



Обзорная статья
УДК 616.728.3-089.844:616.71-003.93
<https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>

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

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

Реферат

Актуальность. Проблема замещения дефицита костной ткани остается одной из задач, с которыми сталкивается хирург при первичном эндопротезировании коленного сустава. Поскольку количество таких операций с каждым годом увеличивается, то современные научные исследования и разработки, направленные на решение проблемы восполнения костного дефекта, остаются очень важными. **Цель исследования** — на основе анализа научной литературы оценить эффективность различных методов замещения костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава. **Материал и методы.** Проведен поиск источников в электронных базах PubMed, eLIBRARY, Scopus с 2005 по 2020 г. **Результаты.** После проведенного поиска публикаций, их скрининга и оценки было включено в систематический обзор 19 статей. Каждый из методов восполнения дефицита костной ткани имеет свои преимущества и недостатки. Результаты исследований показывают, что имеющийся объем дефекта не является ключевым показателем для выбора метода, так как при относительно одинаковых параметрах дефекта применялись разные варианты пластики с удовлетворительным клиническим исходом. При замещении дефекта нужно добиться закрепления компонента эндопротеза как минимум в двух зонах фиксации. Предпочтение при выборе метода замещения дефекта у молодых пациентов с хорошим качеством кости должно отдаваться костным трансплантатам, так как это позволяет сохранить костный запас. На основе анализа научных публикаций нами предложен рабочий алгоритм выбора метода замещения костного дефекта для каждого конкретного случая. **Заключение.** Каждый хирург выбирает метод замещения костных дефектов исходя из собственных предпочтений, а также таких критериев, как оснащение операционной, профессионализм хирургической бригады, качество кости пациента и объем дефекта, выявленный во время операции.

Ключевые слова: первичное эндопротезирование коленного сустава, костный дефект, методы замещения костных дефектов.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Гуражев М.Б., Байтов В.С., Гаврилов А.Н., Павлов В.В., Корыткин А.А. Методы замещения костного дефицита большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава: систематический обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2021;27(3):173-188. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>.

Cite as: Gurazhev M.B., Baitov V.S., Gavrilov A.A., Pavlov V.V., Korytkin A. A. [Methods of the Tibia Bone Defect in Primary Knee Arthroplasty: Systematic Review]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2021;27(3):173-188. (In Russian). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2021-27-3-173-188>.

✉ Гуражев Михаил Борисович / Mikhail B. Gurazhev; e-mail: Tashtagol@inbox.ru

Рукопись поступила/Received: 24.05.2021. Принята в печать/Accepted for publication: 02.09.2021.

© Гуражев М.Б., Байтов В.С., Гаврилов А.Н., Павлов В.В., Корыткин А.А., 2021



Methods of the Tibia Bone Defect Management in Primary Knee Arthroplasty: Systematic Review

Mikhail B. Gurazhev, Vladislav S. Baitov, Andrei A. Gavrillov, Vitalii V. Pavlov, Andrey A. Korytkin

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

Abstract

Background. The problem of management of bone tissue defects remains one of the tasks that a surgeon faces during primary total knee arthroplasty (TKA). Since the number of TKA is increasing every year, modern scientific research aimed at solving the problem of bone defect replacement remains important. **The aim of the study** was to evaluate the effectiveness of various methods of bone defects management in primary TKA based on the analysis of literature. Materials and Methods. We conducted a search of articles in PubMed, eLIBRARY, Scopus from 2005 to 2020. **Results.** On the whole our search led to 1217 papers. Finally 19 articles that met inclusion criteria were included in this review. Each of the methods of bone defect replacement has its advantages and disadvantages. The results of the studies show that the defect size is not a key factor for choosing the method, since with relatively identical defect parameters, different plastic options were used with a satisfactory clinical outcome. The endoprosthesis component should be fixed in at least two zones in every chosen method. In young patients with good bone quality preference in chosen methods should be given to bone grafts, which allow to preserve the bone stock. Based on the papers analysis, we have proposed the algorithm for method choosing for each clinical case. **Conclusion.** Each surgeon chooses a method for replacing bone defects based on their own preferences and such criteria as the equipment of the operating room, the surgical team experience, the quality of the patient's bone and the defect size.

Keywords: primary total knee arthroplasty, bone defect, methods of bone defects replacement.

Funding: no funding or sponsorship was received for this study.

Введение

Одним из самых биомеханически сложных и несущих осевую нагрузку всей массы тела является коленный сустав (КС), что обуславливает повышенный риск возникновения его травм. Травмы КС способствуют раннему возникновению дегенеративно-дистрофических изменений и анатомо-функциональной неполноценности различной степени [1, 2]. В структуре патологии суставов 80% составляют дегенеративно-дистрофические заболевания, а из них 33,4% приходится на КС, при этом от 14 до 41% — у людей трудоспособного возраста [3].

Эндопротезирование КС все чаще является методом выбора завершающего лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний, когда попытка сохранения суставных поверхностей консервативными методами привела к неблагоприятному функциональному результату [4]. В настоящее время этот метод хирургического лечения выполняется не только в крупных специализированных центрах, но и в городских больни-

цах. Прослеживается тенденция к ежегодному увеличению доли более сложных реконструктивных вмешательств на КС [5]. Для достижения хорошего результата при первичном эндопротезировании хирургу приходится решать ряд задач — дефекты костей, образующих КС, является одной из них [6].

В настоящее время применяется несколько методов восполнения костного дефицита медиального мыщелка большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. В исследуемых публикациях относительно одинаковые по объему дефекты авторы замещали разными способами. Пластику малых дефектов выполняли как цементом [7, 8, 9, 10], так и при помощи аутокости [11, 12, 13]. При замещении костных дефектов среднего размера успешно выполняли реконструкцию металлическими блоками [14, 15, 16, 17], костными аутотрансплантатами [18, 19, 20] и аллотрансплантатами [9, 21]. А замещение больших дефектов выполняли как металлическими блоками [5, 22, 23], так и костными аллотрансплантатами [24].

Обнаруженное в литературе разнообразие вариантов замещения одинаковых по объему дефектов подтолкнуло нас к выполнению данной работы.

Цель исследования — на основе анализа научной литературы оценить эффективность различных методов замещения костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава.

Материал и методы

Проведен информационный поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed и Scopus. Глубина поиска составила 15 лет — с 2005 по 2020 гг. В анализ включались исследования, в которых описывались методы замещения костного дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. Для поиска русскоязычных работ использовались ключевые слова «эндопротезирование коленного сустава», «костные дефекты», «методы замещения костных дефектов». А для поиска в зарубежных источниках использовали ключевые слова “primary total knee arthroplasty”, “bone defects”, “management of bone defects”.

В общей сложности было найдено 1217 статей. Затем были исключены дублирующие работы (408); статьи, полные тексты которых были недоступны

(42); работы, не связанные с темой исследования (213). Также были исключены публикации, в которых рассматривались методы замещения костного дефекта только при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (507 статей).

Оценку полнотекстовых статей для возможного включения в анализ проводили в оставшихся 47 публикациях. Критерии включения: средний срок наблюдения не меньше 12 мес., количество наблюдений не меньше 5 случаев. При выполнении заданных критериев включения выявлено ограниченное количество публикаций (1 ссылка), связанных с применением аллотрансплантата для замещения костного дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. На этом основании нами сделаны вынужденные исключения для 2 статей: в работе [24] описано 3 случая, что не соответствует критериям по количеству случаев, а исследование [21] выполнено в 1999 г., что не соответствует 15-летнему критерию глубины исследования. Блок-схема, выполненная по рекомендациям PRISMA для систематических обзоров и метаанализов [25, 26], представлена на рисунке 1.

В конечном итоге с учетом критериев исключения и включения для анализа было отобрано 19 публикаций (табл. 1).

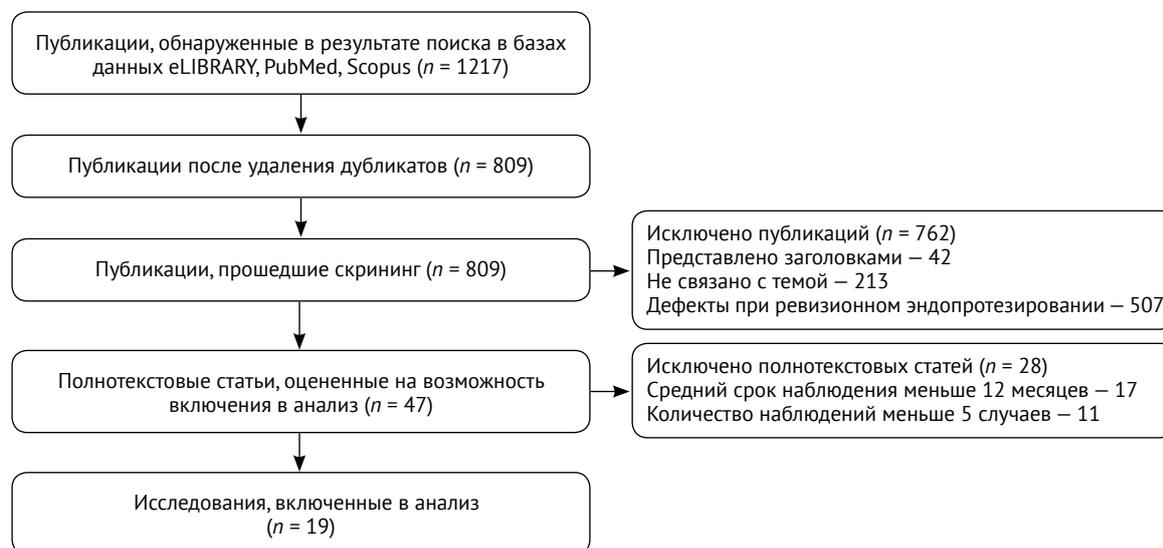


Рис. 1. Блок-схема этапов систематического обзора

Fig. 1. Flowchart of the systematic review stages

Таблица 1

Статьи, включенные в систематический обзор

Авторы	Год	Кол-во случаев	Возраст пациентов, лет	Средний срок наблюдения, мес.
You J.S. с соавт. [5]	2018	17	71	42
Bilgen M.S. с соавт. [7]	2017	24	66	34
Zheng C. с соавт. [8]	2016	40	65	24
Корнилов Н.Н. с соавт. [9]	2008	32/12		62/42
Азизов М.Ж. с соавт. [10]	2015	19	67	12
Sugita T. с соавт. [11]	2015	45	73	65
Sohn J.M. с соавт. [12]	2018	50	65	117
Гиркало М.В. с соавт. [13]	2012	32	62	36
Hube R.B. с соавт. [14]	2015	31	72	74
Lee J.K. с соавт. [15]	2011	46	63	78
Загородний Н.В. с соавт. [16]	2017	32	68	48
Baek S.W. с соавт. [17]	2011	9	65	60
Tanwar Y.S. с соавт. [18]	2019	26	63	75
Hosaka K. с соавт. [19]	2017	68	67	78
Тихилов Р.М. с соавт. [20]	2010	24	67	60
Van Loon C.J. с соавт. [21]	1999	6	62	38
Tsukada S. с соавт. [22]	2013	33	75	54
Martín-Hernández C. с соавт. [23]	2018	25	64	79
Tigani D. с соавт. [24]	2011	3	65	30

Результаты**Классификации костных дефектов**

Причинами формирования дефектов и, как следствие, грубых деформаций коленного сустава являются:

- асептический некроз мышечков, который составляет от 8 до 22% всех дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава [27];
- кистовидная перестройка эпифизов бедренной и большеберцовой костей [6];
- посттравматическая импрессия суставной поверхности [6].

Доля деформаций, сопровождающихся формированием костных дефектов при заболевании КС, составляет от 25 до 31% [28]. При первичном эндопротезировании КС в 30,4% случаев встречаются костные дефекты, которые требуют замещения дефектов как бедренной, так большеберцовой костей [29]. Варусная деформация коленного сустава в 15–20% случаев обусловлена сформировавшимся костным дефектом внутреннего мышечка

большеберцовой кости в зоне асептического некроза [20]. При такой деформации в патологический процесс вовлекаются как мягкотканые, так и костные структуры КС.

При анализе публикаций по классификациям костных дефектов мы обратили внимание, что в основном все классификации разрабатывались для ревизионного эндопротезирования КС. Окончательная оценка костного дефицита производится во время операции после удаления компонентов эндопротеза, а не после выполнения стандартных костных опилов, как это должно быть при первичном эндопротезировании. Таким образом, не всегда удается правильно оценить первичный дефект по классификации, которая создавалась для ревизионного эндопротезирования. Классификация костных дефектов необходима для предоперационной оценки имеющегося костного дефицита, чтобы во время операции у хирурга уже был готовый план, какими вариантами замещения костного дефицита можно будет воспользоваться во время операции.

Одна из самых первых, но не самая детальная классификация, предложена L.D. Dorr в 1989 г. [30]. В ней дефекты в области большеберцовой кости делятся на центральные, периферические, первичные и ревизионные. Недостаток этой классификации заключается в отсутствии учета размера дефектов.

Классификация, предложенная J.A. Rand в 1991 г., более подробно описывает глубину и площадь поверхности кости, вовлеченной в дефект, на основании интраоперационных наблюдений [31]. Основным недостатком этой классификации — отсутствие рекомендаций для выбора вариантов лечения, а также ее авторы не учитывают этиологию возникновения костного дефицита.

В 1993 г. J.N. Insall, учитывая недостатки предыдущих классификаций, разработал свою классификацию, в которой, помимо описания самих дефектов, добавил рекомендации по выбору вариантов восполнения костного дефицита [32]. Дефекты, окруженные кортикальной костью, обозначаются как ограниченные, они могут быть малыми — меньше 5 мм или большими — больше 5 мм. Дефекты, не имеющие кортикальной костной поддержки с одной из сторон, обозначаются как неограниченные, они могут быть малыми — меньше 5 мм, средними — от 5 до 10 мм и большими — более 10 мм. Также в эту классификацию включено расположение дефекта: симметричное, асимметричное, центральное, медиальное или латеральное. Эта классификация достаточно наглядна и включает практически все формы костных дефектов с учетом этиологии возникновения костного дефицита, но не содержит информации о площади дефекта мыщелка.

Наиболее удобная и широко применяемая классификация костных дефектов для ревизионного эндопротезирования коленного сустава разработана G.A. Engh в Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI) в 1998 г. [33]. Основная идея авторов — это создание простой и понятной классификации, которая позволит при имеющемся костном дефекте обоснованно выбрать конкретный вариант лечения (аугмент, ножка, трансплантат). Эта классификация специально разрабатывалась для ревизионного эндопротезирования, но она также применяется для оценки костного дефицита при первичном эндопротезировании КС [13, 22, 29].

С ростом мирового опыта эндопротезирования КС и улучшением качества инструментального исследования появляются новые варианты классификаций костных дефектов, которые, как правило, являются модернизацией старых классификаций.

На основании этиологии возникновения дефицита костной структуры и анатомического расположения дефектов в костях, образующих КС,

T.W. Huff и T.P. Sculco в 2007 г. предложили классификацию для ревизионного эндопротезирования, представляющую собой упрощенный вариант классификации AORI [34]. В ней выделены 4 типа костных дефектов. Первый тип — кистозные небольшие дефекты губчатой кости по линии соприкосновения «имплантат-кость». Второй тип — эпифизарные дефекты, где есть дефицит кортикальной кости в эпифизарно-метафизарной зоне. Третий тип — полостные обширные дефекты губчатой и кортикальной кости метафизов. Четвертый тип — сегментарные, объединяющие две предыдущие группы, нередко в этой группе происходит потеря костной структуры с местами прикрепления коллатеральных связок. Основным ее недостатком заключается в том, что эпифиз резецируется при первичном эндопротезировании коленного сустава, и поэтому существование эпифизарных дефектов сомнительное.

А.Х. Джигкаев с соавторами в 2012 г. предложили дополнить классификацию Insall [35]. Авторы к исходной классификации добавили новую характеристику — площадь поверхности дефекта, а глубину дефекта, которая измеряется в миллиметрах, оставили прежней. Таким образом, было сформировано три размера дефекта. Малые дефекты — площадь дефекта не больше 1/3 поверхности мыщелка и глубина не больше 5 мм. Средние дефекты — площадь дефекта не больше 1/2 поверхности мыщелка, а глубина от 5 до 10 мм. Большие дефекты — площадь дефекта составляет 2/3 от поверхности мыщелка, глубина более 10 мм. Предложенная классификация также сходна с классификацией J.A. Rand, так как помимо глубины дефекта учитывает такой показатель, как площадь дефекта. Единственное различие заключается в том, что площадь дефекта имеет более узкий диапазон границ, что позволяет более точно определить, к какой именно группе отнести дефект. При практическом использовании это является преимуществом.

Идеальная система классификации должна быть удобной в использовании, точно оценивать имеющейся дефект для предоперационного планирования, прогнозировать исходы операции с последующими рекомендациями по реабилитации пациента. И также, что немаловажно, идеальная классификация должна облегчить общение, сравнение и понимание среди оперирующих хирургов, о каком объеме дефекта идет речь. В изучаемых работах нет единой классификации костного дефекта, а это затрудняет сравнение объема костных дефектов в публикациях, включенных в наш обзор. Поскольку большинство авторов описывают глубину дефекта и его площадь относительно общей площади плато большеберцовой кости, нами принято решение во всех случаях использовать

классификацию Insall, дополненную ФГБУ НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена [35], которая, на наш взгляд, наиболее оптимальна. Здесь также нужно отметить, что выбранная нами классификация Insall* не охватывает все значения глубины описанных дефектов в изучаемой литературе и поэтому для определения типа дефекта при спорных моментах решающую роль отдавали размеру площади дефекта, а не глубине. Такое решение обосновано тем, что характеристика площади более важный показатель, чем глубина, так как в конечном итоге площадь опоры определяет количество точек фиксации для имплантата, и от нее в большей степени зависит последующая стабильность компонента. В своей работе R. Morgan-Jones с соавторами описывают классификацию зональной фиксации компонентов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, где выделяют эпифизарную, метафизарную, диафизарную зоны. В конечном итоге авторы приходят к выводу, что для стабильной фиксации компонентов эндопротеза необходимо достигать прочной фиксации минимум в двух зонах [36].

Если этот подход применить в первичном эндопротезировании КС, то площадь дефекта характеризует состояние эпифизарной зоны, а глубина дефекта характеризует состояние метафизарной зоны и по логике вещей должна характеризовать и диафизарную зону, но в первичном эндопротезировании КС такие дефекты встречаются крайне редко.

Методы замещения дефектов

Существует несколько методов замещения костного дефекта медиального мыщелка большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. К ним относится пластика дефекта при помощи костного цемента, при помощи металлических модульных блоков, костная алло- и аутопластика. В свою очередь цементная пластика может выполняться как с армированием, так и без него, а ауто- и аллопластика — с фиксацией трансплантата винтами или спицами, так и без фиксации. Все перечисленные методы взаимозаменяемы и могут дополнять друг друга

Цементная пластика

К одному из первоначальных способов замещения костного дефекта относится цементная пластика. Для более прочной фиксации цемента в склерозированной кости выполняется предварительное формирование анкерных отверстий, что в конечном итоге дает хорошую фиксацию тиббиального компонента и предотвращает раннее расшатывание компонентов — к такому выводу

приходят в своей работе М.Ж. Азизов с соавторами [10]. Авторы в своем исследовании наблюдали 19 пациентов, а послеоперационные оценки по опросникам Knee Score и Function Score у 10 пациентов были хорошие, у 9 — удовлетворительные.

Для создания дополнительной площадки для цемента также подходит использование спиц Кишнера. Во время операции спица сгибается П-образно и обоими концами плотно вставляется в костный дефект M.S. Bilgen с соавторами сообщают о хороших результатах по опросникам KSS knee score (в среднем 93 балла) и function score (89 баллов) [7].

О хороших послеоперационных клинических результатах (KSS Knee Score — 91, Function Score — 93) сообщают в своей работе и С. Zheng с соавторами, которые выполняли костную пластику медиального дефекта большеберцовой кости цементом с армированием винтами [8].

Применение для замещения дефекта как одного цемента, так и цемента с винтами в своей работе описывают Н.Н. Корнилов с соавторами — послеоперационные опросники Knee Score и Function Score показали удовлетворительный результат [9].

В исследованиях, где замещение костного дефекта выполняли цементом с армированием и без армирования, средний возраст пациентов составил 66 лет, средний период наблюдения — 33 мес., а размер дефекта по Insall относился к малым. Каких-либо осложнений, в том числе и инфекционных, в период наблюдения авторы не отмечают. Рентгенопрозрачные линии на границе между костью и цементом описаны в работе Н.Н. Корнилова с соавторами, где цементную пластику с армированием они применяли в 28%, а без армирования — в 55% случаев [9]. В то же время M.S. Bilgen наблюдал 2 таких случая [7]. В обеих работах при наблюдении в динамике прогрессирование этих линий не выявлено. Н.Н. Корнилов с соавторами большинство операций выполняли с применением эндопротезов CR связанности, в остальных же работах выполнялось эндопротезирование конструкциями PS. Никто из авторов не использовал удлиняющие ножки при выполнении операции [9].

Металлические блоки

У современных эндопротезов имеется опция, которая предлагает дополнительные металлические модульные блоки, они доступны в форме клина и прямоугольника, а также бывают разных размеров. Металлические блоки фиксируются к выбранному компоненту винтами или цементом. Совместно с модульным блоком применяют удлиняющие ножки, которые могут быть цементными и бесцементными.

* Здесь и далее использована классификация J.N. Insall в модификации ФГБУ НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена [35].

Об удовлетворительных клинических результатах применения металлических блоков прямоугольной и клинообразной формы сообщают R.B. Hube с соавторами: Knee Score — 85, Function Score — 82 [14]. Самое объемное как по среднему сроку наблюдения (78 мес.), так по и количеству случаев (46) исследование провели J.K. Lee с соавторами. Они замещали костные дефекты металлическими аугментами прямоугольной формы, оценки по опросникам были хорошими: Knee Score — 88, Function Score — 73 [15]. Отечественные исследователи так же отмечают хорошие послеоперационные результаты (Knee Score — 95, Function Score — 85) применения металлических аугментов для замещения медиальных дефектов большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава [16].

Хирургическая техника, при которой один металлический аугмент крепится винтами к большеберцовому компоненту, а второй фиксируется на цемент к первому, не нарушает рекомендаций производителя — об этом сообщают в своей работе S.W. Baek с соавторами [17]. Использование двух аугментов с последующим удовлетворительным клиническим результатом (Knee Score — 82, Function Score — 73) описывают также S. Tsukada с соавторами [22].

Применение малораспространенной техники для замещения медиального дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава описывают J.S. You с соавторами [5]. Авторы используют смоделированный во время операции танталовый конус, а именно обрабатывают целый конус осциллирующей пилой таким образом, чтобы получившийся трансплантат полностью соответствовал имеющемуся дефекту. Применение этой методики имеет некоторые технические сложности и должно выполняться опытной хирургической бригадой в хорошо оснащенной операционной. Послеоперационный клинический результат оценен как хороший (Knee Score — 94, Function Score — 78).

Опытом использования метафизарной втулки делятся в своей работе С. Martín-Hernández с соавторами [23]. Этот метод использовался у пациентов, которые ранее перенесли остеосинтез костей, образующих коленный сустав. Во время операции первым этапом выполнялось удаление металлоконструкций, вторым этапом — эндопротезирование КС, причем те металлоконструкции, которые не мешали, не удалялись. Этот метод позволяет достичь хорошей стабильности компонентов эндопротеза при поврежденной эпифизарной зоне и приводит к хорошим клиническим результатам (Knee Score — 78, Function Score — 81).

В исследованиях, где замещение дефекта выполняли металлическими трансплантатами, сред-

ний возраст пациентов составил 68 лет, средний период наблюдения — 62 мес. Размеры дефекта по Insall в основном относились к среднему, большие дефекты замещались при помощи двух аугментов (10 мм + 5 мм) [22], смоделированного танталового конуса [5] и метафизарной втулки [23]. О двух повторных оперативных вмешательствах по поводу инфекции в области хирургического вмешательства сообщают R.B. Hube с соавторами [14]. В 4 работах авторы описывают наличие рентгенопрозрачных линий: у R.B. Hube — в 12,1% всех случаев [14], у J.K. Lee — в 11% [15], у S. Tsukada — в 30% [22], а у Н.В. Загороднего с соавторами — в 21,8% [16]. Все авторы отмечают, что при наблюдении в динамике прогрессирования этих линий не наблюдалось. В итоге среднее количество наблюдаемых рентгенопрозрачных линий в описанных случаях составило 18,5%. S. Tsukada с соавторами наблюдали наличие умеренного лизиса медиального края большеберцовой кости у 51% прооперированных пациентов и считают, что это явление не имеет риска для стабильности тиббиального компонента и клинического результата [22].

Практически все авторы использовали удлиняющие ножки. С. Martín-Hernández с соавторами описывают один случай возникновения stress shielding синдрома в области большеберцовой кости, который клинически проявлялся незначительными болями [23]. В основном все авторы использовали степень связанности PS, в одной работе связанность была увеличена до VVC у 3 пациентов [14], а в другой работе такую связанность использовали у всех пациентов [23].

Костные аллотрансплантаты

Мы выявили лишь несколько публикаций, которые соответствуют нашим критериям включения, описывающих применение костного аллотрансплантата при первичном эндопротезировании КС для замещения костного дефекта [9, 21, 24]. Применение этого метода позволяет максимально восстановить костную ткань. Аллотрансплантаты могут быть структурными или измельченными. Структурный, как порой и измельченный трансплантат, нуждаются в дополнительной фиксации. Для уменьшения осевой нагрузки на восстановленную область при больших дефектах используют удлиняющую ножку, которая позволяет перераспределить нагрузку на дистальный отдел кости. Обычно структурные трансплантаты изготавливают из головки бедренной кости, дистального отдела бедренной и проксимального отдела большеберцовой костей. Одно из главных преимуществ данной методики состоит в возможности формировать аллотрансплантат в соответствии с дефектом. Н.Н. Корнилов с соавторами считают, что для перестройки аллотрансплантата должна отсут-

ствовать нагрузка на оперированную конечность в течение 3 мес. после операции. В их исследовании проанализированы 12 пациентов, которым выполнялось замещение костного дефекта структурными аллотрансплантатами. Послеоперационные опросники показали хороший клинический результат: Knee Score — 94, Function Score — 78 баллов [9]. Хорошие клинические результаты (Knee Score — 81, Function Score — 83) при замещении посттравматических дефектов большеберцовой кости с помощью структурных аллотрансплантатов, фиксированных винтами, у трех пациентов представили в своей работе D. Tiganì с соавторами [24].

Полную костную перестройку мелко измельченного аллотрансплантата при гистологическом анализе ткани, взятой на границе трансплантат-кость через 6 мес. после операции, наблюдали в своем исследовании С. J. Van Loon с соавторами [21]. Полученная ими оценка результатов по опросникам свидетельствует об удовлетворительном клиническом результате: Knee Score — 85, Function Score — 48 баллов.

Средний возраст пациентов в рассматриваемых исследованиях составил 63,5 года, средний период наблюдения — 36,6 мес. При больших дефектах по Insall этот метод реконструкции применяли D. Tiganì с соавторами [24], остальные авторы — при средних размерах дефекта. Рентгенопрозрачные линии в 25% случаев наблюдали Н. Н. Корнилов с соавторами [9], а 2 случая асептического расшатывания тибиаляного компонента описывают С. J. Van Loon [21]. Все авторы выполняли эндопротезирование КС с удлиняющей ножкой эндопротеза, степень связанности конструкции в двух работах была PS [21, 24], в одной — VVC [9].

Костные аутоотрансплантаты

Наиболее биологическим методом является восполнение дефекта большеберцовой кости собственной костью пациента. Аутоотрансплантат чаще всего берется из фрагментов резецированных мышечков бедренной или большеберцовой кости, но также может браться из гребня подвздошной кости. В зависимости от объема дефекта и хирургической техники цельные костные трансплантаты могут быть дополнительно фиксированы винтом или спицей, а сеткой производится фиксация мелкоизмельченных аутоотрансплантатов.

Интересный метод аутопластики предложили Т. Sugita с соавторами [11]: для более прочной фиксации в дефекте предварительно формировали два желоба, в которые помещали субхондральные костные пластинки в качестве костных опорных столбов, а остальное пространство заполняли костной аутологичной стружкой. Клинический результат: Knee Score — 79, Function Score — 82 баллов.

Прочной фиксации мелкоизмельченного аутоотрансплантата можно достигнуть и за счет треугольной проволочной сетки, которая выполняет роль медиальной опоры, а сама сетка фиксируется винтами 3,5 мм к большеберцовой кости. Такой вариант аутопластики с хорошим клиническим результатом (Knee Score — 90, Function Score — 86) описывают в своей работе Y.S. Tanwar с соавторами [18]. Аутоотрансплантат, полученный из резецированных фрагментов мышечков и фиксированный дополнительно винтами, создает надежную и хорошую опору для тибиаляного компонента — к такому выводу пришли в своих работах Р. М. Тихилов с соавторами [20] и К. Hosaka с соавторами [19].

Метод, при котором цельный аутоотрансплантат не нуждается в дополнительной фиксации металлоконструкцией при замещении дефекта медиального мышечка большеберцовой кости, описан в работе J. M. Sohn с соавторами [12]. Авторы во время операции при помощи хирургического инструментария трансформировали неограниченный дефект в ограниченный за счет создания медиальной поддерживающей костной стенки и получали в последующем хороший клинический результат (Knee Score — 89, Function Score — 91). Хороший клинический результат при использовании остеокондуктивного материала MIIG (Wright Medical Technology, США) и цельного аутоотрансплантата для замещения костного дефекта отражают в своей работе М. В. Гиркало с соавторами [13].

В исследованиях, где применялся аутоотрансплантат для замещения медиального костного дефекта большеберцовой кости, средний возраст пациентов составил 66 лет, а средний период наблюдения — 72 мес. Размер дефекта по Insall в трех работах относился к малым [11, 12, 13], в других трех был средний [18, 19, 20]. Единичные случаи инфекции в области хирургического вмешательства, которые требовали повторного хирургического вмешательства, описаны в работах К. Hosaka с соавторами [19] и J. M. Sohn с соавторами [12]. Два случая, в которых выявлен бурсит «гусиной лапки», возникший в результате локального соприкосновения проволочной сетки и купированный консервативно, описан в работе Y.S. Tanwar с соавторами [18]. Рентгенопрозрачные линии в 16% случаев описали Т. Sugita [11] и J. M. Sohn [12], последующих осложнений и увеличение ширины линий авторы не отмечали. Степень связанности эндопротезов во всех работах была PS, удлиняющие ножки применялись в двух работах [18, 19], где размер дефекта был средним по классификации Insall.

Методы замещения костных дефектов по данным различных авторов при первичном эндопротезировании коленного сустава приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Методы замещения костных дефектов при первичном эндопротезировании
коленного сустава по данным литературы**

Метод	Размер дефектов по Insall	Вид эндопротеза	Кол-во случаев	Средний срок наблюдения, мес.	Осложнения
<i>Цемент</i>					
Азизов с соавт. [10]	Малые	PS	19	12	Нет
<i>Цемент с армированием</i>					
Bilgen M.S. с соавт. [7]	Малые	PS	24	34	Нет
Zheng С.И с соавт. [8]	Малые	PS	40	24	Нет
Корнилов Н.Н. с соавт. [9]	Малые	PS/ CR	32	62	Нет
<i>Металлические блоки</i>					
Hube R.B. с соавт. [14]	Средние	28 PS + ножка 3 VVC + ножка	31	74	2 ИОХВ
Lee J.K. с соавт. [15]	Средние	PS 27 ножек	46	78	Нет
Загородний Н.В. с соавт. [16]	Средние	PS + ножка	32	48	Нет
Baek S.W. с соавт. [17]	Средние	PS + ножка	9	60	Нет
Tsukada S. с соавт. [22]	Большие	PS + ножка	33	54	Нет
<i>Метафизарные втулки</i>					
Martín-Hernández C. с соавт. [23]	Большие	VVC 15 ножек	25	79	1 расхождение послеоперац. раны
<i>Обработанный танталовый конус</i>					
You J.S. с соавт. [5]	Большие	PS	17	42	Нет
<i>Цельные аллотрансплантаты</i>					
Корнилов Н.Н с соавт. [9]	Средние	VVC + ножка	12	42	Нет
Tigani D. с соавт. [24]	Большие	PS+ ножка	3	30	Нет
<i>Мелкоизмельченные аллотрансплантаты</i>					
Van Loon C.J. с соавт. [21]	Средние	PS + ножка	6	38	2 случая расшатывания
<i>Аутооттрансплантаты без дополнительной фиксации</i>					
Sohn J.M. с соавт. [12]	Малые	PS	50	117	1 ИОХВ, 1 расшатывание
<i>Утрамбованный измельченный аутооттрансплантат</i>					
Sugita T. с соавт. [11]	Малые	PS	45	65	Нет
<i>Измельченный аутооттрансплантат, фиксированной сеткой</i>					
Tanwar Y.S. с соавт. [18]	Средние	PS+ ножка	26	72	Нет
<i>Аутооттрансплантат, фиксированный винтами</i>					
Hosaka K. с соавт. [19]	Средние	PS + ножка	68	78	Нет
Тихилов Р.М. с соавт. [20]	Средние	PS	24	60	Нет
<i>Аутооттрансплантат, фиксированный остеокондуктивным материалом MIIG</i>					
Гиркало М.В. с соавт. [13]	Малые	PS	32	36	Нет

**Дифференциальный подход к замещению костных дефектов
в зависимости от их объема**

Параметры	Дефекты по Insall		
	малые	средние	большие
Методы замещения, степень связанности	Цемент — PS (1 работа)	Металлический блок — PS + ножка (4 работы)	Совместно 2 металлических блока — PS + ножка (1 работа)
	Цемент с армированием — PS (3 работы)	Аутопластика PS + ножка (3 работы)	Метафизарная втулка — VVC + ножка (1 работа)
	Аутопластика — PS (3 работы)	Аллопластика PS/VVC + ножка (2 работы)	Обработанный танталовый конус PS (1 работа) Аллопластика PS + ножка (1 работа)

Обсуждение

Замещение костных дефектов при помощи костного цемента показывает хороший и долгосрочный результат. А армирование расширяет возможность его применения при обширных дефектах [37, 38]. Другой сильной стороной метода является экономическая выгода по сравнению с другими вариантами пластики. Но все же цемент не является биологической основой и в ряде случаев может вызвать термический некроз окружающей кости, также цементу свойственно во время полимеризации усаживаться до 2% [7]. Чем больше дефект, тем больше риск возникновения этих явлений и, следовательно, больше шансов получить раннее расшатывание компонента эндопротеза. В исследовании С. Zheng с соавторами при помощи программного обеспечения Mimics и компьютерной томографии коленного сустава была построена геометрическая модель коленного сустава. Авторы пришли к выводу, что техника использования винтов и цемента превосходит технику использования только одного цемента даже при дефектах не глубже 5 мм, а также, что вертикальное введение винтов обеспечивает лучшую устойчивость по сравнению с горизонтальным [39].

Наличие рентгенопрозрачных линий не является угрозой для стабильности компонента, если они не превышают 2 мм [40]. Объем дефектов в работах, где выполнялась цементная реконструкция, был малым по Insall, и никто из авторов не использовал удлиняющие стержни. Тем самым они не усиливали диафизарную зону фиксации, так как при таких дефектах необходимо усилить фиксацию только в эпифизарной зоне, а метафизарная зона остается сохранный.

Применение модульных металлических блоков для замещения костных дефектов при эндопротезировании КС обеспечивает надежную

первичную опору для компонентов эндопротеза и возможно при значительных костных дефектах. На основании биомеханического исследования, проведенного Т.К. Fehring с соавторами [41], можно судить, что прямоугольные блоки имеют некоторое преимущество перед клиньями в силу простоты подготовки ложа и снижения проксимального напряжения большеберцовой кости, а это положительно влияет на стабильность компонента. Сообщения об использовании танталового конуса и метафизарных втулок для замещения костного дефекта только при первичном эндопротезировании встречаются редко, чаще всего в имеющихся исследованиях наблюдают группы пациентов и не разделяют их на первичное и ревизионное эндопротезирование коленного сустава [42]. Нам встретилась работа N.M. Brown с соавторами где отмечены хорошие клинические результаты лечения четырех пациентов, которым был имплантирован танталовый конус при первичном эндопротезировании; костный дефект был средним по Insall. Но поскольку количество наблюдений было меньше 5, эта работа не вошла в наше исследование [43].

Существует вероятность возникновения интраоперационного ятрогенного осложнения в виде перелома кости при установке метафизарной втулки [44]. В систематическом обзоре литературы А. Zanirato с соавторами сравнивают результаты установки 21 конуса и 16 втулок при ревизионном эндопротезировании КС [45]. Авторы приходят к выводу, что оба метода дают хорошие краткосрочные и среднесрочные рентгенологические и клинические результаты. Частота интраоперационных переломов при использовании конусов составила $1,2 \pm 4,8\%$, а втулок — $0,54 \pm 1,2\%$. Объем дефектов в работах, где выполнялась реконструкция металлическими блоками, был средним

и большим по Insall. При средних дефектах страдает как эпифизарная зона фиксации, так и частично метафизарная, а использование металлического аугмента позволяет усилить фиксацию в этих зонах. Такой объем дефекта не нуждается в использовании удлиняющего стержня, но надо отметить, что у большинства фирм-производителей при использовании аугмента толще 5 мм согласно технологии имплантации нужно использовать удлиняющую ножку. По-другому дело обстоит с большими дефектами, при которых уже необходимо усиливать фиксацию в диафизарной зоне, и это является прямым показанием к использованию удлиняющей ножки. Металлическая аугментация зарекомендовала себя не только как надежный способ замещения дефекта медиального мыщелка большеберцовой кости, но и как один из наиболее часто используемых методов борьбы с потерей костной массы [46].

Костные аллотрансплантаты применяют в качестве биологического материала для восстановления костного дефицита. Биосовместимость метода дает возможность повторного прикрепления коллатеральных связок, а его универсальность позволяет лечить широкий спектр костной недостаточности. Это, прежде всего, позволяет хирургу сформировать трансплантат в соответствии с имеющимся дефицитом и избежать ненужного удаления кости пациента. Тщательное исследование перестройки костной ткани провели в своей работе N.L. Parks с соавторами [47]. Доказательная глубина этого исследования заключается в изучении перестройки костной ткани у 7 умерших пациентов, которым было выполнено эндопротезирование КС с замещением костного дефекта аллотрансплантатом. Все трансплантаты при исследовании были состоятельны, но реваскуляризация была слабой.

Одно из первых сообщений о применении аллотрансплантатов было опубликовано в 1992 г. I. Stockley с соавторами описали хороший клинический результат у 20 прооперированных пациентов, выживаемость за 4,5 лет составила 85%, а рентгенопрозрачные линии без дальнейшего прогрессирования наблюдались в 24% [48]. Имеющийся риск несращения с костью пациента и риск передачи инфекционных заболеваний относится к недостаткам метода [21, 24]. Также не у всех медицинских учреждений есть возможность пользоваться костным банком, а транспортная логистика доставки до места установки трансплантата затруднена и затратна.

Методы использования аутологичных материалов в разных областях хирургии известны на протяжении многих десятилетий. Основным преимуществом использования аутологичных тканей является их полная биологическая

совместимость в отличие аллопластики, при которой имеется риск передачи инфекции от донора [49, 50]. Одними из первых применили и описали аутооттрансплантат, фиксированный винтом, для пластики медиального дефекта большеберцовой кости R.E. Windsor с соавторами [51]. В настоящее время отмечается тенденция к снижению травматичного воздействия на трансплантат путем применения спиц Киршнера вместо винтов [49, 52, 53]. В последующих работах авторы отмечают, что можно сохранить надежную опору для тиббиального компонента, не применяя какую-либо фиксацию аутооттрансплантата, путем интраоперационного моделирования неограниченного дефекта в ограниченный [12, 29]. Применение аутооттрансплантата является экономически выгодным методом, при котором сохраняется костный запас, что очень важно для молодых пациентов, так как это в последующем упростит ревизионное эндопротезирование коленного сустава [11, 54]. Но следует отметить, что у метода замещения костного дефекта аутооттрансплантатом есть свои недостатки. Это ограничение по объему самого трансплантата, поэтому его невозможно использовать при больших дефектах, а также остается риск несращения трансплантата с костью реципиента, и имеются ограничения со стороны качества кости [18, 55].

Помимо усиления фиксации эндопротеза в диафизарной зоне удлиняющая ножка при выполнении алло- и аутопластики нужна для перераспределения нагрузки на дистально расположенные от суставной линии костные структуры. Это предотвращает смещение компонентов эндопротеза в сторону дефекта и создает благоприятные условия для перестройки трансплантата [56].

Независимо от объема имеющегося костного дефекта и выбранного метода его замещения степень связанности эндопротеза в первую очередь зависит от целостности коллатеральных связок. Но как показывает практика, при наличии больших костных дефектов увеличивается вероятность связочной нестабильности коленного сустава, при которой возможно придется увеличивать степень связанности эндопротеза, начиная от VVC и заканчивая Hinge системами.

Таким образом, анализ публикаций, отобранных для систематического обзора, показал, что самое большое количество исследований относится к применению металлических блоков и аутологичной кости для замещения костного дефекта. Такая распространенность, по всей видимости, говорит о простоте и универсальности этих методов. Самый большой средний срок наблюдения был в исследованиях, где авторы применяли аутопластику (72 мес.), а самый маленький — при использовании цементной пластики (33 мес.).

Интересны данные анализа объема дефектов в приведенных работах: малые дефекты по Insall встречались в работах, где реконструкция выполнялась при помощи костного цемента и аутокости. В остальных исследованиях имелись средние объемы дефектов. Исключением стали 4 работы: в трех применялись металлические блоки [5, 22, 23] и в одной — аллотрансплантаты [24], так как авторы выполняли реконструкцию при больших объемах дефектов. Самый распространенный размер дефекта относится к среднему по Insall и встречается в 9 работах. Применение различных методов пластики дефекта при одинаковых объемах костного дефицита лишней раз подчеркивает, что объем дефекта не является ключевым фактором при выборе метода замещения.

Для достижения хорошей стабильности компонентов эндопротеза при замещении костных дефектов нужно учитывать вовлеченность зон фиксации в имеющийся дефект, а это значит, что при малых и средних дефектах использование удлиняющих ножек необязательно. Но при замещении дефекта металлическими блоками, согласно рекомендациям большинства фирм-производителей

эндопротезов, хирург должен использовать удлиняющую ножку, а при замещении костными материалами дефекта удлиняющая ножка (диафизарная фиксация) нужна для создания оптимальных условий для перестройки трансплантата. При больших дефектах значительно страдают эпифизарная и метафизарная зоны, поэтому использование удлиняющей ножки необходимо.

Метод замещения костного дефекта металлическими блоками молодым пациентам с хорошим качеством кости не может быть рекомендован как вариант предпочтительного выбора, так как при обработке ложа под аугмент теряется и здоровая кость, а также металлический блок не восстанавливает костный запас [46, 57]. В то же время при плохом качестве кости метод восполнения дефекта костными материалами увеличивает риск несращения и лизиса трансплантата и не может быть рекомендован [11].

Учитывая результаты проведенного анализа публикаций, а также зональную фиксацию компонента эндопротеза, мы модифицировали предложенный А.К. Aggarwal с соавторами [46] рабочий алгоритм подхода к замещению костных дефектов (рис. 2).

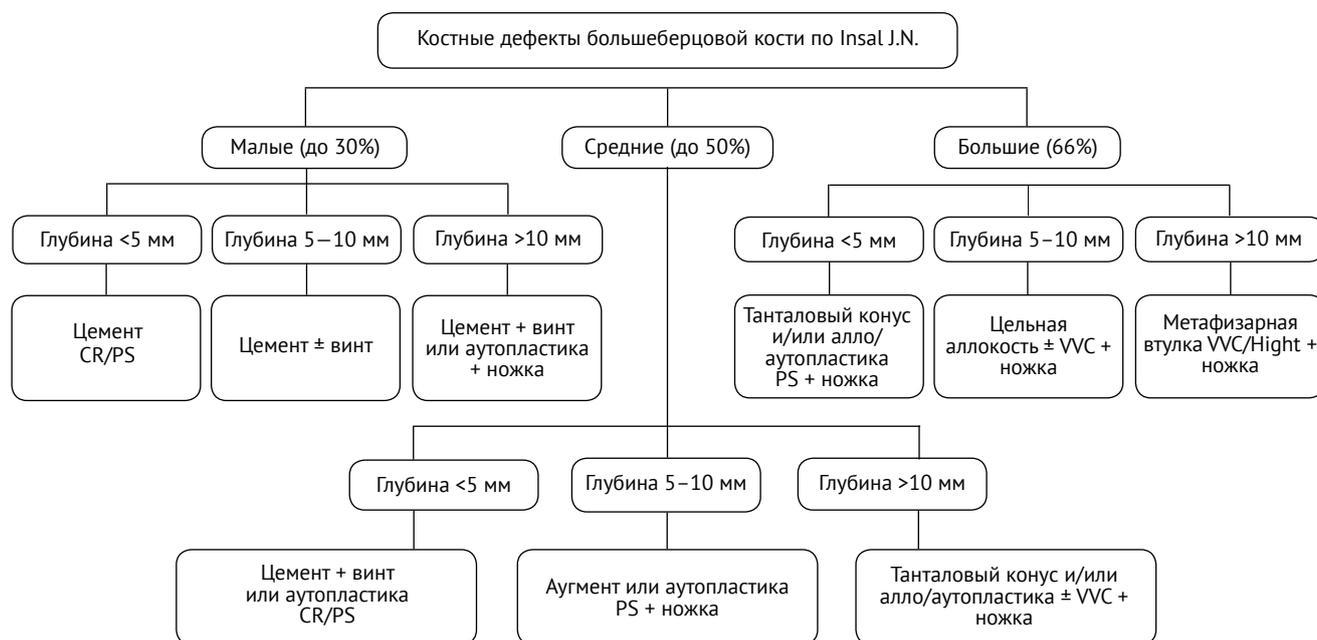


Рис. 2. Модифицированный алгоритм выбора метода замещения костного дефекта

Fig. 2. The algorithm for choosing the method of bone defect replacement

Заключение

Результаты исследований показывают, что имеющийся объем дефекта не является ключевым фактором для выбора метода его замещения, так как при относительно одинаковых параметрах дефекта применялись разные варианты пластики с удовлетворительным клиническим исходом. При замещении дефекта нужно добиться закрепления компонента эндопротеза как минимум в двух зонах фиксации. Предпочтение при выборе метода у молодых пациентов с хорошим качеством кости должно отдаваться костным трансплантатам, так как это позволяет сохранить костный запас. Каждый хирург выбирает метод замещения костных дефектов, исходя из собственных предпочтений, а также таких критериев, как оснащение операционной, профессионализм хирургической бригады, качество кости пациента и объем дефекта, выявленный во время операции.

Литература [References]

1. Воронов А.В., Шпаков А.В. Биомеханические особенности функционирования коленного сустава. *Вестник спортивной медицины*. 2017;(4):22-25. Voronov A.V., Shpakov A.V. [Biomechanical features of the knee joint functioning]. *Vestnik sportivnoy meditsiny* [Sports science bulletin]. 2017;(4):22-25. (In Russian).
2. Ахмеджанов Ф.М., Бодяжин В.А., Варшавский Ю.В. Сравнительный медико-экономический анализ подходов к диагностике и лечению внутренних повреждений коленного сустава. *Радиология – практика*. 2001;(4):40-47. Akhmedzhanov F.M., Bodyazhin V.A., Varshavskii Yu.V. [Comparative medical and economic analysis of approaches to the diagnosis and treatment of internal injuries of the knee joint]. *Radiologiya – praktika* [Radiology – Practice]. 2001;(4):40-47. (In Russian).
3. Ходарев С.В., Прядко О.И., Казакова О.В. Эффективность применения фонофореза с «Лонгидазой 3000МЕ» при лечении больных дегенеративно-дистрофическими заболеваниями коленных суставов. *Вестник восстановительной медицины*. 2010;1(35):71-73. Khodarev S.V., Pryadko O.I., Kazakova O.V. [The effectiveness of phonophoresis with Longidase 3000ME in the treatment of patients with degenerative-dystrophic diseases of the knee joints]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny* [Journal of Healing Restorative Medicine]. 2010;1(35):71-73. (In Russian).
4. Robertsson O., Knutson K., Lewold S., Lidgren L. The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975-1997: an update with special emphasis on 41, 223 knees operated on in 1988-1997. *Acta Orthop Scand*. 2001;72(5):503-513.
5. You J.S., Wright A.R., Hasegawa I., Kobayashi B., Kawahara M., Wang J. et al. Addressing large tibial osseous defects in primary total knee arthroplasty using porous tantalum cones. *Knee*. 2019;26(1):228-239. doi: 10.1016/j.knee.2018.11.001.
6. Федоров В.Г. Лечение импрессионных переломов мыщелков большеберцовой кости – полностью ли решена сегодня эта проблема? (Обзор диссертаций, патентов начала 21-го века). *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(4). Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26694>.
7. Fedorov V.G. [Treatment of impression fractures of the condyles of the tibia – is this problem completely solved nowadays?]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2017;(4). (In Russian). Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26694>.
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;51(5):388-392. doi: 10.1016/j.aott.2017.02.002.
8. Zheng C., Zhou Y.G., Ma H.Y., Zhang Z., Fu H.H., Wu W.M. et al. [Relationship between screw numbers and severity of tibial bone defect in primary total knee arthroplasty]. *Zhongguo Gu Shang*. 2016;29(5):415-420.
9. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Тихилов Р.М., Каземирский А.В., Селин А.В., Печинский А.И. и др. Замещение костных дефектов при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2008;47(1):76-81. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Tikhilov R.M., Kazemirskii A.V., Selin A.V., Pechinskii A.I. et al. [Replacement of bone defects in primary knee arthroplasty]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2008;47(1):76-81. (In Russian).
10. Азизов М.Ж., Алимов А.П., Азизов А.М. Клиническая оценка применения костной и цементной пластик дефектов мыщелков тибиального плато при эндопротезировании коленного сустава. *Наука и мир*. 2015;2(11(27)):103-108. Azizov M.Zh., Alimov A.P., Azizov A.M. [Clinical evaluation of using autologous bone grafting and cemented filling of condyle defect of the tibial plateau at total knee arthroplasty]. *Nauka i mir* [Science and World Journal]. 2015;2(11(27)):103-108.
10. Sugita T., Aizawa T., Sasaki A., Miyatake N., Fujisawa H., Kamimura M. Autologous morselised bone grafting for medial tibial defects in total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2015;23(2):185-189. doi: 10.1177/230949901502300214.
12. Sohn J.M., In Y., Jeon S.H., Nho J.Y., Kim M.S. 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 Arthroplasty*. 2018;33(8):2465-2470. doi: 10.1016/j.arth.2018.02.082.
13. Гиркало М.В., Гаврилов М.А., Козлов В.В. Комбинированная пластика метаэпифизарных костных дефектов при эндопротезировании коленного сустава с применением костнопластического биоматериала. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2012;8(4):971-974. Girkalo M.V., Gavrilov M.A., Kozlov V.V. [Combined osteoplasty of metaepiphysal defects in total knee arthroplasty with osteoplastic biomaterial]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. 2012;8(4):971-974. (In Russian).
14. Hube R., Pfitzner T., von Roth P., Mayr H.O. [Defect Reconstruction in Total Knee Arthroplasty with wedges and blocks]. [Corrected]. *Oper Orthop Traumatol*. 2015;27(1):6-16. (In German). doi: 10.1007/s00064-014-0331-2.
15. 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;93(11):1493-1496. doi: 10.1302/0301-620x.93b10.27136.

16. Загородний Н.В., Ивашкин А.Н., Ауде Ф.С., Захарян Н.Г., Степанян Р.В., Безверхий С.В. и др. Отдаленные результаты первичного эндопротезирования коленного сустава с применением модульных блоков для замещения костных дефектов медиального мыщелка большеберцовой кости. *Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2017;(1):69-74. Zagorodniy N.V., Ivashkin A.N., Aude F.S., Zaharyan N.G., Stepanyan R.V., Bezverhij S.V. et al. [Functional results after primary knee arthroplasty with modular blocks for replacement of medial condyle bone defects of the tibia]. *Zhurnal Sovremennaya nauka: Aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences]. 2017;(1):69-74.
17. Baek S.W., Choi C.H. Management of severe tibial bony defects with double metal blocks in knee arthroplasty—a technical note involving 9 cases. *Acta Orthop*. 2011;82(1):116-118. doi: 10.3109/17453674.2010.548031.
18. Tanwar Y.S., Kharbanda Y., Bhargava H., Attri K., Bandil A. Mid-term results of impaction bone grafting in tibial bone defects in complex primary knee arthroplasty for severe varus deformity. *SICOT J*. 2019;5:2. doi: 10.1051/sicotj/2018056.
19. Hosaka K., Saito S., Oyama T., Fujimaki H., Cho E., Ishigaki K., Tokuhashi Y. Union, Knee Alignment, and Clinical Outcomes of Patients Treated With Autologous Bone Grafting for Medial Tibial Defects in Primary Total Knee Arthroplasty. *Orthopedics*. 2017;40(4):e604-e608. doi: 10.3928/01477447-20170418-01.
20. Тихилов Р.М., Каземирский А.В., Преображенский П.М., Кройтору И.И., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. и др. Отдаленные результаты применения костной аутопластики при эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):21-27. doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-21-27. Tikhilov R.M., Kazemirsky A.V., Preobrazhensky P.M., Kroitoru I.I., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. et al. [long-term results after bone plasty at knee replacement]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(3):21-27. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2010-0-3-21-27.
21. Van Loon C.J., Wijers M.M., de Waal Malefijt M.C., Buma P., Veth R.P. Femoral bone grafting in primary and revision total knee arthroplasty. *Acta Orthop Belg*. 1999;65(3):357-363.
22. 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;8:36. doi: 10.1186/1749-799X-8-36.
23. Martín-Hernández C., Floría-Arnal L.J., Gómez-Blasco A., Hernández-Fernández A., Pinilla-Gracia C., Rodríguez-Nogué L. et al. Metaphyseal sleeves as the primary implant for the management of bone defects in total knee arthroplasty after post-traumatic knee arthritis. *Knee*. 2018;25(4):669-675. doi: 10.1016/j.knee.2018.05.009.
24. Tigani D., Dallari D., Coppola C., Ben Ayad R., Sabbioni G., Fosco M. Total knee arthroplasty for post-traumatic proximal tibial bone defect: three cases report. *Open Orthop J*. 2011;5:143-150. doi: 10.2174/1874325001105010143.
25. Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(10):1006-1012. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.005.
26. Середа А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):165-184. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184. Sereda A.P., Andrianova M.A. [Study Design Guidelines] *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(3):165-184. (In Russian) doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184.
27. Liu J., Sun Z.H., Tian M.Q., Wang P., Wang L. [Autologous bone grafting plus screw fixation for medial tibial defects in total knee arthroplasty]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2011;91(29):2046-2050.
28. Ponzio D.Y., Austin M.S. Metaphyseal bone loss in revision knee arthroplasty. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015;8(4):361-367. doi: 10.1007/s12178-015-9291-x.
29. Байтов В.С., Гуражев М.Б., Прохоренко В.М. Аутопластика костного дефекта большеберцовой кости при первичном эндопротезировании коленного сустава. *Современные проблемы науки и образования*. 2017;(6):19. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27111>.
30. Baitov V.S., Gurazhev M.B., Prokhorenko V.M. [Autoplasty of the bone defect of the tibia during primary total knee arthroplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2017;(6):19. (In Russian). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27111>.
31. Dorr L.D. Bone grafts for bone loss with total knee replacement. *Orthop Clin North Am*. 1989;20(2):179-187.
32. Rand J.A. Bone deficiency in total knee arthroplasty. Use of metal wedge augmentation. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(271):63-71.
33. Insaall J.N. Revision of aseptic failed total knee arthroplasty. In: *Surgery of the knee*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone, 1993. pp. 935-957.
34. Engh G.A., Ammeen D.J. Classification and preoperative radiographic evaluation: knee. *Orthop Clin North Am*. 1998;29(2):205-217. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70319-9.
35. Huff T.W., Sculco T.P. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007;22 (7 Suppl 3):32-36. doi: 10.1016/j.arth.2007.05.022.
36. 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):22-29. doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-26-31. Dzhigkaev A.Kh., Kazemirsky A.V., Preobrazhensky P.M. [Experience with modular blocks for replacement of medial condyle bone defects of the tibia in primary knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2012;(1):22-29. (In Russian) doi: 10.21823/2311-2905-2012-0-1-26-31.
37. Morgan-Jones R., Oussedik S.I., Graichen H., Haddad F.S. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2015;97-B(2):147-149. doi: 10.1302/0301-620X.97B2.34144.
38. Berend M.E., Ritter M.A., Keating E.M., Jackson M.D., Davis K.E. Use of screws and cement in primary TKA with up to 20 years follow-up. *J Arthroplasty*. 2014;29(6):1207-1210. doi: 10.1016/j.arth.2013.12.023.
39. Ritter M.A. Screw and cement fixation of large defects in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1986;1(2):125-129. doi: 10.1016/s0883-5403(86)80050-x.
40. Zheng C., Ma H.Y., Du Y.Q., Sun J.Y., Luo J.W., Qu D.B. et al. Finite Element Assessment of the Screw and

- Cement Technique in Total Knee Arthroplasty. *Biomed Res Int.* 2020;2020:3718705. doi: 10.1155/2020/3718705.
40. Freeman M.A., Bradley G.W., Revell P.A. Observations upon the interface between bone and polymethylmethacrylate cement. *J Bone Joint Surg Br.* 1982;64(4):489-493. doi: 10.1302/0301-620X.64B4.7096429.
 41. Fehring T.K., Peindl R.D., Humble R.S., Harrow M.E., Frick S.L. Modular tibial augmentations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(327):207-217. doi: 10.1097/00003086-199606000-00026.
 42. Rajgopal A., Kumar S., Aggarwal K. Midterm Outcomes of Tantalum Metal Cones for Severe Bone Loss in Complex Primary and Revision Total Knee Arthroplasty. *Arthroplast Today.* 2021;7:76-83. doi: 10.1016/j.artd.2020.12.004.
 43. Brown N.M., Bell J.A., Jung E.K., Sporer S.M., Paprosky W.G., Levine B.R. The Use of Trabecular Metal Cones in Complex Primary and Revision Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2015;30(9 Suppl):90-93. doi: 10.1016/j.arth.2015.02.048.
 44. Gill U.N., Ahmed N., Noor S.S., Memon I.A., Memon Z.A. Management of the bone loss by metaphyseal sleeves in primary and revision knee arthroplasty: clinical experience and outcome after forty three cases. *Int Orthop.* 2020;44(11):2315-2320. doi: 10.1007/s00264-020-04663-1.
 45. Zanirato A., Formica M., Cavagnaro L., Divano S., Burastero G., Felli L. 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. *Musculoskelet Surg.* 2020;104(1):25-35. doi: 10.1007/s12306-019-00598-y.
 46. Aggarwal A.K., Baburaj V. Managing bone defects in primary total knee arthroplasty: options and current trends. *Musculoskelet Surg.* 2021;105(1):31-38. doi: 10.1007/s12306-020-00683-7.
 47. Parks N.L., Engh G.A. The Ranawat Award. Histology of nine structural bone grafts used in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;(345):17-23.
 48. Stockley I., McAuley J.P., Gross A.E. Allograft reconstruction in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1992;74(3):393-397. doi: 10.1302/0301-620X.74B3.1587885.
 49. 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;18(1):502. doi: 10.1186/s12891-017-1826-4.
 50. Kharbanda Y., Sharma M. Autograft reconstructions for bone defects in primary total knee replacement in severe varus knees. *Indian J Orthop.* 2014;48(3):313-318. doi: 10.4103/0019-5413.132525.
 51. 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;(205):132-137.
 52. Ahmed I., Logan M., Alipour F., Dashti H., Hadden W.A. Autogenous bone grafting of uncontained bony defects of tibia during total knee arthroplasty a 10-year follow up. *J Arthroplasty.* 2008;23(5):744-750. doi: 10.1016/j.arth.2007.08.021.
 53. Рева М.А., Чегуров О.К. Результаты лечения больных гонартрозом методом тотального эндопротезирования коленного сустава с применением костной аутопластики. *Современные проблемы науки и образования.* 2013;(2):97.
 54. Reva M.A., Chegurov O.K. [The results of treating gonarthrosis by total knee replacement with the use of bone autoplasty]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2013;(2):97. (In Russian).
 55. Yamanaka H., Goto K., Suzuki M. Total knee arthroplasty for rheumatoid arthritis patients with large tibial condyle defects. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2012;20(2):148-152. doi: 10.1177/230949901202000202.
 56. Cuckler J.M. Bone loss in total knee arthroplasty: graft augment and options. *J Arthroplasty.* 2004;19(4 Suppl 1):56-58. doi: 10.1016/j.arth.2004.03.002.
 57. Peters C.L., Erickson J., Kloepper R.G., Mohr R.A. Revision total knee arthroplasty with modular components inserted with metaphyseal cement and stems without cement. *J Arthroplasty.* 2005;20(3):302-308. doi: 10.1016/j.arth.2004.08.010.
 58. Qiu Y.Y., Yan C.H., Chiu K.Y., Ng F.Y. Review article: bone defect classifications in revision total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2011;19(2):238-243. doi: 10.1177/230949901101900223.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гуражев Михаил Борисович — младший научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
e-mail: Tashtagol@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

Байтов Владислав Сергеевич — канд. мед. наук, ведущий травматолого-ортопедическим отделением № 3, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
e-mail: VBaitov@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>

AUTHORS' INFORMATION:

Mikhail B. Gurazhev — Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
e-mail: Tashtagol@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6398-9413>

Vladislav S. Baitov — Cand. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
e-mail: VBaitov@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9427-7072>

Гаврилов Андрей Николаевич — научный сотрудник отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
e-mail: AGavrilov08@yandex.ru
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-2026>

Павлов Виталий Викторович — д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения эндопротезирования и эндоскопической хирургии суставов, ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
pavlovdoc@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

Корыткин Андрей Александрович — канд. мед. наук, директор ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, г. Новосибирск, Россия
andrey.korytkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

Andrei A. Gavrilov — Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
e-mail: AGavrilov08@yandex.ru
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-2026>

Vitalii V. Pavlov — Dr. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
pavlovdoc@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8997-7330>

Andrey A. Korytkin — Cand. Sci. (Med.), Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia
andrey.korytkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9231-5891>

Заявленный вклад авторов

Гуражев М.Б. — написание текста рукописи, анализ литературных данных.

Баитов В.С. — разработка дизайна статьи, редактирование рукописи.

Гаврилов А.Н. — поиск литературных источников по теме статьи.

Павлов В.В. — анализ литературных данных, дизайн исследования.

Корыткин А.А. — концепция и дизайн исследования.

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.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.