): 1205–16.
 33. O'Connell N.E., Wand B.M., Marston L., Spencer S., Desouza L.H. Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain. *Cochrane Database Syst. Rev*. 2010; 9: CD008208.
 34. Nielsen J.F., Sinkjaer T., Jakobsen J. Treatment of spasticity with repetitive magnetic stimulation; a double-blind placebo-controlled study. *Mult. Scler*. 1996; 2(5): 227–32.
 35. Nardone R., Höller Y., Brigo F., Orioli A., Tezzon F., Schwenker K. et al. Descending motor pathways and cortical physiology after spinal cord injury assessed by transcranial magnetic stimulation: a systematic review. *Brain Res*. 2015; 1619: 139–54.
 36. Anninos P., Kotini A., Tamiolakis D., Tsagas N. Transcranial magnetic stimulation. A case report and review of the literature. *Acta Neurol. Belg*. 2006; 106(1): 26–30.
 37. Palm U., Ayache S.S., Padberg F., Lefaucheur J.P. Non-invasive brain stimulation therapy in multiple sclerosis: a review of tDCS, rTMS and ECT results. *Brain Stimul*. 2014; 7(6): 849–54.
 38. Centonze D., Petta F., Versace V., Rossi S., Torelli F., Prosperetti C., Rossi S. et al. Effects of motor cortex rTMS on lower urinary tract dysfunction in multiple sclerosis. *Mult. Scler*. 2007; 13(2): 269–71.
 39. Mori F., Ljoka C., Magni E. Transcranial magnetic stimulation primes the effects of exercise therapy in multiple sclerosis. *J. Neurol*. 2011; 258: 1281–7. 

Библиографическая ссылка:

Гореликов А. Е., Мельникова Е. А., Рудь И. М. Магнитная стимуляция в лечении и реабилитации больных с заболеваниями нервной системы и позвоночника // Доктор.Ру. 2017. № 11 (140). С. 46–50.

Citation format for this article:

Gorelikov A. E., Melnikova E. A., Rud I. M. Magnetic Stimulation in the Treatment and Rehabilitation of Patients with Nervous System and Spinal Disorders. *Doctor.Ru*. 2017; 11(140): 46–50.