

Научная статья
УДК 616.728.3-089.844-06
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17595>



Предикторы раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза при первичном эндопротезировании коленного сустава

М.Б. Гуражев, В.Л. Лукинов, В.С. Байтов, А.С. Гофер, Е.А. Иванов,
В.В. Павлов, А.А. Корыткин, А.А. Пронских

ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна»
Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Реферат

Актуальность. Асептическое расшатывание компонентов эндопротеза коленного сустава является одной из распространенных причин выполнения ревизионного вмешательства. Допустимый диапазон угловых значений послеоперационного выравнивания оси нижней конечности и фронтального расположения компонентов эндопротеза является дискутабельным вопросом.

Цель исследования – определить предикторы раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Материал и методы. В исследуемую группу вошел 31 пациент с асептическим расшатыванием компонентов эндопротеза, а в группу сравнения – 55 пациентов, у которых не были выявлены признаки расшатывания на протяжении минимум 8 лет. Сравнивались исходные данные (пол, возраст, индекс массы тела, сторона операции), а также до- и послеоперационная угловая оценка оси нижних конечностей, в частности анатомический феморо-тибиональный угол (аФТУ) и бедренно-коленно-лодыжечный угол (БКЛУ), а также референтные углы установки компонентов эндопротеза.

Результаты. Возраст пациентов старше 60,5 года и ИМТ больше 27,5 увеличивают риск расшатывания компонентов в 2,9 и 2,6 раза соответственно. Дооперационная варусная деформация, при которой БКЛУ превышает 9,5° а аФТУ – 6,5°, увеличивает риск расшатывания компонентов в 9,6 и 23,1 раза соответственно. Послеоперационная остаточная деформация, превышающая 0,5° по аФТУ в любом направлении, увеличивает риск расшатывания компонентов в 8,7 раза. Расположение тибионального компонента в вальгусном положении увеличивает риск расшатывания компонентов в 2,8 раза.

Заключение. У пациентов пожилого возраста с избыточным весом, имеющих выраженную варусную деформацию нижней конечности, следует избегать шаблонного предоперационного планирования и отдавать предпочтение персонализированному, более избирательному предоперационному планированию для профилактики раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза. В случаях выявления в послеоперационном периоде остаточной деформации и вальгусного положения тибионального компонента требуется усиленный контроль с проведением рентгенографических исследований каждые 6 мес. При прогрессировании рентгенопрозрачных линий и наличии болевого синдрома необходимо незамедлительно рассмотреть вопрос о проведении повторного хирургического вмешательства, что повышает вероятность успешного выполнения «консервативной» ревизии.

Ключевые слова: эндопротезирование коленного сустава; асептическое расшатывание компонентов эндопротеза; ревизионное эндопротезирование коленного сустава; ось нижних конечностей; предоперационное планирование.

Для цитирования: Гуражев М.Б., Лукинов В.Л., Байтов В.С., Гофер А.С., Иванов Е.А., Павлов В.В., Корыткин А.А., Пронских А.А. Предикторы раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2025;31(3):35-49.
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17595>.

Гуражев Михаил Борисович; e-mail: Tashtagol@inbox.ru

Рукопись получена: 08.08.2024. Рукопись одобрена: 23.07.2025. Статья опубликована онлайн: 08.08.2025.

© Гуражев М.Б., Лукинов В.Л., Байтов В.С., Гофер А.С., Иванов Е.А., Павлов В.В., Корыткин А.А., Пронских А.А., 2025



Predictors of Early Aseptic Loosening of Prosthetic Components Following Primary Total Knee Arthroplasty

Mikhail B. Gurazhev, Vitaliy L. Lukinov, Vladislav S. Baitov, Anton S. Gofer, Evgeniy A. Ivanov, Vitaliy V. Pavlov, Andrey A. Korytkin, Aleksandr A. Pronskikh

Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia

Abstract

Background. Aseptic loosening of the knee prosthesis components is one of the most common causes of revision surgery. The acceptable range of angular values for postoperative alignment of the lower limb and the frontal positioning of the prosthetic components remains a subject of debate.

The aim of the study — to identify the predictors of the early aseptic loosening of prosthetic components following primary total knee arthroplasty.

Methods. The study group included 31 patients with aseptic loosening of prosthetic components. The comparison group consisted of 55 patients with no signs of loosening over a follow-up period of at least 8 years. Baseline characteristics (sex, age, body mass index, and operated side) were compared, along with preoperative and postoperative angular alignment of the lower limbs, specifically, the anatomical femorotibial angle (aFTA) and the hip-knee-ankle angle (HKA), as well as reference angles for prosthetic component positioning.

Results. Patient age over 60.5 years and BMI over 27.5 were associated with a 2.9-fold and 2.6-fold increased risk of prosthetic loosening, respectively. Preoperative varus deformity, with an HKA angle exceeding 9.5° and an aFTA over 6.5°, increased the risk of loosening by 9.6 and 23.1 times, respectively. Postoperative residual deformity exceeding 0.5° in either direction, as measured by the aFTA, increased the risk of loosening by 8.7 times. Valgus positioning of the tibial component was associated with a 2.8-fold increased risk of component loosening.

Conclusions. In elderly and overweight patients with pronounced varus deformity of the lower limb, personalized preoperative planning should be prioritized to prevent early aseptic loosening of prosthetic components. In cases where postoperative residual deformity or valgus positioning of the tibial component is detected, enhanced clinical follow-up with radiographic monitoring every 6 months is recommended. If radiolucent lines progress and pain is present, early consideration of revision surgery is advisable, as it may increase the likelihood of a successful conservative revision.

Keywords: total knee arthroplasty; aseptic loosening of prosthetic components; revision knee arthroplasty; lower limb alignment; preoperative planning.

Cite as: Gurazhev M.B., Lukinov V.L., Baitov V.S., Gofer A.S., Ivanov E.A., Pavlov V.V., Korytkin A.A., Pronskikh A.A. Predictors of Early Aseptic Loosening of Prosthetic Components Following Primary Total Knee Arthroplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(3):35-49. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17595>.

Mikhail B. Gurazhev; e-mail: Tashtagol@inbox.ru

Submitted: 08.08.2024. Accepted: 23.07.2025. Published online: 08.08.2025.

© Gurazhev M.B., Lukinov V.L., Baitov V.S., Gofer A.S., Ivanov E.A., Pavlov V.V., Korytkin A.A., Pronskikh A.A., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Тотальное эндопротезирование коленного сустава является самой распространенной операцией при терминальной стадии гонартроза. Однако до 20% пациентов после ее проведения остаются неудовлетворены результатом, и, несмотря на полный курс реабилитации, некоторые из них нуждаются в ревизионной операции [1, 2].

Асептическое расшатывание компонентов эндопротеза (АРКЭ) является одной из распространенных причин (29,8%) выполнения ревизионного вмешательства. Асептическое расшатывание – это многофакторное явление, которое включает фактор имплантата, фактор хирургической техники и фактор самого пациента [3, 4]. Все перечисленные факторы являются достаточно обширными и часто взаимосвязаны друг с другом. Так, например, неправильное расположение компонентов эндопротеза (фактор хирургической техники) повышает риск возникновения увеличенной нагрузки и контактного напряжения на один из отделов коленного сустава. Это, в свою очередь, провоцирует несвоевременное образование частиц износа (фактор имплантата) с последующим остеолизом вокруг имплантата и развитием асептического расшатывания. Если к данному примеру добавить фактор пациента (повышенный ИМТ и/или остеопороз), то риск раннего АРКЭ многократно увеличивается.

Точное расположение и позиционирование компонентов является предметом активных научных дискуссий, особенно после внедрения в клиническую практику компьютерной навигации и роботизированной хирургии [5, 6]. На дан-

ный момент ортопедическое сообщество не пришло к единому мнению о допустимом диапазоне угловых значений послеоперационного выравнивания оси нижней конечности и фронтального расположения компонентов эндопротеза [7]. Более того, внедрение концепции фенотипов коленного сустава [8] усложнило текущий подход к выравниванию оси нижней конечности, поставив под сомнение универсальность золотого стандарта механического выравнивания для всех пациентов [9, 10].

Цель исследования – определить предикторы раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза при первичном эндопротезировании коленного сустава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнено ретроспективное исследование типа «случай-контроль». Исследование проводилось в соответствии с рекомендациями по отчетности о наблюдательных исследованиях (STROBE) [11].

Формирование групп пациентов

С 2010 по 2015 г. в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» ревизионное эндопротезирование коленного сустава было выполнено 331 пациенту (331 коленный сустав). Для формирования группы исследования мы отобрали 193 (58%) пациентов, у которых ревизионная операция выполнялась по разным причинам, не связанным с инфекционным процессом. Блок-схема отбора пациентов в группу исследования представлена на рисунке 1.

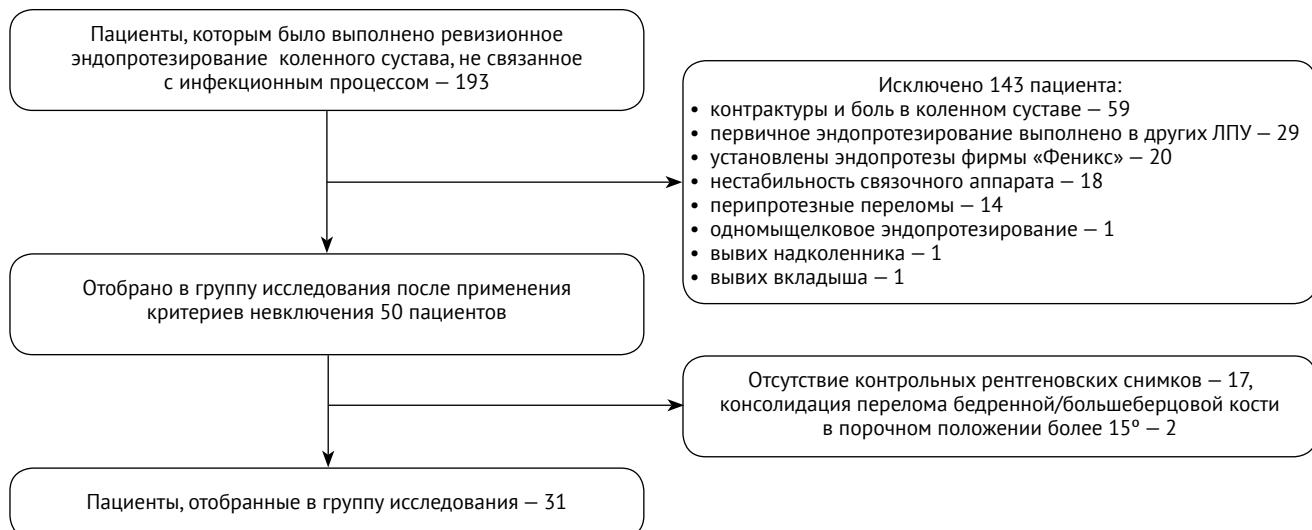


Рисунок 1. Блок-схема отбора пациентов

Figure 1. Flow-chart of patient selection

В группу сравнения вошли 55 пациентов, которым было выполнено первичное эндопротезирование коленного сустава в 2010–2015 гг. и у которых в сроки от 8 до 10 лет после операции отсутствовали рентгенологические и клинические признаки асептического расшатывания компонентов эндопротеза. Следует отметить, что как

в исследуемой, так и в группе сравнения выполнялось только трехкомпонентное (бедренный и модульный большеберцовый компоненты) первичное эндопротезирование коленного сустава, все эндопротезы были несвязанного типа. Перечень используемых в обеих группах эндопротезов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Эндопротезы, установленные пациентам обеих групп

Группа	Изготовитель эндопротеза					
	Aesculap Columbus	Wright MP	Zimmer NexGen	DePuy Sigma	Stryker Scorpio	Smith & Nephew Genesis II
Исследования (<i>n</i> = 31)	11	8	3	4	5	–
Сравнения (<i>n</i> = 55)	20	6	7	8	5	9

Методы оценки

Исходные данные о пациентах обеих групп (пол, возраст, ИМТ, сторона операции) брали из историй болезни.

В период госпитализации пациенты до операции и перед выпиской из стационара проходили рентгенологическое обследование согласно стандартному протоколу, которое включало прицельную и панорамную рентгенографию коленного сустава. Установка нижних конечностей при выполнении рентгеновского исследования соответствовала современным требованиям к качеству выполнения снимков [12]. Если при выписке из стационара пациент не мог установить конечность в правильную позицию (ввиду сохранения остаточного болевого синдрома), то рентгенографическое исследование повторяли на контрольном осмотре через 6 мес.

Все измерения на рентгеновских снимках проводились в цифровом виде с использованием инструментов программного обеспечения K-PACS. Измерение проводилось в разное время одним исследователем, полученные данные проверялись дважды. Измерение включало оценку оси нижней конечности, определение фенотипа коленных суставов и оценку наличия признаков расшатывания компонентов эндопротеза.

Референтные углы:

- анатомический латеральный дистальный феморальный угол (аЛДФУ), образованный пересечением анатомической оси бедренной кости с линией, соединяющей наиболее выступающие точки мыщелков бедренной кости;

- механический латеральный дистальный феморальный угол (мЛДФУ), образованный пересечением механической оси бедренной кости с линией, соединяющей наиболее выступающие точки мыщелков бедренной кости;

- анатомический медиальный проксимальный тибиональный угол (аМПТУ), образованный пересе-

чением анатомической оси большеберцовой кости с линией, проходящей по верхнему уровню плато большеберцовой кости;

- механический медиальный проксимальный тибиональный угол (мМПТУ), образованный пересечением механической оси большеберцовой кости с линией, проходящей по верхнему уровню плато большеберцовой кости (табл. 2).

Оценка оси нижней конечности выполнялась при помощи измерения анатомического феморо-тибионального угла (аФТУ), образованного пересечением анатомической оси бедренной кости с анатомической осью большеберцовой кости, и бедренно-коленно-лодыжечного угла (БКЛУ), который образован пересечением механической оси бедренной кости и механической оси большеберцовой кости. В данном исследовании варусной деформации было присвоено отрицательное значение, а вальгусной деформации – положительное (табл. 2).

Таблица 2

Значение референтных углов и критерии угловой оценки оси нижней конечности, град.

Угол	Варус	Норма	Вальгус
аЛДФУ	> 83	от 79 до 83	< 79
мЛДФУ	> 90	от 85 до 90	> 85
аМПТУ/мМПТУ	< 85	от 85 до 90	> 90
БКЛУ	< -3	от -3 до 3	> 3
аФТУ	< 2	от 2 до 7	> 7

Определение фенотипа коленного сустава выполнялось с использованием классификации СРАК (Coronal Plane Alignment of the Knee) фронтальной оценки оси нижней конечности, которая учитывает арифметический бедренно-коленно-лодыжечный угол (аБКЛУ) и наклон линии сустава [8].

Арифметический БКЛУ рассчитывается как разница мМПТУ и мЛДФУ, а наклон линии сустава равен сумме мМПТУ и мЛДФУ (рис. 2).

Арифметический БКЛУ (мМПТУ и мЛДФУ)

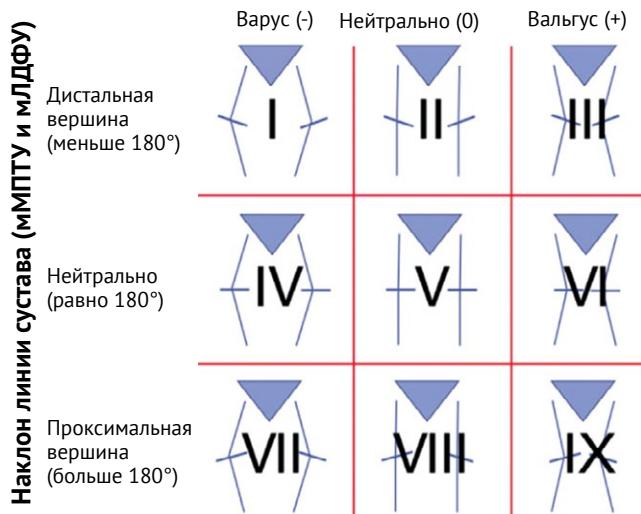


Рисунок 2. Классификации CPAK фронтальной оценки оси нижней конечности [8]

Figure 2. CPAK classification for coronal lower limb alignment [8]

Оценка признаков расшатывания компонентов эндопротеза осуществлялась по трем критериям:

- наличие прогрессивных рентгенопрозрачных линий, измеренных по методу KSRESS (Knee Society Roentgenographic Evaluation Scoring System) [13];
- механический коллапс одного из компонентов эндопротеза;
- механический коллапс двух компонентов эндопротеза.

Необходимо отметить, что у некоторых пациентов отсутствовали панорамные рентгенограммы (отсутствие снимков в архиве, плохое качество): у одних – дооперационные, у других – послеоперационные. Поэтому измерение углов мЛДФУ и БКЛУ у всех пациентов было невозможно выполнить. Однако для сохранения важных данных измерений было решено таких пациентов не исключать из исследования (табл. 3).

Статистический анализ

Проверка непрерывных данных критерием Смирнова не выявила в сравниваемых группах нормально распределенных значений, поэтому основными описательными статистиками были ранговые статистики – медиана (Me), первый и третий квартили [$Q_1; Q_3$], дополнительно рассчитывались среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD), минимальное и максимальное значения (min-max). Для сравнения применялся непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Категориальные данные (пол, сторона установки протеза, возраст, классификации фронтальных осей нижних конечностей и фенотипов) описывались количеством и частотой пациентов в каждой категории, между группами сравнение проводилось с использованием точного критерия Фишера. Ошибки множественных сравнений в категориях у достигнутых уровней значимости p корректировались методом Бенджамина–Хохберга. Использовались только двусторонние критерии сравнения.

Выявление предикторов расшатывания компонентов протеза проводили путем построения моделей логистических регрессий. С помощью однофакторных моделей определяли отдельные предикторы, ассоциированные с расшатыванием. Из совокупности ковариат с достигнутым уровнем значимости $p < 0,3$ в однофакторных моделях методами прямого и обратного шага строили оптимальную по информационному критерию Акайке модель многофакторной логистической регрессии. Модели прямого и обратного шага совпали. Для многофакторной модели логистической регрессии ROC-анализом определяли наилучший по индексу Юдена (суммарной чувствительности и специфичности) порог классификации, строили таблицу соответствия (сопряженности), по которой рассчитывали прогностические показатели: чувствительность, специфичность, частоту случаев метода, фактическую частоту случаев. Тестом Хосмера – Лемешова исследовали согласованность прогностических частот откалиброванной модели с фактическими частотами негативных событий.

Таблица 3

Количество пациентов с наличием рентгенологических снимков

Вид рентгенологического исследования	Группа исследования ($n = 31$)		Группа сравнения ($n = 55$)	
	До операции	После операции	До операции	После операции
Панорамная рентгенография	30	19	53	45
Прицельная рентгенография	31	31	55	55

Статистические гипотезы отвергали при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различия и предикторы считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Все статистические расчеты выполнялись в программе R-Studio (версия 2022.07.2+576 «Spotted Wakerobin», США) на языке R (версия 4.1.3, Австрия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исходные данные пациентов

Статистических различий в исходных данных, взятых из истории болезни, между группами не выявлено. Однако в группе сравнения преобладали пациенты ($n = 29$) в возрасте 36–59 лет (52,7%), а в исследуемой группе – пациенты ($n = 19$) в возрасте 60–74 лет (61,3%) (табл. 4).

Результаты дооперационного рентгенологического обследования

В обеих группах ось нижних конечностей до операции чаще встречалась в варусном коридоре по результатам измерения аФТУ и БКЛУ, затем – в нейтральном и вальгусном. Исходная варусная деформация, измеренная по БКЛУ, встречалась чаще в группе сравнения ($p < 0,001$). В исследуемой группе вальгусная деформация наблюдалась чаще, однако без значительной статистической разницы (табл. 5).

В исследуемой группе варусная деформация встречалась реже, чем в группе сравнения, но была более выраженной. Однако статистически значимых различий по этому признаку выявлено не было (табл. 6).

Таблица 4

Сравнение исходных характеристик пациентов обеих групп

Исходные данные	Группа исследования ($n = 31$)	Группа сравнения ($n = 55$)	p
Пол:			
женский	28 (90,3%)	47 (85,5%)	
мужской	3 (9,7%)	8 (14,5%)	0,739*
Сторона:			
левая	12 (38,7%)	32 (58,2%)	
правая	19 (61,3%)	23 (41,8%)	0,116*
Возраст, лет			Общее сравнение: 0,023, p (коррекция p)
21–35	1 (3,2%)	0 (0,0%)	0,360 (0,451)
36–59	8 (25,8%)	29 (52,7%)	0,023 (0,114)
60–74	19 (61,3%)	24 (43,6%)	0,177 (0,443)
75–90	3 (9,7%)	2 (3,6%)	0,346 (0,451)
ИМТ, кг/м ²			
Me [Q ₁ ; Q ₃]	32 [29; 35]	32 [28; 35]	
M±SD	32,58±6,46	32,33±5,88	
(min-max)	(21–48)	(22–50)	0,892**

* – точный критерий Фишера, ** – U-критерий Манна – Уитни. Здесь и далее полужирным шрифтом отмечены статистически значимые отличия.

Таблица 5

Дооперационная ось нижних конечностей в обеих группах по данным измерения аФТУ и БКЛУ

Дооперационные углы	Ось нижней конечности	Группа исследования ($n = 31/30$)	Группа сравнения ($n = 55/53$)	Точный критерий Фишера, p (коррекция p)
аФТУ	Варусная	20 (64,5%)	50 (90,9%)	0,004 (0,012)
	Нейтральная	6 (19,4%)	4 (7,3%)	0,158 (0,158)
	Вальгусная	5 (16,1%)	1 (1,8%)	0,021 (0,032)
БКЛУ	Варусная	21 (70,0%)	52 (98,1%)	< 0,001 (< 0,001)
	Нейтральная	6 (20,0%)	1 (1,9%)	0,008 (0,012)
	Вальгусная	3 (10,0%)	0 (0,0%)	0,044 (0,044)

Таблица 6

Дооперационные значения деформации по аФТУ и БКЛУ, град.

Дооперационные углы	Группа исследования (n = 31*/30**)	Группа сравнения (n = 55*/53***)	Критерий Манна–Уитни, <i>p</i>
аФТУ			
Ме [Q ₁ ; Q ₃] M±SD min-max	-2 [-4,5; -0,5] -2,8±4,2 -16...7	-5 [-10; 3] -3,10±10,01 -27...22	0,485
БКЛУ			
Ме [Q ₁ ; Q ₃] M±SD min-max	-10 [-12; -8] -10,6±4,4 -22...0	-13 [-17,8; -2,0] -9,70±10,73 -33...14	0,943

* – измерение по аФТУ; ** – измерение по БКЛУ.

При измерении дооперационных референтных углов в обеих группах статистически значимых различий не выявлено. Большинство референтных углов в обеих группах относилось к нейтральному положению (130), затем к варусному (114) и вальгусному (11).

Результаты послеоперационного рентгенологического обследования

По результатам измерения аФТУ, в группе сравнения нейтральная ось встречалась чаще, чем в группе исследования (*p* < 0,001). По результатам измерения БКЛУ, нейтральная ось также встречалась чаще в группе сравнения по сравнению с исследуемой, но статистически значимых различий не выявлено. Вальгусная деформация, выявленная при измерении БКЛУ, наблюдалась только в исследуемой группе и имела статистически значимое различие с группой сравнения (*p* < 0,001) (табл. 7).

В обеих группах после операции выявлено исправление оси нижней конечности в нейтральную сторону по сравнению с дооперационными данными, но остаточная варусная деформация преобладала в исследуемой группе, хотя статистически значимых различий выявлено не было (табл. 8).

При измерении послеоперационных референтных углов в обеих группах статистически значимых различий не выявлено. Большинство референтных углов в обеих группах относилось к варусному положению (104), затем к нейтральному (102) и вальгусному (30). Сравнение с дооперационными данными референтных углов показало уравновешивание варусного положения и нейтрального, а также увеличение количества случаев вальгусного положения, преимущественно за счет изменений тибионального компонента.

Таблица 7

Послеоперационная ось нижних конечностей в обеих группах по данным измерения аФТУ и БКЛУ

Послеоперационные углы	Ось нижней конечности	Группа исследования (n = 31*/19**)	Группа сравнения (n = 55*/45***)	Точный критерий Фишера, <i>p</i> (коррекция <i>p</i>)
аФТУ	Варусная	14 (45,2%)	10 (18,2%)	0,012 (0,012)
	Нейтральная	9 (29,0%)	43 (78,2%)	< 0,001 (< 0,001)
	Вальгусная	8 (25,8%)	2 (3,6%)	0,004 (0,005)
БКЛУ	Варусная	6 (31,6%)	21 (46,7%)	0,406 (0,406)
	Нейтральная	6 (31,6%)	24 (53,3%)	0,170 (0,255)
	Вальгусная	7 (36,8%)	0 (0,0%)	< 0,001 (< 0,001)

* – измерение по аФТУ; ** – измерение по БКЛУ.

Таблица 8

Послеоперационные значения деформации по аФТУ и БКЛУ, град.

Послеоперационные углы	Группа исследования <i>n</i> = 31*/19**	Группа сравнения <i>n</i> = 55*/45**	U-критерий Манна–Уитни, <i>p</i>
аФТУ			
Ме [Q ₁ ; Q ₃] M±SD min-max	2 [0,0; 7,5] 3,7±4,9 -4...16	5 [2; 6] 4,1±2,4 -1...9	0,361
БКЛУ			
Ме [Q ₁ ; Q ₃] M±SD min-max	-1,0 [-8,5; 1,5] -2,6±6,1 -13...8	-3 [-6; -1] -3,2±3,2 -9...3	0,621

* — измерение по аФТУ; ** — измерение по БКЛУ.

Послеоперационное соотношение установки компонентов по анатомическим референтным углам в обеих группах не имело статистически значимых различий. Самая частая комбинация установки компонентов эндопротеза в обеих группах была следующей: бедренный компонент установлен в варусном положении, а тибиональный — в нейтральном. На втором месте по частоте встречаемости в исследуемой группе была комбинация: бедренный компонент установлен в варусном положении, а тибиональный — в вальгусном. В группе сравнения на втором месте находилась комбинация, при которой и бедренный, и тибиональный

компоненты были установлены в нейтральном положении.

Послеоперационное соотношение установки компонентов по механическим референтным углам имело статистически значимые различия для комбинации, при которой бедренный компонент был установлен в нейтральном положении, а тибиональный — в вальгусном. Такая комбинация чаще встречалась в исследуемой группе (*p* = 0,007, *p* = 0,040). Самая частая комбинация установки компонентов эндопротеза в обеих группах — бедренный компонент в варусном положении, а тибиональный — в нейтральном (табл. 9).

Таблица 9

Послеоперационная комбинация установки компонентов по механическим референтным углам

Соотношение комбинаций мЛДФУ/мМПТУ	Группа исследования (<i>n</i> = 19)	Группа сравнения (<i>n</i> = 45)	Точный критерий Фишера, общее сравнение: 0,007, <i>p</i> (коррекция <i>p</i>)
Вальгус/вальгус	1 (5%)	0 (0%)	0,286 (0,343)
Варус/вальгус	4 (21%)	8 (18%)	0,729 (0,729)
Варус/норма	6 (32%)	25 (56%)	0,164 (0,327)
Норма/вальгус	6 (32%)	2 (4%)	0,007 (0,040)
Норма/варус	1 (5%)	0 (0%)	0,286 (0,343)
Норма/норма	1 (5%)	10 (22%)	0,155 (0,327)

Определение фенотипа

До операции в обеих группах большинство суставов относилось к I типу, статистически значимых различий не выявлено. После операции в группе исследования чаще всего встречались I (17%), V (17%), VII (17%) и IX (17%) типы, а в группе сравнения — IV (11%), V (32%) и VII (34%) типы.

На дооперационном графике распределения фенотипов коленного сустава видна плотность расположения оси конечности в варусном коридоре (рис. 3).

В послеоперационном графике распределения фенотипов коленного сустава уже такой плотности не наблюдается (рис. 4).

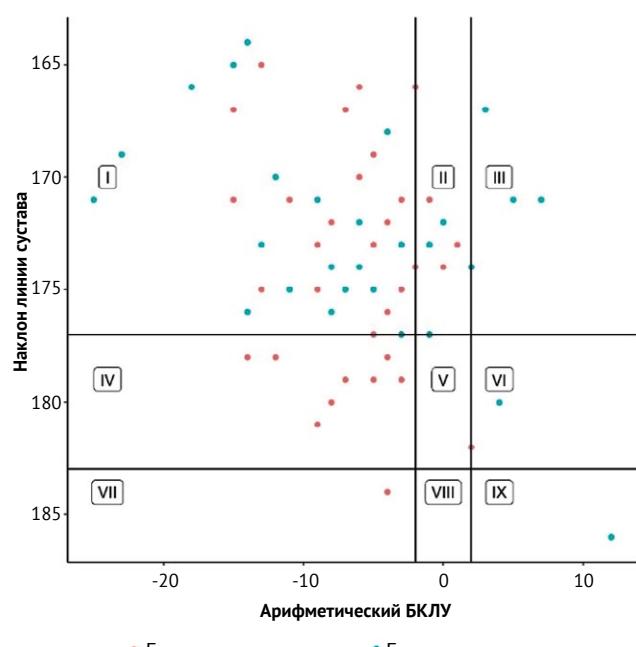


Рисунок 3. Распределение коленных суставов пациентов по фенотипам до операции

Figure 3. Preoperative distribution graph of the knee joint phenotypes among patients

Рентгенологические признаки расшатывания компонентов

Варианты рентгенологических признаков расшатывания компонентов эндопротеза в зависимости от их комбинации, измеренной при помощи анатомических референтных углов, представлены в таблице 10.

Самым частым признаком расшатывания был механический коллапс одного из компонентов (3 случая, 41,94%), который встречался во всех комбинациях. На втором месте — прогрессирование рентгенопрозрачных линий без признаков коллапса компонентов (11 случаев, 35,48%), на третьем — коллапс обоих компонентов (7 случаев, 22,58%). Все рентгенологические признаки расшатывания

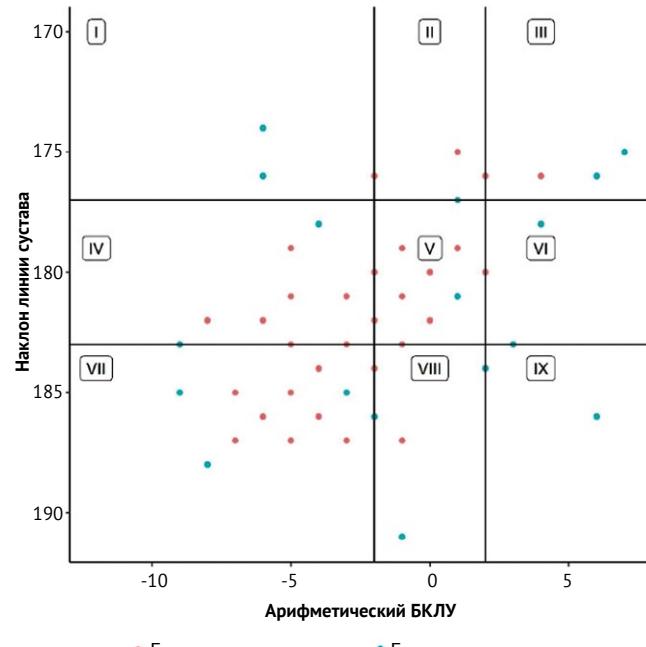


Рисунок 4. Распределение коленных суставов по фенотипам после операции

Figure 4. Postoperative distribution graph of the knee joint phenotypes among patients

встречались при комбинациях, когда бедренный компонент был установлен в варусном положении, а тибиональный компонент — либо в нейтральном, либо в вальгусном.

Данные о сроке, на котором были выявлены признаки расшатывания компонентов эндопротеза, в зависимости от имеющейся комбинации установки компонентов, измеренных при помощи референтных углов аЛДФУ/аМПТУ, представлены в таблице 11.

Во всех имеющихся комбинациях установки компонентов признаки расшатывания компонентов выявлены в течение 5 лет. Большинство случаев ($n = 25$, 81%) АРКЭ наблюдалось в первые 3 года.

Таблица 10

Варианты рентгенологических признаков расшатывания компонентов эндопротеза в зависимости от имеющейся комбинации установки компонентов

Комбинация установки по референтным углам аЛДФУ/аМПТУ	Рентгенологические признаки расшатывания		
	Рентгенопрозрачные линии	Смещение одного компонента	Смещение обоих компонентов
Вальгус/вальгус ($n = 1$)	—	1	—
Вальгус/норма ($n = 1$)	—	1	—
Варус/вальгус ($n = 8$)	4	2	2
Варус/норма ($n = 13$)	2	6	5
Норма/вальгус ($n = 5$)	4	1	—
Норма/варус ($n = 1$)	—	1	—
Норма/норма ($n = 2$)	1	1	—

Таблица 11

**Сроки выявления признаков расшатывания компонентов эндопротеза
в зависимости от комбинации их установки**

Комбинации установки по референтным углам аЛДФУ/аМПТУ	Количество случаев расшатывания компонентов в зависимости от срока, лет				
	1	2	3	4	5
Вальгус/вальгус (<i>n</i> = 1)	1	–	–	–	–
Вальгус/норма (<i>n</i> = 1)	1	–	–	–	–
Варус/вальгус (<i>n</i> = 8)	3	4	1	–	–
Варус/норма (<i>n</i> = 13)	3	4	2	3	1
Норма/вальгус (<i>n</i> = 5)	1	1	2	1	–
Норма/варус (<i>n</i> = 1)	–	1	–	–	–
Норма/норма (<i>n</i> = 2)	1	–	–	–	1

Модель прогноза асептического расшатывания компонентов

Для определения предикторов расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава использован метод логистической регрессии для однофакторных и многофакторных моделей (табл. 12).

При построении однофакторных моделей логистической регрессии выявлены отдельные значимые предикторы асептического расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава. Так, из таблицы видно, что тяжелая дооперационная варусная деформация, измеренная при помощи БКЛУ и аФТУ, ассоциируется с повышением шансов расшатывания компонентов эндопротеза с 9,6 до 23,1 раза соответственно. В послеоперационных измерениях оси нижней конечности при помощи аФТУ выход за пределы нормы в варусную или вальгусную сторону на 0,5° увеличивает риск расшатывания в 8,7 (3,32–25,10) раза,

возраст пациентов старше 60 лет — в 2,92 раза, ИМТ больше 27,50 — в 2,60 раза.

Выполненный ROC-анализ позволил провести исследование предсказательной способности многофакторной модели и определить лучший индекс Юдена с показателями чувствительности 64,5% и специфичности 85,5% для порогового значения вероятности неудачного протезирования, равного 55,1%. Таким образом, используя полученное пороговое значение, у пациентов с рассчитанной по формуле модели с вероятностью расшатывания компонентов более 55,1% прогнозировали расшатывание компонентов эндопротеза (рис. 5).

Уровень значимости теста Хосмера–Лемешова ($p = 0,785$, степени свободы (df) = 4, статистика χ^2 Пирсона = 1,731) допускает согласованность прогностических частот откалиброванной многофакторной модели с фактическими частотами развития расшатывания.

Таблица 12

Модели логистической регрессии асептического расшатывания компонентов эндопротеза (*n* = 86, из них 31 (36%) случай расшатывания)

Ковариаты/предикторы	Однофакторная модель		Многофакторная модель	
	ОШ [95% ДИ]	<i>p</i>	ОШ [95% ДИ]	<i>p</i>
Дооперационная ось нижней конечности, измеренная при помощи аФТУ, имеющая значение меньше -6,5°	23,14 [5,72; 158,23]	< 0,001		
Дооперационная ось нижней конечности, измеренная при помощи БКЛУ, имеющая значение меньше -9,5°	9,60 [3,11; 34,36]	< 0,001		
Возраст пациента более 60,5 года	2,92 [1,18; 7,60]	0,023		
ИМТ больше 27,5	2,60 [0,75; 12,18]	0,165	3,47 [0,84; 18,67]	0,108
Послеоперационная ось нижней конечности, измеренная при помощи аФТУ, имеющая значение больше или меньше нормы на 0,5°	8,76 [3,32; 25,10]	< 0,001	9,58 [3,53; 28,69]	< 0,001
Тибиальный компонент, установленный в вальгусном положении	2,83 [1,10; 7,43]	0,032		

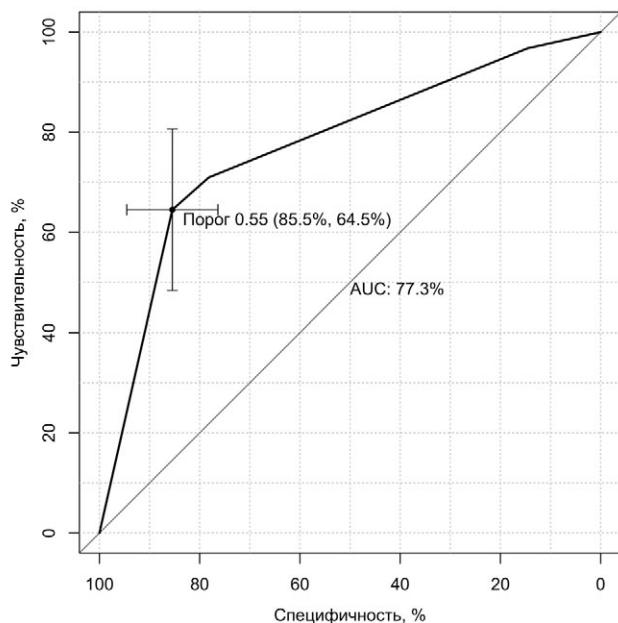


Рисунок 5. ROC-кривая (пороговое значение 55,1%) многофакторной модели развития расшатывания компонентов эндопротеза

Figure 5. ROC curve (threshold value 55.1%) of the multivariate model for predicting loosening of prosthetic components

Формула многофакторной модели прогнозирования асептического расшатывания компонентов эндопротеза имеет следующий вид:

$$P = 1 - 1/(1+\exp(B + A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2)),$$

где P — вероятность асептического расшатывания компонентов, $\exp()$ — функция экспоненты. Значения коэффициентов многофакторной модели приведены в таблице 13.

ОБСУЖДЕНИЕ

На первый взгляд, такие данные, как возраст пациента и тяжесть варусной деформации, не имеют прямой корреляции. Но с каждым годом стадия артроза прогрессирует, а пациент затягивает обра-

щение в ЛПУ из-за страха оперативного лечения. В связи с этим очевидно, что чем старше пациент, тем у него более выражена деформация нижней конечности.

Эти факты отражены в полученных результатах: в исследуемой группе преобладали пациенты более старшего возраста (61% в возрасте 60–74 лет), чем в группе сравнения (52% в возрасте 36–59 лет). Чем тяжелее варусная деформация, тем сложнее ее исправить и при этом не допустить неточностей в позиционировании компонентов эндопротеза, поэтому в исследуемой группе тяжесть варусной деформации была выше, чем в группе сравнения. Доказательством того, что возраст пациента и тяжесть варусной деформации являются предикторами АРКЭ коленного сустава, содержится в однофакторной модели логистической регрессии, в которой тяжесть деформации увеличивает риск расшатывания в 23 раза, а возраст пациента старше 60 лет — в 3 раза.

В послеоперационном периоде в группе сравнения нейтральное положение оси нижней конечности встречалось чаще, чем в группе исследования ($p < 0,001$), а послеоперационная вальгусная деформация выявлена только в группе исследования ($p < 0,001$). Более выраженная остаточная варусная деформация после операции отмечена в исследуемой группе. Эти результаты говорят о предрасположенности к расшатыванию компонентов у пациентов с большим отклонением от нейтрального положения в сторону варуса, а отклонение от нейтрального положения в сторону вальгуса — еще более неприемлемое отклонение. Схожие данные получены в многофакторной модели логистической регрессии, так как в послеоперационных измерениях оси нижней конечности при помощи аФТУ выход за пределы нормы в варусную или вальгусную сторону на $0,5^\circ$ увеличивает риск расшатывания в 8,7 (3,32–25,10) раза (см. табл. 12). К схожим выводам пришли Y.H. Kim с соавторами, исследовав 3048 рентгенограмм коленного сустава у пациентов со средней выживав-

Таблица 13
Коэффициенты и переменные модели многофакторной логистической регрессии асептического расшатывания компонентов эндопротеза

Коэффициенты и переменные	Описание	Допустимые значения в формуле
B	Постоянный коэффициент	-2,657833
A_1	Постоянный коэффициент	2,259605
X_1	Послеоперационная ось нижней конечности, измеренная при помощи аФТУ	0 — величина более $1,5^\circ$ и менее $7,5^\circ$; 1 — величина от $1,5^\circ$ и менее или от $7,5^\circ$ и более
A_2	Постоянный коэффициент	1,243753
X_2	ИМТ	0 — величина менее 27,5; 1 — величина от 27,5 и более

емостью эндопротеза 15 лет. Авторы пришли к выводу, что ось нижней конечности, измеренная при помощи аФТУ, превышающая 3° в варусную сторону, увеличивает риск развития расшатывания компонентов эндопротеза [14]. С другой стороны, выход оси нижней конечности за пределы 3° в варусную сторону, но уже измеренной при помощи БКЛУ, также увеличивает риск (10%) развития расшатывания компонентов эндопротеза — к такому выводу пришли B.S. Lee с соавторами [15].

Результаты нашего исследования показали, что чаще всего в обеих группах бедренный компонент был установлен в варусном положении, а тибиональный — в нейтральном. Это, по всей видимости, происходит потому, что хирурги игнорировали или не имели возможности измерить предоперационный угол α , и на резекторном блоке для дистального опила бедренной кости «на автомате» закладывали 5°, что было недостаточно для выведения бедренного компонента в нейтральное положение во фронтальной плоскости. Такая комбинация в группе сравнения встречалась более чем в 50% случаев, поэтому предрасположенность к расшатыванию данной ситуации маловероятна, а в исследуемой группе расшатывание компонентов при этой комбинации произошло, по всей видимости, по смежной причине. Но имелись статистически значимые различия между группами в комбинациях установки компонентов, измеренных при помощи механических референтных углов, где чаще всего происходило расшатывание компонентов при комбинации, когда бедренный компонент был установлен в нейтральном положении, а тибиональный — в вальгусном (см. табл. 9). Это в очередной раз подчеркивает плохие прогнозы выживаемости эндопротеза при изменении изначальной варусной деформации на вальгусную за счет установки тибионального компонента в вальгусное положение. В то же время расположение тибионального компонента в варусном положении (мПТУ 85°) при сохранении общей нейтральной оси нижней конечности показало 10-летнюю выживаемость эндопротеза с хорошими клиническими результатами у 66 пациентов в исследовании F.A. Miralles-Muñoz с соавторами [16].

Классификация фронтальной оценки оси нижней конечности СРАК создавалась, чтобы определить, какой фенотип коленного сустава получит большую пользу от кинематического выравнивания. Однако мы решили использовать эту классификацию для выявления закономерностей развития АРКЭ. Статистических различий между группами по фенотипу суставов выявлено не было. Если учитывать, что в обеих группах до операции большее количество суставов относилось к варусному фенотипу, то можно предположить отсутствие предрасположенности к расшатыванию

компонентов, если фенотип меняется в пределах одного осевого коридора. Что касается удовлетворенности пациентов результатами операции, то сохранение дооперационного варусного фенотипического коридора демонстрирует хороший результат, так как пациенты группы сравнения были прооперированы минимум 8 лет назад и за весь период не предъявляли жалоб.

Самый частый рентгенологический признак расшатывания компонентов — коллапс одного компонента (41,94%) — занял первое место, поскольку не всегда вовремя удается определить прогрессирование рентгенопрозрачных линий. Это связано с тем, что пациенты часто не соблюдают послеоперационный протокол наблюдения и приходят на первый поликлинический прием уже с клиническими и рентгенологическими признаками расшатывания одного из компонентов. Также существуют определенные сложности при выявлении рентгенопрозрачных линий, так как пациенты приходят без жалоб на боль в коленном суставе с рентгенологическими снимками, выполненными в поликлиниках по месту жительства, где нередко нарушена правильность выполнения рентгенограмм во фронтальной и сагиттальной проекциях, а также недостаточно хорошее качество самой пленки. Учитывая, что набор пациентов, которым была выполнена ревизионная операция по поводу асептического расшатывания компонентов, был произведен с 2010 по 2015 г., а данные (рентгенологические) о первичном эндопротезировании у этих пациентов в архивах начинаются только с 2008 г., то самый большой срок выхода из строя компонентов не превысил 5 лет.

Выведенная формула многофакторной модели, включающая невосстановленную нейтральную послеоперационную ось нижней конечности и ИМТ, также логически понятна. Механическое выравнивание оси нижней конечности при эндопротезировании коленного сустава подразумевает обязательное достижение нейтрального положения оси за счет выполнения релиза мягких тканей, при выполнении горизонтального (параллельного полу) дистального опила бедренной кости и проксимального опила большеберцовой кости. То есть хирургическое вмешательство, направленное на исправление оси нижней конечности, выполняется на мягких тканях (релиз), а костные опилы выполняются стандартно всем пациентам. Таким образом, имеющееся отклонение от нейтрального положения оси нижней конечности при выполнении механического выравнивания провоцирует неправильное распределение нагрузки на компоненты эндопротеза с последующим ранним выходом из строя последних. Но в то же время современные требования к выравниванию оси нижней конечности для исправления ее деформации

выполняются главным образом за счет опилов дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей с индивидуальной ротацией бедренного компонента [10, 17]. При таких видах выравнивания допустима так называемая безопасная недокоррекция нейтрального положения оси.

Самый непредсказуемый результат, который мы получили в своем исследовании, — это увеличение риска расшатывания компонентов эндопротеза в 8 раз при выходе на 0,5° в любую сторону при измерении аФТУ. Ведь 0,5° — это очень малое отклонение, которое интраоперационно достаточно сложно заметить при мануальном выполнении эндопротезирования коленного сустава с использованием контрольной металлической оси. Здесь, по всей видимости, на первый план выходит использование роботизированной техники эндопротезирования, поскольку она обеспечивает высокую точность выполнения всех запланированных костных опилов, что, в свою очередь, гарантирует точное расположение компонентов эндопротеза. Однако следует отметить, что для выводов о преимуществах робот-ассистированной техники необходимы долгосрочные результаты исследований.

Ограничения исследования

В данном исследовании участвовало небольшое количество пациентов, однако это не помешало выявить предикторы раннего АРКЭ при первичном эндопротезировании коленного сустава благодаря статистическому построению моделей логистических регрессий.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Гуражев М.Б. — написание и редактирование текста рукописи, поиск и анализ литературы.

Лукинов В.Л. — статистическая обработка и анализ данных, редактирование текста рукописи.

Байтов В.С. — сбор и анализ данных, статистическая обработка данных.

Гофер А.С. — поиск и анализ литературы, редактирование текста рукописи.

Иванов Е.А. — поиск и анализ литературы, редактирование текста рукописи

Павлов В.В. — концепция и дизайн исследования, научное руководство.

Корыткин А.А. — научное руководство, редактирование текста рукописи

Пронских А.А. — дизайн исследования, редактирование 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.

Нельзя полностью исключить неточности в рентгенологическом измерении углов оси нижних конечностей и референтных углов установки компонентов эндопротеза. Это могло повлиять на статистический расчет однофакторных и, следовательно, многофакторных моделей определения предикторов АРКЭ.

Оперативное лечение выполнялось разными хирургическими бригадами, использовались эндопротезы разных фирм, хоть и с одинаковой степенью связанности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов пожилого возраста с избыточным весом и варусной деформацией нижней конечности выше средней тяжести необходимо выполнять персонализированное, более избирательное предоперационное планирование для профилактики раннего асептического расшатывания компонентов эндопротеза. При выявлении у пациентов в послеоперационном периоде остаточной деформации и установленного в вальгусное положение тибионального компонента следует усилить послеоперационный контроль и выполнять контрольные рентгеновские снимки каждые 6 мес. При выявлении прогрессирования рентгенопрозрачных линий и наличии болевого синдрома следует сразу выполнять повторную операцию, тем самым увеличивая шансы на выполнение «консервативной» ревизии. Принципы «консервативной» ревизии состоят в отказе от ревизионных конструкций эндопротеза и сведении к минимуму агрессивных воздействий на интактные прилежащие мягкие ткани и костные структуры.

DISCLAIMERS

Author contribution

Gurazhev M.B. — drafting and editing the manuscript, literature search and review.

Lukinov V.L. — statistical data processing, data analysis and interpretation, editing the manuscript.

Baitov V.S. — data acquisition, analysis and interpretation, statistical data processing.

Gofer A.S. — literature search and review, editing the manuscript.

Ivanov E.A. — literature search and review, editing the manuscript.

Pavlov V.V. — study concept and design, scientific guidance.

Korytkin A.A. — scientific guidance, editing the manuscript.

Pronskikh A.A. — study design, 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.

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.

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]

1. Klit J., Jacobsen S., Rosenlund S., Sonne-Holm S., Troelsen A. Total knee arthroplasty in younger patients evaluated by alternative outcome measures. *J Arthroplasty*. 2014;29(5):912-917. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2013.09.035>.
2. Dong Z., Li Y., Wang X., Tian H. A Case of TKA Failure in Patient with Primary Hyperparathyroidism. *Orthop Surg*. 2023;15(11):3006-3011. <https://doi.org/10.1111/os.13892>.
3. Khan M., Osman K., Green G., Haddad F.S. The epidemiology of failure in total knee arthroplasty: avoiding your next revision. *Bone Joint J*. 2016;98-B(1 Suppl A):105-112. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B1.36293>.
4. Мурылев В.Ю., Усубалиев Б.Т., Музыченков А.В., Куковенко Г.А., Елизаров П.М., Корешкова Д.А. Остеопороз и асептическое расшатывание компонентов эндопротеза после эндопротезирования суставов. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2022;41(4):67-73. <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-67-73>. Murylev V.Y., Usubaliev B.T., Muzichenkov A.V., Kukovenko G.A., Elizarov P.M., Germanov V.G. et al. Osteoporosis and aseptic loosening of endoprosthesis components after joint replacement. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2022;41(4):67-73. (In Russian). <https://doi.org/10.17238/2226-2016-2022-4-67-73>.
5. Laskin R.S., Beksaç B. Computer-assisted navigation in TKA: where we are and where we are going. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;452:127-131. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000238823.78895.dc>.
6. Omichi Y., Hamada D., Wada K., Tamaki Y., Shigekiyo S., Sairyo K. Robotic-assisted total knee arthroplasty improved component alignment in the coronal plane compared with navigation-assisted total knee arthroplasty: a comparative study. *J Robot Surg*. 2023;17(6):2831-2839. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01708-6>.
7. Kim Y.H., Park J.W., Kim J.S., Park S.D. The relationship between the survival of total knee arthroplasty and postoperative coronal, sagittal and rotational alignment of knee prosthesis. *Int Orthop*. 2014;38(2):379-385. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-2097-9>.
8. MacDessi S.J., Griffiths-Jones W., Harris I.A., Bellemans J., Chen D.B. Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) classification. *Bone Joint J*. 2021;103-B(2):329-337. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.103B2.BJJ-2020-1050.R1>.
9. Abdel M.P., Oussedik S., Parratte S., Lustig S., Haddad F.S. Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone Joint J*. 2014;96-B(7):857-862. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B7.33946>.
10. Matassi F., Pettinari F., Frasconà F., Innocenti M., Civinini R. Coronal alignment in total knee arthroplasty: a review. *J Orthop Traumatol*. 2023;24(1):24. <https://doi.org/10.1186/s10195-023-00702-w>.
11. von Elm E., Altman D.G., Egger M., Pocock S.J., Gøtzsche P.C., Vandebroucke J.P. et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *BMJ*. 2007;335(7624):806-808. <https://doi.org/10.1136/bmj.39335.541782.AD>.
12. Paley D., Pfeil J. Principles of deformity correction around the knee. *Orthopade*. 2000;29(1):18-38. (In German). <https://doi.org/10.1007/s001320050004>.
13. Ewald F.C. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(248):9-12.
14. Kim Y.H., Park J.W., Kim J.S., Park S.D. The relationship between the survival of total knee arthroplasty and postoperative coronal, sagittal and rotational alignment of knee prosthesis. *Int Orthop*. 2014;38(2):379-385. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-2097-9>.
15. Lee B.S., Cho H.I., Bin S.I., Kim J.M., Jo B.K. Femoral Component Varus Malposition is Associated with Tibial Aseptic Loosening After TKA. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(2):400-407. <https://doi.org/10.1007/s11999-0000000000000012>.
16. Miralles-Muñoz F.A., Rubio-Morales M., Bello-Tejada L., González-Parreño S., Lizaur-Utrilla A., Alonso-Montero C. Varus alignment of the tibial component up to seven degrees is not associated with poor long-term outcomes in a neutrally aligned total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022;30(8):2768-2775. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06627-3>.
17. Rivière C., Iranpour F., Auvinet E., Howell S., Vendittoli P.A., Cobb J. et al. Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(7):1047-1056. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.07.010>.

Сведения об авторах

✉ Гуражев Михаил Борисович

Адрес: Россия, 630090, г. Новосибирск,
пр. Академика Лаврентьева, д. 8

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: Tashtagol@inbox.ru

Лукинов Виталий Леонидович — канд. физ.-мат. наук

<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>

e-mail vitaliy.lukinov@gmail.com

Баитов Владислав Сергеевич — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>

e-mail: VBaitov@list.ru

Гофер Антон Сергеевич

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Иванов Евгений Александрович

<https://orcid.org/0009-0007-8429-282X>

e-mail: Ivanov.evgeniy90@bk.ru

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Пронских Александр Андреевич — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-1197-556X>

e-mail: proal_88@mail.ru

Authors' information

✉ Mikhail B. Gurazhev

Address: 8, Akademika Lavrentieva ave., Novosibirsk,
630090, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

e-mail: Tashtagol@inbox.ru

Vitaliy L. Lukinov — Cand. Sci. (Phys.-Math.)

<https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>

e-mail vitaliy.lukinov@gmail.com

Vladislav S. Baitov — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>

e-mail: VBaitov@list.ru

Anton S. Gofer

<https://orcid.org/0009-0000-3886-163X>

e-mail: a.hofer.ortho@gmail.com

Evgeniy A. Ivanov

<https://orcid.org/0009-0007-8429-282X>

e-mail: Ivanov.evgeniy90@bk.ru

Vitaliy V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

e-mail: pavlovdoc@mail.ru

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

e-mail: andrey.korytkin@gmail.com

Aleksandr A. Pronskikh — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-1197-556X>

e-mail: proal_88@mail.ru