

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАТТЕРНА ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННЫХ И ТАЗОБЕДРЕННЫХ СУСТАВОВ

Хозяинова С.С.<sup>1,2,3</sup>, Кустова О.В.<sup>2,3</sup>, Пономаренко Г.Н.<sup>2,3</sup>, Абусева Г.Р.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: o.v.kustova.med@mail.ru;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта» Минтруда России, Санкт-Петербург

Эндопротезирование крупных суставов нижних конечностей является одной из наиболее распространенных хирургических технологий в современной травматологии и ортопедии, направленной на восстановление функциональности суставов при различных заболеваниях. Целью данного исследования явилась оценка эффективности восстановления паттерна ходьбы у пациентов после артропластики коленных и тазобедренных суставов. В исследование включены 100 пациентов, разделенных на две группы: контрольную и основную. Использовались методы анализа биомеханики ходьбы, стабилметрия, оценка по специализированным шкалам. Основная группа дополнительно проходила тренировки на роботизированном реабилитационном комплексе. Результаты исследования показали статистически значимое улучшение функциональных параметров у пациентов основной группы. Отмечено существенное увеличение длины и скорости шага, более равномерное распределение нагрузки на конечности, улучшение показателей равновесия и координации движений. Результаты клинко-функционального анализа выявили значительно более благоприятные изменения у пациентов контрольной группы. Заключение подтверждает высокую эффективность комплексного реабилитационного подхода с использованием современных технологий, включая роботизированные комплексы и тренировки с биологической обратной связью. Разработанная методика позволяет оптимизировать восстановление паттерна ходьбы, улучшить функциональные возможности пациентов после эндопротезирования крупных суставов нижних конечностей и существенно повысить качество их жизни.

Ключевые слова: паттерн ходьбы, физическая и реабилитационная медицина, кинезотерапия, эндопротезирование коленного сустава, эндопротезирование тазобедренного сустава.

*Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

## STUDY AND RESTORATION OF THE WALKING PATTERN IN PATIENTS AFTER KNEE AND HIP ARTHROPLASTY

Khoziainova S.S.<sup>1,2</sup>, Kustova O.V.<sup>2,3</sup>, Ponomarenko G.N.<sup>2,3</sup>, Abuseva G.R.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Kirov Military Medical Academy, St.-Petersburg;

<sup>2</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St.-Petersburg, e-mail o.v.kustova.med@mail.ru;

<sup>3</sup>Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation named after G.A. Albrecht, St. Petersburg

Arthroplasty of large joints of the lower extremities is one of the most common surgical technologies in modern traumatology and orthopedics, aimed at restoring the functionality of joints in various diseases. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of gait pattern restoration in patients after knee and hip arthroplasty. The study included 100 patients divided into two groups: control and main. The methods of gait biomechanics analysis, stabilometry, and assessment using specialized scales were used. The main group additionally underwent training on a robotic rehabilitation complex. The results of the study showed a statistically significant improvement in functional parameters in patients of the main group. A significant increase in the length and speed of the step, a more uniform distribution of the load on the limbs, an improvement in balance and coordination of movements were noted. The results of the clinical and functional analysis revealed significantly

more favorable changes in patients of the control group. The conclusion confirms the high effectiveness of the integrated rehabilitation approach using modern technologies, including robotic complexes and training with biofeedback. The developed technique allows optimizing the restoration of the gait pattern, improving the functionality of patients after endoprosthetics of large joints of the lower extremities and significantly improving their quality of life.

Keywords: walking pattern, physical and rehabilitation medicine, kinesitherapy, knee arthroplasty, hip arthroplasty.

*Conflict interest. The authors declare no conflict of interest.*

## **Введение**

В настоящее время тотальное эндопротезирование коленных и тазобедренных суставов (ТЭПКитС) представляет собой широко применяемую хирургическую практику, направленную на восстановление функции сустава при патологических состояниях, включая деформирующий остеоартроз, ревматические поражения и посттравматические изменения. Наиболее частой причиной первичного ТЭПКитС является остеоартрит на поздних стадиях, когда эндопротезирование является единственным методом спасения пациентов от выраженных нарушений функции опоры и передвижения. Тем не менее эффективность хирургического вмешательства в значительной степени определяется качеством последующих реабилитационных мероприятий [1; 2]. В настоящее время восстановительная медицина активно развивается за счет интеграции инновационных высокотехнологичных методик комплексной реабилитации, включающих роботизированные системы с функцией частичной разгрузки веса тела, автоматизированные устройства для механотерапевтических воздействий и системы непрерывного мониторинга физиологических показателей, что позволяет реализовать индивидуализированный подход к коррекции локомоторных нарушений у пациентов после ТЭПКитС [3-5].

Нарушение функции опоры и передвижения, дискоординация походки у пациентов после ТЭПКитС привело к изменению межсуставной координации и увеличению риска падения, что выражено нарушает интеграцию в окружающей среде и требует доказательного изучения кинематических и кинетических параметров походки в разные временные периоды [6; 7]. Большое значение в процессе выздоровления имеет устранение болевых ощущений, предупреждение осложнений и психологическая поддержка: реабилитационные мероприятия способствуют адаптации больных к новым условиям жизнедеятельности [8]. Нормализация психоэмоционального состояния значительно ускоряет восстановительный процесс после ТЭПКитС, в то время как комплексная физическая реабилитация способствует оптимизации функциональных показателей и физических возможностей пациента [9].

В современной медицине внедрение высокотехнологичных методов является первостепенной задачей во всей стране, что позволяет оптимизировать и усовершенствовать

методологию реабилитации и качественно восстановить у пациентов самый сложный двигательный акт - ходьбу. Среди таких методов на сегодняшний день активно исследуют и внедряют в реабилитационную практику локомоторные технологии, интегрированные с системой анализа, виртуальные тренировки с биологической обратной связью (БОС) [10-12]. Контроль эффективности и безопасности применяемых технологий возможно проводить и посредством телереабилитационных взаимодействий. Основными достоинствами указанных методик являются их практичность, широкая доступность и способность к индивидуальной настройке программ в соответствии с особенностями каждого пациента, что достигается посредством применения цифровых решений в реабилитационном процессе [10, с. 13; 12, с. 629; 13, с. 286].

Применение технологий обратной связи и виртуальной реальности способствует оптимизации психоэмоционального состояния больных, усилению их мотивационной активности и вовлеченности в процесс лечения, оказывает благотворное воздействие на функциональные и когнитивные возможности, а также формирует у пациентов позитивное восприятие результативности реабилитационных мероприятий [14; 15].

Локомоторная активность человека представляет собой наиболее комплексный и многокомпонентный двигательный феномен, определяющий основные характеристики человеческой мобильности и выступающий в качестве ключевого детерминанта качества жизни пациентов после ТЭПКитС.

Физиологически адекватная локомоция представляет собой процесс, требующий синхронизированного взаимодействия мышечно-суставных комплексов нижних конечностей, включая стопы, голеностопные, коленные и тазобедренные суставы, а также координированного участия мускулатуры туловища, шейного отдела позвоночника и верхних конечностей. Дисфункция любого элемента опорно-двигательной системы способна инициировать каскад компенсаторных изменений, приводящих к нарушению биомеханических характеристик передвижения.

Клинический анализ локомоторных паттернов трансформировался в высокоинформативный диагностический инструмент, обеспечивающий объективную оценку терапевтической эффективности и реабилитационного потенциала. Данная методология позволяет идентифицировать субклинические патологические изменения у пациентов, потенциально влияющие на их функциональные возможности передвижения. Результаты биомеханического анализа ходьбы формируют объективную доказательную базу для количественной оценки и целенаправленной коррекции нарушений опорной и локомоторной функций, что обеспечивает персонализированный подход к реабилитационному процессу [16-18].

Настоящее исследование посвящено систематическому анализу современных методологических подходов к восстановлению и оптимизации локомоторных паттернов у пациентов после ТЭПКитС, а также рассмотрению инновационных реабилитационных технологий, интеграция которых является необходимым условием для совершенствования стратегий восстановительного лечения.

**Цель исследования.** Оценить эффективность восстановления паттерна ходьбы у пациентов после эндопротезирования коленных и тазобедренных суставов.

### **Материалы и методы исследования**

В рамках настоящего проспективного когортного исследования была сформирована выборка, включающая 100 пациентов, соответствующих определенным критериям отбора: параметры включения предусматривали возрастной диапазон участников  $60,3 \pm 1,8$  года, наличие в анамнезе хирургического вмешательства в форме тотального эндопротезирования суставов ( $n=50$ ), а также отсутствие коморбидных состояний, способных оказать существенное влияние на траекторию восстановительного процесса.

Участники контрольной группы ( $n=50$ ) получали реабилитационный комплекс, включающий персонализированные упражнения с инструктором по лечебной физкультуре и механотерапевтические процедуры с применением аппарата непрерывного пассивного движения (СРМ-терапия). Экспериментальная (основная) группа, численностью 50 пациентов, дополнительно подвергалась тренировочным воздействиям на высокотехнологичном реабилитационном комплексе НР cosmos, интегрирующем виртуальные тренировочные модули с биологической обратной связью, инициируемые с седьмого послеоперационного дня. Применение роботизированного оборудования обеспечивает контроль нагрузочных режимов и непрерывный мониторинг биомеханических параметров локомоции. Интегрированная аналитическая система позволяет осуществлять количественную оценку соответствия двигательных паттернов пациента терапевтическим целям, что способствует своевременной персонализированной коррекции тренировочных программ.

Дополнительно в терапевтическую стратегию для обеих групп включили криотерапевтическое воздействие, низкоинтенсивную низкочастотную магнитотерапию.

Исследовательский протокол предусматривал многокомпонентный анализ функциональных характеристик, включающий биомеханическое исследование локомоторных паттернов, стабилметрическую оценку постурального контроля, а также клиническую оценку с использованием модифицированной шкалы Харриса, альгофункционального индекса Лекена и опросника WOMAC для количественной оценки болевого синдрома, максимальной дистанции передвижения и уровня повседневной активности пациентов.

В процессе анализа локомоторных паттернов осуществлялась оценка следующих биомеханических показателей: максимальные нагрузочные характеристики (выраженные в процентах от массы тела) на переднюю и заднюю части стопы контралатеральной и ипсилатеральной конечностей, опорное давление (измеряемое в Н/см<sup>2</sup>), геометрические параметры походки (угол разворота стопы, длина шага, протяженность шагового цикла, ширина безопорной фазы, латерализация нагрузки, временные характеристики шага, скоростные параметры), фазовая структура локомоции (угловые характеристики стопы, опорная фаза, фаза переноса и период двойной опоры), а также темпоральные параметры шага, продолжительность шагового цикла и скоростные характеристики.

Дополнительно проводился детализированный трехзональный анализ подошвенной поверхности стопы, включающий оценку динамики нагрузочных характеристик (временные параметры перехода нагрузки с пяточной на переднюю область в секундах и процентном соотношении), максимальные силовые и барические показатели в области переднего отдела, средней части и пяточной зоны стопы в трех анатомических регионах. Проводилось стабилметрическое исследование и анализ стопной реакции: оценка функции равновесия, оценка влияния подошвенной рецепции на равновесие.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты проведенного сравнительного анализа функциональных параметров локомоции демонстрируют выраженные различия в эффективности реабилитационных подходов между исследуемыми группами. В экспериментальной группе наблюдалось статистически достоверное увеличение длины шага на оперированной конечности по завершении курса механизированной реабилитации, достигающее  $37,21 \pm 1,24$  см ( $p < 0,05$ ), что существенно превышает аналогичный показатель в контрольной группе, составивший  $26,18 \pm 1,14$  см. Параллельно отмечено значительное повышение скоростных характеристик передвижения, демонстрирующее практически двукратное превосходство в основной группе (1,8 км/ч) по сравнению с контрольными значениями (0,96 км/ч) при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

Детальный анализ распределения нагрузочных характеристик на нижние конечности выявил оптимизацию биомеханических паттернов в экспериментальной группе, проявляющуюся в снижении максимальной нагрузки на переднюю часть стопы оперированной конечности при одновременном увеличении нагрузки на пяточную область. Особенно примечательным представляется распределение нагрузки на контралатеральной конечности, где показатели составили 52% для передней части стопы и 48% для пяточной области, что свидетельствует о приближении к физиологическим нормативам. В контрольной группе

наблюдались менее оптимальные значения данных параметров, что подтверждает перевес применяемой методологии (табл. 1).

Комплексная оценка силовых параметров и характеристик давления продемонстрировала статистически значимое увеличение максимальных показателей во всех анатомических зонах стопы (области переднего отдела, центральной части и пяточной зоны) как на оперированной, так и на интактной конечности в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Данные результаты свидетельствуют о более эффективном восстановлении двигательной функции стопы и оптимизации биомеханических характеристик локомоции при использовании роботизированных реабилитационных технологий.

Таблица 1

Показатели стабилметрического исследования, биомеханики ходьбы и силовых характеристик у пациентов после ТЭПКитС после медицинской реабилитации (МР)

Показатели		Контрольная группа	Основная группа
Оценка функции равновесия	До МР	69,02±1,12	66,08±1,11
	После МР	78,08±1,14	82,37±1,28
Оценка влияния подошвенной рецепции на равновесие	До МР	90,08±1,09	91,24±1,08
	После МР	142,12±1,07	152,18±1,05
Длина шага, см	Прооперированная	26,18±1,14	37,21±1,24
	Контралатеральная	21,23±1,22	29,09±1,12
Скорость, км/ч		0,96±1,38	1,8±1,14
Максимальная сила, Н			
Носок (три зоны)	Прооперированная	282,1±0,44	361,6±0,32
	Контралатеральная	350,7±0,76	387,7±0,51
Центр стопы (три зоны)	Прооперированная	343,1±0,88	396,9±1,02
	Контралатеральная	227,0±1,34	329,6±1,09
Максимальное давление, Н/см <sup>2</sup>			
Носок (три зоны)	Прооперированная	7,8±1,38	9,9±1,33
	Контралатеральная	13,6±1,46	13,9±1,21
Центр стопы (три зоны)	Прооперированная	15,2±1,64	17,3±1,26
	Контралатеральная	11,7±0,98	13,9±1,21
* – статистическая значимость до и после лечения ( $p < 0,05$ ).			

Источник: составлено авторами.

Комплексная клиничко-функциональная характеристика пациентов после ТЭПКитС выявила существенные различия в динамике восстановительного процесса между исследуемыми группами. Оценка болевого синдрома и функциональной недостаточности по индексу Лекена продемонстрировала статистически достоверное снижение показателей в основной группе с исходных 15,13±0,54 балла до 8,14±0,76 балла по завершении

реабилитационных мероприятий ( $p < 0,05$ ). В контрольной группе наблюдалась менее выраженная положительная динамика с уменьшением показателей с  $15,27 \pm 0,62$  до  $10,82 \pm 0,54$  балла ( $p < 0,05$ ). Функциональная активность, оцениваемая по шкале Харриса, продемонстрировала статистически значимое превосходство результатов в основной группе по сравнению с контрольной, что указывает на существенное улучшение двигательных возможностей и качества жизни пациентов. Аналогичная закономерность была зафиксирована при анализе данных по опроснику WOMAC, подтверждая комплексное улучшение функционального статуса опорно-двигательного аппарата. Детальная характеристика динамических изменений клинико-функциональных параметров в процессе медицинской реабилитации (МР) представлена в таблице 2.

Таблица 2

Данные динамики клинико-функциональных показателей в процессе МР

Показатели	Основная группа. До	Основная группа. После	Контрольная группа. До	Контрольная группа. После
Индекс Лекена, балл	$15,13 \pm 0,54$	$8,14 \pm 0,76^*$	$15,27 \pm 0,62$	$10,82 \pm 0,54$
Индекс Харриса, балл	$46,84 \pm 1,85$	$84,38 \pm 1,24^*$	$47,12 \pm 1,82$	$65,44 \pm 1,27$
Шкала WOMAC, балл	$52,46 \pm 1,58$	$14,76 \pm 2,16^*$	$53,74 \pm 1,93$	$28,16 \pm 2,74$
* – статистическая значимость до и после лечения ( $p < 0,05$ ).				

Источник: составлено авторами.

Комплексное исследование биомеханических характеристик локомоторной функции посредством применения высокотехнологичного реабилитационного комплекса НР cosmos продемонстрировало оптимизацию параметров двигательной активности у пациентов основной группы по завершении полного курса медицинской реабилитации. Анализ кинематических показателей выявил возрастание скорости передвижения, что свидетельствует о восстановлении адаптационных механизмов опорно-двигательного аппарата и повышении функциональных резервов организма. Стабилометрические исследования продемонстрировали статистически значимую положительную динамику показателей пострурального контроля в основной группе пациентов. Функциональная оценка равновесия характеризовалась положительной динамикой с увеличением показателей с исходных  $66,08 \pm 1,09$  балла до  $82,37 \pm 1,32$  балла после завершения курса МР ( $p < 0,05$ ). Значимые изменения наблюдались и при анализе влияния подошвенной рецепции на поддержание

равновесия, где отмечалось возрастание параметров с  $91,24 \pm 1,06$  до  $152,18 \pm 1,07$  балла ( $p < 0,05$ ).

Полученные результаты свидетельствуют об улучшении интегративной функции постурального контроля и восстановлении сенсомоторной координации, что является ключевым фактором успешной социально-бытовой адаптации пациентов после ТЭПКитС.

### **Заключение**

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о существенном потенциале взаимодействия передовых реабилитационных технологий с традиционными протоколами восстановительной медицины. Внедрение инновационных подходов в терапевтические алгоритмы демонстрирует усиление эффективности реабилитационных мероприятий.

Применение специализированного реабилитационного комплекса НР cosmos в качестве дополнительного компонента к традиционным методикам способствует комплексному улучшению клинико-функциональных показателей у пациентов после ТЭПКитС, что подтверждает научную обоснованность и клиническую целесообразность мультимодального терапевтического подхода. Эффективность интегрированного реабилитационного воздействия, объединяющего современные технологические решения с классическими методами восстановительной терапии, а именно: комплексное применение реабилитационного оборудования НР cosmos в сочетании с тренировочными модулями, базирующимися на технологиях виртуальной реальности и принципах биологической обратной связи, - демонстрирует особенно выраженную результативность в работе с пациентами раннего послеоперационного периода после ТЭПКитС.

Полученные данные формируют доказательную базу для научно обоснованных рекомендаций по внедрению инновационных реабилитационных технологий в существующие стандарты восстановительного лечения пациентов после тотального эндопротезирования, открывают возможности для совершенствования и повышения эффективности реабилитационной помощи.

### **Список литературы**

1. Федеральные клинические рекомендации. Реабилитация при эндопротезировании коленного сустава. Союз реабилитологов России. 2015. 21 с. URL: [https://rehabrus.ru/Docs/2020/kl\\_rek\\_endoproteze\\_kolen%20site\\_srr.pdf](https://rehabrus.ru/Docs/2020/kl_rek_endoproteze_kolen%20site_srr.pdf) (дата обращения 21.05.2025).

2. Федеральные клинические рекомендации. Реабилитация при эндопротезировании тазобедренного сустава в специализированном отделении стационара. 2014. URL: <https://rehabrus.ru/Docs/2020/Endoprotezirovanie.pdf> (дата обращения 21.05.2025).
3. Карпов О.Э., Ветшев П.С., Даминов В.Д., Епифанов С.А., Зуев А.А., Кузьмин П.Д., Махнев Д.А. Цифровые технологии в клинической хирургии и реабилитации. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2017;1:4-14. DOI: 10.17116/hirurgia201714-14.
4. Madara K.C., Marmon A., Aljehani M., Hunter-Giordano A., Zeni J. J.r, Rasis L. Progressive rehabilitation after total hip arthroplasty: a pilot and feasibility study. Int J Sports Phys Ther. 2019;14(4):564-581. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6670053/> (дата обращения 21.05.2025).
5. Пономаренко Г.Н. Восстановительная медицина: фундаментальные основы и перспективы развития // Физическая и реабилитационная медицина. 2022;4(1):8-20. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-1-8-20.
6. Mendiolagoitia L., Rodriguez M.A., Crespo I., Valle M.D., Olmedillas H. Kinematic Gait Analysis After Primary Total Hip Replacement: A Systematic Review. 2020 Nov Apr 16; 54(6):767-775. DOI: 10.1007/s43465-020-00101-x.
7. Marino G., Capitani F., Adamo P., Bolzoni L., Gatti R., Temporiti F. Long-term gait in patients after total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. 2024. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2024.06.002.
8. Абусева Г.Р., Ковлен Д.В., Пономаренко Г.Н., Хозяинова С.С., Адхамов Б.М., Иващев В.В., Ищук В.Н., Карпова Т.Н., Кондрина Е.Ф., Коноплянкин И.В., Подберезкина Л.А., Пронин В.Д., Толмачев С.В. Физические методы реабилитации пациентов с остеоартрозом: наукометрический анализ доказательных исследований. Травматология и ортопедия России. 2020;26(1):190-200. DOI: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-190-200.
9. Колесников С.В., Дьячкова Г.В., Комарова Э.С. Применение различных реабилитационных мероприятий в восстановительном лечении больных с имплантатом тазобедренного сустава (собственные данные и обзор литературы). Гений ортопедии. 2020. (2). DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-2-254-260.
10. Физическая и реабилитационная медицина: Национальное руководство. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. 912 с. URL: <https://elibrary.ru/stqknb> (дата обращения 21.05.2025).
11. Пономаренко Г.Н., Ковлен Д.В. Физическая и реабилитационная медицина. Клинические рекомендации, основанные на доказательствах. 3-е издание, переработанное, дополненное. М.: Наука, 2020. 248 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42708378> (дата обращения 21.05.2025).

12. Пономаренко Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина: фундаментальные основы и клиническая практика // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2016;15(6):284-289. DOI: 10.18821/1681-3456-2016-15-6-284-289.
13. Пономаренко Г.Н. Концепция трансляционной медицины в физиотерапии и реабилитации. Медицинский академический журнал. 2013;13(1):98-106. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_18963287\\_94546334.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_18963287_94546334.pdf) (дата обращения 21.05.2025).
14. Fernandes C.S., Magalhães B., Goncalves F., Nogueira P.C., Santos C. The Use of Gamification in Patients Undergoing Hip Arthroplasty: Scoping Review. Games Health J. 2021;10(3):147-157. DOI: 10.1089/g4h.2020.0210.
15. Jansson M.M., Koivisto J. Effectiveness of Game-Based Solutions in Patients with Total Hip and Knee Arthroplasty: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. Games Health J. 2023 ;12(1):25-33. DOI: 10.1089/g4h.2022.0101.
16. Zhang H.H., Yan S.H., Fang C., Guo X.Y., Zhang K. Clinical Evaluation and Gait Characteristics before and after Total Knee Arthroplasty Based on a Portable Gait Analyzer. Orthop Surg. 2016;8(3):360-6. DOI: 10.1111/os.12270.
17. Langley B., Whelton C., Page R., Chalmers O., Cramp M., Morrison S.C., Dey P., Board T. Exploring pelvis and thigh movement and coordination patterns during walking in patients after total hip arthroplasty. Gait Posture. 2023;103:196-202. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2023.05.
18. Fukui J., Matsui Y., Mizuno T., Watanabe T., Takemura M., Ishizuka S., Imagama S., Arai H. Comparison of gait analysis before and after unilateral total knee arthroplasty for knee osteoarthritis. J Orthop Surg Res. 2024;19(1):506. DOI: 10.1186/s13018-024-04891.