



Оценка эффективности ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава, проведенного по поводу инфекции

И.М. Микайлов^{1,2}, П.В. Григорьев³

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

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

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

Контакты: Илкин Мугадасович Микайлов mim17@mail.ru

Введение. С ростом числа первичных онкологических эндопротезирований коленного сустава увеличилось и число послеоперационных осложнений, среди которых одним из самых серьезных является инфекция, развивающаяся у 10–25 % пациентов. «Золотым стандартом» лечения инфекции считается двухэтапное ревизионное эндопротезирование, включающее удаление зараженного эндопротеза и установку спейсера с последующей антибактериальной терапией. Тем не менее удаление инфицированного эндопротеза может привести к ряду проблем, таких как потеря костной массы, появление кортикальных дефектов, атрофия мышц и ухудшение функции сустава, что снижает эффективность 2-го этапа лечения. Эти обстоятельства подчеркивают необходимость оценки эффективности двухэтапных ревизионных вмешательств.

Цель исследования – проанализировать результаты лечения пациентов, перенесших двухэтапное онкологическое ревизионное эндопротезирование коленного сустава.

Материалы и методы. В исследование включены 56 пациентов (33 (58,9 %) женщины и 23 (41,1 %) мужчины), которым в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена проведен 1-й этап ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Медиана возраста пациентов составила 52 года. Критерием включения в исследование был срок наблюдения не менее 36 мес после 2-го этапа хирургического лечения. На 1-м этапе применяли артродезирующие цементные спейсеры, установленные с использованием титановых блокируемых интрамедуллярных стержней. После курса антибактериальной терапии определяли дальнейшую тактику лечения, которая могла включать различные виды окончательных хирургических вмешательств: эндопротезирование, ампутацию, артродез с использованием аппарата внешней фиксации или модульных онкологических конструкций. Проанализированы следующие параметры: наличие рецидива инфекции, характер окончательного лечения, срок использования спейсера, наличие дефектов кости и разгибательного аппарата, функциональные результаты и выживаемость эндопротезов. Функциональные результаты оценивали через 12 мес после операции с использованием шкалы Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS).

Результаты. В 43 (76,8 %) случаях не обнаружено рецидива инфекции после установки спейсера. Из них в 3 случаях выполняли погружной артродез онкологической модульной системой, в 8 – артродез с использованием аппарата внешней фиксации, в 5 – установку спейсера с блокировкой. Эндопротезирование проведено 27 (48,2 %) пациентам, 19 из которых проведена резекция дистального отдела бедренной кости, 8 – резекция проксимального отдела большеберцовой кости. После установки эндопротеза рецидив инфекции возник в 3 случаях (в 1 – через 39 мес, в 1 – через 46 мес, в 1 – через 56 мес). Пятилетняя выживаемость эндопротезов без рецидивов инфекции составила 87,5 %, медиана срока бессобытийной выживаемости конструкции – 88 мес. При наличии обширных внутрикостных диафизарных дефектов риск ревизионного хирургического вмешательства значительно повышался ($p = 0,041$). Только 8 из 13 пациентов с выявленным после установки спейсера рецидивом инфекционного процесса удалось провести переустановку спейсера, 5 оставшихся пациентов подверглись ампутации конечности. С помощью шкалы MSTS проанализирована функция коленного сустава у больных, которым выполнено эндопротезирование коленного сустава. Медиана составила 76,7 %, причем у пациентов, которым выполнялась резекция дистального отдела бедренной кости, функция сустава оказалась статистически значимо лучшей, чем у пациентов, которым проводили резекцию проксимального отдела большеберцовой кости ($p < 0,001$). Снижение функции было обусловлено несостоятельностью разгибательного аппарата, особенно у больных, которым проведена резекция проксимального отдела большеберцовой кости ($p < 0,001$).

Заключение. Полученные результаты подтверждают, что двухэтапное ревизионное онкологическое эндопротезирование коленного сустава эффективно при инфекционных осложнениях. Этот подход позволяет добиться удов-

летворительного уровня контроля над инфекцией и дает относительную возможность эффективно переустановить эндопротез. Для снижения вероятности неудачи и улучшения функциональных результатов лечения необходимо учитывать риски, связанные с обширными внутрикостными дефектами, несостоятельностью разгибательного аппарата и сроками между этапами операции.

Ключевые слова: онкологическое эндопротезирование, инфекционное осложнение эндопротезирования, опухолевое поражение коленного сустава

Для цитирования: Михайлов И.М., Григорьев П.В. Оценка эффективности ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава, проведенного по поводу инфекции. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2025;17(1):40–8.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2025-17-1-40-48>

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF REVISION ONCOLOGICAL KNEE REPLACEMENT PERFORMED FOR INFECTION

I.M. Mikailov^{1,2}, P.V. Grigoriev³

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

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

³Clinical Hospital “Russian Railways-Medicine” of Saint Petersburg; 27 Prospekt Mechnikova, Saint Petersburg 195271, Russia

Contacts: Ilkin Mugadasovich Mikaylov mim17@mail.ru

Introduction. With the increase in the number of primary oncological knee joint replacement, the frequency of postoperative complications has also increased, among which infection has become one of the most serious, occurring in 10–25 % of patients. Two-stage revision, including removal of an infected prosthesis and installation of a spacer followed by antibiotic therapy, is considered the gold standard for treating infection. However, removing an infected prosthesis can lead to a number of problems, such as loss of bone mass, cortical defects, muscle atrophy, and impaired joint function, which reduces the effectiveness of the second stage of treatment. These circumstances highlight the need to evaluate the actual effectiveness of two-stage revision interventions, which was the reason for this study.

Aim. To study the results of treatment of patients who underwent two-stage cancer revision arthroplasty of the knee joint.

Materials and methods. In our study, 56 patients were enrolled, who underwent the first stage of revision arthroplasty of the knee joint in our clinic. The inclusion criterion was a follow-up period of at least 36 months after the second stage of surgical treatment. At the first stage, arthrodesis cement spacers were used, installed using titanium lockable intramedullary rods. After a course of antibiotic therapy, further tactics of treatment were chosen, which could include various types of final surgical interventions, such as endoprosthesis, amputation, arthrodesis using an external fixation apparatus or modular oncological structures. The average age of the patients was 52 years, the majority of whom were women (58.9 %). To achieve the goal, the following parameters were analyzed: the presence of infection recurrence, the nature of the final treatment, the duration of use of the spacer, the presence of bone and extensor apparatus defects, functional results, and endoprosthesis survival. Functional results were evaluated 12 months after surgery using the Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) scale.

Results. In the study, 56 patients participated, with no signs of infection recurrence detected in 43 (76.8 %) of them after installing the spacer. Of these 43 patients, three performed a buried arthrodesis with an oncological modular system, 8 – arthrodesis using AFV, 5 – installation of a spacer with blocking. Endoprosthesis was performed in 27 (48.2 %) patients, of whom 19 had resection of the distal femur, and eight – proximal tibia. After implantation of the endoprosthesis, infection recurred in three patients after 39, 46, and 56 months, respectively. Five-year survival without infection recurrence was 87.5 %. The median time to event-free survival of the structure was 88 months. In the presence of extensive intraosseous defects, the risk of revision surgical intervention increases significantly ($p = 0,041$). Of the 13 patients diagnosed with infection recurrence after installing the spacer, only eight managed to perform resetting of the spacer, while the remaining five underwent lower limb amputation. Using the MSTS scale, an analysis of the function of the knee joint was performed in patients who underwent knee endoprosthesis. The median was 76.7 %, and in patients with resection of the distal femur, the knee joint function was statistically significantly better ($p < 0.001$).

Conclusion. Our results confirm that two-stage revision oncological arthroplasty of the knee joint is effective in treating infectious complications in patients with oncological lesions of the knee joint. This approach provides control over infection and allows for the reinstallation of the endoprosthesis. To reduce the likelihood of failures and improve the functional outcomes of treatment, it is necessary to take into account the risks associated with extensive intraosseous defects, insufficiency of the extensor apparatus, and the timing between stages of the operation.

Keywords: oncological endoprosthetics, infectious complication of endoprosthetics, tumor of the knee joint

For citation: Mikailov I.M., Grigoriev P.V. Evaluation of the effectiveness of revision oncological knee replacement performed for infection. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin* 2025;17(1):40–8. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2025-17-1-40-48>

Введение

История онкологического эндопротезирования коленного сустава насчитывает более 50 лет. Важной вехой в развитии специализированных онкоортопедических конструкций стало начало применения фиксирующихся в кости петлевых эндопротезов коленного сустава на длинных ножках, одна из которых перекрывает дефект, формирующийся после резекции опухоли. Впервые такой эндопротез сконструировал К.М. Сиваша, он был установлен Н.Н. Трапезниковым в 1967 г. [1].

Благодаря развитию комплексного подхода к лечению первичных и вторичных злокачественных опухолей, поражающих костную систему, улучшились показатели общей выживаемости пациентов. На фоне этого онкологическое эндопротезирование получило новый виток развития. В 90-е годы XX в. появились модульные системы, что расширило возможности хирургической помощи и позволило увеличить сроки выживаемости конструкции [1–3].

На сегодняшний день онкологическое эндопротезирование является стандартом хирургического этапа лечения больных со злокачественным опухолевым поражением коленного сустава. Данный метод улучшает качество жизни пациентов и позволяет довольно быстро реабилитировать их [4–6]. Однако с увеличением числа эндопротезирований стало очевидно, что такой объем хирургического лечения сопряжен с высокой частотой развития послеоперационных осложнений. Так, по данным разных авторов, она может составлять от 10 до 50 % [7–10].

Долгое время самым часто встречающимся осложнением была инфекция в области эндопротеза коленного сустава [11]. Лечение данной патологии представляет сложность и имеет высокую стоимость. К тому же выявление инфекции на этапе незаконченной адьювантной противоопухолевой терапии может привести к ее прекращению, что негативно отразится на выживаемости пациентов [12, 13].

Согласно классификации International Society of Limb Salvage 2013 (ISOLS 2013) инфекция в области эндопротеза относится к IV типу осложнений. Выделяют подтипы IVa – ранние осложнения, развивающиеся в сроки до 2 лет, и IVb – поздние осложнения, возникающие в сроки более 2 лет. Частота появления инфекции у пациентов, которым выполнено онкологическое эндопротезирование коленного сустава, по данным различных авторов, варьирует от 10 до 25 % [11, 14].

«Золотым стандартом» лечения пациентов с инфекцией в области эндопротеза является двухэтапное реэндопротезирование коленного сустава [15–18]. На 1-м этапе выполняются удаление эндопротеза и установка блоковидного (артродезирующего) или артикулирующего спейсера с последующим проведением индивидуальной длительной антибактериальной терапии. На 2-м этапе в случае отсутствия проявления инфекции устанавливается новый эндопротез. В тех случаях, когда формируются значительные дефекты кости или окружающих мягких тканей, делающие невозможным проведение реконструктивного хирургического вмешательства, приходится выполнять калечащие операции [19, 20].

Исходя из нашего клинического опыта ревизионной хирургии в области коленного сустава, с уверенностью можно сказать, что помимо рецидивов инфекции (которые широко освещены в литературе) наиболее частыми последствиями удаления инфицированного эндопротеза являются потеря большого объема эндостальной кости, кортикальные дефекты, несостоятельность разгибательного аппарата коленного сустава, атрофия мышц и остеопороз. Все вышесказанное снижает эффективность 2-го этапа, негативно влияет на функцию сустава и выживаемость установленной конструкции.

Таким образом, на сегодняшний день остается открытым вопрос об эффективности двухэтапных ревизионных вмешательств у пациентов с инфекционными осложнениями в зоне онкологического эндопротеза коленного сустава.

Цель исследования – проанализировать результаты лечения пациентов, перенесших двухэтапное онкологическое реэндопротезирование коленного сустава.

Материалы и методы

В исследование включены 56 пациентов, которым с 2012 по 2021 г. в Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена проведен 1-й этап ревизионного эндопротезирования коленного сустава в виде удаления компонентов эндопротеза, дебрідмента раны и установки временного артродезирующего спейсера из костного цемента с антибиотиком.

Критерием включения в исследование был срок наблюдения не менее 36 мес с момента проведения 2-го этапа хирургического лечения.

Среди включенных в исследование пациентов были 33 (58,9 %) женщины и 23 (41,1 %) мужчины. Медиана возраста больных составила 52 года (1-й квартиль (Q_1) – 3-й квартиль (Q_3) – 44,75–57,50; min–max – 32–74), медиана срока наблюдения – 72,5 мес (Q_1 – Q_3 – 55,5–88,0; min–max – 36–144).

На 1-м этапе использовали артродезирующие цементные спейсеры. Все пациенты прооперированы с применением титановых блокируемых интрамедуллярных стержней, являющихся основой для формирования спейсера из костного цемента. Стержни устанавливали в костные каналы и скрепляли проволокой или винтами в средней точке дефекта костей, формирующегося после удаления эндопротеза коленного сустава.

В качестве пластического материала применяли костный цемент с антибиотиком, а цементную пластику проводили в 2 этапа:

- на 1-м этапе стержни покрывали тонким слоем цементной мантии на всем их протяжении (для этого использовали силиконовые формы, при их отсутствии данная процедура выполнялась методом ручной лепки);
- 2-й этап проводили после установки стержней в каналы бедренной и большеберцовой костей; он заключался в плотном заполнении полости в области коленного сустава, что позволило создать условия для установки эндопротеза после удаления спейсера.

После индивидуального курса антибактериальной терапии дальнейшая тактика лечения пациентов определялась консилиумом, при этом учитывали характер инфекционного анамнеза, состояние сохранившихся сегментов кости, целостность разгибательного аппарата, наличие грубых послеоперационных рубцовых изменений, длину конечности и наличие неврологических осложнений.

Выполнены 5 вариантов окончательного хирургического лечения: онкологическое эндопротезирование коленного сустава, ампутация конечности, артродез коленного сустава с применением аппарата внешней фиксации, погружной артродез (устанавливали модульную онкологическую конструкцию), установка артродезирующего спейсера с блокированием стержней в каналах.

В 31 (55,4 %) случае проведена резекция дистального отдела бедренной кости, в 25 (44,6 %) – проксимального отдела большеберцовой кости.

Первичное эндопротезирование выполняли по поводу различных видов опухолевого поражения. В 14 (25 %) случаях выявлены первичные злокачественные новообразования (в 6 – остеогенная саркома, в 8 – хондросаркома), в 40 (71,4 %) – первичные локально агрессивные доброкачественные опухоли (в 36 – гигантоклеточная опухоль кости, в 4 – аневризальная костная киста), в 2 (3,6 %) – вторичное метастатичес-

кое поражение (в 1 – рак молочной железы, в 1 – рак почки).

Для реализации поставленной цели проанализированы следующие параметры: наличие рецидива инфекции, обширных внутрикостных дефектов, характер окончательного хирургического вмешательства, время от установки артродезирующего спейсера, несостоятельность разгибательного аппарата, функциональные результаты, выживаемость эндопротеза без рецидива инфекции после 2-го этапа ревизионного вмешательства, бессобытийная выживаемость.

Для оценки функциональных результатов использовали шкалу Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) [21]. Контрольный осмотр пациентов, которым 2-м этапом выполнено эндопротезирование коленного сустава, проводили через 12 мес после хирургического вмешательства.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью операционной системы Windows, программного обеспечения Microsoft Excel, StatTech 4.4.1 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

Для описательной статистики данные представлены в процентном соотношении; во всех группах в качестве среднего значения использовали медиану. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполняли с помощью U-критерия Манна–Уитни. Прогностическую модель, характеризующую зависимость количественной переменной от разных факторов, разрабатывали с использованием метода линейной регрессии. Направление и тесноту корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении показателей, отличном от нормального). Для оценки выживаемости применяли метод множительных оценок Каплана–Майера. Различия считались достоверно значимыми при $p < 0,05$. Количественные показатели в исследуемых подгруппах для полноты описания и удобства восприятия и сравнения мы представили в форме Box and Whisker Plot.

Результаты

У 43 (76,8 %) пациентов после установки спейсера не возник рецидив инфекции. Трех из них выполнен погружной артродез онкологической модульной системой, 8 – артродез с применением аппарата внешней фиксации, 5 – установка спейсера с блокированием (в связи с отсутствием технической возможности проведения реконструктивной операции и отказом больных от ампутации оставлена временная конструкция). Таким образом, эндопротез установлен 27 (48,2 % всех случаев, 62,8 % случаев без рецидива инфекции) пациентам, 19 (70,4 %) из которых выполнена резекция дистального отдела бедренной кости, 8 (29,6 %) – резекция проксимального отдела большеберцовой кости.

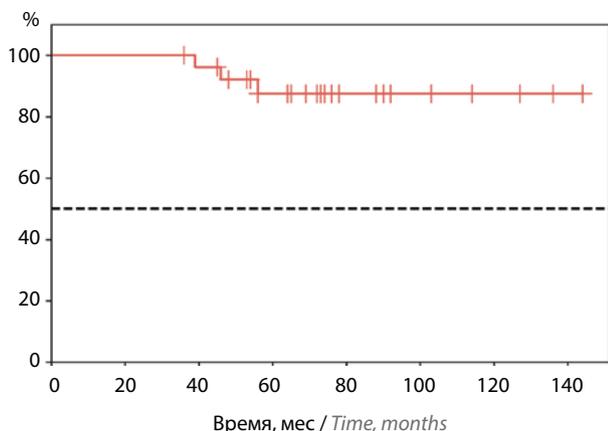


Рис. 1. Выживаемость эндопротезов у пациентов без рецидива инфекции
Fig. 1. Survival of endoprostheses in patients without infection recurrence

После установки эндопротеза повторный рецидив инфекции возник в 3 (11,1 %) случаях (в 1 – через 39 мес, в 1 – через 46 мес, в 1 – через 56 мес), что можно расценивать как поздние осложнения IVb типа (согласно классификации ISOLS 2013). Выживаемость эндопротезов у пациентов без рецидива инфекции представлена на рис. 1.

Таким образом, 5-летняя выживаемость эндопротеза без рецидивов инфекции в его ложе составила 87,5 %.

В 1 из 3 случаев выполнена ампутация, в 1 – установлен спейсер с блокированием, без выполнения реконструктивного этапа, в 1 – проведено повторное двухэтапное реэндопротезирование.

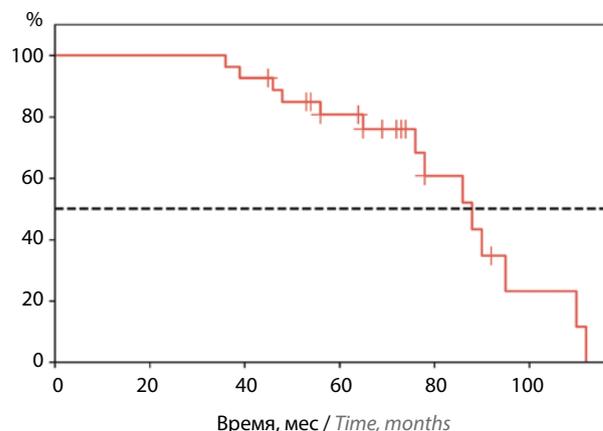


Рис. 2. Бессобытийная выживаемость эндопротезов коленного сустава
Fig. 2. Event-free survival of knee joint endoprostheses

Также мы проанализировали бессобытийную выживаемость эндопротезов в данной группе пациентов (рис. 2). Медиана бессобытийной выживаемости конструкции составила 88 мес (95 % ДИ 76–95 мес). Помимо рецидивов инфекции проанализирована частота развития асептической нестабильности компонентов в период наблюдения от 7 лет и более, что соответствует срокам развития поздних механических осложнений, присущих эндопротезам подобной конструкции.

Также оценен риск проведения ревизионного хирургического вмешательства в зависимости от наличия обширных внутрикостных дефектов и несостоятельности разгибательного аппарата (табл. 1).

Таблица 1. Риск проведения ревизионного хирургического вмешательства в зависимости от наличия обширных внутрикостных дефектов и несостоятельности разгибательного аппарата

Table 1. Risk of revision surgical intervention depending on the presence of extensive intraosseous defects and extensor mechanism failure

Показатель Parameter	Ревизионное вмешательство Revision intervention		p
	не проводилось was not performed	проводилось was performed	
Обширные внутрикостные дефекты: Extensive intraosseous defects:			
есть present	4 (30,8)	0 (0)	0,041*
нет absent	9 (69,2)	14 (100)	
Несостоятельность разгибательного аппарата: Extensor mechanism failure:			
есть present	7 (53,8)	9 (64,3)	0,704
нет absent	6 (46,2)	5 (35,7)	

*Различия статистически значимы (p < 0,05).

*Differences are statistically significant (p < 0.05).

Согласно данным, представленным в табл. 1, при наличии обширных внутрикостных дефектов риск ревизионного хирургического вмешательства статистически значимо выше, чем при их отсутствии ($p = 0,041$; точный критерий Фишера). Шансы проведения ревизии в группе выявленных внутрикостных дефектов оказались в 13,7 раза больше, различия шансов не были статистически значимыми (95 % ДИ 0,661–285,488).

Несостоятельность разгибательного аппарата не показала статистически значимого влияния на повышение риска ревизионного хирургического вмешательства ($p = 0,704$; точный критерий Фишера).

У 13 (23,3 %) пациентов исследуемой группы при контрольном осмотре по окончании курса антибактериальной терапии выявлен рецидив инфекционного процесса. У 5 из них он возник на фоне обширных дефектов костей, образующих коленный сустав, в связи с чем выполнена ампутация конечности. Остальным 8 пациентам проведена повторная saniрующая операция с переустановкой спейсера. На следующем этапе 3 из них в связи с некупируемой рецидивирующей инфекцией выполнена ампутация, 3 – артродез с использованием аппарата внешней фиксации, 2 – эндопротезирование коленного сустава.

Распределение пациентов в зависимости от вида последней операции представлено в табл. 2.

Согласно данным, представленным в табл. 2, эндопротезирование коленного сустава проведено 48,2 % пациентов, вошедших в исследование. Сохранить конечность тем или иным оперативным способом удалось в 47 (83,9 %) случаях.

С помощью шкалы MSTS через 12 мес после хирургического вмешательства мы проанализировали функцию коленного сустава у пациентов, которым выполнено

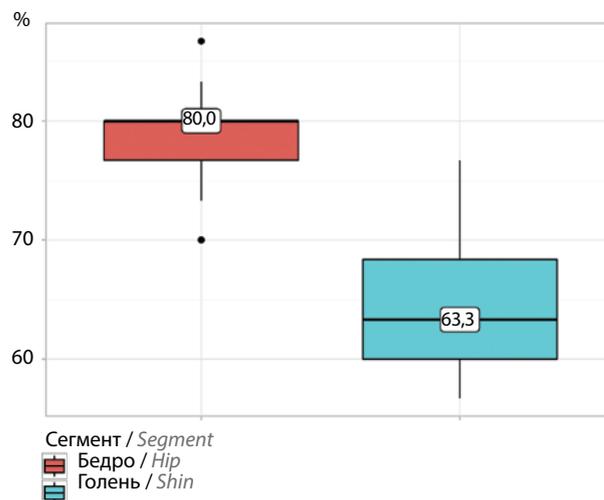


Рис. 3. Результаты анализа функции коленного сустава по шкале Musculoskeletal Tumor Society Score через 12 мес после хирургического вмешательства в зависимости от локализации опухоли
Fig. 3. Results of analysis of the knee joint function per the Musculoskeletal Tumor Society Score scale 12 months after surgical intervention depending on tumor location

эндопротезирование коленного сустава. Медиана составила 76,7 % ($Q_1-Q_3 - 68,3-80,0$; min–max –56,7–86,7). Функциональные результаты в зависимости от локализации опухоли представлены на рис. 3.

Выявлены существенные различия в функции коленного сустава в зависимости от резецированного сегмента: у пациентов с резекцией дистального отдела бедренной кости функция сустава оказалась статистически значимо лучшей ($p < 0,001$; U-критерий Манна–Уитни).

Медиана сроков между 1-м и 2-м этапами ревизионного эндопротезирования коленного сустава составила 4 мес ($Q_1-Q_3 - 3-5$; min–max – 3–8).

Таблица 2. Распределение пациентов в зависимости от вида последней операции

Table 2. Patient distribution per the type of final surgery

Окончательное хирургическое лечение Final surgical treatment	Абс. Abs.	%	95 % доверительный интервал 95 % confidence interval
Эндопротезирование Endoprosthesis	27	48,2	34,7–62,0
Ампутация Amputation	9	16,1	7,6–28,3
Артродез с использованием аппарата внешней фиксации Arthrodesis with external fixation device	11	19,6	10,2–32,4
Погружной артродез Internal arthrodesis	3	5,4	1,1–14,9
Спейсер Spacer	6	10,7	4,0–21,9

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи срока от установки спейсера и функции коленного сустава по шкале Musculoskeletal Tumor Society Score через 12 мес после хирургического вмешательства

Table 3. Results of correlation analysis of the relation between spacer installation time and knee joint function per the Musculoskeletal Tumor Society Score scale 12 months after surgical intervention

Показатель Parameter	Значение Value
ρ	-0,245
Теснота связи по шкале Чеддока Strength of correlation per the Chaddock scale	Слабая Weak
p	0,217

Также мы выполнили корреляционный анализ взаимосвязи срока от установки спейсера и функции коленного сустава. Его результаты представлены в табл. 3 и на рис. 4.

При оценке связи функции и длительности наличия артродезирующего спейсера выявлена обратная связь слабой тесноты. Наблюдаемую зависимость функции коленного сустава от срока установки спейсера отражает уравнение парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{MSTS 12 мес}} = -1,098 \times X_{\text{Срок от установки спейсера}} + 78,669,$$

где MSTS 12 мес – функция коленного сустава по шкале MSTS через 12 мес после хирургического вмешательства.

Таблица 4. Функция коленного сустава в зависимости от наличия костных дефектов и несостоятельности разгибательного аппарата
Table 4. Knee joint function depending on the presence of bone defects and extensor mechanism failure

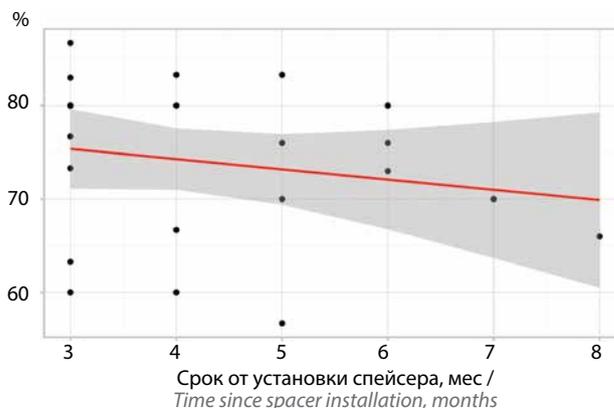
Показатель Parameter	Функция коленного сустава по шкале MSTS через 12 мес после хирургического вмешательства, % Knee joint function per the MSTS scale 12 months after surgical intervention, %			p
	медиана median	Q_1-Q_3	n	
Обширные внутрикостные дефекты: Extensive intraosseous defects:				
есть present	78,3	76,7–80,0	4	0,301
нет absent	76,0	66,3–80,0	23	
Несостоятельность разгибательного аппарата: Extensor mechanism failure:				
есть present	80,0	76,5–80,8	16	<0,001*
нет absent	66,7	63,3–71,5	11	

*Различия статистически значимы ($p < 0,05$).

Примечание. Q_1 – 1-й квартиль; Q_3 – 3-й квартиль.

*Differences are statistically significant ($p < 0.05$).

Note. Q_1 – 1st quartile; Q_3 – 3rd quartile.



— Функция коленного сустава по шкале MSTS через 12 мес после хирургического вмешательства, % /
Knee joint function per the MSTS scale 12 months after surgical intervention, %

Рис. 4. Регрессионная функция, характеризующая зависимость функции от срока от установки спейсера

Fig. 4. Regression function characterizing dependence of the function on the time of spacer installation

При увеличении срока от установки спейсера на 1 мес следует ожидать снижения функциональных результатов на 1,098 % по шкале MSTS. Полученная модель объясняет 3,7 % наблюдаемой дисперсии по шкале MSTS через 12 мес после хирургического вмешательства.

Также мы проанализировали зависимость функции сустава от наличия обширных внутрикостных дефектов и несостоятельности разгибательного аппарата (табл. 4).

В ходе анализа выявлено статистически значимое снижение функции сустава у пациентов с подтвержденной несостоятельностью разгибательного аппарата ($p < 0,001$; U-критерий Манна–Уитни). При сравнении функциональных результатов пациентов с наличием обширных внутрикостных дефектов и без них нам не удалось выявить значимых различий ($p = 0,301$; U-критерий Манна–Уитни).

Обсуждение

Мы проанализировали эффективность двухэтапного ревизионного онкологического эндопротезирования коленного сустава, которое на сегодняшний день считается «золотым стандартом» хирургического лечения инфекционных осложнений, предотвращения рецидивов инфекции и сохранения функций сустава. Результаты исследования показали, что у подавляющего большинства пациентов (76,8 %) рецидив инфекции после установки артродезирующего спейсера не возник. Однако провести успешное эндопротезирование 2-м этапом удалось только в 48 % случаев.

Пятилетняя выживаемость эндопротезов без рецидива инфекции составила 87,5 %, что можно считать неплохим результатом. Это свидетельствует о том, что данный метод является довольно эффективным в борьбе с инфекцией и способствует предотвращению ее повторного развития. Медиана срока бессобытийной выживаемости эндопротезов составила 88 мес, что говорит об удовлетворительном долгосрочном прогнозе сохранения конструкции и конечности у пациентов, получивших данное лечение.

Наличие у пациентов обширных внутрикостных диафизарных дефектов оказывает статистически значимое влияние на выживаемость эндопротеза после 2-го этапа ревизионной операции. Согласно полученным нами данным при таких дефектах чаще возникает необходимость в ревизионных хирургических вмешательствах ($p = 0,041$). Это подчеркивает важность тщательной предоперационной подготовки, индивидуального выбора подходящей стратегии лечения и разработки новых методик восстановления целостности костного канала.

Выявлено, что несостоятельность разгибательного аппарата не оказывает статистически значимого воздействия на увеличение риска проведения ревизионного вмешательства. Однако установлено статистически

значимое влияние этого фактора на снижение функции сустава ($p < 0,001$), что в большей степени наблюдалось у пациентов, которым выполнена резекция проксимального отдела большеберцовой кости. Зачастую у данной категории больных связка надколенника либо сильно укорочена, либо отсутствует.

Как и следовало ожидать, функциональные результаты оказались лучше у пациентов, которым проведена резекция дистального отдела бедренной кости, по сравнению с пациентами, которым выполнена резекция проксимального отдела большеберцовой кости ($p < 0,001$).

У всех больных, перенесших эндопротезирование, медиана оценки функции коленного сустава по шкале MSTs составила 76,7 %, что можно считать хорошим результатом.

При оценке связи функции коленного сустава и срока от установки артродезирующего спейсера выявлена обратная связь слабой тесноты при условии, что медиана времени между 1-м и 2-м этапами хирургического лечения составила 4 мес. Полученные результаты отражают общепринятую тенденцию к отрицательному влиянию длительности отсутствия движений в коленном суставе на восстановление его функции. Однако мы не выявили сильную корреляционную связь, что может быть обусловлено небольшим числом наблюдений.

Остается нерешенным вопрос, что делать в случаях, когда не удалось провести реконструктивный этап и у пациентов осталась временная конструкция в виде артродезирующего спейсера. В дальнейшем для больных данной группы необходимо разработать индивидуальный план консервативного лечения и реабилитационных мероприятий, направленных на поддержание стабильности конструкции.

Заключение

Двухэтапное ревизионное онкологическое эндопротезирование коленного сустава является эффективным методом лечения инфекционных осложнений. Этот подход позволяет добиться удовлетворительного уровня контроля над инфекцией и дает относительную возможность эффективной переустановки эндопротеза. Однако для минимизации вероятности неудачи и улучшения исхода лечения важно учитывать потенциальные риски, связанные с наличием обширных внутрикостных дефектов и несостоятельностью разгибательного аппарата.

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

- Kotz R.I. Progress in musculoskeletal oncology from 1922–2012. *Int Orthop* 2014;38(5):1113–22. DOI: 10.1007/s00264-014-2315-0
- Crimi A., Joyce D.M., Binitie O. et al. The history of resection prosthesis. *Int Orthop* 2023;47(3):873–83. DOI: 10.1007/s00264-023-05698-w
- Bus M.P., van de Sande M.A., Fiocco M. et al. What are the long-term results of MUTARS® modular endoprostheses 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
- Ferrara P.E., Ariani M., Codazza S. et al. Modular universal tumor and revision system prostheses in patients with bone cancer of the lower limbs: a narrative review of functional outcomes. *Cancers (Basel)* 2024;16(19):3357. DOI: 10.3390/cancers16193357
- Pala E., Trovarelli G., Ippolito V. et al. A long-term experience with Mutars tumor megaprosthesis: analysis of 187 cases. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2022;48(3):2483–91. DOI: 10.1007/s00068-021-01809-7
- Zhang C., Hu J., Zhu K. et al. Survival, complications and functional outcomes of cemented megaprosthesis for high-grade osteosarcoma around the knee. *Int Orthop* 2018;42(4):927–38. DOI: 10.1007/s00264-018-3770-9
- Gonzalez M.R., Pretell-Mazzini J., Lozano-Calderon S.A. Risk factors and management of prosthetic joint infections in megaprosthesis – a review of the literature. *Antibiotics (Basel)* 2023;13(1):25. DOI: 10.3390/antibiotics13010025
- Gonzalez M.R., Clunk M.J., Acosta J.I. et al. High rates of treatment failure and amputation in modular endoprosthesis prosthetic joint infections caused by fungal infections with *Candida*. *Clin Orthop Relat Res* 2024;482(7):1232–42. DOI: 10.1097/CORR.0000000000002918
- Bulut H.I., Okay E., Kanay E. et al. Comparative effectiveness of silver-coated implants in periprosthetic infection prevention: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop* 2024;61:133–9. DOI: 10.1016/j.jor.2024.10.009
- Pala E., Trovarelli G., Angelini A. 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
- Henderson E.R., Groundland J.S., Pala E. et al. Failure mode classification for tumor endoprostheses: 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
- Capanna R., Scoccianti G., Frenos F. Vilaret al. What was the survival of megaprosthesis in lower limb reconstructions after tumor resections? *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(3):820–30. DOI: 10.1007/s11999-014-3736-1
- Pala E., Trovarelli G., Calabrò T. et al. Survival of modern knee tumor megaprosthesis: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(3):891–9. DOI: 10.1007/s11999-014-3699-2
- 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.96B11.34747
- Jeys L., Grimer R. The long-term risks of infection and amputation with limb salvage surgery using endoprostheses. *Recent Results Cancer Res* 2009;179:75–84. DOI: 10.1007/978-3-540-77960-5_7
- Sigmund I.K., Gamper J., Weber C. et al. of different revision procedures for infected megaprosthesis in musculoskeletal tumour surgery of the lower limb. *PLoS One* 2018;13(7):e0200304. DOI: 10.1371/journal.pone.0200304
- Mavrogenis A.F., Pala E., Angelini A. et al. Infected prostheses after lower-extremity bone tumor resection: clinical outcomes of 100 patients. *Surg Infect (Larchmt)* 2015;16(3):267–75. DOI: 10.1089/sur.2014.085
- Ji T., Guo W., Yang R., Tang X. [Two-stage revision for prostheses infection in patients with bone tumor after knee prosthetic replacement]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 2012;26(1):21–5. (In Chinese).
- Shen R., Su J., Zheng Z., Wu C. et al. [Treatment and influencing factors of infection after limb salvage surgery for malignant tumor around knee joint]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 2020;34(10):1226–32. (In Chinese). DOI: 10.7507/1002-1892.201912021
- Lin T., Jin Q., Mo X. et al. Experience with periprosthetic infection after limb salvage surgery for patients with osteosarcoma. *J Orthop Surg Res* 2021;16(1):93. DOI: 10.1186/s13018-021-02243-6
- 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 статьи, редактирование;

П.В. Григорьев: 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, editing;

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

ORCID авторов / ORCID of authors

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

П.В. Григорьев / P.V. Grigoriev: <https://orcid.org/0000-0003-2622-4478>

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.

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.

Статья поступила: 23.11.2024. **Принята к публикации:** 25.12.2024. **Опубликована онлайн:** 31.03.2025.

Article submitted: 23.11.2024. **Accepted for publication:** 25.12.2024. **Published online:** 31.03.2025.