

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto655530>

EDN: DAPUVH



Коморбидность в контексте медицинской реабилитации у пациентов после эндопротезирования крупных суставов нижних конечностей

С.С. Хозяинова^{1–3}, О.В. Кустова^{2, 3}, Г.Н. Пономаренко^{2, 3}, Н.Н. Махоткина²¹ Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия;² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия;³ Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Эффективность восстановления двигательной активности после тотального эндопротезирования крупных суставов нижних конечностей (ТЭКСНК) определяется исходным уровнем физической активности, демографическими характеристиками, индексом массы тела, сопутствующими заболеваниями и наличием хронической боли.

Цель. Оценить влияние коморбидной патологии на эффективность медицинской реабилитации пациентов после ТЭКСНК и обосновать оптимальные подходы к восстановительному лечению.

Материалы и методы. Проведено проспективное когортное исследование с участием 120 пациентов 55–70 лет. Сформированы четыре группы: контрольная (без коморбидности), с гипертонической болезнью (ГБ), сахарным диабетом (СД) и избыточной массой тела (ИЗМТ). Реабилитация включала индивидуальные занятия лечебной физкультурой, механотерапию, физиотерапевтическое лечение, локомоторную коррекцию на роботизированном комплексе HP cosmos. Эффективность оценивалась по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), шкале WOMAC, индексу Лекена, индексу Харриса, данным гониометрии и биомеханического анализа походки.

Результаты. Во всех группах отмечена положительная динамика, однако степень улучшения зависела от наличия и характера коморбидности. Наиболее выраженные результаты получены в контрольной группе: показатель ВАШ снизился с $5,56 \pm 0,82$ до $1,21 \pm 0,07$ балла; угол сгибания — с $122,06 \pm 3,39$ до $95,58 \pm 1,27$ градуса; индекс Лекена — с $14,42 \pm 0,33$ до $7,24 \pm 0,16$; индекс Харриса — с $47,90 \pm 1,55$ до $79,92 \pm 0,75$; WOMAC — с $48,36 \pm 1,54$ до $13,42 \pm 1,04$ балла. У пациентов с ГБ, СД и ИЗМТ динамика была менее выраженной: снижение боли составило с $5,62 \pm 0,95$ до $1,45 \pm 0,09$; с $5,89 \pm 0,98$ до $1,68 \pm 0,11$; с $5,93 \pm 1,01$ до $1,89 \pm 0,12$ балла соответственно. Наименьший функциональный прирост отмечен при ИЗМТ (WOMAC — с $48,33 \pm 1,53$ до $24,74 \pm 3,47$ балла).

Заключение. Наличие коморбидных состояний замедляет темпы функционального восстановления после ТЭКСНК. Внедрение роботизированной механотерапии в раннюю послеоперационную реабилитацию повышает её результативность.

Ключевые слова: эндопротезирование; реабилитация; коморбидность; ожирение; гипертоническая болезнь; сахарный диабет.

Как цитировать:

Хозяинова С.С., Кустова О.В., Пономаренко Г.Н., Махоткина Н.Н. Коморбидность в контексте медицинской реабилитации у пациентов после эндопротезирования крупных суставов нижних конечностей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2025. Т. 32, № 3. С. 636–643. DOI: 10.17816/vto655530 EDN: DAPUVH

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto655530>

EDN: DAPUVH

Comorbidity in the context of medical rehabilitation in patients after total arthroplasty of major lower limb joints

Stella S. Khoziainova^{1–3}, Oksana V. Kustova^{2, 3}, Gennady N. Ponomarenko^{2, 3},
Nina N. Makhotkina²

¹ Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia;

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia;

³ Albrecht Federal Scientific and Educational Centre of Medical and Social Expertise and Rehabilitation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The effectiveness of restoring motor activity after total arthroplasty of major lower limb joints (TAMLJ) is determined by baseline physical activity, demographic characteristics, body mass index, comorbidities, and the presence of chronic pain.

AIM: To assess the impact of comorbid conditions on the effectiveness of medical rehabilitation in patients after TAMLJ and to substantiate optimal approaches to restorative treatment.

METHODS: A prospective cohort study involving 120 patients aged 55–70 years was conducted. Four groups were formed: control (without comorbidity), with hypertension (HT), diabetes mellitus (DM), and overweight (OW). The rehabilitation program included individualized therapeutic exercise, mechanotherapy, physiotherapy, and locomotor correction using the HP Cosmos robotic system. Its effectiveness was evaluated with the visual analog scale (VAS), WOMAC score, Lequesne index, Harris Hip Score, goniometry, and biomechanical gait analysis.

RESULTS: All groups demonstrated positive trends, though the degree of improvement depended on the presence and type of comorbidity. The most pronounced results were observed in the control group: VAS decreased from 5.56 ± 0.82 to 1.21 ± 0.07 ; flexion angle improved from $122.06 \pm 3.39^\circ$ to $95.58 \pm 1.27^\circ$; Lequesne index decreased from 14.42 ± 0.33 to 7.24 ± 0.16 ; Harris Hip Score improved from 47.90 ± 1.55 to 79.92 ± 0.75 ; WOMAC score improved from 48.36 ± 1.54 to 13.42 ± 1.04 . In patients with HT, DM, and OW, the trends were less pronounced: pain reduction was from 5.62 ± 0.95 to 1.45 ± 0.09 , from 5.89 ± 0.98 to 1.68 ± 0.11 , and from 5.93 ± 1.01 to 1.89 ± 0.12 points, respectively. The smallest functional gain was observed in OW patients (WOMAC: 48.33 ± 1.53 to 24.74 ± 3.47).

CONCLUSION: The presence of comorbid conditions slows functional recovery after TAMLJ. The implementation of robotic mechanotherapy into early postoperative rehabilitation improves its effectiveness.

Keywords: arthroplasty; rehabilitation; comorbidity; obesity; hypertension; diabetes mellitus.

To cite this article:

Khoziainova SS, Kustova OV, Ponomarenko GN, Makhotkina NN. Comorbidity in the context of medical rehabilitation in patients after total arthroplasty of major lower limb joints. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(3):636–643. DOI: 10.17816/vto655530 EDN: DAPUVH

Received: 11.02.2025

Accepted: 30.07.2025

Published online: 11.08.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Эффективность восстановления двигательной активности у пациентов после тотального эндопротезирования крупных суставов нижних конечностей (ТЭКСНК) определяется множеством факторов, включая исходную двигательную активность, демографические характеристики (возраст и пол), индекс массы тела, сопутствующую патологию и наличие хронического болевого компонента. Клинические наблюдения свидетельствуют, что пациенты со множественными сопутствующими заболеваниями, не имеющие предварительной физической подготовки, часто испытывают трудности с выполнением реабилитационных программ из-за повышенной утомляемости [1, 2]. После завершения стационарного этапа реабилитации такие пациенты нередко прекращают выполнение рекомендованных упражнений, что препятствует достижению оптимального уровня самообслуживания и независимости в повседневной жизни.

Вследствие этого в процессе медицинской реабилитации (МР) пациентов после ТЭКСНК большое внимание следует уделять сопутствующей патологии. Среди коморбидных состояний при остеоартрозе суставов лидирующие позиции занимают гипертоническая болезнь (ГБ), сахарный диабет (СД) и избыточная масса тела (ИЗМТ). Особую озабоченность вызывает неуклонный рост числа пациентов с ожирением, достигающего почти 30% от общей популяции [3, 4]. При планировании реабилитационных мероприятий следует учитывать, что выраженное ожирение может служить существенным ограничивающим фактором. Реабилитационный прогноз у пациентов с морбидным ожирением менее благоприятен из-за повышенной механической нагрузки на искусственный сустав, что увеличивает вероятность развития осложнений и снижает эффективность восстановительного лечения [5].

Ещё одним важным аспектом является высокая распространенность психоэмоциональных нарушений у пациентов с коморбидной патологией. Тревножно-депрессивные расстройства, часто сопутствующие хроническим соматическим заболеваниям, могут негативно влиять на мотивацию пациентов к участию в реабилитационных мероприятиях и снижать их приверженность выполнению рекомендаций медицинского персонала [6, 7].

Опыт применения комплексной реабилитации показывает, что включение в программу восстановительного лечения таких методов, как лечебная физкультура (ЛФК), физиотерапия, массаж, а также инновационные методы роботизированной механотерапии с реконструкцией физиологического паттерна ходьбы, позволяет достичь более высоких функциональных результатов [8]. При этом особое значение приобретает индивидуальный подход к дозированию физической нагрузки и выбору методов реабилитации с учётом состояния сердечно-сосудистой системы и других сопутствующих заболеваний [9–11].

В связи с этим возникает необходимость разработки дифференцированного подхода к МР пациентов после ТЭКСНК с учётом их коморбидного статуса. Важным представляется создание персонализированных реабилитационных программ, учитывающих характер и степень выраженности сопутствующей патологии, возрастные особенности пациентов и их функциональные возможности. Это позволит повысить безопасность и эффективность реабилитационных мероприятий, а также улучшить отдалённые результаты эндопротезирования.

ЦЕЛЬ

Оценка влияния коморбидной патологии на эффективность медицинской реабилитации пациентов после ТЭКСНК и разработка оптимальных подходов к восстановительному лечению данной категории пациентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено проспективное когортное обсервационное одноцентровое исследование с параллельными группами. Дизайн исследования предусматривал сравнительный анализ эффективности медицинской реабилитации у пациентов после ТЭКСНК с различной коморбидной патологией.

Критерии соответствия

Критерии включения в исследование предусматривали пациентов после ТЭКСНК в возрасте 55–70 лет при отсутствии противопоказаний к реабилитационным мероприятиям. *Критериями исключения* являлись тяжёлые соматические осложнения, декомпенсированные хронические заболевания, а также нарушения опорно-двигательного аппарата, препятствующие реабилитации; отсутствие письменного добровольного информированного согласия пациентов на обработку персональных данных, участие в исследовании и публикацию его результатов.

Условия проведения

Исследование проводилось на базе Федерального научно-образовательного центра медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации.

Продолжительность исследования

Сроки проведения исследования пациента включали первичное обследование на 2-й день после операции и итоговое обследование по завершении 14-дневного курса второго этапа МР с заполнением необходимых опросников и биомеханической оценкой походки. Длительность самого исследования эффективности влияния реабилитации у пациентов после ТЭКСНК с различной коморбидной патологией составила четыре месяца.

Описание медицинского вмешательства

Реабилитационная программа на протяжении всего курса МР состояла из индивидуальных занятий ЛФК, терапии пассивным движением (СРМ-терапии), физиотерапии (криотерапия, низкочастотная магнитотерапия) и локomotorной коррекции на роботизированном комплексе HP cosmos с седьмого дня после оперативного вмешательства.

Основной исход исследования

Основным исходом являлось улучшение функционального состояния пациентов, оцениваемое по следующим параметрам: интенсивность болевого синдрома (по визуальной аналоговой шкале ВАШ), амплитуда движений (гониометрия), функциональная активность (индексы Лекена, Харриса, шкала WOMAC).

Дополнительные исходы исследования

Биомеханический анализ походки и оценка распределения нагрузки на стопу на реабилитационном комплексе HP cosmos.

Анализ в подгруппах

В исследовании были сформированы четыре группы: контрольная группа ($n=20$) — пациенты без коморбидной патологии, группа пациентов с гипертонической болезнью ($n=20$), группа с сахарным диабетом ($n=20$) и группа пациентов с избыточной массой тела ($n=20$).

Методы регистрации исходов

Методы исследования включали клинические (сбор анамнеза, физикальное обследование, оценка соматического статуса), инструментальные методы (гониометрия для измерения амплитуды движений в коленном суставе, биомеханический анализ походки на роботизированном комплексе HP cosmos, оценка распределения нагрузки на стопу), а также применение шкал и опросников: визуальной аналоговой шкалы ВАШ для оценки болевого синдрома, индекса Лекена для оценки функциональной активности, шкалы Харриса для оценки функции сустава, шкалы WOMAC для комплексной оценки состояния пациентов.

Этическая экспертиза

Материалы научной статьи были рассмотрены и одобрены этическим комитетом ФГБУ ФНОЦ МСЭ и Р им. Г.А. Альбрехта Минтруда России (протокол № 4 от 23.09.2024 г.).

Статистический анализ

Статистический анализ данных проводился с использованием описательной статистики, параметрических и непараметрических методов сравнения при уровне высокой статистической значимости с применением пакета StatSoft Statistica 13. Для количественных переменных

применялся t -критерий Стьюдента. Качественные показатели анализировались при помощи W -критерия Вилкоксона и U -критерия Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Формирование выборки осуществлялось с учётом строгих критериев включения и исключения, что обеспечило высокую валидность научного исследования. До участия в реабилитационной программе все пациенты проходили тщательный клинический скрининг, который гарантировал безопасность и информативность проводимых реабилитационных мероприятий. Критерии исключения были направлены на минимизацию рисков для пациентов и обеспечение высокой значимости получаемых научных результатов.

Анализ базовых клинко-функциональных параметров, проведённый на этапе первичного обследования пациентов до начала реабилитационных мероприятий, продемонстрировал относительную гомогенность исследуемых групп по основным показателям функционального состояния опорно-двигательного аппарата.

В контрольной группе пациентов интенсивность болевого синдрома, оцениваемая по ВАШ, составила $5,56 \pm 0,82$ балла, что соответствует умеренно выраженному болевому синдрому. Объём движений в коленном суставе характеризовался углом сгибания $122,06 \pm 3,39$ градуса, что указывает на ограничение подвижности. Функциональное состояние нижних конечностей, оценённое по индексу Лекена, составило $14,42 \pm 0,33$ балла, тогда как интегральная оценка функции тазобедренного сустава по индексу Харриса достигла $47,90 \pm 1,55$ балла. Комплексная оценка функционального статуса по шкале WOMAC составила $48,36 \pm 1,54$ балла.

У пациентов с сопутствующей ГБ наблюдались сопоставимые показатели: интенсивность болевого синдрома по ВАШ составила $5,62 \pm 0,95$ балла, угол сгибания коленного сустава достигал $123,80 \pm 4,09$ градуса. Функциональные характеристики демонстрировали следующие значения: индекс Лекена — $13,64 \pm 0,44$ балла, индекс Харриса — $47,85 \pm 1,52$ балла, оценка по шкале WOMAC — $48,32 \pm 1,53$ балла.

В группе пациентов с СД отмечалась несколько более выраженная интенсивность болевого синдрома — $5,89 \pm 0,98$ балла по ВАШ при сохранении удовлетворительного объёма движений в коленном суставе ($123,12 \pm 3,87$ градуса). Функциональные показатели характеризовались следующими значениями: индекс Лекена составил $14,56 \pm 0,35$ балла, индекс Харриса — $47,40 \pm 1,76$ балла, оценка по шкале WOMAC — $47,12 \pm 2,13$ балла.

Пациенты с ИзМТ демонстрировали наиболее выраженную интенсивность болевого синдрома среди всех исследуемых групп — $5,93 \pm 1,01$ балла по ВАШ. Объём движений в коленном суставе составлял $123,95 \pm 4,12$ градуса,

что являлось максимальным показателем среди всех групп. Функциональные характеристики представлены следующими значениями: индекс Лекена — $14,32 \pm 0,36$ балла, индекс Харриса — $47,82 \pm 1,53$ балла, оценка по шкале WOMAC — $48,33 \pm 1,53$ балла.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии статистически значимых различий между исследуемыми группами по основным функциональным параметрам на этапе первичного обследования, что обеспечивает корректность дальнейшего сравнительного анализа эффективности реабилитационных мероприятий.

Основные результаты исследования

Анализ полученных данных выявил значимую положительную динамику в снижении болевого синдрома у пациентов всех исследуемых групп, однако степень улучшения варьировала в зависимости от наличия сопутствующей патологии. В первой группе (контрольной) отмечено наиболее выраженное уменьшение болевого синдрома: исходный показатель по ВАШ после курса реабилитации снизился до $1,21 \pm 0,07$ балла.

У пациентов второй группы (ГБ) интенсивность боли уменьшилась до $1,45 \pm 0,09$ балла. В третьей группе (СД) динамика составила $1,68 \pm 0,11$ балла. Наименее выраженный эффект наблюдался в четвертой группе (ИзМТ), где показатели снизились до $1,89 \pm 0,12$ балла.

Динамика показателей гониометрии и изменений по опросникам, оценивающим функциональное состояние пациентов обеих групп, представлена в табл. 1.

Анализ динамики показателей гониометрии выявил значительное улучшение амплитуды движений в коленном суставе у пациентов всех групп после курса МР. Однако по шкале WOMAC и альгофункциональному индексу Лекена, оценивающим интенсивность боли, максимальную дистанцию ходьбы и повседневную активность пациента, мы видим улучшение показателей у лиц контрольной группы.

Анализ биомеханических параметров ходьбы, проведенный на реабилитационном комплексе HP cosmos

по завершении курса МР, продемонстрировал следующие результаты. В контрольной группе зафиксированы наиболее высокие показатели: комфортная и максимальная скорость ходьбы достигла $1,45 \pm 0,21$ км/ч, длина цикла шага составила $71,5 \pm 17,8$ см. Максимальная нагрузка распределялась следующим образом: на носок — $485,4 \pm 110,9$ Н, на центр стопы — $208,6 \pm 86,4$ Н, на пятку — $308,8 \pm 90,7$ Н.

У пациентов второй группы (ГБ) показатели были несколько ниже: скорость ходьбы — $1,32 \pm 0,24$ км/ч, длина цикла шага — $65,8 \pm 17,2$ см. Распределение нагрузки: носок — $505,2 \pm 112,4$ Н, центр стопы — $195,3 \pm 85,9$ Н, пятка — $295,4 \pm 92,3$ Н. В третьей группе (СД) наблюдались следующие параметры: скорость ходьбы — $1,28 \pm 0,25$ км/ч, длина цикла шага — $63,2 \pm 17,5$ см. Нагрузка на носок составила $465,8 \pm 113,2$ Н, на центр стопы — $188,7 \pm 86,2$ Н, на пятку — $288,9 \pm 93,1$ Н. Четвертая группа (ИзМТ) продемонстрировала наиболее скромные результаты: скорость ходьбы — $1,25 \pm 0,26$ км/ч, длина цикла шага — $61,4 \pm 17,8$ см. Распределение нагрузки: носок — $455,6 \pm 113,8$ Н, центр стопы — $182,4 \pm 86,8$ Н, пятка — $285,3 \pm 93,8$ Н. Также наблюдалось субъективное повышение уверенности пациента при ходьбе на тредмиле в контрольной группе.

Нежелательные явления

Нежелательных явлений в процессе МР зарегистрировано не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Проспективное когортное исследование убедительно демонстрирует, что применение роботизированной механотерапии в сочетании с традиционными методами реабилитации способствует существенному улучшению биомеханических показателей походки и функционального состояния оперированного сустава у пациентов после ТЭКСНК. Выявлено, что наличие коморбидных состояний, особенно ИзМТ, оказывает сдерживающее влияние на темпы восстановления, и это требует разработки

Таблица 1. Анализ объективных данных гониометрии и субъективной оценки функционального статуса пациентов

Table 1. Analysis of objective goniometry data and subjective assessment of the functional status of patients

Группы пациентов		Гониометрия: угол сгибания в коленном суставе, градусы	Индекс Лекена, баллы	Индекс Харриса, баллы	Шкала WOMAC, баллы
Первая, n=20	До	$122,06 \pm 3,39$	$14,42 \pm 0,33$	$47,90 \pm 1,55$	$48,36 \pm 1,54$
	После	$95,58 \pm 1,27$	$7,24 \pm 0,16$	$79,92 \pm 0,75$	$13,42 \pm 1,04$
Вторая, n=20	До	$123,80 \pm 4,09$	$13,64 \pm 0,44$	$47,85 \pm 1,52$	$48,32 \pm 1,53$
	После	$96,14 \pm 1,62$	$9,03 \pm 0,25$	$72,34 \pm 0,72$	$18,86 \pm 1,06$
Третья, n=20	До	$123,12 \pm 3,87$	$14,56 \pm 0,35$	$47,40 \pm 1,76$	$47,12 \pm 2,13$
	После	$97,76 \pm 1,54$	$8,12 \pm 0,18$	$67,34 \pm 1,39$	$17,52 \pm 1,08$
Четвертая, n=20	До	$123,95 \pm 4,12$	$14,32 \pm 0,36$	$47,82 \pm 1,53$	$48,33 \pm 1,53$
	После	$97,92 \pm 1,48$	$8,24 \pm 0,20$	$71,18 \pm 0,71$	$24,74 \pm 3,47$

персонализированных реабилитационных протоколов. Результаты исследования демонстрируют перспективность интеграции инновационных технологий в систему ранней послеоперационной реабилитации с учётом индивидуальных особенностей пациентов.

Обсуждение основного результата исследования

Полученные результаты убедительно подтвердили гипотезу о том, что наличие сопутствующих заболеваний, таких как ГБ, СД и ИзМТ, может существенно влиять на темпы и качество восстановления после эндопротезирования. Анализ полученных данных свидетельствует о положительной динамике ключевых параметров: отмечены значимое увеличение скоростных характеристик ходьбы, оптимизация длины шага и более физиологичное распределение нагрузки на оперированную конечность. Значимым результатом стали значительное расширение амплитуды движений в коленном суставе, уменьшение болевого синдрома и улучшение показателей функциональной шкалы WOMAC и индекса Лекена, что напрямую коррелирует с повышением качества жизни пациентов. Пациенты отмечали возросшую уверенность при передвижении на тредмиле, что способствовало формированию правильного двигательного стереотипа и ускорению восстановительного периода. Однако анализ динамики функциональных показателей выявил значимые различия в восстановлении пациентов в зависимости от наличия коморбидной патологии. Полученные результаты согласуются с итогами современных исследований, указывающими на значимость коморбидных состояний в реабилитационном процессе.

Механизмы сдерживающего влияния коморбидной патологии могут быть объяснены несколькими факторами: метаболические нарушения при СД и ожирении снижают репаративный потенциал тканей, сердечно-сосудистые заболевания ограничивают толерантность к физическим нагрузкам, психоэмоциональные особенности пациентов с коморбидной патологией снижают мотивацию к реабилитации.

Инновационным аспектом исследования стало применение роботизированной механотерапии с реконструкцией физиологического паттерна ходьбы. Использование комплекса HP cosmos позволило не только объективизировать оценку восстановления, но и индивидуализировать реабилитационный процесс.

Проведённое исследование выявило потребность в трансформации существующих подходов к восстановительному лечению пациентов после ТЭКЧН, что обуславливает необходимость создания персонализированных реабилитационных алгоритмов, базирующихся на анализе индивидуального коморбидного профиля каждого пациента. Концепция дифференцированного подхода к МР данной когорты предполагает внедрение многоуровневой системы стратификации пациентов, позволяющей формировать оптимальные траектории лечения с учётом специфических особенностей сопутствующей патологии. Данный подход требует интеграции адаптивных режимов

двигательной активности в соответствии с функциональными резервами организма и динамикой компенсации коморбидных состояний.

Ключевым элементом предлагаемой модели является формирование междисциплинарного подхода, объединяющего специалистов различных медицинских направлений для обеспечения комплексного сопровождения пациентов на всех этапах МР. Такая стратегия позволяет синхронизировать лечебные воздействия, направленные как на восстановление функции оперированного сустава, так и на оптимизацию течения сопутствующих заболеваний.

Особую значимость приобретает психосоциальная составляющая реабилитационного процесса, включающая психологическую поддержку пациентов, формирование адекватных стратегий преодоления болезни и развитие мотивационных установок на активное участие в восстановительных мероприятиях. Психотерапевтическое сопровождение должно быть направлено на снижение уровня тревожности и депрессивных проявлений, часто сопровождающих хронические коморбидные состояния.

Важной частью персонализированного подхода является активная коррекция сопутствующих заболеваний с применением современных фармакологических и немедикаментозных методов лечения. Это предполагает оптимизацию антигипертензивной терапии, достижение целевых показателей гликемического контроля при СД, коррекцию липидного обмена и других метаболических нарушений, что создаёт благоприятные условия для эффективного восстановления функции опорно-двигательного аппарата.

Долгосрочная перспектива реализации данной концепции заключается в формировании новой парадигмы восстановительной медицины, основанной на принципах персонализированного подхода и доказательной практики, что позволит существенно повысить качество жизни пациентов. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется изучение отдалённых результатов применения данной методики и разработка персонализированных протоколов реабилитации с применением роботизированных систем, учитывающих индивидуальные особенности различных категорий пациентов и характер сопутствующей патологии.

Ограничения исследования

Методологические ограничения связаны с относительно коротким периодом наблюдения — 14 дней реабилитационного курса. Такой временной интервал не позволяет в полной мере оценить долгосрочные эффекты применения роботизированной механотерапии и отдалённые результаты восстановления пациентов с различными коморбидными состояниями. Необходимо проведение дополнительных исследований для изучения отдалённых результатов.

Существенным ограничением является также однородность коморбидных состояний. Исследование фокусируется только на трёх нозологиях: гипертонической болезни, сахарном диабете и избыточной массе тела. Реальная

клиническая практика часто демонстрирует более сложные комбинации сопутствующих патологий, что требует расширения спектра изучаемых коморбидных состояний.

Инструментальные ограничения связаны с используемыми методиками оценки. Несмотря на комплексный подход (применение ВАШ, шкалы WOMAC, индексов Лекена и Харриса), существует определённая доля субъективизма в оценке функционального статуса. Биомеханический анализ на роботизированном комплексе HP cosmos, безусловно, повышает объективность исследования, однако не исключает влияния индивидуальных адаптационных и психологических особенностей пациентов.

Психосоциальный компонент исследования представлен недостаточно полно. Несмотря на упоминание важности психоэмоционального статуса, мы не проводили углублённой оценки психологических характеристик пациентов, что могло бы существенно дополнить понимание факторов, влияющих на реабилитационный потенциал.

Важным ограничением является отсутствие группы сравнения с классической реабилитацией, без применения роботизированных технологий. Это не позволяет в полной мере количественно оценить преимущества инновационного подхода относительно традиционных реабилитационных методик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа современных исследований установлено, что эффективность восстановления пациентов после ТЭКСНК существенно варьирует в зависимости от наличия коморбидных состояний. Существующие реабилитационные подходы не в полной мере учитывают индивидуальные особенности пациентов с сопутствующими заболеваниями, такими как гипертоническая болезнь, сахарный диабет и избыточная масса тела.

Проведённое исследование выявило аспекты реабилитационного процесса, связанные с необходимостью разработки персонализированных протоколов восстановительного лечения, которые будут учитывать специфику коморбидной патологии и индивидуальные функциональные резервы организма пациента.

Результаты исследования продемонстрировали значимость комплексного подхода к реабилитации с использованием роботизированной механотерапии. Установлено, что применение инновационных технологий в сочетании с традиционными методами реабилитации позволяет существенно улучшить биомеханические показатели походки и функциональное состояние оперированного сустава. Наиболее выраженные положительные изменения отмечены в контрольной группе без коморбидной патологии, где зафиксировано максимальное снижение болевого синдрома и улучшение функциональных параметров. У пациентов с сопутствующими заболеваниями темпы восстановления были менее интенсивными, что подчёркивает необходимость дифференцированного подхода к реабилитации.

Значимость исследования заключается в обосновании перспективности разработки персонализированных реабилитационных стратегий, интегрирующих современные роботизированные технологии, междисциплинарный подход и психосоциальное сопровождение пациентов. Практическая ценность работы состоит в возможности оптимизации реабилитационных мероприятий для различных категорий пациентов после эндопротезирования с учётом их индивидуальных клинических особенностей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Хозяинова С.С. — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, курация пациентов, написание текста и редактирование статьи; Кустова О.В. — сбор и анализ литературных источников, подготовка, проведение исследования и написание текста статьи; Пономаренко Г.Н. — концепция, дизайн исследования и редактирование статьи; Махоткина Н.Н. — проведение исследования, курация пациентов. Все авторы одобрили финальную версию перед публикацией, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Материалы научной статьи были рассмотрены и одобрены этическим комитетом ФГБУ ФНОЦ МСЗ и Р им. Г.А. Альбрехта Минтруда России (протокол № 4 от 23.09.2024 г.).

Согласие на публикацию. Все участники настоящего исследования подписывали информированное согласие на обработку персональных данных и публикацию в научных статьях.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов (личных, профессиональных или финансовых), связанных с третьими лицами (коммерческими, некоммерческими, частными), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи, а также иных отношений, деятельности и интересов за последние три года, о которых необходимо сообщить.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, данные).

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: S.S. Khoziainova: sources review, data curation, writing—original draft, writing—review & editing; O.V. Kustova: sources review, investigation, writing—original draft; G.N. Ponomarenko: conceptualization, methodology, writing—review & editing; N.N. Makhotkina: investigation, data curation. All the authors approved the final version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The materials of this study were reviewed and approved by the Ethics Committee of the G.A. Albrecht Federal Research and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation, Ministry of Labor of the Russian Federation (Protocol No. 4, September 23, 2024).

Consent for publication: Written informed consent was obtained from all participants of this study for the processing and publication of personal data in scientific articles.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests (personal, professional, or financial) related to for-profit,

not-for-profit, or private third parties whose interests may be affected by the content of the article, as well as no other relationships, activities, or interests in the past three years to disclose.

Statement of originality: No previously published material (text, or data) was used in this article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Bubnova MG, Aronov DM, Boytsov SA. Methodic recommendations Maintaining physical activity of those with limitations in health. *CardioSomatics*. 2016;7(1):5–50. doi: 10.26442/CS45189 EDN: VXCWTH
2. Ratmanov MA, Benyan AS, Kuznetsova TV, et al. Rehabilitation after endoprosthetics of lower extremity joints: problems and prospects. *Polytrauma*. 2020;(2):76–83. doi: 10.24411/1819-1495-2020-10023 EDN: KFKHHX
3. Tikhomirova NYu, Zhikhareva OA, Eliseyeva LN, et al. The effect of comorbid conditions on the duration of pain syndrome in patients with total hip replacement and the ability to manage them. *South Russian Journal of Therapeutic Practice*. 2024;5(4):73–81. doi: 10.21886/2712-8156-2024-5-4-73-81 EDN: GGGUAS
4. Korochina KV, Chernysheva TV, Korochkina IE. The role of sexual dimorphism in the clinical features and comorbidity of late-stage gonarthrosis. *Modern problems of science and education*. 2023;(2):64. doi: 10.17513/spno.32479 EDN: BNXWCI
5. Yousef AI, Akhtyamov IF. Arthroplasty features in overweight patients (review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;(2):115–123. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-115-123 EDN: ZRXJKP
6. Vajapey SP, McKeon JF, Krueger CA, Spitzer AI. Outcomes of total joint arthroplasty in patients with depression: A systematic review. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;18:187–198. doi: 10.1016/j.jcot.2021.04.028
7. Kim H, Kim CH. Association Between Preoperative Depression and Readmission Rate Following Primary Total Joint Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Arthroplasty*. 2021;36(11):3807–3813. doi: 10.1016/j.arth.2021.06.020
8. Koneva ES, Shapovalenko TV, Liadov KV. The experience with the comprehensive rehabilitation of the elderly patients presenting with a concurrent pathology following the surgical intervention for the total endoprosthetics of the knee joint. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2014;91(3):46–54. EDN: SXFPOT
9. Sekirin AB, Maybrodskaya AE, Sankaranarayanan AS. Evaluation of the effectiveness of the three-stage complex approach in rehabilitation of patients after total hip arthroplasty. *Modern problems of science and education*. 2018;(5):60. EDN: VLCGDR
10. Abuseva GR, Kovlen DV, Ponomarenko GN, et al. Physical Methods of Rehabilitation for Patients with Osteoarthritis: A Scientometric Analysis of Evidence-Based Studies. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2020;26(1):190–200. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-190-200 EDN: UUGVQR
11. Ponomarenko GN. Restorative medicine: fundamentals and development prospects. *Physial and Rehabilitation Medicine*. 2022;4(1):8–20. doi: 10.26211/2658-4522-2022-4-1-8-20 EDN: IUWDXK

ОБ АВТОРАХ

*** Хозяинова Стелла Самвеловна;**

адрес: 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; телефон: +79217724411;
ORCID: 0000-0002-7231-6018;
eLibrary SPIN: 4950-2424;
e-mail: stella.khozyainova@gmail.com

Кустова Оксана Вячеславовна, канд. мед. наук, доцент;

ORCID: 0009-0007-1408-7492;
eLibrary SPIN: 8912-4449;
e-mail: o.v.kustova.med@mail.ru

Пonomarenko Геннадий Николаевич, д-р мед. наук,

профессор, член-корреспондент РАН;
ORCID: 0000-0001-7853-4473;
eLibrary SPIN: 8234-7005;
e-mail: ponomarenko_g@mail.ru

Махоткина Нина Нугзаровна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-4479-3295;
eLibrary SPIN: 7805-2703;
e-mail: mahotkinanina1@rambler.ru

AUTHORS' INFO

*** Stella S. Khozyainova;**

address: 6 Akademika Lebedeva st, Saint Petersburg, Russia, 194044; phone: +79217724411;
ORCID: 0000-0002-7231-6018;
eLibrary SPIN: 4950-2424;
e-mail: stella.khozyainova@gmail.com

Oksana V. Kustova, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;

ORCID: 0009-0007-1408-7492;
eLibrary SPIN: 8912-4449;
e-mail: o.v.kustova.med@mail.ru

Gennady N. Ponomarenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor,

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0001-7853-4473;
eLibrary SPIN: 8234-7005;
e-mail: ponomarenko_g@mail.ru

Nina N. Makhotkina, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-4479-3295;
eLibrary SPIN: 7805-2703;
e-mail: mahotkinanina1@rambler.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author