

Методика двойных трабекулярных танталовых конусов как альтернатива аддитивным технологиям при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (серия клинических наблюдений)

Т.А. Куляба¹, Н.Н. Корнилов^{1,2}, А.В. Каземирский¹, Г.Ю. Бовкис¹, Д.В. Стафеев¹, А.А. Черный¹, И.И. Кройтору¹, А.И. Петухов¹

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

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Для компенсации обширных костных дефектов III типа по классификации AORI используют металлические конусы/втулки или массивные аллотрансплантаты, а при отсутствующих метаэпифизах — структурные аллотрансплантаты или мегапротезы, применяемые при опухолевых поражениях костей. **Цель исследования** — показать возможность замещения обширных дефектов III типа бедренной и большеберцовой костей, охватывающих метафизарную и диафизарную зоны, с использованием техники двойных танталовых конусов. **Материал и методы.** В исследование вошли 13 пациентов, которым с 2015 по 2019 г. выполнялось ревизионное эндопротезирование коленного сустава (РЭКС). В ходе операции основная фиксация бедренного или большеберцового компонента достигалась за счет тугой посадки диафизарного конуса, в то время как дополнительная — за счет цементирования метафизарного конуса к диафизарному с расчетом на дальнейшую остеоинтеграцию конусов с оставшейся костью метадиафизарной зоны. Фиксация компонента к конусам и кости осуществлялась с помощью костного цемента. **Результаты.** Непосредственные исходы применения этой техники при РЭКС оценены у всех пациентов. Результаты оценены как хорошие — достигнута первичная стабильная фиксация и корректная имплантация компонентов эндопротеза, восстановлена опороспособность конечности и функция коленного сустава, осложнений в ближайшем послеоперационном периоде не было. У одной пациентки через год развился рецидив инфекции в области коленного сустава, потребовавший удаления эндопротеза, санации сустава и выполнения артрореза. Функциональные и рентгенологические результаты через год после операции изучены у 4 больных. При оценке функциональных результатов по шкале KSS средняя сумма баллов составила 81 (хорошо), по шкале WOMAC — 25 баллов (хорошо). На контрольных рентгенограммах положение компонентов оставалось правильным, стабильным, наступила остеоинтеграция конусов в метафизарной и диафизарной зонах бедренной и большеберцовой костей. У остальных 8 пациентов после операции прошло менее года, они находятся под динамическим амбулаторным наблюдением. **Заключение.** Применение двойных танталовых конусов является надежным способом реконструкции протяженных метадиафизарных дефектов при РЭКС в ближнесрочной перспективе и может рассматриваться как альтернатива мегапротезам, структурным аллотрансплантатам и индивидуально изготовленным конусам.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование коленного сустава, компенсация костных дефектов, танталовые конусы.

Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Каземирский А.В., Бовкис Г.Ю., Стафеев Д.В., Черный А.А., Кройтору И.И., Петухов А.И. Методика двойных трабекулярных танталовых конусов как альтернатива аддитивным технологиям при ревизионном эндопротезировании коленного сустава (серия клинических наблюдений). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(2):148-159. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-148-159.

Cite as: Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Kazemirskiy A.V., Bovkis G.Yu., Stafeyev D.V., Cherny A.A., Croitoru I.I., Petukhov A.I. [Double Trabecular Tantalum Cones as an Alternative to Additive Technologies for Revision Knee Arthroplasty (A Case Series)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2020;26(2): 148-159. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-2-148-159.

✉ Бовкис Геннадий Юрьевич / Gennady Yu. Bovkis; e-mail: dr.bovkis@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 16.03.2020. Принята в печать/Accepted for publication: 23.04.2020.

Double Trabecular Tantalum Cones as an Alternative to Additive Technologies for Revision Knee Arthroplasty (A Case Series)

T.A. Kulyaba¹, N.N. Kornilov^{1,2}, A.V. Kazemirskiy¹, G.Yu. Bovkis¹, D.V. Stafeev¹, A.A. Cherny¹, I.I. Croitoru¹, A.I. Petukhov¹

¹ Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

² Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

Relevance. To compensate the extensive (AORI type III) bone defects, metal cones/ sleeves or massive allografts are used. In the absence of metaepiphyses, structural allografts or megaprotheses are usually used for tumor lesions of the bones. The aim of the study was to show the possibility of replacing extensive type III defects of the femur and tibia, covering the metaphyseal and diaphyseal zones, with double tantalum cones. **Materials and Methods.** The study included 13 patients undergone revision knee arthroplasty in 2015–2019. During the surgery, the primary fixation of the femoral or tibial component was achieved by the tight fit diaphyseal cone placement. The additional fixation is carried out by cementing of the metaphyseal cone to the diaphyseal cone and the further osseointegration with the remaining bone of the metadiaphyseal zone. Fixation of the endoprosthesis component to the cones and to the bone is achieved by use of the bone cement. **Results.** The short-term outcomes of this technique in revision knee arthroplasty were evaluated in all patients. The results were evaluated as good if the primary stable fixation and the correct endoprosthesis components placement were achieved, the limb support ability and the knee function were restored, and there were no complications in the immediate postoperative period. In a year, one patient developed a relapse of infection in the operated knee. The endoprosthesis was removed and followed by knee arthrodesis after sanitation of the infection focus. Functional and radiological results one year after surgery were studied in 4 patients. The average functional scores were: by KSS 81 (good) and by WOMAC — 25 points (also good). On the control radiographs, the position of the components remained correct and stable with osseointegration of the cones in the metaphyseal and diaphyseal areas of the femur and tibia. In the remaining 8 patients, the time after surgery was less than a year. Their follow-up yet continued. **Conclusion.** Thus, the tantalum cones technique is a reliable way to reconstruct extended metadiaphyseal defects in revision knee arthroplasty in the short-term prospect. The method can be considered as an alternative to megaprotheses, structural allografts, and individually made cones. But the long-term results of its application are still requiring further study.

Keywords: revision knee arthroplasty, bone defects compensation, tantalum cones.

Введение

Количество операций первичного эндопротезирования коленного сустава (КС) в мире ежегодно возрастает на 6% независимо от экономической ситуации [1]. Одновременно неуклонно растет число ревизионных вмешательств. В настоящее время их доля достигает 6–8% от общего числа операций эндопротезирования [2, 3, 4], а к 2030 г. прогнозируемый рост абсолютного числа ревизий составит 600% [5].

Одной из сложнейших задач ревизионного эндопротезирования (РЭ) является компенсация костных дефектов мыщелков бедренной и большеберцовой костей, возникших в результате остеолитической, асептического или септического расшатывания и удаления компонентов имплантата [6, 7].

Преимущества и недостатки широкого спектра доступных способов компенсации дефицита костной массы при дефектах I и II типов по классификации AORI в ходе РЭК (костной

ауто- и аллопластики, цемента, металлических модульных конструкций) детально освещены в отечественной и зарубежной литературе [8, 9, 10, 11, 12].

Для компенсации дефектов III типа используют металлические конусы/втулки, массивные аллотрансплантаты, онкологические или индивидуально изготавливаемые эндопротезы [13, 14, 15, 16]. При распространении дефекта на метадифизарную зону бедренной или большеберцовой кости до недавнего времени в арсенале хирурга оставались только две из упомянутых выше методик — структурные аллотрансплантаты и мегапротезы.

В последние годы в клинической практике начали применяться еще два способа решения этой проблемы — имплантация индивидуальных титановых аугментов, изготавливаемых с помощью аддитивных технологий с 3D-моделированием, и техника совместного применения диафизарного и метафизарного танталовых конусов.

Двойные конусы стали использоваться многими хирургами в последние 5 лет при реконструкции обширных дефектов III типа, распространяющихся не только на метафиз, но и достигающих диафиза бедренной или большеберцовой кости. Эта техника заключается в имплантации двух трабекулярных танталовых конусов (диафизарного и метафизарного), обладающих способностью к остеоинтеграции с оставшейся костью для обеспечения надежной фиксации бедренного или большеберцового компонентов в двух зонах [17, 18]. Основная фиксация бедренного или большеберцового компонента достигается за счет тугй посадки диафизарного конуса, в то время как дополнительная фиксация обеспечивается цементированием метафизарного конуса к диафизарному с расчетом на дальнейшую остеоинтеграцию обоих конусов с оставшейся костью метадиафизарной зоны. Фиксация имплантата к конусам

и кости осуществляется с помощью костного цемента. На наш взгляд, эта методика может служить альтернативой онкологическим мегапротезам, массивным структурным аллотрансплантатам и аддитивным технологиям с 3D-реконструкцией.

Материал и методы

Пациенты

Методика двойных танталовых конусов при компенсации обширных дефектов метадиафизарной зоны бедренной и большеберцовой костей применена нами в ходе 13 операций ревизионного эндопротезирования: 9 пациентам установлены двойные конусы для фиксации бедренного компонента, 4 пациентам — большеберцового компонента (табл.). Во всех наблюдениях имплантирован ревизионный эндопротез с ротационным шарнирным механизмом RHK (Zimmer Biomet, США).

Таблица

Локализация применения двойных танталовых конусов

Показания к реэндопротезированию	Поврежденная кость	
	бедренная	большеберцовая
Двухэтапное лечение ИОХВ	4	3
Нестабильность компонентов или сустава	3	–
Перипротезные переломы	2	1

Техника операции

Методика двойных танталовых конусов предусматривает достижение основной фиксации бедренного или большеберцового компонента за счет тугй посадки диафизарного конуса, в то время как дополнительная фиксация обеспечивается цементированием метафизарного конуса к диафизарному с расчетом на дальнейшую остеоинтеграцию обоих конусов с оставшейся костью метадиафизарной зоны. Фиксация компонента к конусам и кости осуществляется с помощью костного цемента. Диафизарный конус, имплантируемый в костномозговой канал методом press-fit, существенно укрепляет механическую прочность ослабленной кортикальной кости, а его последующая остеоинтеграция призвана сохранять стабильную фиксацию цементируемой интрамедуллярной ножки в диафизарной зоне в долгосрочной перспективе. Метафизарный конус, компенсируя дефицит костной ткани в метадиафизарной зоне, стабильно крепится к диафизарному конусу и ревизионному компоненту костным цементом. Он должен тесно контактировать с оставшейся губчато-кортикальной костью метадиафизарного

отдела, так как последующая остеоинтеграция конуса направлена на длительное сохранение стабильной фиксации компонента и конуса. Нормальный уровень суставной линии в зависимости от сложившейся ситуации достигается традиционными методами — выбором адекватного размера бедренного компонента и дистальных/задних металлических бедренных блоков или дополнительной резекцией большеберцового плато и/или использованием металлических тибальных блоков и/или высотой полиэтиленового вкладыша.

Оценка результатов

Для оценки рентгенологических результатов реэндопротезирования с применением двойных танталовых конусов выполняли рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях и телерентгенограммы конечности. На рентгенограммах определяли ось конечности и уровень суставной линии, латеральный дистальный бедренный угол и медиальный проксимальный большеберцовый угол, соответствие компонентов эндопротеза анатомии коленного сустава и корректность их имплантации, отсутствие линий

просветления вокруг компонентов эндопротеза и танталовых конусов. Функциональные результаты оценивали с использованием балльных шкал KSS и WOMAC.

Результаты

Непосредственные исходы всех операций были хорошие — достигнута первичная стабильная фиксация и корректная имплантация компонентов эндопротеза (рентгенологически ось конечности и уровень суставной линии соответствовали нормальным значениям или были в пределах допустимых отклонений), восстановлена удовлетворительная функция коленного сустава и опороспособность конечности. Осложнений в ближайшем послеоперационном периоде не было. У одной пациентки через год после операции развился рецидив инфекции в области коленного сустава, потребовавший удаления эндопротеза, санации сустава и выполнения артродеза. Функциональные и рентгенологические результаты реэндопротезирования с применением методики двойных танталовых конусов через год после операции оценены у 4 пациентов. При оценке функциональных результатов по шкале KSS средняя сумма баллов составила 81 (хорошо), по шкале WOMAC — 25 баллов (хорошо). На контрольных рентгенограммах положение компонентов оставалось правильным, стабильным, наступила остеоинтеграция конусов в метафизарной и диафизарной зонах бедренной и большеберцовой костей. У остальных 8 пациентов после операции прошло менее года, они находятся под динамическим амбулаторным наблюдением.

Клиническое наблюдение 1

Пациентка 66 лет около 10 лет страдает гонартрозом. В 2015 г. в клинике НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена по поводу деформирующего артроза III ст., варусной деформации, сгибательно-разгибательной контрактуры, нестабильности левого коленного сустава выполнено тотальное эндопротезирование сустава стабилизированным во фронтальной плоскости эндопротезом. Послеоперационное течение гладкое, через год после операции функция сустава оценивалась как удовлетворительная. Спустя 2 года в результате падения у пациентки произошел перипротезный перелом левой бедренной кости в метадиафизарной зоне с разобщением ножки бедренного компонента. В поликлинике по месту жительства выполнена гипсовая иммобилизация, однако консолидация перелома не наступила, и далее развилась нестабильность бедренного компонента

эндопротеза. В 2019 г. госпитализирована в клинику НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с диагнозом «деформирующий артроз III ст., состояние после эндопротезирования левого коленного сустава от 2015 г., ложный сустав левой бедренной кости, нестабильность компонентов эндопротеза, разобщение интрамедуллярной ножки с бедренным компонентом» (рис. 1).



Рис. 1. Рентгенограммы коленного сустава пациентки. Ложный сустав левой бедренной кости, нестабильность компонентов эндопротеза, разобщение интрамедуллярной ножки с бедренным компонентом

Fig. 1. The knee X-rays of the female patient. The left femur pseudoarthrosis, the endoprosthesis components instability, separation of the intramedullary stem from the femoral component

Состояние на момент госпитализации: передвигается с опорой на костыли только в пределах помещения, конечность иммобилизована шиной. При обследовании коленного сустава определяется разлитая пальпаторная болезненность в области сустава и нижней трети бедра, патологическая подвижность отломков в нижней трети бедра, амплитуда движения 0/100°.

В клинике выполнено РЭКС эндопротезом с ротационным шарнирным механизмом. Во время операции отделить бедренный компонент от метаэпифиза бедренной кости не представлялось возможным — они удалены единым блоком, удалена сломанная интрамедуллярная ножка бедренного компонента и стабильный большеберцовый компонент. Удаленный метаэпифизарный отдел был представлен кортикальной костью, прочно фиксированной к бедренному компоненту костным цементом, губчатая кость замещена рубцовой тканью (рис. 2).



Рис. 2. Удаленный метаэпифизарный отдел бедренной кости и бедренный компонент эндопротеза (а); сломанная интрамедуллярная ножка бедренного компонента (б)

Fig. 2. The removed metaepiphyseal part of the femur and the femoral component of the endoprosthesis (a); broken intramedullary stem of the femoral component (b)

После удаления эндопротеза, цемента и рубцовых тканей образовались обширные костные дефекты III типа бедренной и большеберцовой костей. Освежающие опиловы плато большеберцовой кости выполнены на разных уровнях.

Для компенсации более пораженного медиального мыщелка использован металлический модульный блок высотой 10 мм.

Для компенсации удаленного метаэпифиза бедренной кости выполнены следующие манипуляции.

1. С помощью пластиковых примерочных конусов выбран оптимальный по размеру диафизарный танталовый конус, который после обработки кости нижней трети диафиза имплантирован в костномозговой канал бедрен-

ной кости по методике тугой посадки (press-fit) (рис. 3).

2. С помощью пластиковых примерочных конусов выбран оптимальный по размеру метафизарный танталовый конус, позволяющий максимально сместить бедренный компонент дистально и контактирующий с оставшейся периферической губчато-кортикальной костью метафизарной зоны. Для выравнивания уровня суставной линии и дополнительного низведения бедренного компонента применены два дистальных металлических бедренных блока высотой 10 мм (задние металлические бедренные блоки высотой 10 мм использованы для уменьшения пространства под бедренным компонентом, требующего заполнения костным цементом) (рис. 4).



Рис. 3. После удаления интрамедуллярной ножки эндопротеза, костного цемента и рубцовой ткани метафизарная зона представлена остатками губчато-кортикальной кости по наружной и задней поверхностям, имплантирован примерочный большеберцовый компонент (а); имплантирован диафизарный танталовый конус (б)

Fig. 3. After removal of the intramedullary endoprosthesis stem, bone cement and scar tissue, the metaphyseal zone is represented by the remains of the spongy-cortical bone on the external and posterior surfaces, an approximate tibial component is placed (a); diaphyseal tantalum cone is placed (b)

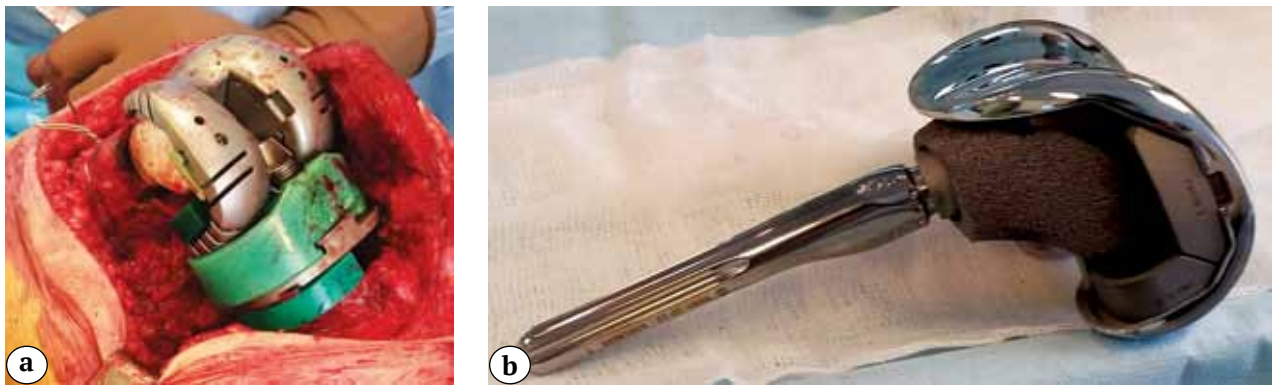


Рис. 4. Имплантирован примерочный бедренный компонент с метафизарным конусом и модульными дистальными и задними блоками (а); бедренный компонент с метафизарным танталовым конусом и металлическими модульными блоками перед имплантацией (b)

Fig. 4. An approximate femoral component was placed with a metaphyseal cone and modular distal and posterior blocks (a); a femoral component with metaphyseal tantalum cone and metal modular blocks before placement (b)

3. Имплантирован бедренный компонент с дистальными и задними металлическими блоками, интрамедуллярной ножкой и метафизарным танталовым конусом. При имплантации костным цементом покрыты ножка для ее фиксации к обоним конусам и бедренной кости, контактирующая поверхность конусов для их соединения между собой и тыльная поверхность бедренного компонента с металлическими блоками для фиксации к метафизарному конусу. Метафизарный конус в зоне контакта с оставшейся костью метафиза не цементировался для последующей остеоинтеграции, свободная медиальная поверхность конуса покрыта цементом для уменьшения шероховатости при контакте с параартикулярными мягкими тканями. Осуществлена окончательная сборка компонентов шарнирного эндопротеза (рис. 5).

Ранний послеоперационный период протекал без осложнений (рис. 6). Пациентка выписана для продолжения реабилитационного лечения в поликлинике по месту жительства. Рекомендована ходьба с опорой на костыли и дозированной осевой нагрузкой конечности в течение 3 мес.

При контрольном осмотре через год ходит с опорой на трость. При ходьбе на расстояние 5–10 кварталов боль в коленном суставе незначительна, амплитуда движений 0–85°. Функциональная оценка сустава по шкале KSS — 78 баллов (хорошая), WOMAC — 27 баллов (хорошая).

На контрольных рентгенограммах положение компонентов правильное, стабильное, визуализируется остеоинтеграция конусов в метафизарной и диафизарной зонах бедренной кости (рис. 7).

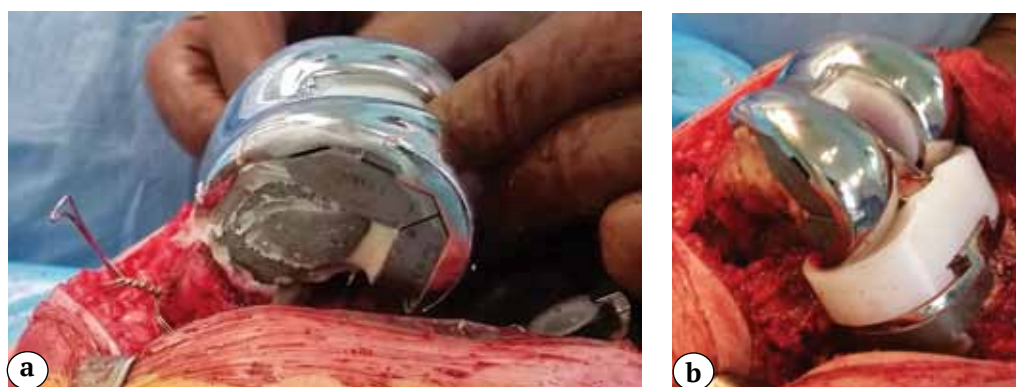


Рис. 5. Имплантирован модульный бедренный компонент с метафизарным конусом (а); установлены окончательные компоненты эндопротеза (b)

Fig. 5. A modular femoral component with metaphyseal cone was placed (a); the definitive components of the endoprosthesis were placed (b)

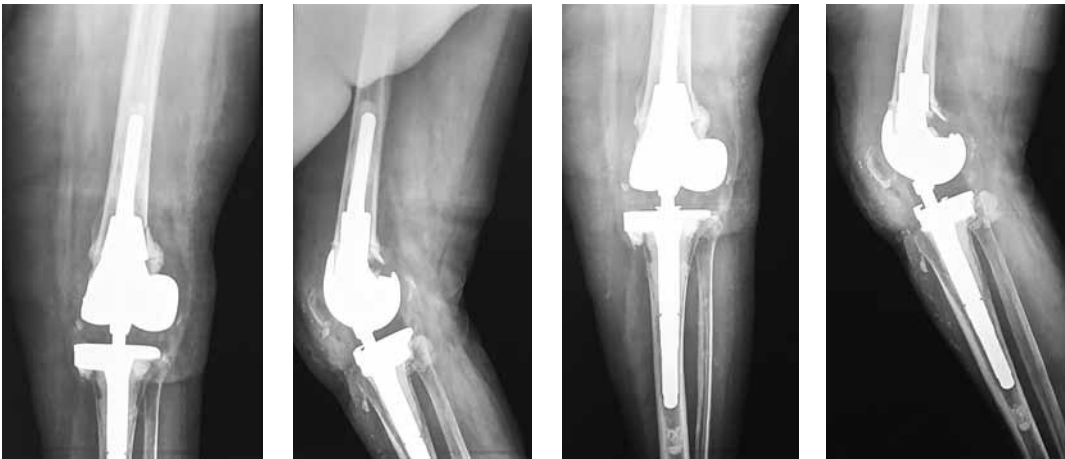


Рис. 6. Послеоперационные рентгенограммы пациентки 66 лет. Бедренный компонент имплантирован с диафизарным и метафизарным конусами, положение компонентов и уровень суставной линии правильные
Fig. 6. Postoperative X-rays of female patient, 66 y.o. The femoral component was placed with diaphyseal and metaphyseal cones, the position of the components and the level of the articular line are correct



Рис. 7. Рентгенологический и функциональный результаты через год: a, b — рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях — остеоинтеграция конусов с бедренной костью, правильное и стабильное положение бедренного и большеберцового компонентов шарнирного эндопротеза; c, d — функциональный результат — полное разгибание голени и сгибание 85°

Fig. 7. X-ray and functional results in a year: a, b — knee X-rays in the direct and lateral planes. Osseointegration of the cones with the femur, the correct and stable position of the femoral and tibial components of the swivel endoprosthesis; c, d — the functional result: full extension of the lower leg and flexion of 85°

Для более глубокого понимания сущности методики двойных танталовых конусов при компенсации обширных дефектов бедренной

и большеберцовой костей в ходе РЭКС считаем целесообразным привести еще два клинических примера (рис. 8, 9).

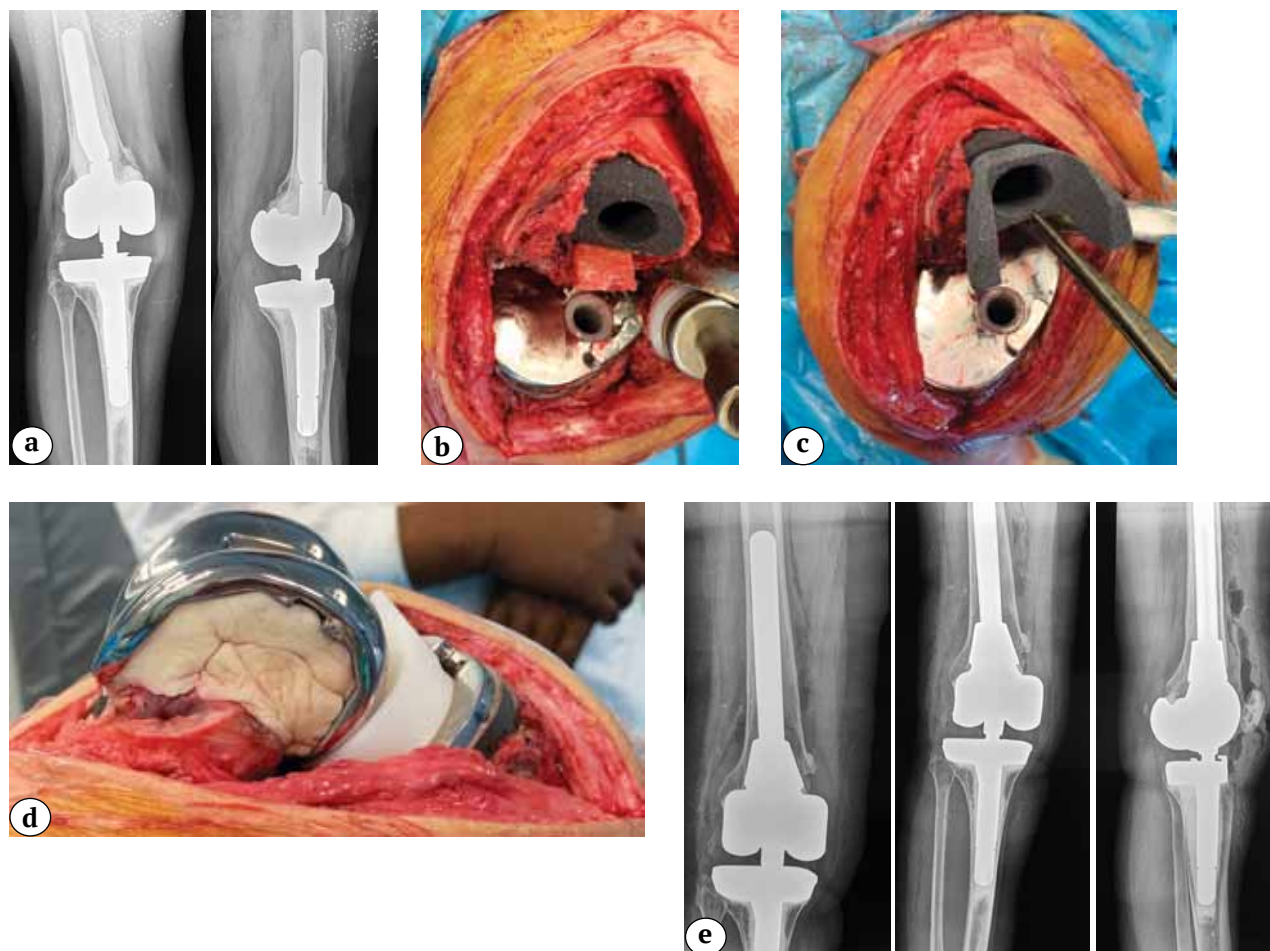


Рис. 8. Клинический пример использования техники двойных танталовых конусов при нестабильности сустава вследствие несбалансированных сгибательного и разгибательного промежутков после имплантации шарнирного эндопротеза:

a – предоперационные рентгенограммы;

b – интраоперационная фотография: имплантирован диафизарный конус и выполнена костная аутопластика задней стенки бедренной кости для увеличения площади костного контакта метафизарного конуса с костью;

c – метафизарный конус перед имплантацией;

d – имплантированы окончательные компоненты шарнирного эндопротеза (бедренный компонент с метафизарным конусом);

e – послеоперационные рентгенограммы

Fig. 8. A clinical example of the use of the double tantalum cone method for joint instability due to unbalanced flexion and extension gaps after the swivel endoprosthesis placement:

a – preoperative X-rays;

b – intraoperative photo: a diaphyseal cone was placed and bone autoplasty of the posterior femoral wall was performed to increase the area of bone contact between the metaphyseal cone and the bone;

c – metaphyseal cone before placement;

d – the definitive components of the swivel endoprosthesis were placed (femoral component with metaphyseal cone);

e – postoperative X-rays



Рис. 9. Клинический пример использования техники двойных танталовых конусов при реэндотезировании коленного сустава по поводу нестабильности компонентов эндопротеза и перипротезного перелома большеберцовой кости: а — предоперационные рентгенограммы; б — рентгенограммы после операции

Fig. 9. A clinical example of the use of the double tantalum cone method for revision knee arthroplasty due to the instability of endoprosthesis components and periprosthetic tibial fracture: а — X-rays before the surgery; б — X-rays after the surgery

Обсуждение

Для компенсации обширных дефектов III типа по классификации AORI в ходе РЭКС в клинической практике используется ряд взаимозаменяемых методик, обладающих определенными преимуществами и недостатками [13, 14, 15, 16]. В соответствии с теорией зональной фиксации R. Morgan-Jones с соавторами для обеспечения длительного срока службы ревизионного эндопротеза каждый из имплантируемых компонентов должен быть надежно фиксирован, как минимум, в двух анатомических зонах бедренной и большеберцовой костей [19].

При III типе костных дефектов эпифизарная зона скомпрометирована основным патологическим процессом и не может обеспечить стабильную в долгосрочной перспективе фиксацию компонента.

Диафизарная фиксация достигается путем имплантации бесцементных или цементируемых интрамедуллярных ножек различной длины и формы [14, 20, 21]. При РЭКС на фоне длительно существующей асептической/септической нестабильности компонентов с интрамедуллярными ножками после удаления ножек, цемента и рубцовых тканей из костномозгового канала кортикальная кость существенно истончается и теряет свою механическую прочность. Подобная ситуация наблюдается после удаления статических спейсеров армированных металлическими интрамедуллярными стержнями. В результате этого трудно добиться стабильной диафизарной фиксации ревизионного компонента, необходимой в соответствии с упомянутой выше теорией зональной фиксации R. Morgan-Jones с соавторами [19].

В третьей зоне, метафизарной, обеспечить первичную стабильную фиксацию и последующую остеоинтеграцию ревизионных компонентов позволяют металлические втулки с напылением и танталовые пористые конусы [22, 23, 24, 25].

Костная пластика головками бедренной кости, губчато-кортикальными и структурными аллотрансплантатами позволяет компенсировать и частично восстановить утраченную кость, но требует длительной разгрузки конечности для сращения и перестройки трансплантата, а также дополнительных материальных затрат на содержание костного банка [8, 26, 27, 28].

В клинической практике при обширных дефектах III типа и замене ревизионных систем с интрамедуллярными ножками эпифизарная зона фиксации отсутствует, а механическая прочность кости в метафизарной и диафизарной зонах значительно снижена, и часть кортикальной и губчатой кости утрачена. Выход из такой ситуации длительное время состоял в удалении остатков метаэпифизарной кости с частью диафиза и имплантации массивных структурных аллотрансплантатов с ревизионными системами или использовании модульных онкологических мегапротезов [16, 20, 28, 29].

В последние годы появились обнадеживающие публикации, свидетельствующие об успешном применении аддитивных технологий с 3D-реконструкцией, позволяющей изготовить индивидуальный пористый аугмент из титанового порошка, оптимально соответствующий форме дефекта [30, 31, 32]. Использование этой методики ограничивается необходимостью слаженной совместной работы специалиста, обладающего навыками 3D-моделирования, с оперирующим хирургом

для определения показаний, изготовления имплантата и корректной имплантации эндопротеза [31, 32].

Ряд авторов обосновали возможность применения методики двойных танталовых конусов при обширных дефектах III типа, распространяющихся на метафизарную и диафизарную зоны [17, 18]. Методика предусматривает достижение основной фиксации бедренного или большеберцового компонента за счет тугой посадки диафизарного конуса, в то время как дополнительная фиксация обеспечивается цементированием метафизарного конуса к диафизарному с расчетом на дальнейшую остеоинтеграцию обоих конусов с оставшейся костью метадиафизарной зоны. Фиксация компонента к конусам и кости осуществляется с помощью костного цемента.

Аддитивные технологии с 3D-реконструкцией и методика двойных танталовых конусов используются в клинической практике в последние 5 лет. Поэтому в настоящее время в литературе встречаются лишь единичные публикации, освещающие технические особенности, преимущества и недостатки, непосредственные исходы и ближайшие результаты операций, не сравнивая их с результатами применения других методик [17, 18, 30, 31, 32].

Методика двойных танталовых конусов при обширных дефектах третьего типа, распространяющихся на метафизарную и диафизарную зоны бедренной или большеберцовой костей, позволяет компенсировать имеющийся дефицит костной массы, достичь первичной стабильной фиксации компонентов эндопротеза и восстановить нормальный уровень суставной линии. В отличие от костной аллопластики она не требует дополнительных материальных затрат на содержание костного банка и допускает раннюю осевую нагрузку оперированной конечности. Танталовые конусы различной формы и размеров могут быть использованы в определенной клинической ситуации, возникшей во время выполнения ревизионной операции. В отличие от титановых аугментов, изготавливаемых путем аддитивных технологий с 3D-реконструкцией, они не требуют длительного предоперационного планирования и изготовления индивидуальных аугментов. Представленная методика требует детального клинического изучения для оценки среднесрочных и отдаленных результатов операций.

Этика публикации

Пациенты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и на публикацию клинического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов

Куляба Т.А. — разработка концепции и дизайна, интерпретация и анализ полученных данных, подготовка текста.

Корнилов Н.Н. — интерпретация и анализ полученных данных, редактирование.

Каземирский А.В. — сбор и обработка материала, интерпретация и анализ полученных данных.

Бовкис Г.Ю. — подготовка текста, сбор и обработка материала.

Стафеев Д.В. — сбор и обработка материала, интерпретация и анализ полученных данных.

Черный А.А. — сбор и обработка материала.

Кроитору И.И. — сбор и обработка материала.

Петухов А.И. — сбор и обработка материала.

Литература [References]

1. Kurtz S.M., Ong K.L., Lau E., Bozic K.J. Impact of the economic downturn on total joint replacement demand in the United States: updated projections to 2021. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(8):624-630. doi: 10.2106/JBJS.M.00285.
2. Gioe T.J., Killeen K.K., Grimm K., Mehle S., Scheltema K. Why are total knee replacements revised?: analysis of early revision in a community knee implant registry. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(428):100-106.
3. 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.
4. 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;75(1):136-151.
5. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Muravyeva Yu.V. [Data of knee arthroplasty register of Vreded Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011–2013]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;75(1):136-151. (In Russian).
6. 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.
7. 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. doi: 10.1177/230949901202000116.
8. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Селин А.В., Разоренов В.Л., Кроитору И.И., Петухов А.И. и др. Способы компенсации костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(3):5-12.
9. Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Selin A.V., Razoronov V.L., Kroitoru I.I., Petukhov A.I. et al. [Methods of compensation of bone defects in revision knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;(3):5-12. (In Russian).
10. 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. doi: 10.1097/01.blo.0000214414.06464.00.

9. 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: 10.1302/0301-620X.98B1.36345.
10. Panni A.S., Vasso M., Cerciello S. Modular augmentation in revision total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(12):2837-2843. doi: 10.1016/s0030-5898(05)70333-3.
11. Patel J.V., Masonis J.L., Guerin J., Bourne R.B., Rorabeck C.H. The fate of augments to treat type-2 bone defects in revision knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(2):195-199. doi: 10.1302/0301-620x.86b2.13564.
12. 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. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-101-113.
Bovkis G.Y., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Compensation of defects in metaepiphyses of the femur and tibia during revision knee replacement — methods and results of their use (literature review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;22(2):101-113. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-2-101-113.
13. 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.; 2016. С. 123-139.
Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Rumakin V.P., Bovkis G.Yu., Saraev A.V. [Principles of bone defects replacing in knee arthroplasty]. In: [Revision Total Knee Arthroplasty]. St. Petersburg; 2016. p. 123-139. (In Russian).
14. Radnay C.S., Scuderi G.R. Management of bone loss: augments, cones, offset stems. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;446:83-92. doi: 10.1097/01.blo.0000214437.57151.41.
15. Schmitz H.C., Klausner 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. doi: 10.1016/j.arth.2013.01.028.
16. Мурылев В., Холодаев М., Елизаров П., Рубин Г., Музыченков А. Опыт применения в травматологии онкопротезов коленного сустава при обширных околоуставных костных дефектах. *Врач*. 2015;(1):64-68.
Murylev V., Kholodaev M., Rukin Ya., Rubin G.; Muzychenkov A. [Experience in using knee joint oncological prostheses in traumatology for extensive juxta-articular bone defects]. *Vrach* [The Doctor]. 2015;(1):64-68.
17. De Martino I., De Santis V., Sculco P.K., D'Apollito R., Assini J.B., Gasparini G. Tantalum cones provide durable mid-term fixation in revision TKA. *Clin Orthop Relat Res*. 2015;473(10):3176-3182. doi: 10.1007/s11999-015-4338-2.
18. 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.
19. 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.
20. Lotke P.A., Garino J.P. Revision total knee arthroplasty. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1999. 517 p.
21. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Первичное тотальное эндопротезирование коленного сустава. Киев: Основа; 2019. 520 с.
Kulyaba T.A., Kornilov N.N. [Primary total knee arthroplasty]. Kiev: Osnova; 2019. 520 p. (In Russian).
22. 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. doi: 10.1016/j.arth.2014.09.016.
23. Villanueva-Martínez M., De la Torre-Escudero B., Rojo-Manaute J.M., Ríos-Luna A., Chana-Rodríguez 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. doi: 10.1016/j.arth.2012.09.003.
24. Roach R.P., Clair A.J., Behery O.A., Thakkar S.C., Iorio R., Deshmukh A.J. Aseptic Loosening of Porous Metaphyseal Sleeves and Tantalum Cones in Revision Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *J Knee Surg*. 2020. doi: 10.1055/s-0040-1701434. [Epub ahead of print].
25. Girerd D., Parratte S., Lunebourg A., Boureau F., Ollivier M., Pasquier G. et al. Total knee arthroplasty revision with trabecular tantalum cones: preliminary retrospective study of 51 patients from two centres with a minimal 2-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(4):429-433. doi: 10.1016/j.otsr.2016.02.010.
26. Engh G.A., Herzog P.J., Parks N.L. Treatment of major defects of bone with bulk allografts and stemmed components during total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(7):1030-1039.
27. Pour A.E. Parvizi J., Slenker N. Rotation hinge total knee replacement: use with caution. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(8):1735-1741. doi: 10.2106/JBJS.F.00893.
28. Куляба Т.А., Корнилов Н.Н., Бовкис Г.Ю., Кройтору И.И., Румакин В.П. Костная аллопластика при ревизионном эндопротезировании коленного сустава: гистологическая характеристика структурного трансплантата через 54 месяца после имплантации (клиническое наблюдение). *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(4):122-130. doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-122-130.
Kulyaba T.A., Kornilov N.N., Bovkis G.Yu., Kroitoru I.I., Rumakin V.P. [Use a bone allografts in the revision knee replacement: histological characteristics of the structural graft 54 months after implantation (clinical observation)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2016;22(4):122-130. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-4-122-130.
29. Pala E., Trovarelli G., Angelini A., Maraldi M., Berizzi A., Ruggieri P. Megaprosthesis of the knee in tumor and revision surgery. *Acta Biomed*. 2017;88 (Suppl 2):129-138. doi: 10.23750/abm.v88i2-S.6523.
30. McNamara C.A., Gösthe R.G., Patel P.D., Sanders K.C., Huaman G., Suarez J.C. Revision total knee arthroplasty using a custom tantalum implant in a patient following multiple failed revisions. *Arthroplasty Today*. 2016;3(1):13-17. doi: 10.1016/j.artd.2016.08.003.
31. Cavagnaro L., Burastero G., Chiarlone F., Felli L. A new custom-made porous titanium device in knee revision surgery: early results and technical notes. *Orthop Proc*. 2019;101-B:Suppl 4. Available from: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/abs/10.1302/1358-992x.2019.4.009>.

32. Черный А.А., Коваленко А.Н., Билык С.С., Денисов А.О., Каземирский А.В., Куляба Т.А. и др. Ранние результаты применения индивидуально изготовленных модульных конусов для замещения метафизарно-диафизарных костных дефектов при ревизионной артропластике коленного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):9-18. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.

Cherny A.A., Kovalenko A.N., Bilyk S.S., Denisov A.O., Kazemirskiy A.V., Kulyaba T.A. et al. [The early results of using custom-made modular cones to replace metaphyseal-diaphyseal bone defects in revision knee arthroplasty]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(2):9-18. (In Russian). doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-9-18.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Куляба Тарас Андреевич — д-р мед. наук, руководитель научного отделения патологии коленного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Корнилов Николай Николаевич — д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург; доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Каземирский Александр Викторович — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Бовкис Геннадий Юрьевич — лаборант-исследователь, отделение патологии коленного сустава, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Стафеев Дмитрий Викторович — канд. мед. наук, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Черный Александр Андреевич — врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Кроитору Иосиф Иванович — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

Петухов Алексей Иванович — канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

AUTHORS' INFORMATION:

Taras A. Kulyaba — Dr. Sci. (Med.), Head of the Knee Pathology Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Nikolay N. Kornilov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chair of Traumatology and Orthopedics, Head of Knee Surgery Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics; Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Alexander V. Kazemirskiy — Cand. Sci. (Med.), Orthopaedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Gennady Yu. Bovkis — Orthopaedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Dmitry V. Stafeev — Cand. Sci. (Med.), Orthopaedic Surgeon, Head of the Traumatology and Orthopedics Chair, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Alexander A. Cherny — Orthopaedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Iosif I. Croitoru — Cand. Sci. (Med.), Orthopaedic Surgeon, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Alexey I. Petukhov — Cand. Sci. (Med.), Head of Knee Surgery Department, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation