



Использование имплантата с антибактериальным покрытием в лечении перипротезной инфекции у ВИЧ-позитивного пациента

© Н.С. Николаев^{1,2}, Л.И. Малюченко^{1*}, А.С. Карпухин¹, В.В. Яковлев¹, А.Л. Максимов¹, Е.В. Григорьева¹, Н.И. Рожков³

¹ Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Чебоксары, Россия

² Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

³ Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. И.Л. Илизарова, Курган, Россия

* Л.И. Малюченко, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования 428020, Чебоксары, ул. Ф. Гладкова, 33, leonidmalyuchenko@icloud.com

Поступила в редакцию 1 февраля 2022 г. Исправлена 22 февраля 2022 г. Принята к печати 15 марта 2022 г.

Резюме

Актуальность: Частота инфекционных осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава у ВИЧ-инфицированных в два раза выше, чем у ВИЧ-негативных пациентов. Ревизионное эндопротезирование по поводу перипротезной инфекции лидирует (64%) среди причин ранних ревизионных вмешательств. Продолжается поиск путей повышения эффективности санитизирующего этапа лечения, в том числе за счет антибактериальных покрытий компонентов эндопротеза.

Цель работы: Продемонстрировать случай лечения перипротезной инфекции у ВИЧ-положительного пациента с использованием спейсера и бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава, покрытого линейными Sp1-углеродными цепями и серебром. Через 123 мес. после эндопротезирования тазобедренного сустава по поводу диспластического коксартроза 3 ст. у ВИЧ-инфицированной пациентки, 42 лет, развилась нестабильность вертлужного компонента с ростом *Staphylococcus aureus* в пунктатах. Выполнена ревизия с удалением эндопротеза и установкой артикулирующего спейсера с добавлением антибиотиков. Через 12 нед. произошел рецидив перипротезной инфекции, в пунктатах выявлен *Enterococcus faecalis*. В ходе ревизионного эндопротезирования установлен артикулирующий спейсер, покрытый двумерно-упорядоченным линейно-цепочечным углеродом, легированный серебром, на основе бедренного компонента Zimmer CPT и костного цемента с добавлением антибиотиков. Спустя 3 мес. выполнен второй этап ревизионного эндопротезирования с имплантацией индивидуального вертлужного и бедренного компонентов, покрытых двумерно-упорядоченным линейно-цепочечным углеродом, легированным серебром.

Заключение: Через 4 мес. после операции больная вернулась к труду, через 12 мес. отмечены удовлетворительные функциональные результаты. Использование компонентов с покрытием на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, у ВИЧ-позитивной пациентки с рецидивами перипротезной инфекции позволило купировать инфекционный процесс, улучшить функцию конечности и повысить качество жизни.

Ключевые слова: перипротезная инфекция, ревизионное эндопротезирование, антибактериальное покрытие, артикулирующий спейсер, антибиотикорезистентность, ВИЧ-инфекция

Цитировать: Николаев Н.С., Малюченко Л.И., Карпухин А.С., Яковлев В.В., Максимов А.Л., Григорьева Е.В., Рожков Н.И. Использование имплантата с антибактериальным покрытием в лечении перипротезной инфекции у ВИЧ-позитивного пациента. *Инновационная медицина Кубани*. 2022;(2):59–66. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-2-59-66>

The use of an antibacterial implant in the treatment of periprosthetic infection in an HIV-positive patient

© Nikolay S. Nikolaev^{1,2}, Leonid I. Malyuchenko^{1*}, Aleksey S. Karpukhin¹, Vadim V. Yakovlev¹, Alexander L. Maksimov¹, Elena V. Grigor'eva¹, Nikita I. Rozhkov³

¹ Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russian Federation

² Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russian Federation

³ National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

* Leonid I. Malyuchenko, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, F. Gladkova str., 33, Cheboksary, 428020, leonidmalyuchenko@icloud.com

Received: February 1, 2022. Received in revised form: February 22, 2022. Accepted: March 15, 2022.

Abstract

Background: The frequency of occurrence of infectious complications after hip arthroplasty in HIV-infected patients is extremely high. Revision arthroplasty for periprosthetic infection is the leader (64%) among the causes of early revision interventions. The search for ways to increase the efficiency of the sanitizing stage of treatment due to antibacterial coatings of the endoprosthesis components continues.



Objective: Demonstration of a clinical case of treatment of periprosthetic infection in an HIV-positive patient using a spacer and a femoral component of a hip joint endoprosthesis coated with linear Sp1 carbon chains and silver. 123 months after hip arthroplasty for stage 3 dysplastic coxarthrosis in HIV-positive patient of 42 years old developed an instability of the acetabular component with the growth of *Staphylococcus aureus* in punctates. A revision was performed with the removal of the endoprosthesis and the installation of an articulating spacer with the addition of antibiotics. 12 weeks later, a recurrence of periprosthetic infection occurred, and *Enterococcus faecalis* was detected in punctates. During re-endoprosthetics, there was an installation of an articulating spacer covered with a two-dimensionally ordered linear-chain carbon doped with silver, based on the Zimmer CPT femoral component and bone cement with antibiotics addition. After 3 months, the second stage of revision arthroplasty was performed with implantation of an individual acetabular component and a femoral component coated with two-dimensionally ordered linear-chain carbon doped with silver.

Conclusion: 4 months after the operation the patient returned to work, 12 months later the functional results were satisfactory. The use of components coated with two-dimensionally ordered linear-chain carbon doped with silver in an HIV-positive patient with recurrent periprosthetic infection made it possible to stop the infectious process, improve limb function and the quality of life.

Keywords: periprosthetic infection, revision arthroplasty, antibacterial coating, articulating spacer, antibiotic resistance, HIV infection
Cite this article as: Nikolaev N.S., Malyuchenko L.I., Karpukhin A.S., Yakovlev V.V., Maksimov A.L., Grigor'eva E.V., Rozhkov N.I. The use of an antibacterial implant in the treatment of periprosthetic infection in an HIV-positive patient. *Innovative Medicine of Kuban*. 2022;(2):59–66. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2022-25-2-59-66>

Введение

Хирургическое лечение патологии тазобедренного сустава в объеме его эндопротезирования (ЭП), благодаря увеличению спроса на этот вид медицинской помощи на фоне роста заболеваемости коксартрозами и хорошим результатам операции, богатому накопленному опыту таких вмешательств, становится достаточно освоенным рядовым методом. Вместе с этим рост числа артропластик бедра неизбежно влечет за собой увеличение повторных, вызванных различными осложнениями, ревизионных операций: их удельный вес составляет от 13 до 18% от числа первичных ЭП [1–3]. У пациентов, перенесших ревизию, до 15 раз чаще встречаются инфекционные и механические (вывихи, перипротезные переломы) осложнения [4–5].

По данным регистра эндопротезирования ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России, глубокая инфекция является основной причиной ревизионных вмешательств в первые 5 лет после первичного ЭП (64%) [6, 7].

В последние годы для лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава все чаще стали использовать спейсеры, покрытые линейными Sp1-углеродными цепями и серебром, обладающие выраженной способностью предотвращать образование микробной биопленки [8]. Антибактериальные свойства серебра делают его наиболее используемым в биомедицине металлом вследствие широкого спектра антимикробного действия и меньшей бактериальной резистентности, чем традиционные антибактериальные лекарственные препараты [9].

Повторное хирургическое вмешательство на фоне перипротезной инфекции осложняется наличием сформировавшихся костных дефектов и мышечным дефицитом, возникающим вследствие ограничения объема движений в суставе по причине болевого синдрома. Различные методики ревизионного ЭП тазобедренного сустава эффективно устраняют болевой синдром, до определенной степени восстанавливают

объем движений в суставе, в целом улучшая качество жизни пациентов и их удовлетворенность проведенным лечением. Однако благоприятный прогноз осложняют предшествующие оперативные вмешательства, каждое последующее из которых способствует возникновению и прогрессированию инфекционного очага, а также различным видам дислокации в суставе. Результаты повторных операций в таких случаях менее предсказуемы с позиций полноценного восстановления двигательных функций.

Еще более сложной задачей для врача травматолога-ортопеда является первичная и повторная артропластика тазобедренного сустава у пациентов с хроническими инфекциями, особенно на фоне вторичного иммунодефицита, как это бывает, в частности, у больных ВИЧ-инфекцией.

По данным на 31.12.2020 г., в России было зарегистрировано почти 1,5 млн случаев иммунологически верифицированного диагноза «ВИЧ-инфекция», в том числе 1,1 млн россиян, живущих с ВИЧ. Современная диагностика и антиретровирусная терапия, назначаемая на ранних стадиях заболевания, приводят к увеличению доли пациентов с ВИЧ в возрастной группе 50 лет и старше. Именно эта категория пациентов часто нуждается в замене крупного сустава и имеет наиболее высокий риск развития послеоперационных инфекционных осложнений.

Данные о частоте развития перипротезной инфекции (и ее рецидивов) после артропластики у ВИЧ-позитивных пациентов сильно разнятся: от 15,3% у одних авторов [10] до 21% – у других [11].

Необходимо отметить недостаточное количество клинических наблюдений, отсутствие ясной картины и однозначного мнения о результатах и осложнениях после артропластики крупных суставов у ВИЧ-инфицированных пациентов.

Цель работы

Продемонстрировать случай лечения перипротезной инфекции у ВИЧ-положительного пациента

с использованием спейсера и бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава, покрытого линейными Sp1-углеродными цепями и серебром.

Клинический случай

Описан клинический случай лечения перипротезной инфекции у пациентки с ВИЧ-положительным статусом. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы медицинских исследований с участием человека» пересмотра 2013 г. (перевод на русский язык), Рекомендациями по проведению, описанию, редактированию и публикации результатов научной работы в медицинских журналах, подготовленными Международным комитетом редакторов медицинских журналов (раздел II Е «Защита участников исследования»). Больная дала письменное информированное согласие на применение имплантата с покрытием на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, и публикацию клинического наблюдения.

Пациентка Т., 42 лет, с 1994 г. предъявляла жалобы на боли в левом тазобедренном суставе, ограничение движений в суставе, использование при ходьбе трости, затруднения при самообслуживании. В июне 2009 г. пациентка обратилась в Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, где был диагностирован левосторонний диспластический коксартроз 3 ст. с выраженным болевым синдромом (рис. 1), по поводу которого выполнено оперативное лечение – бесцементное эндопротезирование левого тазобедренного сустава эндопротезом фирмы Zimmer (вертлужный компонент Trilogy 48 с дополнительной

фиксацией винтом 20 мм, вкладыш Cross linked Standard, бедренный компонент Alloclassic SLO 1, головка Versys 28/+7). Послеоперационный период и реабилитация протекали без особенностей, пациентка вернулась к труду. Контрольная рентгенограмма представлена на рис. 2.

Через 123 мес. после первичной операции (сентябрь 2019 г.) состояние пациентки ухудшилось, нарушилась опороспособность, при ходьбе пришлось использовать костыли, появились стойкие функциональные ограничения в левом тазобедренном суставе. На рентгенограмме выявлена нестабильность вертлужного компонента с миграцией вверх и медиально (рис. 3), подтвержденная с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) (рис. 4).

Под ультразвуковой навигацией троекратно выполнены пункции левого тазобедренного сустава. Во всех образцах отмечены высокий цитоз (22500–25450 клеток в 1 мкл), нейтрофилез (97%), лимфоцитоз (1%), моноцитоз (2%). Согласно II международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции (2018), норма цитоза с наличием эндопротеза тазобедренного сустава – до 3 тыс. клеток в 1 мкл. При микроскопии обнаружены кокки; микробиологическое исследование выявило во всех пунктатах рост *Staphylococcus aureus*. При исследовании мазка из носа обнаружен рост *Staphylococcus epidermidis* Methicillin-Resistant *Staphylococcus Epidermidis* (MRSE). В общем анализе крови – увеличение СОЭ (40 мм/час), повышение пресепсина (448 пг/мл). Функциональные нарушения по шкале Harris Hip Score оценены в 26 баллов; шкале EQ-5D-5L – 0,155; опроснику EQ VAS – в 30%; визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) – в 9 баллов. Диагностирована септическая нестабильность вертлужного компонента



Рисунок 1. Обзорная рентгенограмма левого тазобедренного сустава пациентки Т. до операции
Figure 1. Preoperative plain radiograph of the left hip joint of patient T.

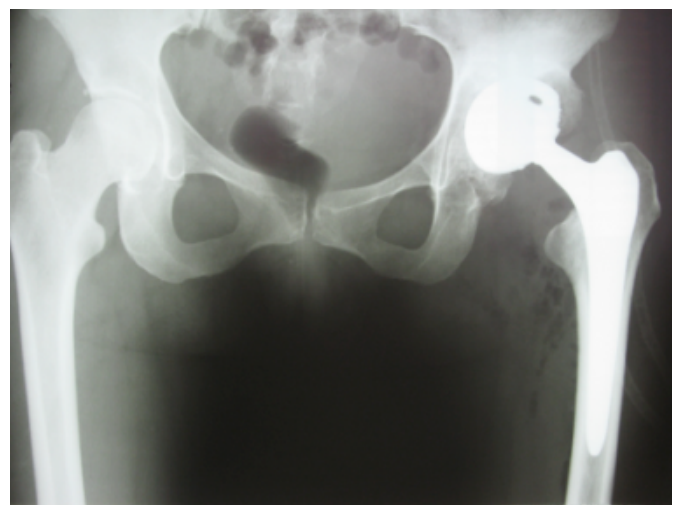


Рисунок 2. Обзорная рентгенограмма левого тазобедренного сустава пациентки Т. после операции
Figure 2. Postoperative plain radiograph of the left hip joint of patient T.

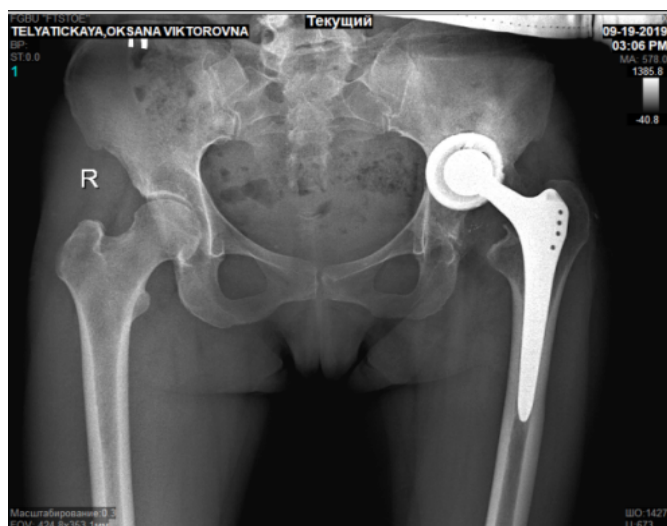


Рисунок 3. Обзорная рентгенограмма костей таза пациентки Т. через 123 мес. после первичного эндопротезирования
Figure 3. Plain radiograph of the pelvic bones of patient T. 123 months after primary arthroplasty

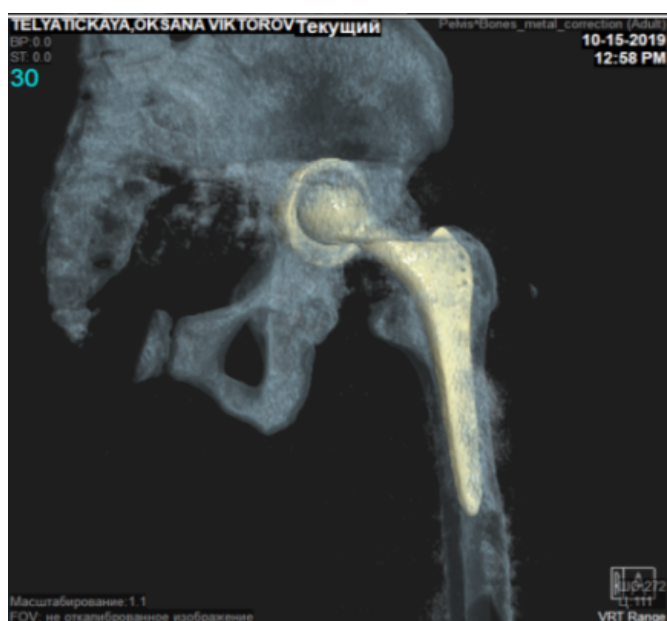
эндопротеза левого тазобедренного сустава на фоне хронического вирусного гепатита С; ВИЧ-инфекции 4 Б стадии, в фазе ремиссии, на фоне антиретровирусной терапии. Определены показания для двухэтапного ревизионного эндопротезирования левого тазобедренного сустава.

На первом этапе ревизии интраоперационно подтверждена нестабильность вертлужного компонента, наличие центрального дефекта вертлужной впадины неправильной формы размерами 6×2 см, дефекта задне-верхней стенки вертлужной впадины типа II

В-С (по Paprosky), бедренный компонент стабилен. Установлены цементный артикулирующий спейсер внешним диаметром 46 мм, внутренним 32 мм, на 60 гр цемента с добавлением 4 гр ванкомицина, и перестерилизованный бедренный компонент Zimmer CPT 1, головка Zimtron 32/S (рис. 5).

Удаленные компоненты эндопротеза подвергались обработке в ультразвуковой машине BRANSON 8510 (США) в течение 5 мин при частоте 40 ± 2 кГц и мощности $0,22 \pm 0,04$ Вт/см² с дальнейшим микробиологическим исследованием полученных смывов, показавшим рост *Staphylococcus aureus*. Послеоперационный период протекал без особенностей, пациентка выписана с назначением патоген-специфичной антибактериальной терапии.

Через 12 недель после выписки больная вновь обратилась с жалобами на повышение температуры тела до фебрильных значений, выраженный болевой синдром в левом тазобедренном суставе. Лабораторно-инструментальные исследования показали увеличение СОЭ (69 мм/час), повышение Д-димера (650 нг/мл) и СРБ (6,5 мг/л). Оценка по шкале Harris Hip Score – 64 балла; шкале EQ-5D-5L – 0,661; EQ VAS – 60%; ВАШ – 5 баллов. В пунктате левого тазобедренного сустава – цитоз (3,5 тыс. клеток в 1 мкл), нейтрофилез (95%), лимфоцитоз (5%), при микроскопии обнаружены кокки. Микробиологическое исследование пунктата выявило рост *Enterococcus faecalis*. Было принято решение о повторной ревизионной операции (выполнена в апреле 2020 г.) Проведено удаление спейсера

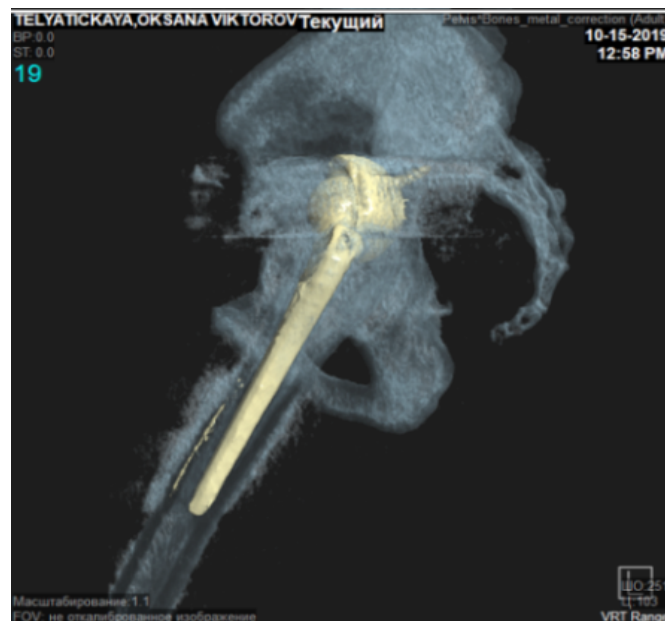


а

Рисунок 4. МСКТ левого тазобедренного сустава с построением 3D реконструкции у пациентки Т. через 123 мес. после оперативного лечения:

а – фронтальная проекция, б – сагиттальная проекция

Figure 4. MSCT of the left hip joint with the 3D reconstruction in patient T. 123 months after surgical treatment: а – frontal projection, б – sagittal projection



б



Рисунок 5. Обзорная рентгенограмма костей таза пациентки Т. после установки артикулирующего спейсера на первом этапе ревизионного эндопротезирования
Figure 5. Plain radiograph of the pelvic bones of patient T. after the installation of an articulating spacer at the first stage of revision arthroplasty

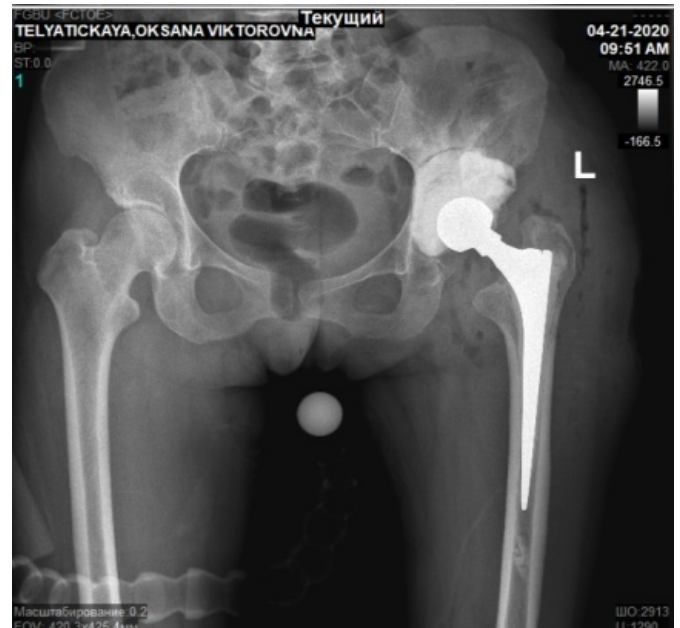


Рисунок 6. Контрольные рентгенограммы левого тазобедренного сустава пациентки Т. после установки респейсера (прямая проекция)
Figure 6. Control radiographs of the left hip joint of the patient T. after the installation of the respace (direct projection)

и дебридмент, установлены артикулирующий респейсер (аналогичен установленному на первом этапе ревизии) и перестерилизованный бедренный компонент Zimmer CPT 1 с покрытием из двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, головка Zimtron 32/L (рис. 6).

Послеоперационный период протекал без особенностей, пациентка выписана с назначением патоген-специфичной антибактериальной терапии.

При данном типе дефекта вертлужной впадины (II B-C по Paprosky) использование компонентов эндопротеза серийного производства не позволило бы восстановить биомеханику и анатомию тазобедренного сустава, в связи с чем было принято решение изготовить индивидуальный вертлужный компонент. С учетом анамнеза пациентки, количества предыдущих оперативных вмешательств, с целью профилактики вывиха головки эндопротеза применено комбинирование вертлужного компонента с двойной мобильностью и индивидуального вертлужного компонента. Для профилактики перипротезной инфекции использовался бедренный компонент с покрытием двумерно-упорядоченным линейно-цепочечным углеродом, легированным серебром (ДУ ЛЦУ+Ag). Выбор обоснован доказанной бактерицидной активностью в отношении антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов, способностью предотвращать формирование микробных биопленок, высокой механической устойчивостью, отсутствием цитотоксического эффекта [12].

Перед вторым этапом ревизии маркеры воспаления в анализах крови не выявлены, в пунктате левого тазобедренного сустава цитоз – 320 клеток в 1 мкл, пунктаты стерильные.

В августе 2020 г. выполнено ревизионное эндопротезирование левого тазобедренного сустава, дефект вертлужной впадины замещен индивидуальным 3D компонентом с цементированием в него системы с двойной мобильностью (Smith & Nephew POLARCUP Shell Cemented 47 mm) на костном цементе (DePuy CMW 3–20 гр с гентамицином) с добавлением ванкомицина 1,0 г. С использованием костного цемента (DePuy CMW 3–40 г с гентамицином) техникой «цемент-на-цемент» имплантирован бедренный компонент (Zimmer CPT Cemented stem) с покрытием ДУ ЛЦУ+Ag, установлена головка (Zimmer Zimtron Femoral Head Medium 28 mm) (рис. 7).

Спустя 12 мес. рентгенологических признаков нестабильности или миграции компонентов эндопротеза не выявлено. Послеоперационный рубец – без признаков воспаления. Объем движений в левом тазобедренном суставе на момент написания статьи: сгибание до 100°, разгибание до 10°, отведение до 30°, приведение до 15°, ротация внутренняя 20°, наружная 30°. Оценки по шкале Harris Hip Score – 93 балла; шкале EQ-5D-5L – 1,000; EQ VAS = 95%; ВАШ – 1 балл. Локального либо системного токсического действия серебра не выявлено. Опорная нагрузка на левую нижнюю конечность – в полном объеме, длина нижних конечностей одинаковая. Пациентка вернулась к труду.



Рисунок 7. Контрольные рентгенограммы левого тазобедренного сустава пациентки Т. после имплантации постоянного эндопротеза (прямая проекция)

Figure 7. Control radiographs of the left hip joint of patient T. after implantation of a permanent endoprosthesis (direct projection)

Обсуждение

По данным исследования Калифорнийского университета США (2002–2008 гг.), частота инфекционных осложнений после артропластики крупных суставов у ВИЧ-инфицированных составляет 0,6% и вдвое превышает показатель ВИЧ-негативных пациентов [13].

Краткосрочные наблюдения N. Lubega не обнаружили особенностей в послеоперационном периоде у 14 пациентов с положительным ВИЧ-статусом, перенесших 18 тотальных артропластик [14].

По данным других исследователей, в период 2011–2015 гг. развитие осложнений после эндопротезирования тазобедренного сустава происходило примерно с одинаковой частотой как у ВИЧ-положительных, так и у ВИЧ-отрицательных пациентов [15].

Н.С. Федорова доказала, что при зубопротезировании бюгельными протезами из кобальтохромового сплава, покрытого ДУ ЛЦУ+AgSp1, улучшается их биосовместимость, в 1,48 раза повышается твердость поверхностных слоев металлического каркаса, отмечается выраженная коррозионная устойчивость [16]. Д.А. Маллин при изучении длительно (4–7 лет) находящихся в человеческом организме ультратонких полимерных пластин, покрытых ДУ ЛЦУ Sp1 и использовавшихся в отоларингологической практике, показал бактерицидную роль углеродного покрытия полимерных имплантатов, применяемых в тимпанопластике [17]. В работах В.В. Трубина изучалась

реакция мягких тканей крыс на введение имплантатов из различных металлов без покрытия и покрытых линейно-цепочечным углеродом. Было отмечено, что карбиносодержащее покрытие улучшает биосовместимость имплантатов из различных материалов [18]. В.Г. Бабаев и соавт. сообщают, что благодаря своим структурным и биологическим свойствам ДУ ЛЦУ обладают высокой адгезией к подложке, прочностью, упругостью и хорошей биосовместимостью. ДУ ЛЦУ легко подвергаются легированию различными химическими элементами, позволяя придавать поверхностям дополнительные физико-химические свойства [19].

В клиническом исследовании Д.В. Тапальского и соавт. *in vitro* выявлен выраженный поверхностный бактерицидный эффект покрытий ДУ ЛЦУ+Ag в отношении микроорганизмов нескольких таксономических групп, не зависящий от их устойчивости к антибактериальным препаратам. Установлена способность покрытия к полному предотвращению формирования микробных биопленок антибиотикорезистентными клиническими изолятами *S. aureus* и *P. aeruginosa*; механическая устойчивость серебросодержащего покрытия с сохранением уровня поверхностной бактерицидной активности даже после продолжительной абразивной обработки. Покрытия на основе ДУ ЛЦУ не вызывали цитотоксических эффектов [20].

Однако описания опыта использования индивидуального бедренного компонента с «антибиопленочным» покрытием в качестве постоянной конструкции, тем более у ВИЧ-положительного пациента с высоким риском периоперационных инфекционных осложнений, в научной литературе нами не найдено.

Н.С. Николаев и соавт. в исследовании *in vivo* показали статистически достоверно лучшие результаты лечения перипротезной инфекции при использовании спейсеров с имплантатами, покрытыми ДУ ЛЦУ+Ag, в сравнении с традиционной методикой лечения [14], что позволило нам успешно применить данную методику с установкой постоянного компонента в отношении пациентки из группы повышенного инфекционного риска.

Заключение

Применение индивидуального 3D вертлужного компонента в комбинации с двойной мобильностью и использование бедренного компонента с покрытием двумерно-упорядоченного линейно-цепочечным углеродом с фиксацией костным цементом с добавлением антибиотика позволило купировать инфекционный процесс, улучшить функцию конечности и повысить качество жизни у ВИЧ-положительной пациентки.

Литература/References

1. Кавалерский Г.М., Мурылев В.Ю., Рукин Я.А. и др. Применение индивидуальных вертлужных компонентов при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(4):114–121. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-22-4-114-121>
2. Tikhilov RM, Shubnyakov II, Kovalenko AN, et al. Data of hip arthroplasty registry of Vreden Institute for the period 2007–2012 years. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2013;(3):167–190. (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2013--3-167-190>
3. Николаев Н.С., Малюченко Л.И., Преображенская Е.В. и др. Применение индивидуальных вертлужных компонентов в эндопротезировании тазобедренного сустава при посттравматическом коксартрозе. *Гений ортопедии*. 2019;25(2):207–213. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213>
4. Nikolaev NS, Malyuchenko LI, Preobrazhenskaya EV, et al. Use of customized acetabular components for hip joint arthroplasty in posttraumatic coxarthrosis. *The genius of orthopedics*. 2019;25(2):207–213. (In Russ.). <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-2-207-213>
5. Badarudeen S, Shu AC, Ong KL, et al. Complications after revision total hip arthroplasty in the medicare population. *J Arthroplasty*. 2017;32(6):1954–1958. PMID: 28236550. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.01.037>
6. Коваленко А.Н., Джавадов А.А., Шубняков И.И. и др. Среднесрочные результаты использования индивидуальных конструкций при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):37–46. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46>
7. Kovalenko AN, Dzhavadov AA, Shubnyakov II, et al. Med-term outcomes of using custom-made implants for revision hip arthroplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(3):37–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-3-37-46>
8. Тихилов Р.М., Шубняков И.И., Коваленко А.Н. и др. Структура ранних ревизий эндопротезирования тазобедренного сустава. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(2):5–13. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2014-0-2-5-13>
9. Tikhilov RM, Shubnyakov II, Kovalenko AN, et al. The structure of early revisions after hip replacement. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2014;(2):5–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2014-0-2-5-13>
10. Slullitel PA, Oñativia JI, Buttarro MA, et al. State-of-the-art diagnosis and surgical treatment of acute peri-prosthetic joint infection following primary total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev*. 2018;3(7):434–441. PMID: 30233819. PMCID: PMC6129958. <http://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170032>
11. Николаев Н.С., Любимова Л.В., Пчелова Н.Н. и др. Использование имплантатов с покрытием на основе двумерно-упорядоченного линейно-цепочечного углерода, легированного серебром, для лечения перипротезной инфекции. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):98–108. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-4-98-108>
12. Nikolaev NS, Lyubimova LV, Pchelova NN, et al. Treatment of Periprosthetic Infection with Silver-Doped Implants Based on Two-Dimensional Ordered Linear Chain Carbon. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(4):98–108. (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-4-98-108>
13. Brennan SA, Fhoghlú CNí, Devitt BM, et al. Silver nanoparticles and their orthopaedic applications. *Bone Joint J*. 2015;97–B(5):582–589. PMID: 25922449. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B5.33336>
14. Тряпичников А.С., Ермаков А.М., Ключин Н.М. и др. Результаты лечения перипротезной инфекции крупных суставов у ВИЧ-позитивных больных. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(4):117–125. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-4-117-125>
15. Tryapichnikov AS, Ermakov AM, Klyushin NM, et al. Treatment outcomes of periprosthetic joint infection in HIV-positive patients. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(4):117–125. (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-4-117-125>
16. Parvizi J, Sullivan TA, Pagnano MW, et al. Total joint arthroplasty in human immunodeficiency virus-positive patients: an alarming rate of early failure. *J Arthroplasty*. 2003;18(3):259–264. PMID: 12728415. <https://doi.org/10.1054/arth.2003.50094>
17. Николаев Н.С., Кочаков В.Д., Новиков Н.Д. *Способ нанесения покрытия на устройства и инструменты для остеосинтеза, ортопедические имплантаты из металла*. Патент РФ на изобретение № 2697855 от 21 августа 2019.
18. Nikolaev NS, Kochakov VD, Novikov ND. *Method of coating application on devices and instruments for osteosynthesis, orthopedic implants from metal*. Russian patent no. 2697855. August 21, 2019. (In Russ.).
19. Lin CA, Kuo AC, Takemoto S. Comorbidities and Perioperative Complications in HIV-Positive Patients Undergoing Primary Total Hip and Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(11):1028–1036. PMID: 23780541. <https://doi.org/10.2106/JBJS.L.00269>
20. Lubega N, Mkandawire NC, Sibande GC, et al. Joint replacement in Malawi. *J Bone Joint Surg*. 2009;91–B(3):341–343. PMID: 19258609. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B3.21706>
21. Шильников В.А., Байбородов А.Б., Денисов А.О. и др. Результаты эндопротезирования тазобедренного сустава у пациентов с ВИЧ-инфекцией. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(4).
22. Shil'nikov VA, Bayborodov AB, Denisov AO, et al. Results of hip arthroplasty in patients with HIV infection. *Modern problems of science and education*. 2018;(4). (In Russ.).
23. Федорова Н.С., Новиков Н.Д., Карпунина А.В. Применение наноструктурированного углерода в дентальной имплантации. Инновационные технологии как фактор обеспечения конкурентоспособности регионов. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Чебоксары; 2009:173–176.
24. Fedorova NS, Novikov ND, Karpunina AV. Application of nanostructured carbon in dental implantation. Innovative technologies as a factor in ensuring the competitiveness of regions. *All-Russian scientific-practical conference proceedings*. Cheboksary; 2009:173–176. (In Russ.).
25. Маллин Д.А. *Использование имплантатов с линейно-цепочным углеродным покрытием в тимпанопластике*: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва; 2007:27.
26. Mallin DA. *Use of implants with linear chain carbon coating in tympanoplasty*. Cand. Sci. (Med.) thesis abstract. Moscow; 2007:27. (In Russ.).
27. Трубин В.В., Кочаков В.Д., Новиков Н.Д. Имплантаты с покрытием из линейно-цепочечного углерода

в челюстно-лицевой хирургии. *Современные достижения бионаноскопии: Вторая международная конференция. Сборник тезисов*. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова; 2008:42–43.

Trubin VV, Kochakov VD, Novikov ND. Linear chain carbon coated implants in maxillofacial surgery. *Modern advances in bionanoscropy: Second international conference. Proceedings*. Moscow: Lomonosov MSU; 2008:42–43. (In Russ.).

19. Бабаев В.Г., Новиков Н.Д., Гусева М.Б. и др. Пленки линейно-цепочечного углерода – упорядоченные ансамбли квантовых нитей – материал для нанoeлектроники. *Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век*. 2010;2(1):53–68.

Babaev VG, Novikov ND, Guseva MB, et al. Linear-chain carbon films – ordering ensemble of quantum wire – material for nanoelectronic. *Journal Nanotechnology: development and applications – XXI Century*. 2010;2(1):53–68. (In Russ.).

20. Тапальский Д.В., Николаев Н.С., Овсянкин А.В. и др. Покрyтия на основе двумерно упорядоченного линейно-цепочечного углерода для защиты титановых имплантатов от микробной колонизации. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(2):111–120. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120>

Tapalski DV, Nikolaev NS, Ovsyankin AV, et al. Coatings based on two-dimensionally ordered linear chain carbon for protection of titanium implants from microbial colonization. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(2):111–120. (In Russ.). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2019-25-2-111-120>

Сведения об авторах

Николаев Николай Станиславович, д. м. н., профессор, главный врач, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной медицины, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова (Чебоксары, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1560-470X>

Малюченко Леонид Игоревич, врач травматолог-ортопед, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-4199-7954>

Карпукhin Алексей Сергеевич, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-2882-9748>

Яковлев Вадим Валерьевич, заведующий травматолого-ортопедическим отделением, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3467-1959>

Максимов Александр Леонидович, врач травматолог-ортопед, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-7501-9879>

Григорьева Елена Валерьевна, врач анестезиолог-реаниматолог, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Чебоксары, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-7792-5912>

Никита Игоревич Рожков, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <http://orcid.org/0000-0003-1848-9839>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Nikolay S. Nikolaev, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Physician, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty; Head of Department of Traumatology, Orthopedics and Emergency Medicine, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov (Cheboksary, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1560-470X>

Leonid I. Malyuchenko, Traumatologist-orthopedist, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-4199-7954>

Aleksey S. Karpukhin, Head of the Traumatology and Orthopedics Department, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-2882-9748>

Vadim V. Yakovlev, Head of the Traumatology and Orthopedics Department, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3467-1959>

Alexander L. Maksimov, Traumatologist-orthopedist, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty (Cheboksary, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-7501-9879>

Elena V. Grigor'eva, Anesthesiologist-resuscitator, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, (Cheboksary, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-7792-5912>

Nikita I. Rozhkov, Postgraduate student, National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <http://orcid.org/0000-0003-1848-9839>

Conflict of interest: none declared.