

Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 5. С. 659-668.

Genij Ortopedii. 2022. Vol. 28, no. 5. P. 659-668.

### Научная статья

УДК 616.728.3-004.8-089.843-77

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-5-659-668>



## Среднесрочные результаты применения метода аутопластики медиального дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава

М.Б. Гуражев<sup>✉</sup>, В.С. Байтов, А.Н. Гаврилов, В.Л. Лукинов, А.А. Корыткин, В.В. Павлов

Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Михаил Борисович Гуражев, [Tashtagol@inbox.ru](mailto:Tashtagol@inbox.ru)

### Аннотация

**Введение.** Замещение костного дефекта при первичном эндопротезировании коленного сустава остается одной из распространенных задач, которую необходимо решать интраоперационно. Метод применения аутологичных тканей – наиболее биологический вариант, сохраняющий костный запас для выполнения консервативной ревизии. **Цель.** Анализ результатов аутопластики медиального дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. **Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ результатов выполнения аутопластики костного дефекта фрагментом губчатой кости, полученным при формировании паза для межмышечкового блока бедренного компонента большеберцовой кости, при первичном эндопротезировании коленного сустава (основная группа, n = 31). Контрольная группа (n = 31) сформирована при выравнивании выявленных в исходных данных неоднородных клинических показателей по PSM методу. Средний период наблюдения – 72 месяца. Для статистической обработки использовали методы Манна-Уитни и Вилкоксона. Исправление оси нижней конечности и перестройку костного трансплантата оценивали рентгенологически, клинические данные – по опросникам KSS и WOMAC. **Результаты.** При оценке исходных и послеоперационных показателей клинических состояний в исправленной оси нижних конечностей в количестве выявленных непрогрессирующих рентгенопрозрачных линий размером не больше 2 мм существенных различий между группами не наблюдали. Имелись значительные исходные различия тяжести варусной деформации. В группах выявлено по одному случаю асептического расшатывания тибального компонента. У одного пациента группы сравнения имелась поздняя перипротезная инфекция, купированная при последующем двухэтапном ревизионном лечении. **Обсуждение.** При поступлении между группами была существенная разница в размерах варусной деформации, по результатам опроса различий между группами не было. После выполнения оперативного лечения различий в полученных осях нижних конечностей между группами не выявлено, данные опросов также остались без статистических различий. **Заключение.** Разработанный метод является безопасным, доступным и эффективным. Полученный результат подтвержден отсутствием различий между группами в клинических и рентгенологических результатах.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава, костный дефект, аутологичный костный трансплантат

**Для цитирования:** Среднесрочные результаты применения метода аутопластики медиального дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава / М.Б. Гуражев, В.С. Байтов, А.Н. Гаврилов, В.Л. Лукинов, А.А. Корыткин, В.В. Павлов // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 5. С. 659-668. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-659-668. EDN WFBTAD.

### Original article

## Mid-term results of autologous bone grafting for medial tibial defects in primary total knee arthroplasty

M.B. Gurazhev<sup>✉</sup>, V.S. Baitov, A.N. Gavrilov, V.L. Lukinov, A.A. Korytkin, V.V. Pavlov

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russian Federation

**Corresponding author:** Mikhail B. Gurazhev, [Tashtagol@inbox.ru](mailto:Tashtagol@inbox.ru)

### Abstract

**Introduction** Repair of a bone defect in primary total knee arthroplasty remains one of the most common tasks that must be addressed intraoperatively. Autologous bone grafting is a good biological option to preserve the bone tissue for conservative revision. **The objective** of the study was to analyze the results of autologous bone grafting of the medial tibial defect in primary total knee arthroplasty. **Material and methods** Results of autografting a bone defect with cancellous bone obtained when forming a groove for the intercondylar box of the femoral component of the tibia during primary total knee arthroplasty were retrospectively analyzed (main group, n = 31). The control group (n = 31) was formed by leveling the heterogeneous clinical parameters identified in the initial data using the PSM method. The mean follow-up period was 72 months. The Mann-Whitney and Wilcoxon tests were used for statistical data analysis. Lower limb realignment and bone graft reconstruction were evaluated radiographically, and KSS and WOMAC questionnaires were used for physical evaluation. **Results** There were no significant differences in the baseline and postoperative clinical conditions of the realigned lower limbs and the number of identified non-progressive radiolucent lines no greater than 2 mm in the groups. There were significant differences in the severity of varus deformity at baseline. Each group had one case of aseptic loosening of the tibial component. One patient of the comparison group had a late periprosthetic joint infection that was arrested with two-stage revision treatment. **Discussion** There were significant differences in the size of the varus deformity with no significant differences in the scores at the baseline between the groups. There were no differences in the realigned lower limbs and in the scores reported in the groups postoperatively. **Conclusion** The method developed was shown to be safe, affordable and effective. The result obtained was confirmed by absent differences in clinical and radiological outcomes between groups.

**Keywords:** total knee arthroplasty, bone defect, autologous bone graft

**For citation:** Gurazhev M.B., Baitov V.S., Gavrilov A.N., Lukinov V.L., Korytkin A.A., Pavlov V.V. Mid-term results of autologous bone grafting for medial tibial defects in primary total knee arthroplasty. *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no. 5, pp. 659-668. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-5-659-668.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время не осталось сомнений, что операция эндопротезирования коленного сустава занимает первое место в финальном лечении его дегенератив-

но-дистрофических заболеваний [1]. Для достижения хорошего результата при первичном эндопротезировании коленного сустава приходится решать ряд задач:



выполнялась костная аутопластика по разработанной методике. С учетом критериев включения за указанный период было отобрано 276 операций. Критерием исключения стало наличие у пациентов в анамнезе перенесенного гонита (6 случаев), наличие системного заболевания (30 случаев), вальгусная деформация нижней конечности (15 случаев) и имеющийся консолидированный перелом в порочном положении бедренной и/или большеберцовой кости (10 случаев). Также из анализа были исключены пациенты, которым выполнялась пластика костного дефекта большеберцовой кости цементом (13 случаев). Учитывая критерии исключения, получили 202 случая. Из них для проведения сравнения мы выделили 2 группы. Первая группа составила 31 случай, где мы использовали костную аутопластику для замещения дефекта. Вторая группа составила 171 случай, где выполнялось первичное стандартное эндопротезирование коленного сустава. У пациентов сформированных групп определили исходные данные: пол, возраст, индекс массы тела (ИМТ), время операции, кровопотеря, сторона операции, дооперационная контрактура сустава и объем активного движения в нем. В исходных данных выявлены неоднородные показатели: время операции, дооперационная контрактура и сторона операции, по которым выполнили выравнивание контрольной и исследуемой группы при помощи метода PSM (Propensity Score Matching) [31]. И, таким образом, количество случаев, включенных в исследование, составило 31 в исследуемой группе и 31 в контрольной группе. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

**Используемые клинические и рентгенологические методы оценки**

В дооперационном и послеоперационном периоде всем пациентам проводилось клиническое и рентгенологическое исследование. Клиническая оценка проводилась в соответствии с опросниками KSS [32], WOMAC [33], а инструментальное исследование включало в себя рентгенографию коленного сустава в двух проекциях и осевой снимок нижних конечностей (от головки бедренной кости до голеностопного сустава).

Диапазон объема активного движения и имеющаяся дооперационную контрактуру измеряли в положении лежа на спине при помощи гониометра по проходящей ноль системе [34].

Опросник KSS состоял из двух частей: общей оценки коленного сустава (KSS knee score) и оценки функции сустава (KSS function score), а опросник WOMAC состоял из трех частей: боль, скованность, функция.

При помощи рентгенограмм проводили оценку таких критериев как ось нижней конечности, наличие рентгенопрозрачных линий и перестройка костного трансплантата. В этом исследовании, по соглашению всех авторов, варусной деформации было присвоено отрицательное (-) значение, вальгусной деформации – положительное (+), и для оценки деформации оси нижней конечности и ее исправления использовали анатомический феморо-тибиальный угол (аФТУ/аFTA) и бедренно-коленно-лодыжечный угол (БКЛУ/НКА) [35] (табл. 1).

Рентгенопрозрачные линии (RLLs), линии, проходящие на границе кости и цемента, оценивались с использованием метода системы зональной рентгенологической оценки RKES (roentgenographic knee evaluation system, 1989 г.) [36, 37].



Рис. 1. Дизайн исследования

Таблица 1

Угловая оценка оси нижней конечности

Углы	Варус	Нейтрально	Вальгус
аФТУ/аFTA	менее 2,4°	от 2,5° до 7,2°	более 7,2°
БКЛУ/НКА	менее -3°	от -3° до 3°	более 3°

Костная перестройка трансплантата оценивалась сначала по появлению мостовидной трабекуляции на границе соприкосновения трансплантата и кости, а в конечном итоге, по исчезновению этой границы [38, 39]. Первой послеоперационной точкой исследования служили данные при выписке пациента из стационара, а последующие промежуточные точки были в срок 6, 12, 24, 36 месяцев. Конечной точкой был срок 60 месяцев после операции. Иногородные пациенты, не имеющие возможности осуществить очную консультацию, рентгеновские снимки высылали по почте, а заполнение шкал опросников выполнялось дистанционно при помощи телефонной связи.

**Хирургическая техника**

В положении пациента на спине, под пневматическим жгутом, выполняется артротомия коленного сустава с использованием переднемедиального доступа. После освобождения плато большеберцовой кости на латеральном мышце устанавливается экстрамедуллярный тибиаальный направитель, глубина резекции 8 мм с переднезадним наклоном 0-3°. После выполнения резекции суставной поверхности остаточный костный дефект оценивается метрической линейкой по модифицированной классификации Insall J.N. [4], при выявлении малых и средних дефектов выполняется пластика. Забор губчатого трансплантата производится из костного фрагмента, полученного при формировании паза для межмышечкового бокса бедренного компонента. Затем производится качественная обработка дефектной склеротичной кости, которая включает в себя

моделирование имеющегося неограниченного дефекта в ограниченный с созданием опоры по типу русского замка и достижение «кровяной россы» на всех стенках реципиентного ложа. Далее, с учетом полученного размера опорной площадки, в дефекте изготавливают нужный размер ауто трансплантата. В последующем путем мягкой импакции производится плотная фиксация трансплантата в полученном ранее реципиентном ложе. Важность этого этапа заключается в сведении до минимума травматических воздействий на трансплантат, так как это может приводить к разрушению структуры костной ткани и нарушению пространственной ориентации костных балок. Затем выступающий трансплантат над проксимальным опилом большеберцовой кости аккуратно резецируется осциллирующей пилой. При необходимости, при выполнении этого этапа трансплантат можно фиксировать тупфером. Интраоперационные фото и рабочая схема предложенного метода представлены на рисунках 2, 3. При данной методике использовался эндопротез фирмы DePuy Sigma PS с цементной фиксацией без удлиняющей ножки. На вторые сутки после операции у всех пациентов производится удаление дренажа, и они начинают выполнять укрепляющие упражнения для мышц нижних конечностей. На третьи сутки пациенты активизированы и обучаются ходьбе при помощи костылей, а также проводится активная работа с инструкторами ЛФК. Выписка производится на 5-6 сутки после операции с ортопедическими рекомендациями по использованию костылей при ходьбе в течение 6 недель.

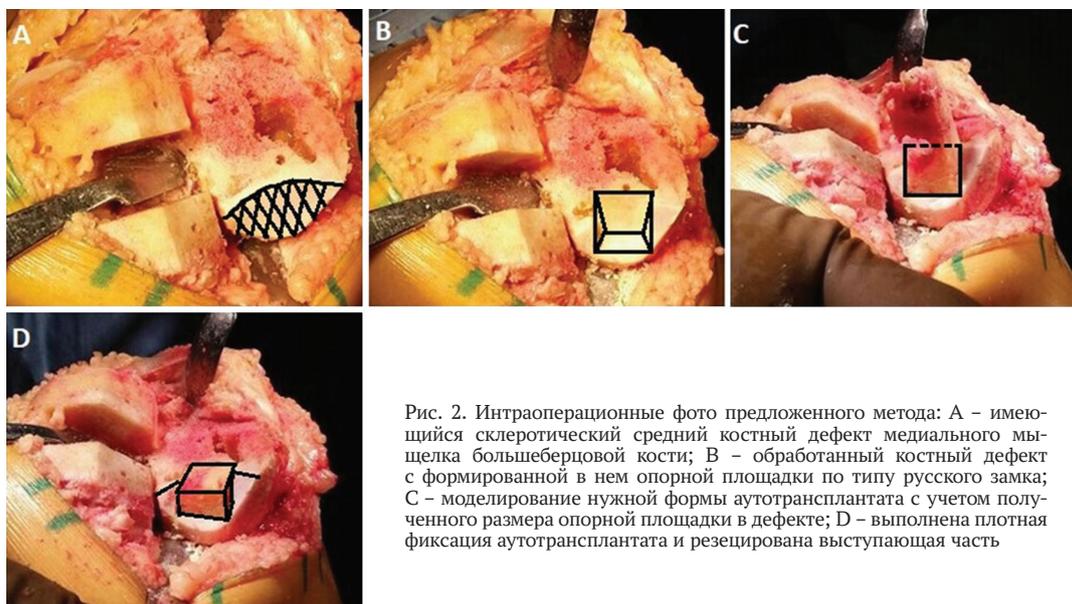


Рис. 2. Интраоперационные фото предложенного метода: А – имеющийся склеротический средний костный дефект медиального мыщелка большеберцовой кости; В – обработанный костный дефект с сформированной в нем опорной площадки по типу русского замка; С – моделирование нужной формы ауто трансплантата с учетом полученного размера опорной площадки в дефекте; D – выполнена плотная фиксация ауто трансплантата и резецирована выступающая часть



Рис. 3. Рабочая схема формирования реципиентного ложа для ауто трансплантата: А – имеющийся средний костный дефект медиального мыщелка большеберцовой кости до выполнения стандартной дистальной резекции большеберцовой кости; В – оставшийся дефект после стандартной дистальной резекции большеберцовой кости; С – моделирование имеющегося неограниченного дефекта в ограниченный с созданием опоры по типу русского замка; D – размещенный ауто трансплантат в сформированном реципиентном ложе после резекции выступающей части

**Статистический метод**

Распределения непрерывных показателей испытывались на согласие с законом нормального распределения критерием Шапиро-Уилка. Ввиду ненормального распределения данных для сравнения непрерывных показателей использованы ранговые критерии: U-критерий Манна-Уитни для сравнения групп в одной временной точке и критерий Вилкоксона для сравнения динамики аФТУ/аФТА, БКЛУ/НКА и баллов качества жизни по опросникам KSS, FSKSS, WOMAC внутри групп. Для описательной статистики рассчитывались медиана [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]) и среднее ± стандартное отклонение (СРЕД ± СО) у непрерывных данных; количество (процент) у категориальных и бинарных данных, у бинарных данных вычислялся 95 % доверительный интервал (95 % ДИ) по формуле Вильсона. Для сравнения

категориальных и бинарных показателей применялся точный двусторонний критерий Фишера. Устранение ошибок множественного сравнения категорий проводилось путем коррекции достигнутых уровней р методом Бенджамини-Хохберга [31].

Устранение выявленных неоднородностей показателей времени операции, стороны и контрактуры между контрольной и экспериментальной группами проводилось PSM (Propensity Score Matching) методом ближайшего соседа (Nearest Neighbor Matching) с величиной калибра 0,25 (caliper), без предварительного отсева неподходящих пациентов в группах (discarding), с заданным соотношением искомых групп 1:1. В результате было отобрано по 31 пациенту в каждую группу [31].

Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ , т.е. различие считалось статистически значимым, если  $p < 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Средний срок наблюдения составил 72 месяца (диапазон 60-84 месяца). Исходные данные пациентов из двух групп не показали существенной разницы при статистическом анализе, за исключением времени операции ( $p = 0,001$ ), предоперационной сгибательной контрактуры ( $p = 0,007$ ) и стороны операции ( $p = 0,078$ ). Показатели исходных данных между группами до выравнивания и после выравнивания по неоднородным показателям с помощью метода PSM [31] представлены в таблице 2.

Так как в этом исследовании, по соглашению всех авторов, варусной деформации было присвоено отрицательное значение (-) при измерении аФТУ/аФТА и БКЛУ/НКА, а критерием исключения стала вальгусная деформация (+), то в дооперационных измерениях градусов у всех пациентов было отрицательное значе-

ние либо нулевое. Данные по количеству пациентов с предоперационной варусной деформацией по отношению к диапазону градусов феморо-тибиального угла аФТУ/аФТА и бедренно-коллено-лодыжечного угла БКЛУ/НКА представлены в таблицах 3 и 4.

Исходя из полученных данных измерения феморо-тибиального (аФТУ/аФТА) и бедренно-коллено-лодыжечного (БКЛУ/НКА) угла, можно выявить значительное различие между группами в исходной варусной деформации (оба угла,  $p < 0,001$ ), а именно, в исследованной группе, где выполняли аутопластику, варусная деформация была грубее. Но уже в послеоперационных измерениях существенных статистических различий не наблюдалось ( $p = 0,257; 0,075$ ), и в обеих группах было нейтральное исправление оси нижней конечности (табл. 5).

Таблица 2

Сравнение исходных данных между группами до и после выравнивания по методу PSM (Propensity Score Matching)

Данные пациентов		Сравнение исходных данных между группами									
		до выравнивания по методу PSM					после выравнивания по методу PSM				
		контрольная группа (n = 171)		исследуемая группа (n = 31)		Значение p	контрольная группа (n = 31)		исследуемая группа (n = 31)		Значение p
абс.	%	абс.	%	абс.	%		абс.	%			
Пол	Ж	134	78,4	25	80,6	> 0,999	26	83,9	25	80,6	> 0,999
	М	37	21,6	6	19,4		5	16,1	6	19,4	
Кровопотеря, мл	20	1	0,6	0	0	20: > 0,999, > 0,999	1	3,2	0	0	0,734
	25	1	0,6	0	0	25: > 0,999, > 0,999	0	0	0	0	
	30	2	1,2	0	0	30: > 0,999, > 0,999	0	0	0	0	
	50	150	87,7	24	77,4	50: 0,155, 0,466	24	77,4	24	77,4	
	100	13	7,6	7	22,6	100: 0,018*, 0,111	5	16,1	7	22,6	
Сторона операции	левая	84	49,1	21	67,7	<b>0,078</b>	18	58,1	21	67,7	0,600
	правая	87	50,9	10	32,3		13	41,9	10	32,3	
Возраст		65 [60; 72] 64,99 ± 9,13		65 [62; 68] 64,42 ± 9,03		0,875	64 [57; 66,5] 62,32 ± 9,79		65 [62; 68] 64,42 ± 9,03		0,289
ИМТ		32,44 [28,32; 37,23] 32,53 ± 6,26		31,62 [28,94; 34,29] 31,67 ± 5,01		0,435	33,28 [25,14; 37,52] 31,71 ± 6,71		31,62 [28,94; 34,29] 31,67 ± 5,01		0,816
Время операции, мин.		60 [55; 70] 62,6 ± 10,38		70 [60; 72,5] 69,19 ± 10,65		<b>0,001*</b>	65 [60; 75] 68,71 ± 10,41		70 [60; 72,5] 69,19 ± 10,65		0,847
Дооперационная контрактура, °		9 [4,5; 13] 8,92 ± 5,21		12 [9; 14] 11,74 ± 3,27		<b>0,007*</b>	12 [9; 15] 12,19 ± 3,6		12 [9; 14] 11,74 ± 3,27		0,745
Объем активного движения, °		90 [86; 95] 90,9 ± 6,6		89 [86; 92] 89,26 ± 4,58		0,156	90 [87; 95] 90,23 ± 5,78		89 [86; 92] 89,26 ± 4,58		0,435

Таблица 3

Количество пациентов с предоперационной варусной деформацией по отношению к диапазону значений (градусы) измеренных феморо-тибиальных углов (аФТУ/аФТА)

Предоперационный (аФТУ/аФТА)	Исследуемая группа (n = 31)	Контрольная группа (n = 31)
	количество пациентов	
0 - -10 градусов	10	25
-11 - -20 градусов	12	5
-21 - -30 градусов	5	1
-31 - -40 градусов	4	0
-41 - -50 градусов	0	0

Таблица 4

Количество пациентов с предоперационной варусной деформацией по отношению к диапазону значений (градусы) измеренных бедренно-коллено-лодыжечных углов (БКЛУ/НКА)

Предоперационный (БКЛУ/НКА)	Исследуемая группа (n = 31)	Контрольная группа (n = 31)
	количество пациентов	
0 - -10 градусов	0	18
-11 - -20 градусов	14	7
-21 - -30 градусов	9	5
-31 - -40 градусов	4	1
-41 - -50 градусов	4	0

Таблица 5

Статистические значения данных рентгенологических исследований оси нижней конечности группы с аутопластикой (исследуемая группа) и группы без аутопластики (контрольная группа)

Углы	Исследуемая группа (n = 31)			Контрольная группа (n = 31)			U-критерий Манна-Уитни
	МЕД [Q1; Q3]	СРЕД ± СО	МИН/МАКС	МЕД [Q1; Q3]	СРЕД ± СО	МИН/МАКС	
Предоперационный (аФТУ/аФТА)	-14 [-23,5; -9]	-16,71 ± 9,17	-35 - -4	-6 [-9; -3]	-7,03 ± 6,04	-28 - 0	p < 0,001*
Предоперационный (БКЛУ/НКА)	-25 [-31; -15]	-23,9 ± 10,3	-44 - -10	-9 [-14,5; -8]	-11,35 ± 7,78	-34 - 0	p < 0,001*
Послеоперационный (аФТУ/аФТА)	4 [3; 5,5]	4,39 ± 1,63	2-8	5 [3; 6]	4,94 ± 1,79	3 - 9	p = 0,257
Послеоперационный (БКЛУ/НКА)	-2 [-3; -0,5]	-1,42 ± 2,53	-7 - 4	-1 [-2,5; 2]	-0,23 ± 2,58	-4 - 5	p = 0,075

аФТУ/аФТА – феморо-тибиальный угол; БКЛУ/НКА – бедренно-коллено-лодыжечный угол; \* – обозначены статистически значимо различающиеся параметры измерений.

По данным опросников KSS и WOMAC клинические результаты послеоперационного периода в сравнении с предоперационным периодом в обеих группах улучшились и не имели каких-либо статистических различий. В предоперационном и послеоперационном периоде две группы статистически однородны и это, несмотря на то, что имелась большая разница в исходной варусной деформации в исследуемой группе. Данные результатов опросников представлены в таблице 6.

Перестройка ауто трансплантата вначале сопровождалась рентгенологическими признаками склерозирования, и отмечались гетерогенные зоны частичной резорбции на границе «трансплантат – кость», затем в течение 6-18 месяцев появлялись признаки мостовидной трабекуляции в зоне соприкосновения, и, в конечном итоге, в течение 24 месяцев (диапазон 12-36 месяцев) граница соприкосновения «трансплантат-кость» полностью исчезала (рис. 4).

Не прогрессирующие рентгенопрозрачные линии < 2 мм в группе, где выполнялась аутопластика, наблю-

дались в 6 случаях и в 8 случаях в группе, где пластика не выполнялась. Рентгенопрозрачные линии, превышающие 2 мм, ни в одной группе не встречались.

Нежелательные явления в виде расшатывания тибального компонента отмечены в трех случаях. В исследуемой группе, где применялась аутопластика, выполнено одно одноэтапное ревизионное оперативное вмешательство по поводу асептического расшатывания компонентов эндопротеза через 4 месяца после операции. В контрольной группе выполнено два ревизионных оперативных вмешательства. Одно двухэтапное ревизионное оперативное вмешательство было выполнено по поводу септического расшатывания компонента через 19 месяцев после операции, другое одноэтапное ревизионное оперативное лечение было выполнено по поводу асептического расшатывания компонентов через 45 месяцев после операции. Таким образом, ревизионному оперативному лечению в сумме двух групп подверглись 4,83 % пациентов за весь период наблюдения.

Таблица 6

Предоперационные и послеоперационные клинические результаты

Клинические опросники	До операции		Значение P	После операции		Значение P
	исследуемая группа	контрольная группа		исследуемая группа	контрольная группа	
KSS*	50,58 ± 9,06	52,61 ± 8,92	0,334	78 ± 6,06	79,06 ± 6,02	0,432
KSSfs**	61,58 ± 5,03	63,06 ± 5,12	0,283	80,65 ± 4,67	81,1 ± 4,77	0,656
WOMAC, боль	16,81 ± 2,68	15,87 ± 2,09	0,138	5,32 ± 1,72	5,48 ± 1,63	0,688
WOMAC, скованность	4,45 ± 1,65	4,32 ± 1,51	0,769	1,81 ± 0,91	1,81 ± 0,79	0,389
WOMAC, функция	43,26 ± 8,17	42,16 ± 7,79	0,568	8,55 ± 1,29	8,52 ± 1,55	0,873

\* – KSS – общая оценка коленного сустава (KSS knee score), \*\* – KSSfs – оценка функции сустава (KSS function score).



рая образуется при выполнении стандартной резекции бедренной кости при подготовке межмышечкового паза под феморальный компонент. Реабилитационные рекомендации пациентам, которым была выполнена аутопластика медиального дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава, были идентичны рекомендациям пациентам, которым не выполнялась аутопластика.

К недостаткам применения аутоотрансплантата можно отнести ограничение по возможному использованию объема самого трансплантата и наличие имеющегося, как и у аллотрансплантата, риска несращения с костью реципиента [3, 14].

Сроки исчезновения границы соприкосновения «трансплантат-кость», по всей видимости, зависят от характеристики дефекта и имеющегося регенерационного потенциала пациента, то есть, чем больше объем дефекта и старше пациент, тем сроки полной перестройки трансплантата дольше.

Наличие выявленных рентгенопрозрачных линий больше 2 мм априори является предиктором раннего расшатывания компонентов эндопротеза [45]. Непрогрессивные рентгенопрозрачные линии, не превышающие 2 мм в проведенном исследовании, нами наблюдались в обеих группах, так как их было практически одинаковое количество. Это подтверждает, что нет особого различия риска развития расшатывания компонентов в обеих группах.

У одного пациента в группе, где выполнялась костная аутопластика, диагностирована асептическая медиальная дислокация тибияльного компонента через 4 месяца после операции. По этому поводу пациенту выполнено одноэтапное ревизионное оперативное лечение. Первичное эндопротезирование у данного пациента выполнялось в 2014 году, то есть на начальных этапах применения разработанной методики. Причиной смещения трансплантата стала ранняя полноценная осевая нагрузка на нижнюю конечность. Для предупреждения впоследствии таких случаев мы начали более тщательно разъяснять пациентам важность соблюдения ортопедического режима и последствия, которые могут возникнуть, если этого не делать.

В исследуемой группе было выполнено одно ревизионное оперативное лечение (0,31 %), а в контрольной группе выполнено два ревизионных вмешательства (0,62 %), поэтому существенного статистического раз-

личия в риске проведения ревизионных оперативных лечений в исследуемой группе не наблюдается.

Из неоднородных критериев, по которым в последующем делали сопоставление по методу PSM для формирования контрольной группы, интересны время операции и имеющаяся контрактура коленного сустава. Объяснить разницу в группах затраченного времени на операцию не сложно, в группе, где выполнялась аутопластика, дополнительно тратились минуты на обработку реципиентного ложа и на моделирование аутоотрансплантата до нужной формы. Сложней объяснить, почему такой критерий, как имеющаяся контрактура коленного сустава, стал неоднородным в исходном сравнении групп, в то время как критерий объема активного движения получился однородным. Это несоответствие объясняется наличием костного дефекта большеберцовой кости в заднезаднем отделе. Увеличение размера сгибательной щели в коленном суставе в исследуемой группе происходит за счёт двух факторов: первый – это наличие заднемедиального дефекта большеберцовой кости; второй – это биомеханический задний откат медиального мышечка бедренной кости при сгибании. Таким образом, получается, что медиальный мышечок бедра смещается в дефект при сгибании, и, тем самым, увеличивается угол сгибания в коленном суставе. Но, так как дефект расположен в заднемедиальном отделе, то при разгибании коленного сустава медиальный мышечок бедра упирается в передний край дефекта большеберцовой кости и, тем самым, ограничивается разгибание в суставе. Поэтому в исследуемой группе имеется более выраженная сгибательная контрактура и одинаковый объем активного движения по сравнению с контрольной группой.

Используемый метод сопоставления неоднородных данных PSM (Propensity Score Matching) в двух группах позволил выполнить более корректное статистическое послеоперационное сравнение.

Проведенное исследование подтвердило нашу гипотезу, так как в рассматриваемых группах в исходных данных была существенная разница в варусной деформации, а в клинических предоперационных опросниках различий между группами не было. Но уже после выполнения оперативного лечения нами не выявлено различий в полученных осях нижних конечностей между группами, а данные клинических опросников также остались без статистических различий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на среднесрочных 72-недельных результатах наблюдения, мы выявили, что разработанная нами методика замещения медиального дефекта большеберцовой кости показала хороший результат, подтвержденный клиническими и рентгенологическими исследованиями.

Следовательно, применение аутологичного костного трансплантата является безопасным, доступным, дешёвым и эффективным методом при малых и средних медиальных дефектах большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975-1997: an update with special emphasis on 41, 223 knees operated on in 1988-1997 // O. Robertsson, K. Knutson, S. Lewold, L. Lidgren // Acta Orthop. Scand. 2001. Vol. 72, No 5. P. 503-513. DOI: 10.1080/000164701753532853.
2. Vail T.P., Lang J.E., Van Sikes C. III. Surgical techniques and instrumentation in total knee arthroplasty. Chapter 105 // Scott W.N., editor. Insall & Scott Surgery of the Knee. 5th Ed. Philadelphia: Elsevier – Churchill Livingstone. 2012. P. 1042-1099. DOI: 10.1016/B978-1-4377-1503-3.00105-0.
3. Cuckler J.M. Bone loss in total knee arthroplasty: graft augment and options // J. Arthroplasty. 2004. Vol. 19, No 4 Suppl. 1. P. 56-58. DOI: 10.1016/j.arth.2004.03.002.

4. Джигкаев А.Х., Каземирский А.В., Преображенский П.М. Опыт применения модульных блоков для замещения костных дефектов медиального мыщелка большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава // Травматология и ортопедия России. 2012. № 1 (63). С. 22-29.
5. Autologous morselised bone grafting for medial tibial defects in total knee arthroplasty / T. Sugita, T. Aizawa, A. Sasaki, N. Miyatake, H. Fujisawa, M. Kamimura // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). 2015. Vol. 23, No 2. P.185-189. DOI: 10.1177/230949901502300214.
6. Autologous Impaction Bone Grafting for Bone Defects of the Medial Tibia Plateau during Primary Total Knee Arthroplasty: Propensity Score Matched Analysis with a minimum of 7-year follow-up / J.M. Sohn, Y. In, S.H. Jeon, J.Y. Nho, M.S. Kim // J. Arthroplasty. 2018. Vol. 33, No 8. P. 2465-2470. DOI: 10.1016/j.arth.2018.02.082.
7. Bilgen M.S., Eken G., Guney N. Short-term results of the management of severe bone defects in primary TKA with cement and K-wires // Acta Orthop. Traumatol. Turc. 2017. Vol. 51, No 5. P. 388-392. DOI: 10.1016/j.aott.2017.02.002.
8. Relationship between screw numbers and severity of tibial bone defect in primary total knee arthroplasty / C. Zheng, Y.G. Zhou, H.Y. Ma, Z. Zhang, H.H. Fu, W.M. Wu, S. Piao, Y.Q. Du, S. Wang // Zhongguo Gu Shang. 2016. Vol. 29, No 5. P. 415-420.
9. Замещение костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава / Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба, Р.М. Тихилов, А.В. Каземирский, А.В. Селин, А.И. Печинский, А.И. Петухов, И.И. Кройтору, А.В. Сараев // Травматология и ортопедия России. 2008. № 1 (47). С. 76-81.
10. Defektrekonstruktion in der Knieendoprothetik mit Wedges und Blöcken / R. Hube, T. Pfitzner, P. von Roth, H.O. Mayr // Oper. Orthop. Traumatol. 2015. Vol. 27, No 1. P. 6-16. DOI: 10.1007/s00064-014-0331-2.
11. Lee J.K., Choi C.H. Management of tibial bone defects with metal augmentation in primary total knee replacement: a minimum five-year review // J. Bone Joint Surg. Br. 2011. Vol. 93, No 11. P. 1493-1496. DOI: 10.1302/0301-620x.93b10.27136.
12. Отдаленные результаты первичного эндопротезирования коленного сустава с применением модульных блоков для замещения костных дефектов медиального мыщелка большеберцовой кости / Н.В. Загородний, А.Н. Ивашкин, Ф.С. Ауде, Н.Г. Захарян, Р.В. Степанян, С.В. Безверхий, Р.Н. Алиев // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2017. № 1. С. 69-74.
13. Femoral bone grafting in primary and revision total knee arthroplasty / C.J. van Loon, M.M. Wijers, M.C. de Waal Malefijt, P. Buma, R.P. Veth // Acta Orthop. Belg. 1999. Vol. 65, No 3. P. 357-363.
14. Mid-term results of impaction bone grafting in tibial bone defects in complex primary knee arthroplasty for severe varus deformity / Y.S. Tanwar, Y. Kharbanda, H. Bhargava, K. Attri, A. Bandil // SICOT J. 2019. Vol. 5. P. 2. DOI: 10.1051/sicotj/2018056.
15. Union, Knee Alignment, and Clinical Outcomes of Patients Treated with Autologous Bone Grafting for Medial Tibial Defects in Primary Total Knee Arthroplasty / K. Hosaka, S. Saito, T. Oyama, H. Fujimaki, E. Cho, K. Ishigaki, Y. Tokuhashi // Orthopedics. 2017. Vol. 40, No 4. P. e604-e608. DOI: 10.3928/01477447-20170418-01.
16. Отдаленные результаты применения костной аутопластики при эндопротезировании коленного сустава / Р.М. Тихилов, А.В. Каземирский, П.М. Преображенский, И.И. Кройтору, Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, А.Х. Джигкаев, В.Л. Игнатенко // Травматология и ортопедия России. 2010. № 3(57). С. 21-27.
17. Tsukada S., Wakui M., Matsueda M. Metal block augmentation for bone defects of the medial tibia during primary total knee arthroplasty // J. Orthop. Surg. Res. 2013. Vol. 8. P. 36. DOI: 10.1186/1749-799X-8-36.
18. Metaphyseal sleeves as the primary implant for the management of bone defects in total knee arthroplasty after post-traumatic knee arthritis / C. Martín-Hernández, L.J. Floría-Arnal, A. Gómez-Blasco, A. Hernández-Fernández, C. Pinilla-Gracia, L. Rodríguez-Nogué, M. Lizcano-Palomares, E.M. Lasheras // Knee. 2018. Vol. 25, No 4. P. 669-675. DOI: 10.1016/j.knee.2018.05.009.
19. Addressing large tibial osseous defects in primary total knee arthroplasty using porous tantalum cones / J.S. You, A.R. Wright, I. Hasegawa, B. Kobayashi, M. Kawahara, J. Wang, C.K. Nakasone // Knee. 2019. Vol. 26, No 1. P. 228-239. DOI: 10.1016/j.knee.2018.11.001.
20. Total knee arthroplasty for post-traumatic proximal tibial bone defect: three cases report / D. Tigan, D. Dallari, C. Coppola, R. Ben Ayad, G. Sabbioni, M. Fosco // Open Orthop. J. 2011. Vol. 5. P. 145-150. DOI: 10.2174/1874325001105010143.
21. Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы / М.Б. Гуражев, В.С. Байтов, А.Н. Гаврилов, В.В. Павлов, А.А. Корыткин // Травматология и ортопедия России. 2021. Т. 27, № 3. С. 173-188. DOI: 10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188.
22. Finite Element Assessment of the Screw and Cement Technique in Total Knee Arthroplasty / C. Zheng, H.Y. Ma, Y.Q. Du, J.Y. Sun, J.W. Luo, D.B. Qu, Y.G. Zhou // Biomed. Res. Int. 2020. Vol. 2020. 3718705. DOI: 10.1155/2020/3718705.
23. Use of screws and cement in primary TKA with up to 20 years follow-up / M.E. Berend, M.A. Ritter, E.M. Keating, M.D. Jackson, K.E. Davis // J. Arthroplasty. 2014. Vol. 29, No 6. P.1207-1210. DOI: 10.1016/j.arth.2013.12.023.
24. Aggarwal A.K., Baburaj V. Managing bone defects in primary total knee arthroplasty: options and current trends // Musculoskelet. Surg. 2021. Vol. 105, No 1. P. 31-38. DOI: 10.1007/s12306-020-00683-7.
25. Review article: bone defect classifications in revision total knee arthroplasty / Y.Y. Qiu, C.H. Yan, K.Y. Chiu, F.Y. Ng // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). 2011. Vol 19, No 2. P. 238-243. DOI: 10.1177/230949901101900223.
26. Metaphyseal cones and sleeves in revision total knee arthroplasty: Two sides of the same coin? Complications, clinical and radiological results – a systematic review of the literature / A. Zanirato, M. Formica, L. Cavagnaro, S. Divano, G. Burastero, L. Felli // Musculoskelet. Surg. 2020. Vol. 104, No 1. P. 25-35. DOI: 10.1007/s12306-019-00598-y.
27. Buck B.E., Malinin T.I., Brown M.D. Bone transplantation and human immunodeficiency virus. An estimate of risk of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) // Clin. Orthop. Relat. Res. 1989. No 240. P. 129-136. PMID: 2645075.
28. Yoon J.R., Seo I.W., Shin Y.S. Use of autogenous onlay bone graft for uncontained tibial bone defects in primary total knee arthroplasty // BMC Musculoskelet. Disord. 2017. Vol. 18, No 1. P. 502. DOI: 10.1186/s12891-017-1826-4.
29. Yamanaka H., Goto K., Suzuki M. Total knee arthroplasty for rheumatoid arthritis patients with large tibial condyle defects // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). 2012. Vol. 20, No 2. P. 148-152. DOI: 10.1177/230949901202000202. PMID: 22933668.
30. Kharbanda Y., Sharma M. Autograft reconstructions for bone defects in primary total knee replacement in severe varus knees // Indian J. Orthop. 2014. Vol. 48, No 3. P. 313-318. DOI: 10.4103/0019-5413.132525.
31. MatchIt: Nonparametric Preprocessing for Parametric Causal Inference / D. Ho, K. Imai, G. King, E.A. Stuart // Journal of Statistical Software. 2011. Vol. 42, No 8. DOI: 10.18637/jss.v042.i08.
32. Rationale of the Knee Society clinical rating system / J.N. Insall, L.D. Dorr, R.D. Scott, W.N. Scott // Clin. Orthop. Relat. Res. 1989. No 248. P. 13-14.
33. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee / N. Bellamy, W.W. Buchanan, C.H. Goldsmith, J. Campbell, L.W. Stitt // J. Rheumatol. 1988. Vol. 15, No 12. P. 1833-1840.
34. Маркс В.О. Ортопедическая диагностика (руководство-справочник). Минск: Наука и техника, 1978, С. 440-441.
35. The Inadequacy of Short Knee Radiographs in Evaluating Coronal Alignment after Total Knee Arthroplasty / A. Park, J.B. Stambough, R.M. Nunley, R.L. Barrack, D. Nam // J. Arthroplasty. 2016. Vol. 31, No 4. P. 878-882. DOI: 10.1016/j.arth.2015.08.015.
36. Radiolucency at the bone-cement interface in total knee replacement. The effects of bone-surface preparation and cement technique / M.A. Ritter, S.A. Herbst, E.M. Keating, P.M. Faris // J. Bone Joint Surg. Am. 1994. Vol. 76, No 1. P. 60-65. DOI: 10.2106/00004623-199401000-00008.
37. Ewald F.C. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system // Clin. Orthop. Relat. Res. 1989. No 248. P. 9-12.

38. De Waal Malefijt M.C., Van Kampen A., Slooff T.J. Bone grafting in cemented knee replacement. 45 primary and secondary cases followed for 2-5 years // Acta Orthop. Scand. 1995. Vol. 66, No 4. P. 325-328. DOI: 10.3109/17453679508995554.
39. Total hip arthroplasty with bulk femoral head autograft for acetabular reconstruction in developmental dysplasia of the hip / F.C. Pizarro, S.W. Young, J.H. Blacutt, R. Mojica, J.C. Cruz // ISRN Orthop. 2013. Vol. 2013. 794218. DOI: 10.1155/2013/794218.
40. Aglietti P., Buzzi R., Scrope F. Autologous bone grafting for medial tibial defects in total knee arthroplasty // J. Arthroplasty. 1991. Vol. 6, No 4. P. 287-94. DOI: 10.1016/s0883-5403(06)80178-6.
41. Autogenous bone grafting of uncontained bony defects of tibia during total knee arthroplasty: a 10-year follow up / I. Ahmed, M. Logan, F. Alipour, H. Dashti, W.A. Hadden // J. Arthroplasty. 2008. Vol. 23, No 5. P. 744-750. DOI: 10.1016/j.arth.2007.08.021.
42. Bone graft for tibial defects in total knee arthroplasty. 1986 / L.D. Dorr, C.S. Ranawat, T.A. Sculco, B. McKaskill, B.S. Orisek // Clin. Orthop. Relat. Res. 2006. Vol. 446. P. 4-9. DOI: 10.1097/01.blo.0000214430.19033.b3.
43. Windsor R.E., Insall J.N., Sculco T.P. Bone grafting of tibial defects in primary and revision total knee arthroplasty // Clin. Orthop. Relat. Res. 1986. No 205. P. 132-137.
44. Laskin R.S. Total knee arthroplasty in the presence of large bony defects of the tibia and marked knee instability // Clin. Orthop. Relat. Res. 1989. No 248. P. 66-70.
45. Guha A.R., Debnath U.K., Graham N.M. Radiolucent lines below the tibial component of a total knee replacement (TKR) – a comparison between single- and two-stage cementation techniques // Int. Orthop. 2008. Vol. 32, No 4. P. 453-457. DOI: 10.1007/s00264-007-0345-6.

Статья поступила в редакцию 11.04.2022; одобрена после рецензирования 30.05.2022; принята к публикации 30.08.2022.

The article was submitted 11.04.2022; approved after reviewing 30.05.2022; accepted for publication 30.08.2022.

#### Информация об авторах:

1. Михаил Борисович Гуражев – Tashtagol@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>;
2. Владислав Сергеевич БAITOV – кандидат медицинских наук, <https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>;
3. Андрей Николаевич Гаврилов – AGavrilov08@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7094-2026>;
4. Виталий Леонидович Лукинов – кандидат физико-математических наук, [vitaliy.lukinov@gmail.com](mailto:vitaliy.lukinov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>;
5. Андрей Александрович Корыткин – кандидат медицинских наук, [andrey.korytkin@gmail.com](mailto:andrey.korytkin@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>;
6. Виталий Викторович Павлов – доктор медицинских наук, [pavlovdoc@mail.ru](mailto:pavlovdoc@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>.

#### Вклад авторов:

Гуражев М.Б. – написание текста рукописи, анализ полученных данных.  
Байтов В.С. – разработка дизайна статьи, редактирование рукописи.  
Гаврилов А.Н. – поиск литературных источников по теме статьи.  
Лукинов В.Л. – статистический дизайн и сопровождение.  
Корыткин А.А. – общее руководство, утверждение окончательного варианта статьи.  
Павлов В.В. – анализ литературных данных, идеологическое сопровождение.

#### Information about authors:

1. Mikhail B. Gurazhev – Tashtagol@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>;
2. Vladislav S. Baitov – Candidate of Medical Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>;
3. Andrey N. Gavrilov – AGavrilov08@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7094-2026>;
4. Vitaly L. Lukinov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, [vitaliy.lukinov@gmail.com](mailto:vitaliy.lukinov@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3411-508X>;
5. Andrey A. Korytkin – Candidate of Medical Sciences, [andrey.korytkin@gmail.com](mailto:andrey.korytkin@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>;
6. Vitaly V. Pavlov – Doctor of Medical Sciences, [pavlovdoc@mail.ru](mailto:pavlovdoc@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>.

#### Contribution of the authors:

Gurazhev M.B. – writing the text of the manuscript, analysis of the obtained data.  
Baitov V.S. – article design development, manuscript editing.  
Gavrilov A.N. – search for literary sources on the topic of the article.  
Lukinov V.L. – statistical design and maintenance.  
Korytkin A.A. – general management of the article plan, approval of the final version of the article.  
Pavlov V.V. – analysis of literary data, ideological support.