

КОМПЕНСАЦИЯ ДЕФЕКТОВ МЕТАЭПИФИЗОВ БЕДРЕННОЙ И БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТЕЙ ПРИ РЕВИЗИОННОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА – СПОСОБЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ (обзор литературы)

Г.Ю. Бовкис¹, Т.А. Куляба¹, Н.Н. Корнилов^{1,2}

¹ ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, ул. Ак. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427

² ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, Россия, 191015

Реферат

Эндопротезирование коленного сустава становится все более распространенным методом лечения широкого спектра заболеваний и последствий травм коленного сустава. С ростом количества операций первичного эндопротезирования неуклонно возрастает количество ревизионных вмешательств, и в настоящее время их доля достигает 6–8% от общего числа артропластик. Проблема компенсации костных дефектов остается одной из сложнейших задач, с которыми сталкивается хирург в процессе ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Для решения данной задачи необходимы комплексный подход, тщательное предоперационное планирование и подготовка. Методы компенсации небольших по глубине и протяженности костных дефектов (1-го и 2-го типов по AORI) не представляют серьезных трудностей и хорошо отработаны, задача компенсации массивных дефектов (3-го типа) остается крайне сложной. До недавнего времени в арсенале хирурга имелись только костные структурные аллотрансплантаты, сохраняющие свою актуальность и демонстрирующие хорошие результаты до настоящего времени. В последние годы в качестве альтернативы появилась возможность использования втулок и конусов из пористого металла, которые также демонстрируют обнадеживающие среднесрочные результаты.

В обзоре представлены данные проведенных в последние годы исследований среднесрочных и отдаленных результатов хирургического лечения больных после ревизионного эндопротезирования коленного сустава с применением различных методов компенсации костных дефектов. Опыт клинического применения различных методик не доказал очевидного преимущества какой-либо из них, поэтому научные исследования в данном направлении продолжают оставаться актуальными.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование коленного сустава, костные дефекты, аллотрансплантат, втулки и конусы из пористого металла.

Эндопротезирование коленного сустава становится все более распространенным методом лечения широкого спектра заболеваний и последствий травм коленного сустава. С ростом количества операций первичного эндопротезирования неуклонно возрастает количество ревизионных вмешательств, и в настоящее время их доля достигает 6–8% от общего числа артропластик [1, 29, 45], а к 2030 г. прогнозируется рост абсолютного числа ревизий на 600% [38].

Ревизионное эндопротезирование коленного сустава, являясь более сложным оперативным вмешательством, ставит перед хирургом ряд задач как по общему ведению пациента, так и

в плане технических особенностей операции. Так, по данным зарубежных авторов, у 74% пациентов [24], а по наблюдениям РНИИТО им. Р.Р. Вредена, у 94% больных [4] в ходе ревизионного эндопротезирования коленного сустава имеет место дефицит костной массы, требующий компенсации и являющийся сложнейшей проблемой ревизионной артропластики коленного сустава на современном этапе.

Причиной формирования костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава являются остеолиты вокруг компонентов имплантата под воздействием продуктов износа полиэтиленового вкладыша,

Бовкис Г.Ю., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Компенсация дефектов метаэпифизов бедренной и большеберцовой костей при ревизионном эндопротезировании коленного сустава – способы и результаты их применения (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2016; 22(2):101-113.

Бовкис Геннадий Юрьевич. Ул. Ак. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427; e-mail: dr.Bovkis@mail.ru

Рукопись поступила: 27.04.2016; принята в печать: 22.05.2016

остеонекроз, миграция нестабильных компонентов, удаление компонентов вместе с костью, инфекционный процесс в области искусственного сустава [4, 55].

В клинической практике используют различные способы компенсации костных дефектов при ревизионном эндопротезировании, однако только систематизированный, взвешенный подход при выборе оптимального из них может привести к хорошим послеоперационным результатам [12, 14, 64].

Наличие и локализацию костных дефектов можно предположить на основе данных предоперационного рентгенологического и компьютерно-томографического обследований [30], однако истинные их характеристики могут быть определены только после удаления компонентов эндопротеза, цемента, рубцовых и некротических тканей; как правило, они превышают размеры, предполагавшиеся до операции [2].

В научной литературе и клинической практике используются различные классификации костных дефектов метаэпифизов бедренной и большеберцовой костей.

Наиболее простая классификация разработана Dogt в 1989 г.: не пытаясь дифференцировать протяжённость или локализацию дефектов, он разделил их на центральные и периферические, первичные и ревизионные [25].

Более детальная классификация, учитывающая симметричность, локализацию и протяжённость выявленных в ходе операции дефектов бедренной и большеберцовой костей, предложена J.A. Rand (1991). В соответствие с ней выделяют следующие виды костных дефектов:

– симметричные (при равномерном «проседании» компонентов) и асимметричные (при их угловой миграции);

– по локализации: центральные (интактный периферический кортикальный край) или периферические (нарушена целостность периферического кортикального края) для большеберцовой кости и дистальные, задние, передние или их комбинация – для бедренной кости;

– по протяжённости дефекты бывают четырёх типов:

• I – минимальные: менее 50% площади одного мыщелка, глубиной менее 5мм;

• II – умеренные: 50–70% площади одного мыщелка, глубиной 5–10мм,

• III – протяжённые: более 70% одного мыщелка, глубиной более 10мм,

• IV – массивные полостные с интактным периферическим краем (а) или его разрушением (б) [58].

T.W. Huff и T.P. Sculco [35] выделили 4 типа костных дефектов:

• кистозные – небольшие дефекты губчатой кости по линии соприкосновения «имплантат – кость»;

• эпифизарные – потеря кортикальной кости в эпифизарно-метафизарной зоне;

• полостные – обширные дефекты губчатой и кортикальной кости метафизов;

• сегментарные – объединяющие две предыдущие группы и характеризующиеся утратой значительной части бедренной или большеберцовой кости, иногда с местами прикрепления коллатеральных связок.

В клинической практике используют и другие классификации [9, 36].

Наиболее удобной и широко применяющейся для оценки костных дефектов, выбора способа их замещения и модели ревизионного эндопротеза является классификация, разработанная G.A. Engh в Anderson Orthopaedic Research Institute (США) (AORI) [25]. Автором использованы одинаковые критерии оценки дефектов бедренной и большеберцовой костей. Такие понятия, как дефицит кортикальной/губчатой кости, ограниченный/неограниченный, периферический/центральный дефект, не применяются, потому что они сочетаются в большинстве клинических наблюдений. Несостоятельность эндопротеза надколенника и другие нарушения бедренно-надколенного сочленения данная классификация также не учитывает [6].

В соответствии с классификацией AORI, выделяют три типа повреждения бедренной или большеберцовой кости:

Tun 1 – интактная кость (intact metaphyseal bone) – небольшие костные дефекты, обычно без повреждения кортикальной кости. Характеризуются относительно нормальной костной структурой и сохранностью губчатой и кортикальной кости метафиза, нормальным уровнем суставной линии. Обозначаются как F1 – для бедренной кости и T1 – для большеберцовой. На предоперационных рентгенограммах при типе 1 дефектов бедренной и большеберцовой костей определяется правильное расположение компонентов эндопротеза, нет признаков их миграции и остеолита кости, сохранён нормальный уровень суставной линии, метафизарный сегмент на фронтальных и сагиттальных рентгенограммах выглядит интактным [24]. При этом типе повреждения во время ревизионной операции сохранившаяся губчатая кость служит надёжной опорой для компонентов эндопротеза, модульные металлические блоки или клинья не используются. Дефекты устраняются путем выполнения освежающих опилов, либо заполняются костной алло- и аутокрешкой или костным цементом [29, 35, 42].

Выполнение повторных резекций бедренной и большеберцовой костей является наиболее простым способом компенсации мелких костных дефектов. Однако данный способ обладает рядом существенных ограничений и недостатков:

- чрезмерная резекция снижает механическую прочность костной ткани, так как последняя уменьшается по мере увеличения глубины резекции [32];

- выполнение повторных опилов приводит к уменьшению размеров имплантируемых компонентов, затрудняя восстановление нормальной анатомии сустава и натяжения параартикулярных мягких тканей;

- повторный опил одной из костей может привести к неконтролируемому изменению суставной линии, нарушению изометрии коллатеральных связок и развитию нестабильности колленного сустава при средних углах сгибания.

Так как определённое количество кости уже было удалено в ходе первичного эндопротезирования и удаления компонентов ревизиюемого имплантата, то при ревизионной артропластике рекомендуется производить только освежающие опиловы на 1–2 мм глубже сохранный кости.

Простым и распространённым способом компенсации костных дефектов типа 1 является пластика костным цементом с армированием или без армирования винтами. По мнению большинства авторов, она показана при дефектах менее 5–10 мм глубиной и занимающих до 50% площади одного из мыщелков [61]. К недостаткам пластики костным цементом относят возможность развития остеонекроза окружающей кости при значительном повышении её температуры во время полимеризации больших объёмов цемента. Также для цемента свойственна объёмная усадка около 2% после застывания, что может снизить прочность фиксации компонентов эндопротеза [15].

Небольшие локализованные дефекты и вскрывшиеся костные кисты оптимально заполнять костными ауто- или аллотрансплантатами. Основным преимуществом данного способа является восстановление объёма костной массы, что особенно важно для молодых пациентов [3, 42]. Трансплантаты легко моделировать по размерам и форме для полного соответствия материнскому ложу. Необходимо обеспечить плотный контакт между трансплантатом и ложем, надёжную фиксацию методом *press fit* или дополнительными фиксаторами и последующую осевую нагрузку трансплантата для его сращения и перестройки. Из недостатков костной пластики можно отметить потенциальный риск

переноса заболеваний от донора к реципиенту через аллотрансплантат, возможность его несращения или последующего коллапса с развитием нестабильности компонента эндопротеза [16].

Послеоперационные рентгенограммы после компенсации дефектов 1 типа и имплантации эндопротеза обычно демонстрируют полноценные костные сегменты и аналогичны рентгенограммам после первичного эндопротезирования [26].

Tun 2 – повреждённая кость (damaged metaphyseal bone) – характеризуется потерей губчатой и кортикальной костной массы метаармирования эпифизов, без восполнения которой невозможно создание надёжной опоры для компонентов ревизионного имплантата и восстановление анатомического уровня суставной линии. Места прикрепления коллатеральных связок чаще остаются интактными, поэтому возможна имплантация частично связанных моделей эндопротезов [51].

На предоперационных рентгенограммах при 2-м типе дефектов бедренной и большеберцовой костей определяются проседание и варусная или вальгусная миграция компонентов эндопротеза, очаги остеолита по краям компонентов ограничены склерозированной костью; данный тип наиболее характерен для асептического расшатывания эндопротеза [24].

Угловая миграция компонентов эндопротеза обычно приводит к дефекту одного из мыщелков, при этом он обозначается как F2A или T2A (кость противоположного мыщелка остаётся интактной). Подобные дефекты обычно наблюдаются при асептическом расшатывании эндопротезов без интрамедуллярных ножек, препятствующих варусному или вальгусному отклонению имплантата. Симметричная потеря костной массы и вовлечение обоих мыщелков или плато обозначаются как F2B и T2B дефекты [44, 57, 60].

В ходе ревизионной операции используют различные способы компенсации имеющихся дефектов. Костный цемент с армированием или без армирования винтами имеет ограниченное применение и используется при небольших дефектах, остающихся после выполнения необходимых резекций. Для компенсации ограниченных дефектов эффективно применение костной ауто- и аллокрошки (так называемых «костных чипсов»), а в случаях нарушения целостности кортикальной кости рекомендуют для восстановления и придания ей необходимой механической прочности использовать металлическую сетку с последующей импакцией крошки [3, 42].

Металлические модульные прямоугольные или клиновидные блоки получили наибольшее распространение при компенсации дефектов

типа 2 [53, 54, 56]. Биомеханические исследования продемонстрировали большую стабильность и равномерное распределение нагрузки на подлежащую кость при имплантации прямоугольных блоков в сравнении с клиновидными [27].

Большеберцовые блоки глубиной от 5 до 15 мм используют для компенсации дефектов латерального/медиального мыщелков или обоих мыщелков. С бедренным компонентом чаще имплантируют дистальные и задние блоки размером от 5 до 20 мм. Кроме компенсации дефицита кости они также определяют уровень суставной линии и ротационное положение бедренного компонента эндопротеза [53, 54].

Металлические блоки обеспечивают равномерное распределение нагрузки на подлежащую кость. В отличие от костных трансплантатов они не подвержены сминанию, поэтому допускают раннюю осевую нагрузку конечности без риска потери стабильности фиксации и миграции компонентов [15]. Основные недостатки: небольшое разнообразие форм и размеров блоков/клиньев, что ограничивает возможность их использования при обширных дефектах или требует дополнительной резекции кости; потенциальная опасность появления продуктов износа в следствии возможной микроподвижности в области фиксации аугмента к компоненту эндопротеза; возможность нарушения стабильности фиксации и миграции компонента при недостаточной прочности подлежащей кости [54]. В последних случаях для усиления стабильности фиксации и перераспределения нагрузки на диафиз кости используют интрамедуллярные ножки [3, 54].

При распространенных дефектах мыщелков типа 2 необходимо рассматривать возможность имплантации аллотрансплантатов или метафизарных конусов/втулок, которые чаще применяются при типе 3 дефектов.

Послеоперационные рентгенограммы при типе 2 дефектов демонстрируют наличие металлических конструкций или костных трансплантатов, реже цемента, использованных для достижения адекватной установки компонентов эндопротеза.

Тип 3 – дефицит кости (deficient metaphyseal segment) – характеризуется выраженной потерей губчатой и кортикальной костной массы метаэпифизов, без компенсации которой невозможно создание опоры для компонентов ревизионного имплантата и восстановление нормального уровня суставной линии. Дефекты чаще распространяются до надмыщелков и выше на бедренной кости или до бугристости и ниже на большеберцовой кости. Коллатеральные связки несостоятельны и требуют компенсации моделями эндопротезов с высокой степенью меха-

нической связанности между компонентами [8, 11].

На предоперационных рентгенограммах определяются значительная миграция компонентов эндопротеза и распространённый остеолит. При проксимальной миграции бедренного компонента, обусловленной обширной потерей костной ткани, дефект обозначается как F3, при миграции большеберцового компонента – T3 [24, 52]. В ходе предоперационного планирования достоверно определить объём потерянной костной массы удаётся далеко не всегда, зачастую зоны остеолита ограничены склерозированной костью [10, 39, 57].

Для компенсации дефектов типа 3 используют массивные аллотрансплантаты, метафизарные конусы/втулки, мегаэндопротезы онкологического типа с замещением метафизов и диафизов или индивидуально изготавливаемые эндопротезы; в ряде наблюдений ставят показания к артродезированию или ампутации конечности [5, 28, 41, 62].

Массивные аллотрансплантаты могут быть использованы как при дефектах одного, так и обоих мыщелков. L.D. Dorr с соавторами считают целесообразным использовать аллотрансплантаты в случае повреждения более 50% любого из мыщелков большеберцовой кости. Для таких видов пластики используют головку бедренной кости, кортикально-губчатые трансплантаты, реже – дистальный отдел бедренной или проксимальный отдел большеберцовой кости [18, 22]. В ходе операции стремятся максимально увеличить площадь контакта на границе «аллотрансплантат – костное ложе» и «аллотрансплантат – компонент эндопротеза», восстановить уровень суставной линии. Для увеличения стабильности фиксации компонентов эндопротеза и обеспечения частичной разгрузки аллотрансплантата на время его сращения с материнской костью и перестройки ревизионные компоненты имплантируют с длинными интрамедуллярными ножками [22, 56].

Преимущества использования массивных аллотрансплантатов заключаются в том, что происходит частичное биологическое восстановление костной ткани, трансплантат может быть моделирован по форме дефекта, в ходе операции удаётся восстановить суставную линию, стоимость аллотрансплантатов в сравнении с индивидуально изготавливаемыми или онкологическими протезами в нашей стране невысока [2]. Основными их недостатками являются вероятность переноса заболеваний (<1:1000000 ВИЧ) [16], несрастание с костью реципиента, поздний коллапс или резорбция трансплантата,

ведущие к нарушению стабильности фиксации компонентов [23].

По данным G.A. Engh и D.J. Ammeen, выживаемость трансплантатов без необходимости повторных ревизий через 5 лет составила около 90%, а через 10 лет – около 75%. Показаниями к ревизиям являлись асептическая нестабильность, несрастание трансплантата, инфекция, а также коллапс и резорбция аллотрансплантата [23].

Для компенсации обширных центральных или сегментарных дефектов метафизов бедренной и большеберцовой костей в клинической практике широко используют металлические модульные втулки и конусы. Обладая конической формой, втулки позволяют идеально заполнить центральные дефекты при сохранной периферической кости, а их пористое покрытие обеспечивает первичную стабильность компонента и последующую остеоинтеграцию с костью [19]. Конусы из трабекулярного металла обеспечивают стабильность и хорошее срастание с костью по периферической поверхности, а надежная фиксация компонентов эндопротеза к внутренней поверхности конуса осуществляется с помощью костного цемента [31, 47]. Для большей стабильности компонентов данные конструкции имплантируются с интрамедуллярными ножками [3].

Преимущества метафизарных втулок и конусов заключаются в технической простоте их использования, стабильной фиксации к кости за счет внешнего пористого покрытия, возможном remodelировании костного ложа подлежащего ступенчатой части втулки, допустимости ранней осевой нагрузки на конечность. Основные недостатки – это высокая стоимость и технические сложности удаления втулки при необходимости ревизии [31].

При обширных костных дефектах с деструкцией метаэпифизарных отделов альтернативой структурным аллотрансплантатам являются онкологические модульные или индивидуально изготавливаемые шарнирные и петлевые эндопротезы. Имплантация их позволяет восстановить длину конечности и движения в суставе, обеспечивает быструю реабилитацию и возможность ранней осевой нагрузки на конечность [20]. Основные недостатки указанных конструкций – их высокая стоимость и то, что при повторном вмешательстве возможно использование только аналогичной системы или ампутация конечности [5, 64].

Применение в клинической практике большого количества способов компенсации костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава убедительно свидетельствует о нерешённости данной про-

блемы и необходимости дальнейших научных разработок и клинических исследований и наблюдений. Используя тот или иной способ, необходимо учитывать его преимущества и недостатки, а также конкретные клинические и физические особенности каждого пациента [12, 13, 19, 20, 23, 25, 47].

В отечественной и зарубежной литературе отмечается стойкая тенденция к росту количества публикаций, отражающих результаты использования различных способов компенсации дефектов бедренной и большеберцовой костей при реэндопротезировании коленного сустава.

R.D. Ваuman с соавторами провели ретроспективную оценку результатов ревизионного эндопротезирования коленного сустава у 65 пациентов (70 суставов), которым для компенсации костных дефектов использовались структурные аллотрансплантаты. При сроке наблюдения более 5 лет 16 (22,8%) пациентам потребовались повторные вмешательства, показаниями к которым явились: разрушение аллотрансплантата – 8 (11,4%), миграция компонентов эндопротеза – 3 (4,3%), инфекционные осложнения – 5 (7,1%) пациентов. Функциональная оценка суставов, не потребовавших повторного вмешательства, по шкале KSS улучшилась с 49 баллов перед операцией до 87 после операции. Выживаемость эндопротезов через 5 лет составила 80,7% (доверительный интервал 95% 71,7–90,8), через 10 лет – 75,9% (доверительный интервал 95% 65,6–87,8). По мнению авторов исследования, использование структурных аллотрансплантатов при ревизионном эндопротезировании может рассматриваться как хороший технический метод компенсации крупных костных дефектов, однако высокий уровень осложнений оставляет место для поиска путей улучшения результатов, а возможно и более надежных альтернативных методов [12].

Австралийский ортопед David A.F. Morgan с соавторами в 2013 г. опубликовали результаты 30 ревизионных артропластик, в ходе которых для компенсации костных дефектов были использованы костные аллотрансплантаты: костная «крошка» – 21 (70,0%) наблюдение и структурные трансплантаты – 9 (30,0%) наблюдений. Выживаемость имплантатов без необходимости повторных вмешательств составила 93% через 5 лет и 57% через 10 лет. Необходимость в ревизионных операциях через 1 год, 6 и 8 лет из-за асептического расшатывания компонентов эндопротеза возникла у трёх пациентов, которым в ходе первой ревизии были имплантированы структурные аллотрансплантаты. Осложнения отмечены в

7 (23%) наблюдениях: поздняя инфекция области хирургического вмешательства – 3 (10,0%) случая; несращение трансплантата – 1 (3,3%); гематома, потребовавшая хирургической эвакуации – 1 (3,3%); разрыв сухожилия четырехглавой мышцы – 1 (3,3%); тромбоз глубоких вен нижних конечностей – 1 (3,3%) наблюдения [49].

Группой авторов из города Cardiff (Великобритания) были изучены среднесрочные результаты применения металлических втулок при ревизионном эндопротезировании коленного сустава у 103 пациентов (104 коленных сустава). Средняя продолжительность наблюдений составила 43 месяца (от 30 до 65 месяцев). У 102 пациентов отмечена хорошая остеоинтеграция без признаков нестабильности или миграции компонентов эндопротеза, более в области ножек имплантатов не было отмечено ни у одного больного, необходимость ревизионного вмешательства по поводу инфекционных осложнений возникла в двух наблюдениях [7].

C.L. Jensen с соавторами в 2014 г. оценили результаты 30 ревизионных эндопротезирований коленных суставов, в ходе которых для компенсации костных дефектов большеберцовой кости были использованы конусы из трабекулярного металла. При среднем сроке наблюдений 47 месяцев 4 (13%) пациентам потребовалась ревизия, показанием к которой явились: инфекционные осложнения – 2 (7%) случая, асептическое расшатывание и нестабильность сустава – по 1 (3%) наблюдению. Отмечено статистически значимое улучшение функциональных показателей оперированного коленного сустава по балльной шкале KS с 42 до 77 ($p < 0,0005$); по шкале FS с 19 до 63 ($p < 0,0005$) [37].

Английскими ортопедами изучены результаты ревизионного эндопротезирования коленного сустава у 26 пациентов с использованием 29 конусов из трабекулярного металла совместно с шарнирными эндопротезами с целью компенсации костных дефектов типов 2 и 3 по классификации AORI. При среднем сроке наблюдения 36 месяцев (от 24 до 49 месяцев) рентгенологических признаков нестабильности, проседания или миграции компонентов эндопротеза выявлено не было, на рентгенограммах через год после операции отмечены признаки хорошей остеоинтеграции конуса [59].

Группой авторов из ряда европейских стран (Германии, Швейцарии и Дании) [13] был проведен анализ работ, посвященных использо-

ванию аллотрансплантатов и металлических аугментов для компенсации костных дефектов, опубликованных в период с января 1980 по декабрь 2013 г. Поиск статей производился в двух наиболее распространенных мировых базах биомедицинской литературы: Medline и Embase. При проведении статистической обработки применялась модель логической регрессии для определения вероятности отрицательного исхода оперативного лечения с интервалом достоверности 95%. Также было произведено статистическое нивелирование неоднородности по сроку наблюдения и по количеству костных дефектов у каждого больного. Установленным критериям соответствовали 10 статей, посвященных изучению результатов использования металлических конусов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава, и 17 статей, посвященных использованию структурных аллотрансплантатов [13].

Металлические танталовые конусы были использованы в 254 наблюдениях в ходе 233 ревизионных тотальных эндопротезирований коленных суставов (в 31 случае для компенсации дефектов как бедренной так и большеберцовой костей; в 71 случае – только для бедренной; в 117 – только для большеберцовой кости). Средний срок наблюдения составил 33,6 месяца (2,8 года). Неудовлетворительным результатом считалось повторное хирургическое вмешательство. Нестабильность конуса обнаружена в 0,9% случаев (все бедренного компонента), нестабильность компонентов и/или перипротезные переломы – в 0,9%, инфекционные осложнения выявлены в 2,2% случаев (табл. 1).

Структурные аллотрансплантаты используются в клинической практике гораздо дольше, следовательно, сроки и количество наблюдений также существенно больше. Те же авторы проанализировали 476 ревизионных вмешательств, в ходе которых был имплантирован 551 аллотрансплантат (в 75 случаях структурные аллотрансплантаты использовались для компенсации дефектов как бедренной, так и большеберцовой костей; в 195 наблюдениях – только большеберцовой кости; в 132 – только бедренной кости; в 74 случаях локализация не была указана). Средний срок наблюдений составил 70,8 месяцев (5,9 лет). У данных пациентов доля неблагоприятных исходов вследствие нестабильности или переломов трансплантата составила 6,5%; в следствии нестабильности компонентов эндопротеза – 3,4%; по причине инфекционных осложнений – 5,5% (табл. 2).

Таблица 1

Результаты использования металлических модульных конструкций при ревизионном эндопротезировании коленного сустава по данным литературы

Первый автор	Год	Средний возраст	ТЭПКС	Количество конусов	Время наблюдения		Причины повторных вмешательств		
					среднее	разброс	нестабильность конуса	инфекция	нестабильность компонентов / перелом
Rao [59]	2013	72	26	29	36	(24–49)	0	0	0
Villanueva-Martinez [66]	2013	73.3	21	29	36	–	0	1	0
Derome [21]	2013	70	29	33	33	(13–73)	0	0	0
Schmitz [62]	2013	72	38	54	37	(32–48)	1	0	1
Panni [53]	2013	75	9	9	84	–	0	0	0
Lachiewicz[40]	2012	64,6	33	33	40	(24–68)	1	1	1
Howard [34]	2011	64	24	24	33	–	0	0	0
Meneghini [46]	2009	68,1	15	15	34	–	нет данных	0	0
Long [41]	2009	66,1	16	16	31	–	нет данных	2	0
Radnay [56]	2006		12	12	10,2	–	0	1	0

Таблица 2

Результаты использования костных аллотрансплантатов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава по данным литературы

Первый автор	Год	Средний возраст	ТЭПКС	Количество аллотрансплантатов	Время наблюдения		Причины повторных вмешательств		
					среднее	разброс	асептическое расшатывание или перелом аллотрансплантата	инфекция	несвязанное с аллотрансплантатом
Chun [18]	2013	68	27	38	107	(96–157)	0	1	0
Wang [67]	2013	69,7	30	38	76	(38–136)	0	0	0
Burnett [17]	2009	67,3	28	33	48	(24–96)	1	1	0
Lyll [43]	2009	59	15	15	65	(33–115)	1	1	0
Bauman[12]	2009	67,9	70	87	90	(60–178)	8	5	3
Engh [23]	2007	67	46	46	97	–	0	2	2
Bezwada [14]	2006	64	11	11	42	(36–48)	0	0	0
Backstein [8]	2006	73.4	61	68	65	(12–192)	6	4	3
Clatworthy [19]	2001	66	52	66	97,2	–	5	4	4
Engh 35	1997	70	30	33	50	(24–120)	0	1	1
Ghazavi [28]	1997	65.8	30	34	50	(24–132)	4	3	0
Mow [50]	1996	63	13	15	47	(30–101)	1	0	3

Первый автор	Год	Средний возраст	ТЭКС	Количество аллотрансплантатов	Время наблюдения		Причины повторных вмешательств		
					среднее	разброс	асептическое расшатывание или перелом аллотрансплантата	инфекция	несвязанное с аллотрансплантатом
Harris [33]	1995	67	14	14	43	(29–63)	0	1	0
Tsahakis [65]	1994	72	15	19	25	(12–48)	0	0	0
Stockley [63]	1992	69.4	12	12	50	(24–86)	2	3	0
Mnaymeh [48]	1990	67	10	10	40	(26–69)	2	1	0
Wilde [68]	1990	62	12	12	30	(25–51)	1	0	0

При сравнительном анализе для нивелирования разницы периодов наблюдений в различных исследованиях был использован метод логической регрессии. Таким образом, было изучено 805 клинических случаев (металлических конусов из трабекулярного металла и аллотрансплантатов). Наиболее частой причиной повторных ревизий явилось асептическое расшатывание компонентов: 33 наблюдения (2 – металлических конусов, 31 – аллотрансплантатов). Следовательно, неблагоприятные исходы применения конусов из трабекулярного металла отмечены в 0,3% наблюдений (доверительный интервал 0,1–0,7%), а аллотрансплантатов – в 1% (доверительный интервал 0,6–1,6%). Соотношение шансов неблагоприятных исходов (Odds Ratio) при асептическом расшатывании 0,263 (доверительный интервал 0,085–0,816 $p = 0,021$) предполагает преимущество использования конусов над аллотрансплантатами.

Инфекционные осложнения возникли в 31 наблюдении: 5 – при использовании конусов из трабекулярного металла и 26 – при использовании структурных аллотрансплантатов. Доля неблагоприятных исходов для конусов – 0,7% (доверительный интервал 0,2–1,8%), для аллотрансплантатов – 0,8% (доверительный интервал 0,6–1,2%). Значимого различия исходов не выявлено.

Анализ общего числа повторных ревизионных вмешательств также не выявил достоверной статистической разницы, хотя и наблюдалась тенденция к снижению доли повторных ревизий в группе, где были использованы конусы из трабекулярного металла.

Заключение

Изложенный материал убедительно свидетельствует о научной и практической важности определения оптимального способа компенсации костных дефектов в зависимости от их характеристик. Многолетний опыт клинического применения различных методик не доказал очевидного преимущества какой-либо из них, поэтому научные исследования в данном направлении продолжают оставаться актуальными.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература

1. Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Филь А.С., Муравьева Ю.В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им Р.Р. Вредена за 2011–2013 годы. *Травматология и ортопедия России*. 2015; 1(75): 136–151.
2. Куляба Т.А. Ревизионная артропластика коленного сустава. [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2012. 46 с.
3. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Румакин В.П., Бовкис Г.Ю., Сараев А.В. Принципы восполнения костных дефектов при реэндопротезировании коленного сустава. В кн.: Ревизионная артропластика коленного сустава. СПб.: РНИИТО им. Вредена; 2016. с. 123–139.
4. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Селин А.В., Разорёнов В.Л., Кройтору И.И., Петухов А.И., Каземирский А.В., Засульский Ф.Ю., Игнатенко В.Л., Сараев А.В. Способы компенсации костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2011; (61):5–12.

5. Мурылев В., Холодаев М., Елизаров П., Рубин Г., Музыченков А. Опыт применения в травматологии онкопротезов коленного сустава при обширных околосуставных костных дефектах. *Врач*. 2015; 1:64-68.
6. Новосёлов К.А., Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба. Травматология и ортопедия. руководство для врачей. Повреждения и заболевания коленного сустава. Гиппократ: СПб.; 2006. Т. 3, гл. 5. с. 213-438.
7. Agarwal S., Azam A., Morgan-Jones R. Metal metaphyseal sleeves in revision total knee replacement. *Bone & Joint J Br*. 2013; 95(12):1640-1644.
8. Backstein D., Safir O., Gross A. et al. Management of bone loss: structural grafts in revision total joint replacement. *Clin Orthop*. 2006; 446:104-112.
9. Bargar W.L., Gross T.P. A classification of bone defects in revision total knee arthroplasty, Revision total knee arthroplasty. Lippincott-Raven, Philadelphia. 1992. 68 p.
10. Barrack R.L. Evolution of the rotation hinge for complex total knee arthroplasty. *Clin Orthop*. 2001; 392:292-299.
11. Barrack R.L., Lyons T.R., Ingraham R.Q. et al. The use of a modular rotating hinge component in salvage revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2000; 15:858-866.
12. Bauman R.D., Lewallen D.G., Hanssen A.D. Limitations of structural allograft in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(3):818-24.
13. Beckmann N.A., Mueller S., Gondan M., Jaeger S., Reiner T., Bitsch R.G. Treatment of severe bone defects during revision total knee arthroplasty with structural allografts and porous metal cones – a systematic review. *J Arthroplasty*. 2015; 30(2):249-253.
14. Bezwada HP, Shah AR, Zambito K, Cerynik DL, Johanson NA. Distal femoral allograft reconstruction for massive osteolytic bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2006; 21(2):242-248.
15. Brooks P.J., Walker P.S., Scott R.D. Tibial component fixation in deficient tibial bone stock. *Clin Orthop Relat Res*. 1984; 184:302-308.
16. 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; 240:129-136.
17. Burnett R.S., Keeney J.A., Maloney W.J., Clohisy J.C. Revision total knee arthroplasty for major osteolysis. *Iowa Orthop J*. 2009; 29:28-37.
18. Chun C.H., Kim J.W., Kim S.H., Kim B.G., Chun K.C., Kim K.M. Clinical and radiological results of femoral head structural allograft for severe bone defects in revision TKA - A minimum 8-year follow-up. *Knee*. 2014; 21(2): 420-3.
19. Clatworthy M.G., Ballance J., Brick G.W., Chandler H.P., Gross A.E. The use of structural allograft for uncontained defects in revision total knee arthroplasty. A minimum five-year review. *J Bone Joint Surg Am*. 2001; 83(3):404-411.
20. Daines B.K., Dennis D.A. Management of Bone Defects in Revision Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94 (12):1131-1139.
21. Derome P., Sternheim A., Backstein D., Malo M. Treatment of large bone defects with trabecular metal cones in revision total knee arthroplasty: short term clinical and radiographic outcomes. *J Arthroplasty*. 2014; 28-9:1556-60.
22. Dorr L.D., Ranawat C.S., Sculco T.A. et al. Bone graft for tibial defects in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; 205:153-165.
23. Engh G.A., Ammeen D.J. Use of structural allograft in revision total knee arthroplasty in knees with severe tibial bone loss. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89(12):2640-2647.
24. Engh G.A., Ammeen D.J. Classification and preoperative radiographic evaluation: knee. *Orthop Clin North Am*. 1988; 29:205-217.
25. Engh G.A., Rorabeck C.H. Revision total knee arthroplasty. Lippincott-Raven Philadelphia; 1997. 459 p.
26. Ewald, F.C. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop*. 1989; 248:9-12.
27. Fehring T.K., Peindl R.D., Humble R.S. et al. Modular tibial augmentations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1996; 327:207-217.
28. Ghazavi M.T., Stockley I., Yee G., Davis A., Gross A.E. Reconstruction of massive bone defects with allograft in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1997; 79(1):17-25.
29. Gioe T.J., Killeen K.K., Grimm K. Why are total knee replacements revised? Analysis of early revision in a community knee implant registry. *Clin Orthop*. 2004; 428:100-106.
30. Gonzalez M.H., Mekhail A.O. The failed total knee arthroplasty: evaluation and etiology. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004; 12:436-446.
31. Haidukewych G.J., Hanssen A., Jones R.D. Metaphyseal fixation in revision total knee arthroplasty: indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011; 19:311-318.
32. Harada Y., Wevers H.W., Cooke T.D. Distribution of bone strength in the proximal tibia. *J Arthroplasty*. 1988; 3:167-175.
33. Harris A.I., Poddar S., Gitelis S., Sheinkop M.B., Rosenberg A.G. Arthroplasty with a composite of an allograft and a prosthesis for knees with severe deficiency of bone. *J Bone Joint Surg Am*. 1995; 77(3):373-86.
34. Howard J.L., Kudera J., Lewallen D.G., Hanssen A.D. Early results of the use of tantalum femoral cones for revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(5):478-84.
35. Huff T.W., Sculco T.P. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007; 22 (3):32-36.
36. Insall J., Scott W. Surgery of the knee. Churchill Livingstone, N.Y.; 2001. 2028 p.
37. Jensen C.L., Winther N., Schröder H.M., Petersen M.M. Outcome of revision total knee arthroplasty with the use of trabecular metal cone for reconstruction of severe bone loss at the proximal tibia. *Knee*. 2013; 21(6):1233-1237.
38. Kurtz S., Ong K., Lau E., Mowat F., Halpern M. Projections of primary and revision knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89(4):780-785.
39. Lachiewicz P.F., Falatyn S.P. Clinical and radiographic results of total condylar III and constrained condylar total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1996; 11:916-922.
40. Lachiewicz P.F., Bolognesi M.P., Henderson R.A., Soileau E.S., Vail T.P. Can tantalum cones provide fixation in complex revision knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 70(1):199-204.
41. Long W.J., Scuderi G.R. Porous tantalum cones for large metaphyseal tibial defects in revision total knee arthroplasty: a minimum 2-year follow-up. *J Arthroplasty*. 2009; 24(7):1086-1092.
42. Lotke P.A., Carolan G.F., Puri N. Impaction grafting for bone defects in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2006; 446:99-103.
43. Lyall H.S., Sanghrajka A., Scott G. Severe tibial bone loss in revision total knee replacement managed with structural femoral head allograft: a prospective case series from the Royal London Hospital. *Knee*. 2009; 16(5):326-331.
44. Mabry T.M., Hanssen A.D. The role of stems and augments for bone loss in revision knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007; 22(1):56-60.

45. Mahomed N.N., Barret J., Katz J.N., Baron J.A., Wright J., Losina E. Epidemiology of total knee replacement in the United States Medicare population. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87(6):1222-1228.
46. Meneghini R.M., Lewallen D.G., Hanssen A.D. Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91(Suppl 2, Pt 1): 131-138.
47. Meneghini R.M., Lewallen D.G., Hanssen A.D. Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2008; 90:78-84.
48. Mnaymneh W., Emerson R.H., Borja F., Head W.C., Malinin T.I. Massive allografts in salvage revisions of failed total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; 260: 144-153.
49. Morgan D.F., Franke K.F., Nussem I., Gamboa G. Outcome of revision total knee arthroplasty with bone allograft in 30 cases. *Acta Orthop Belg.* 2013; 79(4):427-434.
50. Mow C.S., Wiedel J.D. Structural allografting in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1996; 11(3): 235-41.
51. Munjal S., Philips M.J., Krakow K.A. Revision total knee arthroplasty: planning, controversies and management-infection. *Instr Course Lect.* 2001; 50:367-377.
52. Nelson C.L., Gioe T.G., Cheng E.Y., Thompson Jr. R.C. Implant selection in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85:43-51.
53. Panni A.S., Vasso M., Cerciello S. Modular augmentation in revision total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013; 21(12):2837-2843.
54. Patel J.V., Masonis J.L., Guerin J. et al. The fate of augments to treat type-2 bone defects in revision knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86:195-199.
55. Qiu Y.Y., Yan C.H., Chiu K.Y., Ng F.Y. Treatment for bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2012; 20(1):78-86.
56. Radnay C.S., Scuderi G.R. Management of bone loss: augments, cones, offset stems. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 446:83-92.
57. Rand J.A., Ries M.D., Landis G.H., Rosenberg A.G. Intraoperative assessment in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 2003; 85:26-37.
58. Rand J.A. Bone deficiency in total knee arthroplasty. Use of metal wedge augmentation. *Clin Orthop.* 1991; 271:63-71.
59. Rao B.M., Kamal T.T., Vafaye J., Moss M. Tantalum cones for major osteolysis in revision knee replacement. *Bone Joint J Br.* 2013; 95(8):1069-1074.
60. Rise M., Haas S., Windsor R. Soft-tissue balance in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85(Suppl 1):38-42.
61. Ritter M.A., Keating E.M., Faris P.M. Screw and cement fixation of large defects in total knee arthroplasty: a sequel. *J Arthroplasty.* 1992; 8:63-65.
62. Schmitz H.C., Klauser W., Citak M., Al-Khateeb H., Gehrke T., Kendoff D. Three-year follow up utilizing tantalum cones in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2013; 28(9):1556-1560.
63. Stockley I., McAuley J.P., Gross A.E. Allograft reconstruction in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1992; 74(3):393-397.
64. Taylor M., Wood G. Revision Total Hip and Total Knee Arthroplasty for Massive Bone Loss and Periprosthetic Fracture Using a Total Femur Prosthesis: A Case Report. *Orthop Muscul Syst.* 2014; 3:179.
65. Tsahakis P.J., Beaver W.B., Brick G.W. Technique and results of allograft reconstruction in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; 303:86-94.
66. Villanueva-Martinez M., De la Torre-Escudero B., Rojo-Manaute J.M., Rios-Luna A., Chana-Rodriguez F. Tantalum cones in revision total knee arthroplasty. A promising short-term result with 29 cones in 21 patients. *J Arthroplasty.* 2013; 28(6):988-993.
67. Wang J.W., Hsu C.H., Huang C.C., Lin P.C., Chen W.S. Reconstruction using femoral head allograft in revision total knee replacement: an experience in Asian patients. *Bone Joint J.* 2012; 95 (B-5):643-648.
68. Wilde A.H., Schickendantz M.S., Stulberg B.N., Go R.T. The incorporation of tibial allografts in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72(6): 815-824.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бовкис Геннадий Юрьевич – лаборант-исследователь отделения патологии коленного сустава ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

Куляба Тарас Андреевич – д-р мед. наук, руководитель отделения патологии коленного сустава ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

Корнилов Николай Николаевич – д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; доцент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России

MANAGEMENT OF FEMUR AND TIBIA METAPHYSEAL BONE DEFECTS DURING REVISION KNEE ARTHROPLASTY – METHODS AND OUTCOMES (review)

G.Y. Bovkis¹, T.A. Kulyaba¹, N.N.Kornilov^{1,2}

¹ Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, ul. Ak. Baykova, 8, St. Petersburg, Russia, 195427

² Mechnikov North Western State Medical University, Kirochnaya ul., 41, St. Petersburg, Russia, 191015

Abstract

Total knee arthroplasty (TKA) is becoming an increasingly common treatment for a wide variety of diseases, as well as treatment for consequences from knee injury. The number of primary joint replacement operations have been steadily climbing. As a result, the number of revision procedures have also grown, accounting for 6–8% of arthroplasties. The problem of bone defects compensation remains one of the greatest challenges faced by the surgeon during revision TKA and usually requires a comprehensive approach, careful preoperative planning and preparation. The compensation of small, in depth and extent, bone defects (AORI Type I and II) does not present serious difficulties and their methods are well developed. Whereas the compensation of massive defects (Type 3) is extremely difficult. Until recently, structural allografts were the only method available to surgeons and still remain relevant and demonstrate good results. In recent years, as an alternative, it has become possible to use sleeves and cones made of porous metal, which are also showing very promising mid-term results.

This review demonstrates the results from recent studies of mid-term and long-term outcomes of revision TKA, in which different methods of bone defect compensation were used. The clinical evidence did not demonstrate any obvious advantage of using one method over another, therefore, research in this area continues to remain relevant.

Keywords: revision knee arthroplasty (TKA), bone defects, allograft, porous metal sleeves and cones.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

References

- Kornilov NN, Kulyaba TA, Fil' AS, Muravyeva YuV. [Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011–2013]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2015; (1):136-151. (in Rus.)
- Kulyaba TA. Revisionnaya artroplastika kolennogo sustava [Revision total knee arthroplasty] [avtoref. dis. ... d-ra med. nauk]. SPb.; 2012. 46 p. (in Rus.)
- Kulyaba TA, Kornilov NN, Rumakin VP, Bovkis GYu, Sarayev AV. The principles of bone defects building in revision knee arthroplasty. In: Revisionnaya artroplastika kolennogo sustava [Revision total knee arthroplasty]. SPb.; 2016. p. 123-139. (in Rus.)
- Kulyaba TA, Kornilov NN, Selin AV, Rasorenov VL, Kroitoru I.I., Petukhov A.I., Kazemirskiy A.V., Zasluskiy FY, Ignatenko VL, Saraev AV. Sposoby kompensatsii kostnykh defektov pri revisionnom endoprotezirovanii kolennogo sustava [Ways of bone defects compensation during revision total knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2011 (3):5-12. (in Rus.)
- Murylev V, Kholodaev M, Rukin Ya, Rubin G, Muzychenkov A. [Knee joint oncological prostheses in traumatology for extensive juxta-articular bone defects]. *Vrach* [Physician]. 2015 (1): 64-68. (in Rus.)
- Novoselov KA, Kornilov NN, Kuliaba TA. Povrezhdeniya i zabolevaniya kolennogo sustava [Injuries and diseases of knee joint]. Spb.: Gippokrat; 2006. Vol. 3, ch 5. p. 213-438.
- Agarwal S, Azam A, Morgan-Jones R. Metal metaphyseal sleeves in revision total knee replacement. *Bone & Joint J* 2013; 95(12):1640-1644. (in Rus.)
- Backstein D, Safir O, Gross A et al. Management of bone loss: structural grafts in revision total joint replacement. *Clin Orthop*. 2006; 446:104-112.
- Bargar WL, Gross TP. A classification of bone defects in revision total knee arthroplasty, Revision total knee arthroplasty. Lippincott-Raven, Philadelphia. 1992. 68 p.
- Barrack RL. Evolution of the rotation hinge for complex total knee arthroplasty. *Clin Orthop*. 2001; 392:292-299.
- Barrack RL, Lyons TR, Ingraham RQ et al. The use of a modular rotating hinge component in salvage revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2000; 15: 858-866.
- Bauman RD, Lewallen DG, Hanssen AD. Limitations of structural allograft in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(3):818-24.
- Beckmann NA, Mueller S, Gondan M, Jaeger S, Reiner T, Bitsch RG. Treatment of severe bone defects during revision total knee arthroplasty with structural allografts

 **Cite as:** Bovkis GY, Kulyaba TA, Kornilov NN. [Management of femur and tibia metaphyseal bone defects during revision knee arthroplasty – methods and outcomes (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2016; 22(2): 101-113. (in Rus.)

 Bovkis Gennady Y. Ul. Ak. Baykova, 8, St. Petersburg, Russia, 195427; e-mail: dr.Bovkis@mail.ru

 Received: 27.04.2016; Accepted for publication: 22.05.2016

- and porous metal cones – a systematic review. *J Arthroplasty*. 2015; 30(2):249-253.
14. Bezwada HP, Shah AR, Zambito K, Cerynik DL, Johanson NA. Distal femoral allograft reconstruction for massive osteolytic bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2006; 21(2):242-248.
 15. Brooks PJ, Walker PS, Scott RD. Tibial component fixation in deficient tibial bone stock. *Clin Orthop Relat Res*. 1984; 184:302-308.
 16. Buck BE, Malinin TI, Brown MD. Bone transplantation and human immunodeficiency virus: an estimate of risk of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). *Clin Orthop Relat Res*. 1989; 240:129-136.
 17. Burnett RS, Keeney JA, Maloney WJ, Clohisey JC. Revision total knee arthroplasty for major osteolysis. *Iowa Orthop J*. 2009; 29:28-37.
 18. Chun CH, Kim JW, Kim SH, Kim BG, Chun KC, Kim KM. Clinical and radiological results of femoral head structural allograft for severe bone defects in revision TKA - A minimum 8-year follow-up. *Knee*. 2014; 21(2):420-3.
 19. Clatworthy MG, Ballance J, Brick GW, Chandler HP, Gross AE. The use of structural allograft for uncontained defects in revision total knee arthroplasty. A minimum five-year review. *J Bone Joint Surg Am*. 2001; 83(3):404-411.
 20. Daines BK, Dennis DA. Management of Bone Defects in Revision Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94(12):1131-1139.
 21. Derome P, Sternheim A, Backstein D, Malo M. Treatment of large bone defects with trabecular metal cones in revision total knee arthroplasty: short term clinical and radiographic outcomes. *J Arthroplasty*. 2014; 28-9: 1556-60.
 22. Dorr LD, Ranawat CS, Sculco TA et al. Bone graft for tibial defects in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; 205:153-165.
 23. Engh GA, Ammeen DJ. Use of structural allograft in revision total knee arthroplasty in knees with severe tibial bone loss. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89(12):2640-2647.
 24. Engh GA, Ammeen DJ. Classification and preoperative radiographic evaluation: knee. *Orthop Clin North Am*. 1988; 29:205-217.
 25. Engh GA, Rorabeck CH. Revision total knee arthroplasty. Lippincott-Raven Philadelphia; 1997. 459 p.
 26. Ewald, FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop*. 1989; 248:9-12.
 27. Fehring TK, Peindl RD, Humble RS et al. Modular tibial augmentations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1996; 327:207-217.
 28. Ghazavi MT, Stockley I, Yee G, Davis A, Gross AE. Reconstruction of massive bone defects with allograft in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1997; 79(1):17-25.
 29. Goe TJ, Killeen KK, Grimm K. Why are total knee replacements revised? Analysis of early revision in a community knee implant registry. *Clin Orthop*. 2004; 428:100-106.
 30. Gonzalez MH, Mekhail AO. The failed total knee arthroplasty: evaluation and etiology. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004; 12:436-446.
 31. Haidukewych GJ, Hanssen A, Jones RD. Metaphyseal fixation in revision total knee arthroplasty: indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg*. 2011; 19:311-318.
 32. Harada Y, Wevers HW, Cooke TD. Distribution of bone strength in the proximal tibia. *J Arthroplasty*. 1988; 3:167-175.
 33. Harris AI, Poddar S, Gitelis S, Sheinkop MB, Rosenberg AG. Arthroplasty with a composite of an allograft and a prosthesis for knees with severe deficiency of bone. *J Bone Joint Surg Am*. 1995; 77(3):373-86.
 34. Howard JL, Kudera J, Lewallen DG, Hanssen AD. Early results of the use of tantalum femoral cones for revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(5):478-84.
 35. Huff TW, Sculco TP. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007; 22(3):32-36.
 36. Insall J. Scott W. Surgery of the knee. Churchill Livingstone, N.Y.; 2001. 2028 p.
 37. Jensen CL, Winther N, Schröder HM, Petersen MM. Outcome of revision total knee arthroplasty with the use of trabecular metal cone for reconstruction of severe bone loss at the proximal tibia. *Knee*. 2013; 21(6):1233-1237.
 38. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89(4):780-785.
 39. Lachiewicz PF, Falatyn SP. Clinical and radiographic results of total condylar III and constrained condylar total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1996; 11:916-922.
 40. Lachiewicz PF, Bolognesi MP, Henderson RA, Soileau ES, Vail TP. Can tantalum cones provide fixation in complex revision knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 70(1):199-204.
 41. Long WJ, Scuderi GR. Porous tantalum cones for large metaphyseal tibial defects in revision total knee arthroplasty: a minimum 2-year follow-up. *J Arthroplasty*. 2009; 24(7):1086-1092.
 42. Lotke PA, Carolan GF, Puri N. Impaction grafting for bone defects in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2006; 446:99-103.
 43. Lyall HS, Sanghrajka A, Scott G. Severe tibial bone loss in revision total knee replacement managed with structural femoral head allograft: a prospective case series from the Royal London Hospital. *Knee*. 2009; 16(5): 326-331.
 44. Mabry TM, Hanssen AD. The role of stems and augments for bone loss in revision knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2007; 22(1):56-60.
 45. Mahomed NN, Barret J, Katz JN, Baron JA, Wright J, Losina E. Epidemiology of total knee replacement in the United States Medicare population. *J Bone Joint Surg Am*. 2005; 87(6):1222-1228.
 46. Meneghini RM, Lewallen DG, Hanssen AD. Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91(Suppl 2, Pt 1):131-138.
 47. Meneghini RM, Lewallen DG, Hanssen AD. Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am*. 2008; 90:78-84.
 48. Mnaymneh W, Emerson RH, Borja F, Head WC, Malinin TI. Massive allografts in salvage revisions of failed total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res*. 1990; 260:144-153.
 49. Morgan DF, Franke KF, Nusem I, Gamboa G. Outcome of revision total knee arthroplasty with bone allograft in 30 cases. *Acta Orthop Belg*. 2013; 79(4):427-434.
 50. Mow CS, Wiedel JD. Structural allografting in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 1996; 11(3):235-41.
 51. Munjal S, Philips MJ, Krakow KA. Revision total knee arthroplasty: planning, controversies and management-infection. *Instr Course Lect*. 2001; 50:367-377.

52. Nelson CL, Gioe TG, Cheng EY, Thompson Jr RC. Implant selection in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85:43-51.
53. Panni AS, Vasso M, Cerciello S. Modular augmentation in revision total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013; 21(12):2837-2843.
54. Patel JV, Masonis JL, Guerin J et al. The fate of augments to treat type-2 bone defects in revision knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86:195-199.
55. Qiu YY, Yan CH, Chiu KY, Ng FY. Treatment for bone loss in revision total knee arthroplasty. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2012; 20(1):78-86.
56. Radnay CS, Scuderi GR. Management of bone loss: augments, cones, offset stems. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 446:83-92.
57. Rand JA, Ries MD, Landis GH, Rosenberg AG. Intraoperative assessment in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 2003; 85:26-37.
58. Rand JA. Bone deficiency in total knee arthroplasty. Use of metal wedge augmentation. *Clin Orthop.* 1991; 271:63-71.
59. Rao BM, Kamal TT, Vafaye J, Moss M. Tantalum cones for major osteolysis in revision knee replacement. *Bone Joint J Br.* 2013; 95(8):1069-1074.
60. Rise M, Haas S, Windsor R. Soft-tissue balance in revision total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85(Suppl 1):38-42.
61. Ritter MA, Keating EM, Faris PM. Screw and cement fixation of large defects in total knee arthroplasty: a sequel. *J Arthroplasty.* 1992; 8:63-65.
62. Schmitz HC, Klauser W, Citak M, Al-Khateeb H, Gehrke T, Kendoff D. Three-year follow up utilizing tantalum cones in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2013; 28(9):1556-1560.
63. Stockley I, McAuley JP, Gross AE. Allograft reconstruction in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1992; 74(3):393-397.
64. Taylor M, Wood G. Revision Total Hip and Total Knee Arthroplasty for Massive Bone Loss and Periprosthetic Fracture Using a Total Femur Prosthesis: A Case Report. *Orthop Muscul Syst.* 2014; 3:179.
65. Tsahakis PJ, Beaver WB, Brick GW. Technique and results of allograft reconstruction in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; 303: 86-94.
66. Villanueva-Martinez M, De la Torre-Escudero B, Rojo-Manaute JM, Rios-Luna A, Chana-Rodriguez F. Tantalum cones in revision total knee arthroplasty. A promising short-term result with 29 cones in 21 patients. *J Arthroplasty.* 2013; 28(6):988-993.
67. Wang JW, Hsu CH, Huang CC, Lin PC, Chen WS. Reconstruction using femoral head allograft in revision total knee replacement: an experience in Asian patients. *Bone Joint J Br.* 2012; 95 (5): 643-648.
68. Wilde AH, Schickendantz MS, Stulberg BN, Go RT. The incorporation of tibial allografts in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72(6): 815-824.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Bovkis Gennady Y. – researcher of knee pathology department of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics

Kulyaba Taras A. – head of knee pathology department of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics

Kornilov Nikolai N. – professor of chair of traumatology and orthopaedics of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, associate professor of department of traumatology and orthopaedics of Mechnikov North Western State Medical University