

ТЕЛЕРЕАБИЛИТАЦИЯ ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Е. М. Әбілда^{1*}, Б. С. Досмаилов¹, Е. Н. Набиев², А. Т. Джумабеков³

¹КГП на ПХВ «Городская клиническая больница №4», Казахстан, Алматы

²НАО «Казахский Национальный медицинский университет им. С. Д. Асфендиярова»,
Казахстан, Алматы

³Казахстанский медицинский университет «ВШОЗ», Казахстан, Алматы

**Корреспондирующий автор*

Аннотация

Актуальность. В связи с ростом числа эндопротезирований крупных суставов, старением населения и ограничениями доступа к медицинской помощи, в том числе в условиях пандемии, телереабилитация приобрела особую актуальность в последние годы.

Цель. Проанализировать современные литературные данные о клинической эффективности, экономической целесообразности, безопасности, преимуществах и ограничениях телереабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава.

Материалы и методы. Литературный поиск с целью выявления публикаций, посвящённых вопросам телереабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава, был проведён в базах данных PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Google Scholar. Преимущественно отбирались оригинальные исследования и обзоры литературы, опубликованные за последние 15 лет. В анализ были включены полнотекстовые статьи, посвящённые телереабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава.

Результаты. Полученные данные свидетельствуют о перспективности внедрения цифровых решений на основе телереабилитации в систему реабилитационной медицины и целесообразности её использования в качестве дополнения к традиционным формам медицинской реабилитации, что расширяет доступность специализированной помощи и повышает непрерывность наблюдения за пациентами. По данным систематического обзора литературы, телереабилитация является практической альтернативой традиционной очной реабилитации у пациентов, перенесших эндопротезирование коленного сустава. Программы телереабилитации снижают прямые затраты на послеоперационную реабилитацию в среднем на 10-40 % на одного пациента по сравнению с традиционной очной реабилитацией благодаря снижению транспортных расходов, уменьшению количества посещений клиники и более эффективному использованию человеческих ресурсов.

Выводы. Телереабилитацию следует рассматривать как перспективный инструмент, обеспечивающий непрерывность восстановительного лечения пациентов, перенесших тотальное эндопротезирование коленного сустава. Телереабилитация в сфере цифрового здравоохранения способствует оптимизации ресурсов здравоохранения и обеспечивает доступность реабилитационной помощи пациентам в отдалённых местностях.

Ключевые слова: телереабилитация, телемедицина, коленный сустав, тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС), реабилитация, информационно-коммуникационные технологии, удалённая консультация.

Введение

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (далее – ТЭКС) относится к одному из наиболее распространённых и эффективных методов лечения пациентов с терминальной стадией гонартроза, ревматоидного артрита и посттравматических деформаций [1-3]. Данное хирургическое вмешательство позволяет устранить деформации, улучшить функцию и подвижность коленного сустава, уменьшить болевой синдром и повысить качество жизни пациентов [4; 5].

За последние два десятилетия в мировой ортопедической практике отмечается выраженное изменение возрастной структуры пациентов, направляемых на эндопротезирование. Согласно данным национальных регистров и популяционных исследований, частота ТЭКС у пациентов моложе 60 лет увеличилась более чем в 20 раз за последние 20 лет, при этом наибольший относительный рост зафиксирован в возрастной группе 50-59 лет [6].

Спрос на ТЭКС постоянно растёт. По оценкам, только в Соединённых Штатах Америки ежегодно выполняется около 700 000 операций ТЭКС, а к 2030 году прогнозируется увеличение их числа более чем до 3,48 миллиона процедур [7].

Клинические и функциональные исходы ТЭКС в значительной степени определяются не только качеством хирургической техники, но и полнотой, своевременностью, непрерывностью и интенсивностью послеоперационной реабилитации [8-11]. Эффективная программа реабилитации позволяет ускорить восстановление функции сустава, уменьшить болевой синдром и повысить уровень физической активности пациентов.

Традиционно реабилитация после эндопротезирования коленного сустава (далее – ЭПКС) проводится в стационаре или амбулаторно под непосредственным контролем специалиста. Однако развитие цифровых технологий привело к появлению телереабилитации – дистанционного формата восстановительного лечения с использованием информационно-коммуникационных и телемедицинских технологий [12; 13].

Особую актуальность телереабилитация приобрела в последние годы, особенно в усло-

виях пандемии COVID-19, когда доступ пациентов к очной медицинской помощи был существенно ограничен. В этих условиях телереабилитационные технологии позволили обеспечить непрерывность наблюдения и восстановительного лечения пациентов, расширив возможности дистанционного взаимодействия между пациентом и специалистом [14].

Телереабилитация представляет собой специализированное направление телемедицины, предусматривающее удалённое оказание реабилитационных услуг, включая оценку состояния пациента, мониторинг, проведение реабилитационных вмешательств, обучение, консультации и психологическую поддержку [15; 16]. Использование телереабилитации позволяет снизить затраты как для медицинских учреждений, так и для пациентов по сравнению с традиционной стационарной или амбулаторной реабилитацией.

Несмотря на очевидные преимущества, телереабилитация имеет и определённые ограничения, включая необходимость цифровой грамотности пациентов, технические сложности использования цифровых платформ и скептицизм некоторых пациентов по отношению к дистанционному взаимодействию со специалистами. В этой связи важное значение имеет изучение эффективности, безопасности и экономической целесообразности применения телереабилитации после эндопротезирования суставов [17].

Цель исследования – проанализировать современные литературные данные о клинической эффективности, экономической целесообразности, безопасности, преимуществах и ограничениях телереабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава.

Материалы и методы

Настоящее исследование выполнено в форме систематического обзора научной литературы. Поиск, отбор и анализ публикаций проводились с использованием элементов методологии PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Стратегия поиска литературы

Систематический поиск научных публикаций был проведён в следующих электронных базах данных: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Google Scholar и eLibrary. Глубина поиска составила 15 лет.

Поиск осуществлялся с использованием следующих ключевых слов и их комбинаций: telerehabilitation, telemedicine, knee joint, total knee arthroplasty, rehabilitation, information and communication technologies, remote consultation.

Ключевые слова комбинировались с использованием логических операторов AND и OR.

Отбор исследований

В результате поиска в электронных базах данных было выявлено 742 публикации, включая: PubMed – 186, Scopus – 204, Web of Science – 132, Google Scholar – 168 и eLibrary – 52.

После удаления 198 дубликатов и исключения 12 публикаций по другим причинам для дальнейшего анализа было отобрано 532 записи.

На этапе скрининга заголовков и аннотаций были исключены 401 публикация, в том числе: исследования, не связанные с ТЭКС – 158; исследования, не посвящённые телереабилитации – 121; исследования со смешанными типами артропластики – 74; исследования, не включающие взрослую популяцию – 18; публикации нерезультативного формата – 30.

Для полнотекстовой оценки было отобрано 131 исследование, из которых 21 публикация не была доступна в полном тексте. Таким образом, 110 полнотекстовых статей были оценены на соответствие критериям включения. После детального анализа 62 исследования были исключены.

В итоговый анализ были включены 48 исследований, посвящённых применению телереабилитации после ТЭКС.

Критерии включения

В обзор включались исследования, соответствующие следующим критериям:

- оригинальные исследования, рандомизированные контролируемые исследования, систематические обзоры и метаанализы;
- клиничко-экономические исследования;
- исследования, посвящённые применению телереабилитации после ТЭКС;
- исследования, проведённые у взрослых пациентов;
- публикации, содержащие данные о клинических и функциональных результатах телереабилитации.

Критерии исключения

Из анализа исключались:

- исследования, не связанные с ТЭКС;

– исследования, не посвящённые телереабилитации;

– исследования со смешанными группами артропластики без отдельного анализа результатов ТЭКС;

– исследования, выполненные у детей и подростков;

– публикации без полнотекстового доступа;

– публикации, не содержащие данных о клинических результатах.

Результаты

Методы телереабилитации

Проведённый анализ литературы подтверждает, что послеоперационная реабилитация является критически важным компонентом лечения пациентов после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов.

Несмотря на высокую эффективность хирургического вмешательства, отсутствие или неполное прохождение восстановительного лечения приводит к значительному ухудшению функциональных исходов. По результатам данных систематических обзоров и мета-анализов, пациенты, прошедшие структурированные программы восстановления демонстрируют улучшение функциональных исходов (по шкалам WOMAC, KOOS) на протяжении 6-12 месяцев после операции по сравнению с пациентами, которые не завершили реабилитацию [18; 19].

Современные телереабилитационные технологии позволяют осуществлять дистанционный мониторинг физической активности, контролировать выполнение упражнений, своевременно корректировать реабилитационные программы и повышать приверженность пациентов лечению [20; 21].

Основные формы телереабилитации являются: синхронные видеосеансы с физиотерапевтом [22], асинхронные программы упражнений с дистанционным контролем [23], системы с датчиками движения и обратной связью (инерциальные измерительные блоки, гироскопы) [22], мобильные приложения и цифровые платформы, технология виртуальной и дополненной реальности (искусственный интеллект) [24].

Телереабилитация может применяться: в раннем послеоперационном периоде, на амбулаторном этапе восстановления, в фазе длительного функционального восстановления [25; 26].

Клиническая эффективность

Пандемия COVID-19 выявила уязвимость традиционных очных моделей реабилитации. В период 2020-2022 годов были зафиксированы ограничения доступа к реабилитационным услугам [27]. Это сопровождалось увеличением доли пациентов с замедленным функциональным восстановлением, более выраженным болевым синдромом и повышенной потребностью в повторных медицинских консультациях. Пост-COVID-ассоциированные состояния, включая мышечную слабость, повышенную утомляемость и снижение толерантности к физической нагрузке, дополнительно осложняли восстановительный процесс [28].

По результатам систематического обзора, проведенного L. Suso-Martí et al. (2021), были сделаны выводы о том, что телереабилитация показала себя безопасной, эффективной и удобной альтернативой традиционной очной реабилитации для пациентов имеющих различные нарушения опорно-двигательного аппарата. Она обеспечивает сопоставимые улучшения в отношении боли, диапазона движений и функциональных результатов, являясь ценным вариантом в условиях ограниченного доступа к очному лечению [29].

Метаанализ M. P. Trans et al. (2022) [13] показал, что телереабилитация после ТЭКС обеспечивает аналогичные результаты по боли и функциональным показателям по сравнению с традиционной реабилитацией. Однако учитывая значительно более низкую стоимость телереабилитации, она может быть более предпочтительной альтернативой для пациентов после ТЭКС.

Систематический обзор продемонстрировал, что телереабилитация: положительно влияет на способность к ходьбе, разгибание коленного сустава и снижает затраты пациентов после операции по эндопротезированию коленного сустава. Что касается качества жизни, удовлетворенности пациентов и показателей WOMAC, телереабилитация показала результаты, аналогичные традиционной реабилитации. По данным систематического обзора литературы можно утверждать, что телереабилитация является практической альтернативой традиционной очной реабилитационной терапии у пациентов, перенесших эндопротезирование

коленного сустава [30; 31].

H. Moffet et al. (2015) [32] изучили результаты реабилитации 205 пациентов, перенесших ТЭКС, перед выпиской из стационара все пациенты были распределены на группу телереабилитации и группу очных визитов специалиста на дому. Пациенты получали одинаковую реабилитационную программу в течение двух месяцев после выписки. Пациенты оценивались на исходном этапе (до ЭПКС), через два и четыре месяца после выписки с использованием опросников WOMAC, KOOS), функциональных и силовых тестов, а также гониометрии оперированного сустава. По заключению авторов, сравнительный анализ результатов двух групп показал эффективность телереабилитации наравне с занятиями специалиста на дому и целесообразность использования телереабилитации у пациентов после ТЭКС.

К. В. Лядов и соавт. (2015) [33] используя опыт зарубежных исследователей, представили собственную программу дистанционно-контролируемой реабилитации (далее – ДКР) пациентов после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов на дому. Разработанное авторами IT-сопровождение через «личный кабинет» для каждого пациента позволяет установить динамический врачебный и инструкторский контроль всего 21-дневного курса реабилитации пациента, проводить дистанционную коррекцию проводимых упражнений, учитывающий эффективность и переносимость пациентом. Программа реабилитации включает дистанционную консультацию травматолога-ортопеда и врача лечебной физической культуры (далее – ЛФК), занятия ЛФК, механотерапию на устройстве для пассивной мобилизации коленных и тазобедренных суставов, возможность консультации у психолога. Авторы сообщили положительные результаты использования программы ДКР у 56 пациентов после ТЭКС и 53 – после ТЭКС. По мнению авторов, использование современных технологий для реализации программы ДКР в качестве второго этапа медицинской реабилитации на примере реабилитации пациентов после операции эндопротезирования является успешным решением проблемы непрерывной реабилитации пациентов.

Ковалевская Д. А. (2025) [34] разработала алгоритм модели телереабилитации па-

циентов в раннем послеоперационном периоде после ТЭКС с использованием цифровых платформ, адаптированных под возрастные и функциональные особенности целевой группы. В качестве инструмента дистанционного взаимодействия автором выбран мессенджер Telegram, на базе которого создан специализированный телекоммуникационный ресурс «Шаг за шагом». Автор представила структуру цифровой платформы, принципы навигации и подачи контента, а также реализованные механизмы обратной связи и контроля за выполнением упражнений. Закрытый формат канала позволил авторам обеспечить конфиденциальность, ограничив доступ исключительно для участников экспериментальной группы и специалистов, участвующих в исследовании. Через канал специалисты имеют возможность проводить ежедневный видеоконтроль за проведением ЛФК, корректировать выполнение упражнений и отвечать на вопросы пациентов в чате. По мнению автора, полученные данные свидетельствуют о перспективности внедрения подобных цифровых решений в систему реабилитационной медицины.

Q. Wang et al. (2023) [35] изучили эффективность реабилитационной программы, реализуемой с помощью мобильного приложения среди пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного или коленного сустава, на основе рандомизированного контролируемого исследования. В исследование было включено 86 пациентов, которым была выполнена односторонняя первичная тотальная артропластика тазобедренного или коленного сустава. Контрольная группа (n = 43) получала традиционную реабилитацию, а в экспериментальной группе (n = 43) использовалась 6-недельная программа мобильной реабилитации. Результаты оценивались трижды: за день до выписки из больницы, а также через 6 и 10 недель после выписки. На 10-й неделе наблюдения в экспериментальной группе были отмечены статистически значимые улучшения показателей самоэффективности (скорректированная средняя разница = 0,64, 95 % ДИ 0,33-0,95, P < 0,001), качества жизни, связанного со здоровьем (скорректированная средняя разница = 0,06, 95 % ДИ 0,01–0,10, P = 0,018), тревожности (скорректированная средняя разница = -0,51, 95 %

ДИ -0,91–0,10, P = 0,015) и депрессии (скорректированная средняя разница = -0,37, 95 % ДИ -0,66–0,08, P = 0,012). По мнению авторов, разница между группами по показателям самоэффективности и качества жизни, связанного со здоровьем, может иметь клиническое значение.

Экономическая эффективность

Экономическая целесообразность внедрения телереабилитации после эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов подтверждена рядом клинико-экономических исследований. Исследование, проведенное S. H. Summers et al., (2024) [36], показало экономию около 2 460 долларов на пациента. В данной работе сравнивается стандартная физиотерапия и телереабилитационная программа. Проанализированные данные подтверждают значительное снижение затрат в пользу телереабилитации.

M. Tousignant et al. (2011) [37] провели сравнительный анализ эффективности домашней телереабилитации с традиционной реабилитацией у 48 пациентов после ТЭКС. Пациенты рандомизированы на группу телереабилитации и группу со стандартной реабилитацией. Пациенты получили 16 сеансов телереабилитации под контролем обученного физиотерапевта с использованием видеоконференцсвязи с пациентом дома через интернет-соединение (скорость загрузки 512 кбит/с). Функциональные достижения пациентов оценивали с использованием известных шкал, на основании сопоставительного анализа показателей двух групп авторы пришли к выводу, что телереабилитация с видеосвязью является не менее эффективным методом реабилитационного лечения пациентов наравне с традиционной реабилитацией и имеет большой потенциал для повышения доступности терапии в районах с высокоскоростным интернетом.

S. Baffert et al. (2023) [38] выполнили обзор литературы в базах данных PubMed, Scopus и Centers for Review and Dissemination, включивший исследования, изучающие результаты телереабилитации в сравнении с очной реабилитацией. Авторы включили 11 исследований, касающихся экономических оценок, из которых 6 были посвящены сердечно-сосудистым заболеваниям. Для оценки в исследованиях использованы шкалы EQ-5D, EQ-5D-5L и EQ-5D-3L и благодаря услугам телереабилитации сумма

полученных баллов варьировалась от 0,09 до 0,89. Эти результаты были представлены в виде вероятности экономической эффективности реабилитационной услуги. Большинство исследований показали, что телереабилитация является более эффективной и менее затратной в экономическом плане по сравнению с традиционной реабилитацией.

М. Tousignant et al. (2015) [39] также изучили экономическую эффективность использования телереабилитации после ЭПКС у 197 пациентов. Реабилитация в группе ТЕЛЕ проводилась посредством видеоконференцсвязи через высокоскоростной интернет. Группа ВИЗИТ получала такую же реабилитацию на дому. При сравнении обеих групп анализ совокупных затрат показал разницу в стоимости в пользу группы TELE (TELE минус VISIT: -263 доллара, 95 % доверительный интервал от -382 до -143 долларов). В выводах авторы указывают, что стоимость одного сеанса телереабилитации на дому по сравнению с традиционной реабилитацией с визитом на дом была ниже или примерно такой же, в зависимости от расстояния между домом пациента и медицинским центром.

В систематическом обзоре Р. Molina-García et al. (2024) были проанализированы 37 клинических испытаний и 5 исследований по экономике здравоохранения, в общем анализ включал 4288 участников. В данном обзоре был сделан вывод о том, что телереабилитация обходится примерно на 89.55 долларов США дешевле на пациента по сравнению с обычным лечением. Кроме того, телереабилитация сокращает затраты и время [40].

Дополнительно отмечается снижение косвенных экономических потерь, связанных с временной нетрудоспособностью и потерей трудоспособности, за счёт более раннего возвращения пациентов к профессиональной и социальной активности [36].

Приверженность лечению и доступность помощи

Согласно исследованию L. Wang et al. (2025), телереабилитация при эндопротезировании тазобедренного и коленного суставов развивается в направлении мобильных приложений, носимых датчиков и искусственного интеллекта для повышения доступности и уверенности пациентов в своих силах [22]. Доступность электронных

программ реабилитации на дому с дистанционным обучением пациентов после эндопротезирования суставов может стать эффективной альтернативой обычному лечению [41].

По мнению J. Chen et al. (2019), первоначальное и постоянное привлечение специалистов по реабилитации, а также разработка соответствующих политик, основанных на потребностях пациентов, являются потенциальными подходами к повышению эффективности реабилитации на дому после эндопротезирования [42].

Исследования M. Nuevo et al. (2024) по использовании телереабилитации с помощью ReHub® после ЭПКС показали высокую приверженность теле-упражнениям. Телереабилитация обеспечивает обратную связь в режиме реального времени и гарантирует эффективную коммуникацию. Авторы отметили, что цифровые напоминания, обратная связь в режиме реального времени и более простые домашние программы улучшает приверженность плану упражнений [43].

Безопасность телереабилитации

По материалам Н. Shnitzer et al. (2025), телереабилитация является безопасной альтернативой очной реабилитации, при этом большинство зарегистрированных нежелательных явлений являются редкими, или легкими и не связаны с протоколами телереабилитации. По мнению авторов необходимы более обширные исследования с подробным описанием характеристик нежелательных явлений. Более глубокое понимание потенциальных рисков телереабилитации может способствовать ее более широкому внедрению, обеспечивая при этом ее безопасное применение среди медицинских работников и пациентов [44].

В исследованиях P. J. Bettger et al. (2020) у пациентов, получавших телереабилитацию после ТЭКС, было меньше повторных госпитализаций, чем в группе стандартного лечения (12 по сравнению с 30; $p = 0,007$). Виртуальная реабилитация также показала хорошие результаты через 6 недель по показателям разгибания и сгибания коленного сустава, скорости ходьбы, а через 12 недель - по показателям боли и повторной госпитализации. Авторами была отмечена незначительная тенденция к увеличению частоты падений в группе телереабилитации (19,4 % против 14,6 %), но общие осложнения (падения,

повторные госпитализации) были схожими во всех методах реабилитации [45].

По мнению W.Y. Wu et al. (2023), интернет-система управления реабилитацией может не только способствовать физической реабилитации пациентов, но и играть положительную роль в психологической реабилитации и предотвращении осложнений, предоставляя новые идеи и методы для клинической реабилитации [46].

Ограничения телереабилитации. Несмотря на перспективность, телереабилитация имеет ряд ограничений. К ним относятся необходимость достаточного уровня цифровой грамотности пациентов, наличие стабильного высокоскоростного интернет-соединения, трудности настройки и обслуживания цифровых систем, а также ограниченные возможности контроля техники выполнения упражнений. Дополнительные сложности могут быть связаны с перебоями в сети, недостаточным качеством освещения и несвоевременным получением технической помощи [23; 47; 48]. Кроме того, сохраняется дефицит крупных высококачественных рандомизированных контролируемых исследований, что требует дальнейшего накопления доказательной базы [46].

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о высокой перспективности применения телереабилитации в системе медицинской реабилитации пациентов после ТЭКС. Анализ современных научных исследований показывает, что телереабилитация обеспечивает клинические результаты, сопоставимые с традиционными программами очной реабилитации, включая показатели боли, функциональной активности и качества жизни пациентов [13; 29-31].

В ряде исследований отмечается, что использование телереабилитационных технологий позволяет обеспечить дистанционный мониторинг состояния пациентов, контролировать выполнение реабилитационных упражнений и своевременно корректировать программы восстановления [20; 21]. Применение цифровых платформ и мобильных приложений способствует повышению приверженности пациентов лечению за счёт регулярной обратной связи, дистанционного контроля и индивидуализации реабилитационных программ [22; 44].

Важным преимуществом телереабилитации является её экономическая эффективность. По данным клинико-экономических исследований, внедрение телереабилитационных программ позволяет снизить прямые затраты на послеоперационную реабилитацию по сравнению с традиционными программами лечения [36]. В исследовании Tousignant M. и соавт. было показано, что стоимость телереабилитации может быть ниже традиционной реабилитации в среднем на 263 доллара США на одного пациента [39].

Дополнительным преимуществом телереабилитации является повышение доступности медицинской помощи, особенно для пациентов, проживающих в отдалённых регионах или имеющих ограниченные возможности посещения медицинских учреждений [37; 40]. Использование современных цифровых технологий, включая мобильные приложения, датчики движения и системы дистанционного мониторинга, расширяет возможности медицинского наблюдения и способствует более гибкой организации реабилитационного процесса [22-24].

В то же время телереабилитация имеет определённые ограничения. Среди наиболее распространённых проблем отмечаются необходимость достаточного уровня цифровой грамотности пациентов, наличие стабильного интернет-соединения и возможные технические сложности при использовании цифровых платформ [23, 47, 48]. Кроме того, ряд авторов указывает на ограниченное количество крупных рандомизированных контролируемых исследований, что требует дальнейших научных исследований в данной области [46].

Несмотря на существующие ограничения, большинство исследований подтверждают безопасность применения телереабилитации после эндопротезирования суставов. По данным систематических обзоров, нежелательные явления при использовании телереабилитации являются редкими и, как правило, не связаны непосредственно с реабилитационными протоколами [44]. В отдельных исследованиях также отмечено снижение частоты повторных госпитализаций у пациентов, получавших телереабилитацию после ТЭКС [45].

Таким образом, телереабилитация может рассматриваться как эффективное дополнение к

традиционным программам медицинской реабилитации и перспективное направление развития современной реабилитационной медицины.

Выводы

Телереабилитация является перспективным направлением медицинской реабилитации после ТЭКС. По данным проанализированных исследований, она обеспечивает клинические результаты, сопоставимые с традиционной очной реабилитацией, способствует повышению доступности специализированной помощи и обладает экономическими преимуществами. Использование телереабилитационных технологий может рассматриваться как эффективное дополнение к традиционным программам восстановительного лечения, особенно для пациентов, проживающих в отдалённых регионах. Для Республики Казахстан развитие и внедрение телереабилитации представляют значительный практический интерес как в клиническом, так и в организационно-экономическом аспектах.

Список источников

1. Price A. J., Alvand A., Troelsen A. et.al. Knee replacement // *Lancet*. – 2018. – Vol. 392. – P. 1672-1682. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32344-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32344-4)
2. Pamilo K.J., Torkki P., Peltola M. et.al. Fast-tracking for total knee replacement reduces use of institutional care without compromising quality // *Acta Orthopaedica*. – 2018. – Vol. 89. – P. 184-189. – DOI: <https://doi.org/10.1080/17453674.2017.1399643>
3. Котельников Г. П., Миронов С. П. Травматология: Национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 776 с. – URL: <https://medbase.ru/book/ISBN9785970445501.html> (дата обращения: 25.01.2026).
4. Kamaruzaman H., Kinghorn P., Oppong R. Cost-effectiveness of surgical interventions for the management of osteoarthritis: a systematic review // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2017. – Vol. 18. – Article No. 183. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1540-2>
5. Shukla H., Nair S. R., Thakker D. Role of telerehabilitation in patients following total knee arthroplasty: systematic review and meta-analysis // *Journal of Telemedicine and Telecare*. – 2017. – Vol. 23(2). – P. 339-346. – DOI: <https://doi.org/10.1177/1357633X16628996>

6. Bayliss L. E., Culliford D., Monk A. P. et.al. The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee // *Lancet*. – 2017. – Vol. 389. – P. 1424-1430. – DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30059-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30059-4)
7. Nguyen L. C., Lehil M. S., Bozic K. J. Trends in total knee arthroplasty implant utilization // *Journal of Arthroplasty*. – 2015. – Vol. 30(5). – P. 739-742. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2014.12.009>
8. Artz N., Elvers K. T., Lowe C. M. et.al. Effectiveness of physiotherapy exercise following total knee replacement: systematic review and meta-analysis // *Physical Therapy*. – 2015. – Vol. 95(6). – P. 835-849. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0469-6>
9. Moffet H., Collet J. P., Shapiro S. H., Paradis G., Marquis F., Roy L. Effectiveness of intensive rehabilitation on functional ability and quality of life after first total knee arthroplasty: A single-blind randomized controlled trial // *Arch Phys Med Rehabil*. – 2004. – Vol. 85(4). – P. 546-56. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.08.080>
10. Bade M. J., Stevens-Lapsley J. E. Early high-intensity rehabilitation following total knee arthroplasty improves outcomes // *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. – 2011. – Vol. 41(12). – P. 932-941. – DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3734>
11. Konnyu K. J., Thoma L. M., Cao W. et.al. Rehabilitation for total knee arthroplasty: systematic review // *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. – 2023. – Vol. 101(12). – P. 1071-1086. – DOI: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002008>
12. Phuphanich M. E., Sinha K. R., Truong M., Pham Q. G. Telemedicine for Musculoskeletal Rehabilitation and Orthopedic Postoperative Rehabilitation // *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2021. – Vol. 32(2). – P. 319-353. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2020.12.004>
13. Tsang M. P., Man G. C. W., Xin H., Chong Y. C., Ong M. T., Yung P. S. The effectiveness of telerehabilitation in patients after total knee replacement: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *J Telemed Telecare*. – 2024. – Vol. 30(5). – P. 795-808. – DOI: <https://doi.org/10.1177/1357633X221097469>
14. Kocyigit B., Assylbek M., Yessirkepov M.

- Telerehabilitation: lessons from the COVID-19 pandemic // *Rheumatology International*. – 2024. – Vol. 44(4). – P. 577-582. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00296-024-05537-0>
15. National Library of Medicine. MeSH: Telerehabilitation [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=telerehabilitation> (дата обращения: 25.12.2020).
16. Wang L., Lee M., Zhang Z., Moodie J., Cheng D., Martin J. Does preoperative rehabilitation for patients planning to undergo joint replacement surgery improve outcomes? A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials // *BMJ Open*. – 2016. – Vol. 6(2). – Article No. 009857. – DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009857>.
17. Peretti A., Amenta F., Tayebati S. K. et.al. Telerehabilitation: review of the state of the art // *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. – 2017. – Vol. 4(2). – P. 7. – DOI: <https://doi.org/10.2196/rehab.7511>
18. De Berardinis L., Senarighi M., Ciccullo C., Forte F., Spezia M., Gigante A. P. Fast-track surgery and telerehabilitation protocol in unicompartmental knee arthroplasty leads to superior outcomes when compared with the standard protocol: a propensity-matched pilot study. *Knee Surg Relat Res*. – 2022. – Vol. 34(1). – P. 44. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s43019-022-00173-z>.
19. Liu X. et al. Efficacy of telerehabilitation after total knee arthroplasty // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2024. – Vol. 19. – Article No. 874. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-024-05381-9>
20. Pastora-Bernal J. M., Martín-Valero R., Barón-López F. J., Estebanez-Pérez M. J. Evidence of Benefit of Telerehabilitation After Orthopedic Surgery: A Systematic Review // *J Med Internet Res*. – 2017. – Vol. 19(4). – Article No. 142. – DOI: <https://doi.org/10.2196/jmir.6836>.
21. Baigi SFM, Kimiafar K, Ghaddaripouri K, Mehneh MR, Mousavi AS, Sarbaz M. The effect of telerehabilitation on improving the physical activity of patients with osteoarthritis: A systematic review // *J Educ Health Promot*. – 2023. – Vol. 12. – P. 408. – DOI: https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1586_22.
22. Wang L., Zhang L., He C. Research progress in telerehabilitation for hip or knee arthroplasty // *Orthopaedic Surgery*. – 2025. – Vol. 17. – P. 677-693. – DOI: <https://doi.org/10.1111/os.14347>
23. Uddin M., Ganapathy K., Syed-Abdul S. Digital technology enablers of tele-neurorehabilitation // *International Journal of Telerehabilitation*. – 2024. – Vol. 16. – Article No. 6611. – DOI: <https://doi.org/10.5195/ijt.2024.6611>
24. Calabrò R. S., Mojdehdehbaheer S. AI-driven telerehabilitation // *AI*. – 2025. – Vol. 6. – P. 62. – DOI: <https://doi.org/10.3390/ai6030062>
25. Cottrell M. A., Galea O. A., O’Leary S. P. et.al. Real-time telerehabilitation: systematic review and meta-analysis // *Clinical Rehabilitation*. – 2017. – Vol. 31. – P. 625-638. – DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215516645148>
26. Mani S., Sharma S., Omar B., и др. Validity of internet-based physiotherapy assessment // *Journal of Telemedicine and Telecare*. – 2017. – Vol. 23. – P. 379-391. – DOI: <https://doi.org/10.1177/1357633X16642369>
27. Almasri N. A., Dunst C. J., Hadoush H., Aldaod J., Khader Y., Alrjoub A., Almasri A. Impact of the COVID-19 Pandemic and Governmental Policies on Rehabilitation Services and Physical Medicine in Jordan: A Retrospective Study // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2023. – Vol. 20(3). – Article No. 1972. – DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20031972>
28. Carfi A., Bernabei R., Landi F. Persistent symptoms after COVID-19 // *JAMA*. – 2020. – Vol. 324. – P. 603-605. – DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.12603>
29. Suso-Martí L, La Touche R, Herranz-Gómez A, Angulo-Díaz-Parreño S, Paris-Aleman A, Cuenca-Martínez F. Effectiveness of Telerehabilitation in Physical Therapist Practice: An Umbrella and Mapping Review With Meta-Analysis // *Phys Ther*. – 2021. – Vol. 101(5). – Article No. pzab075. – DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab075>.
30. Pang D., Sun A., Wang F., Lu J., Guo Y., Ding W. The efficacy and safety of telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty: an overview of systematic reviews // *Biomed Eng Online*. – 2023. – Vol. 22(1). – Article No. 97. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-023-01158-z>.
31. Russell T. G., Buttrum P., Wootton R., Jull G. A. Internet-based outpatient telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty: a randomized controlled trial // *J Bone Joint Surg Am*. – 2011. – Vol. 93(2). – P. 113-20. – DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01375>.

32. Moffet H. et.al. In-home telerehabilitation compared with face-to-face rehabilitation After Total Knee Arthroplasty: A Noninferiority Randomized Controlled Trial // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 2015. – Vol. 97. – P. 1129-1141. – DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.N.01066>
33. 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. – С. 72-75. – URL: <https://journals.eco-vector.com/2078-1962/article/view/609213/137842> (дата обращения: 12.01.2026).
34. Ковалевская Д. А. Модель телереабилитации после эндопротезирования тазобедренного сустава // *Мир спорта*. – 2025. – № 3. – С. 94-98. – URL: <https://www.sportedu.by/wp-content/uploads/2014/11/MIR-SPORTA-3-2025.pdf> (дата обращения: 25.01.2026).
35. Wang Q., Hunter S., Lee R.L. и др. The effectiveness of a mobile application-based programme for rehabilitation after total hip or knee arthroplasty: a randomized controlled trial // *International Journal of Nursing Studies*. – 2023. – Vol. 140. – Article No. 104455. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2023.104455>.
36. Summers S. H., Gnecco T., Slotkin E. M., Law T. Y., Nunley R. M. Significant Cost Savings and Improved Early Clinical Outcomes in Medicare Patients Utilizing a Clinician-Controlled Telerehabilitation System Following Total Knee Arthroplasty // *J Arthroplasty*. – 2024. – Vol. 39(8S1). – P. 137-S142. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2024.02.040>.
37. 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. – Vol. 17. – P. 195-198. – DOI: <https://doi.org/10.1258/jtt.2010.100602>
38. Baffert S. et.al. Economic evaluation of telerehabilitation: Systematic Literature Review of Cost-Utility Studies // *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. – 2023. – Vol. 10. – Article No. 47172. – DOI: <https://doi.org/10.2196/47172>
39. Tousignant M., Moffet H., Nadeau S., Mérette C., Boissy P., Corriveau H., Marquis F., Cabana F., Ranger P., Belzile É. L., Dimentberg R. Cost analysis of in-home telerehabilitation for post-knee arthroplasty // *J Med Internet Res*. – 2015. – Vol. 17(3). – P. 83. – DOI: <https://doi.org/10.2196/jmir.3844>.
40. Molina-Garcia P., Mora-Traverso M., Prieto-Moreno R., Díaz-Vásquez A., Antony B., Ariza-Vega P. Effectiveness and cost-effectiveness of telerehabilitation for musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis // *Ann Phys Rehabil Med*. – 2024. – Vol. 67(1). – Article No. 101791. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2023.101791>.
41. Wijnen A. et.al. Effectiveness of a Home-Based Rehabilitation Program After Total Hip Arthroplasty Driven by a Tablet App and Remote Coaching: Nonrandomized Controlled Trial Combining a Single-Arm Intervention Cohort With Historical Controls // *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. – 2020. – Vol. 7. – Article No. 14139. – DOI: <https://doi.org/10.2196/14139>
42. Chen J., Zhu X., Jiang J. et.al. Needs of Chinese patients undergoing home-based rehabilitation after hip replacement: A qualitative study // *PLoS ONE*. – 2019. – Vol. 14. – Article No. 0220304. – DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220304>
43. Nuevo M. и др. Telerehabilitation following fast-track total knee arthroplasty is effective and safe: a randomized controlled trial with the ReHub® platform // *Disability and Rehabilitation*. – 2024. – Vol. 46. – P. 2629-2639. – DOI: <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2228689>
44. Shnitzer H., Chan J., Yau T., McIntyre M., Andreoli A., Kua A., Bayley M., Leochico C. F., Guo M., Munce S. The safety of telerehabilitation: systematic review // *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*. – 2025. – Vol. 12. – Article No. 68681. – DOI: <https://doi.org/10.2196/68681>
45. Bettger J. P., Green C. L., Holmes D. N. et al. Effects of virtual exercise rehabilitation in-home therapy compared with traditional care after total knee arthroplasty: VERITAS, a randomized controlled trial // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 2020. – Vol. 102. – P. 101-109. – DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.00695>
46. Wu W. Y., Zhang Y. G., Zhang Y. Y. et al. Clinical effectiveness of home-based telerehabilitation program for geriatric hip fracture following total hip replacement // *Orthopaedic Surgery*. – 2023. – Vol. 15. – P. 423-431. – DOI: <https://doi.org/10.1111/os.13521>

47. Gianola S. *et al.* Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty: a randomized controlled trial // *Medicine (Baltimore)*. – 2020. – Vol. 99. – Article No. 19136. – DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019136>
48. Rossi S. M. P. *et al.* Smartphone-based care management platform: Application of the Wald Principles to a Survey-Based Analysis of Patients' Perception in a Pilot Center // *Healthcare*. – 2024. – Vol. 12. – Article No. 153. – DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare12020153>

References

1. Price, A. J., Alvand, A., Troelsen, A., et al. (2018). Knee replacement. *Lancet*, 392, 1672-1682. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32344-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32344-4)
2. Pamilo, K. J., Torkki, P., Peltola, M., et al. (2018). Fast-tracking for total knee replacement reduces use of institutional care without compromising quality. *Acta Orthopaedica*, 89, 184-189. DOI: <https://doi.org/10.1080/17453674.2017.1399643>
3. Mironov, S. P., & Kotelnikov, G. P. (Eds.). (2018). *Travmatologiya i ortopediya: Natsional'noe rukovodstvo*. Moscow: GEOTAR Media. Retrieved January 25, 2026, from <https://medbase.ru/book/ISBN9785970445501.html>.
4. Kamaruzaman, H., Kinghorn, P., & Oppong, R. (2017). Cost-effectiveness of surgical interventions for the management of osteoarthritis: A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18, Article 183. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1540-2>
5. Shukla, H., Nair, S. R., & Thakker, D. (2017). Role of telerehabilitation in patients following total knee arthroplasty: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 23(2), 339-346. DOI: <https://doi.org/10.1177/1357633X16628996>
6. Bayliss, L. E., Culliford, D., Monk, A. P., et al. (2017). The effect of patient age at intervention on risk of implant revision after total replacement of the hip or knee. *Lancet*, 389, 1424-1430. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30059-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30059-4)
7. Nguyen, L. C., Lehil, M. S., & Bozic, K. J. (2015). Trends in total knee arthroplasty implant utilization. *Journal of Arthroplasty*, 30(5), 739-742. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2014.12.009>
8. Artz, N., Elvers, K. T., Lowe, C. M., et al. (2015). Effectiveness of physiotherapy exercise following total knee replacement: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, 95(6), 835-849. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0469-6>
9. Moffet, H., Collet, J. P., Shapiro, S. H., Paradis, G., Marquis, F., & Roy, L. (2004). Effectiveness of intensive rehabilitation on functional ability and quality of life after first total knee arthroplasty: A single-blind randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(4), 546-556. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.08.080>
10. Bade, M. J., & Stevens-Lapsley, J. E. (2011). Early high-intensity rehabilitation following total knee arthroplasty improves outcomes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(12), 932-941. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3734>
11. Konnyu, K. J., Thoma, L. M., Cao, W., et al. (2023). Rehabilitation for total knee arthroplasty: Systematic review. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 101(12), 1071-1086. DOI: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000002008>
12. Phuphanich, M. E., Sinha, K. R., Truong, M., & Pham, Q. G. (2021). Telemedicine for musculoskeletal rehabilitation and orthopedic postoperative rehabilitation. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 32(2), 319-353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2020.12.004>
13. Tsang, M. P., Man, G. C. W., Xin, H., Chong, Y. C., Ong, M. T., & Yung, P. S. (2024). The effectiveness of telerehabilitation in patients after total knee replacement: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 30(5), 795-808. DOI: <https://doi.org/10.1177/1357633X221097469>
14. Kocyigit, B., Assylbek, M., & Yessirkepov, M. (2024). Telerehabilitation: Lessons from the COVID-19 pandemic. *Rheumatology International*, 44(4), 577-582. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00296-024-05537-0>
15. National Library of Medicine. (2016). MeSH: Telerehabilitation. Retrieved December 25, 2020, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=telerehabilitation>
16. Wang, L., Lee, M., Zhang, Z., Moodie, J., Cheng, D., & Martin, J. (2016). Does preoperative rehabilitation for patients planning to undergo joint replacement surgery improve outcomes? A systematic review and meta-analysis of randomised con-

- trolled trials. *BMJ Open*, 6(2), Article 009857. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009857>
17. Peretti, A., Amenta, F., Tayebati, S. K., et al. (2017). Telerehabilitation: Review of the state of the art. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 4(2), 7. DOI: <https://doi.org/10.2196/rehab.7511>
18. De Berardinis, L., Senarighi, M., Ciccullo, C., Forte, F., Spezia, M., & Gigante, A. P. (2022). Fast-track surgery and telerehabilitation protocol in uni-compartmental knee arthroplasty leads to superior outcomes when compared with the standard protocol: A propensity-matched pilot study. *Knee Surgery & Related Research*, 34(1), 44. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43019-022-00173-z>
19. Liu, X., et al. (2024). Efficacy of telerehabilitation after total knee arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 19, Article 874. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-024-05381-9>
20. Pastora-Bernal, J. M., Martín-Valero, R., Barón-López, F. J., & Estebanez-Pérez, M. J. (2017). Evidence of benefit of telerehabilitation after orthopedic surgery: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 19(4), Article 142. DOI: <https://doi.org/10.2196/jmir.6836>
21. Baigi, S. F. M., Kimiafar, K., Ghaddaripouri, K., Mehneh, M. R., Mousavi, A. S., & Sarbaz, M. (2023). The effect of telerehabilitation on improving the physical activity of patients with osteoarthritis: A systematic review. *Journal of Education and Health Promotion*, 12, 408. DOI: https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1586_22
22. Wang, L., Zhang, L., & He, C. (2025). Research progress in telerehabilitation for hip or knee arthroplasty. *Orthopaedic Surgery*, 17, 677-693. DOI: <https://doi.org/10.1111/os.14347>
23. Uddin, M., Ganapathy, K., & Syed-Abdul, S. (2024). Digital technology enablers of tele-neurorehabilitation. *International Journal of Telerehabilitation*, 16, Article 6611. DOI: <https://doi.org/10.5195/ijt.2024.6611>
24. Calabrò, R. S., & Mojdehdehbaheer, S. (2025). AI-driven telerehabilitation. *AI*, 6, 62. DOI: <https://doi.org/10.3390/ai6030062>
25. Cottrell, M. A., Galea, O. A., O'Leary, S. P., et al. (2017). Real-time telerehabilitation: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31, 625-638. DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215516645148>
26. Mani, S., Sharma, S., Omar, B., et al. (2017). Validity of internet-based physiotherapy assessment. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 23, 379-391. DOI: <https://doi.org/10.1177/1357633X16642369>
27. Almasri, N. A., Dunst, C. J., Hadoush, H., Al-daod, J., Khader, Y., Alrjoub, A., & Almasri, A. (2023). Impact of the COVID-19 pandemic and governmental policies on rehabilitation services and physical medicine in Jordan: A retrospective study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), Article 1972. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20031972>
28. Carfi, A., Bernabei, R., & Landi, F. (2020). Persistent symptoms after COVID-19. *JAMA*, 324, 603-605. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.12603>
29. Suso-Martí, L., La Touche, R., Herranz-Gómez, A., Angulo-Díaz-Parreño, S., Paris-Aleman, A., & Cuenca-Martínez, F. (2021). Effectiveness of telerehabilitation in physical therapist practice: An umbrella and mapping review with meta-meta-analysis. *Physical Therapy*, 101(5), Article pzab075. DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab075>
30. Pang, D., Sun, A., Wang, F., Lu, J., Guo, Y., & Ding, W. (2023). The efficacy and safety of telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty: An overview of systematic reviews. *Biomedical Engineering Online*, 22(1), Article 97. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-023-01158-z>
31. Russell, T. G., Buttrum, P., Wootton, R., & Jull, G. A. (2011). Internet-based outpatient telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 93(2), 113-120. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01375>
32. Moffet, H., et al. (2015). In-home telerehabilitation compared with face-to-face rehabilitation after total knee arthroplasty: A noninferiority randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 97, 1129-1141. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.N.01066>
33. Lyadov, K. V., Shapovalenko, T. V., & Koneva, E. S. (2015). Opyt primeneniya distantsionnoy reabilitatsii patsientov posle endoprotezirovaniya sustavov nizhnikh konechnostey: obzor literatury i rezul'taty sobstvennogo issledovaniya. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*, (5), 72-75. Retrieved January 12, 2026, from <https://journals.eco-vector.com/2078-1962/article/view/609213/137842>
34. Kovalevskaya, D. A. (2025). Model' telereabilitatsii posle endoprotezirovaniya tazobedren-

- nogo sustava. *The world of sports*, (3), 94-98. Retrieved January 25, 2026, from <https://www.sport-edu.by/wp-content/uploads/2014/11/MIR-SPORTA-3-2025.pdf>.
35. Wang, Q., Hunter, S., Lee, R. L., et al. (2023). The effectiveness of a mobile application-based programme for rehabilitation after total hip or knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Studies*, 140, Article 104455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2023.104455>
36. Summers, S. H., Gnecco, T., Slotkin, E. M., Law, T. Y., & Nunley, R. M. (2024). Significant cost savings and improved early clinical outcomes in Medicare patients utilizing a clinician-controlled telerehabilitation system following total knee arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*, 39(8S1), 137-142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2024.02.040>
37. Tousignant, M., Moffet, H., Boissy, P., Corriveau, H., Cabana, F., & Marquis, F. (2011). A randomized controlled trial of home telerehabilitation for post-knee arthroplasty. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 17, 195-198. DOI: <https://doi.org/10.1258/jtt.2010.100602>
38. Baffert, S., et al. (2023). Economic evaluation of telerehabilitation: Systematic literature review of cost-utility studies. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 10, Article 47172. DOI: <https://doi.org/10.2196/47172>
39. Tousignant, M., Moffet, H., Nadeau, S., Mérette, C., Boissy, P., Corriveau, H., Marquis, F., Cabana, F., Ranger, P., Belzile, É. L., & Dimentberg, R. (2015). Cost analysis of in-home telerehabilitation for post-knee arthroplasty. *Journal of Medical Internet Research*, 17(3), 83. DOI: <https://doi.org/10.2196/jmir.3844>
40. Molina-Garcia, P., Mora-Traverso, M., Prieto-Moreno, R., Díaz-Vásquez, A., Antony, B., & Ariza-Vega, P. (2024). Effectiveness and cost-effectiveness of telerehabilitation for musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 67(1), Article 101791. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2023.101791>
41. Wijnen, A., et al. (2020). Effectiveness of a home-based rehabilitation program after total hip arthroplasty driven by a tablet app and remote coaching. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 7, Article 14139. DOI: <https://doi.org/10.2196/14139>
42. Chen, J., Zhu, X., Jiang, J., et al. (2019). Needs of Chinese patients undergoing home-based rehabilitation after hip replacement: A qualitative study. *PLoS ONE*, 14, Article 0220304. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220304>
43. Nuevo, M., et al. (2024). Telerehabilitation following fast-track total knee arthroplasty is effective and safe: A randomized controlled trial with the ReHub® platform. *Disability and Rehabilitation*, 46, 2629-2639. DOI: <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2228689>
44. Shnitzer, H., Chan, J., Yau, T., McIntyre, M., Andreoli, A., Kua, A., Bayley, M., Leochico, C. F., Guo, M., & Munce, S. (2025). The safety of telerehabilitation: Systematic review. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 12, Article 68681. DOI: <https://doi.org/10.2196/68681>
45. Bettger, J. P., Green, C. L., Holmes, D. N., et al. (2020). Effects of virtual exercise rehabilitation in-home therapy compared with traditional care after total knee arthroplasty: VERITAS, a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 102, 101-109. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.00695>
46. Wu, W. Y., Zhang, Y. G., Zhang, Y. Y., et al. (2023). Clinical effectiveness of home-based telerehabilitation program for geriatric hip fracture following total hip replacement. *Orthopaedic Surgery*, 15, 423-431. DOI: <https://doi.org/10.1111/os.13521>
47. Gianola, S., et al. (2020). Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*, 99, Article 19136. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019136>
48. Rossi, S. M. P., et al. (2024). Smartphone-based care management platform: Application of the Wald principles to a survey-based analysis of patients' perception in a pilot center. *Healthcare*, 12, Article 153. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare12020153>

ТІЗЕ БУЫНЫН ЭНДОПРОТЕЗДЕУДЕН КЕЙІНГІ ТЕЛЕРЕАБИЛИТАЦИЯ: МӘСЕЛЕНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Е. М. Әбілда^{1*}, Б. С. Досмаилов¹, Е. Н. Нәбиев², А. Т. Жұмабеков³

¹ «№4 Қалалық клиникалық аурухана» ШЖҚ КМК, Қазақстан, Алматы

² «С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Алматы ³ «ҚДСЖМ» Қазақстан медициналық университеті, Қазақстан, Алматы

**Корреспондент автор*

Аңдатпа

Өзектілігі. Үлкен буындарды эндопротездеудің өсуі, халықтың қартаюы және медициналық көмекке қолжетімділіктің шектеулігі, соның ішінде пандемия кезінде, телереабилитацияның соңғы жылдары ерекше өзектілігін арттырды.

Материалдар мен әдістер. Толық тізе буынын эндопротездеуден кейін телереабилитация мәселелеріне арналған басылымдарды анықтау мақсатында әдеби іздеу PubMed/Medline, Scopus, Web of Science, Google Scholar дерекқорларында жүргізілді. Соңғы 15 жылда жарияланған түпнұсқа зерттеулер мен әдебиеттерге шолулар негізінен таңдалды. Талдауға тізе буынының жалпы эндопротезінен кейінгі телереабилитацияға арналған толық мәтінді мақалалар енгізілді.

Нәтижелер. Алынған мәліметтер телереабилитация арқылы сандық шешімдерді қалпына келтіру медицинасында енгізудің перспективтілігін және оны дәстүрлі медициналық реабилитацияға қосымша ретінде қолданудың тиімділігін көрсетеді. Телереабилитация мамандандырылған көмекке қолжетімділікті арттырады және пациенттерді бақылаудың үздіксіздігін қамтамасыз етеді. Телереабилитация толық тізе эндопротезінен өткен пациенттер үшін дәстүрлі амбулаториялық реабилитацияның практикалық баламасы болып табылады. Телереабилитациялық бағдарламаларды қолдану бір пациентке арналған операциядан кейінгі қалпына келтірудің тікелей шығындарын дәстүрлі бетпе-бет амбулаториялық реабилитациямен салыстырғанда орта есеппен 10-40 % төмендетеді, бұл көлік шығындарды азаюы, амбулаторияға бару санының қысқаруы және адам ресурстарын неғұрлым тиімді пайдалану есебінен жүзеге асады.

Қорытынды. Телереабилитация толық тізе эндопротезінен өткен пациенттерге қалпына келтіруді үздіксіз жүргізуді қамтамасыз ететін перспективті құрал ретінде қарастырылуы тиіс. Цифрлық денсаулық сақтау саласында телереабилитация денсаулық сақтау ресурстарын оңтайландыруға және шалғай аудандардағы пациенттерге реабилитациялық көмекке қолжетімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: телереабилитация, телемедицина, тізе буыны, тізе буыны эндопротезі, реабилитация, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, қашықтықтан кеңес беру.

TELEREHABILITATION AFTER TOTAL KNEE ARTHROPLASTY: CURRENT STATE OF THE EVIDENCE

Е. М. Abilda^{1*}, B. S. Dosmailov¹, E. N. Nabiyev², A. T. Dzhumabekov³

¹ City Clinical Hospital No. 4, Kazakhstan, Almaty

² NJSC «S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University», Kazakhstan, Almaty

³ Kazakhstan's Medical University «KSPH», Kazakhstan, Almaty

**Corresponding author*

Abstract

Relevance. With the increasing number of major joint arthroplasties, aging population, and limited access to medical care, including during the pandemic, telerehabilitation has gained particular relevance in recent years.

Materials and methods. A literature search was conducted in the databases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar to identify publications on telehabilitation after total knee replacement. The original research and literature reviews published over the past 15 years were mainly selected. The analysis included full-text articles on telerehabilitation after total knee replacement.

Results. The data indicate the promising potential of implementing digital solutions through telerehabilitation within the rehabilitation medicine system and the advisability of using it as a complement to traditional rehabilitation methods. Telerehabilitation increases access to specialized care and enhances continuity of patient follow-up. Systematic literature review indicates that telerehabilitation can be a practical alternative to in-person rehabilitation therapy for patients who have undergone total knee arthroplasty. Telerehabilitation programs reduce direct postoperative rehabilitation costs by an average of 10-40 % per patient compared to traditional in-person rehabilitation, due to lower transportation costs, fewer clinic visits, and more efficient use of human resources.

Conclusion. Telerehabilitation should be regarded as a promising tool ensuring continuity of rehabilitation for patients after total knee arthroplasty. In digital healthcare, telerehabilitation helps optimize resource use and ensures patients in remote areas have access to rehabilitation services.

Keywords: *telerehabilitation, telemedicine, knee joint, total knee arthroplasty, rehabilitation, information and communication technologies, remote consultation.*

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ

Әбілда Еркебұлан Мұхамедиярұлы – қоғамдық денсаулық сақтау магистрі (МРН), Іскерлік әкімшілендіру магистрі (МВА), PhD докторанты, Алматы қаласы Қалалық клиникалық ауруханасының № 4 консультативтік-диагностикалық орталығының меңгерушісі, Қазақстан, Алматы; e-mail: Doctor.house.kz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8248-4966>.

Досмаилов Біржан Серікбекұлы – медицина ғылымдарының кандидаты, №4 қалалық клиникалық аурухана бас дәрігері, Қазақстан, Алматы; e-mail: ortoped78@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-271>.

Нәбиев Ергали Нұғманұлы – медицина ғылымдарының докторы, «С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық медициналық университеті» травматология және ортопедия кафедрасының профессоры; Қазақстан, Алматы; e-mail: 9193md@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1532-8151>.

Джумабеков Ауесхан Тулегенович – медицина ғылымдарының докторы, профессор, «ҚДСЖМ» Қазақстан медициналық университетінің клиникалық қызмет жөніндегі проректоры; e-mail: jumabekov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-002-3502-4411>.

ОБ АВТОРАХ

Әбілда Еркебұлан Мұхамедиярұлы – магистр общественного здравоохранения (МРН), магистр делового администрирования (МВА), докторант PhD, заведующий консультативно-диагностическим центром № 4 городской клинической больницы, Казахстан, Алматы; e-mail: Doctor.house.kz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8248-4966> .

Досмаилов Биржан Серикбекович – кандидат медицинских наук, главный врач городской клинической больницы №4, Казахстан, Алматы; e-mail: ortoped78@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-271> .

Нәбиев Ергали Нугуманович – д.м.н., профессор кафедры травматологии и ортопедии НАО «Казахский Национальный медицинский университет им. С. Д. Асфендиярова» Казахстан, Алматы; e-mail: 9193md@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1532-8151> .

Джумабеков Ауесхан Тулегенович – доктор медицинских наук, профессор, проректор по клинической деятельности Казахстанского медицинского университета «ВШОЗ», Казахстан, Алматы; e-mail: jumabekov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-002-3502-4411> 1.

ABOUT AUTHORS

Abilda Yerkebulan Mukhamediyaruly – Master of Public Health (MPH), Master of Business Administration (MBA), PhD doctoral student, Head of the Consultative and Diagnostic Center No. 4 of City Clinical Hospital No. 4, Kazakhstan, Almaty; e-mail: Doctor.house.kz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8248-4966>.

Dosmailov Birzhan Serikbekovich – Candidate of Medical Sciences, Chief Physician of City Clinical Hospital No. 4, Kazakhstan, Almaty; e-mail: ortoped78@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-271>.

Nabiyev Ergali Nugumanovich – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, NJSC S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Kazakhstan, Almaty; e-mail: 9193md@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1532-8151>.

Dzhumabekov Auyes Khan Tulegenovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Vice-Rector for Clinical Affairs, Kazakhstan's Medical University «KSPH», Kazakhstan, Almaty; e-mail: jumabekov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-002-3502-4411>.

Вклад авторов. Концептуализация: Эблда Е.М., Досмаилов Б.С.; Методология: Эблда Е.М., Набиев Е.Н.; Анализ данных: Набиев Е.Н., Досмаилов Б.С.; Сбор данных: Досмаилов Б.С., Джумабеков А.Т.; Подготовка первоначального варианта рукописи: Эблда Е.М.; Редактирование и доработка текста: Досмаилов Б.С., Джумабеков А.Т.; Научное руководство: Эблда Е.М.; Администрирование проекта: Эблда Е.М.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Финансирование. ИРН BR24992820 «Инновационные медицинские технологии и устройства для улучшения хирургических вмешательств при протезировании и реабилитации в области ортопедии и медицинской реабилитации»

Все авторы одобрили окончательную версию статьи и несут ответственность за её содержание.

Статья поступила: 5.02.2026 год.

Принята к публикации: 13.03.2026 год