



ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В КОРРЕКЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ И КИНЕЗИОФОБИИ У ПАЦИЕНТОВ С ПАТОЛОГИЕЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

И.В. Погонченкова, М.Р. Макарова, Д.А. Сомов, Н.В. Скоробогатых, М.А. Головкина, Е.Е. Попихина

Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого, ул. Земляной Вал, д. 53. г. Москва, 105120, Россия

Резюме. Заболевания опорно-двигательной системы, включая остеоартроз (ОА), затрагивают около 250 миллионов человек и являются причиной инвалидности у людей старше 50 лет. Основное проявление ОА – боль, которая приводит к функциональным нарушениям, усталости, депрессии и снижению мышечной силы. Кинезиофобия ухудшает болевой синдром и препятствует реабилитации. Важен комплексный подход, включающий психотерапевтические интервенции и физическую терапию для восстановления уверенности в движении и снижения тревожности. *Цель исследования:* оценить клиническую эффективность реабилитационного комплекса «Аппаратно-программный мультимедийный комплекс для дистанционно контролируемой реабилитации пациентов с использованием технологий виртуальной реальности «ДЕВИРТА» в восстановлении двигательной активности пациентов с болевым синдромом на фоне дегенеративных заболеваний и последствий травм конечностей и позвоночника. *Объект и методы.* В исследование включено 62 пациента в среднем возрасте $63,9 \pm 9,4$ года, 22 мужчины и 40 женщин, разделённые на две группы. Первая группа (34 человека) включала пациентов с дегенеративными заболеваниями суставов невоспалительной этиологии и последствиями травм. Вторая группа (28 человек) – пациенты с рефлекторными мышечно-тоническими синдромами на фоне дегенеративных заболеваний позвоночника (17 пациентов) и последствиями компрессионного неосложнённого перелома поясничного отдела позвоночника (11 пациентов). Программа медицинской реабилитации включала групповую лечебную гимнастику, низкоинтенсивную магнитотерапию, магнитолазерную терапию, комплекс двигательной реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ». Курс реабилитации длился 10 дней. *Результаты.* В процессе 2-го этапа медицинской реабилитации с применением виртуальной реальности у пациентов с дегенеративными заболеваниями и последствиями травм конечностей и позвоночника наблюдается снижение болевого синдрома ($p < 0,05$), улучшение подвижности поясничного отдела и скорости ходьбы. Также отмечается снижение кинезиофобии по шкале Тампа ($p < 0,05$) и улучшение психоэмоционального состояния ($p > 0,05$). *Выводы.* Тренировочные занятия с использованием технологии виртуальной реальности эффективны для снижения болевых ощущений, улучшения функциональной активности и психоэмоционального состояния у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Виртуальная реальность также уменьшает интенсивность кинезиофобии и нормализует психоэмоциональное состояние. Аппаратно-программный комплекс «ДЕВИРТА» может быть включён в реабилитационные программы для пациентов с дегенеративными заболеваниями и травмами конечностей и позвоночника.

Ключевые слова: Виртуальная реальность [D017216]; Двигательные нарушения [D009069]; Кинезиофобия [D005239]; Реабилитация [D012046]; Опорно-двигательная система [D001842]; Моторное обучение [D019094]; Иммерсивная терапия [D000070600].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

Для цитирования: Погонченкова И.В., Макарова М.Р., Сомов Д.А., Скоробогатых Н.В., Головкина М.А., Попихина Е.Е. Технологии виртуальной реальности в коррекции двигательных нарушений и кинезиофобии у пациентов с патологией опорно-двигательной системы. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье. 2025;15(1):52-60. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.1.CLIN.4>



VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN THE CORRECTION OF MOTOR DISORDERS AND KINESIOPHOBIA IN PATIENTS WITH MUSCULOSKELETAL PATHOLOGY

Irena V. Pogonchenkova, Marina R. Makarova, Dmitriy A. Somov, Natal'ya V. Skorobogatykh, Mariya A. Golovkina, Ekaterina E. Popikhina

Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky, 53, Zemlyanoy Val st., Moscow, 105120, Russia

Abstract. Musculoskeletal disorders, such as osteoarthritis (OA), impact approximately 250 million individuals, contributing to disabilities among those over 50 years old. OA primarily manifests as pain, leading to functional impairments, fatigue, depression, and reduced muscle strength. The condition of kinesiophobia exacerbates pain and complicates rehabilitation efforts. Therefore, a comprehensive approach is essential, comprising psychotherapeutic treatments and physical therapy to reinforce movement confidence and diminish anxiety. *The aim* - to assess the clinical effectiveness of the rehabilitation system, "Hardware and Software Multimedia Complex for Remotely Controlled Rehabilitation of Patients using Virtual Reality Technologies 'DEVIRTA,'" in restoring mobility in patients with the pain due to degenerative conditions and residual limb or spine injuries. *Object and methods.* 62 participants, averaging 63.9±9.4 years old, with 22 males and 40 females, were included and divided into two distinct groups. The first group, consisting of 34 individuals, focused on those with degenerative joint conditions of non-inflammatory origin and injury aftermath. The second group comprised patients experiencing reflex musculotonic syndromes due to degenerative spinal ailments (17 individuals) and outcomes of non-complicated lumbar spine compression fractures (11 individuals). The medical rehabilitation agenda included group therapeutic exercise sessions, low-intensity magnetic therapy, magnetic laser therapy, and a motor rehabilitation program utilizing virtual reality technology DEVIRTA-DELPHI. The rehabilitation duration spanned 10 days. *Results.* Findings reveal that during the second phase of medical rehabilitation incorporating virtual reality, individuals with degenerative conditions and injury-induced limb and spine issues showed a reduction in pain ($p < 0.05$) and exhibited enhanced lumbar flexibility and faster walking speeds. There was also a notable reduction in kinesiophobia as measured by the Tampa scale ($p < 0.05$) and an improvement in psycho-emotional well-being ($p > 0.05$). *Conclusion.* Conducting rehabilitation using virtual reality technology proves beneficial in alleviating pain and enhancing both functional ability and emotional health in individuals with musculoskeletal disorders. Virtual reality adeptly reduces the severity of kinesiophobia and stabilizes the psycho-emotional state. The DEVIRTA system can be seamlessly integrated into rehabilitation plans for patients dealing with degenerative or injury-related limb and spine conditions.

Keywords: Virtual Reality [D017216]; Motor Disorders [D009069]; Kinesiophobia [D005239]; Rehabilitation [D012046]; Musculoskeletal System [D001842]; Motor Learning [D019094]; Immersive Therapy [D000070600].

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

Cite as: Pogonchenkova I.V., Makarova M.R., Somov D.A., Skorobogatykh N.V., Golovkina M.A., Popikhina E.E. Virtual Reality Technologies in the Correction of Motor Disorders and Kinesiophobia in Patients with Musculoskeletal Pathology. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2025;15(1):52-60. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.1.CLIN.4>

Введение

Заболевания опорно-двигательной системы (ОДС) представляют значительную проблему современной медицины. Остеоартроз (ОА) является самым распространённым дегенеративным заболеванием суставов, затрагивающим около 250 миллионов человек по всему миру, ухудшающим качество жизни и снижающим трудоспособность пациентов [1]. ОА коленного и тазобедренного суставов входит в пять основных причин инвалидности взрослых старше 50 лет [2].

Боль в суставах, как ведущее проявление ОА, наблюдается у 33% пациентов и считается ключевой причиной функциональных нарушений и инвалидности. Не менее важное значение для ограничения функционирования и ухудшении качества жизни имеют внесуставные симптомы ОА: усталость, депрессия, боязнь передвижения и снижение мышечной силы. Эти состояния могут не только снижать мотивацию к физической активности, но и усиливать чувство беспомощности у пациентов, способствуют социальной изоляции и ухудшают психоэмоциональный статус. Эффективное лечение ОА требует комплексного подхода, включающего не только медика-

ментозные методы, но и психологическую поддержку, физиотерапию и регулярные физические упражнения, направленные на укрепление мышц, улучшение настроения и борьбу с боязнью передвижения [2, 3].

Страх перед движением, или кинезиофобия, ассоциирован с более интенсивной болью и инвалидностью, а также является предиктором неблагоприятных результатов реабилитации у пациентов с ОА. Кинезиофобия определяется как чрезмерный и иррациональный страх перед физической активностью или движениями из-за усиленной болевой чувствительности, вызванной травмой или повреждением тела, что приводит к избеганию движения [3]. В исследованиях показано, что 57,3% пациентов с дорсопатией и 62,2% пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава испытывают кинезиофобию. Доказано, что пациенты, страдающие кинезиофобией, стараются избегать любых физических нагрузок, что, в свою очередь, усугубляет симптоматику и может привести к дальнейшей дегенерации суставов [4, 5].

Страх оказывает значительное влияние на восприятие боли, а кинезиофобия приводит к измене-

ниям поведения. В соответствии с моделью избегания страха существует два основных подхода для устранения кинезиофобии: преодоление страха и тактика избегания [6]. Долгосрочное избегание может ухудшать состояние из-за увеличения мышечной слабости, усиления болевого синдрома и снижения уровня физической активности, что может привести к инвалидности [7, 8]. Кинезиофобия в сочетании с болевым синдромом, тревожными состояниями и депрессией создаёт замкнутый круг, затрудняющий процесс реабилитации.

Если на этапе острой боли кинезиофобия рассматривается как защитная поведенческая стратегия для предохранения повреждённых частей тела, то в дальнейшем она способствует гиподинамии и эмоциональным нарушениям [9]. Для пациентов с заболеваниями и травмами ОДС, в том числе после артропластики суставов, металлоостеосинтеза, снижение боли имеет ключевое значение. Именно боль в области травмы или послеоперационной раны, тревога и неуверенность в полном физическом восстановлении являются основными факторами, снижающими мотивацию к активной реабилитации и замедляющими возвращение к привычной бытовой и социальной активности [10]. В настоящее время имеется достаточно доказательств необходимости оценки кинезиофобии у пациентов с патологией ОДА с целью индивидуализации плана медицинской реабилитации, что нашло свое отражение в действующих кинических рекомендациях.

Систематический обзор показал, что кинезиофобия неблагоприятно влияет на восстановление, однако является модифицируемым фактором у людей с хронической мышечно-скелетной болью [11]. Управление кинезиофобией становится критически важной частью комплексного подхода к лечению ОА. Современные методы реабилитации включают психотерапевтические интервенции, направленные на уменьшение страха перед болью и движением, а также программы физической терапии, которые помогают восстановить уверенность в собственных физических возможностях. Постепенное увеличение физических нагрузок в безопасной среде способствует снижению тревожности, связанной с движением, и позволяет людям вернуться к более активному образу жизни [12].

В настоящее время применяются различные технологии коррекции кинезиофобии, в основном когнитивно-поведенческая терапия и метод систематической десенсибилизации [13]. Первая помогает уменьшить страх, изменяя ошибочные представления о боли. Вторая преодолевает избегание через непосредственное столкновение с болью, корректируя восприятие до полного привыкания. Однако данные методы не способны значимо уменьшить боле-

вой синдром, не увеличивают двигательную активность, что ведёт к нарушению режима и недостаточным результатам реабилитации [14, 15].

В связи с этим активно ведётся поиск безопасной реабилитационной стратегии для улучшения функционирования, постурального баланса, мышечной силы, проприоцепции, показателей походки, диапазона движений и боли, преодоления кинезиофобии у пациентов с ОА [16]. Наряду с лечебной гимнастикой и физиотерапией [17], чаще стали применяться технологии виртуальной реальности (VR), которая описывается как «имитация посредством комбинирования различных интерактивных устройств и сенсорных систем отображения» [18]. Пользователи входят во взаимодействие с виртуальным пространством, воспринимая визуальные, слуховые, осязательные и кинестетические стимулы [19]. Ряд авторов отмечает корреляцию степени погружения в виртуальную среду с терапевтическим эффектом [20]. Эффекты VR при ОА, вероятно, обусловлены феноменом отвлечения за счёт перенаправления внимания пациентов от болезненных стимулов к приятным переживаниям, что облегчает восприятие боли и уменьшает уровень кинезиофобии [21-23].

Доказательная база применения VR при заболеваниях ОДС небольшая, и в имеющихся исследованиях кинезиофобия не была первичным критерием оценки эффективности реабилитации. Gulsen и коллеги обнаружили, что для пациентов с фибромиалгией VR снижает боль и агорафобию [24]. Однако обзор Ahern и соавт. выявил меньшую эффективность VR по сравнению со стандартной физиотерапией для пациентов с хроническим болевым синдромом в позвоночнике и имеет слабые доказательства влияния на боль, инвалидность и кинезиофобию [25]. Исследование Zadro и соавт. также не выявило значительного влияния VR на кинезиофобию или инвалидность [26]. В то же время технологии VR продемонстрировали неплохой эффект в коррекции фобий, психических и тревожных расстройств [27, 28]. Отечественными учёными показано, что использование VR способствует достоверному улучшению самочувствия, снижению интенсивности боли и значительному уменьшению психологической составляющей кинезиофобии [29-31]. По данным литературы, применение VR-программы приводит к снижению интенсивности болевых ощущений у пациентов в течение всего курса медицинской реабилитации (MP), а виртуальное погружение в 3D-реальность позволяет воздействовать на патогенетические звенья нейропатической и смешанной хронической боли у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника [32]. Имеющиеся доказательства эффективности программ MP с использованием VR свидетельствуют о преимуще-

ственном восстановлении и коррекции психоэмоциональной сферы пациентов с повреждениями ОДС, однако дефицит информации о динамике функциональных нарушений при проведении упражнений в условиях виртуальной реальности сохраняется.

Таким образом, несмотря на положительные результаты отдельных исследований, ясно, что эффективность ВР в снижении кинезиофобии остаётся предметом дискуссий и требует дополнительной научной проверки.

Цель исследования: оценить клиническую эффективность реабилитационного комплекса «Аппаратно-программный мультимедийный комплекс для дистанционно контролируемой реабилитации пациентов с использованием технологий виртуальной реальности «ДЕВИРТА» в восстановлении двигательной активности пациентов с болевым синдромом на фоне дегенеративных заболеваний и последствий травм конечностей и позвоночника.

Объект и методы

Исследование проводилось в круглосуточном стационаре (2-й этап медицинской реабилитации) ГАОУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого» Департамента здравоохранения города Москвы, являлось открытым наблюдательным. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в нём.

Включено 62 пациента с дегенеративными заболеваниями позвоночника и последствиями травм нижних конечностей и позвоночника в среднем возрасте $63,9 \pm 9,4$ года, из них 22 мужчины и 40 женщин. Пациенты были представлены двумя группами.

В 1-й группе находились 34 (54,8%) пациента в возрасте $67,5 \pm 9,1$ года с дегенеративными заболеваниями суставов невоспалительной этиологии и последствиями травм: с полиостеоартрозом – 4 пациента, с коксартрозом – 11 пациентов, с гонартрозом – 10 пациентов; с последствиями травм нижних конечностей – 9 пациентов.

Вторую группу составили 28 (45,2%) пациентов в возрасте $59,7 \pm 9,0$ года с рефлекторными мышечнотоническими синдромами на фоне дегенеративных заболеваний позвоночника (17 пациентов) и с последствиями компрессионного неосложненного перелома поясничного отдела позвоночника (11 пациентов).

В исследование включали пациентов в возрасте 40-75 лет, страдающих дегенеративными заболеваниями суставов нижних конечностей и позвоночника невоспалительной этиологии и последствиями травм конечностей и позвоночника, умеренно выраженным длительно текущим болевым синдромом (ВАШ 4-6 баллов, длительность боли более 6 месяцев).

Критериями не включения в исследование являлись:

- оценка по шкале реабилитационной маршрутизации (ШРМ) 4 балла и выше;
- болевой синдром в покое и при движении > 6 баллов по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) боли;
- выраженные зрительные нарушения, снижение остроты зрения менее 0,2 на худшем глазу согласно таблице остроты зрения Сивцева;
- обострение и декомпенсация сопутствующих заболеваний;
- наличие выраженных когнитивных нарушений;
- отказ от участия в исследовании, беременность.

Функциональное состояние пациентов оценивалось при поступлении и перед выпиской из реабилитационного стационара с помощью следующего набора тестов и шкал:

- ВАШ боли (см);
- тест подвижности поясничного отдела позвоночника Шобера (см);
- тест прохождения расстояния 20 м, сек.: время прохождения расстояния в 20 м (10 м по прямой линии, поворот, 10 м возвращение по прямой линии);
- альгофункциональный индекс Лекена, который представляет собой вопросник для самостоятельного заполнения больным, вопросы разделены на три группы: боль (3 вопроса), максимальная дистанция при ходьбе без боли (1 вопрос) и повседневная функциональная активность (1 вопрос). Учитывая наличие в шкале блока вопросов, оценивающих интенсивность боли и мобильность пациента, в частности ходьбу, независимость в повседневной жизни, индекс Лекена использовался для определения тяжести функционального состояния всех пациентов: суммарный балл 1-4 – лёгкое ограничение жизнедеятельности; 5-7 – умеренное; 8-10 – выраженное; 11-13 – резко выраженное;
- для измерения степени выраженности, а также структуры патологического страха движения (кинезиофобии) в текущем эмоциональном состоянии – шкала кинезиофобии Тампа;
- для оценки эмоциональных нарушений – госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS).

Программа медицинской реабилитации в специализированном реабилитационном стационаре у всех пациентов включала групповую лечебную гимнастику, ежедневно, 10 занятий; преформированные физические факторы (низкоинтенсивная магнитотерапия, магнитолазерная терапия), ежедневно, 10 процедур; комплекс двигательной реабилитации на аппаратно-программном мультимедийном комплексе для дистанционно контролируемой реабилитации пациентов с использованием технологий виртуальной реальности «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ», общей длительностью 30 минут, ежедневно, 8 сеансов. Продолжительность курса реабилитации составила 10 дней.

Нежелательные явления контролировались после проведения каждой процедуры. За неблагоприятные реакции VR-тренировок принимали усиление болевого синдрома в структурах опорно-двигательного аппарата, появление головной боли, головокружения, нарушения зрения.

Методика проведения реабилитации на аппаратно-программном мультимедийном комплексе для дистанционно контролируемой реабилитации пациентов с использованием технологий виртуальной реальности «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ»

На первом этапе реабилитации производят первичную настройку системы «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» под конкретные клинические задачи. Реабилитация проводится в режиме реального времени с дистанционным мониторингом. Используют биологическую обратную связь (БОС) и виртуальную реальность, для чего проводят установку датчиков движения на голову, туловище и тазовую область пациента, загрузку программного обеспечения, состоящего из виртуальной среды и элементов управления, и направленную тренировку координированных движений головы, туловища и тазовой области посредством среды виртуальной реальности и датчиков движения. В качестве виртуальной среды применяется подводный мир, виртуальным объектом управления является дельфин. Чувствительность и симметричность управляющих движений регулируется в зависимости от состояния пациента и его способности к движениям. БОС осуществляют посредством зрительного канала в ассоциированном (глазами дельфина) и диссоциированном (глазами внешнего наблюдателя за его действиями) состоянии (рис. 1).



Рисунок 1. Программа «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ». Общение пациента через своего Аватара с Дельфином

Figure 1. The "DEVIRTA-DELPHI" Program. Patient Communication through Their Avatar with a Dolphin

Программа включает в себя ряд динамичных и статичных упражнений, которые подбираются в соответствии с уровнем поражения и способны адаптироваться в режиме реального времени благодаря интерактивным технологиям. Программа ведёт постоянный мониторинг активной моторики пациента и, при необходимости, вносит коррективы в протокол тренировки. Выполнение одного упражнения (один блок) занимает 2 минуты. Одно занятие содержит несколько упражнений (блоков), имеющих для пациента наибольшее функциональное значение.

Эффективность программы заключается в постоянных, интенсивных, многократно повторяющихся, целенаправленных движениях. При этом компьютерная программа обеспечивает обратную связь, позволяющую человеку видеть результаты своих упражнений. Метод обеспечивает восстановление контроля базовых произвольных движений туловища, головы и конечностей у пациентов.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью прикладного пакета статистики Statistica 8.0. Применялись параметрические и непараметрические методы статистической обработки данных. Вид распределения данных оценивался посредством критерия Шапиро - Уилка. Параметрические количественные представлены средними значениями и стандартным отклонением ($M \pm m$); непараметрические количественные и ранговые переменные - в виде медианы и интерквартильного размаха ($Me [P25; P75]$). Достоверность различий оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента в случае параметрических выборок, а в случае непараметрического распределения при оценке зависимых выборок - критерия Вилкоксона. Различия между качественными бинарными признаками оценивались с использованием критерия χ^2 . Уровень статистической значимости был принят при $p < 0,05$.

Результаты

Курс реабилитации завершили все 62 пациента.

Коррекция болевого синдрома

Исходно у пациентов с нарушениями ОДС болевой синдром составлял в среднем $4,2 \pm 1,6$ балла ВАШ боли, что соответствовало умеренному болевому синдрому. К моменту завершения программы реабилитации с включением VR-занятий «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» болевой синдром снизился до значения лёгкого и оценивался в $3,1 \pm 1,2$ балла ВАШ боли ($p < 0,05$) без достоверных различий между результатами в 1 и 2 группах (табл. 1).

Показатели альгофункционального индекса изменялись от 1 балла до 13 баллов, Mo_{10} , $Me [7; 13,5]$, что указывало на наличие средней степени и выше нарушений локомоторной активности у 75% пациентов обеих групп. Согласно полученным данным, у обследо-

дугемых пациентов до реабилитации функциональные нарушения преобладали над болевым синдромом. После проведения лечения у пациентов наблюдается достоверное снижение интенсивности болевого синдрома и статистически значимое улучшение функции тазобедренного и коленного сустава.

У пациентов 1-й группы с функциональными нарушениями нижних конечностей степень ограничения

функциональной активности по шкале Лекена снизилась с $8,7 \pm 0,5$ балла до $6,4 \pm 0,6$ балла ($p < 0,05$). У пациентов 2-й группы степень ограничения функциональной активности по шкале Лекена также снизилась с $9,1 \pm 0,7$ балла до $6,5 \pm 0,76$ балла ($p < 0,05$). Наибольшие изменения произошли в подшкале «Боль и дискомфорт», в меньшей степени - в подшкале «Максимальная дистанция передвижения» у пациентов обеих групп.

Таблица 1. Динамика показателей у пациентов с поражением ОДС по различным шкалам и тестам до и после проведения комплексного консервативного лечения

Table 1. Dynamics of Indicators in Patients with Musculoskeletal System Disorders According to Various Scales and Tests Before and After Comprehensive Conservative Treatment

Показатель	1 группа (n = 34)		p (1-2 визит)	2 группа (n = 28)		p (1-2 визит)	
	Визиты			Визиты			
	исходно	после МР		исходно	после МР		
ВАШ боли, см	$4,1 \pm 0,36$	$3,0 \pm 0,4^*$	0,047*	$4,4 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,37$	0,07*	
Алгофункциональный индекс Лекена, балл	боль	$4,9 \pm 0,45$	$3,1 \pm 0,56$	0,01*	$5,6 \pm 0,5$	$4,1 \pm 0,55$	0,049*
	функция	$8,7 \pm 0,5$	$6,4 \pm 0,6$	0,004*	$9,1 \pm 0,7$	$6,5 \pm 0,76$	0,01*
Время прохождения 20 м, сек.	$18,4 \pm 1,4$	$16,5 \pm 1,6$	0,19	$20,22 \pm 1,5$	$18,8 \pm 1,6$	0,52	
Шкала кинезиофобии Тампа:							
	психологическая составляющая	$15,7 \pm 1,8$	$10,3 \pm 2,0$	0,049*	$15,9 \pm 1,7$	$10,5 \pm 2,1$	0,049*
физическая составляющая	$20,2 \pm 2,2$	$13,6 \pm 2,4$	0,047*	$25,1 \pm 2,25$	$18,3 \pm 2,5$	0,048*	

Примечание: * - достоверность различий между показателями до и после лечения $p < 0,05$.

Ограничение подвижности поясничного отдела позвоночника по данным теста Шобера наблюдалось у пациентов обеих групп, независимо от основного заболевания, в пределах $3,27 \pm 0,8$ см, и сопровождалось напряжением мышц, выпрямляющих позвоночник; после курса реабилитации подвижность поясничного отдела возросла до $3,61 \pm 0,7$ см ($p > 0,05$).

Скорость ходьбы

Время прохождения фиксированного расстояния 20 м (10 м, поворот, 10 м) у пациентов 1-й группы сократилось с $18,4 \pm 1,4$ секунд в начале курса до $16,5 \pm 1,6$ секунд ($p > 0,05$) в конце. В пересчёте на скорость у 15 из 43 пациентов 1-й группы отмечалась ходьба со скоростью менее 0,8 м/с, что указывало на значительное снижение безопасности и повышение риска падения. После курса скорость ходьбы этих пациентов возросла с $0,59 \pm 0,07$ м/с до $0,65 \pm 0,1$ м/с ($p = 0,33$), однако не достигла необходимых для безопасной ходьбы значений. У пациентов 2-й группы время прохождения 20 м сократилось с $20,22 \pm 1,5$ секунд в начале курса до $18,8 \pm 1,6$ секунд в конце ($p > 0,05$); скорость ходьбы менее 0,8 м/с наблюдалась у 6 (22,2%) пациентов 2-й группы в начале курса, которая к концу курса возросла с $0,53 \pm 0,12$ до $0,57 \pm 0,08$ м/с ($p > 0,05$).

Кинезиофобия (шкала Тампа)

К моменту завершения исследования отмечалось улучшение общего самочувствия, снижение внутреннего напряжения. В результате проведения реабилитационных мероприятий с использованием программ «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» у пациентов 1-й группы

было получено снижение составляющих кинезиофобии: психологической - с $15,7 \pm 1,8$ балла до $10,3 \pm 2,0$ балла ($p = 0,049$) и физической - с $20,2 \pm 2,2$ до $13,6 \pm 2,4$ балла ($p = 0,047$). Аналогичные данные получены в результате проведения курса МР у пациентов 2-й группы, где отмечалось снижение психологической составляющей кинезиофобии с $15,9 \pm 1,7$ балла до $10,5 \pm 2,1$ балла ($p = 0,049$) и физической - с $25,1 \pm 2,25$ балла до $18,3 \pm 2,5$ балла ($p = 0,048$). Статистически значимых различий значений психологической и физической составляющей кинезиофобии между пациентами 1-й и 2-й групп не зарегистрировано.

Пациенты охотно посещали занятия, с третьего сеанса активно принимали участие в выборе тематики упражнений в зависимости от индивидуальных предпочтений, отмечали переживание радости, удовлетворения и повышение фона настроения в процессе выполнения задания и после его завершения, что согласуется с наблюдениями последних лет [19, 22].

Психозмоциональное состояние пациентов при оценке по Госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS)

При оценке по шкале HADS выявлено 6 (17,6%) пациентов 1-й группы и 8 (28,6%) пациентов 2-й группы с субклинической формой тревоги, уровень которой к концу курса имел тенденцию к снижению ($p > 0,05$). Признаки субклинической депрессии отмечались у 5 (14,7%) пациентов 1-й группы и 4 (14,3%) пациентов 2-й группы. При проведении комплексной МР снижались к концу курса с $9,5 \pm 2,2$ балла и $9,6 \pm 2,0$ балла до $6,78 \pm 0,27$ и $7,1 \pm 0,24$ балла соответственно

($p > 0,05$). Получена слабая корреляционная связь у пациентов 1-й и 2-й групп по параметрам тревоги шкалы HADS и показателями боли по шкале ВАШ боли ($r = 0,26$, $p > 0,05$), а также между уровнем тревоги и индексом Лекена ($r = 0,37$; $p > 0,05$), который отражает уровень двигательной активности.

Безопасность

Во время проведения реабилитации с использованием VR «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» не наблюдалось ухудшения общего состояния или изменения показателей системной гемодинамики. Наиболее распространённым побочным эффектом, встречающимся в 75,8% случаев, была усталость, возникающая к концу тренировки, однако ни один участник исследования не вышел из него. Сообщений о серьёзных побочных эффектах не поступало.

Обсуждение

Одним из инновационных методов коррекции болевого синдрома и улучшения функционирования, привлекающих внимание специалистов, является использование VR-технологий. Исследование подтвердило предположение, что применение программ «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» может оказывать влияние на патофизиологические механизмы хронической боли у пациентов с заболеваниями. Технология сочетает принципы биологической обратной связи и кинезиотерапии, позволяя не только уменьшать выраженность болевого синдрома, но и преодолевать психологические барьеры, связанные с кинезиофобией.

Ряд исследований демонстрирует эффективность использования программ «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» в реабилитации пациентов после травм суставов. Так, одна из работ описывает группу из 24 пациентов, прошедших курс МР с применением технологий виртуальной реальности, у которых значительно снизился болевой синдром и уровень тревожности по сравнению с контрольной группой из 22 человек, получавших традиционную реабилитацию. Кроме того, пациенты стали более уверенными в своих движениях, что указывает на уменьшение кинезиофобии [32].

В проведённом исследовании после курса МР у пациентов с дегенеративными заболеваниями и последствиями травм конечностей и позвоночника отмечается уменьшение скованности движений в суставах и улучшение функции. Согласно результатам опросника Лекена, после курса МР наблюдается достоверное снижение характеристик боли как в сенсорной, так и в эмоциональной сфере у пациентов

обеих групп ($p < 0,05$), что свидетельствует об уменьшении интенсивности болевых проявлений и снижении их негативного эмоционального влияния. Таким образом, интеграция технологии виртуальной реальности в индивидуальный план МР пациентов с патологией ОДС снижает интенсивность боли и изменяет её эмоциональную окраску, улучшает функциональные нарушения и уменьшает выраженность кинезиофобии.

Достоинствами программного комплекса «ДЕВИРТА-ДЕЛФИ» является отсутствие необходимости использовать шлем VR, наличие программ, включающих адаптируемые протоколы лечения, которые могут быть скорректированы в зависимости от динамики состояния пациента.

Заключение

В процессе реабилитации пациентов с дегенеративными заболеваниями и последствиями травм конечностей и позвоночника в условиях 2-го этапа медицинской реабилитации с применением виртуальной реальности отмечалось достоверное снижение болевого синдрома, увеличение подвижности поясничного отдела позвоночника и скорости ходьбы. Отличительной особенностью явилось снижение величины физической и психологической составляющей кинезиофобии по шкале Тампа, тенденция к нормализации психоэмоционального состояния у пациентов, что позволяет рассматривать программы VR в качестве дополнения к базовому протоколу двигательного восстановления данной категории пациентов.

Выводы

Тренировочные занятия с применением технологии виртуальной реальности позволяют эффективно уменьшить болевые ощущения и улучшить функциональную активность у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

Использование виртуальной реальности способствует улучшению психоэмоционального состояния, снижает интенсивность физического и психологического компонентов кинезиофобии по шкале Тампа и нормализует психоэмоциональное состояние по шкале HADS.

Применение аппаратно-программного мультимедийного комплекса для реабилитации пациентов с использованием виртуальной реальности «ДЕВИРТА» (ООО «Исток Аудио Трейнинг», Россия) может быть включено в реабилитационные программы пациентов с дегенеративными заболеваниями и повреждениями конечностей и позвоночника.

Литература [References]

- 1 Dupuis F, Cherif A, Batcho C, Massé-Alarie H, Roy JS. The Tampa Scale of Kinesiophobia: A Systematic Review of Its Psychometric Properties in People With Musculoskeletal Pain. *Clin J Pain*. 2023 May 1;39(5):236-247. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000001104>
- 2 Tore NG, Oskay D, Haznedaroglu S. The quality of physiotherapy and rehabilitation program and the effect of telerehabilitation on patients with knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol*. 2023 Mar;42(3):903-915. <https://doi.org/10.1007/s10067-022-06417-3>
- 3 Baykal Şahin и др. 2021 Alsaleem MK, Alkhars AM, Alalwan HA, Almutairi A, Alonayzan A, AlYaeesh IA. Kinesiophobia Post Total Hip Arthroplasty: A Retrospective Study. *Cureus*. 2021 Jun 28;13(6):e15991. <https://doi.org/10.7759/cureus.15991>

- 4 Felício DC, Elias Filho J, Pereira DS, Queiroz BZ, Leopoldino AAO, Rocha VTM, Pereira LSM. The effect of kinesiophobia in older people with acute low back pain: longitudinal data from Back Complaints in the Elders (BACE). *Cad Saude Publica*. 2021 Dec 15;37(12):e00232920. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00232920>
- 5 Alsaleem MK, Alkhars AM, Alalwan HA, Almutairi A, Alonayzan A, AlYaeesh IA. Kinesiophobia Post Total Hip Arthroplasty: A Retrospective Study. *Cureus*. 2021 Jun 28;13(6):e15991. <https://doi.org/10.7759/cureus.15991>
- 6 Slepian PM, Ankawi B, France CR. Longitudinal Analysis Supports a Fear-Avoidance Model That Incorporates Pain Resilience Alongside Pain Catastrophizing. *Ann Behav Med*. 2020 Apr 20;54(5):335-345. <https://doi.org/10.1093/abm/kaz051>
- 7 O'Sullivan PB, Caneiro JP, O'Keeffe M, et al. Cognitive functional therapy: an integrated behavioral approach for the targeted management of disabling low back pain. *Phys Ther*. 2018;98:408-423. *Phys Ther*. 2018 Oct 1;98(10):903. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzy087>. Erratum for: *Phys Ther*. 2018 May 1;98(5):408-423. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzy022>
- 8 La Touche R, Pérez-Fernández M, Barrera-Marchessi I, López-de-Uralde-Villanueva I, Villafañe JH, Prieto-Aldana M, Suso-Martí L, Paris-Alemany A. Psychological and physical factors related to disability in chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2019;32(4):603-611. <https://doi.org/10.3233/BMR-181269>
- 9 Rogers AH, Farris SG. A meta-analysis of the associations of elements of the fear-avoidance model of chronic pain with negative affect, depression, anxiety, pain-related disability and pain intensity. *Eur J Pain*. 2022 Sep;26(8):1611-1635. <https://doi.org/10.1002/ejp.1994>
- 10 Lentz TA, George SZ, Manickas-Hill O, Malay MR, O'Donnell J, Jayakumar P, Jiranek W, Mather RC 3rd. What General and Pain-associated Psychological Distress Phenotypes Exist Among Patients with Hip and Knee Osteoarthritis? *Clin Orthop Relat Res*. 2020 Dec;478(12):2768-2783. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001520>
- 11 Luque-Suarez A, Martinez-Calderon J, Falla D. Role of kinesiophobia on pain, disability and quality of life in people suffering from chronic musculoskeletal pain: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2019 May;53(9):554-559. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098673>
- 12 Küçükdeveci AA. Rehabilitation interventions in osteoarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2023 Jun;37(2):101846. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2023.101846>
- 13 Bordeleau M, Vincenot M, Lefevre S, Duport A, Seggio L, Breton T, Lelard T, Serra E, Roussel N, Neves JFD, Léonard G. Treatments for kinesiophobia in people with chronic pain: A scoping review. *Front Behav Neurosci*. 2022 Sep 20;16:933483. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.933483>
- 14 Holzapfel S, Schemer L, Riecke J, Glombiewski JA. Behavioral Test (BAT-Back): Preliminary Evidence for a Successful Predictor of Treatment Outcome After Exposure Treatment for Chronic Low Back Pain. *Clin J Pain*. 2021 Apr 1;37(4):265-269. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000920>
- 15 Zhang Q, Zhang J, Ran W, Yu S, Jin Y. Effectiveness of cognitive behavioral therapy on kinesiophobia and oral health-related quality of life in patients with temporomandibular disorders, study protocol for a randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Nov 20;99(47):e23295. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023295>
- 16 Guede-Rojas F, Andrades-Torres B, Aedo-Díaz N, González-Koppen C, Muñoz-Fuentes M, Enríquez-Enríquez D, Carvajal-Parodi C, Mendoza C, Alvarez C, Fuentes-Contreras J. Effects of exergames on rehabilitation outcomes in patients with osteoarthritis. A systematic review. *Disabil Rehabil*. 2024 Jun 15:1-14. <https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2368057>
- 17 Rudran B, Logishetty K. Virtual reality simulation: a paradigm shift for therapy and medical education. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2018 Dec 2;79(12):666-667. <https://doi.org/10.12968/hmed.2018.79.12.666>
- 18 Chen KB, Sesto ME, Ponto K, Leonard J, Mason A, Vanderheiden G, Williams J, Radwin RG. Use of Virtual Reality Feedback for Patients with Chronic Neck Pain and Kinesiophobia. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2017 Aug;25(8):1240-1248. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2016.2621886>
- 19 Piña-Pozo F, Heredia-Rizo AM, Madeleine P, Escobio-Prieto I, Luque-Carrasco A, Oliva-Pascual-Vaca Á. Local and Widespread Pressure Pain Hyperalgesia Is Not Side Specific in Females with Unilateral Neck Pain that Can Be Reproduced during Passive Neck Rotation. *J Clin Med*. 2019 Aug 18;8(8):1246. <https://doi.org/10.3390/jcm8081246>
- 20 Pourmand A, Davis S, Marchak A, Whiteside T, Sikka N. Virtual Reality as a Clinical Tool for Pain Management. *Curr Pain Headache Rep*. 2018 Jun 15;22(8):53. <https://doi.org/10.1007/s11916-018-0708-2>
- 21 Ioannou A, Papastavrou E, Avraamides MN, Charalambous A. Virtual Reality and Symptoms Management of Anxiety, Depression, Fatigue, and Pain: A Systematic Review. *SAGE Open Nurs*. 2020 Aug 27;6:2377960820936163. <https://doi.org/10.1177/2377960820936163>
- 22 Ahmad M, Bani Mohammad E, Anshasi HA. Virtual Reality Technology for Pain and Anxiety Management among Patients with Cancer: A Systematic Review. *Pain Manag Nurs*. 2020 Dec;21(6):601-607. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2020.04.002>
- 23 Wang S, Sun J, Yin X, Li H. Effect of virtual reality technology as intervention for people with kinesiophobia: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Clin Nurs*. 2023 Jul;32(13-14):3074-3086. <https://doi.org/10.1111/jocn.16397>
- 24 Gulsen C PT, MSc, Soke F PT, PhD, Eldemir K PT, MSc, Apaydin Y PT, MSc, Ozkul C PT, PhD, Guclu-Gunduz A PT, Professor, Akcali DT MD, Professor. Effect of fully immersive virtual reality treatment combined with exercise in fibromyalgia patients: a randomized controlled trial. *Assist Technol*. 2022 May 4;34(3):256-263. <https://doi.org/10.1080/10400435.2020.1772900>
- 25 Ahern MM, Dean LV, Stoddard CC, Agrawal A, Kim K, Cook CE, Narciso Garcia A. The Effectiveness of Virtual Reality in Patients With Spinal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Pract*. 2020 Jul;20(6):656-675. <https://doi.org/10.1111/papr.12885>
- 26 Zadro JR, Shirley D, Simic M, Mousavi SJ, Cepnja D, Maka K, Sung J, Ferreira P. Video-Game-Based Exercises for Older People With Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial (GAMEBACK). *Phys Ther*. 2019 Jan 1;99(1):14-27. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzy112>
- 27 Valmaggia LR, Latif L, Kempton MJ, Rus-Calafell M. Virtual reality in the psychological treatment for mental health problems: A systematic review of recent evidence. *Psychiatry Res*. 2016 Feb 28;236:189-195. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.015>
- 28 Campo-Prieto P, Cancela-Carral JM, Alsina-Rey B, Rodríguez-Fuentes G. Immersive Virtual Reality as a Novel Physical Therapy Approach for Nonagenarians: Usability and Effects on Balance Outcomes of a Game-Based Exercise Program. *J Clin Med*. 2022;5;11(13):3911. <https://doi.org/10.3390/jcm11133911>
- 29 Котельникова А.В., Кукшина А.А., Тихонова А.С. и др. Приверженность к лечению как предиктор эффективности включения технологий VR и AR в психологическое сопровождение пациентов с нарушением двигательных функций в процессе медицинской реабилитации. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2020;3:72-81. Kotel'nikova A.V., Kukshina A.A., Tihonova A.S. i dr. Priverzhennost' k lecheniyu kak prediktor effektivnosti vklucheniya tekhnologij VR i AR v psihologicheskoe soprovozhdenie pacientov s narusheniem dvigatel'nyh funkcij v processe medicinskoj rehabilitacii. *Kremlevskaya medicina. Klinicheskij vestnik*. 2020;3:72-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.26269/72cj-dh29>
- 30 Котельникова А.В., Погонченко И.В., Даминов В.Д., Кукшина А.А., Лазарева Н.И. Виртуальная реальность в коррекции болевого синдрома у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника. *Вестник восстановительной*

- медицины. 2020;96(2):41-48. Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Daminov V.D., Kukshina A.A., Lazareva N.I. Virtual reality in the correction of pain syndrome in patients with degenerative-dystrophic joints and spine diseases. *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2020;96 (2):41-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-41-48>
- 31 Кукшина А.А., Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Турова Е.А., Лямина Н.П. Организации психокоррекционного процесса на втором этапе медицинской реабилитации пациентов с нарушениями двигательных функций. *Проблемы стандартизации в здравоохранении*. 2022;1-2:35-43. Kukshina A.A., Kotel'nikova A.V., Pogonchenkova I.V., Turova E.A., Lyamina N.P. Organizacii psihokorrekcionnogo processa na vtorom etape medicinskoj rehabilitacii pacientov s narusheniyami dvigatel'nyh funkcij. *Problemy standartizacii v zdravoohraneniim*. 2022;1-2:35-43. (In Russ.)
- 32 Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Даминов В.Д., Кукшина А.А., Рассулова М.А. Оценка эффективности включения психологического сопровождения с использованием технологии виртуальной реальности в коррекцию болевого синдрома у пациентов с нарушениями двигательных функций на этапе медицинской реабилитации. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(3):11-17. Kotelnikova AV, Pogonchenkova IV, Daminov VD, Kukshina AA, Rassulova MA. Effectiveness evaluation of the psychological support inclusion in the correction of pain syndrome in patients with movement disorders at the stage of medical rehabilitation using the virtual reality technology. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2021;98(3):11-17. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/kurort20219803111>

Авторская справка**Погонченкова Ирэна Владимировна**

Д-р мед. наук, доцент, директор, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого.
ORCID 0000-0001-5123-5991; sekretariat.iv@mail.ru
Вклад автора: руководство проектом, проверка и редактирование рукописи.

Макарова Марина Ростиславовна

Ведущий научный сотрудник отдела медицинской реабилитации, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого.
ORCID 0000-0002-1787-7015; makarovamr@zdrav.mos.ru
Вклад автора: руководство проектом, анализ данных, проверка и редактирование рукописи.

Сомов Дмитрий Алексеевич

Старший научный сотрудник отдела медицинской реабилитации, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого.
ORCID 0000-0002-3245-167X; somovda@zdrav.mos.ru
Вклад автора: методология, научное обоснование, проведение исследования, верификация данных, анализ данных, проверка и редактирование рукописи.

Скоробогатых Наталья Вячеславовна

Заведующая отделением лечебной физкультуры филиала № 2, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого.
ORCID 0000-0003-1023-3564; skorobogatyth@list.ru
Вклад автора: написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи.

Головкина Мария Андреевна

Врач по лечебной физкультуре филиала № 2, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого.
ORCID 0009-0004-8920-8699; smalta39@rambler.ru
Вклад автора: написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи.

Попихина Екатерина Евгеньевна

Врач по лечебной физкультуре филиала № 2, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого.
ORCID 0009-0005-0656-5162; katepopikhina@mail.ru
Вклад автора: проверка и редактирование рукописи.

Author's reference**Irena V. Pogonchenkova**

Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Director, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky.
ORCID 0000-0001-5123-5991; sekretariat.iv@mail.ru
Author's contribution: project management, manuscript review and editing.

Marina R. Makarova

Leading researcher of the Department of Medical Rehabilitation, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky.
ORCID 0000-0002-1787-7015; makarovamr@zdrav.mos.ru
Author's contribution: project management, data analysis, manuscript review and editing.

Dmitriy A. Somov

Senior researcher, Department of Medical Rehabilitation, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky.
ORCID 0000-0002-3245-167X; somovda@zdrav.mos.ru
Author's contribution: methodology, scientific justification, conducting the study, data verification, data analysis, checking and editing the manuscript.

Natal'ya V. Skorobogatykh

Head of the Department of Physical Therapy, Branch No. 2, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky.
ORCID 0000-0003-1023-3564; skorobogatyth@list.ru
Author's contribution: writing a draft of the manuscript, checking and editing the manuscript.

Mariya A. Golovkina

Physician of physical therapy, branch No. 2, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky.
ORCID 0009-0004-8920-8699; smalta39@rambler.ru
Author's contribution: writing a draft of the manuscript, checking and editing the manuscript.

Ekaterina E. Popikhina

Physiotherapy doctor of branch No. 2, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky.
ORCID 0009-0005-0656-5162; katepopikhina@mail.ru
Author's contribution: checking and editing the manuscript.