



Оригинальное исследование | Original research
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM702187>

This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2026

Анализ результатов применения нового подхода к преабилитации пациентов при тотальном эндопротезировании коленного сустава

Г.П. Котельников, А.В. Колсанов, Д.С. Кудашев, О.И. Мосеев,
С.Д. Зуев-Ратников, А.А. Шишкина, Д.А. Долгушкин
ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»
Минздрава России (Самара, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: провести анализ результатов применения нового подхода к преабилитации пациентов при тотальном эндопротезировании коленного сустава (ТЭКС).

Материал и методы. В исследование были включены 33 пациента с остеоартрозом (ОА) коленного сустава III–IV стадий по классификации Kellgren & Lawtence. За 4 недели до операции пациенты прошли комплексное обследование, включавшее клинический осмотр, шкалы-опросники (WOMAC, KOOS, ВАШ), двигательные тесты (2MWT, TUG) и электронейромиографию четырехглавой, двуглавой мышц бедра и икроножной мышцы. На основе выявленного ведущего синдрома ОА больные были стратифицированы на три подгруппы в зависимости от верифицированного фенотипа (хронической боли, воспалительных и биомеханических нарушений). В соответствии с разработанным нами подходом к преабилитации пациентов при ТЭКС каждой подгруппе пациентов был назначен индивидуальный комплекс, включавший как общие мероприятия для всех больных, так и специфические процедуры для каждой подгруппы.

Результаты. Анализ результатов за 72 часа до операции и через 72 часа, 4 и 12 недель после ТЭКС продемонстрировал, что в дооперационном периоде пациенты достигли статистически значимых улучшений в виде снижения баллов по шкале WOMAC до 38,0 (37,0; 39,0), уменьшения боли по ВАШ до 6,0 (5,0; 6,0) балла и увеличения показателей двигательной активности обследуемых мышц. В послеоперационном периоде на сроке наблюдения 12 недель после ТЭКС отмечали полноценное клиничко-функциональное восстановление, подтверждаемое результатами по шкалам-опросникам WOMAC, ВАШ, тесту 2MWT: 15,0 (14,0; 17,0) балла, 1,0 (0,0; 1,0) балла, 154,06 ± 11,73 метра соответственно.

Выводы. Разработанный подход к преабилитации обеспечивает статистически значимое улучшение клиничко-функционального состояния пациентов как в до-, так и в послеоперационном периодах при ТЭКС.

Ключевые слова: тотальное эндопротезирование, коленный сустав, остеоартроз, преабилитация, удовлетворенность, качество жизни.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Котельников Г.П., Колсанов А.В., Кудашев Д.С., Мосеев О.И., Зуев-Ратников С.Д., Шишкина А.А., Долгушкин Д.А. Анализ результатов применения нового подхода к преабилитации пациентов при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(2):144-150.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM702187>

Сведения об авторах

Котельников Г.П. – академик РАН, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>

E-mail: g.p.kotelnikov@samsmu.ru

Колсанов А.В. – член-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-7090>

E-mail: a.v.kolsanov@samsmu.ru

Кудашев Д.С. – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8002-7294>

E-mail: d.s.kudashhev@samsmu.ru

Мосеев Олег Игоревич – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6821-7035>

E-mail: o.i.moseev@samsmu.ru

Зуев-Ратников С.Д. – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6471-123X>

E-mail: stenocardia@mail.ru

Шишкина А.А. – канд. мед. наук, доцент, заведующая кафедрой медицинской реабилитации, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0586-8039>

E-mail: a.a.shishkina@samsmu.ru

Долгушкин Д.А. – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3681-5044>

E-mail: d.a.dolgushkin@samsmu.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

ТЭКС – тотальное эндопротезирование коленного сустава; ОА – остеоартроз; ОТП – обогащенная тромбоцитами плазма; АСВФ – аутологичная стромально-васкулярная фракция; АКМ – аутоклетки красного костного мозга; ЭНМГ – электронейромиография; ВАШ – визуальная аналоговая шкала.

Получено: 04.02.2026

Одобрено: 20.02.2026

Опубликовано: 20.03.2026

Analysis of the results of applying a new approach to the prehabilitation of patients with total knee replacement

Gennadii P. Kotelnikov, Aleksandr V. Kolsanov, Dmitrii S. Kudashev, Oleg I. Moseev,
Sergei D. Zuev-Ratnikov, Anna A. Shishkina, Dmitrii A. Dolgushkin
Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

Abstract

Aim: to analyze the results of applying a new approach to the prehabilitation of patients with total knee arthroplasty (TKA).

Material and methods. The study included 33 patients with knee osteoarthritis of stages III–IV according to the classification of Kellgren & Lawrence. 4 weeks before the operation, the patients underwent a comprehensive examination, which included a clinical examination, scales (WOMAC, KOOS, VAS), motor tests (2MWT, TUG)

and electroneuromyography (ENMG) of the quadriceps, biceps femoris and calf muscles. Based on the identified leading OA syndrome, patients were stratified into three subgroups depending on the verified phenotype (chronic pain, inflammatory, and biomechanical disorders).

Results. An analysis of the results 72 hours before surgery and 72 hours, 4 and 12 weeks after TKA, showed that in the preoperative period, patients achieved statistically significant improvements in the form of a decrease in WOMAC

scores to 38.0 (37.0; 39.0), a decrease in VAS pain to 6.0 (5.0; 6.0) points and an increase in motor activity of the examined muscles. In the postoperative period, at a follow-up period of 12 weeks after TKA, a full-fledged clinical and functional recovery was noted, confirmed by the results of the WOMAC, VAS, and 2MWT questionnaire scales: 15.0 (14.0; 17.0) points, 1.0 (0.0; 1.0) points, 154.06 ± 11.73 meters, respectively.

Citation

Kotelnikov GP, Kolsanov AV, Kudashev DS, Moseev OI, Zuev-Ratnikov SD, Shishkina AA, Dolgushkin DA. **Analysis of the results of applying a new approach to the prehabilitation of patients with total knee replacement.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(2):144-150. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM702187>

Information about authors

Gennadii P. Kotelnikov – MD, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the RAS A.F. Krasnov.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>

E-mail: g.p.kotelnikov@samsmu.ru

Aleksandr V. Kolsanov – MD, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-7090>

E-mail: a.v.kolsanov@samsmu.ru

Dmitrii S. Kudashev – MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the RAS A.F. Krasnov.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8002-7294>

E-mail: d.s.kudashev@samsmu.ru

Conclusion. The developed approach to prehabilitation provides a significant improvement in the clinical and functional condition of patients both in the pre- and postoperative periods during knee replacement.

Keywords: total knee arthroplasty, knee joint, osteoarthritis, prehabilitation, satisfaction, quality of life.

Conflict of interest: nothing to disclose.

***Oleg I. Moseev** – postgraduate student at the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the RAS A.F. Krasnov.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6821-7035>

E-mail: o.i.moseev@samsmu.ru

Sergei D. Zuev-Ratnikov – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor, Associate professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the RAS A.F. Krasnov.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6471-123X>

E-mail: stenocardia@mail.ru

Anna A. Shishkina – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0586-8039>

E-mail: a.a.shishkina@samsmu.ru

Dmitrii A. Dolgushkin – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor, Associate professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Extreme Surgery named after Academician of the RAS A.F. Krasnov.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3681-5044>

E-mail: d.a.dolgushkin@samsmu.ru

***Corresponding author**

Received: 04.02.2026

Accepted: 20.02.2026

Published: 20.03.2026

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является одним из наиболее значительных достижений оперативной ортопедии XX века. При этом частота выполнения оперативных вмешательств по эндопротезированию коленного сустава ежегодно увеличивается, что связано как с научными достижениями в области создания имплантов коленного сустава и повышением квалификации хирургов, так и с растущим числом пациентов, нуждающихся в подобного рода операциях [1, 2].

Наиболее частым показанием к выполнению ТЭКС является остеоартроз (ОА) коленного сустава III и IV стадии по классификации Kellgren & Lawtence, проявляющийся выраженным болевым синдромом и существенным снижением функции пораженного сустава. Согласно данным Global Burden of Disease, ОА коленного сустава страдают около 595 млн человек во всем мире, и, по прогнозам специалистов, к 2050 году количество пациентов с данным заболеванием существенно увеличится [3, 4].

Проведение ТЭКС должно обеспечивать быстрое купирование болевого синдрома, восстановление биомеханики пораженного сустава и проведение быстрой и профессиональной реабилитации пациентов в короткие сроки после операции. Однако, по данным научной литературы, от 15 до 25% пациентов не удовлетворены результатами ТЭКС, так как испытывают болевые ощущения, дискомфорт и ограничение движений в оперированном суставе, даже при корректном позиционировании компонентов эндопротеза и отсутствии признаков их нестабильности [5, 6].

Одним из важнейших факторов, обуславливающих данную ситуацию, является функциональная недостаточность периапартулярных структур, коррелирующая со степенью выраженности деструктивно-дистрофического поражения сустава в дооперационном периоде и выражающаяся в виде нарушений динамического стереотипа походки, формирования контрактур, развития хронического периапартулярного тендинита и лигаментита в до- и послеоперационном периодах [7].

В последние годы все больше внимание травматологов-ортопедов и врачей физической и реабилитационной медицины привлекает преабилитация, представляющая собой комплекс лечебных мероприятий, направленных на дооперационную коррекцию клинико-функциональных нарушений нижних конечностей и повышение функциональных резервов пациента перед хирургическим вмешательством. Разработка и применение лечебных комплексов преабилитации, а также исследование ее влияния на результаты оперативного лечения пациентов при ТЭКС становится крайне актуальным направлением в разделе эндопротезирования суставов конечностей [8].

На сегодняшний день опубликовано несколько зарубежных систематических обзоров и метаанализов, интегрирующих данные о влиянии преабилитации на результаты оперативного лечения пациентов после ТЭКС. Все они убедительно демонстрируют, что преабилитация способствует более ранней послеоперационной активизации и вертикализации, снижению риска осложнений, ускорению восстановления и сокращению времени пребывания пациентов в стационаре. Одним из ключевых выводов, который последовательно подтверждается в проанализированных систематических обзорах, является положительное влияние преабилитации на раннее послеоперационное восстановление функции коленного сустава. Это проявляется в улучшении показателей мышечной силы четырехглавой мышцы бедра, скорости ходьбы и способности к самостоятельному передвижению в первые недели и месяцы после операции [9, 10].

Важным аспектом, который часто становится предметом отдельного анализа, является влияние преабилитации на болевой синдром и прием анальгетиков. Послеоперационная боль является одним из основных факторов, замедляющих активизацию пациента и увеличивающих риск осложнений. Исследования в этой области показывают не столь однозначные, но в целом положительные результаты, состоящие в уменьшении степени выраженности болевого синдрома после операции [11, 12].

Особый интерес представляет анализ применения мультимодальных программ преабилитации, которые, помимо кинезиотерапии и физиолечения, включают в себя диетотерапию, психологическое консультирование и образовательные компоненты [13].

Еще одним важным практическим вопросом, который поднимается в специализированной литературе, является определение оптимальной продолжительности, интенсивности и комбинации методик преабилитации. Несмотря на большое количество данных зарубежной литературы, демонстрирующих положительный эффект преабилитации, на сегодняшний день до конца не определено, существует ли значительная корреляция между применением преабилитации и улучшением клинического состояния, функциональных показателей оперированной конечности и качества жизни пациента после проведения ТЭКС [14].

Также остаются неясными наиболее эффективная комбинация и длительность проведения преабилитации. Кроме того, существующие методики преабилитации не учитывают индивидуальные особенности пациентов и фенотипическую принадлежность выявленного ОА коленного сустава, что снижает эффективность преабилитационных мероприятий [15, 16].

В отечественной литературе данная проблематика остается недостаточно изученной, о чем свидетельствует сравнительно небольшое количество научных публикаций, посвященных проведению этапа преабилитации перед эндопротезированием крупных суставов нижних конечностей [17].

В связи с этим разработка и внедрение нами в клиническую практику нового подхода к преабилитации пациентов при ТЭКС, включающего комплекс преабилитации при эндопротезировании коленного сустава¹ и программный продукт «Программа для определения индивидуального комплекса преабилитации при эндопротезировании коленного сустава»², являются актуальной и перспективной задачей современной травматологии и ортопедии.

■ ЦЕЛЬ

Провести анализ результатов применения нового подхода к преабилитации пациентов при ТЭКС.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования соответствовал проспективному одностороннему клиническому исследованию. В исследование были включены 33 пациента с ОА коленного сустава III и IV стадий по классификации Kellgren & Lawtence, которым перед проведением ТЭКС был выполнен разработанный нами комплекс преабилитации. Преабилитацию и хирургическое лечение всех пациентов проводили в период с 2023 по 2025 гг. на базе травматолого-ортопедического отделения №2 и Центра комплексной реабилитации Клиник ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России.

Критерии включения пациентов в исследование: пол – любой; возраст – от 18 до 70 лет; верифицированный ОА коленного сустава III и IV стадий по классификации Kellgren & Lawtence и верифицированный ОА коленного

сустава I и II стадий по классификации Kellgren & Lawtence контрлатеральной конечности; межлодыжечное расстояние ≤ 8 см (для вальгусной деформации); межмышцелковое расстояние ≤ 8 см (для варусной деформации); укорочение нижней конечности ≤ 2 см; ИМТ ≤ 35 кг/м²; индекс активности в повседневной жизни (индекс Бартела) > 65 баллов; отсутствие стадии обострения и/или декомпенсации сопутствующих хронических инфекционных и неинфекционных заболеваний; отсутствие в анамнезе немедикаментозного лечения в виде ЛФК и/или физиотерапии, проведенного не позднее чем за 3 месяца до начала комплекса преабилитации; отсутствие в анамнезе медикаментозного лечения в виде пара- и интраартикулярного введения хондопротекторов, гиалуроновой кислоты, глюкокортикостероидов, обогащенной тромбоцитами плазмы (ОТП), аутологичной стромально-васкулярной фракции (АСВФ) и аутоклеток красного костного мозга (АККМ), проведенного не позднее чем за месяц до начала комплекса преабилитации; отсутствие в анамнезе предшествующих операций на пораженном коленном суставе или травмы, указывающих на вторичный характер ОА.

Критерии не включения пациентов в исследование: возраст младше 18 лет или старше 70 лет; укорочение нижней конечности > 2 см; межлодыжечное расстояние > 8 см (для вальгусной деформации); межмышцелковое расстояние > 8 см (для варусной деформации); наличие в анамнезе немедикаментозного лечения в виде ЛФК и/или физиолечения, проведенного не позднее чем за 3 месяца до начала комплекса преабилитации; наличие в анамнезе медикаментозного лечения в виде пара- и интраартикулярного введения хондопротекторов, гиалуроновой кислоты, глюкокортикостероидов, ОТП, АСВФ и АККМ, проведенного не позднее чем за месяц до начала комплекса преабилитации; наличие в анамнезе предшествующих операций на пораженном коленном суставе или травмы, указывающих на вторичный характер ОА; индекс активности в повседневной жизни (индекс Бартела) ≤ 65 баллов; алиментарно-конституциональное ожирение II степени и выше (ИМТ ≥ 35 кг/м²); наличие стадии обострения и/или декомпенсации инфекционных и неинфекционных сопутствующих хронических заболеваний.

В клиническую группу вошли 33 пациента, которым перед проведением хирургического вмешательства был применен разработанный нами комплекс преабилитации пациентов при эндопротезировании коленного сустава. Индивидуальный комплекс преабилитации при эндопротезировании коленного сустава мы определяли в зависимости от верифицированного фенотипа ОА с помощью специализированной программы.

Возраст больных, включенных в исследование, варьировал от 41 до 70 лет. Средний возраст пациентов, вошедших в исследование, составил $61 \pm 2,5$ года.

У всех пациентов рентгенологическая картина ОА коленного сустава соответствовала III и IV стадиям по классификации Kellgren & Lawtence и сопровождалась типичной для указанных стадий деструктивно-дистрофического поражения сустава клинической картиной. Болевой синдром, оценка которого по ВАШ составляла от 6

¹ Патент РФ на изобретение № 2844621 от 04.08.2025.

² Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026610177 от 13.01.2026.

до 8 баллов как в покое, так и при механической нагрузке, присутствовал у всех пациентов. Сгибательная контрактура коленного сустава была выявлена у 5 (15%) пациентов, при этом амплитуда активных движений не превышала 90 градусов. Варусная деформация коленного сустава была определена у 18 (54%) пациентов, вальгусная деформация была зафиксирована у 7 (21%) больных. Признаки хронического синовита наблюдали у 17 (27%) пациентов. Дополнительное средство опоры и передвижения в виде трости использовали 16 (48%) пациентов. У всех больных наблюдали ОА контрлатерального коленного сустава I и II стадии по классификации Kellgren & Lawrence.

Комплекс преабилитации пациенты начинали за 4 недели до ТЭКС и завершали за 72 часа до хирургического вмешательства. Пациентам проводили комплексное клиничко-функциональное обследование, которое включало в себя клинический осмотр, клиничко-функциональную оценку с помощью специализированных шкал-опросников: ВАШ, WOMAC (Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index), Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) – шкала оценки функционального состояния коленного сустава; двигательные тесты: 2MWT (Two Minute Walk Test) и TUG (Timed Up and Go), поверхностную функциональную электронейромиографию (ЭНМГ) четырехглавой и двуглавой мышц бедра и икроножной мышцы, рентгенологическое исследование, лабораторно-диагностические исследования (общеклинический и биохимический анализы крови, гемостазиограмма).

На основании результатов проведенного обследования у каждого пациента определяли ведущий синдром и соответствующий ему фенотип ОА, на основании которого больного относили к одной из следующих трех подгрупп.

Первая подгруппа – пациенты с выраженным болевым синдромом (фенотип хронической боли – chronic

pain) – была выделена на основании следующих критериев: жалобы на выраженный болевой синдром в области сустава в покое и стартовые суставные боли; оценка по ВАШ более 6 баллов; оценка по шкале KOOS в разделе «Боль» менее 50 баллов; оценка по шкале WOMAC более 38 баллов.

Во вторую подгруппу были включены пациенты с преобладанием воспалительного компонента (воспалительный фенотип – inflammatory mechanisms), у которых на фоне признаков хронического синовита пораженного сустава наблюдали изменения показателей общеклинического и биохимического анализов крови: лейкоцитоз более $10 \times 10^9/\text{л}$, СОЭ более 20 мм/час, С-реактивный белок более 8 мг/л, уровень фибриногена более 5 г/л.

Третью подгруппу составили пациенты с преобладанием ограничения амплитуды движений в пораженном коленном суставе (фенотип биомеханических нарушений – mechanical overload). Все пациенты данной подгруппы предъявляли жалобы на скованность в коленном суставе после пробуждения и после длительного состояния покоя. Оценка по шкале KOOS в разделе «Симптомы» составляла у них менее 50 баллов; оценка по шкале WOMAC более 38 баллов; результаты ЭНМГ *m. biceps femoris* – менее 25 мкВ, *m. rectus femoris* – менее 35 мкВ, *m. gastrocnemius* – менее 23 мкВ; результаты двигательных тестов: TUG – более 20 секунд и 2MWT – менее 100 м.

Необходимо подчеркнуть, что более половины пациентов (52%) относилось к первой подгруппе.

После распределения больных по подгруппам врач травматолог-ортопед назначал им разработанный комплекс преабилитации (рисунки 1, 2). Основу комплекса составляли общие для пациентов всех подгрупп мероприятия: курс активной механотерапии и дыхательной гимнастики, обучение пациентов технике ходьбы без опоры на оперированную конечность с использованием дополнительных средств опоры и передвижения (костыли, трость), освоения навыков повседневной активности (присаживание, подъем с постели, одевание), психологическое сопровождение и ортезирование. Кроме этого, в комплекс были включены

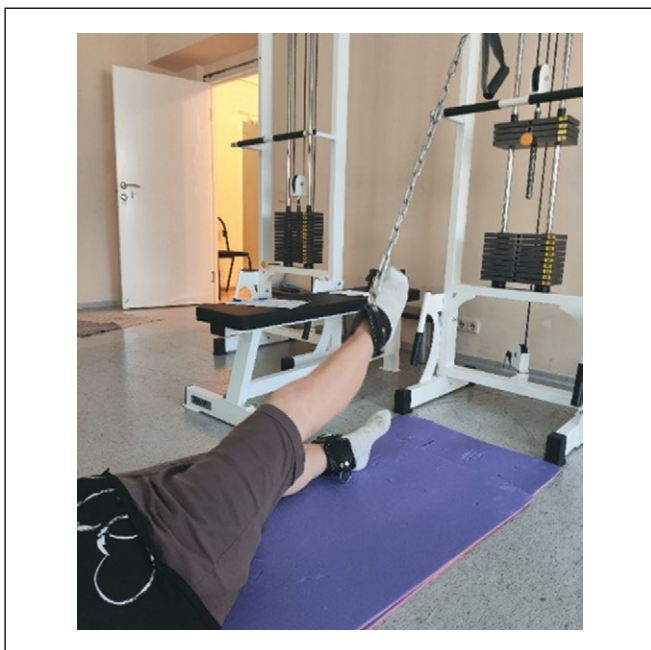


Рисунок 1. Выполнение пациентом физического упражнения – тяга одной ногой в исходном положении лежа на спине с отягощением 20 кг на блоковом тренажере.

Figure 1. The patient performs a physical exercise, deadlift with one leg in the starting position lying on the back, with a weight of 20 kg on a block simulator.



Рисунок 2. СМТ-терапия пораженного коленного сустава пациента первой подгруппы с помощью аппарата «Амплипульс-5» (Россия).

Figure 2. SMT therapy of the affected knee joint of a patient of the first subgroup using the Amplipulse-5 device (Russia).

специфичные лечебные процедуры, направленные на коррекцию ведущих клинично-функциональных нарушений в каждой подгруппе: в первой подгруппе – СМТ-терапия, кинезиотейпирование по технике «китайский фонарик»; во второй подгруппе – низкочастотная магнитотерапия, кинезиотейпирование W-тейпами; в третьей подгруппе – пассивная механотерапия, кинезиотейпирование по Y-технике.

Всем пациентам, включенным в исследование, выполняли ТЭКС заднестабилизованными эндопротезами (PS – posterior stabilized). В послеоперационном периоде им назначали анальгетическую и антикоагулянтную терапию, антибиотикопрофилактику и реабилитационные мероприятия в виде лечебной физкультуры и дыхательной гимнастики.

Оценку клинично-функционального состояния пациентов осуществляли за 72 часа до ТЭКС и через 72 часа, 4 и 12 недель после хирургического вмешательства. Для проведения оценки использовали результаты комплексного обследования, проводимого нами за 4 недели до ТЭКС, за исключением рентгенологического и лабораторно-диагностических исследований. Оценка за 72 часа до операции была связана с окончанием выполнения комплекса преабилитации и отражала клинично-функциональную и психологическую готовность пациента к хирургическому вмешательству. Срок наблюдения 72 часа после ТЭКС представлял собой завершение периода вертикализации и активизации пациентов в виде начала их ходьбы в пределах палаты с помощью костылей. Срок наблюдения 4 недели после операции соответствовал фазе купирования асептического воспаления интра- и параартикулярных тканей, разрешению их отека, переходу к фазе ремоделирования тканей в области оперированного сустава и позволял дать соответствующую указанным процессам оценку амплитуды движений в оперированном суставе, опороспособности конечности и интенсивности болевого синдрома. Оценка клинично-функционального состояния оперированного сустава и нижней конечности через 12 недель после хирургического лечения была проведена на этапе завершения ряда ключевых репаративных процессов структурного и функционального ремоделирования тканей оперированного сустава, выражавшемся в виде восстановления полноценного двигательного режима пациентов с возвращением их к бытовым и профессиональным активностям.

Первичной конечной точкой исследования являлся достигнутый через 12 недель после операции показатель шкалы-опросника WOMAC, отражающий клинично-функциональное восстановление пораженного сегмента опорно-двигательной системы. Вторичные конечные точки были определены в виде полученных результатов шкалы-опросника ВАШ и ЭНМГ четырехглавой, двуглавой мышц бедра и икроножной мышцы на двух послеоперационных сроках наблюдения – 72 часа и 4 недели после ТЭКС.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью разработанной нами программы для ЭВМ «Программа для оценки результатов преабилитации при эндопротезировании коленного сустава»¹. Для проверки нормальности распределения данных последовательно использовали критерии Колмогорова – Смирнова, Шапиро – Уилка и при необходимости Андерсона – Дарлингга. Данные с нормальным распределением были представлены как $M \pm SD$ с 95% ДИ, и анализировали их с помощью t-критерия Стьюдента; для данных с распределением, отличным от нормального, использовали такие показатели, как медиана (Me) и квартили (Q1; Q3). Во всех тестах статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты оценки клинично-функционального состояния пациентов, проведенной за 4 недели и 72 часа до операции и через 72 часа, 4 и 12 недель после ТЭКС, представлены в **таблице 1**.

Исходное состояние пациентов, оценивавшееся за четыре недели до операции, было ассоциировано с выраженными клинично-функциональными нарушениями в виде наличия болевого синдрома, ограничения амплитуды движений в суставе и хронического синовита. Так, по шкале-опроснику WOMAC средний балл был $52,48 \pm 7,67$, а уровень боли по ВАШ составлял 7,0 (6,0; 7,0) балла. Функциональные тесты также подтверждали значительное ограничение двигательной активности: дистанция по результатам теста двухминутной ходьбы составляла 108,0 (96,0; 115,0) метра, а время выполнения теста «Встань и иди» – 14,01 (11,47; 16,37) секунды.

После проведения комплекса преабилитации, непосредственно за 72 часа до операции, было отмечено

Показатель	4 недели до операции	72 часа до операции	72 часа после операции	4 недели после операции	12 недель после операции	
KOOS «Симптомы» (баллы)	51,0 (37,0;58,0)	54,0 (50,0;58,0)	52,29 ± 2,52	70,03 ± 3,79	74,48 ± 3,05	
KOOS «Боль» (баллы)	49,0 (41,0;53,0)	51,0 (50,0;54,0)	53,0 (51,0;58,0)	69,0 (67,0;71,0)	75,81 ± 3,94	
KOOS «Сложность выполнения бытовых действий» (баллы)	39,0 (36,0;49,0)	51,0 (50,0;54,0)	51,0 (50,0;52,0)	70,58 ± 2,84	75,23 ± 3,48	
KOOS «Спорт и активность на отдыхе» (баллы)	5,0 (5,0;10,0)	10,0 (5,0;15,0)	10,0 (10,0;10,0)	70,0 (65,0;70,0)	75,0 (70,0;75,0)	
KOOS «Оценка качества жизни» (баллы)	23,71 ± 7,48	47,0 (43,0;49,0)	34,0 (31,0;37,0)	73,0 (71,0;75,0)	78,10 ± 3,36	
WOMAC (баллы)	52,48 ± 7,67	38,0 (37,0;39,0)	34,0 (31,0;37,0)	24,0 (23,0;26,0)	15,0 (14,0;17,0)	
ВАШ (баллы)	7,0 (6,0;7,0)	6,0 (5,0;6,0)	5,0 (4,0;5,0)	4,0 (3,0;4,0)	1,0 (0,0;1,0)	
2MWT (метры)	108,0 (96,0;115,0)	115,0 (110,0;122,0)	100,11 ± 19,87	142,68 ± 15,91	154,06 ± 11,73	
TUG (секунды)	14,01 (11,47;16,37)	14,20 (11,32;16,58)	15,48 ± 3,71	10,19 ± 1,77	9,56 ± 1,55	
ЭНМГ (mkV)	<i>m. biceps femoris</i>	29,91 ± 1,43	36,32 ± 2,15	32,06 ± 1,64	42,1 (40,8;42,7)	42,28 ± 2,55
	<i>m. rectus femoris</i>	40,66 ± 1,59	45,35 ± 1,77	41,05 ± 1,46	51,76 ± 1,68	60,1 (58,1;61,3)
	<i>m. gastrocnemius</i>	31,39 ± 1,33	40,1 (38,6;40,8)	36,2 (33,8;37,1)	45,31 ± 1,93	53,73 ± 2,14

Таблица 1. Результаты оценки клинично-функционального состояния пациентов на всех сроках наблюдения в до- и послеоперационном периодах

Table 1. Results of the assessment of the clinical and functional status of patients at all follow-up periods in the pre- and postoperative periods

¹Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025662976 от 23.05.2025 г.

статистически значимое улучшение клинико-функционального состояния пациентов. Показатель WOMAC снизился до 38,0 (37,0; 39,0) балла, что свидетельствовало о существенном уменьшении боли и улучшении функции сустава. Эту динамику подтверждало снижение уровня болевого синдрома по ВАШ, показатель которой был равен 6,0 (5,0; 6,0) балла. Особенно важным являлось увеличение показателей в разделе «Качество жизни» шкалы-опросника KOOS – с $23,71 \pm 7,48$ до $47,0$ (43,0; 49,0) балла, что отражало психоэмоциональную готовность пациентов к операции. Также было зафиксировано увеличение биоэлектрической активности обследуемых групп мышц нижней конечности по данным ЭНМГ: так, активность четырехглавой мышцы бедра возросла с $40,66 \pm 1,59$ до $45,35 \pm 1,77$ мкВ. Функциональная выносливость пациентов по данным теста 2MWT была увеличена до 115,0 (110,0; 122,0) метра. Эти изменения подтвердили формирование функционального резерва у пациентов в преддверии хирургического вмешательства.

Через 72 часа после ТЭКС, несмотря на ожидаемое после ТЭКС ухудшение клинико-функционального состояния пациентов в виде боли и отека в области оперированного сустава, показатели были статистически значимо лучше, чем исходные данные перед началом комплекса преабилитации. Значение WOMAC составило 34,0 (31,0; 37,0) балла. Интенсивность болевого синдрома по ВАШ была на уровне 5,0 (4,0; 5,0) балла. Наиболее заметным на данном сроке наблюдения являлся результат теста 2MWT, по итогам которого пациенты за 2 минуты ходьбы проходили в среднем $100,11 \pm 19,87$ метра, что демонстрировало улучшение их двигательной активности даже в раннем послеоперационном периоде.

Через 4 недели после хирургического лечения показатель WOMAC достиг 24,0 (23,0; 26,0) балла. Статистически значимо увеличились показатели в разделах шкалы-опросника KOOS, особенно в категориях «Спорт и активность» и «Качество жизни», где значения достигли 70,0 (65,0; 70,0) и 73,0 (71,0; 75,0) балла соответственно. По данным ЭНМГ, активность четырехглавой мышцы достигла $51,76 \pm 1,68$ мкВ. Пройденная пациентами дистанция в рамках теста 2MWT возросла до $142,68 \pm 15,91$ метра, что свидетельствовало об их уровне функциональной выносливости, который был существенно выше не только значения на предыдущем сроке наблюдения, но и исходного показателя.

Через 12 недель после ТЭКС пациенты достигли высоких и стабильных клинико-функциональных результатов. Показатель WOMAC составил всего 15,0 (14,0; 17,0) балла, что отражало полноценное клинико-функциональное восстановление пациентов. Значения во всех разделах KOOS были на высоком уровне, особенно в разделах «Качество жизни» и «Спорт и активность», показатели которых были равны 75,0 (70,0; 75,0) и $78,10 \pm 3,36$ балла соответственно. Болевой синдром был минимальным – 1,0 (0,0; 1,0) балла по ВАШ. Показатели ЭНМГ обследуемых групп мышц продолжали увеличиваться, достигая высоких значений, например, 60,1 (58,1; 61,3) мкВ для четырехглавой мышцы. Толерантность к физической нагрузке, оцениваемая тестом 2MWT, достигла $154,06 \pm 11,73$ метра, демонстрируя значимую положительную динамику относительно исходного уровня.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты коррелируют с данными зарубежных исследований, которые показывают положительное влияние преабилитации на раннюю активизацию пациента и восстановление функции оперированного сустава.

В нашем исследовании мы наблюдали ключевой эффект, описанный в литературе, а именно улучшение показателей мышечной силы по данным ЭНМГ и скорости ходьбы по результатам тестов 2MWT и TUG уже через 4 недели после операции. Увеличение биоэлектрической активности четырехглавой мышцы бедра через 72 часа после окончания выполнения комплекса преабилитации и ее более быстрое восстановление к 4-й и 12-й неделям после ТЭКС коррелировало с выводами о том, что предоперационное укрепление мышц стабилизаторов коленного сустава является залогом успешной послеоперационной реабилитации.

Результаты нашего исследования также подтвердили положительное влияние преабилитации на болевой синдром. Несмотря на естественное усиление боли в первые 72 часа после операции, ее уровень по ВАШ оставался ниже исходных дооперационных значений, что способствовало более комфортной вертикализации и активизации пациентов.

Необходимо отметить, что применение мультимодального и индивидуального подходов, учитывающих ведущий фенотип ОА, позволило нам таргетно воздействовать на ключевые патогенетические звенья. Это перекликается с современной тенденцией к разработке комбинированных программ преабилитации, включающих помимо кинезиотерапии физиотерапевтические процедуры, ортезирование и психологическое сопровождение.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный подход к преабилитации пациентов при ТЭКС, основанный на фенотипической стратификации ОА и применении индивидуального комплекса лечебных мероприятий, продемонстрировал статистически значимое улучшение клинико-функциональных показателей в дооперационном периоде. Проведение предложенного комплекса преабилитации привело к снижению выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ и WOMAC, улучшению показателей шкалы KOOS, увеличению дистанции теста 2MWT и повышению биоэлектрической активности четырехглавой и двуглавой мышц бедра и икроножной мышцы по данным функциональной ЭНМГ нижних конечностей.

В послеоперационном периоде была отмечена положительная динамика клинико-функционального состояния пациентов на сроках 4 и 12 недель после хирургического вмешательства, что проявлялось восстановлением амплитуды движений, опороспособности конечности и снижением интенсивности болевого синдрома.

Полученные результаты позволяют рассматривать предложенный подход к преабилитации пациентов с ОА коленного сустава как перспективное направление оптимизации предоперационной подготовки пациентов при тотальном эндопротезировании коленного сустава. Для окончательной оценки клинической эффективности разработанного метода целесообразно проведение контролируемых исследований с включением группы сравнения. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Настоящее исследование осуществляли в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Хельсинки, 2024), приказом Минздрава России № 200н от 01.04.2016 г. «Об утверждении правил надлежащей клинической практики» и протоколом № 292 заседания комитета по биоэтике при СамГМУ от 04 сентября 2024 г.	Ethical approval. The present study was carried out in accordance with the ethical standards of the World Medical Association's Declaration of Helsinki (Helsinki, 2024), Order No. 200n of the Ministry of Health of the Russian Federation dated April 1, 2016, «On Approval of the Rules for Good Clinical Practice» and Minutes No. 292 of the Committee on Bioethics at Samara State Medical University dated September 4, 2024.
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Согласие на публикацию. Авторы получили от пациентов, принимавших участие в исследовании, добровольное информированное согласие на публикацию медицинских данных в обезличенной форме в медицинском рецензируемом научно-практическом журнале «Наука и инновации в медицине».	Consent to publication. The authors obtained from the patients who took part in the study a voluntary informed consent to the publication of medical data in an impersonal form in the peer-reviewed journal of medical research and practice «Science and Innovations in Medicine».
Участие авторов. Котельников Г.П.: научное руководство, редактирование текста, концепция исследования. Колсанов А.В.: дизайн исследования. Кудашев Д.С.: статистическая обработка данных. Мосеев О.И.: написание текста. Зуев-Ратников С.Д.: сбор материалов. Шишкина А.А.: обработка материала. Долгушкин Д.А.: обзор литературы. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Kotelnikov G.P.: scientific supervision, editing of the text, study concept. Kolsanov A.V.: study design. Kudashov D.S.: statistical data processing. Moseev O.I.: writing of the text. Zuev-Ratnikov S.D.: data collection. Shishkina A.A.: data processing. Dolgushkin D.A.: literature review. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Rechkunova OA, Chernysheva TV, Guryanov AM, et al. The role of knee replacement in the treatment of patients with gonarthrosis: rehabilitation. *Modern problems of science and education*. 2023;4:133. [Речкунова О.А., Чернышева Т.В., Гурьянов А.М., и др. Роль эндопротезирования коленного сустава в лечении больных с гонартрозом: реабилитация. *Современные проблемы науки и образования*. 2023;4:133]. DOI: 10.17513/spno.32738
- Preobrazhensky PM, Fil AS, Kornilov NN, et al. Current State of Knee Arthroplasty in Russia: Analysis of 36,350 Cases from the Register of the Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(3):73-85. [Преображенский П.М., Филь А.С., Корнилов Н.Н., и др. Эндопротезирование коленного сустава в клинической практике: анализ 36350 наблюдений из регистра НМИЦ ТО им. П.Р. Вредена. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(3):73-85]. DOI: 10.17816/2311-2905-9349
- GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators. Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990-2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet. Rheumatology*. 2023;5(9):e508-e522. DOI: 10.1016/S2665-9913(23)00163-7
- Moseng T, Vliet Vlieland T, Battista S, et al. EULAR recommendations for the non-pharmacological core management of hip and knee osteoarthritis: 2023 update. *Annals of the rheumatic diseases*. 2024;83(6):730-740. DOI: 10.1136/ard-2023-225041
- DeFrance M, Scuderi G. Are 20% of Patients Actually Dissatisfied Following Total Knee Arthroplasty? A Systematic Review of the Literature. *The Journal of arthroplasty*. 2023;38(3):594-599. DOI: 10.1016/j.arth.2022.10.011
- Rodriguez-Merchan E. Patient Satisfaction Following Primary Total Knee Arthroplasty: Contributing Factors. *The archives of bone and joint surgery*. 2021;9(4):379-386. DOI: 10.22038/absj.2020.46395.2274
- Leppänen M, Niemeläinen H, Huhtala S, et al. Mild knee osteoarthritis predicts dissatisfaction after total knee arthroplasty: a prospective study of 186 patients aged 65 years or less with 2-year follow-up. *BMC musculoskeletal disorder*. 2021;22(1):657. DOI: 10.1186/s12891-021-04543-8
- Magan AA, Ahmed SS, Paton B, et al. Does Multimodal Therapy Influence Functional Outcome After Total Knee Arthroplasty? *The Orthopedic clinics of North America*. 2020;51(4):453-459. DOI: 10.1016/j.ocl.2020.06.011

- Alrawashdeh W, Eschweiler J, Migliorini F, et al. Effectiveness of total knee arthroplasty rehabilitation programmes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine*. 2021;53(6):jrm00200. DOI: 10.2340/16501977-2827
- Su W, Zhou Y, Qiu H, et al. The effects of preoperative rehabilitation on pain and functional outcome after total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2022;17(1):175. DOI: 10.1186/s13018-022-03066-9
- Gränicher P, Mulder L, Lenssen T, et al. Prehabilitation Improves Knee Functioning Before and Within the First Year After Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review With Meta-analysis. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2022;52(11):709-725. DOI: 10.2519/jospt.2022.11160
- Rahmatika R, Novriansyah R, Indriastuti L. The Effects Of Prehabilitation Exercise Using Resistance Bands On Functional Performance In Total Knee Replacement. *The Hip and Knee Journal*. 2020;1(1):8-18. DOI: 10.46355/hipknee.v1i1.5
- Raposo F, Ramos M, Cruz AL. Effects of exercise on knee osteoarthritis: A systematic review. *Musculoskeletal Care*. 2021;19(4):399-435. DOI: 10.1002/msc.1538
- Kaya C, Seyman CC, Kaya Y. Determination of the effect of preoperative knee joint function on postoperative quality of life in patients with total knee arthroplasty. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*. 2024;42(10):2189-2196. DOI: 10.1002/jor.25876
- Zheng Y, Huang Z, Dai L, et al. The Effect of Preoperative Rehabilitation Training on the Early Recovery of Joint Function after Artificial Total Knee Arthroplasty and Its Effect Evaluation. *Journal of healthcare engineering*. 2022;2022:3860991. DOI: 10.1155/2022/3860991
- Ndjonko L, Jose J, Nair N, et al. Prehabilitation for Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Orthopaedic Reports*. 2025;4(1):100580. DOI: 10.1016/j.jorep.2025.100580
- Ratmanov MA, Benyan AS, Kuznetsova TV, et al. Rehabilitation after total hip and knee replacement: problems and perspectives. *Polytrauma*. 2020;2:76-83. [Ратманов М.А., Беньян А.С., Кузнецова Т.В., и др. Реабилитация после эндопротезирования суставов нижних конечностей: проблемы и перспективы. *Политравма*. 2020;2:76-83]. DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10023