

# Результаты применения биологической реконструкции кости при выполнении онкологического ревизионного эндопротезирования коленного сустава

И.М. Михайлов<sup>1,2</sup>, П.В. Григорьев<sup>3</sup>, А.А. Кизина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; Россия, 195427 Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8;

<sup>2</sup>Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Россия, 199034 Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9;

<sup>3</sup>ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Санкт-Петербурга»; Россия, 195271 Санкт-Петербург, пр-кт Мечникова, 27

**Контакты:** Илкин Мугадасович Михайлов [tim17@mail.ru](mailto:tim17@mail.ru)

**Введение.** С увеличением частоты ревизионных операций по замене онкологических эндопротезов коленного сустава одной из наиболее значимых трудностей стала необходимость устранения значительных внутрикостных дефектов, затрагивающих диафизы и метаэпифизы костей. Наше исследование основывается на собственном опыте применения методов биологической реконструкции костной ткани при проведении подобных операций. Мы разработали методику и необходимый для ее осуществления инструментарий, а также провели всестороннюю оценку результатов ее практического применения.

**Цель исследования** – оценить эффективность применения биологической реконструкции кости при выполнении онкологического ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

**Материалы и методы.** В ретроспективное исследование были включены 57 пациентов, перенесших ревизионное тотальное онкологическое эндопротезирование коленного сустава с использованием метода биологической реконструкции внутрикостных дефектов в период с 2017 по 2023 г. со сроком наблюдения не менее 12 мес. Из них 45 (78,9 %) пациентов оперировали из-за нестабильности компонентов эндопротеза, а 12 (21,1 %) – на 2-м этапе после установки спейсера по поводу инфекции.

Распределение пациентов по локализации костного дефекта: 26 (45,5 %) имели дефекты бедренной кости, 4 (7 %) – дефекты большеберцовой кости и 27 (47,4 %) – комбинированные поражения обеих костей. Среди участников исследования 59,6 % составляли женщины, 40,4 % – мужчины. Медиана возраста пациентов – 48 лет ( $Q_1$ – $Q_3$  39,00–57,00; min 23 – max 72), медиана срока наблюдения – 48 мес ( $Q_1$ – $Q_3$  28,00–60,00; min 12 – max 150). Медианные значения кровопотери составили 900 мл ( $Q_1$ – $Q_3$  700,0–110,00; min 400 – max 2200), длительность операции – 220 мин ( $Q_1$ – $Q_3$  190,0–240,00; min 140 – max 300), масса тела пациента – 85 кг ( $Q_1$ – $Q_3$  77,0–95,00; min 56 – max 180). Оценивали риски осложнений, функциональные результаты и сроки выживаемости эндопротезов.

Все пациенты были разделены на 2 группы: 1-я группа ( $n = 37$ , или 64,9 %) – прооперированные до внедрения нового инструментария, и 2-я группа ( $n = 20$ , или 35,1 %) – прооперированные с его использованием.

При сравнении групп анализировались такие параметры, как продолжительность операции и объем кровопотери. Также был использован разработанный и запатентованный набор инструментов для биологической реконструкции длинных костей при ревизионном онкологическом эндопротезировании коленного сустава (патент № 2804798 С1).

**Результаты.** За весь период наблюдения, с 2017 по 2024 г., выявлено 3 (5,3 %) случая осложнений. Два из них связаны с глубокой инфекцией области хирургического вмешательства, развились на сроке 71 и 26 мес соответственно, и у 1 пациента произошел травматический многооскольчатый перепротезный перелом бедренной кости на фоне падения с высоты через 22 мес после операции.

Оценку плотности кости в зоне костной пластики осуществляли при помощи компьютерной томографии на сроке 6 мес, по шкале Хаунсфилда Me 690 ( $Q_1$ – $Q_3$  570,0–790,00; min 340 – max 980).

Нами был проведен анализ динамики функции нижней конечности по шкале MSTS до и через 12 мес после операции, выявлено их статистически значимое улучшение ( $p < 0,001$ ) (использован критерий Уилкоксона).

Пятилетняя выживаемость эндопротезов коленного сустава после проведенного ревизионного эндопротезирования составила 96 %.

С целью анализа эффективности внедрения в практику разработанного инструментария были изучены объем кровопотери и время операции в зависимости от использования инструментария. Применение инструментария позволило статистически значимо снизить кровопотерю ( $p < 0,001$ ) (использован U-критерий Манна–Уитни) и время операции ( $p < 0,001$ ) (использован U-критерий Манна–Уитни).

**Заключение.** Пятилетние показатели выживаемости конструкций у пациентов, перенесших операцию с использованием биологической реконструкции костей, демонстрируют результаты, сравнимые с теми, что наблюдаются после первичной имплантации онкологического эндопротеза коленного сустава. Это дает надежду на то, что данная методика способна существенно улучшить качество лечения и продлить срок службы протеза. Тем не менее, чтобы окончательно подтвердить эффективность этого подхода, необходимы дальнейшие исследования с участием большего числа пациентов, позволяющие получить долгосрочную оценку результатов.

**Ключевые слова:** онкологическое эндопротезирование, опухолевое поражение коленного сустава, ревизионное эндопротезирование коленного сустава, деносумаб, биологическая реконструкция кости

**Для цитирования:** Михайлов И.М., Григорьев П.В., Кизина А.А. Результаты применения биологической реконструкции кости при выполнении онкологического ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2024;16(4):53–64.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2024-16-4-53-64>

## THE RESULTS OF THE USE OF BIOLOGICAL BONE RECONSTRUCTION IN PERFORMING ONCOLOGICAL REVISION KNEE REPLACEMENT

*I.M. Mikailov<sup>1,2</sup>, P.V. Grigoriev<sup>3</sup>, A.A. Kuzina<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>R.R. Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of Russia; 8 Akademika Baykova St., Saint Petersburg 195427, Russia;

<sup>2</sup>N.I. Pirogova Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg State University; 7/9 Universitetskaya Emb., Saint Petersburg 199034, Russia;

<sup>3</sup>Clinical Hospital "Russian Railways-Medicine" of the city of Saint Petersburg; 27 Prospekt Mechnikova, Saint Petersburg 195271, Russia

**Contacts:** Ilkin Mukadasovich Mikailov [Mim17@mail.ru](mailto:Mim17@mail.ru)

**Introduction.** With an increase in revision surgeries for oncological knee prostheses replacement, one of the most significant challenges has been the need to address substantial intramedullary defects affecting the diaphysis and metaepiphyses in these patients. Our study is based on our experience with biological reconstruction methods used during such operations. We have developed both the methodology and necessary tools for its implementation, as well as conducted a comprehensive evaluation of its practical application results.

**Aim.** To assess the effectiveness of using biological bone reconstruction techniques in oncologic revision knee arthroplasty.

**Materials and methods.** A retrospective study included 57 patients who underwent revision total oncology knee arthroplasty with the use of biological reconstruction for intramedullary bone defects between 2017 and 2023, with a follow-up period of at least 12 months. Of these, 45 (78.9 %) were operated due to instability of the prosthetic components, while 12 (21.1 %) were treated in the second stage after spacer implantation due to infection.

Distribution of patients by location of bone defect: 26 (45.5 %) had femoral bone defects, 4 (7 %) had tibial bone defects, and 27 (47.4 %) had combined lesions involving both bones. Among the participants, 59.6 % were female and 40.4 % were male. The median age was 48 years ( $Q_1$ – $Q_3$  39.00–57.00; min 23 – max 72), and the median follow-up time was 48 months ( $Q_1$ – $Q_3$  28.00–60.00; min 12 – max 150). Median blood loss values were 900 ml ( $Q_1$ – $Q_3$  700.0–1100.0; min 400 – max 2200), operation duration was 220 minutes ( $Q_1$ – $Q_3$  190.0–240.0; min 140 – max 300), and patient weight was 85 kg ( $Q_1$ – $Q_3$  77.0–95.0; min 56 – max 180).

We assessed complication risks, functional outcomes, and survival rates of the implants. All patients were divided into two groups: Group 1 ( $n = 37$  or 64.9 %), operated before the introduction of new instruments, and Group 2 ( $n = 20$  or 35.1%), operated after their introduction. Parameters such as operation duration and blood loss volume were compared between the groups.

**Results.** Over the entire observation period from 2017 to 2024, three cases (5.3%) of complications were identified.

Bone density assessment in the bone graft zone was performed via CT scan six months postoperatively, yielding a mean value of 690 HU ( $Q_1$ – $Q_3$  570.0 – 790.0; min 340 – max 980).

Analysis of lower limb function dynamics according to the MSTs scale pre- and post-operation revealed statistically significant improvements ( $p < 0.001$ ) (using Wilcoxon's test).

Five-year survival rate of knee prostheses after revision arthroplasty was 96 %.

To analyze the effectiveness of introducing the newly developed instrumentation, we studied blood loss and operative times with and without its use. Using the instrumentation significantly reduced blood loss ( $p < 0.001$ ) and operative time ( $p < 0.001$ ) as determined by Mann-Whitney U-tests.

**Conclusion.** The five-year survival rates for constructs in patients undergoing surgery with biological bone reconstruction are comparable to those observed after primary implantations of oncologic prostheses.

**Keywords:** oncological endoprosthesis, revision knee replacement, tumor lesion of the knee joint, denosumab, biological bone reconstruction

**For citation:** Mikailov I.M., Grigoriev P.V., Kuzina A.A. The results of the use of biological bone reconstruction in performing oncological revision knee replacement. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi* = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin 2024;16(4):53–64. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2024-16-4-53-64>

## Введение

На современном этапе развития онкоортопедии онкологическое эндопротезирование является основным методом хирургического лечения опухолевого поражения коленного сустава. Широко используются как модульные, так и индивидуальные конструкции, основной задачей которых является восстановление функции коленного сустава и замещение дефекта, формирующегося после удаления опухоли [1, 2].

Исходя из особенностей биомеханики коленного сустава, единственным эффективным на сегодняшний день техническим решением считается использование так называемых связанных эндопротезов. Связанный шарнирный механизм берет на себя функцию стабилизации коленного сустава и обеспечивает достаточно хороший объем движений [1, 2].

Однако стоит отметить, что такая конструкция эндопротеза повышает нагрузку на сам шарнирный механизм и приводит к его относительно быстрому износу, а также повышает риски нестабильности либо разрушения компонентов эндопротеза, фиксирующихся в кости. И хотя имеется серьезный прогресс в области материалов изготовления и дизайна онкологических эндопротезов, частота осложнений и отказов у этих конструкций выше, чем у обычных ортопедических имплантатов, что делает все более актуальным совершенствование техник ревизионных операций [1, 3, 4].

Наиболее часто встречающимися осложнениями, приводящими к потере костной массы в зоне стояния конструкции, являются инфекция (ТИП IV) и асептическая нестабильность эндопротеза (ТИП II), а также комбинированное осложнение в виде перелома или перфорации кости (ТИП III) на фоне запущенной нестабильности эндопротеза (согласно международной классификации International Society of Limb Salvage 2014 (ISOLS 2014)) [4–6].

При анализе собственного клинического опыта и данных литературы нам удалось выделить основные технические решения проблемы обширных костных дефектов при выполнении ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава: резекция несостоятельного сегмента кости с последующим замещением дефекта модульными компонентами; цементная фиксация с замещением дефекта избыточной цементной мантией; установка толстой ножки с блокированием;

установка ревизионной ножки (длиной 190–220 мм), перекрывающей зону дефекта; заполнение дефектов биокompозитным материалом в сочетании с бесцементной фиксацией компонентов; импакционная костная пластика в сочетании с цементной фиксацией [4, 7, 8].

В стандартных случаях ревизионного эндопротезирования коленного сустава хирурги наиболее часто встречаются с обширными метаэпифизарными дефектами; с целью их восстановления возможны использование аллопластики в виде структурных трансплантатов либо импакционной пластики губчатой костью, а также применение конусов и блоков из трабекулярного металла [9–12].

В онкоортопедической практике преобладают диафизарные либо комбинированные (диафизарные и метаэпифизарные) костные дефекты, это обусловлено особенностями первичной фиксации компонентов эндопротеза в соответствующих отделах трубчатой кости. У данной категории пациентов наиболее перспективными выглядят методики, позволяющие восстановить объем утраченной кости и сохранить ее длину [13, 14].

С учетом того, что достаточно большая доля пациентов, нуждающихся в ревизионном онкологическом эндопротезировании коленного сустава, молодого и среднего возраста, актуальной задачей хирурга становится сохранение максимального количества кости, пригодной для стабильной установки эндопротеза.

Удаление сегментов, выглядящих несостоятельными с точки зрения обеспечения опороспособности, неминуемо приведет к увеличению объема используемого металла, вплоть до тотальной замены разрушенной бедренной либо большеберцовой кости. Подобная тактика имеет место в крайне сложных случаях, сопровождающихся переломами кости со значительным смещением отломков либо при ее тотальном разрушении, однако данный подход необходимо рассматривать как крайнюю меру [14].

Отдельно стоит упомянуть о нарастающей популярности остеомодифицирующей терапии. Все чаще появляются сообщения о высокой эффективности данной группы препаратов у пациентов, перенесших как первичное бесцементное, так и ревизионное эндопротезирование, в плане профилактики нестабильности эндопротеза и резорбции кости на границе с компонентом эндопротеза [15–17].

Результатов применения остеомодифицирующей терапии с целью стимуляции ремоделирования костной пластики в зоне костных дефектов при выполнении ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава в литературе мы не нашли.

Таким образом, на сегодняшний день остается актуальным вопрос оптимальной, надежной и доступной техники реконструкции обширных костных дефектов при выполнении онкологического ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

В основу нашего исследования лег собственный опыт применения биологической реконструкции кости, используемый при выполнении ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава. Нами были разработаны методика, инструментарий для ее выполнения и проведена комплексная оценка результатов ее клинического внедрения.

**Цель исследования** — оценить эффективность применения биологической реконструкции кости при выполнении онкологического ревизионного эндопротезирования коленного сустава.

### Материалы и методы

В ретроспективное исследование были включены 57 пациентов, которым выполнялось ревизионное тотальное онкологическое эндопротезирование коленного сустава с использованием техники биологической реконструкции внутрикостных дефектов в период с 2017 по 2023 г. со сроками наблюдения не менее 12 мес.

Критерием включения было наличие необходимости проведения ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава на фоне обширных внутрикостных дефектов, таким образом, в исследование были включены 45 (78,9 %) пациентов, у которых оперативное лечение проводилось по причине нестабильности ком-

понентов эндопротеза, и 12 (21,1 %) пациентов, которым вмешательство проводилось на втором этапе после установки спейсера по поводу инфекции.

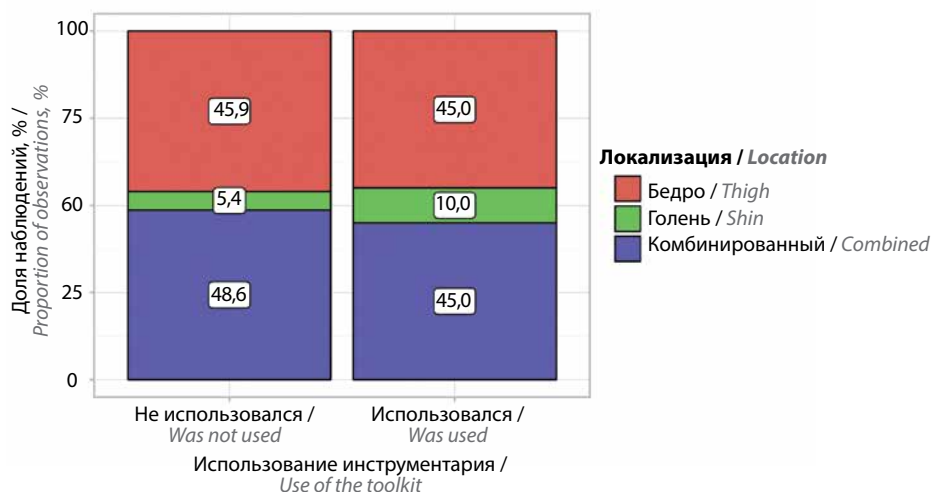
По локализации костного дефекта пациенты распределены следующим образом: 26 (45,5 %) пациентов — с дефектами области бедренной кости, 4 (7 %) — с изолированным дефектом большеберцовой кости, 27 (47,4 %) — с комбинированным поражением обеих костей.

Среди включенных в исследование пациентов 59,6 % ( $n = 34$ ) составили женщины, 40,4 % ( $n = 23$ ) — мужчины. Медиана возраста пациентов составила 48 лет ( $Q_1$ – $Q_3$  39,00 – 57,00; min 23 – max 72). Медиана срока наблюдения в месяцах — 48,0 ( $Q_1$ – $Q_3$  28,00–60,00; min 12 – max 150). Медиана величины кровопотери — 900 мл ( $Q_1$ – $Q_3$  700,0–110,00; min 400 – max 2200). Время операции: Ме 220 мин ( $Q_1$ – $Q_3$  190,0–240,00; min 140 – max 300). Масса тела пациента: Ме 85 кг ( $Q_1$ – $Q_3$  77,0–95,00; min 56 – max 180).

Оценивались риски наступления осложнений, функциональные результаты и сроки выживаемости эндопротеза. Степень перестройки костно-пластического материала, а также наличие смещения компонентов эндопротеза в зоне костной пластики оценивали на сроках 3, 6 и 12 мес после операции и далее 1 раз в год, для ее оценки выполняли рентгенологическое исследование и компьютерную томографию.

Классификацию и анализ осложнений онкологического эндопротезирования коленного сустава проводили согласно международной системе International Society of Limb Salvage 2014 (ISOLS 2014) [5].

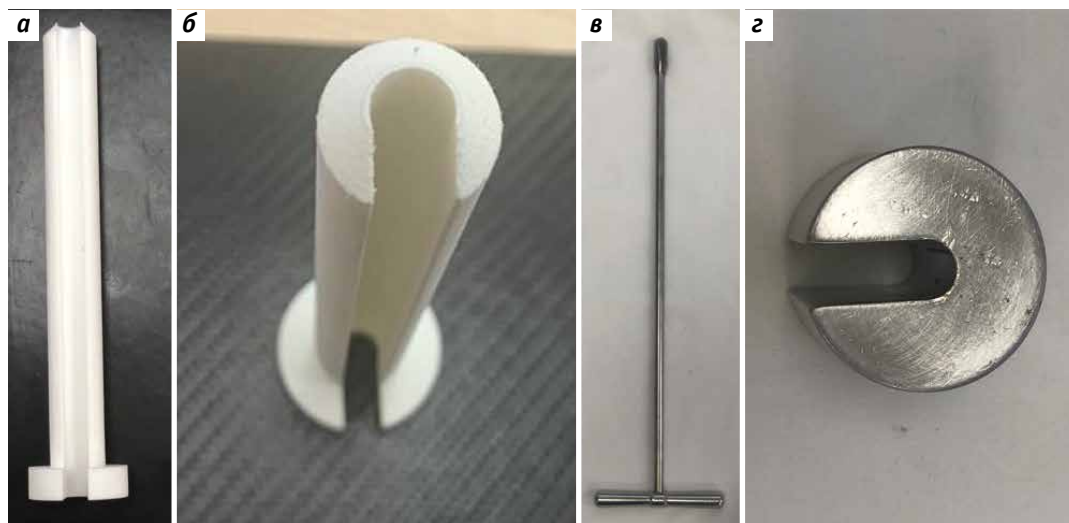
Для оценки функциональных результатов использовалась шкала Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) [18]. Опрос проводили до операции и через 12 мес после оперативного вмешательства. Данный срок был выбран с учетом среднего времени, необходимого для выхода



**Рис. 1.** Анализ распределения пациентов по группам в зависимости от локализации дефекта

**Fig. 1.** Patients' distribution among groups depending on the defect location





**Рис. 2.** Набор инструментов для осуществления костной пластики: а – индивидуальный импактор, вид сбоку; б – индивидуальный импактор, вид с торца; в – направляющий; г – щелевидный скользящий молоток

**Fig. 2.** Bone grafting kit: а – individual impactor, side view; б – individual impactor, end view; в – guide tool; г – slit-shaped sliding hammer

пациента на плато по функциональным показателям прооперированного сустава, учитывающего сроки начального ремоделирования кости в зоне костной пластики и ограничения осевых нагрузок в течение 3 мес после операции.

Пациенты были прооперированы с применением онкологических модульных и индивидуальных эндопротезов коленного сустава, нами применялись следующие системы: Biomet OSS, Stryker GMRS, Implant-cast Mutars.

Для анализа эффективности внедрения в практику разработанного инструментария все пациенты были разделены на 2 группы: 1-я группа – 37 (64,9 %) пациентов, прооперированных до внедрения в клиническую практику набора инструментов для осуществления костной пластики, 2-я группа – 20 (35,1 %) пациентов, прооперированных с применением набора инструментов, предложенного авторами. При анализе распределения пациентов по группам в зависимости от локализации костного дефекта (с использованием критерия  $\chi^2$ ) статистически значимых различий не выявлено ( $p = 0,807$ ) (рис. 1).

Оценку проводили между группами, сравнивали следующие параметры: время операции и объем кровопотери.

В рамках проведения исследования нами был апробирован разработанный и запатентованный «Набор инструментов и способ биологической реконструкции длинных костей при ревизионном онкологическом эндопротезировании коленного сустава»: патент № 2804798 С1. Инструментарий представлен на рис. 2.

### Клинический пример с описанием используемой методики

**Пациент С., 49 лет, диагноз: гигантоклеточная опухоль дистального отдела правой бедренной кости.** Состояние после резекции нижней трети правой бедренной кости с последующим онкологическим эндопротезированием коленного сустава. Неоднократные ревизионные вмешательства по поводу глубокой инфекции области оперативного вмешательства в период с 2015 по 2017 г. В конце 2017 г. поступил для выполнения 2-го этапа ревизионного хирургического лечения, удаления спейсера и проведения онкологического эндопротезирования коленного сустава. Рентгенограммы пациента представлены на рис. 3.

Интраоперационно выполнено удаление спейсера и рубцовых тканей из костного канала. Далее в него устанавливается направляющий, по которому формируется новое ложе для ножки эндопротеза посредством костной аллопластики губчатой костью, измельченной до фракции 3–6 мм. Таким образом восстанавливаются стенки костного канала (рис. 4).

Далее в восстановленные каналы бедренной и большеберцовой костей установлен онкологический эндопротез коленного сустава. Предпочтение стоит отдавать системам с ротационным шарнирным механизмом, их применение снижает нагрузку на границе кость–имплант, что способствует созданию более благоприятных условий для ремоделирования импакционной кости. С целью обеспечения надежной первичной фиксации компонентов эндопротеза необходимо использовать цементную фиксацию компонентов. Контрольные послеоперационные рентгенограммы пациента С. представлены на рис. 5.



**Рис. 3.** Рентгенограммы пациента до операции: а – телерентгенограмма нижних конечностей; б – дистальный отдел бедра, прямая проекция; в – проксимальный отдел большеберцовой кости, прямая проекция; г – коленный сустав, боковая проекция

**Fig. 3.** Patient radiographs before surgery: а – telerecumbentogram of the lower extremities; б – distal thigh, direct projection; в – proximal tibia, direct projection; г – knee joint, lateral projection

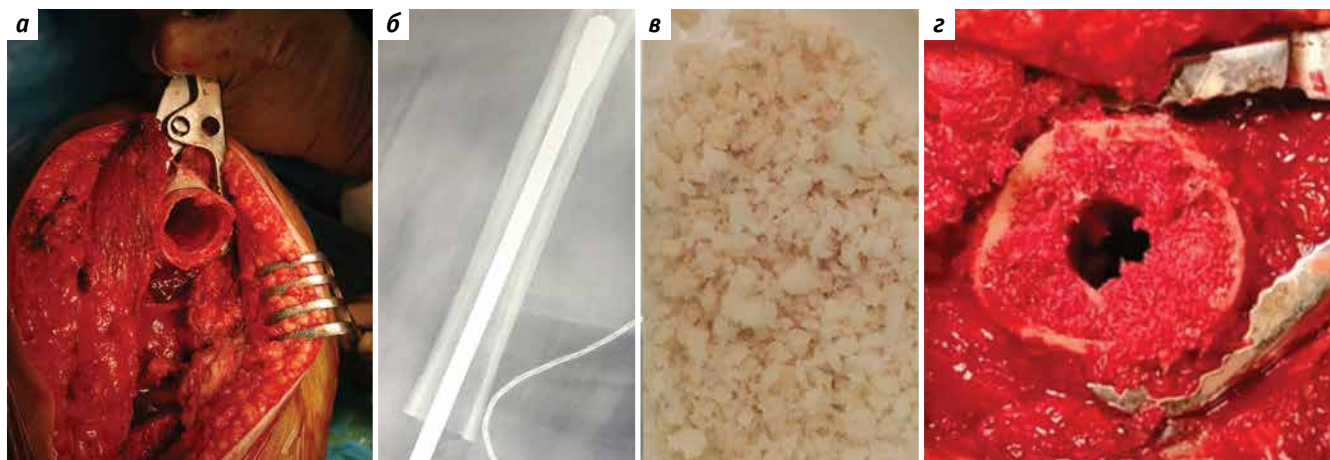
В послеоперационном периоде пациенту была назначена остеомодифицирующая терапия препаратом пролиа (деносумаб 60 мг) по схеме: подкожно 1 раз в месяц в течение 3 мес с последующим введением 1 раз в 6 мес, контрольными осмотрами 1 раз в 3 мес в течение первого года и далее 1 раз в год.

По шкале MSTS после операции на сроке 12 мес результат составил 80 %. На рентгенограммах и по данным компьютерной томографии в динамике отмечено корректное и стабильное стояние всех компонентов

эндопротеза без признаков остеорезорбции в зоне биологической реконструкции кости.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием операционной системы Windows, программного обеспечения Microsoft Excel, StatTech 4.4.1 (разработчик ООО «Статтех», Россия).

Для описательной статистики данные представлены в процентном соотношении, со средним значением и доверительными интервалами, а также минималь-



**Рис. 4.** Детали операции: а – костный канал, подготовленный к пластике; б – рентгенограмма контроля направляющей оси, установленной в костном канале; в – губчатая аллокость, используемая для выполнения костной пластики; г – вид костного канала после импакционной костной пластики

**Fig. 4.** Surgery details: а – bone canal prepared for grafting surgery; б – radiograph for control of the axis of the guide installed in the bone canal; в – spongy allobone used to perform the bone grafting; г – view of bone canal after bone grafting



**Рис. 5.** Послеоперационный рентген-контроль: а – большеберцовый компонент, прямая проекция; б – большеберцовый компонент, боковая проекция; в – бедренный компонент, боковая проекция; г – бедренный компонент, прямая проекция; д – телерентгенограмма нижних конечностей

**Fig. 5.** Postoperative X-ray control: а – tibial component, direct projection; б – tibial component, lateral projection; в – femoral component, lateral projection; г – femoral component, direct projection; д – lower extremity telereöntgenogram

ным и максимальным значениями. Во всех группах в качестве среднего значения использовалась медиана. Сопоставление частотных характеристик качественных показателей проводили с помощью непараметрических методов  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  с поправкой Йетса и критерия Фишера.

Для сравнения количественных признаков в исследуемых группах использовали односторонний дисперсионный анализ Краскела–Уоллиса, для оценки выживаемости – метод множительных оценок Каплана–Майера. Статистическая значимость установлена на уровне  $p < 0,05$ . Количественные показатели в различных исследуемых подгруппах для полноты описания и удобства восприятия и сравнения мы представили в форме Box & Whisker Plot.

### Результаты

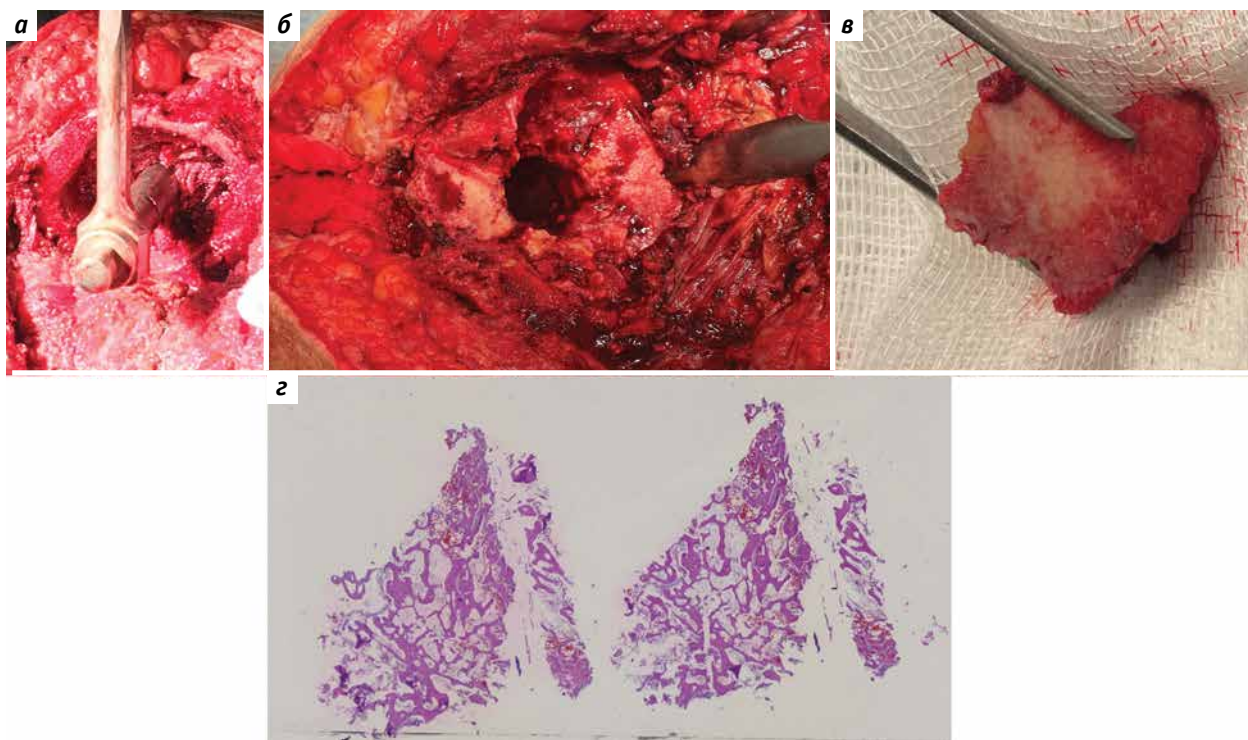
За весь период наблюдения с 2017 по 2024 г. выявлено 3 (5,3 %) случая осложнений. Два из них связаны с глубокой инфекцией области хирургического вмешательства, они развились на сроке 71 и 26 мес

соответственно на фоне ранее рецидивирующей инфекции, и у 1 пациента произошел травматический многооскольчатый перепротезный перелом бедренной кости на фоне падения с высоты через 22 мес после операции.

Пациентке с меньшим сроком ремиссии инфекционного процесса после выявления рецидива инфекции было запланировано двухэтапное ревизионное эндопротезирование. Однако при выполнении предоперационного обследования у нее был выявлен тромбоз глубоких вен нижней конечности, операция была отменена, и впоследствии пациентка умерла от тромбоэмболии легочной артерии. При оценке результатов данный случай был расценен как несостоятельность эндопротезирования на этапе выявления инфекции.

У пациента с более долгим сроком ремиссии после выявления рецидива инфекции операция была отложена ввиду того, что масса тела пациента на момент обращения составляла более 190 кг, а по данным клинического и рентгенологического обследований признаков





**Рис. 6.** Зона пластики: а – зона первичной костной пластики большеберцовой кости; б – большеберцовая кость после удаления компонента эндопротеза с зоной забора материала; в – фрагмент кости из зоны костной пластики; г – микрофотография костной пластинки из зоны костной пластики (окраска гематоксилином и эозином,  $\times 50$ )

**Fig. 6.** Grafting zone: а – primary bone grafting zone of the tibia; б – tibia after removal of endoprosthesis component with material sampling zone; в – bone fragment from the bone grafting zone; г – micrograph of the bone plate from the bone grafting zone (staining with hematoxylin and eosin,  $\times 50$ )

нестабильности компонентов эндопротеза выявлено не было, таким образом, проведение оперативного вмешательства было сопряжено с высокими рисками осложнений, приводящих к необратимой потере опороспособности конечности. Пациент получал длительный индивидуальный курс специфической антибактериальной терапии с относительно положительной динамикой в виде периодического закрытия свищевого хода. Несмотря на длительный анамнез существования свищевого хода ( $>6$  мес), компоненты эндопротеза оставались стабильны рентгенологически и клинически. Однако в связи с ухудшающимся соматическим состоянием, выявлением признаков хронической интоксикации и почечной недостаточности на фоне длительно существующего очага инфекции консилиумом было принято решение выполнить двухэтапное ревизионное оперативное вмешательство. На первом этапе интраоперационно выявлено стабильное стояние компонентов эндопротеза, с большими техническими трудностями компоненты были удалены. А также был проведен забор материала из зоны костной пластики для проведения гистологического исследования характера перестройки костно-пластического материала (рис. 6).

По результатам гистологического исследования получено следующее заключение: зона трансплантата представлена несколько дезориентированными неравномерной толщины костными трабекулами с отчетливыми, ровными линиями минерализации, относительно равномерно распределенными остеocyтами, единичными очагами с признаками перестройки с однорядной остеобластической выстилкой. Таким образом выявлена удовлетворительная перестройка костно-пластического материала.

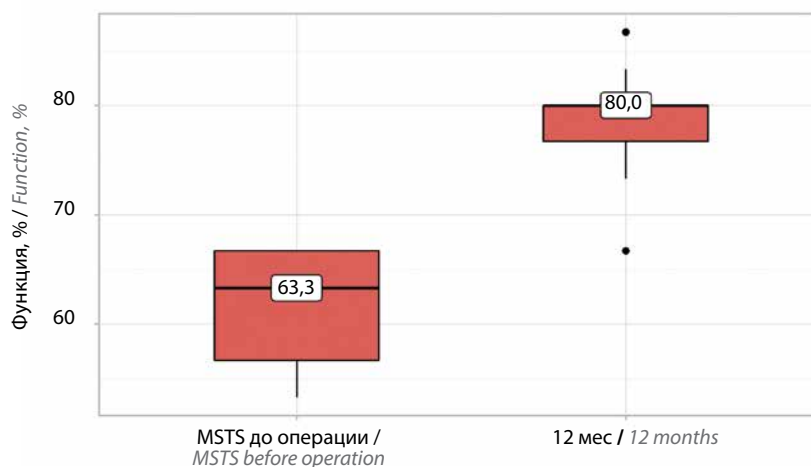
Пациенту с перепротезным переломом бедренной кости было проведено ревизионное эндопротезирование с замещением дистального отдела бедра онкологическим модульным компонентом той же модели эндопротеза.

Оценку плотности кости в зоне костной пластики осуществляли при помощи компьютерной томографии на сроке 6 мес; по шкале Хаунсфилда Me 690 ( $Q_1$ – $Q_3$  570,0–790,00; min 340 – max 980).

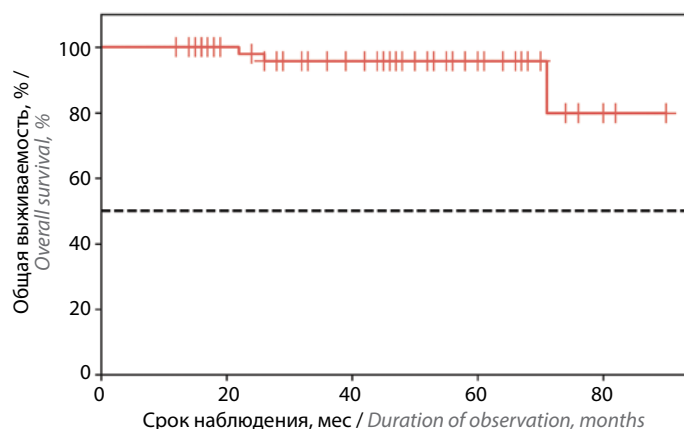
Нами был проведен анализ динамики функции нижней конечности до и через 12 мес после операции, результаты представлены на рис. 7.

В процессе анализа функциональных результатов до и после операции было выявлено их статистически





**Рис. 7.** Анализ динамики функции у пациентов исследуемой группы  
**Fig. 7.** Function dynamics in patients of the study group



**Рис. 8.** Кривая общей выживаемости эндопротезов коленного сустава в исследуемой группе  
**Fig. 8.** Overall survival curve of knee arthroplasty in the study group

значимое улучшение ( $p < 0,001$ ) (использован критерий Уилкоксона).

Общая выживаемость эндопротезов коленного сустава у пациентов, прооперированных с применением методики, предложенной авторами, представлена рис. 8.

Пятилетняя выживаемость эндопротезов коленного сустава после проведенного ревизионного эндопротезирования составила 96 %.

Результаты анализа эффективности внедрения в практику разработанного инструментария представлены на рис. 9, 10.

Был проведен анализ кровопотери в зависимости от использования инструментария.

В соответствии с рис. 9 при сопоставлении кровопотери в зависимости от использования инструментария были установлены существенные различия

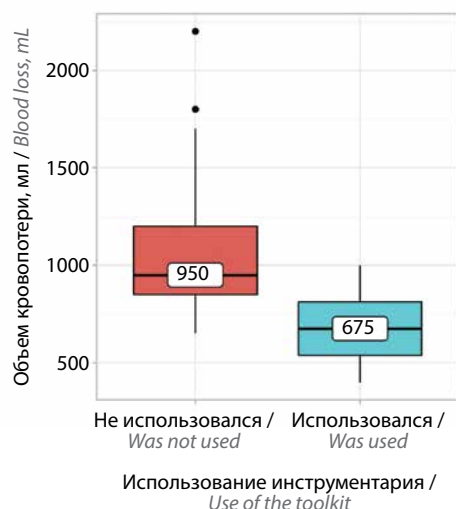
( $p < 0,001$ ) (использован U-критерий Манна–Уитни). Применение инструментария позволило статистически значимо снизить объем кровопотери.

Также нами был выполнен анализ времени операции в зависимости от использования инструментария.

Исходя из полученных данных, использование набора инструментов статически значимо повлияло на уменьшение времени операции ( $p < 0,001$ ) (использован U-критерий Манна–Уитни).

### Обсуждение

Восстановление целостности костного канала бедренной и большеберцовой костей является одной из наиболее перспективных опций при выполнении онкологического ревизионного эндопротезирования у пациентов с обширными внутрикостными диафизарными дефектами.



**Рис. 9.** Анализ кровопотери в зависимости от использования инструментария

**Fig. 9.** Analysis of blood loss depending on the tools use

Полученные авторами данные о результатах применения предложенной ими методики показали ее положительные стороны: возможность сохранения большого сегмента кости за счет восстановления стенок костного канала, обеспечение отличной первичной стабильной фиксации, о чем свидетельствует отсутствие ранней нестабильности компонентов эндопротеза.

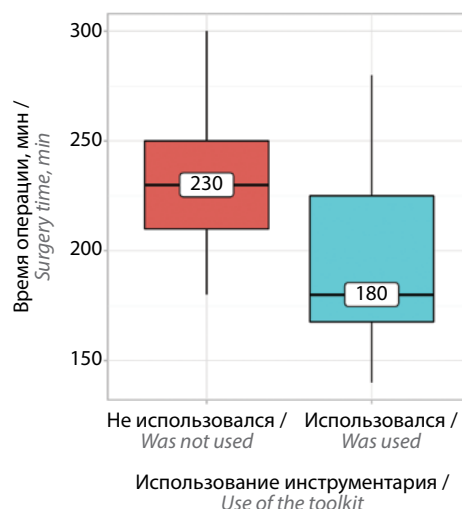
Стоит отметить, что медиана наблюдений составила 48 мес, при этом не было выявлено ни одного случая асептической нестабильности компонентов или резорбции кости в области импакционной пластики.

Материал, полученный из зоны пластики после ревизионного вмешательства, выполненного у одного из пациентов, при гистологическом исследовании показал полную перестройку кости, что и позволило назвать данный способ ее биологической реконструкцией. Одним из важных факторов, повлиявших на подобный результат, мы считаем внедрение в комплексное лечение данной категории пациентов остеомодифицирующей терапии по предложенной нами схеме.

Продемонстрированная 96 % 5-летняя выживаемость выглядит достаточно обнадеживающе, так как вполне сопоставима с выживаемостью онкологических эндопротезов коленного сустава при выполнении первичного эндопротезирования.

Все осложнения, выявленные авторами, не были ассоциированы напрямую с самой методикой и являлись следствием отягощенного инфекцией анамнеза либо прямого травматического воздействия.

Возможность восстановить правильную ось и длину конечности положительно отражается на функцио-



**Рис. 10.** Анализ времени операции в зависимости от использования инструментария

**Fig. 10.** Analysis of surgery time depending on the toolkit use

нальных результатах, о чем свидетельствует их статистически значимое улучшение на сроке 12 мес после операции.

Внедрение в клиническую практику нового набора инструментов статистически значимо снизило кровопотерю и время операции. Разработанный авторами импактор позволяет гораздо быстрее и равномернее осуществлять распределение и уплотнение кости по каналу. Предложенный направлятель дает возможность контролировать правильную ось канала, а за счет наличия Т-образной ручки его легко извлекать без потери плотности в зоне пластики.

К недостаткам предложенной методики можно отнести ограничение в применении по причине того, что не в каждой клинике имеется возможность использования донорской губчатой аллокости. Однако стоит отметить, что использование именно такого варианта костно-пластического материала позволило получить описываемые результаты.

## Заключение

На фоне возрастающей сложности ревизионных операций после установки онкологических эндопротезов коленного сустава предложенная авторами методика приобретает особую значимость как возможное решение одной из ключевых проблем, с которой все чаще сталкиваются специалисты в области онкоортопедии, — устранение обширных внутрикостных дефектов и коррекция нарушений оси конечности вследствие миграции конструкции.

Пятилетние показатели выживаемости конструкций у пациентов, перенесших операцию с использованием биологической реконструкции костей, демонстрируют

результаты, сравнимые с теми, что наблюдаются после первичной имплантации онкологического эндопротеза коленного сустава. Это дает надежду на то, что данная методика способна существенно улучшить качество лечения и продлить срок службы протеза.

Тем не менее, чтобы окончательно подтвердить эффективность этого подхода, необходимы дальнейшие исследования с участием большего числа пациентов, позволяющие получить долгосрочную оценку результатов.

## Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S

1. Pala E., Trovarelli G., Calabrò T. et al. Survival of modern knee tumor megaprotheses: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(3):891–9. DOI: 10.1007/s11999-014-3699-2
2. Bus M.P., van de Sande M.A., Fiocco M. et al. What are the long-term results of MUTARS® modular endoprotheses for reconstruction of tumor resection of the distal femur and proximal tibia? *Clin Orthop Relat Res* 2017;475(3):708–18. DOI: 10.1007/s11999-015-4644-8. Erratum in: *Clin Orthop Relat Res* 2017;475(3):922. DOI: 10.1007/s11999-015-4684-0
3. Gómez-Muñoz E., Navarro-Ruiz de Adana I., Cebrián-Parra J.L. et al. Evaluación funcional y calidad de vida en megaprótesis implantadas por tumores musculoesqueléticos en miembro inferior [Functional evaluation and quality of life in megaprotheses implanted by musculoskeletal tumors in the lower limb]. *Acta Ortop Mex* 2022;36(3):146–51. (In Spanish).
4. Соколовский А.В., Соколовский В.А., Блудов А.Б. и др. Долгосрочные результаты и современные принципы профилактики и лечения пациентов с асептической нестабильностью эндопротеза в онкологии. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2022;14(1):11–24. DOI: 10.17650/2782-3687-2022-14-1-11-24 Sokolovsky A.V., Sokolovsky V.A., Bludov A.B. et al. Long-term results and modern principles of prevention and treatment of patients with aseptic instability of the endoprosthesis in oncology. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi* = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin 2022;14(1):11–24. DOI: 10.17650/2782-3687-2022-14-1-11-24
5. Henderson E.R., O'Connor M.I., Ruggieri P. et al. Classification of failure of limb salvage after reconstructive surgery for bone tumours: a modified system Including biological and expandable reconstructions. *Bone Joint J* 2014;96-B(11):1436–40. DOI: 10.1302/0301-620X.96B.11.34747
6. Henderson E.R., Groundland J.S., Pala E. et al. Failure mode classification for tumor endoprotheses: retrospective review of five institutions and a literature review. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(5):418–29. DOI: 10.2106/JBJS.J.00834
7. Boettner F., Bechler U., Springer B. et al. Impaction bone grafting in revision total knee arthroplasty—using mesh and cone to contain the defect: a report of 3 cases. *Arthroplast Today* 2020;6(3):578–84. DOI: 10.1016/j.artd.2020.07.001. Erratum in: *Arthroplast Today* 2022;15:225. DOI: 10.1016/j.artd.2022.01.008
8. Pala E., Trovarelli G., Angelini A., Maraldi M. et al. Megaprosthesis of the knee in tumor and revision surgery. *Acta Biomed* 2017;88(2S): 129–38. DOI: 10.23750/abm.v88i2-S.6523
9. Lei P.F., Hu R.Y., Hu Y.H. Bone defects in revision total knee arthroplasty and management. *Orthop Surg* 2019;11(1):15–24. DOI: 10.1111/os.12425
10. Jabbal M., Simpson A.H.R., Walmsley P. Mechanisms of bone loss in revision total knee arthroplasty and current treatment options. *Orthop Rev (Pavia)* 2023;15:75359. DOI: 10.52965/001c.75359
11. Steens W., Loehr J.F., Wödtke J., Katzer A. Morselized bone grafting in revision arthroplasty of the knee: a retrospective analysis of 34 reconstructions after 2–9 years. *Acta Orthop* 2008;79(5):683–8. DOI: 10.1080/17453670810016713
12. Sugita T., Aizawa T., Sasaki A. et al. Autologous morselized bone grafting for medial tibial defects in total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2015;23(2):185–9. DOI: 10.1177/230949901502300214
13. Bedard N.A., Dugdale E.M., Couch C.C. et al. Diaphyseal impaction grafting combined with metaphyseal cones: outcomes in 88 revision total knee arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am* 2024;106(14):1293–9. DOI: 10.2106/JBJS.23.01085
14. Bedard N.A., Cates R.A., Lewallen D.G. et al. Outcomes of a technique combining diaphyseal impaction grafting and metaphyseal cones for severe bone loss in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J* 2020;102-B(6\_Suppl\_A):116–22. DOI: 10.1302/0301-620X.102B6.BJJ-2019-1511.R1
15. Li X., Han J., Shi X. et al. Zoledronic acid and denosumab for periprosthetic bone mineral density loss after joint arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Osteoporos* 2023;18(1):37. DOI: 10.1007/s11657-023-01227-9
16. Bhandari M., Bajammal S., Guyatt G.H. et al. Effect of bisphosphonates on periprosthetic bone mineral density after total joint arthroplasty. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(2):293–301.
17. Liu Y., Xu J.W., Li M.Y. et al. Zoledronic acid for periprosthetic bone mineral density changes in patients with osteoporosis after hip arthroplasty—an updated meta-analysis of six randomized controlled trials. *Front Med (Lausanne)* 2021;8:801282. DOI: 10.3389/fmed.2021.801282
18. Enneking W.F., Dunham W., Gebhardt M.C. et al. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop Relat Res* 1993;286:241–6.

### Вклад авторов

И.М. Михайлов: разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста рукописи, коррекция и окончательная редакция;

П.В. Григорьев: обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

А.А. Кизина: обзор публикаций по теме статьи.

### Authors' contributions

I.M. Mikhailov: development of the research design, review of publications on the topic of the article, analysis of the data obtained, article writing, correction and final revision;

P.V. Grigoriev: review of publications on the topic of the article, article writing;

A.A. Kizina: review of publications on the topic of the article.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

И.М. Михайлов / I.M. Mikailov: <https://orcid.org/0000-0002-1631-0463>

А.А. Кизина / A.A. Kizina: <https://orcid.org/0009-0002-6608-6647>

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

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

**Финансирование.** Государственное бюджетное финансирование.

**Funding.** State budget financing.

**Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики**

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России (протокол № 3 от 06.11.2020).

Пациенты подписали добровольное согласие на участие в исследовании.

**Compliance with patient rights and principles of bioethics**

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the R.R. Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of Russia (protocol No. 3 dated 06.11.2020).

The patients signed a voluntary consent to participate in the study.

**Статья поступила:** 23.09.2024. **Принята к публикации:** 19.10.2024. **Опубликована онлайн:** 20.01.2025.

**Article submitted:** 23.09.2024. **Accepted for publication:** 19.10.2024. **Published online:** 20.01.2025.