



Особенности применения инструментальных методов оценки функционального состояния мышечных групп пояснично-крестцового отдела позвоночника

Бородулина И.В.¹, Мухина А.А.², Чесникова Е.И.²

¹Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования Минздрава России, Москва, Россия

²Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Использование инструментальных методов обследования является способом формирования индивидуальной стратегии реабилитационного лечения и мониторинга эффективности. Однако отмечается недостаточность методов объективной оценки функционального состояния мышечных групп как у пациентов с дорсопатиями, так и у здоровых лиц, а также некорректное использование существующих диагностических инструментов в связи с отсутствием нормативной базы.

Цель. Определить нормативные значения силы группы мышц-сгибателей (МС) и мышц-разгибателей (МР) пояснично-крестцового отдела позвоночника и установить соотношение полученных результатов к автоматической аппаратной норме.

Материал и методы. В настоящее клиническое исследование были включены 22 здоровых добровольца в возрасте от 23 до 61 года (средний возраст составил 38,4±12,8 лет), из них 14 женщин (63,6%) и 8 мужчин (36,4%). Испытуемые не предъявляли жалоб на боли в нижней части спины, также в анамнезе не имелось сведений об эпизодах болевого синдрома, связанного с патологией позвоночника. Все добровольцы были сопоставимы по росту и весу перед включением в исследование. Добровольцы были обследованы с помощью диагностической системы с биологической обратной связью «Dr. Wolff «Back-Check»» (Германия), которая обеспечивает оценку целенаправленных движений для измерения пиковой силы в условиях изометрического сокращения в группах МС и МР спины. Исследование проведено в соответствии с условиями Хельсинкской декларации, все испытуемые перед началом диагностических мероприятий подписывали информированное согласие.

Результаты и обсуждение. Полученные результаты демонстрируют, что реальные нормативные показатели для МС и МР у здоровых лиц могут варьироваться в диапазоне от аппаратной нормы, рассчитываемой автоматически аппаратом до значения на 20% ниже. Превышение данного параметра не является патологическим отклонением. При оценке мышечной силы физиологическое и клиническое значение имеет снижение этого показателя, так как отражает дисфункцию данной области и является предиктором хронизации болевого синдрома.

Заключение. Полученные результаты нормативных значений позволяют корректно оценить исходное клиническое состояние и использовать данный инструментальный метод с биологической обратной связью для пациентов с дегенеративным поражением позвоночника и неспецифической болью в пояснично-крестцовой области и больных, перенесших операцию на позвоночнике, для составления программ индивидуальной реабилитации. В качестве дальнейшей перспективы применения диагностических систем с биологической обратной связью представляется включение в план обследования определения соотношения силы группы МС позвоночника к группе МР, а также силы мышц, участвующих в боковых наклонах туловища.

Ключевые слова: реабилитация, неспецифическая боль в спине, мышечный корсет, объективный метод оценки, мышечная сила

Источник финансирования: Исследование проведено на личные средства авторского коллектива.

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

Для цитирования: Бородулина И.В., Мухина А.А., Чесникова Е.И. Особенности применения инструментальных методов оценки функционального состояния мышечных групп пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (5): 65-72. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-5-65-72>

Для корреспонденции: Бородулина Ирина Владимировна, e-mail: irina.borodulina@gmail.com

Статья получена: 08.04.2021

Статья принята к печати: 07.10.2021

Features of the Application of Instrumental Methods for Lumbosacral Muscle Groups Functional State Assessing

Irina V. Borodulina¹, Anastasia A. Mukhina², Ekaterina I. Chesnikova²

¹Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Moscow, Russian Federation

²National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation

Abstract

The use of instrumental diagnosis methods is a way to form an individual strategy of rehabilitation treatment and effectiveness monitoring. However, there is a lack of methods for objective assessment of the muscle groups' functional state in both patients with dorsopathy and healthy individuals, as well as incorrect use of existing diagnostic tools due to the lack of the regulatory framework. The subjects had no complaints on low back pain, and there was no history of pain episodes associated with spinal pathology. All the volunteers were comparable in height and weight before being included in the study. The study was conducted in accordance with the terms of the Helsinki Declaration, all subjects signed an informed consent before the start of diagnostic activities.

Aim. To determine the normative values of the strength of the flexor muscle group (FM) and extensor muscles (EM) of the lumbosacral spine and to establish the ratio of the obtained results to the automatic hardware norm.

Material and methods. The present clinical study included 22 healthy volunteers aged 23 to 61 years (the average age was 38.4±12.8 years), including 14 women (63.6%) and 8 men (36.4%).

Results and discussion. The results obtained demonstrate that the real normative indicators for MS and MR in healthy individuals can vary in the range from the hardware norm value calculated automatically by the device to a value of 20% lower. Exceeding this parameter is not a pathological deviation. When assessing the muscle strength, a decrease in this indicator is of physiological and clinical significance, since it reflects the dysfunction of this area and is a predictor of the pain syndrome chronicity.

Conclusion. The standard values findings allow us to assess correctly the initial clinical condition and use this instrumental method with biofeedback for patients with degenerative spinal lesion and non-specific pain in the lumbosacral region and patients who have undergone spinal surgery to develop individual rehabilitation programs. As a further prospect for the use of diagnostic systems with biofeedback, it is suggested that the examination plan should include the determination of the ratio of the FM strength to the EM strength, as well as the strength of the muscles involved in the lateral slopes of the trunk.

Keywords: rehabilitation, non-specific back pain, muscle corset, objective assessment method, muscle strength

Acknowledgments: The research was conducted at the personal expense of the author's team.

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

For citation: Borodulina I.V., Mukhina A.A., Chesnikova E.I. Features of the Application of Instrumental Methods for Lumbosacral Muscle Groups Functional State Assessing. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (5): 65-72. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-5-65-72>

For correspondence: Irina V. Borodulina, e-mail: irina.borodulina@gmail.com

Received: Apr 08, 2021

Accepted: Oct 07, 2021

Высокая распространенность дегенеративной патологии позвоночника и боли в нижней части спины диктует необходимость поиска новых решений для обеспечения персонализированного подхода к лечению и формированию реабилитационных программ [1-7]. В связи с этим особый интерес представляет внедрение методов объективной оценки функционального состояния скелетно-мышечных структур, составляющих стабилизирующую систему пояснично-крестцового отдела позвоночника. Инструментальные методы диагностики на сегодняшний день представляют собой неотъемлемое звено в процессе формирования индивидуальной стратегии реабилитационного лечения и мониторинга эффективности проводимых терапевтических мероприятий. Тем не менее, отмечается недостаточность методов объективизации функционального состояния мышечных групп как у пациентов с дегенеративной патологией позвоночника, так и у здоровых лиц, а также некорректное использование существующих диагностических инструментов в связи с отсутствием базы нормативных значений.

В повседневной клинической практике работы с пациентами, испытывающими боли в нижней части спины, весьма распространен термин «мышечный корсет». Под ним подразумевается группа мышц (мышцы спины,

груды и брюшной стенки), которые удерживают позвоночник в вертикальном положении и защищают внутренние органы [8]. При этом расхожей является рекомендация «укрепления мышечного корсета». Между тем оказывается, что связь «слабость мышц – боль в спине», ставшая сегодняшней аксиомой, на деле является слишком общей, не учитывающей индивидуальные параметры пациента, и нуждается в более конкретной оценке. В связи с этим рекомендуемые обобщенные комплексы упражнений для «укрепления» мышечного корсета, часто с обилием наклонных и ротационных движений приводят к обратному результату – усилению боли. Подобные двигательные паттерны не рекомендованы при дегенеративной патологии позвоночника, особенно в остром периоде [9, 10]. Также не выявлена связь между степенью «накачанности мышечного корсета», то есть объемом мышц, по данным магнитно-резонансной томографии, и тяжестью клинических проявлений у пациентов с болью в поясничной области [11]. Более значимой является оценка функциональных возможностей мышечных групп пояснично-крестцовой области для понимания их исходного состояния и обеспечения индивидуальной стратегии последующего реабилитационного лечения [12, 13].

Для объективной оценки существует ряд методов исследования, однако они имеют существенные ограничения [14]. Некоторые авторы предлагают использование кинезиологической (динамической) электромиографии (ЭМГ) с этой целью [15-18]. Динамическая электромиография – это метод оценки мышечной активности, которая регистрируется во время движения. С помощью этого метода можно получить данные о времени и выраженности суммарной активности всех мышечных волокон. Регистрация осуществляется накожными или внутримышечными электродами [19]. Кинезиологическая ЭМГ отражает процесс возбуждения мышцы как целого и позволяет оценить временную характеристику мышечной активности в миллисекундах (мс) и силу мышц в виде максимальной амплитуды отклонения от изолинии в микровольтах (мкВ). Для мышц спины наиболее важной является характеристика силы, при этом кинезиологическая ЭМГ вследствие технических особенностей регистрации отражает силовое действие только поверхностного мышечного слоя [15, 16].

Силу мышцы можно определить по максимальному весу груза, который она может поднять (динамический концентрический режим работы), либо по максимальной силе (напряжению), которую она может развить в условиях изометрического или изокинетического сокращения (изометрический или изокинетический режим работы). Мышечная сила зависит от ряда морфофункциональных, физиологических и физических факторов, а именно: угла перистости (величины угла прикрепления мышечных волокон к сухожилию в перистых мышцах), длины пучка мышечных волокон и площади поперечного сечения мышцы, а также от процентного соотношения различных типов двигательных единиц, входящих в эту мышцу: медленных, неустойчивых; быстрых, легко утомляемых; быстрых, устойчивых к утомлению [20, 21].

В некоторых исследованиях авторы для оценки функционального состояния мышечного корсета позвоночника предлагают использовать метод определения уровня статической выносливости (силы) различных мышечных групп путем специальных упражнений, при этом результат определяется по времени удержания позы в секундах [22]. Данный метод имеет высокий уровень субъективности, не учитывает исходных конституциональных характеристик испытуемого и не имеет достаточной нормативной базы.

Учитывая значимые ограничения вышеуказанных способов оценки функциональных возможностей мышечных групп пояснично-крестцовой области позвоночника, в последнее время предпочтение отдается инструментальным методам диагностики [12, 14, 23, 24]. Эффективные методы оценки повышают точность исходной клинической диагностики силы мышц-стабилизаторов позвоночника и позволяют персонализировать программу реабилитационного лечения у пациентов с патологией нижней части спины. Этой цели отвечает применение специальных диагностических систем с биологической обратной связью, позволяющих реализовать только точные целенаправленные движения и оценить пиковую силу в группах мышц-стабилизаторов позвоночника в условиях изометрического сокращения. Такие инструментальные методы технически позволяют оценить функциональные возможности мышц данной области и сделать вывод о состоянии «мышечного корсета» у пациента [25, 26].

Наиболее значимым в плане оценки состояния стабилизирующей системы позвоночника является измерение силы мышц-сгибателей и мышц-разгибателей позвоноч-

ника [27-29]. К мышцам, сгибающим позвоночник (МС) в пояснично-крестцовом отделе, относятся: прямая мышца живота; наружная косая мышца живота; внутренняя косая мышца живота и подвздошно-поясничная мышца, которая состоит из трех частей: большой поясничной мышцы, подвздошной мышцы и малой поясничной мышцы. К мышцам, разгибающим позвоночник (МР) в пояснично-крестцовом отделе, относятся: мышца-выпрямитель позвоночника, состоящая из остистой, длиннейшей и подвздошно-реберной частей; поперечно-остистая мышца, состоящая из полуостистой, многораздельной мышц и мышц-ротаторов; межпоперечные мышцы; межкостистые мышцы и мышцы-подниматели ребер [30].

Однако ограничением метода инструментальной оценки с использованием современных диагностических систем является отсутствие корректной нормативной базы, что затрудняет интерпретацию полученных результатов у пациентов с болью в нижней части спины на фоне дегенеративного поражения позвоночника, а также у пациентов, перенесших оперативное вмешательство. В подобных диагностических системах заложена программа автоматического расчета нормативных значений в зависимости от пола, возраста, роста и веса, однако существует нехватка доказательной базы для беспрепятственного экстраполяции полученных данных на пациентов с патологией нижней части спины.

В связи с этим было проведено исследование для определения нормативных параметров силы мышц стабилизирующей системы пояснично-крестцовой области для диагностической системы у здоровых добровольцев.

Цель. Определить нормативные значения силы группы мышц-сгибателей и мышц-разгибателей пояснично-крестцового отдела позвоночника и установить соотношение полученных результатов к автоматической аппаратной норме.

Материал и методы

В настоящее клиническое исследование были включены 22 здоровых добровольца в возрасте от 23 до 61 года (средний возраст составил $38,4 \pm 12,8$ лет), из них 14 женщин (63,6%) и 8 мужчин (36,4%). Испытуемые не предъявляли жалоб на боли в нижней части спины, в анамнезе не имелось сведений об эпизодах болевого синдрома, связанного с патологией позвоночника. У добровольцев также не было диагностировано коморбидной патологии. Все добровольцы были сопоставимы по росту и весу перед включением в исследование. Исследование проведено в соответствии с условиями Хельсинкской декларации, все испытуемые перед началом диагностических мероприятий подписывали информированное согласие.

Добровольцы были обследованы помощью диагностической системы с биологической обратной связью «Dr. Wolff «Back-Check»» (Германия), которая обеспечивает оценку целенаправленных движений для измерения пиковой силы в условиях изометрического сокращения в группах МС и МР спины. Результат измерялся в килограммах. Возможности аппарата и программного обеспечения «Back-Check» позволяют автоматически рассчитать нормативные значения в зависимости от пола, возраста, роста и веса испытуемых. В исследовании была произведена оценка соотношения показателя силы каждой из групп мышц к рекомендуемой аппаратом норме. Статистический анализ проводился с помощью пакета прикладных программ «Microsoft Excel 2003» и «STATISTICA 6.0» (Stat Soft Inc., США).

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования было выявлено, что у 5 человек (22,7%) сила МР была меньше аппаратных нормативных значений, разница составила в среднем 19,9±11,4%. У 11 человек (50%) значение данного показателя превышало рекомендуемую норму на 20% и более. У 6 добровольцев (27,3%) показатели силы МР соответствовали автоматическим значениям аппарата.

При оценке силы МС спины было выявлено, что у 11 человек (50%) разница с нормативными показателями аппарата составила менее 1%. У 6 человек (27,3%) данный параметр был меньше рекомендуемой аппаратной нормы на 19,6±14,2%. 5 испытуемых (22,7%) имели силу МС выше рекомендуемых значений на 20% и более. Распределение параметров измерения испытуемых представлены на диаграмме (рис. 1).

Полученные данные позволяют сделать вывод, что реальные нормативные показатели для МС и МР у здоровых лиц могут варьироваться в референсном диапазоне от рассчитываемой автоматически аппаратной нормы до значения на 20% ниже. При этом превышение данного параметра не рассматривается как патологическое отклонение.

При оценке мышечной силы физиологическое и клиническое значение имеет снижение этого показателя. В различных исследованиях показана взаимосвязь снижения мышечной силы в группах сгибателей и разгибателей позвоночника и выраженности боли в нижней части спины [25, 31-33]. Снижение силы этих групп мышц влечет за собой перегрузку связочного аппарата, опорных структур позвоночника, что приводит к дисфункции данной области и хронизации болевого синдрома [25]. В связи с тем, что оценка силы стабилизирующих мышц позвоночника выражается в интегральном показателе измерения всех мышечных волокон, составляющих функциональную группу, принципиально важным является определение его референсных значений.

Результатом данного исследования явилось установление нормативного интервала значений для мышечной силы МС и МР пояснично-крестцового отдела позвоночника, что, несомненно, в большей степени

соответствует анатомическим и физиологическим особенностям данной области. Основываясь на полученных результатах, можно оценить уровень функциональных возможностей мышц у пациентов с дорсопатией и болью в нижней части спины, что позволит определить реабилитационную стратегию и производить мониторинг ее эффективности в процессе дальнейшего лечения.

Однако дальнейшей перспективой использования современных диагностических систем с биологической обратной связью является оценка соотношения силы МС к МР. Данный показатель может отражать баланс/дисбаланс в работе мышц-антагонистов нижней части спины и степень спинальной нестабильности. В настоящее время показана связь между нарушением сбалансированной работы мышц-стабилизаторов пояснично-крестцовой области, нестабильностью позвоночно-двигательных сегментов и хронической болью в спине [25, 34, 35]. В связи с этим основной клинической задачей является не только увеличение силы мышц-стабилизаторов позвоночника, но также достижение и поддержание баланса работы сгибателей и разгибателей. Для этого применяются специальные комплексы лечебной гимнастики, в частности с использованием подвесных систем, упражнения, направленные на стабилизацию поясничного отдела позвоночника с напряженными в постоянном режиме мышцами брюшного пресса, а также с помощью механотерапевтических аппаратов с биологической обратной связью для стабилизации пациента при управлении датчиками контроля положения и движений [36-38]. Кроме этого, значение имеет режим мышечной работы, применяемый во время тренировки.

В различных исследованиях предпринимались попытки сравнить, какой из режимов имеет большую эффективность для повышения силы мышцы: изотонический, изокинетический, изометрический или динамический, однако были получены противоречивые данные, что было связано с использованием авторами различных типов движений, мышечных групп и оценочных тестов [39-41]. В исследовании Lee S. с соавторами были проанализированы результаты предшествующих научных работ и сделаны выводы, что каждый из режимов имеет свои

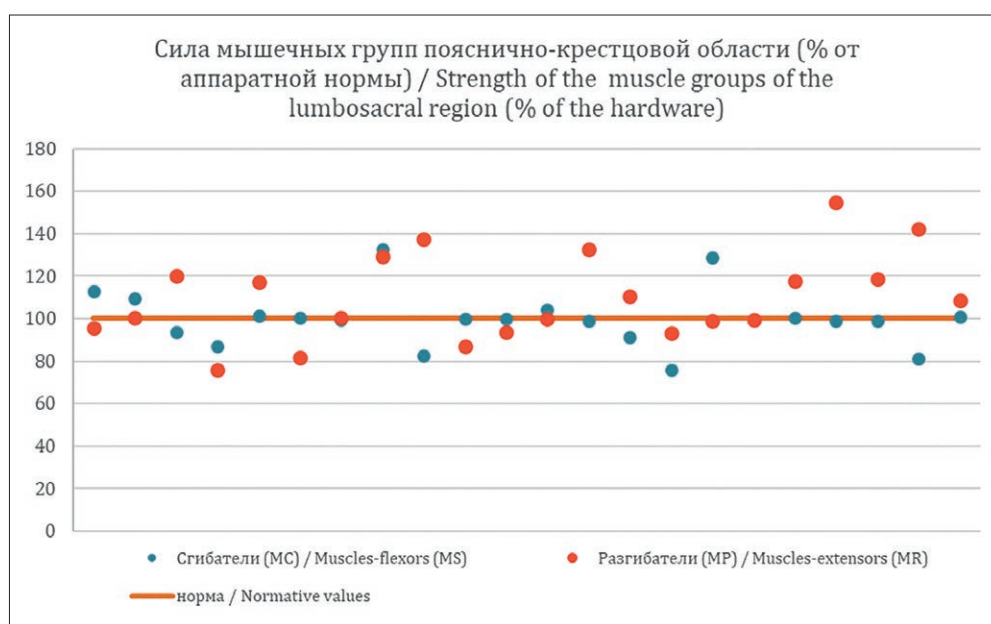


Рис. 1. Диаграмма распределения показателей измерения силы мышц-сгибателей и мышц-разгибателей пояснично-крестцовой области в % от значений аппаратной нормы

Fig.1. Distribution diagram on indicators for measuring the strength of the lumbosacral region flexor and extensor muscles in % of the hardware norm values

особенности [21]. В частности, изометрический режим тренировки может быть наиболее эффективным для увеличения мышечной силы при патологических состояниях, ограничивающих физическую активность вследствие болевого синдрома, а также рекомендован в программах ранней реабилитации, как и изотонические сокращения, однако для лучшего результата следует использовать различные углы для работы мышцы [42]. Для изокINETической тренировки принципиальное значение имеет скорость выполняемых движений.

Таким образом, в программе реабилитационного лечения с применением лечебной гимнастики имеет значение как тип упражнений, так и режим мышечного сокращения во время тренировки. В зависимости от исходных диагностических показателей и патогенеза заболевания можно составить индивидуальную программу, что будет способствовать повышению эффективности восстановления.

Заключение

Использование инструментальных методов обследования является способом объективной оценки для персонализации проводимых реабилитационных мероприятий и мониторинга их эффективности. Существующие диагностические методы определения функциональных возможностей и силы мышечных групп пояснично-крестцовой области характеризуются значительными ограничениями, в связи с чем интерпретация полученных результатов не дает полной информации и не может в полной мере быть использована для формирования те-

рапевтической стратегии у пациентов с болевым синдромом в нижней части спины. Диагностические системы с биологической обратной связью, позволяющие реализовать целенаправленные движения для измерения пиковой силы групп МС и МР спины, являются удобным и информативным инструментом для оценки состояния «мышечного корсета» у пациента. В проведенном исследовании показано соотношение нормативных значений аппарата, рассчитываемых автоматически, к целевой группе здоровых добровольцев без патологии нижней части спины.

Полученные результаты в большей степени отражают анатомо-физиологические характеристики исследуемой области, что позволяет широко использовать данный инструментальный метод для пациентов с дегенеративным поражением позвоночника и неспецифической болью в пояснично-крестцовой области и болевой, перенесших операцию на позвоночнике, для составления программ индивидуальной реабилитации на основе оценки исходного функционального состояния мышечных групп данной области. В качестве дальнейшей перспективы применения диагностических систем с биологической обратной связью представляется включение в план обследования определение соотношения силы группы МС позвоночника к группе МР, а также силы мышц, участвующих в боковых наклонах туловища, что в полной мере даст информацию об исходном функциональном состоянии различных мышечных групп и степени их сбалансированной работы для обеспечения стабильности позвоночника.

Список литературы

1. Hoy D., Bain C., March L., Brooks P. et al. A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis & Rheumatism*. 2012; 64(6): 2028-2037. <https://doi.org/10.1002/art.34347>
2. 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 у пациентов с пояснично-крестцовой радикулопатией. *Вестник восстановительной медицины*. 2019; 1(89): 33-41.
3. Maher C., Underwood M., Buchbinder R. Non-specific low back pain. *Lancet*. 2017; 389(10070): 736-747. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30970-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30970-9)
4. Chenot J.F., Greitemann B., Kladny B., Petzke F., Pflingsten M., Schorr S.G. Non-Specific Low Back Pain. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2017; 114(51-52): 883-890. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0883>
5. Hartvigsen J., Hancock M.J., Kongsted A., Louw Q. et al. Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*. 2018; 391(10137): 2356-2367. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30480-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30480-X)
6. Urits I., Burshtein A., Sharma M., Testa L. et al. Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Current Pain and Headache Reports*. 2019; 23(3): 23 p. <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0757-1>
7. Cancelliere C., Wong J.J., Yu H., Nordin M. et al. Postsurgical rehabilitation for adults with low back pain with or without radiculopathy who were treated surgically: protocol for a mixed studies systematic review. *British Medical Journal*. 2020; 10(3): e036817. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-036817>
8. Ингерлейб М.Б. Анатомия физических упражнений. Изд. 2-е. Феникс. 2009: 187 с.
9. Исайкин А.И. Скелетно-мышечная боль в пояснично-крестцовой области. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2011; (2): 34-41.
10. Kinkade S. Evaluation and Treatment of Acute Low Back Pain. *American Family Physician*. 2007; (3): 1190-1193.
11. Paalanen N., Niinimäki J., Karppinen J. et al. Assessment of association between low back pain and paraspinal muscle atrophy using Opposed-Phase MR imaging. A populationbased study among young adults. *Spine*. 2011; (1): 29-31. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181fef890>
12. Макарова Е.В., Марченкова Л.А., Еремушкин М.А. Эффективность механотерапевтических методов при коррекции дефицита силы мышц глубокой стабилизационной системы позвоночника у пациентов с переломами позвонков на фоне остеопороза. *Вестник восстановительной медицины*. 2020; 2(96): 33-40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-33-40>
13. Шимарова О.В., Малаховский В.В., Зилов В.Г. Значение методов нейромышечной активации постуральных мышц шеи в реабилитации пациентов с цервикальным миофасциальным болевым синдромом. *Вестник восстановительной медицины*. 2020; 2(96): 49-53. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-49-53>
14. Рыбка Д.О., Шарова Л.Е., Дудина М.Г. Возможности ультразвуковой диагностики состояния паравертебральных мышц поясничного отдела позвоночника у здоровых детей. *Вестник восстановительной медицины*. 2019; (90): 69-73.
15. Хитров М.В., Субботина Т.И., Яшин А.А. Электромиография как метод объективизации результатов физической реабилитации травм опорно-двигательного аппарата спортсменов. *Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки*. 2012; (1-2): 3-8.
16. Персон Р.С. Электромиография в исследованиях человека. Москва. Медицина. 1969: 241 с.
17. Юсевич Ю.С. Очерки по клинической электромиографии. Москва. Медицина. 1972: 187 с.
18. Коуэн Х., Брумлик Дж. Руководство по электромиографии и электродиагностике. Москва. Медицина. 1975: 358 с.
19. Англо-русский толковый словарь наиболее употребительных нейрофизиологических терминов. *Нервно-мышечные болезни*. 2013; (2): 57-65.
20. Беляева Л.А., Корытко О.В., Медведева Г.А. Биохимия сокращения и расслабления мышц: практическое руководство для студентов вузов специальности «Физическая культура». Гомель. ГГУ им. Ф. Скорины. 2009: 64 с.
21. Lee S.E.K, Lira C.A.B, Nouailhetas V.L.A, Vancini R.L., Andrade M.S. Do isometric, isotonic and/or isokinetic strength trainings produce different strength outcomes? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2018; 22(2): 430-437. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.08.001>
22. Барташевич Ю.В., Ножка И.А. Определение статической силовой выносливости постуральных мышц детей младшего школьного возраста. *Здоровье для всех: материалы четвертой международной научно-практической конференции*. 2012: 5-8.

23. Цыкунов М.Б., Шмырев В.И., Мусорина В.Л. Эффективность изокинетического 3D тестирования мышц-стабилизаторов позвоночника при планировании реабилитации пациентам с болями внизу спины. *Вестник восстановительной медицины*. 2018; 4(86): 21-28.
24. Бородулина И.В., Чесникова Е.И., Мухина А.А., Марфина Т.В. Объективная оценка функционального состояния мышечных групп пояснично-крестцового отдела позвоночника у здоровых лиц. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2019; 96(2-2): 42-43.
25. Ko K.J., Ha G.C., Yook Y.S., Kang S.J. Effects of 12-week lumbar stabilization exercise and sling exercise on lumbosacral region angle, lumbar muscle strength, and pain scale of patients with chronic low back pain. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30(1): 18-22. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.18>
26. Azadinia F., Ebrahimi E., Takamjani, Kamyab M., Parnianpour M. et al. Can lumbosacral orthoses cause trunk muscle weakness? A systematic review of literature. *Spine*. 2017; 17(4): 589-602. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.12.005>
27. Elnaggar I.M., Nordin M., Sheikhzadeh A. et al. Effects of spinal flexion and extension exercises on low-back pain and spinal mobility in chronic mechanical low-back pain patients. *Spine*. 1991; (16): 967-972.
28. Wilczyński J., Kasprzak A. Dynamics of Changes in Isometric Strength and Muscle Imbalance in the Treatment of Women with Low back Pain. *BioMed Research International*. 2020; (11): 6139535. <https://doi.org/10.1155/2020/6139535>
29. Acar Y., İlçin N., Gürpınar B., Can G. Core stability and balance in patients with ankylosing spondylitis. *Rheumatology International*. 2019; 39(8): 1389-1396. <https://doi.org/10.1007/s00296-019-04341-5>
30. Кириллова Т.Г., Абросимова Л.И. Рабочая тетрадь по анатомии человека. Мышцы. Функциональные группы: Учебно-методическое пособие для студентов ВУЗов. Дониэдат. Ростов-на-Дону. 2013: 116 с.
31. Langrana N.A., Lee C.K., Alexander H. et al. Quantitative assessment of back strength using isokinetic testing. *Spine*. 1984; (9): 287-290.
32. Handa N., Yamamoto H., Tani T. et al. The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic Science*. 2000; (5): 210-216.
33. Oh J.S., Choi D.G., Kim Y.S. The effect of lumbar stability exercise program on sedentary life female, lumbosacral region angle, muscular strength, physical fitness and pain scale. *The Korean Journal of Sports Medicine*. 2017; (35): 15-24.
34. Zouita Ben Moussa A., Zouita S., Ben Salah Fz., Behm Dg., Chaouachi A. Isokinetic trunk strength, validity, reliability, normative data and relation to physical performance and low back pain: a review of the literature. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 2020; 15(1): 160-174.
35. De Blaiser C., De Ridder R., Willems T., Danneels L., Roosen P. Reliability and validity of trunk flexor and trunk extensor strength measurements using handheld dynamometry in a healthy athletic population. *Physical Therapy in Sport*. 2018; (34): 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.10.005>
36. Suh J.H., Kim H., Jung G.P., Ko J.Y., Ryu J.S. The effect of lumbar stabilization and walking exercises on chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(26): e16173. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016173>
37. Gomes-Neto M., Lopes J.M., Conceição C.S., Araujo A., Brasileiro A., Sousa C., Carvalho V.O., Arcanjo F.L. Stabilization exercise compared to general exercises or manual therapy for the management of low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*. 2017; (23):136-142. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.08.004>
38. Toprak Çelenay Ş., Özer Kaya D. An 8-week thoracic spine stabilization exercise program improves postural back pain, spine alignment, postural sway, and core endurance in university students: a randomized controlled study. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2017; 47(2): 504-513. <https://doi.org/10.3906/sag-1511-155>
39. Wilson G., Murphy A. The efficacy of isokinetic, isometric and vertical jump tests in exercise science. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*. 1995; (27): 20-24.
40. Malas F.Ü., Özçakar L., Kaymak B., Ulas İ., A., Güner S., Kara M., Akıncı, A. Effects of different strength training on muscle architecture: clinical and ultrasonographic evaluation in knee osteoarthritis. *The Journal of Injury, Function and Rehabilitation*. 2013; (5): 655-662. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.03.005>
41. Helling T. Effects of Isotonic Training, Isokinetic Training and Jumping. Practice on the Vertical Jump Performance of College Age Women. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 1980; (57): 55-65. <http://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.10.005>
42. Folland J.P., Hawker K., Leach B., Little T., Jones D.A. Strength training: isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *Journal of Sports Sciences*. 2005; (23): 817-824.

References

1. Hoy D., Bain C., March L., Brooks P. et al. A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis & Rheumatism*. 2012; 64(6): 2028-2037. <https://doi.org/10.1002/art.34347>.
2. Borodulina I.V., Badalov N.G., Mukhina A.A., Guscha A.O. Otsenka effektivnosti kompleksnogo lecheniya s primeneniem ritmicheskoi transkraniialnoi magnitnoi stimulyatsii i obschih gidrogalvanicheskikh vann u patsientov s poynasichno-krestsovoi radikulopatiei [Assessment of the efficiency of complex treatment with the application of rhythmic transcranial magnetic stimulation and general hydrogalvanical bathtubs in patients with lumbar and cross-radculopathy]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 201; 1(89): 33-41 (In Russ.).
3. Maher C., Underwood M., Buchbinder R. Non-specific low back pain. *Lancet*. 2017; 389(10070): 736-747. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30970-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30970-9)
4. Chenot J.F., Greitemann B., Kladny B., Petzke F., Pflingsten M., Schorr S.G. Non-Specific Low Back Pain. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2017; 114(51-52): 883-890. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0883>
5. Hartvigsen J., Hancock M.J., Kongsted A., Louw Q. et al. Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*. 2018; 391(10137): 2356-2367. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30480-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30480-X)
6. Urits I., Burshtein A., Sharma M., Testa L. et al. Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Current Pain and Headache Reports*. 2019; 23(3): 23 p. <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0757-1>
7. Cancelliere C., Wong J.J., Yu H., Nordin M. et al. Postsurgical rehabilitation for adults with low back pain with or without radiculopathy who were treated surgically: protocol for a mixed studies systematic review. *British Medical Journal*. 2020; 10(3): e036817. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-036817>.
8. Ingerleib M.B. Anatomiya fizicheskikh uprajnenii [The anatomy of physical exercises]. 2009: 187 p. (In Russ.).
9. Isaikin A.I. Skeletno-myshechnaia bol' v poiasnichno-kresttsovoi oblasti [Musculoskeletal pain in the lumbosacral region]. *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2011; (2): 34-41 (In Russ.).
10. Kinkade S. Evaluation and Treatment of Acute Low Back Pain. *American Family Physician*. 2007; (3): 1190-1193.
11. Paalanen N., Niinimäki J., Karppinen J. et al. Assessment of association between low back pain and paraspinal muscle atrophy using Opposed-Phase MR imaging. A population-based study among young adults. *Spine*. 2011; (1): 29-31. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181fef890>
12. Makarova E.V., Marchenkova L.A., Eremushkin M.A. Effektivnost' mekhanoterapevticheskikh metodov pri korektsii defitsita sily myshts glubokoi stabilizatsionnoi sistemy pozvonochnika u patsientov s perelomami pozvonkov na fone osteoporoz [The effectiveness of mechanotherapeutic methods in correcting the lack of muscle strength of the deep stabilization system of the spine in patients with vertebral fractures on the background of osteoporosis]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 2(96): 33-40. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-33-40> (In Russ.).
13. Shmarova O.V., Malakhovskii V.V., Zilov V.G. Znachenie metodov neiromyshechnoi aktivatsii posturalnykh myshts shei v reabilitatsii patsientov s tservikalnym miofascialnym bolelym sindromom [The importance of neuromuscular activation of postural neck muscles in the rehabilitation of patients with cervical myofascial pain syndrome]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 2(96): 49-53. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-49-53> (In Russ.).
14. Rybka D.O., Sharova L.E., Dudina M.G. Vozmozhnosti ultrazvukovoi diagnostiki sostoianiia paravertebralnykh myshts poiasnichnogo otdela pozvonochnika u zdorovykh detei [Possibilities of ultrasound diagnostics of the state of the paravertebral muscles of the lumbar spine in healthy children]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; (90): 69-73 (In Russ.).
15. Khitrov M.V., Subbotina T.I., Yashin A.A. Elektromiografiya kak metod obieektivizatsii rezultatov fizicheskoi reabilitatsii travm oporno-dvigatel'nogo apparata sportmenov [Electromyography as a method of objectification of the results of physical rehabilitation of injuries of the musculoskeletal system of athletes]. *Proceedings of the Tula State University. Humanities*. 2012; (1-2): 3-8 (In Russ.).

16. Person R.S. Elektromiografiya v issledovaniyakh cheloveka [Electromyography in human research]. Moscow. Meditsina. 1969: 241 p. (In Russ.).
17. Yusevich Yu.S. Ocherki po klinicheskoi elektromiografii [Essays on clinical electromyography]. Moscow. Meditsina. 1972: 187 p. (In Russ.).
18. Cohen H.L., Brumlik J. Rukovodstvo po elektromiografii i elektrodiagnostike. Moscow. Meditsina. 1975: 358 p. (In Russ.).
19. Anglo-russkij tolkovyj slovar' naibolee upotrebitel'nyh nejrofiziologicheskikh terminov [English-Russian explanatory dictionary of the most commonly used neurophysiological terms]. *Neuromuscular diseases*. 2013; (2): 57-65 (In Russ.).
20. Belyaeva L.A., Korytko O.V., Medvedeva G.A. Biokhimiya sokrashcheniya i rasslableniya myshts prakticheskoe rukovodstvo dlia studentov vuzov spetsialnosti Fizicheskaia kultura [Biochemistry of muscle contraction and relaxation: a practical guide for university students of the specialty "Physical culture"]. Gomel. Francisk Skorina Gomel State University. 2009: 64 p. (In Russ.).
21. Lee S.E.K, Lira C.A.B, Nouailhetas V.L.A, Vancini R.L., Andrade M.S. Do isometric, isotonic and/or isokinetic strength trainings produce different strength outcomes? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2018; 22(2): 430-437. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.08.001>.
22. Bartashevich Yu.V., Nogka I.A. [Determination of static power endurance of postural muscles of children of primary school age]. *Zdorove dlia vsekh materialy chetvertoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. 4th Int. Symp. "Health for all"]. 2012: 5-8 (In Russ.).
23. Tsykunov M.B., Shmyrev V.I., Musorina V.L. Effektivnost' izokineticheskogo 3D testirovaniia myshts-stabilizatorov pozvonochnika pri planirovanii reabilitatsii patsientam s boliami vnizu spiny [The effectiveness of isokinetic 3D testing of spinal stabilizer muscles in planning rehabilitation for patients with lower back pain]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2018; 4(86): 21-28 (In Russ.).
24. Borodulina I.V., Chesnikova E.I., Mukhina A.A., Marfina T.V. Obiektivnaia otsenka funktsionalnogo sostoianiia myshechnykh grupp poiasnichno-kreststovogo otdela pozvonochnika u zdorovykh lits [Objective assessment of the functional state of the muscle groups of the lumbosacral spine in healthy individuals]. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2019; 96(2-2): 42-43 (In Russ.).
25. Ko K.J., Ha G.C., Yook Y.S., Kang S.J. Effects of 12-week lumbar stabilization exercise and sling exercise on lumbosacral region angle, lumbar muscle strength, and pain scale of patients with chronic low back pain. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2018; 30(1): 18-22. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.18>.
26. Azadinia F., Ebrahim E., Takamjani, Kamyab M., Parnianpour M. et al. Can lumbosacral orthoses cause trunk muscle weakness? A systematic review of literature. *Spine*. 2017; 17(4): 589-602. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.12.005>
27. Elnaggar I.M., Nordin M., Sheikhzadeh A. et al. Effects of spinal flexion and extension exercises on low-back pain and spinal mobility in chronic mechanical low-back pain patients. *Spine*. 1991; (16): 967-972.
28. Wilczyński J., Kasprzak A. Dynamics of Changes in Isometric Strength and Muscle Imbalance in the Treatment of Women with Low back Pain. *BioMed Research International*. 2020; (11): 6139535. <https://doi.org/10.1155/2020/6139535>
29. Acar Y., Ilçin N., Gürpınar B., Can G. Core stability and balance in patients with ankylosing spondylitis. *Rheumatology International*. 2019; 39(8): 1389-1396. <https://doi.org/10.1007/s00296-019-04341-5>.
30. Kirillova T.G., Abrosimova T.H. Rabochaia tetrad po anatomii cheloveka Myshtsy Funktsionalnye gruppy Uchebno-metodicheskoe posobie dlia studentov VUZov [Workbook on human anatomy. Muscles. Functional groups: An educational and methodological guide for university students]. Rostov-na-Donu. 2013: 116 p. (In Russ.).
31. Langrana N.A., Lee C.K., Alexander H. et al. Quantitative assessment of back strength using isokinetic testing. *Spine*. 1984; (9): 287-290.
32. Handa N., Yamamoto H., Tani T. et al. The effect of trunk muscle exercises in patients over 40 years of age with chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic Science*. 2000; (5): 210-216.
33. Oh J.S., Choi D.G., Kim Y.S. The effect of lumbar stability exercise program on sedentary life female, lumbosacral region angle, muscular strength, physical fitness and pain scale. *The Korean Journal of Sports Medicine*. 2017; (35): 15-24.
34. Zouita Ben Moussa A., Zouita S., Ben Salah Fz., Behm Dg., Chaouachi A. Isokinetic trunk strength, validity, reliability, normative data and relation to physical performance and low back pain: a review of the literature. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 2020; 15(1): 160-174.
35. De Blaiser C., De Ridder R., Willems T., Danneels L., Roosen P. Reliability and validity of trunk flexor and trunk extensor strength measurements using handheld dynamometry in a healthy athletic population. *Physical Therapy in Sport*. 2018; (34): 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.10.005>
36. Suh J.H., Kim H., Jung G.P., Ko J.Y., Ryu J.S. The effect of lumbar stabilization and walking exercises on chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(26): e16173. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016173>
37. Gomes-Neto M., Lopes J.M., Conceição C.S., Araujo A., Brasileiro A., Sousa C., Carvalho V.O., Arcanjo F.L. Stabilization exercise compared to general exercises or manual therapy for the management of low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*. 2017; (23): 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.08.004>
38. Toprak Çelenay Ş., Özer Kaya D. An 8-week thoracic spine stabilization exercise program improves postural back pain, spine alignment, postural sway, and core endurance in university students: a randomized controlled study. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2017; 47(2): 504-513. <https://doi.org/10.3906/sag-1511-155>
39. Wilson G., Murphy A. The efficacy of isokinetic, isometric and vertical jump tests in exercise science. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*. 1995; (27): 20-24.
40. Malas F.Ü., Özçakar L., Kaymak B., Ulas İ, A., Güner S., Kara M., Akıncı, A. Effects of different strength training on muscle architecture: clinical and ultrasonographic evaluation in knee osteoarthritis. *The Journal of Injury, Function and Rehabilitation*. 2013; (5): 655-662. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.03.005>
41. Helling T. Effects of Isotonic Training, Isokinetic Training and Jumping. Practice on the Vertical Jump Performance of College Age Women. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 1980; (57): 55-65. <http://doi.org/10.1016/j.rehab.2013.10.005>
42. Folland J.P., Hawker K., Leach B., Little T., Jones D.A. Strength training: isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *Journal of Sports Sciences*. 2005; (23): 817-824.

Информация об авторах:

Бородулина Ирина Владимировна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации, Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования Минздрава России.

E-mail: irina.borodulina@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7526-1553>

Мухина Анастасия Александровна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: MuhinaAA@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8960-4318>

Чесникова Екатерина Ивановна, научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: ChesnikovaEl@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2603-6170>

Вклад авторов:

Бородулина И.В. – концепция и дизайн; Чесникова Е.И., Мухина А.А. – сбор и обработка материала; Мухина А.А. – статистическая обработка данных; Бородулина И.В. – написание текста; Мухина А.А. – редактирование.

Information about the authors:

Irina V. Borodulina, Dr. Sci. (Med), Assistant, Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education.

E-mail: irina.borodulina@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7526-1553>

Anastasia A. Mukhina, Dr. Sci. (Med), Leading Researcher, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: MuhinaAA@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8960-4318>

Ekaterina I. Chesnikova, Researcher, National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: ChesnikovaEl@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-2603-6170>

Contribution:

Borodulina I.V. – concept and design; Chesnikova E.I., Mukhina A.A. – material collection and processing; Mukhina A.A. – statistical data processing; Borodulina I.V. – text writing; Mukhina A.A. – editing.

