

УДК 616.728.3-007.248-089.843-77

© Пиманчев О. В., Небелас Р. П., Ряполов Ю. В., Гаврилюк В.В., Романов Д. А., 2026

Оригинальное исследование / Original research



СУБВАСТУС-ДОСТУП ПРИ РОБОТИЧЕСКОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

О. В. ПИМАНЧЕВ¹, Р. П. НЕБЕЛАС¹, Ю. В. РЯПОЛОВ¹, В.В. ГАВРИЛЮК, Д. А. РОМАНОВ²¹ ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 105203, Москва, Россия.² ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Аннотация

Обоснование. Высокий процент неудовлетворительных результатов тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) диктует необходимость совершенствования хирургических методик, в том числе за счет применения минимально инвазивных доступов и роботических систем.

Цель исследования: оценить эффективность роботического ТЭКС с использованием субвастус-доступа по сравнению со стандартным ТЭКС. Материалы и методы: в проспективное рандомизированное исследование включены 60 пациентов с гонартрозом III стадии по Kellgren & Lawrence (Келлгрэн-Лоуренс). Основная группа (n=31) оперирована с применением роботической системы и субвастус-доступа. Группа сравнения (n=29) – мануальное ТЭКС с применением медиального парapatellarного доступа. Оценивали интенсивность болевого синдрома (ВАШ), функциональные исходы (КООС) и амплитуда движений в коленном суставе в сроки до 12 месяцев.

Результаты: в основной группе в раннем послеоперационном периоде (1-е, 3-и, 5-е сутки и 1 месяц) показатели интенсивности боли статистически значимо ($p < 0,05$) ниже, амплитуда движений больше и функциональные показатели по шкале КООС лучше. Потребность в анальгетиках в стационаре была на 32,5 % ниже. К 6 и 12 месяцам статистически значимые различия между группами нивелировались.

Заключение: применение субвастус-доступа в робот-ассистированной технике ТЭКС обеспечивает снижение болевого синдрома и ускорение функциональной реабилитации в раннем послеоперационном периоде по сравнению с мануальной техникой, выполненной через традиционный доступ.

Ключевые слова: эндопротезирование коленного сустава; остеоартрит коленного сустава; робот-ассистированная хирургия; реабилитация; послеоперационная боль.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Пиманчев О. В., Небелас Р. П., Ряполов Ю. В., Гаврилюк В.В., Романов Д. А. Субвастус-доступ при роботическом эндопротезировании коленного сустава. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2026; 1: 30–38.

Этическая экспертиза. Пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и дали согласие на обработку и публикацию клинического материала.

SUBVASTUS APPROACH IN ROBOTIC TOTAL KNEE ARTHROPLASTY

OLEG V. PIMANCHEV¹, ROMAN P. NEBELAS¹, YURY V. RYAPOLOV¹, VLADISLAV V. GAVRILIUK¹, DMITRY A. ROMANOV²¹ Federal State Budgetary Institution “National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov” of the Ministry of Health of the Russian Federation, 105203, Moscow, Russia² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russia

Abstract

Background: the high rate of unsatisfactory outcomes following total knee arthroplasty (TKA) necessitates continuous refinement of surgical techniques, including the implementation of minimally invasive approaches and robotic-assisted systems.

Objective: To evaluate the efficacy of robotic-assisted TKA utilizing the subvastus approach compared with conventional manual TKA.

Materials and Methods: This prospective randomized controlled trial enrolled 60 patients with stage III knee osteoarthritis (Kellgren-Lawrence grade). The study group (n=31) underwent robotic-assisted TKA via subvastus approach; the control group (n=29) received manual TKA through

medial parapatellar approach. Primary outcomes included pain intensity (VAS), functional recovery (KOOS), and knee range of motion assessed up to 12 months postoperatively.

Results: In the early postoperative period (postoperative days 1, 3, 5, and month 1), the robotic subvastus group demonstrated statistically significant reductions in pain scores ($p < 0.05$), greater knee range of motion, and superior KOOS functional scores. Analgesic requirements during hospitalization were 32.5% lower in the study group. By 6 and 12 months, intergroup differences were no longer statistically significant.

Conclusion: The subvastus approach in robotic-assisted TKA significantly reduces early postoperative pain and accelerates functional rehabilitation compared to conventional manual TKA performed through medial parapatellar approach.

Key words: arthroplasty, replacement, knee; osteoarthritis, knee; robotic surgical procedures; rehabilitation; pain, postoperative.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Funding: the study had no sponsorship

For citation: Pimanchev O.V., Nebelas R.P., Ryaplov Yu V., Gavriluk V.V., Romanov D. A. Subvastus approach in robotic total knee arthroplasty. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2026; 1:30–38.

DOI: 10/17238/issn2226-2016.2026.1.30-38

Введение

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является эффективным методом лечения остеоартроза (ОА) выраженных стадий. Его цели – купирование болевого синдрома, восстановление оси конечности и объёма движений, что в конечном итоге приводит к восстановлению функции коленного сустава [1, 2].

В современной ортопедической хирургии всё большее внимание уделяется минимально инвазивным методикам, которые снижают травматизацию мягких тканей, в том числе мышц, в области хирургического вмешательства. Одной из таких методик при ТЭКС является **субвастус-доступ** [5, 6, 9, 11]. Анализ зарубежной литературы свидетельствует о его эффективности, которая заключается в более быстром восстановлении функции оперированного сустава по сравнению с классическим доступом при сопоставимой частоте осложнений [11, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 23, 28, 29]. Выполнение ТЭКС с использованием субвастус-доступа позволяет уменьшить послеоперационную боль, сохранить силу квадрицепса, что способствует ранней активизации пациента и сокращает срок стационарного лечения по сравнению с традиционным медиальным парapatellarным доступом, поскольку при нём сохраняется целостность сухожилия четырёхглавой мышцы бедра [5, 6, 7, 9, 10, 14, 26].

Применение роботической системы минимизирует необходимость в мягкотканном релизе, снижает риск ошибок позиционирования имплантата и оптимизирует кинематику коленного сустава [3, 4, 19, 21, 23, 24, 25].

Литературные данные о результатах робот-ассистированных операций ТЭКС, выполненных с использованием различных хирургических доступов, ограничены [5, 6].

Целью данного исследования являлась оценка эффективности роботического ТЭКС с использованием субвастус-доступа по сравнению со стандартным ТЭКС.

Материалы и методы

Проведено проспективное рандомизированное исследование на базе отделения травматологии и ортопедии Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. В исследование включены 60 пациентов с первичным гонартрозом III стадии, которым в период с 2022 по 2023 гг. выполнено ТЭКС.

Общая характеристика сравниваемых групп представлена в таблице 1. Группы были сопоставимы по возрасту и индексу массы тела ($p > 0,05$), но отличались по гендерному распределению ($p < 0,05$).

Таблица 1 / Tab. 1

Общие характеристики пациентов / Baseline Characteristics of the Patients

Показатель	Группа 1 (доступ с сохранением внутренней широкой мышцы бедра, n=31)	Группа 2 (медиальный парapatellarный доступ, n=29)	p-value*
Возраст, лет (M ± SD)	66,4 ± 7,8 лет (от 52 до 78 лет)	64,7 ± 6,4 лет (от 53 до 76 лет)	> 0,05
Женщины/мужчины	18 (58%) / 13 (42%)	21 (72%) / 8 (28%)	< 0,05
ИМТ, кг/м ² (M ± SD)	31,4 ± 4,5	30,9 ± 3,7	> 0,05
Пораженный коленный сустав	Правый – 17 (55%) Левый – 14 (45%)	Правый – 12 (41%) Левый – 17 (59%)	–

*У-критерий Манна-Уитни

Критерии включения: 1) гонартроз III ст., диагностированный клинически и рентгенологически; 2) отсутствие эффекта от консервативной терапии в течение 3 месяцев комплексного лечения; 3) совершеннолетний возраст.

Критерии не включения: 1) вторичный гонартроз (обусловленный системными заболеваниями, например, ревматоидным артритом, или перенесенными травмами); 2) наличие предшествующих оперативных вмешательств на коленном суставе; 3) индекс массы тела (ИМТ) ≥ 35 кг/м²; 4) трофические нарушения или инфекционные поражения кожного покрова в области операционного поля.

Критерии исключения: отказ пациента или нарушение предписанного ортопедического режима.

После получения информированного добровольного согласия пациенты методом случайных чисел были рандомизированы на две группы:

- **Основная группа (n=31):** 13 (42%) мужчин, 18 (58%) женщин $66,4 \pm 7,8$ лет с ИМТ $31,4 \pm 4,5$ кг/м². ТЭКС выполнялось робот-ассистированным способом, из линейного продольного передне-внутреннего доступа с сохранением m. vastus medialis (субвастус-доступ).

- **Группа сравнения (n=29):** 8 (28%) мужчин, 21 (72%) женщина. ТЭКС выполнялось ручным способом из линейного разреза медиального с парапателлярным доступом.

Рандомизацию проводил независимый сотрудник непосредственно перед операцией. Все вмешательства выполнены одной бригадой хирургов с опытом эндопротезирования коленного сустава не менее 10 лет для минимизации вариабельности. Во всех случаях применялась комбинированная анестезия. Устанавливались эндопротезы цементной фиксации: MAXX Orthopedics FREEDOM TOTAL KNEE SYSTEM с сохранением задней крестообразной связки.

Хирургическая техника

Доступ к коленному суставу с сохранением m. vastus medialis (субвастус-доступ) выполняли по стандартной методике. Пациент находился в положении на спине с согнутым под углом 100° коленным суставом. Голень фиксировали в позиционере для коленного сустава DeMayo. Разрез кожи длиной 12–15 см начинали по средней линии:

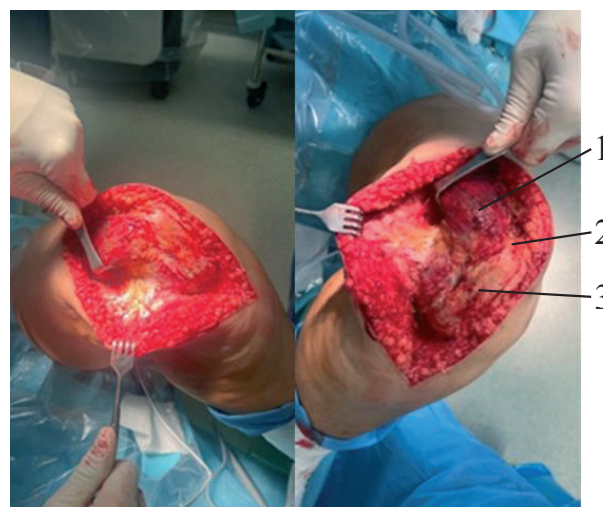
- на 3–4 см выше вершины надколенника — при транскутанной установке винтов Шанца для крепления бедренного маркера,
- на 4–5 см выше вершины надколенника — при установке винтов для бедренного маркера внутри операционной раны.

Разрез завершали на 3–4 см дистальнее суставной щели, продолжая его вдоль внутреннего края большеберцовой кости (рис. 1).



Рисунок 1. Вид операционной раны после разреза кожи
Fig. 1. Intraoperative view of the surgical wound after skin incision

Затем путём рассечения подкожно-жировой клетчатки и фасции обнажали разгибательный аппарат коленного сустава и его капсулу. Выполняли мобилизацию m. vastus medialis от межмышечной перегородки. После визуализации сухожилия производили артротомию, которую начинали проксимально вдоль нижнего края m. vastus medialis и продолжали дистально вдоль внутреннего края медиального мышечка бедренной кости до уровня медиального мышечка большеберцовой кости. Далее разрез продлевали параллельно суставной щели до медиального края связки надколенника. После этого выполняли латеральный вывих надколенника, обнажая полость коленного сустава (рис. 2).



A

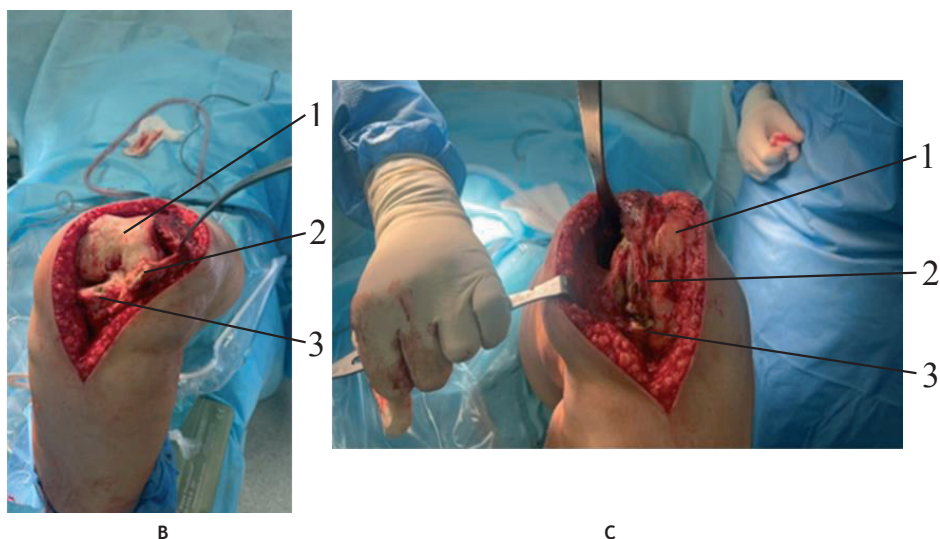


Рисунок 2. Выполнение передневнутреннего доступа к коленному суставу с сохранением внутренней широкой мышцы бедра: А - мобилизация m. vastus medialis (1 - m. vastus medialis, 2- patella, 3 - lig. patellae); В - L-образная артротомия (1 - os. femoris, 2 - capsula articularis, 3 - tibia); С - вид на полость коленного сустава после выполнения доступа (1 - patella, 2 - os. femoris, 3 - tibia)

Fig. 2. Anteromedial approach to the knee joint with preservation of the vastus medialis muscle: A - mobilization of m. vastus medialis (1 - m. vastus medialis, 2- patella, 3 - lig. patellae); B - L-shaped arthrotomy (1 - os. femoris, 2 - capsula articularis, 3 - tibia); C - view of the knee joint cavity after the approach (1 - patella, 2 - os. femoris, 3 - tibia)

После обнажения сустава релиз мягких тканей и резекцию жирового тела Гоффа не проводили. Устанавливали винты Шанца для крепления бедренного и большеберцового датчиков роботической системы, а также зажимы для фиксации бедренной и большеберцовой костей (рис. 3).



Рис. 3 Вид операционной раны после установки бедренных и большеберцовых датчиков роботической системы, фиксаторов бедренной и большеберцовой кости (1 - бедренные датчики роботической системы. 2 - os. femoralis, 3 - tibia, большеберцовые датчики роботической системы).

Fig. 3. Intraoperative view after placement of femoral and tibial sensors of the robotic system, and femoral and tibial bone trackers / fixation arrays (1 - femoral sensors of the robotic system, 2 - femur, 3 - tibia, tibial sensors of the robotic system).

Резекцию костей и балансировку связочного аппарата коленного сустава выполняли с помощью роботической системы. После завершения подготовки костного ложа устанавливали эндопротез цементной фиксации.

Рану послойно ушивали; дренаж не устанавливали.

Медиальный парapatеллярный доступ выполняли по стандартной методике. Положение пациента на операционном столе, а также разрез кожи и обнажение разгиба-

тельного аппарата сустава были идентичными описанным выше. Затем *m. vastus medialis* в сухожильной части отделяли острым путём от *m. rectus femoris* и осуществляли артротомию по внутреннему краю надколенника и его связки до бугристости большеберцовой кости. Надколенник ротировали и вывихивали кнаружи. Резекция жирового тела Гоффа обеспечивала полный обзор суставных поверхностей коленного сустава (рис. 4).



Рисунок 4. Выполнение медиального парapatеллярного доступа к коленному суставу: А - разметка артротомии; Б - обнаженная капсула сустава; В - вид на полость коленного сустава после выполнения доступа (1 - os femoralis, 2 - patella, 3 - lig. patellae, 4 - tibia)

Figure. 4. Medial parapatellar approach to the knee joint: A - arthrotomy marking; B - exposed joint capsule; C - view of the knee joint cavity after the approach (1 - os femoralis, 2 - patella, 3 - lig. patellae, 4 - tibia).

Дальнейшие этапы операции (подготовка костного ложа, установка компонентов) выполняли согласно стандартной методике с использованием интрамедуллярных направителей (рис. 5).

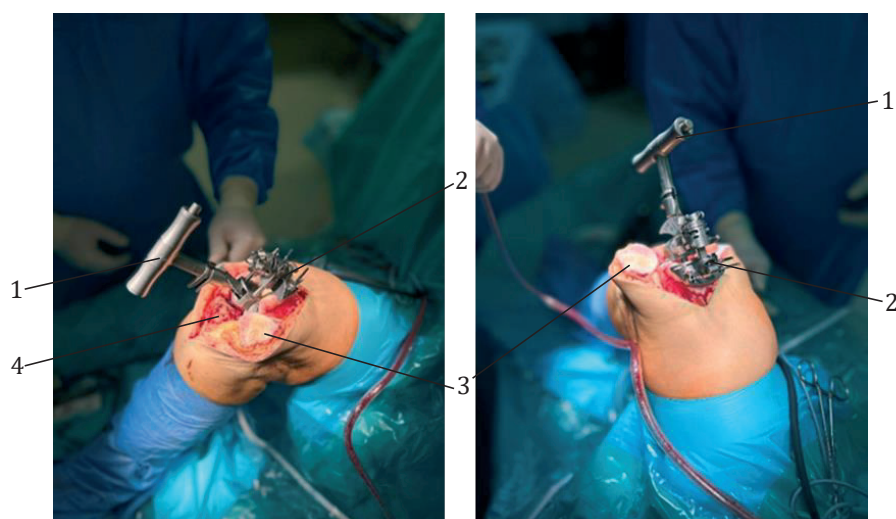


Рисунок 5. Резекционные блоки установлены на интрамедуллярные направители А - бедренной кости (1 - интрамедуллярный направитель, 2 - резекционный блок бедренной кости, 3 - patella, 4 - tibia); Б - большеберцовой кости (1 - интрамедуллярный направитель, 2 - резекционный блок большеберцовой кости, 3 - patella)

Figure 5. Resection blocks placed on intramedullary guides: A - femur (1 - intramedullary guide, 2 - femoral resection block, 3 - patella, 4 - tibia); B - tibia (1 - intramedullary guide, 2 - tibial resection block, 3 - patella)

Послеоперационное ведение и методы оценки

Всем пациентам проводили профилактику венозных тромбозных осложнений в течение 5 недель в послеоперационном периоде (ривароксабан по 10 мг/сут). Для обезболивания в стационаре пациентам обеих групп назначали кетопрофен в дозе 100 мг внутримышечно по требованию, но не более 3 раз в сутки. Антибактериальная профилактика (цефазолин 2 г в/в) проводилась за 30 минут до операции и в послеоперационном периоде не применялась.

Активизацию пациентов начинали на следующие сутки после операции. Проводили комплексную реабилитацию, включавшую лечебную физкультуру (ЛФК), физиотерапию, обучение ходьбе на костылях и симптоматическую терапию.

Выписку пациентов на амбулаторное лечение осуществляли на 3–7-е сутки после операции при соблюдении следующих критериев: стабильная гемодинамика, полноценная мобилизация на костылях, контролируемый болевой синдром и отсутствие признаков воспаления послеоперационной раны.

Оценка результатов

Основными сравниваемыми критериями в обеих группах были интенсивность болевого синдрома (особенно в раннем послеоперационном периоде) и функциональные результаты.

Интенсивность боли оценивали по 10-балльной визуальной аналоговой шкале (ВАШ). Пациенты самостоятельно заполняли опросник перед операцией, на 1-е и 5-е сутки после неё, а также через 1, 6 и 12 месяцев, что позволяло оценить динамику болевого синдрома как в раннем, так и в отдалённом периоде.

Функциональные результаты оценивали с помощью опросника KOOS, который пациенты также заполняли самостоятельно перед операцией, а затем через 1, 6 и 12 месяцев после неё. Кроме того, до операции, на 1-е и 3-и сутки, а также через 6 и 12 месяцев после неё оценивали объём сгибания в коленном суставе. Полное разгибание принимали за 0°.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel 16.42 и IBM SPSS Statistics 23. Для оценки достоверности различий между группами применяли U-критерий Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Количественные данные представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$), качественные — в виде абсолютных чисел и процентов.

Результаты исследования

До операции интенсивность болевого синдрома по ВАШ была одинаково высокой в обеих группах ($7,8 \pm 1,0$ балла и $7,6 \pm 0,9$ балла соответственно; $p > 0,05$). На 1-е сутки после операции, несмотря на ожидаемо высокую интенсивность боли, связанную с хирургической травмой, в группе субвастус-доступа болевой синдром был статистически значимо менее выраженным ($p < 0,05$). Данные различия сохранялись на 5-е сутки и на 4-й неделе ($p < 0,05$), однако к 6 и 12 месяцам послеоперационного периода показатели ВАШ в группах снизились до сопоставимых уровней ($p > 0,05$). При этом к 12-му месяцу наблюдения в обеих группах было зафиксировано статистически значимое снижение интенсивности боли по сравнению с дооперационными значениями ($p < 0,05$).

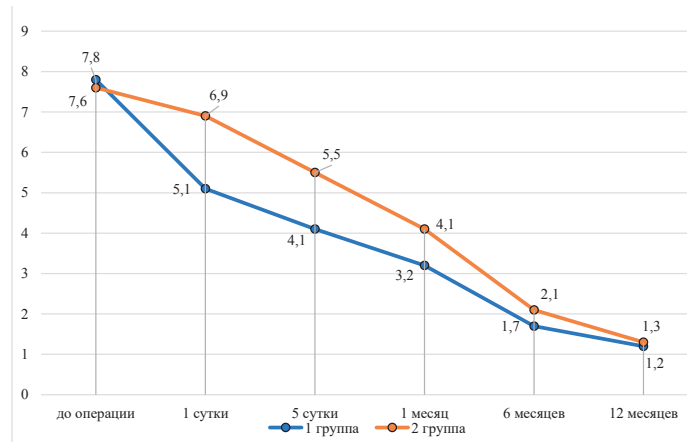


Рисунок 6. Динамика болевого синдрома по шкале ВАШ в группах исследования

Figure 6. Dynamics of pain syndrome according to the VAS scale in the study groups

Функциональные показатели по шкале KOOS в обеих группах статистически значимо улучшились по сравнению с дооперационным уровнем уже к 4-й неделе, причем в дальнейшем положительная динамика сохранялась ($p < 0,05$). При сравнении между группами через 1 месяц после операции, значения в основной (субвастус-доступ) были достоверно выше, чем в группе сравнения ($65,4 \pm 6,9$ и $51,4 \pm 7,3$ балла соответственно; $p < 0,05$), что, вероятно, связано с менее выраженным болевым синдромом. Однако к 6 и 12 месяцам наблюдения, как и при оценке боли, различия между группами нивелировались ($p > 0,05$).

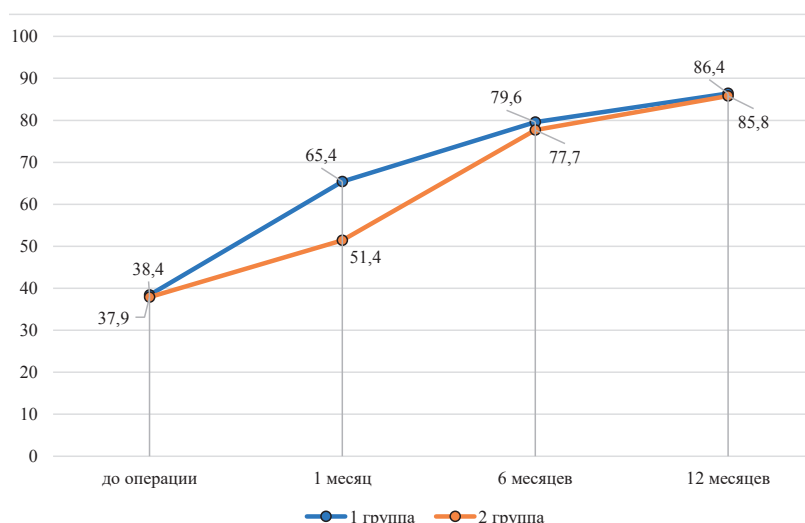


Рисунок 7. Изменения показателей по шкале-опроснику KOOS в динамике KOOS

Figure 7. Score changes over time

Схожие результаты (таблица 2) получены и при оценке объема движений в коленном суставе. На 1-е и 3-е сутки после операции объем движений был выше в группе доступа с сохранением внутренней широкой мышцы бедра ($p < 0,05$), однако к 6 и 12 месяцам показатели объема движений в обеих группах выровнялись и были статистически значимо выше, чем показатели в данных каждой из групп до оперативного вмешательства ($p < 0,05$).

Таблица 2 / Tab. 2

Динамика объема движений в коленном суставе (°) / Range of motion dynamics in the knee joint (°)

Срок наблюдения	Группа 1 (n=31)	Группа 2 (n=29)	p-value*
До операции	98,5 ± 11,9	96,7 ± 12,4	>0,05
1 сутки после операции	62,3 ± 8,8	54,4 ± 9,3	<0,05
3 сутки после операции	77,6 ± 7,8	67,4 ± 8,5	<0,05
6 месяцев после операции	119,1 ± 7,6	114,2 ± 8,4	>0,05
12 месяцев после операции	124,4 ± 7,6	122,1 ± 8,1	>0,05

*U-критерий Манна-Уитни

Ни в одной из групп не зафиксировано серьезных осложнений, потребовавших дополнительных вмешательств или повлиявших на программу реабилитации.

При анализе частоты применения анальгетиков в стационаре установлено, что в основной группе (субвастус-доступ) этот показатель был на 32,5% ниже, чем в группе сравнения.

Обсуждение

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что применение субвастус-доступа в сочетании с роботическим эндопротезированием коленного сустава связано с лучшими функциональными результатами и менее выраженным болевым синдромом в раннем послеопера-

ционном периоде по сравнению с медиальным парапателлярным доступом и мануальной техникой. Уже в первые сутки и на протяжении последующих 4 недель пациенты основной группы демонстрировали статистически значимо более низкую интенсивность болевого синдрома, больший объем движений и лучшие показатели по шкале KOOS, что согласуется с данными других исследований [1–3].

Объяснением выявленных преимуществ, вероятно, служит меньшая травматизация мягких тканей при субвастус-доступе, обусловленная сохранением целостности сухожилия четырехглавой мышцы и медиальной порции m. vastus medialis, что способствует ускорению функционального восстановления. В отличие от этого, медиальный парапателлярный доступ,

предполагающий рассечение сухожилия квадрицепса, может приводить к более выраженной послеоперационной боли и замедленной реабилитации [4, 9, 18].

Полученные преимущества носили временный характер: к 6 и 12 месяцам наблюдения показатели боли, объёма движений и функциональной оценки в группах нивелировались и не имели статистически значимых различий. Данное наблюдение согласуется с выводами других авторов о том, что выбор хирургического доступа оказывает существенное влияние преимущественно на ранние послеоперационные исходы, но не определяет отдалённые результаты эндопротезирования [5,6].

Ограничением исследования является относительно небольшой объём выборки. Перспективным представляется проведение исследований с большим количеством пациентов и более длительными сроками наблюдения для оценки влияния типа доступа и методики установки эндопротеза на его выживаемость.

Заключение

Применение субвастус-доступа в робот-ассистированной технике ТЭКС обеспечивает снижение болевого синдрома и ускорение функциональной реабилитации в раннем послеоперационном периоде по сравнению с мануальной техникой, выполненной через традиционный доступ.

Список литературы / References:

1. Лычагин А.В., Грицюк А.А., Рукин Я.А., Елизаров М.П., Грицюк А.А., Гавловский М.Я., Богатов Т.В. Клиническая эффективность и точность выравнивания механической оси при роботизированном тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2023;29(5):487-494. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-5-487-494>.
2. Кузин В.В., Кузин А.В., Германов А.В., Шпак М.А. Влияние принципа персонализированного выравнивания на положение компонентов эндопротеза при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2025;31(1):12-18. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-1-12-18>.
3. Герасенкова А.Д., Орлецкий А.К., Шумский А.А., Крылов С.В., Дгебуадзе Г. Ранние результаты первичного робот-ассистированного эндопротезирования коленного сустава с использованием системы STRYKER MAKO. *Современные проблемы науки и образования*. 2024;112(2):13. <https://doi.org/10.17513/spno.33312>.
4. Герасенкова А.Д., Орлецкий А.К., Шумский А.А., Крылов С.В., Дгебуадзе Г. Early results of primary robot-assisted knee endoprosthesis using the STRYKER MAKO system. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2024;112(2): Art 13. (in Russian). <https://doi.org/10.17513/spno.33312>.
5. Цед А.Н., Кожевин А.А., Муштин Н.Е. Современные тренды в ранней реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2024;183(1):60-65. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2024-183-1-60-65>.
6. Tsed A.N., Kozhevin A.A., Mushtin N.E. Current trends in early rehabilitation of patients after total hip and knee replacement. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2024;183(1):60-65. (in Russian). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2024-183-1-60-65>.
7. Badawi I., Ismail A., Waly A., Khakaf M. Prospective comparative study of medial parapatellar and medial subvastus approaches in total knee arthroplasty. *Genij Ortopedii*. 2024;30(4):511-521. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-4-511-521>.
8. Sokolovskii SE, Zykin AA, Rukina NN, Malyshev EE. Minimally Invasive (Epivastus) Approach for Total Knee Arthroplasty. *Sovrem Tekhnologii Med*. 2023;15(4):23-28. <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.4.02>.
9. Tria AJ Jr, Coon TM. Minimal incision total knee arthroplasty: early experience. *Clin Orthop Relat Res*. 2003 Nov;(416):185-90. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000093030.56370.d9>.
10. Tria AJ, Scuderi GR. Minimally invasive knee arthroplasty: An overview. *World J Orthop*. 2015 Nov 18;6(10):804-11. <https://doi.org/10.5312/wjo.v6.i10.804>.
11. Li C, Zeng Y, Shen B, Kang P, Yang J, Zhou Z, Pei F. A meta-analysis of minimally invasive and conventional medial parapatella approaches for primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Jul;23(7):1971-85. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-2837-4>.
12. Başarir K, Erdemli B, Tuccar E, Esmer AF. Safe zone for the descending genicular artery in the midvastus approach to the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2006 Oct;451:96-100. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000223995.79894.5e>.
13. Pagnano MW, Meneghini RM. Minimally invasive total knee arthroplasty with an optimized subvastus approach. *J Arthroplasty*. 2006 Jun;21(4 Suppl 1):22-6. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.02.081>.
14. Roysam GS, Oakley MJ. Subvastus approach for total knee arthroplasty: a prospective, randomized, and observer-blinded trial. *J Arthroplasty*. 2001 Jun;16(4):454-7. <https://doi.org/10.1054/arth.2001.22388>.
15. Schroer WC, Diesfeld PJ, Reedy ME, LeMarr AR. Mini-subvastus approach for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2008 Jan;23(1):19-25. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.12.100>.
16. Tenholder M, Clarke HD, Scuderi GR. Minimal-incision total knee arthroplasty: the early clinical experience. *Clin Orthop Relat Res*. 2005 Nov;440:67-76. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000185450.89364.10>.
17. Aglietti P, Baldini A, Sensi L. Quadriceps-sparing versus mini-subvastus approach in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2006 Nov;452:106-11. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000238789.51972.16>.
18. Berth A, Urbach D, Neumann W, Awiszus F. Strength and voluntary activation of quadriceps femoris muscle in total knee arthroplasty with midvastus and subvastus approaches. *J Arthroplasty*. 2007 Jan;22(1):83-8. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2006.02.161>.
19. Sporer SM. The minimally invasive subvastus approach for primary total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2006 Jan;19(1):58-62. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248080>.
20. Kazarian GS, Siow MY, Chen AF, Deirmengian CA. Comparison of Quadriceps-Sparing and Medial Parapatellar Approaches in Total

Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Arthroplasty*. 2018 Jan;33(1):277-283. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.08.025>.

19. St Mart JP, Goh EL. The current state of robotics in total knee arthroplasty. *EFORT Open Rev*. 2021 Apr 1;6(4):270-279. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200052>.

20. Nogalo C., Meena, A., Abermann, E. et al. Complications and downsides of the robotic total knee arthroplasty: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023 June 18; 31: 736–750. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07031-1>.

21. Shatrov, J., & Parker, D. (2020). Computer and robotic—assisted total knee arthroplasty: A review of outcomes. *Journal of Experimental Orthopaedics*. 2020 Sep 24; 7(1), 70. <https://doi.org/10.1186/s40634-020-00278-y>.

22. Sultan AA, Piuzei N, Khlopas A, Chughtai M, Sodhi N, Mont MA. Utilization of robotic-arm assisted total knee arthroplasty for soft tissue protection. *Expert Rev Med Devices*. 2017 Dec;14(12):925-927. <https://doi.org/10.1080/17434440.2017.1392237>.

23. Siddiqi A, Horan T, Molloy RM, Bloomfield MR, Patel PD, Piuzei NS. A clinical review of robotic navigation in total knee arthroplasty: historical systems to modern design. *EFORT Open Rev*. 2021 Apr 1;6(4):252-269. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200071>.

24. Chandrashekar, P., Babu, K.A., Nagaraja, H.S. et al. Intra-operative Safety of an Autonomous Robotic System for Total Knee Replacement: A Review of 500 Cases in India. *JOJO*. 57, 1800–1808 (2023). <https://doi.org/10.1007/s43465-023-00970-y>.

25. Hampel EL, Chughtai M, Scholl LY, Sodhi N, Bhowmik-Stoker M, Jacofsky DJ, Mont MA. Robotic-Arm Assisted Total Knee Arthroplasty Demonstrated Greater Accuracy and Precision to Plan Compared with Manual Techniques. *J Knee Surg*. 2019 Mar;32(3):239-250. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1641729>.

26. Song EK, Seon JK, Park SJ, Jung WB, Park HW, Lee GW. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty with robotic and conventional techniques: a prospective, randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011 Jul;19(7):1069-76. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1400-9>.

27. Li J, Yan Z, Lv Y, Li Y, Ye P, Deng P, Zhang H, Chen J, Li J, Qi X, Zeng J, Zeng Y, Feng W. Impact of intraoperative medial collateral ligament injury on outcomes after total knee arthroplasty: a meta-analysis and systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2021 Nov 20;16(1):686. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02824-5>.

28. Kim K, Kim YH, Park WM, Rhyu KH. Stress concentration near pin holes associated with fracture risk after computer navigated total knee arthroplasty. *Comput Aided Surg*. 2010;15(4-6):98-103. <https://doi.org/10.3109/10929088.2010.515419>.

Информация об авторах:

Пиманчев Олег Вячеславович, врач-травматолог-ортопед первой категории, к.м.н., заведующий Центром травматологии и ортопедии, заведующий отделением травматологии и ортопедии, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Нижняя Первомайская, д.70, 105203, г. Москва, Россия.

e-mail pimanchev@mail.ru

Небелас Роман Петрович, врач-травматолог-ортопед Центра травматологии и ортопедии ФГБУ «Национальный медико-

хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Нижняя Первомайская, д.70, 105203, г. Москва, Россия.

e-mail nebelrp@rambler.ru

Ряполов Юрий Владимирович, асс., заведующий кафедры травматологии и ортопедии, врач-травматолог-ортопед высшей категории Центра травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Нижняя Первомайская, д.70, 105203, г. Москва, Россия.

e-mail yuriy.ryapolov@gmail.com

Гаврилюк Владислав Владимирович, клинический ординатор кафедры травматологии и ортопедии Института усовершенствования врачей ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Нижняя Первомайская, д.70, 105203, г. Москва, Россия. e-mail gavriliukvladislav@mail.ru

Романов Дмитрий Алексеевич, асс., к.м.н., ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119991, Москва, Россия.

e-mail romanov_d_a@staff.sechenov.ru

Автор, ответственный за переписку: Пиманчев Олег Вячеславович.

Information about authors:

Information about authors:

Oleg V. Pimanchev, MD, PhD, Head of the Center of Traumatology and Orthopedics, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Federal State Budgetary Institution "National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 105203, Moscow, Russia

Email: pimanchev@mail.ru

Roman P. Nebelas, MD, Orthopedic Trauma Surgeon, Center of Traumatology and Orthopedics, Federal State Budgetary Institution "National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 105203, Moscow, Russia Email: nebelrp@rambler.ru

Yuri V. Ryapolov, MD, Assistant Professor, Center for Traumatology and Orthopedics, Federal State Budgetary Institution "National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 105203, Moscow, Russia

Email: yuriy.ryapolov@gmail.com

Vladislav V. Gavriliuk, Clinical Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Postgraduate Medical Education Institute, Federal State Budgetary Institution "National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 105203, Moscow, Russia. Email: gavriliukvladislav@mail.ru

Dmitry A. Romanov, MD, PhD, Assistant Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 119991, Moscow, Russia Email: romanov_d_a@staff.sechenov.ru

Corresponding author: Oleg V. Pimanchev.