

## Оценка эффективности первичного онкологического эндопротезирования коленного сустава при опухолевом поражении дистального отдела бедренной кости

И.М. Михайлов<sup>1,2</sup>, Р.М. Тихилов<sup>1</sup>, П.В. Григорьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Цель исследования** — определить факторы, влияющие на функциональные результаты и вероятность механических и инфекционных осложнений у пациентов с опухолевым поражением дистального отдела бедренной кости, перенесших первичное онкологическое эндопротезирование коленного сустава.

**Материал и методы.** Выполнен ретроспективный анализ результатов лечения 227 пациентов, которым в период с 2003 по 2018 г. проводилось первичное онкологическое эндопротезирование коленного сустава по поводу опухолевого поражения дистального отдела бедренной кости. Оценивали функциональные результаты по шкале MSTIS через 12 мес., механические и инфекционные осложнения по классификации ISOLS, а также факторы, оказывающие на них влияние.

**Результаты.** Различные виды осложнений со средним сроком их развития 70,5 мес. были выявлены у 70 (30,8%) пациентов: инфекция (тип IV) — 16 (7,1%); разрушение эндопротеза (тип III) — 13 (5,7%); нестабильность компонентов эндопротеза (тип II) — 41 (18,1%). Использование активного дренирования не повлияло на риск развития инфекционных осложнений, но позволило уменьшить послеоперационный койко-день ( $p < 0,001$ ). При весе пациента более 90 кг повышались риски разрушения конструкции ( $p = 0,044$ ). Использование эндопротезов с ротационной платформой снижало риски разрушения компонентов эндопротеза ( $p = 0,016$ ). При использовании анатомических бедренных ножек и протезов с ротационной платформой отмечалось значимое снижение рисков формирования нестабильности компонентов ( $p < 0,001$ ). Вид фиксации компонентов не влиял на частоту механических осложнений ( $p = 0,860$ ). Использование тонкой цементной мантши позволило снизить в 5,1 раза риски развития нестабильности эндопротеза по сравнению со стандартной техникой цементирования, различия шансов были статистически значимыми. Медиана функции коленного сустава по шкале MSTIS составила 80%. Наилучшую функцию сустава продемонстрировали пациенты, прооперированные из внутреннего доступа subvastus ( $p < 0,001$ ). На сроке наблюдения 60 мес. общая выживаемость эндопротезов варьировалась от 80 до 100%, однако спустя 125 мес. в качестве явных лидеров можно выделить эндопротезы фирм Stryker (92,9%), MUTARS (71,8%) и Biomet (69,1%).

**Заключение.** Наименьшие риски механических осложнений и повышение сроков выживаемости конструкции наблюдались при имплантации эндопротезов с наличием ротации в шарнирном механизме. Обязательным правилом установки бедренного компонента следует считать использование ножек анатомической формы. Выбор вида фиксации компонента не влияет на его выживаемость и стабильность, но является опцией, которая дает возможность хирургу осуществлять индивидуальный подход в зависимости от веса, возраста и состояния кости пациента. Наиболее благоприятные условия для восстановления функции коленного сустава обеспечивает использование медиального доступа subvastus.

**Ключевые слова:** онкологическое эндопротезирование коленного сустава, цементная фиксация, бесцементная фиксация, ротационный шарнир, фиксированный шарнир, хирургический доступ.

 **Для цитирования:** Михайлов И.М., Тихилов Р.М., Григорьев П.В. Оценка эффективности первичного онкологического эндопротезирования коленного сустава при опухолевом поражении дистального отдела бедренной кости. *Травматология и ортопедия России*. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17679>.

 Михайлов Илкин Мугадасович; e-mail: [mim17@mail.ru](mailto:mim17@mail.ru)

Рукопись получена: 07.02.2025. Рукопись одобрена: 25.02.2025. Статья опубликована онлайн: 28.02.2025.

© Михайлов И.М., Тихилов Р.М., Григорьев П.В., 2025



## Efficacy Evaluation of Primary Oncological Knee Arthroplasty in Patients with Tumor Involvement of the Distal Femur

Ilkin M. Mikailov<sup>1,2</sup>, Rashid M. Tikhilov<sup>1</sup>, Petr V. Grigoriev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**The aim of the study** was to determine the factors influencing functional outcomes and the likelihood of mechanical and infectious complications in patients with tumor involvement of the distal femur who underwent primary oncological knee arthroplasty.

**Methods.** We analyzed the treatment results of 227 patients who underwent primary oncological knee arthroplasty for tumor involvement of the distal femur between 2003 and 2018. Functional outcomes were assessed using the MSTS scale at the 12-month follow-up, while mechanical and infectious complications were evaluated according to the ISOLS classification. We also examined the factors affecting these outcomes.

**Results.** Various types of complications occurred after an average period of 70.5 months in 70 (30.8%) patients: infection (type IV) — 16 cases (7.1%); prosthesis failure (type III) — 13 (5.7%); instability of prosthetic components (type II) — 41 (18.1%). Active drainage did not affect the risk of infectious complications but significantly reduced postoperative hospital stay ( $p < 0.001$ ). Patients weighing more than 90 kg had a statistically significant increase in the risk of construct failure ( $p = 0.044$ ). The use of rotating platform prostheses significantly reduced the risk of component failure ( $p = 0.016$ ). When anatomical femoral stems and rotating platform prostheses were used, there was a significant reduction in the risks of component instability ( $p < 0.001$ ). The type of fixation did not increase the risk of mechanical complications ( $p = 0.860$ ). Utilization of a thin cement mantle decreased the risk of prosthesis instability by 5.1 times compared to standard cementation techniques, with statistically significant differences in odds ratios. The median function of the knee joint, as measured by the MSTS scale, was 80%. Patients operated through the subvastus approach demonstrated the best joint function ( $p < 0.001$ ). At the 60-month follow-up, overall prosthesis survival rates ranged from 80 to 100%. However, at 125 months, the leading prostheses were Stryker (92.9%), MUTARS (71.8%), and Biomet (69.1%).

**Conclusions.** Rotating-hinge endoprotheses showed optimal performance in reducing the risks of mechanical complications and increasing a construct lifespan. It is essential to use anatomically shaped stems when installing the femoral component. The choice of fixation method does not influence survival rate or stability of the component. It does, however, allow surgeons to take an individualized approach based on the patient's weight, age, and bone condition. The medial subvastus approach offers the most favorable conditions for restoring knee joint function.

**Keywords:** oncological knee arthroplasty, cemented fixation, cementless fixation, fixed hinge, rotating hinge, surgical approach.

**Cite as:** Mikailov I.M., Tikhilov R.M., Grigoriev P.V. Efficacy Evaluation of Primary Oncological Knee Arthroplasty in Patients with Tumor Involvement of the Distal Femur. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17679>.

✉ Ilkin M. Mikailov; e-mail: mim17@mail.ru

Submitted: 07.02.2025. Accepted: 25.02.2025. Published online: 28.02.2025.

© Mikailov I.M., Tikhilov R.M., Grigoriev P.V., 2025

## ВВЕДЕНИЕ

Онкологическое эндопротезирование является основным хирургическим методом лечения опухолевого поражения костей, формирующих коленный сустав, позволяющим не только удалить опухоль, но и восстановить утраченную функцию сустава и опороспособность конечности [1, 2].

На этапе зарождения онкоортопедии увеличилось число операций эндопротезирования сопровождалось не только высоким уровнем онкологических осложнений, но и проблемами, вызванными качеством доступных имплантатов, отсутствием понимания, каким должен быть их оптимальный дизайн, а также отсутствием отработанной техники их установки. Все это естественным образом приводило к достаточно высокому количеству разнообразных осложнений и неоднозначным функциональным результатам [2, 3].

Параллельно с достижениями в области лекарственной и системной противоопухолевой терапии, развитие технологий и материалов, применяемых для изготовления современных эндопротезов, способствовало повышению эффективности и безопасности этого метода [4, 5, 6].

Активное развитие онкологического эндопротезирования привело к формированию определенных точек роста данного направления, к которым можно отнести внедрение модульных систем; возможность цементной и бесцементной фиксации компонентов; изменение длины, формы, изгиба и поверхности ножек эндопротеза; совершенствование различных вариантов шарнирного механизма — от полностью связанного петлевого до современного, учитывающего возможность ротации в коленном суставе, а также изготовление индивидуальных компонентов с применением 3D-печати [1, 7, 8, 9]. Подобные инновации были направлены на повышение сроков службы эндопротеза и улучшение функциональных результатов.

К положительным сторонам эндопротезов с ротационным шарнирным механизмом относят его большую анатомичность, профилактику нестабильности компонентов за счет снижения нагрузки на границе кость-имплантат, относительно низкое количество механических осложнений, связанных с его разрушением. Некоторые авторы отмечают статистически значимо лучшие функциональные результаты у пациентов, прооперированных с применением эндопротезов коленного сустава, имеющих ротацию. Однако межцентровые исследования и метаанализы в большинстве случаев не выявляют статистически значимых различий в выживаемости конструкций в зависимости от наличия ротационной платформы, при том что фиксированные связанные протезы экономически более выгодны [4, 10, 11, 12, 13].

Сравнение различных способов фиксации эндопротеза и изучение их влияния на вероятность развития механических осложнений и выживаемость конструкции показало, что при соблюдении правильной техники цементирования количество осложнений, связанных с нестабильностью конструкции, сопоставимо с бесцементной фиксацией. Однако многие авторы отмечают, что бесцементная фиксация обеспечивает лучший показатель десятилетней выживаемости эндопротеза (цементная 45–75%, бесцементная 65–90%) [14, 15, 16, 17, 18].

Также с ростом срока выживаемости онкологических эндопротезов коленного сустава стали все чаще выявляться их эксплуатационные особенности. Так, E. Carlisle с соавторами заостряют внимание на слабых местах конструкции, которые они смогли выявить на отдаленных сроках наблюдения. Одной из таких особенностей можно считать перелом ножек бесцементной фиксации эндопротеза системы GMRS с диаметром 11 мм и меньше, в связи с чем у пациентов с узкими каналами бедренной кости авторы рекомендуют в качестве альтернативы использовать цементную фиксацию с минимальной толщиной мантии [19].

Вопрос толщины цементной мантии при установке компонентов диафизарной фиксации (ножек эндопротеза) также остается открытым. Объективно избыточная мантия считается серьезным фактором риска развития нестабильности онкологического эндопротеза коленного сустава [9]. Рекомендованная многими производителями эндопротезов толщина в 2–3 мм считается общепринятым стандартом, которого большинство хирургов стараются придерживаться. Однако Y. Numata с соавторами в своей работе, посвященной «французскому феномену», указывают, что ультратонкая мантия толщиной в 1 мм и менее позволяет добиться хороших результатов выживаемости эндопротезов [20].

Но даже стабильный, неломающийся эндопротез не сможет обеспечить хорошую функцию коленного сустава в тех случаях, когда у пациента есть ограничение объема движений либо атрофия четырехглавой мышцы бедра. Данные факторы неминуемо приводят к нарушению биомеханики походки, хромоте и, как следствие, повышают нагрузку на металлоконструкцию и снижают сроки ее выживаемости [21].

Несмотря на заметный рост числа публикаций на тему онкологического эндопротезирования коленного сустава, результаты, получаемые авторами исследований, сильно разнятся. По-прежнему остаются актуальными вопросы выбора способа фиксации эндопротеза (цементный либо бесцементный), эффективности шарнирного механиз-

ма с ротационной платформой и обеспечения условий для быстрого восстановления функции коленного сустава [22, 23, 24, 25].

Для того чтобы ответить на данные вопросы, нами было проведено ретроспективное исследование, в котором мы сделали акцент на пациентах с опухолевым поражением дистального отдела бедренной кости, так как данная категория больных подвержена самому высокому риску механических осложнений, в частности асептической нестабильности и разрушению компонентов эндопротеза.

**Цель исследования** — определить факторы, влияющие на функциональные результаты и вероятность механических и инфекционных осложнений у пациентов с опухолевым поражением дистального отдела бедренной кости, перенесших первичное онкологическое эндопротезирование коленного сустава.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За период существования отделения костной патологии (с 2000 до 2024 г.) в нашем Центре было выполнено более 500 первичных онкологических эндопротезирований коленного сустава. С учетом давности сроков наблюдения и отсутствия полной необходимой информации о каждом пациенте для формирования исследуемой группы нами были сформулированы *критерии включения* в исследование:

- пациенты, прооперированные по поводу опухолевого поражения дистального отдела бедренной кости (первичные доброкачественные и злокачественные опухоли, вторичное поражение костей);

- срок наблюдения не менее 60 мес. с момента проведения первичного хирургического лечения;

- наличие полной информации, необходимой для реализации цели исследования (нозологический диагноз, тип эндопротеза, вид доступа и фиксации, отслеженный функциональный результат).

**Критерии исключения:**

- пациенты с прогрессированием онкологического заболевания в виде локальных рецидивов и метастатического распространения, так как оценка данных осложнений не входила в цели исследования;

- пациенты, прооперированные с применением нестандартных методик и индивидуальных эндопротезов неизвестного производства: эндопротезирование по методу Воронцова (литой цементный артикулирующий спейсер), ревизионные связанные эндопротезы коленного сустава с применением массивных структурных аллогraftов;

- пациенты, прооперированные с применением коротких бедренных ножек (менее 10 см).

Нами были выявлены 5 пациентов с выраженной разгибательной контрактурой коленного сустава, сопровождающейся ограничением амплитуды движений до 10–20° (осложнение типа I по классификации ISOLS) [26], обусловленной нарушением стандартов установки большеберцового компонента либо нарушением реабилитационной программы, связанным с индивидуальными обстоятельствами. Всем пациентам впоследствии были выполнены ревизионные вмешательства в виде артротомии и дебридмента либо остеотомии бугристости большеберцовой кости с ее проксимальной транспозицией. Эта незначительная группа пациентов была исключена из исследования ввиду отсутствия связи между негативным исходом и особенностями установленной конструкции, а также отсутствия возможности проведения статистической оценки столь незначительной выборки.

Всего в ретроспективное исследование было включено 227 пациентов, которым в период с 2003 по 2018 г. было проведено первичное онкологическое эндопротезирование коленного сустава по поводу опухолевого поражения дистального отдела бедренной кости.

Для реализации поставленной цели были проанализированы следующие параметры:

- функциональные результаты по шкале MSTs на сроке 12 мес. [27];

- механические и инфекционные осложнения в соответствии с классификацией ISOLS (тип I — осложнения, связанные с мягкими тканями; тип II — асептическая нестабильность; тип III — разрушение конструкции или перелом кости; тип IV — инфекция; тип V — локальный рецидив опухоли) [26];

- факторы, оказывающие влияние на формирование осложнений: хирургический доступ, величина резекции, вес пациента, использование дренажей, модель эндопротеза, вид его фиксации, наличие ротационной платформы, форма и диаметр ножек.

Эндопротезирование проводилось по поводу различных видов опухолевого поражения: в 51 (22,5%) случае было выявлено первичное злокачественное новообразование, у 162 (71,4%) больных были первичные локально агрессивные доброкачественные опухоли, а также 14 (6,2%) случаев вторичного метастатического поражения.

Среди включенных в исследование пациентов 50,2% ( $n = 114$ ) составили женщины, 49,8% ( $n = 113$ ) — мужчины. Медиана срока наблюдения в месяцах составила 79 [67,5 — 99,50], (min — 12, max — 176).

Категориальные переменные, описывающие исследуемую группу, представлены в таблице 1, количественные — в таблице 2.

Таблица 1

**Описательная статистика категориальных переменных исследуемой группы пациентов**

Переменная	Категория	Абс.	%	95% ДИ
Форма ножки	Анатомическая	183	80,6	74,9–85,5
	Прямая	44	19,4	14,5–25,1
Вид фиксации	Бесцементная	59	26,0	20,4–32,2
	Цементная	168	74,0	67,8–79,6
Ротационная платформа	Отсутствие	67	70,5	64,1–76,3
	Наличие	160	29,5	23,7–35,9
Доступ	Латеральный	62	27,3	21,6–33,6
	Парапателлярный внутренний	94	41,4	34,9–48,1
	Внутренний subvastus	71	31,3	25,3–37,7

Таблица 2

**Описательная статистика количественных переменных исследуемой группы пациентов**

Переменная	Me	Q <sub>1</sub> -Q <sub>3</sub>	n	min	max
Возраст, лет	45,00	36,00–56,00	227	19,00	82,00
Вес, кг	79,00	72,50–88,00	227	45,00	110,00
Величина резекции, см	14,00	12,00–15,00	227	7,00	28,00
Диаметр ножки, мм	14,00	13,00–15,00	227	10,00	17,00
Сроки развития осложнений, мес.	70,50	42,00–93,75	70	12,00	144,00
Послеоперационный койко-день, сут.	10	7,00–12,00	133	5	18

Пациенты, прооперированные с применением компонентов цементной фиксации (168 наблюдений (74%)), были разделены на две группы в зависимости от используемой техники цементирования. Ультратонкая мантия толщиной 1 мм использовалась в 91 (54,2%) случае, стандартная техника (толщина мантии 2–3 мм) применялась у 77 (45,8%) больных. Была проведена оценка влияния толщины мантии на вероятность развития осложнений и выживаемость эндопротеза.

С целью оценки влияния установки дренажей на риски развития инфекционных осложнений была выделена группа из 133 пациентов, которым были установлены онкологические эндопротезы с ротационным шарнирным механизмом. Они распределились следующим образом: в 48 (36,1%) случаях активное дренирование не проводилось, пациентам выполнялась пункция сустава; у 85 (63,9%) больных дренаж оставался на 2–5 суток после операции.

При оценке функциональных результатов учитывали тип хирургического доступа: латеральный — 62 (27,3%), парапателлярный внутренний — 94 (41,4%), внутренний subvastus — 71 (31,3%). Также оценивали наличие ограничения активного разгибания и амплитуду движений в коленном суставе.

В исследуемой группе были установлены следующие онкологические системы: Biomet OSS — 121 (53,3%), LINC — 20 (8,8%), MUTARS — 29 (12,8%),

ProSpon — 1 (0,4%), Stryker — 37 (16,3%), Феникс — 19 (8,4%).

**Статистический анализ**

Статистическая обработка материала проводилась с использованием операционной системы Windows, программного обеспечения Microsoft Excel, StatTech 4.7.2 (Статтех, Россия).

Для описательной статистики данные представлены в процентном соотношении. Во всех группах в качестве среднего значения использовалась медиана (Me), а в качестве мер рассеяния — нижний (Q<sub>1</sub>) и верхний (Q<sub>3</sub>) квартили [25–75% МКИ]. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей; 95% доверительные интервалы (95% ДИ) для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера–Пирсона. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна–Уитни. Сопоставление частотных характеристик качественных показателей проводилось с помощью непараметрических методов  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  с поправкой Йетса и критерия Фишера. Прогностическая модель, характеризующая зависимость количественной переменной от факторов, разрабатывалась с помощью метода линейной регрессии. Направление и теснота корреляционной связи между двумя

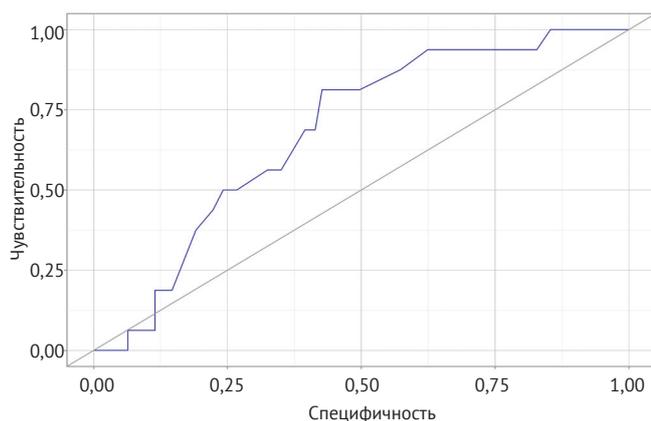
количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении показателей, отличном от нормального). Для оценки выживаемости использовался метод множительных оценок Каплана–Майера. Статистическая значимость установлена на уровне  $p < 0,05$ . Количественные показатели в различных исследуемых подгруппах для полноты описания и удобства восприятия и сравнения мы представили в форме box-and-whisker plot.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Различные виды осложнений со средним сроком их возникновения 70,5 мес. были выявлены у 70 (30,8%) пациентов. В зависимости от вида осложнений они распределились следующим образом: инфекция (тип IV) – 16 (7,1%), Me сроков развития 20,5 мес.; разрушение эндопротеза (тип III) – 13 (5,7%), Me – 71 мес.; нестабильность компонентов эндопротеза (тип II) – 41 (18,1%), Me – 84 мес.

При анализе вероятности развития инфекционных осложнений не было установлено связи с онкологическим диагнозом ( $p = 0,399$ ), возрастом пациента ( $p = 0,36$ ), величиной резекции ( $p = 0,106$ ), фактом установки дренажей ( $p = 1,000$ ), видом фиксации эндопротеза ( $p = 1,000$ ), наличием ротационной платформы ( $p = 0,361$ ). Единственным фактором, статистически значимо влиявшим на возникновение инфекционных осложнений, оказался вес пациента ( $p = 0,017$ ).

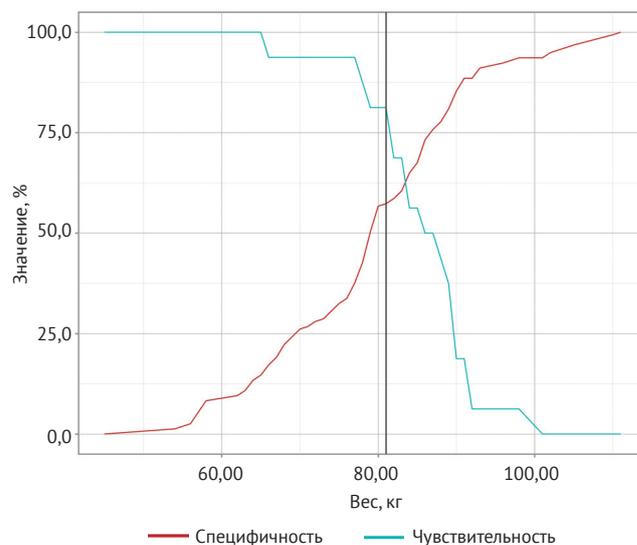
При оценке дискриминационной способности наличия осложнения в зависимости от веса с помощью ROC-анализа была получена кривая, отраженная на рисунке 1.



**Рис. 1.** ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность веса при прогнозировании рисков развития инфекционных осложнений

**Figure 1.** ROC curve characterizing the discriminatory ability of weight in predicting the risks of infectious complications

Анализ чувствительности и специфичности модели представлен на рисунке 2.



**Рис. 2.** Зависимость чувствительности и специфичности модели от пороговых значений оценок вероятности развития осложнений

**Figure 2.** Dependence of sensitivity and specificity of the model on threshold values of estimated probability for complication development

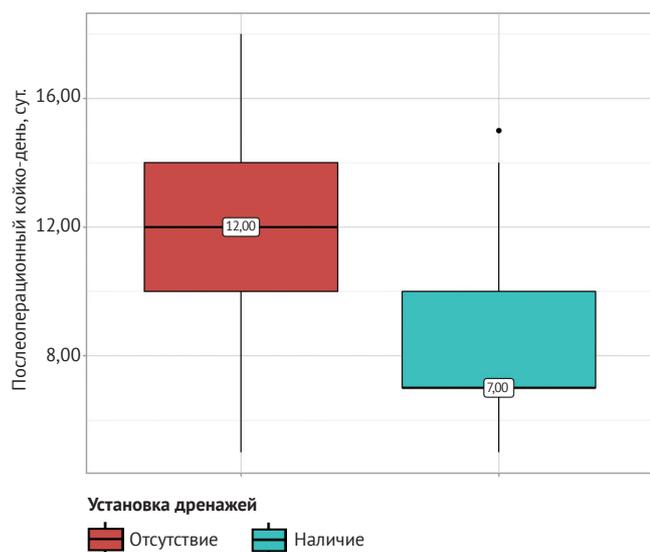
Вес являлся статистически значимым предиктором инфекционных осложнений (AUC = 0,682; 95% ДИ: 0,531 – 0,832,  $p = 0,017$ ). Пороговое значение веса в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 81 кг. Наличие инфекционных осложнений прогнозировалось при значении веса выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 81,2% и 57,3% соответственно.

Несмотря на то, что использование активного дренирования никак не повлияло на риски инфекционных осложнений, оно позволило статистически значимо уменьшить послеоперационный койко-день ( $p < 0,001$ ) (U-критерий Манна – Уитни) (рис. 3).

Всем пациентам с глубокой инфекцией области эндопротеза было проведено двухэтапное резэндопротезирование коленного сустава.

Осложнения типа III по классификации ISOLS были представлены переломом ножки эндопротеза в 3 случаях и разрушением шарнирного механизма в 10 случаях. Переломов костей, не связанных с нестабильностью компонентов эндопротеза, у исследуемой группы пациентов мы не наблюдали, все случаи перфорации кости компонентами эндопротеза были отнесены к осложнениям типа II.

Мы провели анализ влияния количественных и категориальных факторов на вероятность развития осложнений типа III, результаты представлены в таблицах 3 и 4.



**Рис. 3.** Длительность послеоперационного койко-дня в зависимости от установки активного дренажа

**Figure 3.** Postoperative length of hospital stay depending on the installation of active drainage

Согласно полученным данным, при анализе рисков возникновения осложнений, связанных с разрушением конструкции, нами была установлена статистически значимая зависимость от веса пациента ( $p = 0,044$ ). При сравнении показателей величины резекции и диаметра ножки нам не удалось выявить статистически значимых различий ( $p = 0,613$ ,  $p = 0,085$  соответственно) (U-критерий Манна – Уитни, U-критерий Манна – Уитни).

При оценке дискриминационной способности наличия осложнения от веса с помощью ROC-анализа была получена кривая, представленная на рисунке 4.

Вес является статистически значимым предиктором осложнений (тип III) ( $AUC = 0,668$ ; 95% ДИ: 0,501 – 0,834,  $p = 0,044$ ).

Пороговое значение веса в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 90 кг. Наличие осложнений данного типа прогнозировалось при значении веса выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 46,2% и 85,4% соответственно.

Таблица 3

**Зависимость частоты осложнений типа III от количественных факторов**

Фактор	Категория	Осложнения			p
		Me	Q <sub>1</sub> -Q <sub>3</sub>	n	
Вес, кг	Отсутствие	78,00	69,00–86,00	157	0,044*
	Наличие	87,00	74,00–98,00	13	
Величина резекции, см	Отсутствие	14,00	12,00–15,00	157	0,613
	Наличие	15,00	10,00–15,00	13	
Диаметр ножки, мм	Отсутствие	14,00	13,00–15,00	157	0,085
	Наличие	14,00	14,00–15,00	13	

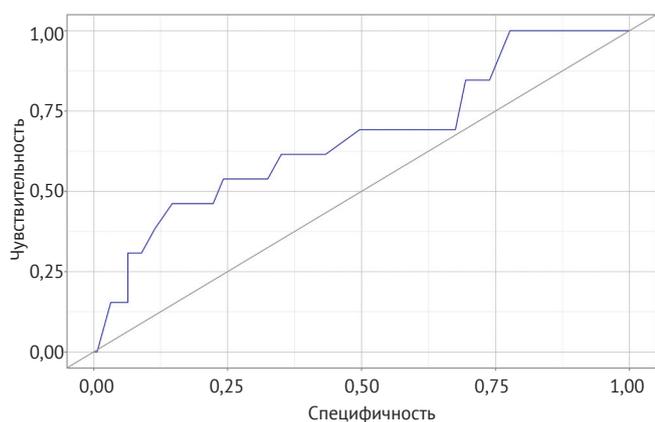
\* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Таблица 4

**Зависимость частоты осложнений типа III от категориальных факторов**

Фактор	Категория	Осложнения, n (%)		p
		Отсутствие	Наличие	
Ротационная платформа	Наличие	123 (95,3)	6 (4,7)	0,016*
	Отсутствие	34 (82,9)	7 (17,1)	
Вид фиксации	Бесцементная	40 (90,9)	4 (9,1)	0,743
	Цементная	117 (92,9)	9 (7,1)	

\* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).



**Рис. 4.** ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность веса при прогнозировании осложнений типа III

**Figure 4.** ROC curve characterizing the discriminatory ability of weight in predicting type III complications

Исходя из полученных данных, использование эндопротезов с ротационной платформой статистически значимо снижало риски разрушения компонентов эндопротеза ( $p = 0,016$ ), в то время как вид фиксации не показал статистически значимых отличий ( $p = 0,743$ ) (точный критерий Фишера).

Также нами был проведен анализ зависимости формирования осложнений, вызванных нестабильностью компонентов — тип II (табл. 5, 6).

Исходя из представленных данных, статистически значимые различия были получены в тех случаях, когда мы использовали анатомические бедренные ножки и протезы с ротационной платформой. Их применение снижало риски формирования нестабильности компонентов ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$  соответственно) (точный критерий Фишера,  $\chi^2$  Пирсона). Использование цементной и бесцементной фиксации не показало статистически значимых различий ( $p = 0,860$ ) ( $\chi^2$  Пирсона).

В соответствии с представленной таблицей при анализе величины диаметра ножки были установлены статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) (U-критерий Манна – Уитни). Однако вес пациента и величина резекции в зависимости от наличия или отсутствия осложнений типа II не показали статистически значимых различий ( $p = 0,108$ ,  $p = 0,657$  соответственно) (U-критерий Манна – Уитни, U-критерий Манна – Уитни).

При оценке дискриминационной способности наличия осложнения от диаметра ножки с помощью ROC-анализа была получена кривая, представленная на рисунке 5.

Таблица 5

**Зависимость частоты осложнений типа II от категориальных факторов**

Фактор	Категория	Осложнения, n (%)		p
		отсутствие	наличие	
Форма ножки	Анатомическая	154 (92,8)	12 (7,2)	<0,001*
	Прямая	3 (9,4)	29 (90,6)	
Ротационная платформа	Наличие	123 (86,0)	20 (14,0)	<0,001*
	Отсутствие	34 (61,8)	21 (38,2)	
Вид фиксации	Бесцементная	40 (78,4)	11 (21,6)	0,860
	Цементная	117 (79,6)	30 (20,4)	

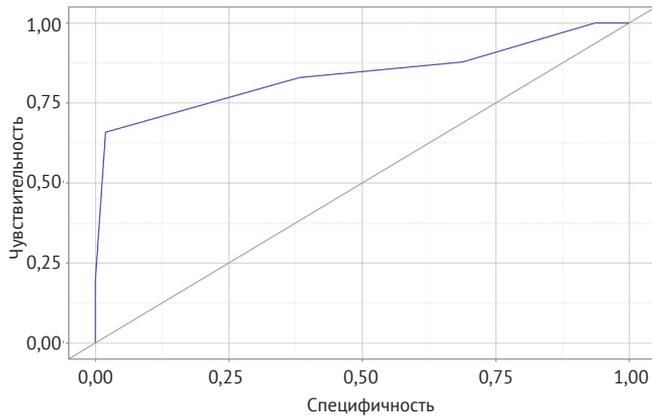
\* — различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Таблица 6

**Зависимость частоты осложнений типа II от количественных факторов**

Фактор	Категория	Осложнения			p
		Me	Q <sub>1</sub> -Q <sub>3</sub>	n	
Вес, кг	Отсутствие	78,00	69,00–86,00	157	0,108
	Наличие	83,00	73,00–91,00	41	
Величина резекции, см	Отсутствие	14,00	12,00–15,00	157	0,657
	Наличие	14,00	14,00–15,00	41	
Диаметр ножки, мм	Отсутствие	14,00	13,00–15,00	157	<0,001*
	Наличие	12,00	12,00–13,00	41	

\* — различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).



**Рис. 5.** ROC-кривая, характеризующая дискриминационную влияние диаметра ножки при прогнозировании нестабильности эндопротеза  
**Figure 5.** ROC curve characterizing the discriminatory influence of stem diameter on predicting prosthesis instability

Диаметр ножки является статистически значимым предиктором развития нестабильности эндопротеза коленного сустава (AUC = 0,836; 95% ДИ: 0,778–0,894;  $p < 0,001$ ). Пороговое значение диаметра ножки в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 13 мм. Наличие осложнений прогно-

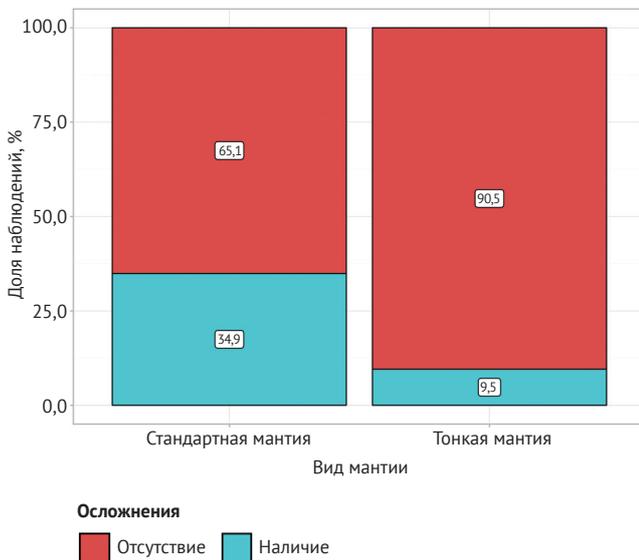
зировалось при значении диаметра ножки ниже данной величины. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели составили 65,9% и 98,1% соответственно.

Для определения оптимальной техники цементирования бедренного компонента нами был проведен анализ рисков развития нестабильности в зависимости от применения ультратонкой цементной мантии (рис. 6). Исходя из полученных данных, нами были выявлены статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) ( $\chi^2$  Пирсона).

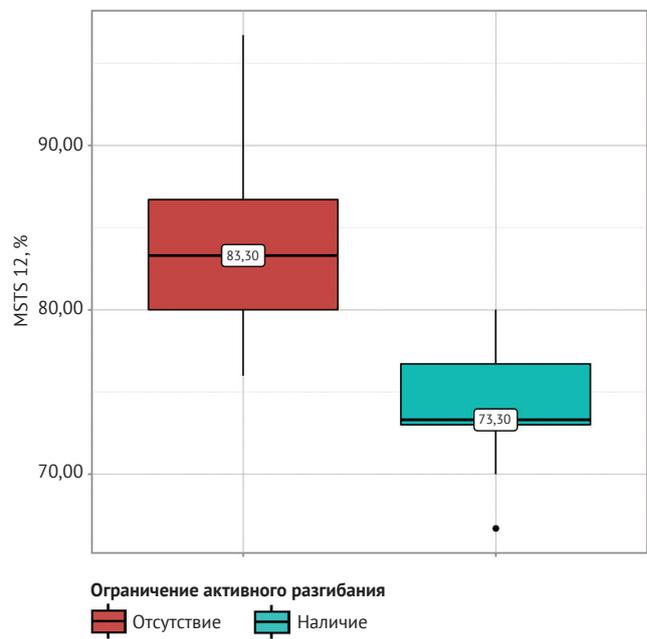
Шансы на развитие осложнений в группе пациентов с использованием тонкой мантии были ниже в 5,1 раза по сравнению с группой, где выполняли стандартную технику цементирования, различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 0,196; 95% ДИ: 0,080–0,480).

Ме функции коленного сустава, оцененная по шкале MSTS на сроке 12 мес. после операции, составила 80% [76,7–86,7], (min – 67,7%; max – 96,7%). Ме амплитуды движений составила 90° [90–110], (min – 35, max – 120). Ограничение активного разгибания было выявлено у 61 (26,9%) пациента.

Нами был выполнен анализ влияния наличия у пациента ограничения активного разгибания на функцию сустава по шкале MSTS (рис. 7). Дефицит активного разгибания статистически значимо снижал функцию коленного сустава ( $p < 0,001$ ) (U-критерий Манна – Уитни).

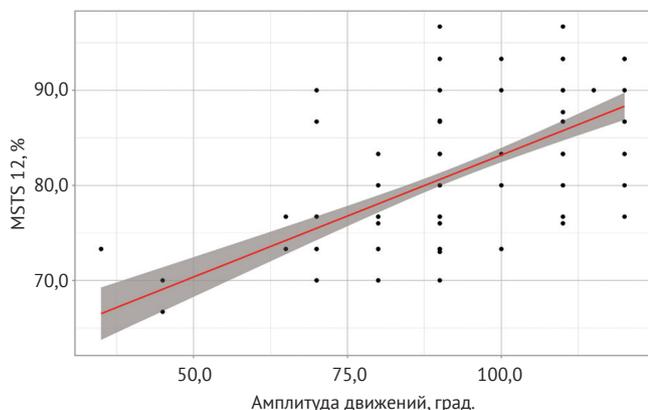


**Рис. 6.** Доля осложнений типа II в зависимости от толщины мантии  
**Figure 6.** Proportion of type II complications depending on the cement mantle thickness



**Рис. 7.** Показатели функции сустава по шкале MSTS в зависимости от наличия ограничения активного разгибания  
**Figure 7.** Joint function scores on the MSTS scale depending on the presence of limited active extension

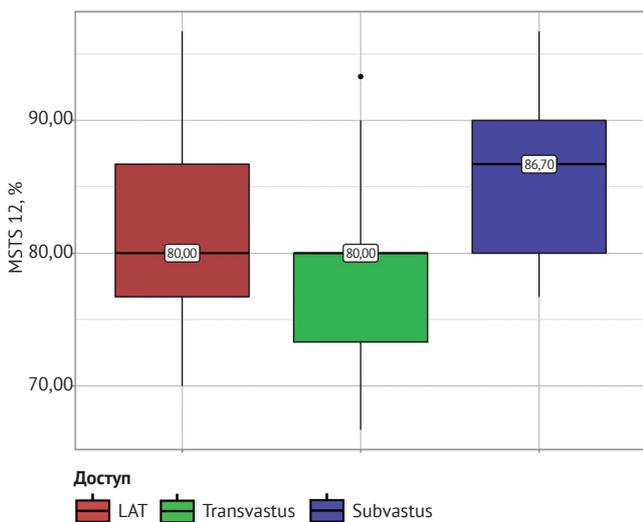
При проведении корреляционного анализа взаимосвязи функции сустава и амплитуды движений была установлена заметной тесноты прямая связь. По нашим данным, при увеличении амплитуды на 1° происходило улучшение функции на 0,257%. Полученная модель объясняет 34,9% наблюдаемой дисперсии (рис. 8).



**Рис. 8.** График регрессионной функции, характеризующий зависимость функции по шкале MSTS от амплитуды движений на сроке 12 мес. после операции

**Figure 8.** Regression function graph showing the dependence of MSTS scale function on the range of motion at 12 months postop

При сравнении функции в зависимости от выполняемого доступа были выявлены статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) (критерий Краскела – Уоллиса). Наилучшую функцию сустава продемонстрировали пациенты, прооперированные с применением внутреннего доступа subvastus

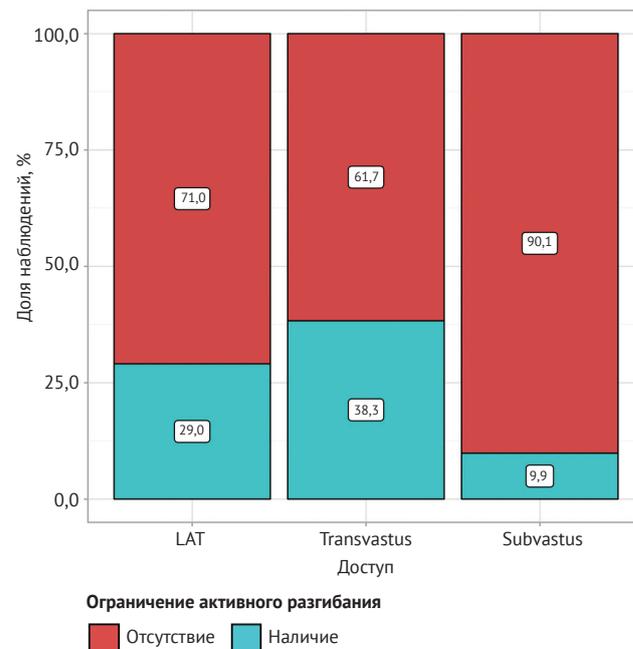


**Рис. 9.** Показатели функции сустава по шкале MSTS в зависимости от хирургического доступа

**Figure 9.** Joint function scores on the MSTS scale depending on the surgical approach

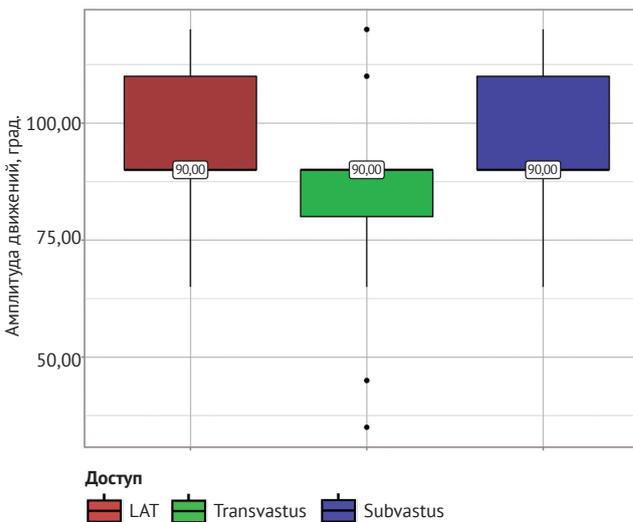
( $p < 0,001$ ). Однако стоит отметить, что и латеральный доступ оказал статистически значимо лучшее влияние на функцию сустава по сравнению с медиальным парапателлярным ( $p < 0,001$ ) (рис. 9).

Также нами были выявлены существенные различия при оценке влияния хирургического доступа на наличие дефицита активного разгибания и амплитуды движений (рис. 10, 11).



**Рис. 10.** Ограничение активного разгибания в зависимости от хирургического доступа

**Figure 10.** Limitation of active extension depending on the surgical approach



**Рис. 11.** Амплитуда движений в зависимости от хирургического доступа

**Figure 11.** Range of motion depending on the surgical approach

Применение медиального доступа subvastus статистически значимо снижало вероятность формирования дефицита активного разгибания в оперированном суставе ( $p < 0,001$ ) ( $\chi^2$  Пирсона).

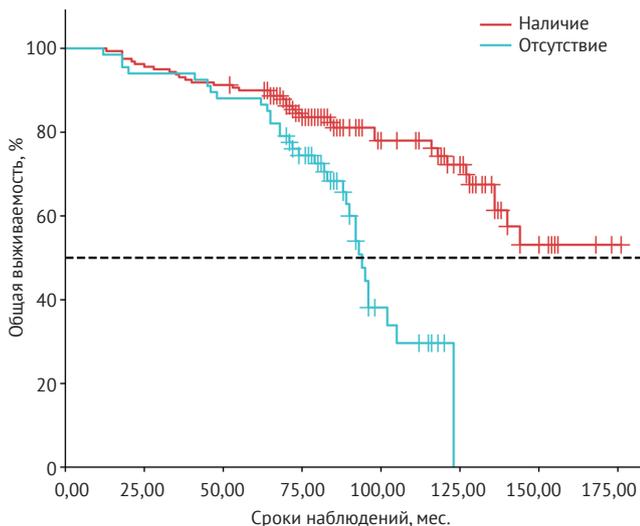
При оценке амплитуды движений в зависимости от примененного доступа были установлены статистически значимые различия ( $p = 0,006$ ) (критерий Краскела – Уоллиса).

Латеральный и медиальный subvastus доступы, оказались более выгодными для сохранения амплитуды движений коленного сустава по сравнению с медиальным парапателлярным, при этом между ними самими нам не удалось установить статистически значимых различий ( $p = 0,952$ ) (U-критерий Манна – Уитни).

Интересным наблюдением является тот факт, что при выполнении сравнительного анализа влияния латерального и медиального subvastus доступов на функциональный результат и формирование дефицита активного разгибания у группы пациентов, прооперированных с применением эндопротезов без ротационной платформы, статистически значимых различий между ними выявлено не было ( $p = 0,620$ ) (U-критерий Манна – Уитни) ( $p = 0,398$  соответственно) (точный критерий Фишера).

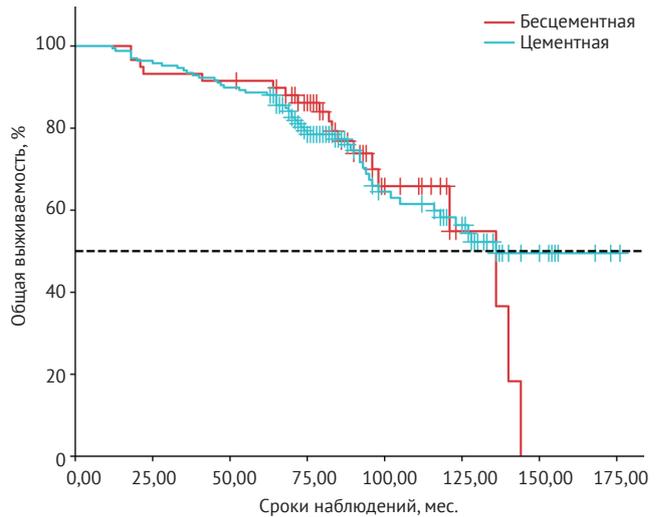
Результаты, полученные при оценке выживаемости имплантата в зависимости от наличия ротационной платформы, вида фиксации и использованной модели эндопротеза, представлены на рисунках 12, 13 и 14.

Различия общей выживаемости, оцененные с помощью теста отношения правдоподобия, были статистически значимыми ( $p < 0,001$ ).



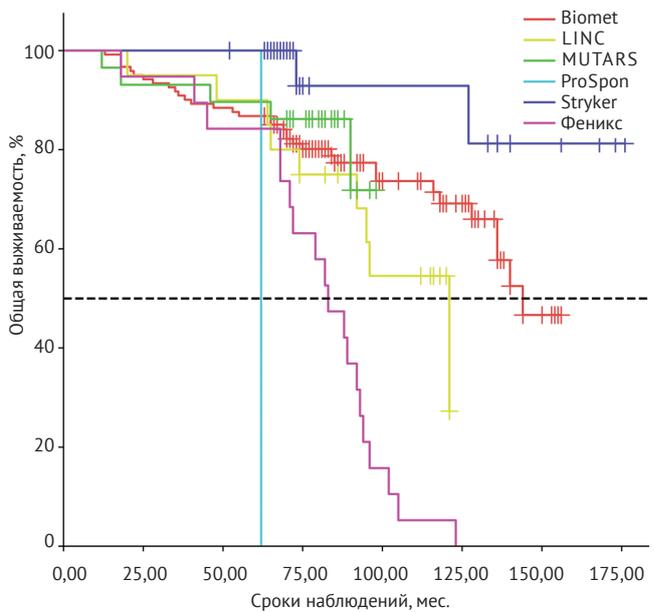
**Рис. 12.** Кривая общей выживаемости эндопротезов в зависимости от наличия ротационной платформы

**Figure 12.** Overall survival curve of endoprostheses depending on the presence of a rotating platform



**Рис. 13.** Кривая общей выживаемости эндопротезов в зависимости от вида фиксации (цементная, бесцементная)

**Figure 13.** Overall survival curve of endoprostheses depending on the type of fixation (cemented, cementless)



**Рис. 14.** Кривая общей выживаемости в зависимости от фирмы эндопротеза

**Figure 14.** Overall survival curve depending on the manufacturer of endoprosthesis

При оценке взаимосвязи общей выживаемости эндопротеза с изучаемыми факторами с помощью метода регрессии Кокса была получена следующая модель пропорциональных рисков:

$$h_i(t) = h_0(t) \times \exp(1,092 \times X),$$

где  $h_i(t)$  – прогнозируемый мгновенный риск наличия осложнения для  $i$ -того элемента наблюдения (в %),  $h_0(t)$  – базовый мгновенный риск наличия осложнения для определенного срока  $t$ ,  $X$  – отсутствие ротационной платформы.

Риски наличия осложнений у пациентов, прооперированных с применением эндопротезов без ротационной платформы, были выше в 2,982 раза ( $p < 0,001$ ).

Анализ показал, что Ме срока выживаемости эндопротеза как в группе с бесцементной, так и в группе с цементной фиксацией компонентов составила 136,00 мес. от начала наблюдения (95% ДИ: 98,00–144,00 мес.) и (95% ДИ: 116,00 — ∞ мес.) соответственно. Статистически значимых различий выявлено не было.

Все эндопротезы продемонстрировали неплохие показатели выживаемости на сроке 60 мес., колеблющиеся в пределах от 80 до 100%, однако на сроке 125 мес. в качестве явных лидеров можно выделить эндопротезы фирм Stryker (92,9%), MUTARS (71,8%) и Biomet (69,1%).

## ОБСУЖДЕНИЕ

По полученным нами данным, вес пациента статистически значимо влиял на риски возникновения инфекции в области эндопротеза и разрушение его компонентов. При этом критичной можно считать массу пациента свыше 90 кг, что согласуется с результатами других авторов [9]. Поэтому следует рекомендовать пациентам в послеоперационном периоде контролировать свой вес.

Использование онкологических эндопротезов с ротационной платформой в шарнирном механизме оказало существенное влияние сразу на ряд важных параметров. Нам удалось выявить статистически значимое снижение частоты осложнений как типа II ( $p < 0,001$ ), так и типа III ( $p = 0,016$ ). Кроме того, было установлено положительное влияние этого фактора на выживаемость эндопротеза ( $p < 0,001$ ). Схожие результаты были получены в исследовании G.J. Muers с соавторами. Однако в своем исследовании эти авторы при сравнении влияния на стабильность и выживаемость конструкции разных видов шарнирных механизмов использовали эндопротезы гибридной фиксации и акцентировали внимание в выводах на этом аспекте [11]. Нами подобные конструкции не использовались.

Следует отметить особенности ротационной платформы системы Biomet OSS — у данной конструкции отсутствует бампер, предотвращающий переразгибание в коленном суставе, из-за чего подвижный вкладыш испытывает повышенную нагрузку в своем переднем отделе. Следствием этого является его повышенный износ, что повлияло на выживаемость конструкции на поздних сроках наблюдения — десятилетняя выживаемость, хоть и не существенно, но все-таки оказалась ниже, чем у современной системы без ротационной платформы (MUTARS — 71,8% и Biomet — 69,1%). Схожие осложнения, такие как разрушение «бампера» (полиэтиленовых втулок) в ротационном

механизме системы Zimmer Segmental, отметили в своей работе I. Barrientos-Ruiz с соавторами, они были выявлены у трех пациентов на среднем сроке наблюдения, клинически это проявлялось в виде избыточного разгибания в коленном суставе и ограничения его функции [28].

Исходя из полученных нами результатов, помимо наличия ротационного шарнирного механизма, значительное влияние на стабильность эндопротеза оказали форма и диаметр ножки бедренного компонента эндопротеза; так, установка анатомических ножек диаметром более 13 мм существенно снижала вероятность развития осложнений типа II по классификации ISOLS. Данные, близкие к нашим, получили P. Piakong с соавторами — они не наблюдали асептической нестабильности у пациентов, которым были установлены ножки цементной фиксации диаметром 13 мм и более с зоной резорбции кости на границе с компонентом, не превышающей 20% контактирующей поверхности [25]. Однако стоит отметить результаты, представленные А.В. Соколовским с соавторами, которые проанализировали данные 1292 пациентов, но не обнаружили корреляции между ранней и поздней асептической нестабильностью после первичного и повторного эндопротезирования и диаметром ножки эндопротеза [9].

Анализ влияния вида фиксации компонентов эндопротеза (цементная или бесцементная) не показал статистически значимых различий при оценке рисков развития осложнений как II ( $p = 0,860$ ), так и III типа ( $p = 0,743$ ) по классификации ISOLS, вид фиксации также не повлиял на выживаемость конструкции. Эти данные сопоставимы с результатами, представленными в других исследованиях [14, 15, 22].

В то же время предложенная нами техника цементирования с применением тонкой мантии позволила статистически значимо снизить риски развития нестабильности эндопротеза по сравнению со стандартной техникой ( $p < 0,001$ ). Важнейшим фактором здесь является давление, оказываемое ножкой эндопротеза на цемент в момент ее заведения в канал. Соответственно, чем меньше толщина планируемой мантии, тем больше давление на цемент, что усиливает его интеграцию в кость и равномерность распределения. Вторым, не менее важным фактором является безопасная температура полимеризации. Чем она меньше, тем меньше вероятность развития остеонекроза. J.P. Little с соавторами сообщили, что при использовании мантии толщиной до 1 мм максимальная температура составила 32,7°C [29].

Дефицит активного разгибания и снижение амплитуды движения, как и следовало ожидать, оказывали значительное влияние на функциональные результаты. Нам удалось выявить зависимость

между формированием данных ограничений и используемым хирургическим доступом. Наиболее благоприятным с точки зрения формирования условий для лучшего функционального результата оказался медиальный доступ *subvastus* ( $p < 0,001$ ). Однако выявленное нами отсутствие статистически значимых различий в функциональных результатах между латеральным и медиальным *subvastus* доступами у пациентов, прооперированных с применением эндопротезов без ротационной платформы, позволяет на практике применять оба доступа при условии правильного подбора варианта эндопротеза. Это особенно важно в тех случаях, когда пациенту на предоперационном этапе была выполнена биопсия из наружного доступа.

### Ограничения

К ограничениям нашего ретроспективного исследования можно отнести неравномерное распределение пациентов по группам в зависимости от моделей используемых эндопротезов. Это обусловлено отсутствием возможности собрать информацию обо всех используемых конструкциях силами одного центра. Тем не менее, достаточно большое общее количество наблюдений и их длительность, а также полнота данных, дающая возможность оценить основные особенности шарнирного механизма, вида фиксации компонентов и особенности хирургических техник дали возможность получить ответы на основные поставленные вопросы.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

#### **Заявленный вклад авторов**

*Микайлов И.М.* — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка данных, написание текста рукописи.

*Тихилов Р.М.* — научное руководство, редактирование текста рукописи.

*Григорьев П.В.* — анализ и интерпретация данных, редактирование текста рукописи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам ретроспективного исследования с точки зрения снижения рисков механических осложнений и повышения сроков выживаемости конструкции оптимально себя показали эндопротезы с наличием ротации в шарнирном механизме. Обязательным правилом установки бедренного компонента следует считать использование ножек анатомической формы. Выбор вида фиксации компонента не влияет на его выживаемость и стабильность, а скорее является опцией, которая дает возможность хирургу осуществлять индивидуальный подход в зависимости от веса, возраста и состояния кости пациента. Оптимальные условия для восстановления функции коленного сустава обеспечивает использование медиального доступа *subvastus*.

Перспективным направлением исследований в данной области видится обмен опытом ведущих специалистов нашей страны и попытка взаимодействия в рамках проведения мультицентровых исследований, которые позволили бы получить данные о выживаемости и эксплуатационных особенностях современных моделей эндопротезов за счет накопления большего количества наблюдений. На базе полученного опыта и знаний будет возможна разработка и производство онкологического эндопротеза коленного сустава отечественного производства.

### DISCLAIMERS

#### **Author contribution**

*Mikhailov I.M.* — study concept and design, statistical data processing, drafting the manuscript.

*Tikhilov R.M.* — scientific guidance, editing the manuscript.

*Grigoriev P.V.* — data analysis and interpretation, editing the manuscript.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Pala E., Trovarelli G., Angelini A., Maraldi M., Berizzi A., Ruggieri P. Megaprosthesis of the knee in tumor and revision surgery. *Acta Biomed.* 2017;88(2S):129-138. doi: 10.23750/abm.v88i2-S.6523.
- Heisel C., Kinkel S., Bernd L., Ewerbeck V. Megaprotheses for the treatment of malignant bone tumours of the lower limbs. *Int Orthop.* 2006;30(6):452-457. doi: 10.1007/s00264-006-0207-7.
- Соколовский В.А., Соколовский А.В., Тарарыкова А.А., Федорова А.В., Блудов А.Б. Отдаленные онкологические результаты лечения пациентов с первичными и метастатическими опухолями опорно-двигательного аппарата, перенесших эндопротезирование. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2022;14(4):33-44. doi: 10.17650/2782-3687-2022-14-4-33-44.
- Sokolovskii V.A., Sokolovskii A.V., Tararykova A.A., Fedorova A.V., Bludov A.B. Long-term oncological results of patients with primary and metastatic tumors of the musculoskeletal system who underwent arthroplasty. *Bone and soft tissue sarcomas, tumors of the skin.* 2022;14(4):33-44. (In Russian). doi: 10.17650/2782-3687-2022-14-4-33-44.
- Pala E., Henderson E.R., Calabrò T., Angelini A., Abati C.N., Trovarelli G. et al. Survival of current production tumor endoprotheses: complications, functional results, and a comparative statistical analysis. *J Surg Oncol.* 2013;108(6):403-408. doi: 10.1002/jso.23414.
- Henderson E.R., Groundland J.S., Pala E., Dennis J.A., Wooten R., Cheong D. 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):418-429. doi: 10.2106/JBJS.J.00834.
- Capanna R., Scocciati G., Frenos F., Vilardi A., Beltrami G., Campanacci D.A. What was the survival of megaprotheses in lower limb reconstructions after tumor resections? *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(3):820-830. doi: 10.1007/s11999-014-3736-1
- Курильчик А.А., Иванов В.Е., Стародубцев А.Л., Зубарев А.Л., Алиев М.Д. Варианты хирургического лечения онкологических больных с использованием 3D-имплантатов. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2022;14(3):11-19. doi: 10.17650/2219-4614-2022-14-3-11-19.
- Kurilchik A.A., Ivanov V.E., Starodubtsev A.L., Zubarev A.L., Aliev M.D. Types of surgery for cancer treatment using 3D-printed implants. *Bone and soft tissue sarcomas, tumors of the skin.* 2022;14(3):11-19. (In Russian). doi: 10.17650/2219-4614-2022-14-3-11-19.
- Агаев Д.К., Сушенцов Е.А., Софронов Д.И., Валиев А.К., Мусаев Э.Р., Хайленко В.А. и др. Применение компьютерного моделирования и 3D-технологий в онкоортопедии. Обзор литературы. *Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи.* 2019;11(4):5-16.
- Агаев Д.К., Sushentcov E.A., Sofronov D.I., Valiev A.K., Musayev E.R., Khaylenko V.A. et al. The use of computer modeling and 3D-technologies in oncoorthopedia. Literature review. *Bone and soft tissue sarcomas, tumors of the skin.* 2019;11(4):5-16. (In Russian).
- Соколовский А.В., Соколовский В.А., Блудов А.Б., Федорова А.В., Агаев Д.К., Валиев А.К. 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.
- Sokolovskii A.V., Sokolovskii V.A., Bludov A.B., Fedorova A.V., Agaev D.K., Valiev A.K. Long-term results and modern principles of prevention and treatment patients with endoprosthesis aseptic instability in oncology. *Bone and soft tissue sarcomas, tumors of the skin.* 2022;14(1):11-24. (In Russian). doi: 10.17650/2782-3687-2022-14-1-11-24.
- Ruggieri P., Mavrogenis A.F., Pala E., Abdel-Mota'al M., Mercuri M. Long term results of fixed-hinge megaprotheses in limb salvage for malignancy. *Knee.* 2012;19(5):543-549. doi: 10.1016/j.knee.2011.08.003.
- Myers G.J., Abudu A.T., Carter S.R., Tillman R.M., Grimer R.J. Endoprosthetic replacement of the distal femur for bone tumours: long-term results. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(4):521-526. doi: 10.1302/0301-620X.89B4.18631.
- Bus M.P., van de Sande M.A., Fiocco M., Schaap G.R., Bramer J.A., Dijkstra P.D. 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):708-718. doi: 10.1007/s11999-015-4644-8.
- Gosheger G., Gebert C., Ahrens H., Streitbuerger A., Winkelmann W., Harges J. Endoprosthetic reconstruction in 250 patients with sarcoma. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;450:164-171. doi: 10.1097/01.blo.0000223978.36831.39.
- Pala E., Trovarelli G., Calabrò T., Angelini A., Abati C.N., Ruggieri P. Survival of modern knee tumor megaprotheses: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(3):891-899. doi: 10.1007/s11999-014-3699-2.
- Darwich A., Jovanovic A., Dally F.J., Abd El Hai A., Baumgärtner T., Assaf E. et al. Cemented versus Cementless Stem Fixation in Revision Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Antibiotics (Basel).* 2023;12(11):1633. doi: 10.3390/antibiotics12111633.
- Wang C., Pfitzner T., von Roth P., Mayr H.O., Sostheim M., Hube R. Fixation of stem in revision of total knee arthroplasty: cemented versus cementless – a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(10):3200-3211. doi: 10.1007/s00167-015-3820-4.
- Piakong P., Kiatissevi P., Yau R., Trovarelli G., Lam Y.L., Joyce D. et al. What Is the 10-year Survivorship of Cemented Distal Femoral Endoprotheses for Tumor Reconstructions and What Radiographic Features Are Associated with Survival? *Clin Orthop Relat Res.* 2020;478(11):2573-2581. doi: 10.1097/CORR.0000000000001336.
- Geiger E.J., Arnold M.T., Hart C.M., Greig D., Trikha R., Sekimura T. et al. What Is the Long-term Survivorship of Primary and Revision Cemented Distal Femoral Replacements for Limb Salvage of Patients With Sarcoma? *Clin Orthop Relat Res.* 2023;481(3):460-471. doi: 10.1097/CORR.0000000000002333.
- Carlisle E., Steadman P., Lowe M., Rowell P., Sommerville S. What Factors Are Associated With Stem Breakage in Distal Femoral Endoprosthetic Replacements Undertaken for Primary Bone Tumors? *Clin Orthop Relat Res.* 2023;481(11):2214-2220. doi: 10.1097/CORR.0000000000002746.
- Numata Y., Kaneuji A., Kerboull L., Takahashi E., Ichiseki T., Fukui K. et al. Biomechanical behaviour of a French femoral component with thin cement mantle: The 'French paradox' may not be a paradox after all. *Bone Joint Res.* 2018;7(7):485-493. doi: 10.1302/2046-3758.77.BJR-2017-0288.R2.

21. Jover-Jorge N., González-Rojo P., Amaya-Valero J.V., Baixual-García F., Calva-Ceinós C., Angulo-Sánchez M.Á. et al. Evaluating functional outcomes and quality of life in musculoskeletal tumor patients with distal femoral megaprotheses: a case-control study. *World J Surg Oncol.* 2024;22(1):341. doi: 10.1186/s12957-024-03627-8.
22. Pala E., Mavrogenis A.F., Angelini A., Henderson E.R., Douglas Letson G., Ruggieri P. Cemented versus cementless endoprotheses for lower limb salvage surgery. *J BUON.* 2013;18(2):496-503.
23. Li Y., Sun Y., Shan H.C., Niu X.H. Comparative Analysis of Early Follow-up of Biologic Fixation and Cemented Stem Fixation for Femoral Tumor Prosthesis. *Orthop Surg.* 2019;11(3):451-459. doi: 10.1111/os.12483.
24. Zhang C., Hu J., Zhu K., Cai T., Ma X. Survival, complications and functional outcomes of cemented megaprotheses for high-grade osteosarcoma around the knee. *Int Orthop.* 2018;42(4):927-938. doi: 10.1007/s00264-018-3770-9.
25. Piakong P., Kiatisevi P., Yau R., Trovarelli G., Lam Y.L., Joyce D. et al. What Is the 10-year Survivorship of Cemented Distal Femoral Endoprotheses for Tumor Reconstructions and What Radiographic Features Are Associated with Survival? *Clin Orthop Relat Res.* 2020;478(11):2573-2581. doi: 10.1097/CORR.0000000000001336.
26. Enneking W.F., Dunham W., Gebhardt M.C., Malawer M., Pritchard D.J. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(286):241-246.
27. Henderson E.R., O'Connor M.I., Ruggieri P., Windhager R., Funovics P.T., Gibbons C.L. 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):1436-1440. doi: 10.1302/0301-620X.96B11.34747.
28. Barrientos-Ruiz I., Ortiz-Cruz E.J., Peleteiro-Pensado M., Merino-Rueda R. Early Mechanical Failure of a Tumoral Endoprothetic Rotating Hinge in the Knee: Does Bumper Wear Contribute to Hyperextension Failure? *Clin Orthop Relat Res.* 2019;477(12):2718-2725. doi: 10.1097/CORR.0000000000000949.
29. Little J.P., Gray H.A., Murray D.W., Beard D.J., Gill H.S. Thermal effects of cement mantle thickness for hip resurfacing. *J Arthroplasty.* 2008;23(3):454-458. doi: 10.1016/j.arth.2007.02.015.

#### Сведения об авторах

✉ Михайлов Илкин Мугадасович — канд. мед. наук

Адрес: Россия, 195427, г. Санкт-Петербург,  
ул. Академика Байкова, д. 8

<https://orcid.org/0000-0002-1631-0463>

e-mail: mim17@mail.ru

Тихилов Рашид Муртузалиевич — д-р мед. наук,  
профессор, чл.-кор. РАН

<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

e-mail: rtikhilov@gmail.com

Григорьев Петр Владимирович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-2622-4478>

e-mail: maddoc\_pvg@mail.ru

#### Authors' information

✉ Ilkin M. Mikailov — Cand. Sci. (Med.)

Address: 8, Akademika Baykova st., St. Petersburg, 195427,  
Russia

<https://orcid.org/0000-0002-1631-0463>

e-mail: mim17@mail.ru

Rashid M. Tikhilov — Dr. Sci. (Med.), Professor

<https://orcid.org/0000-0003-0733-2414>

e-mail: rtikhilov@gmail.com

Petr V. Grigoriev — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-2622-4478>

e-mail: maddoc\_pvg@mail.ru