

## КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

УДК 617.584-089.843

3.1.8 Травматология и ортопедия

DOI: 10.37903/vsgma.2025.3.18 EDN: KZYVAX

**ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ CUVIS ПРИ СЛОЖНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ДЕФОРМАЦИЯХ****© Гайрабеков И.М.-Х.<sup>1</sup>, Каграманов С.В.<sup>1</sup>, Чрагян Г.А.<sup>1</sup>, Загородний Н.В.<sup>1</sup>, Абдуллин М.Р.<sup>1</sup>, Эседов Г.И.<sup>1</sup>, Омаров Х.И.<sup>1</sup>, Гаирбеков Ч.Б.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10<sup>2</sup>Ростовский государственный медицинский университет, Россия, 344022, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29*Резюме*

**Цель.** Оценка эффективности роботизированного тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) системой CUVIS при комбинированной его деформации.

**Методика.** Описан клинический случай 68-летней пациентки с гонартрозом IV стадии (Kellgren-Lawrence) варусной деформацией 24° и сгибательной контрактуры 28°. Проведено роботизированное тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием системы CUVIS. На предоперационном этапе выполнено КТ-сканирование и 3D-планирование с моделированием коррекции. Интраоперационно система обеспечила точное выполнение хирургического плана с восстановлением механической оси до 0°±1° и оптимальным балансом мягких тканей.

**Результат.** Применение роботизированной системы CUVIS при тяжелых комбинированных деформациях коленного сустава позволило достичь высокой точности коррекции с восстановлением механической оси до 0° (погрешность ≤1,5°) и полного объема движений (0-0-130°). Послеоперационные клиничко-функциональные результаты продемонстрировали значительное улучшение через 6 месяцев: интенсивность боли по шкале VAS составила 1 балл, оценка по шкале Лекена – 2 балла, а суммарный показатель KSS достиг 165 баллов. Функциональная оценка по шкале IKDC составила 75 баллов. Полученные данные свидетельствуют о высокой функциональности коленного сустава и удовлетворенности пациента. Технические возможности роботизированной системы CUVIS позволяют ее использование как в стандартных случаях эндопротезирования коленного сустава, так и при коррекции незначительных дефектов костной ткани мыщелков большеберцовой кости, когда клинически обосновано применение аугментов.

**Заключение.** Система автономного робота CUVIS обеспечила точное предоперационное планирование, полную коррекцию выраженной комбинированной деформации при эндопротезировании коленного сустава.

**Ключевые слова:** роботизированное эндопротезирование, варусная деформация, CUVIS, контрактура коленного сустава

**TOTAL KNEE ARTHROPLASTY USING THE CUVIS ROBOTIC SYSTEM FOR COMPLEX COMBINED DEFORMITIES****Gayrabekov I.M.-K.<sup>1</sup>, Kagramanov S.V.<sup>1</sup>, Chragyan G.A.<sup>1</sup>, Zagorodniy N.V.<sup>1</sup>, Abdullin M.R.<sup>1</sup>, Esedov G.I.<sup>1</sup>, Omarov Kh.I.<sup>1</sup>, Gairbekov Ch.B.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 10, Priorova St., Moscow, 127299, Russia<sup>2</sup>Rostov State Medical University, 29, Nakhichevansky Per., Rostov-on-Don, 344022, Russia

### Abstract

**Objective.** To evaluate the efficacy of robotic-assisted TKA using the CUVIS system for combined knee joint deformities.

**Methods.** We present a case of a 68-year-old female with grade IV gonarthrosis (Kellgren-Lawrence classification), 24° varus deformity, and 28° flexion contracture. Robotic-assisted total knee arthroplasty was performed using the CUVIS system. Preoperative planning included CT scanning and 3D modeling for deformity correction. Intraoperatively, the system ensured precise execution of the surgical plan, achieving mechanical axis restoration to  $0^\circ \pm 1^\circ$  with optimal soft tissue balancing.

**Results.** The Cuvvis robotic system enabled high-precision correction, restoring the mechanical axis to  $0^\circ$  (error  $\leq 1.5^\circ$ ) and achieving full range of motion ( $0-0-130^\circ$ ). Six-month follow-up demonstrated significant clinical improvement: VAS pain score 1, Lequesne index 2, KSS 165, and IKDC score 75, indicating excellent functional recovery and patient satisfaction. The system's technical capabilities allow its use both in standard TKA cases and for correcting minor tibial condyle bone defects when augments are clinically justified.

**Conclusion.** The autonomous CUVIS robotic system provided accurate preoperative planning and complete correction of severe combined deformities during knee arthroplasty.

**Keywords:** robotic-assisted arthroplasty, varus deformity, CUVIS, knee joint contracture

### Введение

Выраженный остеоартроз (ОА) коленного сустава с варусной деформацией и сгибательной контрактурой представляет собой серьезную клиническую проблему, приводящую к стойкому болевому синдрому, функциональным ограничениям и значительному снижению качества жизни. Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) является одним из наиболее успешных вмешательств для лечения боли и дисфункции коленного сустава при поздних стадиях остеоартроза [4]. Тяжелые деформации коленного сустава при остеоартрозе требуют индивидуального подхода. Точное позиционирование компонентов и выравнивание конечности являются критическими факторами, влияющими на удовлетворенность пациента и функциональные результаты после ТЭКС [3]. Роботизированное тотальное эндопротезирование коленного сустава (РТЭКС) была внедрена для улучшения выравнивания, и обеспечения более точного предоперационного планирования и выполнения костных опилов, чем мануальная ТЭКС [10]. РТЭКС было разработано для устранения потенциальных неточностей в позиционировании и выравнивании имплантата, тем самым улучшая результат операции. Многочисленные исследования показали, что РТЭКС приводит к меньшему количеству отклонений в позиционировании компонентов, особенно в сагиттальной плоскости, независимо от выравнивания колена и используемых методов балансировки [3].

В данном клиническом случае представлена пациентка с тяжелым варусным гонартрозом, успешно прооперированная с применением робот-ассистированного ТЭКС. Особое внимание уделено преимуществам предоперационного 3D-планирования, интраоперационной навигации и ранней послеоперационной реабилитации. Современные исследования подтверждают, что РТЭКС было связано с улучшенным коронарным выравниванием нижних конечностей, сагиттальным положением имплантата и лучшим ранним функциональным восстановлением у пациентов с тяжелой варусной/вальгусной деформацией коленного сустава [11].

Цель исследования – оценить эффективность роботизированного ТЭКС. Оценка эффективности роботизированного тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) системой CUVIS при комбинированной его деформации.

### Описание клинического случая

Пациентка А. 68 лет обратилась на консультацию в отделение эндопротезирования ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова». Из анамнеза известно, что в возрасте 56 лет ей диагностировали остеоартроз коленных суставов, в 2016 году в одной из больниц Москвы выполнено первичное эндопротезирование правого коленного сустава, 2018 – ревизионное эндопротезирование правого коленного сустава. Последние 3 года жалуется на боль при ходьбе (VAS 7/10), ограничение движений в левом коленном суставе и нарушение опороспособности на левую нижнюю

конечность. Консервативные варианты лечения, включая снижения веса, нестероидные противовоспалительные препараты, физиотерапия и внутрисуставные инъекции гиалуроновой кислоты были не эффективными. Боль в коленном суставе ухудшалась с годами, стала прогрессировать варусная деформация. Оценка по функциональным шкалам составила: KSS 45, шкала Лекена 18, IKDC 2000 – 15, ВАШ – 7. На догоспитальном уровне выполнено Rg-исследование левого коленного сустава в 2-х проекциях, на которой был выявлен тяжелый остеоартроз левого коленного сустава (IV ст. (Kellgren-Lawrence) (рис. 1).

Учитывая выраженную деформацию и дефект медиального мыщелка большеберцовой кости принято решение об использовании роботизированной артропластики левого коленного сустава с применением роботизированной системы CUVIS. На момент госпитализации у пациентки А. при клиническом осмотре выявлена выраженная варусная деформация левого коленного сустава и сгибательная контрактура.

Результаты были обсуждены с пациенткой. В качестве хирургической тактики лечения было выбрано применение РТЭКС системы CUVIS.



Рис. 1. Предоперационные Rg-исследование левого коленного сустава в прямой проекции (А). В боковой проекции (Б)

Пациентке выполнено компьютерная томография (КТ) нижней конечности, которые загружаются в специализированное программное обеспечение для предоперационного планирования (J-planner™) в соответствии с установленным протоколом производителя. Программное обеспечение автоматически сегментирует КТ-изображения, создавая трехмерную (3D) реконструкцию коленного сустава, что позволяет хирургу детально спланировать оперативное вмешательство. На основе введенных хирургом данных программное обеспечение генерирует итоговый план о планируемом выравнивании, включающий числовые параметры резекции всех костных опилов, которые передаются на консоль роботизированной системы (рис. 2).

Интраоперационно была проведена спинальная анестезия, после чего была проведена подготовка и обкладывание левой нижней конечности обычным стерильным способом. После выполнения стандартного доступа к коленному суставу в диафизы бедренной и большеберцовой костей, на расстоянии приблизительно 10 см от суставной линии, устанавливаются навигационные штифты с отражающими маркерами. Используется двухштифтовая система, рекомендованная производителем, их установка осуществляется бикортикально для предотвращения смещения. Затем выполняется поверхностная регистрация бедренной и большеберцовой костей с помощью специального стилуса. После установки навигации и выполнена регистрация костных ориентиров. Получены следующие Гар-чеки до опилов. В разгибании: медиальная щель (0 мм), латеральная щель (10мм), сгибательная контрактура 28°, варусная деформация 24°. При стресс нагрузках: медиальная щель (0 мм), латеральная щель (11мм), сгибательная контрактура 12°, варусная деформация 19°.

После удаления остеофитов бедренной и большеберцовой кости и медиального мягкотканного релиза большеберцовой кости, были зарегистрированы новые Гар-чеки при стресс нагрузках в сгибании и разгибании (рис. 3)

## CUVIS-joint

Patient Name	US/TyRNA Natalya Mikhailovna	Patient ID	A2223-21609	Age	57Y	Sex	F
Exam Date	2024/11/26	Skin Thickness	1.25 mm	Model	GE MEDICAL SYSTEMS/Opima CT640	Panel	CTOval 0.00 mm

Case ID	TKA-20230420-212330	Procedure Type	TKA	Surgery Leg	Left
Surgery Hospital	--	Surgeon Name	--	Surgery Date	--

Femur Implant	
Model Name	SWRO1300
Manufacturer	ZimmerBiomet
Lineup	Regen
Type	PSI
Size (Revision)	6 (0)
Femur Resection Depth	
Dist Med.	6.4 mm
Dist Lat.	7.7 mm
Post Med.	15.0 mm
Post Lat.	12.6 mm
Femur Rotating Degree	
Flex/Ext	Flexion 0.0°
Int/Ext (TEA)	Internal 0.0°
Int/Ext (PCA)	External 2.9°
Var/Val	Varus 0.0°

Tibia Implant	
Model Name	SWRO13702L
Manufacturer	ZimmerBiomet
Lineup	Regen
Type	PSI
Size (Revision)	10
Size (Revision)	4 (2)
Tibia Resection Depth	
Prox Med.	-2.8 mm
Prox Lat.	7.2 mm
Tibia Rotating Degree	
Posterior Slope	T0°
Int/Ext	Internal 0.0°
Var/Val	Varus 0.0°
Limb Angle	
Limb Angle	Varus 0.0°

Рис. 2. Итоговый план предоперационного планирования

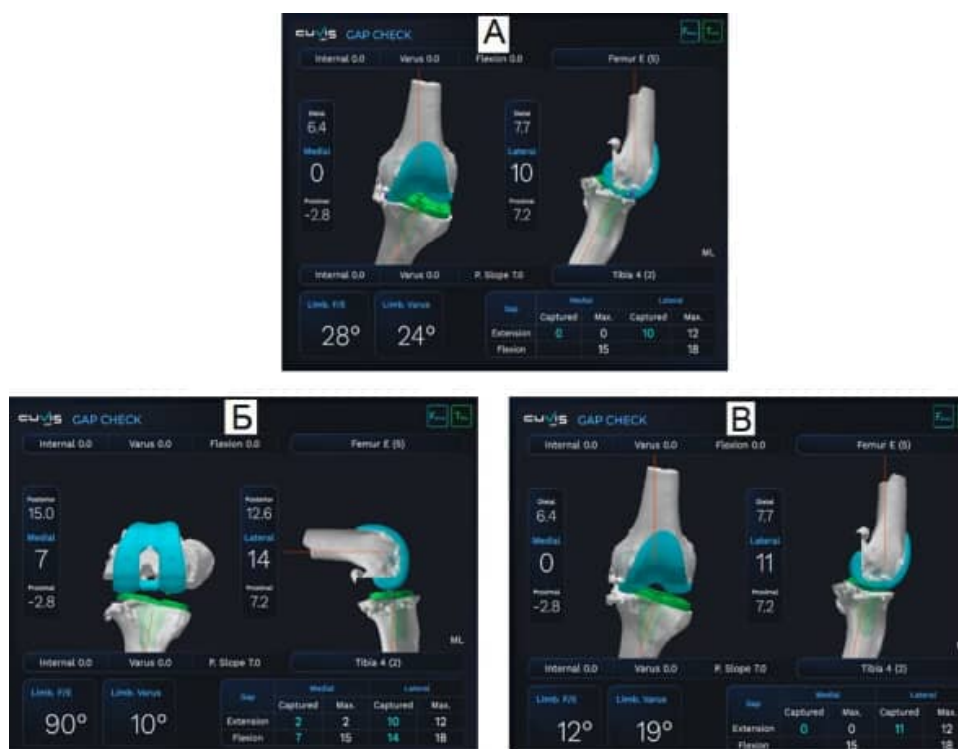


Рис. 3. Гар-чек: до выполнения костных опилов (А); в сгибании (Б); в разгибании (В)

Выбраны размеры имплантатов: бедренный компонент №Е, тибиальный компонент №4. При помощи бора выполнены стандартные опиловы бедренной и большеберцовой костей, после которых наблюдаем дефект медиального мыщелка большеберцовой кости.

На этапе планирования определена резекция медиального мыщелка под аугмент 10 мм (рис. 4). Используя примерочные компоненты выполнены контрольные Гар-чеки. Достигнуто полное разгибание и устранена варусная деформация левого коленного сустава. Было проведено обильное орошение 1 л физиологического раствора системой Puls-Vac и выполнен тщательный гемостаз, после чего была проведена окончательная установка компонентов с фиксацией костным цементом. Послойное ушивание раны, наложение асептической повязки и эластичное бинтование нижних конечностей для профилактики тромбообразований. Послеоперационные рентгенограммы на 1 сутки после оперативного вмешательства (рис. 5).

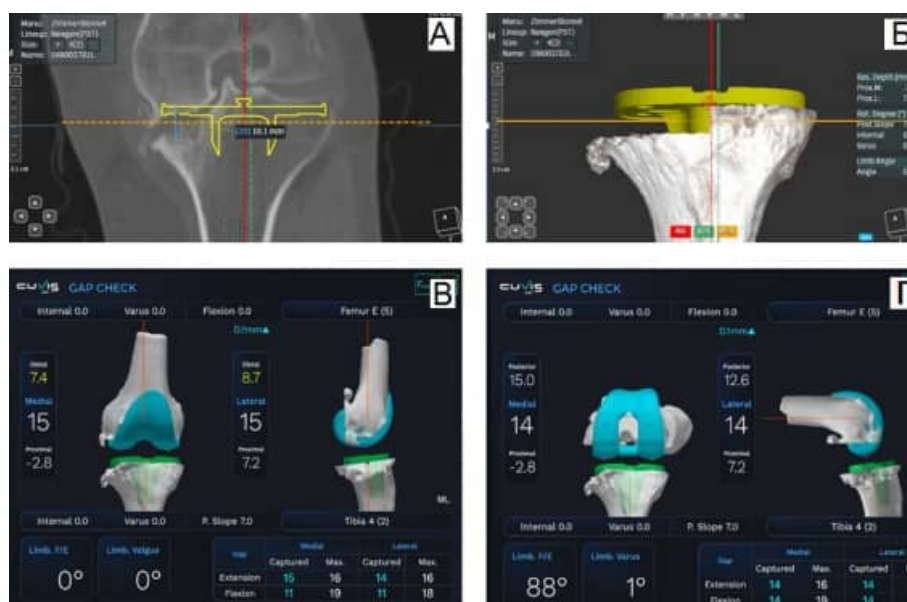


Рис. 4. КТ-планирование аугмента (А). 3D -модель опилов с аугментом (Б). Контрольный Гар-чек в разгибании (В). Контрольный Гар-чек в сгибании (Г)

Пациентка оставалась в стационаре в течение 4 дней после операции с целью обеспечения хорошего контроля боли и ранней реабилитации. Пациентка явилась на контрольный визит через 2 месяца после проведенного оперативного лечения. На момент осмотра ее диапазон движений составил 0°-0°-120° сгибания, со стабильными варусно-вальгусными стресс-тестами и хорошей силой четырехглавой мышцы бедра. Через 6 месяцев после операции пациентка явилась в клинику для контрольного осмотра без жалоб на боль и была удовлетворена проведенным лечением. Окончательный диапазон движения составил 0°-0°-130°. Оценка по функциональным шкалам составила: VAS – 1 балл, Лекена – 2, KSS – 165, IKDC 2000 – 75. Осложнений не выявлено.

## Обсуждение клинического случая

Клинический случай демонстрирует успешное применение роботизированной системы CUVIS для коррекции выраженной варусной деформации (24°) и сгибательной контрактуры (28°) у пациентки с гонартрозом IV стадии. Полученные результаты согласуются с современными исследованиями, подтверждающими преимущества робот-ассистированного тотального эндопротезирования коленного сустава (РТЭКС) перед традиционными методами. Роботизированные системы обеспечивают превосходную точность восстановления механической оси конечности. В нашем случае достигнуто точное выравнивание (0°), что соответствует данным, которые показали, что РТЭКС может точно предсказать размер компонента и выполнить предоперационный план для достижения точной резекции кости и размещения имплантата, тем самым уменьшая отклонения в выравнивании. [5]. Аналогичные результаты получены в метаанализе, который показал более низкую частоту выбросов механического выравнивания в группе РТЭКС по сравнению с ТЭКС [7].



Рис. 5. Послеоперационный постуральный снимок: LDFA – 88, MPTA – 86

Ключевым преимуществом CUVIS является динамический контроль баланса мягких тканей во время операции. В нашем случае это позволило избежать гиперкоррекции и нестабильности, что особенно важно при тяжелых деформациях. Исследования подтверждают, что преимуществами роботизированной артропластики являются: точная интраоперационная имплантация протеза и количественный баланс мягких тканей, а также хорошее положение и выравнивание протеза после операции [2]. В нашем случае не было выявлено интраоперационных осложнений, несмотря на выраженность контрактуры и варусной деформации. Исследования показывают, что автономная роботизированная система Cuvis Joint™ безопасна и не имеет интраоперационных осложнений [1].

Уже на 5-й день после операции у пациентки отмечено значительное улучшение функции оперированного сустава. РТЭКС ассоциируется со значительно меньшими ранними послеоперационными осложнениями и продолжительностью пребывания в больнице по сравнению с ТЭКС [6]. Важным аспектом проведения РТЭКС является оценка краткосрочных результатов. Использование робототехники для ТЭКС показало более низкие показатели ревизий, более низкие случаи манипуляций под анестезией, снижение частоты системных осложнений и более низкое потребление опиатов для послеоперационного обезболивания [9]. Единичный случай требует валидации в многоцентровых исследованиях. Некоторые исследования показывают, что использование РТЭКС предполагает увеличение расходов на роботизированное обслуживание, расходные материалы, специфические для робототехники, требования к программному обеспечению и дополнительной диагностической визуализации. С другой стороны, некоторые авторы полагают, что роботизированные системы могут улучшить выживаемость эндопротеза, что приведет к снижению затрат на будущие ревизии [8].

## Заключение

Данный случай демонстрирует, что роботизированное ТЭКС с автономной роботизированной системой CUVIS эффективно корректирует выраженную варусную деформацию и сгибательную контрактуру ( $>25^\circ$ ), улучшая механическое выравнивание, стабильность и раннюю функциональность. Роботизированные системы следует рассматривать при сложных деформациях коленного сустава.

## Литература (references)

1. 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 // Indian Journal of Orthopaedics. – 2023. – V.57, N11. – С. 1800-1808.



2. Fu J., Ni M., Chen J. Robot-assisted joint arthroplasty – An emerging technology of the present and the future // Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery. – 2021. – V.35, N10. – С. 1217-1220.
3. Fu X., Mahmoud M.A., Ghandour M. et al. Comparison of robotic-assisted total knee arthroplasty: an updated systematic review and meta-analysis // Journal of robotic surgery. – 2024. – V.18, N1. – С. 292.
4. Konnyu K.J., Thoma L.M., Cao W. et al. Rehabilitation for total knee arthroplasty: a systematic review // American journal of physical medicine & rehabilitation. – 2023. – V.102, N1. – С. 19-33.
5. Li C., Zhang Z., Wang G. et al. Accuracies of bone resection, implant position, and limb alignment in robotic-arm-assisted total knee arthroplasty: a prospective single-centre study // Journal of orthopaedic surgery and research. – 2022. – V.17, N1. – С. 61.
6. Maman D., Laver L., Becker R. et al. Trends and epidemiology in robotic-assisted total knee arthroplasty: reduced complications and shorter hospital stays // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2024. – V.32, N12. – С. 3281-3288.
7. Mostafa O., Malik M., Qayum K. et al. Robotic-assisted versus conventional total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of alignment accuracy and clinical outcomes // Annals of Medicine and Surgery. – 2025. – V.87, N2. – С. 867-879.
8. Nogalo C., Meena A., Abermann E. et al. Complications and downsides of the robotic total knee arthroplasty: a systematic review // Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. – 2023. – V.31, N3. – С. 736-750.
9. Ofa S.A., Ross B.J., Flick T. R. et al. Robotic total knee arthroplasty vs conventional total knee arthroplasty: a nationwide database study // Arthroplasty Today. – 2020. – V.6, N4. – С. 1001-1008.
10. Song E.K., Seon J.K., Yim J.H. et al. Robotic-assisted TKA reduces postoperative alignment outliers and improves gap balance compared to conventional TKA // Clinical Orthopaedics and Related Research®. – 2013. – V.471. – С. 118-126.
11. Yang Y., Jiang L., Zhou X. et al. Robotic-assisted total knee arthroplasty improves implant position and early functional recovery for the knee with severe varus/valgus deformity // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2024. – V.25, N1. – С. 92.

### Информация об авторах

*Гайрабеков Исраил Магомед-Хаджиевич* – врач травматолог-ортопед, аспирант 2 отделения, сотрудник клинко-диагностического отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». E-mail: dr.gairabekov@mail.ru

*Каграманов Сергей Владимирович* – доктор медицинских наук, научный сотрудник 2 отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». E-mail: Kagramanov2001@mail.ru

*Чрагян Гамлет Ашотович* – кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед 2 отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». E-mail: chragyan@gmail.com

*Загородний Николай Васильевич* – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, советник директора, заведующий отделением эндопротезирования №2 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». E-mail: zagorodniy51@mail.ru

*Абдуллин Марат Ренатович* – врач-ординатор ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н.Приоров. E-mail: Abdullin-18@yandex.ru

*Эседов Гирумутдин Имамутдинович* – врач травматолог-ортопед 2 отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». E-mail: Giramutdin@mail.ru

*Омаров Хусейн Исмаилович* – врач травматолог-ортопед, аспирант 2 отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова». E-mail: khuseyn.omarovv@gmail.com

*Гаирбеков Чингиз Бибулатович* – студент педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: gairabekov.21@mail.ru

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 30.06.2025

Принята к печати 25.09.2025