

Оригинальная статья / Original article

УДК: 615.8

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-1-70-78>

Опыт применения ритмической периферической магнитной стимуляции в лечении парезов различной этиологии на уровне стопы и объективность оценки динамики моторных нарушений. Обзор литературы

Кузюбердин А.В., Карпов С.М., Шатохин А.А., Вышлова И.А., Раевская А.И.

Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Россия

Резюме

Целью работы является изучение современного состояния вопроса использования ритмической периферической магнитной стимуляции (рПМС) в реабилитации пациентов с парезами нижних конечностей при нижнепоясничной радикулопатии. В статье представлены сведения о применении рПМС в реабилитации пациентов с моторными нарушениями при различных заболеваниях. Проанализирован мировой опыт эффективности и достоверности использования данной методики у пациентов при различных двигательных нарушениях. Уточнено, что данное направление в отечественной и зарубежной литературе представлено единичными работами, и недостаточно осязана реабилитация больных с парезами стопы после дискэктомии на нижнепоясничном уровне.

Заключение: в проведенном нами анализе литературы отмечается хороший клинический эффект использования низкочастотной стимуляции в лечении моторных нарушений, который оказался идентичным полученному рядом авторов, использовавших низкочастотную рТМС в аналогичных исследованиях. Вопрос использования метода рПМС при реабилитации пациентов с парезами нижних конечностей остается актуальным и перспективным.

Ключевые слова: поясничный остеохондроз, парез стопы, ритмическая периферическая магнитная стимуляция, рПМС, грыжа межпозвоночного диска, нижнепоясничная радикулопатия

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Кузюбердин А. В., Карпов С. М., Шатохин А. А., Вышлова И. А., Раевская А. И. Опыт применения ритмической периферической магнитной стимуляции в лечении парезов различной этиологии на уровне стопы и объективность оценки динамики моторных нарушений. Обзор литературы. *Вестник восстановительной медицины*. 2022; 21 (1):70-78. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-1-70-78>

Для корреспонденции: Кузюбердин Алексей Витальевич, e-mail: a_kuzuberdin@mail.ru

Статья получена: 14.01.2022

Поступила после рецензирования: 10.02.2022

Статья принята к печати: 16.02.2022

Experience of Rhythmic Peripheral Magnetic Stimulation Application in the Treatment of Pareses of Various Etiologies at the Foot Level and the Objectiveness of Assessing the Dynamics of Motor Disorders. Literature Review

Alexey V. Kuzuberdin, Sergey M. Karpov, Anton A. Shatokhin, Irina A. Vyshlova, Anastasia I. Raevskaya

Stavropol State Medical University, Stavropol, Russian Federation

Abstract

The aim of this work is to study the current issue state of using rhythmic peripheral magnetic stimulation (rPMS) in the rehabilitation of patients with paresis of the lower extremities with lower lumbar radiculopathy. The article presents information on the use of rPMS in the rehabilitation of patients with motor impairments in various diseases. The world experience of the effectiveness and reliability of the technique application in patients with various motor disorders has been analyzed. It is clarified that this direction in the domestic and foreign literature is represented by few works, and the rehabilitation of patients with paresis of the foot after discectomy at the lower lumbar level is insufficiently expanded on a topic.

Conclusion. Our literature analysis shows a good clinical effect of using low-frequency stimulation in the treatment of motor disorders, which turned out to be identical to that obtained by a number of authors who used low-frequency rTMS in similar studies. The issue of using the rPMS method in the rehabilitation of patients with paresis of the lower extremities remains relevant and promising.

Keywords: lumbar osteochondrosis, rhythmic peripheral magnetic stimulation, rPMS, herniated disc, lower lumbar radiculopathy

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Kuzyuberdin A. V., Karpov S. M., Shatokhin A. A., Vyshlova I. A., Raevskaya A. I. Experience of Rhythmic Peripheral Magnetic Stimulation Application in the Treatment of Pareses of Various Etiologies at the Foot Level and the Objectiveness of Assessing the Dynamics of Motor Disorders. Literature Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (1):70-78. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-1-70-78>

For correspondence: Alexey V. Kuzyuberdin, e-mail: a_kuzuberdin@mail.ru

Received: Jan 14, 2022

Revised: Feb 10, 2022

Accepted: Feb 16, 2022

Введение

Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника в настоящее время являются важной социально-экономической проблемой, затрагивающей преимущественно трудоспособное население, являясь причиной до 80% случаев утраты трудоспособности, в том числе и инвалидизации с неуклонной тенденцией к увеличению [1, 2]. Дегенеративно-дистрофический процесс тканей позвоночника в 60% случаев проявляется формированием грыж межпозвоночных дисков, становясь причиной диско-радикулярного конфликта [3, 4]. По данным ряда авторов до 30% случаев грыж встречаются на уровне L5-S1 и L4-L5 и в 59% случаев приводят к компрессии корешков L5 и S1, меняя качества жизни пациентов [5–9]. *Нарушение иннервации на уровне нижнепоясничного сегмента* приводит к нарушению функции сгибателей и разгибателей стопы, которые в свою очередь обеспечивают реализацию привычных двигательных паттернов, таких как ходьба, давление на педаль автомобиля, спуск и подъем по ступенькам, что значительно сказывается на повседневной активности человека [7]. В редких случаях радикулопатия может развиваться в радикулоишемию, проявляющуюся парализующим ишиасом, который, в свою очередь, характеризуется преобладанием моторных нарушений в конечности вплоть до развития паралича [6].

Восстановление нейромышечной проводимости без устранения дискордикулярного конфликта невозможно. В настоящее время основным методом декомпрессии корешка является микродискэктомия [7, 10–18]. Тем не менее, до 49% всех прооперированных пациентов имеют неврологический дефицит, продолжают испытывать моторные нарушения в стопе, имеют гипотрофию мышц и, как следствие этого, формирование нарушения двигательного стереотипа [19–26]. До 80% всех случаев инвалидизации пациентов, связанных с формированием грыж на поясничном уровне, обусловлено развивающимся моторным дефицитом мышц стопы [7, 27].

С учетом данных обстоятельств, в настоящее время актуальной остается задача пересмотра стандартов реабилитационной помощи в постоперационном периоде после дискэктомии с реализацией задачи максимально быстрого восстановления нейромышечной передачи и восстановлением двигательной функции стопы. И ритмическая периферическая магнитная стимуляция рядом авторов рассматривается как приоритетное направление [28].

Целью данной работы стало изучение опыта и методологии использования ритмической периферической магнитной стимуляции (рПМС) в лечении пациентов с парезами мышц нижних конечностей и уточнение перспективности этого направления реабилитации.

Авторы провели теоретический анализ наиболее актуальных отечественных и зарубежных научных ра-

бот, обзор литературы за последние 20 лет, посвященной применению рПМС.

Клинические эффекты применения рПМС

В настоящее время с целью восстановления нейромышечной передачи активно, наряду с методами электростимуляции, применяются методы ритмической магнитной стимуляции, которые по приложению воздействия делятся на транскраниальную (рТМС) и периферическую или сегментарную стимуляцию (рПМС), являясь относительно современным и неинвазивным методом воздействия импульсным магнитным полем на периферические нервы, спинномозговые корешки и мышечную ткань [29–32].

Клинический эффект воздействия магнитным полем на нервную ткань обусловлен стимуляцией миелинообразования, уменьшением тенденции к замещению соединительной ткани в травмированном нерве, стимуляцией роста аксонов и улучшением нейромышечной передачи [32–34]. Учитывая способность магнитного стимула глубоко проникать в ткани и генерировать возбуждение центральных и периферических нервных структурах на уровнях, не доступных для электростимуляции, делает данный метод незаменимым в нейрореабилитации [32, 35].

Эффективность использования рПМС и рТМС в отношении влияния на болевой синдром и восстановление параметров проводимости по данным ЭНМГ не вызывает сомнений, о чем свидетельствуют множество научных исследований [32, 36–38].

Многие авторы отмечают хороший эффект влияния не только на нейропатическую боль и восстановление нейромышечной передачи, но и на восстановления моторных нарушений при парезах, как результат поражений периферической и центральной нервной систем [17, 32, 36, 39–41].

Опыт использования рПМС в реабилитации пациентов с моторными нарушениями на уровне стопы при нижнепоясничной радикулопатии

Несмотря на большую распространённость метода исследования, работы, посвященные использованию рПМС на поясничном уровне для лечения паретических изменений в стопе при пояснично-крестцовых радикулопатиях, представлены единично.

Положительный эффект влияния рПМС на восстановление моторных нарушений в стопе был показан в диссертационном исследовании, проведенном В. Д. Даминовым в 2006 г., с участием 212 больных, прошедших реабилитацию в раннем и позднем послеоперационном периоде после микродискэктомии на уровне L5 и S1 и имеющих клинику радикулопатии и парезов мышц дистального отдела нижних конечностей. Оценка пареза осуществлялась субъективно, мануально по 5-балльной шкале оценки мышечной функции. Максимальное снижение степени пареза и уве-

личения тонуса паретичных мышц наблюдалось у 58% при проведении рПМС в группе больных позднего периода реабилитации (44 пациента) по сравнению с аналогичной группой (44 пациента), получавшей электростимуляцию 41%. В группе контроля (20 пациентов), получавших лазеротерапию на фоне стандартного протокола ведения пациентов в послеоперационном периоде, снижение пареза наблюдалось у 26% соответственно. Похожая тенденция наблюдалась и в группе раннего послеоперационного периода, в которой был отмечен максимальный прирост мышечной силы и тонуса под воздействием рПМС. Интересным оказался факт уменьшения степени атрофии на 92% у пациентов, получавших магнитную стимуляцию, против 42% относительно пациентов, получавших электромиостимуляцию [19].

Еще одна работа, доказывающая эффективность рПМС при парезах на уровне стопы была проведена В. Н. Блохиной с соавторами в 2014–2015 гг. с участием 22 пациентов, прооперированных методом микродискэтомии по поводу компрессионной радикулопатии на поясничном уровне, с имеющимися чувствительными (40%) и двигательными (60%) расстройствами, выполнялась реабилитация в раннем послеоперационном периоде методом рПМС. Пациенты основной группы (8 больных) получали 10 сеансов продолжительностью 15 минут, высокочастотную (10–15 Гц) рПМС паравертебрально, с интенсивностью 40–70% от мощности стимулятора. По сравнению с группой сравнения (14 больных), которые получали реабилитацию по стандартному протоколу без использования рПМС, было отмечено снижение болевого синдрома и более раннее снижение выраженности двигательных нарушений мануальным тестированием. Изменения характера чувствительных нарушений зафиксировано не было [36].

Следует отметить, что у данного автора есть исследование, в которых ей не удалось получить убедительных данных влияния рПМС на двигательные нарушения. Так, в диссертационной работе В. Н. Блохиной, проведенной в 2019 г., посвященной исследованию влияния рПМС на тревожность, болевой синдром, восстановление моторной функции, нейромышечной проводимости у пациентов с нижнепоясничной радикулопатией в раннем послеоперационном периоде после микродискэтомии. 35 пациентов основной группы в этом исследовании получали низкоинтенсивную рПМС (1 Гц) надпороговым стимулом, 1500 импульсов по 100 стимулов в трейне на нижнепоясничном уровне. Кроме того, использовался дополнительный протокол рПМС локально на уровне подколенной ямки с такими же параметрами стимуляции в объеме 1200 импульсов (15 пациентов). Спустя 21 день у пациентов основной группы не было отмечено значительной динамики моторных нарушений в сгибателях и разгибателях стопы, но отмечена хорошая эффективность использования метода в отношении влияния на болевой синдром и чувствительные нарушения. При этом применялся двойной протокол рПМС по локализации койла в зависимости от уровня корешкового поражения на поясничном уровне.

Отсутствие динамики моторных изменений автор связывает с тем, что в работе не учитывались данные о длительности двигательных нарушений, степени тяжести радикулопатии, краткосрочность периода оценки пациентов, а также разнородностью групп сравнения по данному критерию оценки. В данном исследовании также, как и в предыдущих работах при оценке

мышечной функции был использован субъективный метод оценки — мануальный мышечный тест, не позволяющий объективно оценить динамику моторных изменений [42].

В научной литературе можно встретить еще одно исследование, посвященное влиянию рПМС на тонусно-силовые характеристики подошвенных сгибателей стопы при парезе, не связанном с радикулопатией.

Так, в двойном, слепом, рандомизированном, плацебо-контролируемом исследовании [43] у пациентов, перенесших инсульт больше года назад, изучалось влияние рПМС на тонус паретически измененных мышц стопы и спастичность. Восемнадцать больных были случайным образом распределены на основную группу, получающую рПМС высокой частоты (5 Гц) на область голени, и группу плацебо, получающую стимуляцию в 5% от мощности стимула. Эта группа сравнивалась с 14 здоровыми людьми. Производилась оценка подвижности голеностопного сустава, максимальной силы изометрического сокращения подошвенного сгибателя стопы ручным динамометром и оценка сопротивления подошвенного сгибателя высокоскоростному растяжению. Выявлен значительный прирост силы подошвенного сгибателя, подвижности в суставе и снижение спастичности в основной группе по сравнению с группой плацебо [43].

Опыт использования рПМС на моторный дефицит в других регионах

В обзорах научной литературы встречается гораздо больше работ, доказывающих положительный эффект влияния рПМС на парезы мышц пояса верхних конечностей.

В 2012 г. Е. М. Khedr с соавторами провёл исследование по влиянию рПМС на восстановление моторной функции мышц верхней конечности у пациентов с травматическим повреждением плечевого сплетения. 34 пациента были разделены на две группы в соотношении 2:1. Все пациенты получали курсом физиотерапевтическое лечение с активными упражнениями. При этом, 12 пациентов получали реальную рПМС на область верхней трапециевидной мышцы пораженной конечности, ежедневно в течении 10 сеансов, а 22 пациентам осуществлялась фиктивная магнитная стимуляция. Оценка пациентов производилась после 5-го, 10-го сеанса и по прошествии месяца после лечения. Сила мышц верхней конечности оценивалась по неврологической шкале, субъективно, утвержденной советом по медицинским исследованиям. В группе выполнения рПМС был отмечен значительный прирост силы мышечного сокращения, особенно в дельтовидной мышце, сгибателях и разгибателях предплечья. Авторы исследования объясняют эффект улучшения тонусно-силовых параметров мышц влиянием стимуляции на ангиогенез и снижение ишемии в нерве, а также влиянием на восстановление аксонов. Этот результат сохранился и через месяц при оценке после проведенного лечения. Реализация клинического эффекта влияния на тонусно-силовые свойства мышцы была достигнута применением низкочастотной стимуляции [37].

В исследовании, проведенном Polson M. с соавторами, показано, что даже после однократного воздействия с интенсивностью 1,2 Тл с высокой частотой (20 Гр) рПМС в количестве до 600 импульсов на сегментарном уровне верхней конечности сопровождалось повышением тонусно-силовых показателей мышц верхней конечности на стороне стимуляции. Оценка

силы мышечного сокращения осуществлялась мануальным методом [39].

Хороший результат влияния на моторную функцию был достигнут в исследовании, проведенном в 2020 г. Shigeru Obayashi, при использовании в ранней реабилитации рПМС у 10 пациентов с парезом верхних конечностей в острой фазе инсульта при оценке скорости восстановления по шкалам оценки моторных функций Фугла-Мейера и Вольфа [40].

Но в обзорах литературы можно встретить также работы с противоречивыми данными в отношении влияния рПМС на моторные нарушения. Так, в работе Krewer C. с соавт. в 2014 г. показали, что локальное воздействие 5000 импульсов рПМС с частотой 25 Гр надпороговой интенсивности (110% от ВМО) на мышцы сгибатели и разгибатели предплечья и кисти с выраженными гемипаретическими изменениями у пациентов после инсульта в сочетании с занятиями ЛФК, не оказало значительного влияния на двигательную функцию конечности. Оценка моторной функции выполнялась в сравнении с контрольной группой плацебо, одним и тем же физическим терапевтом, но субъективно мануальным способом [44].

Выбор режимов магнитной стимуляции при лечении моторных нарушений

Следует обратить внимание, что клинический эффект стимуляции может зависеть от режима, интенсивности, частоты и продолжительности сеансов, а также от формы и размера катушки, осуществляющей стимуляцию [36,46]. При ответе на эти вопросы нельзя не опираться на опыт применения рТМС.

В обзоре А. Е. Гореликова [45], посвященном оценке применения методов магнитной стимуляции, автор приводит работы, в которых эффективное влияние на моторные нарушения было достигнуто применением низкочастотной рТМС, в то время как высокочастотная рТМС показала эффективность при лечении нейропатических болевых синдромов [45].

Так, в выводах метаанализа 18 публикаций журнала «Stroke» в 2012 г., подтверждена эффективность низкочастотной рТМС здорового полушария в сравнении с высокочастотной у больных с подкорковой локализацией ишемического очага в восстановлении двигательных функций верхних конечностей [45–47].

В метаанализе за 2014 г., включившем в себя 8 исследований с участием 273 больных с нарушением мозгового кровообращения, низкочастотная рТМС также показала эффективность в улучшении функции руки и движения пальцев кисти наряду с высокочастотной рТМС [45, 47].

В проведенном авторами анализе литературы, посвященном использованию рПМС, хороший клинический эффект в лечении моторных нарушений достигается также при использовании преимущественно низкочастотной стимуляции.

Объективность оценки динамики восстановления моторных нарушений.

В представленных работах для оценки моторных нарушений используются шкалы, опросники, 5-балльный мышечный тест и мобильные ручные динамометры, что является скрининговой и субъективной оценкой.

Низкая повторяемость результатов и достоверность использования мануальных 5- и 6-балльных тестов мышечной функции, заключается в зависимости от навыков оператора, осуществляющего тестирование [48].

Используемые в ряде работ ручные динамометры, обладающие рядом преимуществ в сравнении с мануальным тестированием, такими как наличие числового критерия (кДж, н/м, кг), оцениваемого параметра пикового сокращения, сохранение высокой скорости тестирования и относительно низкой экономической затратностью. Ряд авторов считают ручные динамометры устройствами оценки мышечной функции с высокой степенью достоверности [49–51].

Но динамометрия с использованием ручных динамометров имеет ряд недостатков.

Объективность оценки также зависит от навыков оператора, осуществляющего тестирование и тестирование производится только в изометрическом режиме и в определенном угле, а значит, осуществляется оценка определенной мышечной порции тестируемой мышцы.

По данным метаанализа и систематического обзора 17 работ, посвященных сравнению стационарной изокинетической и ручной динамометрии, выполненных до 2016 года, на основании анализа коэффициента корреляций (ICC) и коэффициент предельных совпадений (LOA) была выявлена хорошая повторяемость результатов тестирования только у ряда мышц. А также была выявлена прямая зависимость объективности тестирования между силой тестируемой мышцы и силой оператора, осуществляющего тестирование. Авторами метаанализа был сделан вывод о низкой клинической значимости измерений ручным динамометром [52].

В настоящее время тестирование ручным способом совершенно не отвечает объективным требованиям доказательной медицины и в серьезных научных исследованиях отдается предпочтение аппаратным методам оценки мышечной функции.

«Золотым стандартом» и объективным способом оценки мышечной функции является изокинетическая динамометрия, позволяющая оценить работу мышцы во всем диапазоне движения с возможностью оценки силы, скорости сокращения, времени достижения и удержания пикового сокращения, а также угла, соответствующего пиковому сокращению в концентрическом и эксцентрическом режимах работы [53–55].

Заключение

В проведенном анализе литературы, посвященном использованию рПМС, отмечается небольшое количество исследований о влиянии данной методики на восстановление моторных функций. По данным литературы, проводились только единичные исследования по использованию рПМС в лечении парезов мышц стопы при радикулопатиях.

Следует отметить, что применяемые методы динамометрии при использовании рПМС в реабилитации пациентов с парезами мышц стопы, являются необъективными при оценке динамики восстановления моторной функции.

Использование изокинетической динамометрии при реабилитации пациентов с нижнепоясничной радикулопатией методом рПМС в современной литературе практически не освещено, и, что крайне важно, не созданы методологические подходы, связанные с эффективной оценкой использования современного метода рПМС в лечении моторных нарушений.

Список литературы

1. Подчуфарова Е. В., Яхно Н. Н., Алексеев В. В., Аведисова А. С., Чахава К. О., Ершова Е. М., Протасенко Т. В. Хронические болевые синдромы пояснично-крестцовой локализации: значение структурных скелетно-мышечных расстройств и психологических факторов. *Боль*. 2003; (1): 38–43.
2. Подчуфарова Е. В., Яхно Н. Н. *Боль в спине*. Москва. ГЭОТАР — Медиа. 2013: 368 с.
3. Aihara T., Takahashi K., Ogasawara A. et al. Intervertebral disc degeneration associated with lumbosacral transitional vertebrae: a clinical and anatomical study. *The Bone & Joint Journal*. 2005; 87(5): 687–91. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.87B5.15727>
4. Бородулина И. В., Рачин А. П. Патогенетические подходы к терапии обострения хронической боли в спине: описание клинического случая. *Медицинский совет*. 2019; (12): 42–47. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-12-42-47>
5. Данилов А. Б., Жаркова Т. Р. Хроническая радикулопатия: новые возможности терапии. *Русский медицинский журнал*. 2010; (0): 15–20.
6. Попелянский Я. Ю. Ортопедическая неврология (вертеброневрология): руководство для врачей. Москва. МЕД пресс-информ. 2011: 672 с.
7. Мусаев А. В., Гусейнова С. Г., Имамвердиева С. С., Мустафаева Э. Э., Мусаева И. Р. Исследование качества жизни в лечении и реабилитации неврологических больных. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры*. 2006; (1): 13–19.
8. Benzon H. T., Raja S. N., Molloy R. E. *Essentials of Pain Medicine*. New York. Elsevier-Churchill-Livingstone. 2011: 688 p.
9. Hashemi M., Jafarian A. A., Tofighi S., Mahluji K. Studying the Effectiveness of One Type of Iranian Traditional Massage on Lumbar Radiculopathy. *Iranian Journal of Medical Sciences*. 2016; 41(3): 11 p.
10. Гиткина Л. С., Смычек В. Б., Рябцева Т. Д. Клинико-реабилитационные группы как основа дифференцированного подхода к оценке эффективности реабилитации. *Вопросы организации и информатизации здравоохранения*. 1999; (1): 25–31.
11. Гуца А. О., Арестов С. О. Опыт эндоскопических вмешательств при патологии позвоночника. *Эндоскопическая хирургия*. 2010: 48–56.
12. Арестов С. О., Вершинин А. В., Гуца А. О. Сравнение эффективности и возможностей эндоскопического и микрохирургического методов удаления грыж межпозвоночных дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. 2014; 78(6): 9–14.
13. Gadjradj P. S., Arts M. P., van Tulder M. W., Rietdijk W. J. R., Peul W. C., Harhangi B. S. Management of Symptomatic Lumbar Disk Herniation: An International Perspective. *Spine*. 2017; 42(23): 1826–1834. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002294>
14. Costanzo G., Cellocchio P., Di Francesco A. et al. The role of JOA score as an indication for surgical or conservative treatment of symptomatic degenerative lumbar spinal stenosis. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 2005; 86(3): 150–153. <https://doi.org/10.1007/s10195-005-0099-0>
15. Gibson J., Waddell G. Surgical interventions for lumbar disc prolapse: updated Cochrane Review. *Spine*. 2007; (32): 1735–1747. <https://doi.org/10.1002/14651858>
16. Alentado V. J., Lubelski D., Steinmetz M. P., Benzel E. C., Mroz T. E. Optimal duration of conservative management prior to surgery for cervical and lumbar radiculopathy: a literature review. *Global Spine Journal*. 2014; 4(4): 279–86. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1387807>
17. Bradford D. S. Harrington Lecture: The Future of Academic Spine Surgery: Challenges and Opportunities. *Spine*. 2005; 30(12): 1345–1350. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000167071.74046.4e>
18. Sasaji T., Horaguchi K., Yamada N., Iwai K. Improvement of hip abductor muscle weakness after lumbar decompressive surgery. *Upsala Journal of Medical Sciences*. 2012; 117(4): 426–9. <https://doi.org/10.3109/03009734.2012.708678>
19. Даминов В. Д. Дифференцированное применение стимуляционных методов в комплексном восстановительном лечении больных дорсопатией после дискэтомий. Москва. 2006: 150 с.
20. McGregor A. H., Hughes S. P. The evaluation of the surgical management of nerve root compression in patients with low back pain: Part 1: the assessment of outcome. *Spine*. 2002; 27(13): 1465–70. <https://doi.org/10.1097/00007632-200207010-00018>
21. Häkkinen A., Kautiainen H., Sintonen H., Ylinen J. Health related quality of life after lumbar disc surgery: a prospective study of 145 patients. *Disability and Rehabilitation*. 2005; 27(3): 94–100. <https://doi.org/10.1080/09638280400007430>
22. Lønne G., Solberg T. K., Sjaavik K., Nygaard Ø. P. Recovery of muscle strength after microdiscectomy for lumbar disc herniation: a prospective cohort study with 1-year follow-up. *European Spine Journal*. 2012; 21(4): 655–9. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2122-x>
23. Matsumoto M., Watanabe K., Hosogane N., Tsuji T., Ishii K., Nakamura M., Chiba K., Toyama Y. Recurrence of lumbar disc herniation after microendoscopic discectomy. *Journal of Neurological Surgery A Central European Neurosurgery*. 2013; 74(4): 222–7. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1320031>
24. Johnsen L. G., Brinckmann P., Hellum C., Rossvoll I., Leivseth G. Segmental mobility, disc height and patient-reported outcomes after surgery for degenerative disc disease: a prospective randomised trial comparing disc replacement and multidisciplinary rehabilitation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2013; 95-B(1): 81–9. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B1.29829>
25. Chang S. B., Lee S. H., Ahn Y., Kim J. M. Risk factor for unsatisfactory outcome after lumbar foraminal and far lateral microdecompression. *Spine*. 2006; 31(10): 1163–7. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000216431.69359.91>
26. Hodges P., van den Hoorn W., Dawson A., Cholewicki J. Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of Biomechanics*. 2009; 42(1): 61–6. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.001>
27. Данилов А. Б., Жаркова Т. Р. Хроническая радикулопатия: новые возможности терапии. *Русский медицинский журнал*. 2010; (0): 15–20.
28. Гореликов А. Е., Мельникова Е. А., Разумов А. Н., Рассулова М. А., Рудь И. М. Реабилитация больных с синдромом оперированного позвоночника с осложненным течением послеоперационного периода после дискэтомии. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2017; 94(5): 40–47. <https://doi.org/10.17116/kurort201794540-47>
29. Никитин С. С., Куренков А. Л. Методические основы транскраниальной магнитной стимуляции в неврологии и психиатрии. *Руководство для врачей*. Москва. 2006: 167 с.
30. Beaulieu L. D., Schneider C. Repetitive peripheral magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: A literature review on parameters of application and afferents recruitment. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2015; 45(3): 223–37. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.08.002>
31. Rossini P. M., Burke D., Chen R., Cohen L. G., Daskalakis Z., Di Iorio R., Di Lazzaro V., Ferreri F., Fitzgerald P. B., George M. S., Hallett M., Lefaucheur J. P., Langguth B., Matsumoto H., Miniussi C., Nitsche M. A., Pascual-Leone A., Paulus W., Rossi S., Rothwell J. C., Siebner H. R., Ugawa Y., Walsh V., Ziemann U. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2015; 126(6): 1071–1107. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.02.001>
32. Savulescu S. E., Berteanu M., Filipescu I., Beiu C., Mihai M. M., Popa L. G., Popescu S. I., Balescu I., Bacalbasa N., Popescu M. N. Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation (rPMS) in Subjects with Lumbar Radiculopathy: An Electromyography-guided Prospective, Randomized Study. *In Vivo*. 2021; 35(1): 623–627. <https://doi.org/10.21873/invivo.12300>
33. 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. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(2): 222–9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.10.023>
34. Mansur C. G., Fregni F., Boggio P. S., Riberto M., Gallucci-Neto J., Santos C. M., Wagner T., Rigonatti S. P., Marcolin M. A., Pascual-Leone A. A sham stimulation-controlled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neurology*. 2005; 64(10): 1802–4. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000161839.38079.92>
35. Николаев С. Г. *Электромиография: клинический практикум*. Иваново. 2013: 394 с.
36. Блохина В. Н., Кузнецов А. Н., Лебедев В. Б., Меликян Э. Г. Ритмическая периферическая магнитная стимуляция (РПМС) в реабилитации пациентов с компрессионной радикулопатией в ранние сроки после микродискэтомии. *Материалы 7 международного конгресса «Нейрореабилитация 2015»*. 2015: 38–43.

37. Khedr E. M., Ahmed M. A., Alkady E. A., Mostafa M. G., Said H. G. Therapeutic effects of peripheral magnetic stimulation on traumatic brachial plexopathy: clinical and neurophysiological study. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2012; 42(3): 111–8. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2011.11.003>
38. Бородулина И. В., Бадалов Н. Г., Мухина А. А., Гуца А. О. Оценка эффективности комплексного лечения с применением ритмической транскраниальной магнитной стимуляции и общих гидрогальванических ванн пациентов с пояснично-крестцовой радикулопатией. *Вестник восстановительной медицины*. 2019; 1(89): 33–41.
39. Polson M. J., Barker A. T., Freeston I. L. Stimulation of nerve trunks with time-varying magnetic fields. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 1982; 20(2): 243–4. <https://doi.org/10.1007/BF02441362>
40. Obayashi S., Takahashi R. Repetitive peripheral magnetic stimulation improves severe upper limb paresis in early acute phase stroke survivors. *NeuroRehabilitation*. 2020; 46(4): 569–575. <https://doi.org/10.3233/NRE-203085>
41. Бородулина И. В., Бадалов Н. Г., Гуца А. О., Рачин А. П. Немедикаментозные технологии медицинской реабилитации в лечении пациентов с радикулярным болевым синдромом. *Российский журнал боли*. 2018; 2(56): 248 с.
42. Блохина В. Н. Ритмическая периферическая магнитная стимуляция в реабилитации после микродисэктомии на поясничном уровне в ранние сроки после операции. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Москва. 2019: 82–83.
43. Beaulieu L. D., Massé-Alarie H., Brouwer B., Schneider C. Noninvasive neurostimulation in chronic stroke: a double-blind randomized sham-controlled testing of clinical and corticomotor effects. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2015; 22(1): 8–17. <https://doi.org/10.1179/1074935714Z.0000000032>
44. Krewer C., Hartl S., Müller F., Koenig E. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on upper-limb spasticity and impairment in patients with spastic hemiparesis: a randomized, double-blind, sham-controlled study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(6): 1039–1047. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.02.003>
45. Гореликов А. Е., Мельникова Е. А., Рудь И. М. Магнитная стимуляция в лечении и реабилитации больных с заболеваниями нервной системы и позвоночника. *Медицинская реабилитация*. 2017; 11(140): 48 с.
46. 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. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.649756>
47. Lefaucheur J. P., André-Obadia N., Antal A., Ayache S. S., Baeken C., Benninger D. H., Cantello R. M., Cincotta M., de Carvalho M., De Ridder D., Devanne H., Di Lazzaro V., Filipović S. R., Hummel F. C., Jääskeläinen S. K., Kimiskidis V. K., Koch G., Langguth B., Nyffeler T., Oliviero A., Padberg F., Poulet E., Rossi S., Rossini P. M., Rothwell J. C., Schönfeldt-Lecuona C., Siebner H. R., Slotema C. W., Stagg C. J., Valls-Sole J., Ziemann U., Paulus W., Garcia-Larrea L. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clinical Neurophysiology*. 2014; 125(11): 2150–2206. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.05.021>
48. Вибен К., Фалькенберг Б. Визуальное руководство по функциональному мышечному тестированию. Москва. 2017: 12–14.
49. Hodges P., van den Hoorn W., Dawson A., Cholewicki J. Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of Biomechanics*. 2009; 42(1): 61–6. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.001>
50. Hirano M., Katoh M., Gomi M., Arai S. Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *Journal of Physical Therapy Science*. 2020; 32(2): 120–124. <https://doi.org/10.1589/jpts.32.120>
51. Hirano M., Katoh M. Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(7): 2125–7. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2125>
52. Chamorro C., Armijo-Olivo S., De La Fuente C., Fuentes J., Javier Chiroso L. Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand Held Dynamometry and Isokinetic Dynamometry in the Hip, Knee and Ankle Joint: Systematic Review and Meta-analysis. *Open Medicine*. 2017; (12): 359–375. <https://doi.org/10.1515/med-2017-0052>
53. Seven B., Cobanoglu G., Oskay D., Atalay-Guzel N. Test-Retest Reliability of Isokinetic Wrist Strength and Proprioception Measurements. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019; 28(7): 2018–0341. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0341>
54. Drouin J. M., Valovich-mcLeod T. C., Shultz S. J., Gansneder B. M., Perrin D. H. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *The European Physical Journal Applied Physics*. 2004; 91(1): 22–9. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>
55. Martin H. J., Yule V., Syddall H. E., Dennison E. M., Cooper C., Aihie Sayer A. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. *Gerontology*. 2006; 52(3): 154–9. <https://doi.org/10.1159/000091824>

References

1. Podchufarova E. V., Yahno N. N., Alekseev V. V., Avedisova A. S., Chahava K. O., Ershova E. M., Protasenko T. V. Hronicheskie boleвыe sindromы poyasnichno-krestcovoй lokalizatsii: znachenie strukturnykh skeletno-myshechnykh rasstroйstv i psihologicheskikh faktorov [Chronic pain syndromes of the lumbosacral localization: the significance of structural musculoskeletal disorders and psychological factors]. *Pain*. 2003; (1): 38–43 (In Russ.).
2. Podchufarova, E. V. YAhno N. N. Bol' v spine [Backache]. Moscow. 2013: 368 p. (In Russ.).
3. Aihara T., Takahashi K., Ogasawara A. et al. Intervertebral disc degeneration associated with lumbosacral transitional vertebrae: a clinical and anatomical study. *The Bone & Joint Journal*. 2005; 87(5): 687–91. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.87B5.15727>
4. Borodulina I. V., Rachin A. P. Patogeneticheskie podhody k terapii obostreniya hronicheskoy boli v spine: opisaniye klinicheskogo sluchaya [Pathogenetic approaches to the treatment of exacerbation of chronic back pain: a description of a clinical case]. *Medical Council*. 2019; (12): 42–47. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-12-42-47> (In Russ.).
5. Danilov A. B., Zharkova T. R. Hronicheskaya radikulopatiya: novye vozmozhnosti terapii [Chronic radiculopathy: new possibilities of therapy]. *RMJ*. 2010; (0): 15–20 (In Russ.).
6. Popelyanskij Ya. Yu. Ortopedicheskaya nevrologiya (vertebronevrologiya): rukovodstvo dlya vrachej [Orthopedic neurology (vertebroneurology): a guide for physicians]. Moscow. 2011: 672 p. (In Russ.).
7. Musaev A. B., Guseynova S. G., Imamverdieva S. S., Mustafaeva E. E., Musaeva I. R. Issledovanie kachestva zhizni v lechenii i reabilitatsii nevrologicheskikh bol'nykh [Study of the quality of life in the treatment and rehabilitation of neurological patients]. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2006; (1): 13–19 (In Russ.).
8. Benzon H. T., Raja S. N., Molloy R. E. Essentials of Pain Medicine. New York. Elsevier-Churchill-Livingstone. 2011: 688 p.
9. Hashemi M., Jafarian A. A., Tofghi S., Mahluji K. Studying the Effectiveness of One Type of Iranian Traditional Massage on Lumbar Radiculopathy. *Iranian Journal of Medical Sciences*. 2016; 41(3): 11 p.
10. Gitkina L. S., Smychek V. B., Ryabceva T. D. Kliniko-reabilitatsionnyyegruppy kak osnova differencirovannogo podhoda k oцenke effektivnosti reabilitatsii [Clinical and rehabilitation groups as the basis for a differentiated approach to assessing the effectiveness of rehabilitation]. *Issues of Organization and Information Health*. 1999; (1): 25–31 (In Russ.).
11. Gushcha A. O., Arestov S. O. Opyt endoskopicheskikh vmeshatel'stv pri patologii pozvonochnika [Experience of endoscopic interventions in spinal pathology]. *Endoscopic Surgery*. 2010: 48–56 (In Russ.).
12. Arestov S. O., Vershinin A. V., Gushcha A. O. A comparative analysis of the effectiveness and potential of endoscopic and microsurgical resection of disc herniations in the lumbosacral spine [Comparison of the effectiveness and capabilities of endoscopic and microsurgical methods for the removal of herniated intervertebral discs in the lumbosacral spine]. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2014; 78(6): 9–14 (In Russ.).

13. Gadjradj P. S., Arts M. P., van Tulder M. W., Rietdijk W. J. R., Peul W. C., Harhangi B. S. Management of Symptomatic Lumbar Disk Herniation: An International Perspective. *Spine*. 2017; 42(23): 1826–1834. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002294>
14. Costanzo G., Celocco P., Di Francesco A. et al. The role of JOA score as an indication for surgical or conservative treatment of symptomatic degenerative lumbar spinal stenosis. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 2005; 86(3): 150–153. <https://doi.org/10.1007/s10195-005-0099-0>
15. Gibson J., Waddell G. Surgical interventions for lumbar disc prolapse: updated Cochrane Review. *Spine*. 2007; (32): 1735–1747. <https://doi.org/10.1002/14651858>
16. Alentado V. J., Lubelski D., Steinmetz M. P., Benzel E. C., Mroz T. E. Optimal duration of conservative management prior to surgery for cervical and lumbar radiculopathy: a literature review. *Global Spine Journal*. 2014; 4(4): 279–86. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1387807>
17. Bradford D. S. Harrington Lecture: The Future of Academic Spine Surgery: Challenges and Opportunities. *Spine*. 2005; 30(12): 1345–1350. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000167071.74046.4e>
18. Sasaji T., Horaguchi K., Yamada N., Iwai K. Improvement of hip abductor muscle weakness after lumbar decompressive surgery. *Upsala Journal of Medical Sciences*. 2012; 117(4): 426–9. <https://doi.org/10.3109/03009734.2012.708678>
19. Daminov V. D. Differencirovanoe primeneniye stimulyacionnykh metodov v kompleksnom vosstanovitel'nom lechenii bol'nykh dorsopatiei posle diskektomii [Differentiated application of stimulation methods in complex restorative treatment of patients with dorsopathy after discectomy]. Moscow. 2006: 150 p. (In Russ.).
20. McGregor A. H., Hughes S. P. The evaluation of the surgical management of nerve root compression in patients with low back pain: Part 1: the assessment of outcome. *Spine*. 2002; 27(13): 1465–70. <https://doi.org/10.1097/00007632-200207010-00018>
21. Häkkinen A., Kautiainen H., Sintonen H., Ylinen J. Health related quality of life after lumbar disc surgery: a prospective study of 145 patients. *Disability and Rehabilitation*. 2005; 27(3): 94–100. <https://doi.org/10.1080/09638280400007430>
22. Lonne G., Solberg T. K., Sjaavik K., Nygaard Ø. P. Recovery of muscle strength after microdiscectomy for lumbar disc herniation: a prospective cohort study with 1-year follow-up. *European Spine Journal*. 2012; 21(4): 655–9. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2122-x>
23. Matsumoto M., Watanabe K., Hosogane N., Tsuji T., Ishii K., Nakamura M., Chiba K., Toyama Y. Recurrence of lumbar disc herniation after microendoscopic discectomy. *Journal of Neurological Surgery A Central European Neurosurgery*. 2013; 74(4): 222–7. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1320031>
24. Johnsen L. G., Brinckmann P., Hellum C., Rossvoll I., Leivseth G. Segmental mobility, disc height and patient-reported outcomes after surgery for degenerative disc disease: a prospective randomised trial comparing disc replacement and multidisciplinary rehabilitation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2013; 95-B(1): 81–9. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B1.29829>
25. Chang S. B., Lee S. H., Ahn Y., Kim J. M. Risk factor for unsatisfactory outcome after lumbar foraminal and far lateral microdecompression. *Spine*. 2006; 31(10): 1163–7. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000216431.69359.91>
26. Hodges P., van den Hoorn W., Dawson A., Cholewicki J. Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of Biomechanics*. 2009; 42(1): 61–6. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.001>
27. Danilov A. B., Zharkova T. R. Hronicheskaya radikulopatiya: novye vozmozhnosti terapii [Chronic radiculopathy: new possibilities of therapy]. *RMJ*. 2010; (0): 15–20 (In Russ.).
28. Gorelikov A. E., Melnikova E. A., Razumov A. N., Rassulova M. A., Rud' I. M. Rehabilitation of the patients presenting with the operated spine syndrome during the complicated postoperative period after discectomy [Rehabilitation of patients with the syndrome of the operated spine with a complicated course of the postoperative period after discectomy]. *Problems of Balneology, Physiotherapy, and Exercise Therapy*. 2017; 94(5): 40–47. <https://doi.org/10.17116/kurort201794540-47> (In Russ.).
29. Nikitin S. S., Kurenkov A. L. Metodicheskie osnovy transkraniyal'noj magnitnoy stimulyacii v nevrologii i psixiatrii. Rukovodstvo dlya vrachei [Methodological foundations of transcranial magnetic stimulation in neurology and psychiatry]. Moscow. 2006: 167 p. (In Russ.).
30. Beaulieu L. D., Schneider C. Repetitive peripheral magnetic stimulation to reduce pain or improve sensorimotor impairments: A literature review on parameters of application and afferents recruitment. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2015; 45(3): 223–37. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.08.002>
31. Rossini P. M., Burke D., Chen R., Cohen L. G., Daskalakis Z., Di Iorio R., Di Lazzaro V., Ferreri F., Fitzgerald P. B., George M. S., Hallett M., Lefaucheur J. P., Langguth B., Matsumoto H., Miniussi C., Nitsche M. A., Pascual-Leone A., Paulus W., Rossi S., Rothwell J. C., Siebner H. R., Ugawa Y., Walsh V., Ziemann U. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2015; 126(6): 1071–1107. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.02.001>
32. Savulescu S. E., Berceanu M., Filipescu I., Beiu C., Mihai M. M., Popa L. G., Popescu S. I., Balescu I., Bacalbasa N., Popescu M. N. Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation (rPMS) in Subjects with Lumbar Radiculopathy: An Electromyography-guided Prospective, Randomized Study. *In Vivo*. 2021; 35(1): 623–627. <https://doi.org/10.21873/invivo.12300>
33. 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. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(2): 222–9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.10.023>
34. Mansur C. G., Fregni F., Boggio P. S., Riberto M., Gallucci-Neto J., Santos C. M., Wagner T., Rigonatti S. P., Marcolin M. A., Pascual-Leone A. A sham stimulation-controlled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients. *Neurology*. 2005; 64(10): 1802–4. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000161839.38079.92>
35. Nikolaev S. G. Elektromiografiya: klinicheskij praktikum [Electromyography: clinical practice]. Ivanovo. 2013: 394 p. (In Russ.).
36. Blohina V. N., Kuznecov A. N., Lebedev V. B., Melikyan E. G. Ritmicheskaya perifericheskaya magnitnaya stimulyaciya (RPMS) v reabilitacii pacientov s kompressionnoj radikulopatiej v rannie sroki posle mikrodiskektomii [Rhythmic peripheral magnetic stimulation in the rehabilitation of patients with compression radiculopathy in the early stages after microdiscectomy]. Materialy 7 mezhdunarodnogo kongressa «Nejroreabilitaciya 2015» [Materials of the 7th International Congress "Neurorehabilitation 2015"]. Moscow. 2015: 38–43 (In Russ.).
37. Khedr E. M., Ahmed M. A., Alkady E. A., Mostafa M. G., Said H. G. Therapeutic effects of peripheral magnetic stimulation on traumatic brachial plexopathy: clinical and neurophysiological study. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2012; 42(3): 111–8. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2011.11.003>
38. Borodulina I. V., Badalov N. G., Muhina A. A., Gushcha A. O. Ocenka effektivnosti kompleksnogo lecheniya s primeneniem ritmicheskoy transkraniyal'noj magnitnoy stimulyacii i obshchih gidrogalvanicheskikh vannu pacientov s poyasnichno-krestcovoju radikulopatiej [Evaluation of the effectiveness of complex treatment using rhythmic transcranial magnetic stimulation and general hydrogalvanic bath in patients with lumbosacral radiculopathy]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; 1(89): 33–41 (In Russ.).
39. Polson M. J., Barker A. T., Freeston I. L. Stimulation of nerve trunks with time-varying magnetic fields. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 1982; 20(2): 243–4. <https://doi.org/10.1007/BF02441362>
40. Obayashi S., Takahashi R. Repetitive peripheral magnetic stimulation improves severe upper limb paresis in early acute phase stroke survivors. *NeuroRehabilitation*. 2020; 46(4): 569–575. <https://doi.org/10.3233/NRE-203085>
41. Borodulina I. V., Badalov N. G., Gushcha A. O., Rachin A. P. Nemedikamentoznye tekhnologii medicinskoj reabilitacii v lechenii pacientov s radikul'yarnym bolevym sindromom [Non-drug technologies of medical rehabilitation in the treatment of patients with radicular pain syndrome]. *Russian Journal of Pain*. 2018; 2(56): 248 p. (In Russ.).

42. Blohina V. N. Ritmicheskaya perifericheskaya magnitnaya stimulyaciya v reabilitacii posle mikrodissektomii na poynasnom urovne v rannie sroki posle operacii. Dokt, Diss. [Rhythmic peripheral magnetic stimulation in rehabilitation after microdissectomy at the lumbar level in the early stages after surgery. Dokt, Diss.]. Moscow. 2019: 82–83 (In Russ.).
43. Beaulieu L. D., Massé-Alarie H., Brouwer B., Schneider C. Noninvasive neurostimulation in chronic stroke: a double-blind randomized sham-controlled testing of clinical and corticomotor effects. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2015; 22(1): 8–17. <https://doi.org/10.1179/1074935714Z.0000000032>
44. Krewer C., Hartl S., Müller F., Koenig E. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on upper-limb spasticity and impairment in patients with spastic hemiparesis: a randomized, double-blind, sham-controlled study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014; 95(6): 1039–1047. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.02.003>
45. Gorelikov A. E., Mel'nikova E. A., Rud' I. M. Magnitnaya stimulyaciya v lechenii i reabilitacii bol'nyh s zabolevaniyami nervnoj sistemy i pozvonochnika [Magnetic stimulation in the treatment and rehabilitation of patients with diseases of the nervous system and spine]. *Medical Rehabilitation*. 2017; 11(140): 48 p. (In Russ.).
46. 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. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.649756>
47. Lefaucheur J. P., André-Obadia N., Antal A., Ayache S. S., Baeken C., Benninger D. H., Cantello R. M., Cincotta M., de Carvalho M., De Ridder D., Devanne H., Di Lazzaro V., Filipović S. R., Hummel F. C., Jääskeläinen S. K., Kimiskidis V. K., Koch G., Langguth B., Nyffeler T., Oliviero A., Padberg F., Poulet E., Rossi S., Rossini P. M., Rothwell J. C., Schönfeldt-Lecuona C., Siebner H. R., Slotema C. W., Stagg C. J., Valls-Sole J., Ziemann U., Paulus W., Garcia-Larrea L. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clinical Neurophysiology*. 2014; 125(11): 2150–2206. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.05.021>
48. Viben K., Fal'kenberg B. Vizual'noe rukovodstvo po funkcional'nomu myshechnomu testirovaniyu [Muscle Function Testing – A Visual Guide]. Moscow. 2017: 12–14 (In Russ.).
49. Hodges P., van den Hoorn W., Dawson A., Cholewicki J. Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of Biomechanics*. 2009; 42(1): 61–6. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.001>
50. Hirano M., Katoh M., Gomi M., Arai S. Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *Journal of Physical Therapy Science*. 2020; 32(2): 120–124. <https://doi.org/10.1589/jpts.32.120>
51. Hirano M., Katoh M. Absolute reliability of shoulder joint horizontal adductor muscle strength measurements using a handheld dynamometer. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(7): 2125–7. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2125>
52. Chamorro C., Armijo-Olivo S., De La Fuente C., Fuentes J., Javier Chiroso L. Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand Held Dynamometry and Isokinetic Dynamometry in the Hip, Knee and Ankle Joint: Systematic Review and Meta-analysis. *Open Medicine*. 2017; (12): 359–375. <https://doi.org/10.1515/med-2017-0052>
53. Seven B., Cobanoglu G., Oskay D., Atalay-Guzel N. Test-Retest Reliability of Isokinetic Wrist Strength and Proprioception Measurements. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019; 28(7): 2018–0341. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0341>
54. Drouin J. M., Valovich-mcLeod T. C., Shultz S. J., Gansneder B. M., Perrin D. H. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *The European Physical Journal Applied Physics*. 2004; 91(1): 22–9. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>
55. Martin H. J., Yule V., Syddall H. E., Dennison E. M., Cooper C., Aihie Sayer A. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. *Gerontology*. 2006; 52(3): 154–9. <https://doi.org/10.1159/000091824>

Информация об авторах:

Кузубердин Алексей Витальевич, аспирант кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России.

E-mail: a_kuzuberdin@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5771-4264>

Карпов Сергей Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России.

E-mail: karpov25@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1472-6024>

Шатохин Антон Андреевич, ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России.

E-mail: shatokhin30@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4951-8228>

Вышлова Ирина Андреевна, доктор медицинских наук, доцент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России.

E-mail: irisha2801@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9187-8481>

Раевская Анастасия Игоревна, клинический ординатор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Ставропольский государственный медицинский университет Минздрава России.

E-mail: nastya_raevskaya96@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4084-3307>

Вклад авторов:

Кузубердин А. В., Шатохин А. А. — обзор публикаций по теме статьи, обработка, анализ и интерпретация данных, написание текста рукописи; Карпов С. М., Вышлова И. А. — концепция и дизайн исследования; Раевская А. И. — редакция текста рукописи, подготовка к публикации.

Information about the authors:

Aleksey V. Kuzyberdin, Post-graduate Student, Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Stavropol State Medical University.

E-mail: a_kuzuberdin@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5771-4264>

Sergey M. Karpov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics,

Stavropol State Medical University.

E-mail: karpov25@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1472-6024>

Anton A. Shatokhin, Assistant of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Stavropol State Medical University.

E-mail: shatokhin30@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4951-8228>

Irina A. Vyshlova, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Neurology, Neurosurgery, Stavropol State Medical University.

E-mail: irisha2801@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9187-8481>

Anastasia I. Raevskaya, Clinical Resident of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Federal Stavropol State Medical University.

E-mail: nastya_raevskaya96@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4084-3307>

Contribution:

Kuzyberdin A. V., Shatokhin A. A. — review of publications on the topic of the article, processing, analysis and interpretation of data, writing the text of the article; Karpov S. M., Vyshlova I. A. — concept and design of the study; Raevskaya A. I. — editing of the text of the article, preparation for publication.

