

Барычева Людмила Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор,
заведующая кафедрой иммунологии с курсом ДПО;
тел.: +79187405484; e-mail: for_ludmila@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4069-0566>

Кузнецова Вера Валентиновна, ассистент кафедры,
врач – аллерголог-иммунолог;
тел.: +79887007469; e-mail: kuznetsovavera96@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5246-0527>

Калайджан Валерия Кареновна, студентка лечебного факультета;
тел.: +79624038009; e-mail: lera263595@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-4343-979X>

Монастырская Елизавета Игоревна, студентка лечебного факультета;
тел.: +79614846114; e-mail: Monastirskaya1409@mail.ru

© Коллектив авторов, 2025
УДК 616-082.3+611.7+62-519
DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2025.20085>
ISSN – 2073-8137

Физические тренировки под телемедицинским контролем при патологии опорно-двигательного аппарата: обзор литературы

Н. Е. Корецкая¹, И. А. Вонгай¹, А. С. Сальников¹, Е. В. Ржевская¹, О. И. Боева^{1,2}

¹ Поликлиника № 1 Управления делами Президента, Москва, Российская Федерация

² Российский национальный исследовательский медицинский университет
им. Н. И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

Physical training under online medical monitoring for patients with musculoskeletal system pathology: literature review

Koretskaya N. E.¹, Vongai I. A.¹, Salnikov A. S.¹, Rzhetskaya E. V.¹, Boeva O. I.^{1,2}

¹ Polyclinic № 1 of the Administrative Directorate of the President
of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Доступность контролируемых врачом физических тренировок может быть недостаточной вследствие, например, ограниченной мобильности пациента. Целью обзора явился анализ результатов исследований, в которых физические тренировки в домашних условиях были частью программ реабилитации при патологии опорно-двигательного аппарата и проводились под удаленным контролем разной степени интенсивности. Поиск литературы проведен на платформах PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.RU по ключевым словам. В анализ включены 22 исследования, опубликованных в 2011–2022 годах, в которых реабилитационные программы включали этап физических тренировок в домашних условиях с дистанционным медицинским сопровождением разной степени интенсивности. Исследования эффективности и безопасности очных индивидуальных или групповых физических тренировок в сравнении с телереабилитацией с учетом интенсивности удаленного контроля продемонстрировали сопоставимые позитивные результаты, а также высокую приверженность программам телереабилитации и удовлетворенность пациентов в связи с доступностью и удобством выполнения программ. Тренировки под удаленным контролем могут быть столь же эффективными, как очные, и обеспечивают возможность индивидуальной поддержки пациента в привычных условиях жизни на амбулаторном этапе реабилитации.

Ключевые слова: патология опорно-двигательного аппарата, физические тренировки в домашних условиях, удаленный контроль, телереабилитация

In practice, the availability of physician-monitored physical activities may be insufficient due to the patient's limited mobility, for example. The aim of this review was to analyze the results of clinical trials where home-based physical training was part of rehabilitation programs offered to patients with musculoskeletal issues, and was subject to remote monitoring of different intensity. Respective literature search was carried out on PubMed, Google Scholar and eLIBRARY.RU keyword platforms. The analysis included twenty-two studies published between 2011 and 2022, which fell within the inclusion criteria. The data concerning the effectiveness and safety of face-to-face individual or group physical training compared to telerehabilitation with regard to the intensity of remote monitoring pointed at comparable positive results. Adherence to telerehabilitation

programs was generally high. Patients were satisfied with the intervention due to the affordable and convenient programs. The outcomes suggest that remotely supervised training can be as effective as face-to-face training and provides opportunities for individualized support to be offered to patients staying in their conventional living environment through the entire outpatient rehabilitation course.

Keywords: musculoskeletal pathology, home-based physical training, remote monitoring of training, telerehabilitation

Для цитирования: Корецкая Н. Е., Вонгай И. А., Сальников А. С., Ржевская Е. В., Боева О. И. Физические тренировки под телемедицинским контролем при патологии опорно-двигательного аппарата: обзор литературы. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2025;20(4):401-407. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2025.20085>

For citation: Koretskaya N. E., Vongai I. A., Salnikov A. S., Rzhetskaya E. V., Boeva O. I. Physical training under online medical monitoring for patients with musculoskeletal system pathology: literature review. *Medical News of North Caucasus*. 2025;20(4):401-407. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2025.20085> (In Russ.)

БОС – биологическая обратная связь
ОА – остеоартрит
РКИ – рандомизированные контролируемые исследования
ТЭКС – тотальное эндопротезирование коленного сустава

SPADI – опросник для самооценки боли и нарушения функции плеча
WOMAC – индекс остеоартрита университетов западного Онтарио и МакМастера

Физические упражнения являются необходимым компонентом реабилитации при патологии опорно-двигательного аппарата. На практике доступность контролируемых врачом физических тренировок может быть недостаточной вследствие, например, удаленности реабилитационного учреждения, временных ограничений или финансовой нагрузки, а также вследствие нежелания пациента, что характерно для больных пожилого возраста, с избыточной массой тела, пациентов с коморбидной патологией или мультиморбидностью [1, 2].

Одним из вариантов преодоления этих препятствий является внедрение удаленного медицинского телемониторинга домашних физических тренировок (телереабилитация) [3]. Благодаря современным достижениям в области цифровых и информационно-коммуникационных технологий, таким как высокоскоростной интернет, онлайн-сервисы для видео-конференц-связи, специально разработанные программное обеспечение для персональных компьютеров и планшетов, смартфоны, специализированные приложения для смартфона и многое другое, появилась практическая возможность выполнять программу физических тренировок удаленно под наблюдением опытных специалистов. При этом программа тренировок может включать применение тренажеров, как традиционных, так и на основе технологии дополненной реальности. Сегодня медицинский телемониторинг является полезным инструментом персональной адаптации процесса реабилитации при многих заболеваниях [4–6], в том числе при патологии опорно-двигательного аппарата [7–9]. В этой области полноценная реабилитация зачастую просто невозможна без физических тренировок. Однако стандартизированные системы телемониторинга, способные точно оценивать качество выполнения упражнений и уровень физического функционирования, по-прежнему отсутствуют.

Целью обзора литературы являлся анализ результатов исследований, в которых физические тренировки в домашних условиях были частью программ реабилитации при патологии опорно-двигательного аппарата и проводились под удаленным медицинским контролем разной степени интенсивности. Поиск литературных источников проводился на платформах PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.Ru по ключевым словам, включая «физические тренировки», «телемедицинский контроль» и «дистанционный мониторинг», «телереабилитация», «патология

опорно-двигательного аппарата». Поиск осуществляли и в пристатейных списках литературы. В анализ включены 22 исследования, опубликованных с 2011 по 2022 год, в том числе 14 рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), в которых реабилитационные программы включали этап физических тренировок, выполненных в домашних условиях. При этом медицинское сопровождение осуществлялось удаленно и с разной степенью интенсивности – от обязательного прямого визуального контроля в режиме реального времени в течение всей тренировки или, по крайней мере, какого-либо контакта между пациентом и членами исследовательской группы во время тренировки до непрямого (косвенного) контроля или его фактического отсутствия, когда участникам предоставлялись необходимые «инструменты» для выполнения упражнений в домашних условиях.

Условно «прямой» контроль подразумевает тренировки под дистанционным визуальным или аудио-контролем в режиме реального времени – как персональные, так и групповые.

Понятие «непрямой» контроль используется для обозначения дистанционной фиксации косвенных свидетельств и параметров тренировок с помощью мониторинга физиологических данных во время тренировки с анализом в режиме реального времени или отложенным анализом, ведения пациентом онлайн-дневника, контролируемого исследователями или еженедельных телефонных или видеозвонков с участием пациентов и исследователей.

В ряде исследований контроль фактически отсутствовал, однако пациенты получали необходимую для самостоятельных тренировок информацию в формате электронных писем, видеоинструкций, приложения для смартфона.

Как при хронической патологии суставов, например остеоартрите, так и после острой травмы физические упражнения считаются важнейшей частью реабилитации, позволяя снизить интенсивность или полностью купировать мышечно-скелетную боль, восстановить или существенно увеличить подвижность суставов, мышечную силу и равновесие [10, 11].

Грани эффективности физических тренировок в домашних условиях под дистанционным контролем в разных вариантах изучены у пациентов, перенесших тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС).

В трех аналогичных по дизайну РКИ сравнили результаты силовых тренировок и упражнений на вос-

становление функции, проведенных под постоянным визуальным контролем специалиста: 1) в амбулаторных условиях (в отделении реабилитации или на дому) и 2) с помощью телереабилитации [12–14]. Не было выявлено достоверных различий между группами по индексу WOMAC (индекс остеоартрита университетов Западного Онтарио и МакМастера), оцененному с помощью трех субшкал (24 вопроса), позволяющих проанализировать ощущения скованности и боли в коленном суставе, а также нарушение функции. В дальнейшем была продемонстрирована не только эффективность телереабилитации после ТЭКС, но и снижение средней стоимости сеанса, главным образом, за счет отсутствия транспортных расходов [15].

Оригинальный проект дистанционно-контролируемой реабилитации пациентов на дому разработан и внедрен специалистами лечебно-реабилитационного центра Минздрава России (Москва). Программа предполагала IT-сопровождение в виде электронного «личного кабинета» пациента, нуждающегося в постгоспитальной реабилитации после эндопротезирования суставов нижних конечностей, где размещались клинические данные, доступные членам реабилитационной команды, отражалась его маршрутизация в процессе лечения и реабилитации. Тренажеры для механотерапии доставляли на дом; правильность выполнения и переносимость нагрузок контролировалась методистом онлайн; лечащий врач осуществлял контроль состояния пациента в динамике. Помимо ранней послеоперационной реабилитации, была разработана программа тренировки динамического стереотипа пациента и выносливости в позднем послеоперационном периоде, которая включала тренировки на велотренажере и координационные тренажерные БОС-тренировки, специальную лечебную гимнастику. Анализ дистанционно контролируемой реабилитации показал не меньшую терапевтическую эффективность по основным физиолого-функциональным характеристикам (WOMAC, гониометрия оперированного сустава, тест 10-метровой ходьбы, степень удовлетворенности пациентов) по сравнению с очной амбулаторной программой [16].

Внедрение цифровых технологий в реабилитационные программы позволило в сравнительном аспекте изучить возможности новой виртуальной системы с загружаемым индивидуальным тренировочным курсом и отсутствием ограничений частоты и продолжительности сеансов, проводимых пациентами самостоятельно на дому под удаленным медицинским контролем. Эффективность вмешательства оценивали по динамике объема движений в коленном суставе, выраженности боли, скорости ходьбы и другим функциональным параметрам. Не было выявлено существенных клинических преимуществ очных сеансов на базе амбулаторного отделения реабилитации, при этом объем расходов закономерно оказался существенно ниже при использовании виртуальной системы [17].

В двух исследованиях у лиц, перенесших замену коленного или тазобедренного сустава, проводилось изучение возможностей телереабилитации под непосредственным контролем. Одно из исследований было пилотным – без группы контроля [18]. Другое – многоцентровое открытое рандомизированное (S. Eichler, 2017–2019) – было спланировано как исследование превосходства 3-месячного курса интерактивных домашних тренировок с помощью системы телереабилитации в сравнении со стандартной амбулаторной реабилитацией после комплексной 3-недельной ста-

ционарной реабилитации. В группах вмешательства показано значительное улучшение по данным опросника SF-36, по шкале самооценки WOMAC, а также объективных функциональных показателей, включая время тестов «Встань и иди», «Сесть-встать 5 раз», «Подъем и спуск по лестнице» и 6-минутной ходьбы. Учитывая эквивалентную эффективность подходов в отношении восстановления функции суставов, качества жизни и редукции болевого синдрома, авторы рекомендуют телереабилитацию в качестве многообещающего дополнения [19, 20].

Телереабилитация без дистанционного наблюдения, но с предоставлением участникам видеозаписи курса упражнений не уступала очной амбулаторной реабилитации в клинической эффективности при оценке по шкалам боли и физической функции, а также по степени удовлетворенности пациентов, в то же время финансовые затраты оказались на 60 % ниже [21].

В исследованиях российских авторов подчеркивается проблема отсутствия преимуществ восстановительного лечения вследствие нарушений маршрутизации пациентов в более поздние сроки после эндопротезирования и на санаторно-курортном лечении, результатом чего становится незавершенность курса амбулаторной реабилитации в ~26 % случаев [22]. В исследовании, посвященном проблемам организации и ресурсного обеспечения реабилитации после эндопротезирования, был отмечен недостаток квот и направлений в 90 % регионов в размере более 59 % от потребности вследствие недостаточного объема финансовых ресурсов, что приводит к ограничению траектории законченного цикла медицинской реабилитации у пациентов после операций эндопротезирования [2].

Для персонализации маршрутизации пациентов и достижения непрерывности восстановительного лечения Р. Н. Струков с соавт. применили сочетание дистанционно контролируемой реабилитации и онлайн-опросников для прогнозирования и оценки эффективности послеоперационного восстановления и качества жизни пациентов. При выявлении «парамедицинских затруднений» проведения очной формы реабилитации пациентам предлагались подходящие модели дистанционной реабилитации [23].

Перспективным направлением телереабилитации является применение обучающих аватаров – трехмерного программного обеспечения для измерения и анализа движения с возможностью телевизита в реальном времени и виртуального визита. Апробация этой технологии у пациентов, перенесших ТЭКС или одностороннюю артропластику коленного сустава, в пилотном проекте оказалась успешной в аспектах комплаенса и приверженности пациентов, затрат времени, удобства использования виртуальной платформы и клинических результатов (боль и нарушения функции по шкалам KOOS (оценка исходов повреждений) и заболеланий коленного сустава), WOMAC и AM-PAC (Activity Measure Post Acute Care). Особенностью исследования было отсутствие жесткой регламентации количества визитов и режима тренировок. Пациенты потратили в среднем 26,5 минуты в день, выполняя в среднем 13,5 упражнения, а к концу реабилитации потратили в среднем 10,8 часа. При этом количество очных визитов в реальном времени составило в среднем 3,4, а виртуальных на 0,8 больше [24].

Таким образом, у лиц, перенесших ТЭКС, продемонстрирована сопоставимая клиническая эффектив-

ность амбулаторной реабилитации и телереабилитации независимо от вариантов и режимов физических тренировок, продолжительности программы и интенсивности надзора за выполнением программ. Это позволяет рассматривать телереабилитацию как доступную альтернативу или дополнительный формат восстановительного лечения пациентов с ТЭКС.

В ряде исследований проводилось изучение возможностей телереабилитации при другой патологии нижних конечностей, включая остеоартрит (ОА), эндопротезирование коленного или тазобедренного сустава в различных объемах и острую травму.

В исследовании телереабилитации у больных ОА коленного сустава под прямым визуальным контролем с помощью онлайн-сервиса «Skype» физические тренировки включали упражнения на диапазон движений, гибкость, мышечную силу и выносливость. Участники – пациенты и врачи – выразили удовлетворенность программой, посчитав ее эффективной (уменьшение болевого синдрома, улучшение физического функционирования и повышение активности в быту), персонально ориентированной, удобной и более доступной благодаря дистанционному формату [25].

Эффективность непрямого контроля выполнения 6-недельной программы телереабилитации в виде еженедельных телефонных звонков изучена у больных ОА коленного сустава в ходе РКИ с относительно длительным периодом наблюдения. По сравнению с группой очной реабилитации, при телереабилитации наблюдались схожие значительные улучшения конечных точек по шкалам KOOS и WOMAC, в том числе отмечалась аналогичная положительная динамика через 1 и 6 месяцев наблюдения. Учитывая, что телереабилитация под косвенным надзором требует существенно меньших затрат времени медицинского персонала и средств системы здравоохранения, авторы рекомендуют ее применение в когорте пожилых пациентов, проживающих в отдаленных населенных пунктах [26]. В данном исследовании, как и в ряде аналогичных РКИ, клиническая эффективность вмешательств у больных ОА не зависела от метода их организации и интенсивности контроля. В то же время протокол тренировок был важным фактором эффективности. Отмечено, что при достижении определенного предела объема тренировок дальнейшее его наращивание уже не дает дополнительного клинического преимущества – улучшения функции сустава и качества жизни, уменьшения боли [27, 28].

В одном из исследований телереабилитации лиц с травмами нижних конечностей было использовано оригинальное приложение для смартфона с возможностью дистанционного отслеживания и регистрации параметров движения и ходьбы с помощью специальных датчиков. В течение трех месяцев участники группы телереабилитации выполняли дома упражнения на пассивное и активное сгибание-разгибание и дозированные нагрузки травмированной конечности, при этом смартфон был закреплен на больной ноге. Исходы включали удовлетворенность пациента, а также время, потраченное на консультации у врача травматолога-ортопеда. По сравнению с контрольной группой, которая получала традиционные методы реабилитации, такие как массаж, миостимуляция и занятия в бассейне, участники телереабилитации были в большей степени удовлетворены как программой тренировок, так и меньшими затратами времени на визиты к врачу [29].

В целом при патологии нижних конечностей программы телереабилитации разной продолжительности

и с разными видами контроля продемонстрировали эффективность в виде большей удовлетворенности пациентов, которые не могли или не хотели приезжать для получения очных услуг, и улучшения функционирования, сопоставимого с результатами очных программ. Описанный эффект сохранялся при долгосрочном наблюдении в ряде исследований.

В РКИ домашней телереабилитации без прямого контроля при травмах верхней конечности, в том числе после артроскопической субакромиальной декомпрессии [30], при синдроме замороженного плеча [31] и хронической боли в плече [32], показано значимое уменьшение выраженности болевого синдрома, существенное улучшение функции плечевого сустава, сопоставимые с результатами традиционной очной реабилитации [31, 33] или более выраженные, чем только при обучении [32].

В пилотном проекте INTEL у пациентов с болью при повреждении вращательной манжеты плеча P. Malliaras с соавт. сравнили реализуемость и технико-экономическое обоснование трех различных вмешательств с применением цифровых технологий («интернет-вмешательство»), включая выдачу рекомендаций, разработку программы тренировок и разработку программы тренировок с телемедицинским контролем ее выполнения. Конечными точками были приверженность лечению и развитие нежелательных явлений. Приемлемый уровень приверженности наблюдался только в группе телереабилитации, тогда как частота развития нежелательных явлений была аналогичной в изучаемых группах [34].

Изучение эффективности телереабилитации после эндопротезирования плечевого сустава проводилось в сравнении с контрольной группой, получавшей очные физические тренировки. В группе телереабилитации под прямым визуальным контролем достигнуто более значительное улучшение по параметрам выраженности боли и нарушения функции, а также удовлетворенности удаленным взаимодействием с врачом [35].

Пилотное исследование возможностей программы телереабилитации для лиц, перенесших перелом проксимального отдела плечевой кости, включавшее упражнения на растяжку, контроль боли, активный диапазон движений и наращивание мышечной массы, продемонстрировало значительное уменьшение выраженности боли по шкале субъективной оценки, заметное улучшение диапазона движений, включая сгибание, разгибание и вращение, а также клинически значимое улучшение функции верхней конечности, измеренной с помощью опросника DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand). Участники сообщили о высокой общей удовлетворенности организацией и результатами восстановительного лечения [36].

Интересный пилотный проект реализован в 2020 г. немецкими коллегами – телереабилитация при травме плеча на основе системы программы физических тренировок с применением системы AGT-Reha. AGT-Reha состоит из универсального персонального компьютера и бесконтактной системы захвата движений «Kinect for Windows». Программное обеспечение AGT-Reha рассчитано на 10 упражнений, специально разработанных для пациентов с (хроническими) заболеваниями плечевого сустава. Лечащий врач имеет доступ к данным о тренировках (количество и качество выполнения упражнений) через веб-интерфейс и может адаптировать тренировку под конкретного пациента (упражнения, количество повторений, различные уровни сложности). После короткого виде-

оролика, объясняющего предстоящее упражнение, на тренировочной сцене отображается трехмерная визуализация (аватар) тренера, демонстрирующая правильное выполнение упражнения. В то же время камера распознает движения пациента и отражает их на экране. Цветная полоса от «+» до «-» в нижней части экрана обеспечивает непрерывную оценку выполнения упражнения. Таким образом, пациенты могут легко обнаружить и исправить неправильные движения. Несмотря на некоторые технические проблемы, все участники успешно тренировались самостоятельно с AGT-Reha дома не реже одного раза в день. Пять из 12 участников показали клинически значимое улучшение диапазона движений в плечевом суставе по SPADI (опросник для самооценки боли и нарушения функции плеча). Все участники сообщили об удобстве пользования и высокой удовлетворенности программой [37].

Таким образом, свидетельства эффективности телереабилитации при заболеваниях верхних конечностей в аспектах улучшения функциональных параметров, удовлетворенности пациентов и технико-экономической обоснованности были продемонстрированы в нескольких исследованиях, в том числе пилотных проектах и РКИ, изучавших эффективность, безопасность, доступность и востребованность таких программ.

Последние тенденции указывают на популярность недорогих, неинвазивных носимых визуальных устройств слежения в телереабилитации, таких как системы удаленного мониторинга на основе камер, обеспечивающих сбор количественных и клинически значимых данных о прогрессе пациентов, выполняющих программы физических тренировок в домашних условиях. Интеграция устройств удаленного мониторинга с традиционными методами реабилитации повышает доступность высококачественной специализированной помощи при сокращении расходов на здравоохранение, связанных с традиционной очной амбулаторной реабилитацией [38].

Литература/References

1. Амосова Н. А., Арутюнов Г. П., Базаров Д. В., Батышева Т. Т., Беджанян А. Л. [и др.]. Лечебная физическая культура в системе медицинской реабилитации: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. [Amosova N. A., Arutunov G. P., Bazarov D. V., Batyshva T. T., Bedzhanyan A. L. [et al.]. Physical therapy in the system of medical rehabilitation: National Guide. M.: «GÉOTAR-Media», 2022. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33029/9704-7147-0-TPE-2022-1-896>
2. Колышенков В. А., Решетников Р. В., Шумская Ю. Ф., Омелянская О. В., Владзимирский А. В. Возможности применения телемедицинских технологий в реабилитации пациентов травматолого-ортопедического профиля. *Российский журнал реабилитационной медицины*. 2023;3:60-70. [Kolyshenkov V. A., Reshetnikov R. V., Shumskaya Y. F., Omelyanskaya O. V., Vladzymyrskyy A. V. Potentials of application of telemedicine technologies in rehabilitation of traumatological and orthopedic patients. *Rossiiskii zhurnal ekologicheskoi i vosstanovitel'noi mediciny*. – *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2023;3:60-70. (In Russ.)].
3. Осокина А. К., Щинова А. М., Потехина А. В. Телемедицина: история и перспективы развития. *Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии*. 2019;2:111-120. [Osokina A. K., Schinova A. M., Potekhina A. V. Telemedicine: history and development prospects. *Vestnik Vserossijskogo obshchestva specialistov po mediko-social'noi ekspertize, reabilitatsii i reabilitacionnoi industrii*. – *Bulletin of the All-Russian Society of Experts in Medical and Social Expertise, Rehabilitation and Rehabilitation Industry*. 2019;2:111-120. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17238/issn1999-2351.2019.2>

Заключение. Изучение влияния интенсивности удаленного контроля (прямого и непрямого, в том числе с использованием видео-конференц-связи, аудиосвязи, видеозаписи с веб-камеры, телефонных звонков, приложений для смартфонов, специального программного обеспечения для персональных компьютеров) за ходом физических тренировок на их эффективность продемонстрировали сопоставимые позитивные результаты телереабилитации и очных индивидуальных/групповых тренировок, а также отсутствия существенных различий эффективности при различных вариантах удаленного контроля за ходом реабилитации. При этом приверженность программам телереабилитации в целом была высокой. Пациенты отмечали удовлетворенность вмешательством в связи с доступностью и удобством выполнения программ.

Это означает, что физические «телетренировки» могут быть столь же эффективными, как очные тренировки, и обеспечивают возможность индивидуальной поддержки пациента в привычных условиях жизни. Телереабилитация как инструмент физической и отчасти социально-психологической реинтеграции пациента становится все более многообещающей по мере дальнейшего развития цифровых и информационно-коммуникационных технологий.

Перспектива дальнейшего изучения эффективности, безопасности и экономической эффективности телереабилитации предполагает сравнение эффективности различных протоколов тренировок, в том числе с применением технологий дополненной реальности и других цифровых новаций, а также организацию исследований с более длительным, чем 6–12 недель, периодом наблюдения после завершения курса тренировок, поскольку устойчивость позитивных изменений, достигнутых в результате вмешательств в разных типах исследований, варьирует.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

4. Alayat M. S., Almatrafi N. A., Almutairi A. A., El Fiky A. A. R., Elsodany A. M. The effectiveness of telerehabilitation on balance and functional mobility in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Telerehabilitation*. 2022;14(2):e6532. <https://doi.org/10.5195/ijt.2022.6532>
5. Owen O., O'Carroll V. The effectiveness of cardiac telerehabilitation in comparison to centre-based cardiac rehabilitation programmes: A literature review. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2024;30(4):631-646. <https://doi.org/10.1177/1357633X221085865>
6. Dai Y., Huang H., Zhang Y., He N., Shen M., Li H. The effects of telerehabilitation on physiological function and disease symptom for patients with chronic respiratory disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine*. 2024;24(1):305. <https://doi.org/10.1186/s12890-024-03104-8>
7. Погощенкова И. В., Орлова Е. В., Сомов Д. А., Даминов В. Д., Горохова И. Г. Эффективность телемедицинских технологий в комплексной программе реабилитации пациентов после транспедикулярной фиксации позвоночника. *Вестник восстановительной медицины*. 2023;22(1):98-109. [Pogonchenkova I. V., Orlova E. V., Somov D. A., Daminov V. D., Gorohova I. G. Telemedicine technologies efficacy in a complex rehabilitation program: an open controlled study of 64 patients after transpedicular spine fixation. *Vestnik vosstanovitel'noi mediciny*. – *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023;22(1):98-109. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-1-98-109>
8. Ouendi N., Avril E., Dervaux B., Pudlo P., Wallard L. Effectiveness of telerehabilitation programs in elderly with hip or knee arthroplasty: a systematic review. *Telemedicine Journal and e-health*. 2024;30(6):1507-1521. <https://doi.org/10.1089/tmj.2023.0622>

9. Pandya J., Johnson T., Low A. K. Shoulder replacement for osteoarthritis: a review of surgical management. *Maturitas*. 2018;108:71-76. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.11.013>
10. Dávila Castrodad I. M., Recai T. M., Abraham M. M., Etcheson J. I., Mohamed N. S. [et al.]. Rehabilitation protocols following total knee arthroplasty: a review of study designs and outcome measures. *Annals of Translational Medicine*. 2019;7(Suppl. 7):S255. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.08.15>
11. Doiron-Cadrin P., Lafrance S., Saulnier M., Cournoyer É., Roy J.-S. [et al.]. Shoulder rotator cuff disorders: a systematic review of clinical practice guidelines and semantic analyses of recommendations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2020;101(7):1233-1242. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.12.017>
12. Russell T. G., Buttrum P., Wootton R., Jull G. A. Internet-based outpatient telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty. *Journal of Bone and Joints Surgery Am*. 2011;93(2):113-120. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01375>
13. Tousignant M., Moffet H., Boissy P., Corriveau H., Cabana F., Marquis F. A randomized controlled trial of home telerehabilitation for post-knee arthroplasty. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2011;17(4):195-198. <https://doi.org/10.1258/jtt.2010.100602>
14. Moffet H., Tousignant M., Nadeau S., Mérette C., Boissy P. [et al.]. In-home telerehabilitation compared with face-to-face rehabilitation after total knee arthroplasty. *Journal of Bone and Joints Surgery Am*. 2015;97(14):1129-1141. <https://doi.org/10.2106/JBJS.N.01066>
15. Tousignant M., Moffet H., Nadeau S., Mérette C., Boissy P. [et al.]. Cost analysis of in-home telerehabilitation for post-knee arthroplasty. *Journal of Medical Internet Research*. 2015;17(3):e83. <https://doi.org/10.2196/jmir.3844>
16. Лядов К. В., Шаповаленко Т. В., Конева Е. С. Опыт применения дистанционной реабилитации пациентов после эндопротезирования суставов нижних конечностей: Обзор литературы и результаты собственного исследования. *Вестник восстановительной медицины*. 2015;5:72-75. [Lyadov K. V., Scharovalenko T. V., Koneva E. S. Experience in the application of remote rehabilitation of patients after endoprosthesis of lower limb joints: a review of the literature and the results of own research. *Vestnik vosstanovitel'noi mediciny. – Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2015;5:72-75. (In Russ.)].
17. Prvu Bettger J., Green C. L., Holmes D. N., Chokshi A., Mather R. C. [et al.]. Effects of virtual exercise rehabilitation in-home therapy compared with traditional care after total knee arthroplasty. *Journal of Bone and Joints Surgery*. 2020;102(2):101-109. <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.00695>
18. Chang C.-F., Lin K.-C., Chen W.-M., Jane S.-W., Yeh S.-H., Wang T.-J. Effects of a home-based resistance training program on recovery from total hip replacement surgery: feasibility and pilot testing. *Journal of Research in Nursing*. 2017;25(1):21-30. <https://doi.org/10.1097/jnr.000000000000128>
19. Eichler S., Rabe S., Salzwedel A., Müller S., Stoll J. [et al.]. Effectiveness of an interactive telerehabilitation system with home-based exercise training in patients after total hip or knee replacement: study protocol for a multicenter, superiority, no-blinded randomized controlled trial. *Trials*. 2017;18:438. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2173-3>
20. Eichler S., Salzwedel A., Rabe S., Mueller S., Mayer F. [et al.]. The effectiveness of telerehabilitation as a supplement to rehabilitation in patients after total knee or hip replacement: randomized controlled trial. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. 2019;6(2):e14236. <https://doi.org/10.2196/14236>
21. Bini S., Mahajan J. Clinical outcomes of remote asynchronous telerehabilitation are equivalent to traditional therapy following total knee arthroplasty: a randomized control study. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2017;23(2):239-247. <https://doi.org/10.1177/1357633X16634518>
22. Сандаков Я. П., Кочубей А. В., Черняховский О. Б., Кочубей В. В. Оценка поликлинической реабилитации после эндопротезирования суставов. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2020;28(1):101-105. [Sandakov A. P., Kochubei A. V., Chernyakhovskii O. B., Kochubei V. V. Assessment of out-patient rehabilitation after joint replacement. *Problemy social'noi gigieny, zdravooхранения i istorii mediciny. – Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2020;28(1):101-105. (In Russ.)].
23. Струков П. Н., Конева С. М., Конева Е. С., Хантагарев Т. Б., Песоцкая А. А. [и др.]. Оценка актуальности и эффективности использования дистанционных методов восстановления в реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования суставов. *Физиотерапевт*. 2022;6. [Strukov R. N., Konev S. M., Koneva E. S. [et al.]. Assessment of relevance and effectiveness of using remote recovery methods in rehabilitation of patients after total joint replacement. *Fizioterapevt. – Physiotherapist*. 2022;6. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33920/med-14-2212-03>
24. Chughtai M., Kelly J. J., Newman J. M., Sultan A. A., Khlopas A. [et al.]. The role of virtual rehabilitation in total and unicompartmental knee arthroplasty. *Journal of Knee Surgery*. 2019;32(1):105-110. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1637018>
25. Hinman R. S., Nelligan R. K., Bennell K. L., Delany C. «Sounds a bit crazy, but it was almost more personal»: a qualitative study of patient and clinician experiences of physical therapist-prescribed exercise for knee osteoarthritis via skype. *Arthritis Care Research (Hoboken)*. 2017;69(12):1834-1844. <https://doi.org/10.1002/acr.23218>
26. Azma K., RezaSoltani Z., Rezaeimoghaddam F., Dadarkhah A., Mohsenolhosseini S. Efficacy of telerehabilitation compared office-based physical therapy in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2018;24(8):560-565. <https://doi.org/10.1177/1357633X17723368>
27. Allen K. D., Arbeeveva L., Callahan L. F., Golightly Y. M., Goode A. P. [et al.]. Physical therapy vs internet-based exercise training for patients with knee osteoarthritis: results of a randomized controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage*. 2018;26(3):383-396. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2017.12.008>
28. Bennell K. L., Campbell P. K., Egerton T., Metcalf B., Kasza J. [et al.]. Telephone coaching to enhance a home-based physical activity program for knee osteoarthritis: a randomized clinical trial: Exercise and Telephone Coaching for Knee OA. *Arthritis Care Research*. 2017;69(1):84-94. <https://doi.org/10.1002/acr.22915>
29. Tsvyakh A. I., Hospodarskiy A. J. Telerehabilitation of patients with injuries of the lower extremities. *Telemedicine and e-Health*. 2017;23(12):1011-1015. <https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0267>
30. Pastora-Bernal J.-M., Martín-Valero R., Barón-López F. J., García-Gómez O. Effectiveness of telerehabilitation programme following surgery in shoulder impingement syndrome (SIS): study protocol for a randomized controlled non-inferiority trial. *Trials*. 2017;18:82. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-1822-x>
31. Choi Y., Nam J., Yang D., Jung W., Lee H.-R., Kim S. H. Effect of smartphone application-supported self-rehabilitation for frozen shoulder: a prospective randomized control study. *Clinical Rehabilitation*. 2019;33(4):653-660. <https://doi.org/10.1177/0269215518818866>
32. Santello G., Rossi D. M., Martins J., Libardoni T. de C., de Oliveira A. S. Effects on shoulder pain and disability of teaching patients with shoulder pain a home based exercise program: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2020;34(10):1245-1255. <https://doi.org/10.1177/0269215520930790>
33. Pastora-Bernal J. M., Martín-Valero R., Barón-López F. J., Moyano N. G., Estebanez-Pérez M.-J. Telerehabilitation after arthroscopic subacromial decompression is effective and not inferior to standard practice: preliminary results. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2018;24:428-433. <https://doi.org/10.1177/1357633X17706583>
34. Malliaras P., Cridland K., Hopmans R., Ashton S., Littlewood C. [et al.]. Internet and telerehabilitation-delivered management of rotator cuff related shoulder pain (INTEL Trial): randomized controlled pilot and feasibility trial. *JMIR mHealth uHealth*. 2020;8(11):e24311. <https://doi.org/10.2196/24311>
35. Eriksson L., Lindström B., Ekenberg L. Patients' experiences of telerehabilitation at home after shoulder joint replacement. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2011;17(1):25-30. <https://doi.org/10.2196/24311>
36. Tousignant M., Giguère A.-M., Morin M., Pelletier J., Sheehy A., Cabana F. In home telerehabilitation for proximal

- humerus fractures: a pilot study. *International Journal of Telerehabilitation*. 2015;6(2):31-37. <https://doi.org/10.5195/ijt.2014.6158>
37. Steiner B., Elgert L., Saalfeld B., Schwartze J., Borrmann H. P. [et al.]. Health-enabling technologies for telerehabilitation of the shoulder: a feasibility and user acceptance study. *Methods Inf. Med.* 2020;59:e90-e99. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713685>
38. Sassi M., Villa Corta M., Pisani M. G., Nicodemi G., Schena E. [et al.]. Advanced home-based shoulder rehabilitation: a systematic review of remote monitoring devices and their therapeutic efficacy. *Sensors (Basel)*. 2024;24(9):2936. <https://doi.org/10.3390/s24092936>

Поступила 23.08.2025

Сведения об авторах:

Корецкая Наталья Евгеньевна, врач физической и реабилитационной медицины, заведующая амбулаторным отделением медицинской реабилитации; тел.: +79161273367; e-mail: n.koretskaya@vipmed.ru; <https://orcid.org/0009-0008-3217-3578>

Вонгай Игорь Александрович, врач – ортопед-травматолог Центра амбулаторной хирургии с дневным стационаром; e-mail: i.vongai@vipmed.ru; <https://orcid.org/0009-0004-2558-9314>

Сальников Андрей Станиславович, врач физической и реабилитационной медицины амбулаторного отделения медицинской реабилитации; e-mail: a.salnikov@vipmed.ru; <https://orcid.org/0009-0006-0000-3801>

Ржевская Елена Васильевна, кандидат медицинских наук, главный врач; e-mail: e.rzhevskaya@vipmed.ru; <https://orcid.org/0009-0006-2534-0118>

Боева Ольга Игоревна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры поликлинической медицины, научный консультант врач-терапевт; тел.: +79288117274; e-mail: box0271@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1816-8309>

© Коллектив авторов, 2025

УДК 620.3:615

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2025.20086>

ISSN – 2073-8137

Использование наночастиц серебра в современной экспериментальной медицине и клинической практике

В. В. Малышко^{1, 2}, И. М. Быков¹, Т. А. Заикин¹, Д. И. Шашков³,
А. В. Моисеев⁴, А. А. Басов^{1, 3}, Е. Е. Есауленко¹, А. П. Сторожук¹

¹ Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Российская Федерация

² Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³ Кубанский государственный университет, Краснодар, Российская Федерация

⁴ Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Российская Федерация

Using of silver nanoparticles in current experimental medicine and clinical practice

Malysenko V. V.^{1, 2}, Bykov I. M.¹, Zaikin T. A.¹, Shashkov D. I.³,
Moiseev A. V.⁴, Basov A. A.^{1, 3}, Esaulenko E. E.¹, Storozhuk A. P.¹

¹ Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

² Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

³ Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

⁴ Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

Использование наночастиц серебра (AgNPs) в клинической практике и экспериментальной медицине представляет существенный интерес в связи с их выраженными противовирусными, микробицидными, фунгицидными и противоопухолевыми эффектами. Способность AgNPs оказывать различное по интенсивности влияние на биологические объекты определяется их размером (чаще менее 100 нм), формой (сферической, треугольной, стержневой и т. д.), структурой внешних слоев (в зависимости от вида лиганда), зарядом (положительным, отрицательным, практически нейтральным). Показано, что в хирургии, онкологии, стоматологии, травматологии, лабораторной диагностике вос-