

Случай из практики

УДК 617.3

ЗАМЕЩЕНИЕ ОБШИРНОГО ДИАФИЗАРНОГО ДЕФЕКТА БЕДРЕННОЙ КОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В. П. Волошин¹, доктор медицинских наук,
С. А. Ошкуков^{1*}, кандидат медицинских наук,
А. Г. Галкин¹,
А. В. Еремин¹, доктор медицинских наук
К. В. Шевырев¹, кандидат медицинских наук,
Д. В. Мартыненко¹, кандидат медицинских наук,
Е. В. Степанов¹,
А. А. Афанасьев¹,
С. Санкаранараянан Арумугам², кандидат медицинских наук

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», 129110, Россия, г. Москва, ул. Щепкина, д. 61/2.

² ГБУЗ МО «Щелковская областная больница», 141100, Россия, Московская обл., г. Щёлково, ул. Парковая, д. 8

РЕЗЮМЕ Дано описание лечения пациента с обширным дефектом бедренной кости, для замещения которого был применен индивидуальный имплантат, изготовленный посредством аддитивных технологий.

Ключевые слова: аддитивные технологии, индивидуальный имплантат, замещение диафизарного дефекта, эндопротезирование костей и суставов.

* Ответственный за переписку (corresponding author): sergey0687@mail.ru

Последствия переломов костей конечностей и их оперативное лечение являются социально значимой проблемой в травматологии и ортопедии, так как затрагивают работоспособную часть населения страны. Длительное лечение приводит к инвалидизации пациента, а следовательно, к потере дееспособности [19].

Несмотря на использование самых разнообразных методов консервативного и оперативного лечения переломов, несращения, образование ложных суставов и формирование дефектов кости отмечаются в 2–32 % случаев [1]. Это связано со значительными разрушениями органов и тканей в процессе травмы и уменьшением регенеративной и репаративной способностей организма. Обширные дефекты костей конечности могут быть результатом утраты кости в момент травмы; девитализации и секвестрации; инфекции как из-за первично открытого повреждения, так и в результате интраоперационной контаминации; поздней гематогенной инфекции [2]. В связи с увеличением случаев травматизма, количества посттрав-

матических и постоперационных осложнений появляется потребность в пластическом материале для замещения различных дефектов [3].

Частота развития периимплантной инфекции (ПИИ) после оперативного лечения переломов составляет 1–5 % [4] и приводит к длительной госпитализации, увеличению тяжести осложнений и, соответственно, росту затрат на лечение [5]. В США и Западной Европе каждый год фиксируется до 500 тыс. случаев имплант-ассоциированных инфекций [6]. Распространенность ПИИ после внутренней фиксации закрытых переломов составляет 0,5–2 %, при фиксации открытых переломов может превышать 30 % [7]. Образование биопленок при этом ведет к возникновению тяжелых имплантат-ассоциированных инфекционных осложнений, хроническому остеомиелиту, генерализации инфекции и сепсису [8, 9].

В настоящее время существуют две стратегии в лечении ПИИ после остеосинтеза. Первый подход – «union-first strategy» – направлен в первую очередь на обеспечение сращения, вторая стра-

тегия – «infection-elimination-first strategy» – на первичное удаление очага инфекции, а затем уже на достижение консолидации перелома. Вторая стратегия является более популярной и широко применяется в последнее десятилетие в основном зарубежными хирургами. Одним из недостатков «infection-elimination-first strategy» является формирование довольно крупных дефектов вследствие радикальной хирургической обработки раны (в том числе костной), что значительно усложняет реконструкцию на втором этапе. Эта тактика должна использоваться с большой осторожностью и только опытными хирургами [10].

Проблема сегментарных дефектов кости, которые формируются в результате хирургических вмешательств, решается замещением регенераторным материалом (ауто- и аллотрансплантат), регенератом (дистракционный метод Илизарова), протезированием кости [11]. Применение биологических аутоотрансплантатов имеет ряд недостатков: невозможность заместить обширные дефекты, длительность перестройки, снижение функциональной нагрузки, инфицирование и рассасывание аутоотрансплантата [12]. Перспективным методом аутоотрансплантации является пересаживание фрагмента малоберцовой кости на сосудистой ножке в дефект [13].

Существует множество аллотрансплантатов, применяемых для замещения костных дефектов, как биодеградируемых [14], так и небиодегради-

руемых (керамика, сплав металлов, углеродсодержащие и полимерные материалы) [15]. Перспективным направлением является комбинация аутоотрансплантатов с костнозамещающими компонентами [16].

Биологическим методом замещения дефектов костей является дистракционный метод по Г. А. Илизарову. Недостатком данной методики является необходимость длительной дистракции в стационаре под присмотром лечащего врача, вероятность развития воспаления мягких тканей, спицевого остеомиелита, неудобство при длительном применении [17].

В связи с сокращением сроков пребывания в стационаре ранняя активизация и социальная адаптация пациентов приводит к выбору альтернативной методики замещения обширных дефектов костей конечности с применением эндопротезирования пористым титаном в сочетании с погружным видом остеосинтеза или протезом [11, 17].

В настоящее время, с внедрением 3D-прототипирования появилась возможность персонализированного подхода с замещением сложных, обширных дефектов костей конечностей [17, 18].

Описанный клинический пример демонстрирует возможности лечения пациента с ПИИ путем применения аддитивных технологий для замещения обширного дефекта бедренной кости.



Рис. 1. а – Рентгенограмма левой бедренной кости до операции – неконсолидированный перелом левой бедренной кости после остеосинтеза пластиной с формированием секвестров и дефекта диафиза; б – рентгенограмма левой большеберцовой кости – слабоконсолидирующийся перелом большеберцовой кости в условиях погружного остеосинтеза штифтом

Пациент М., 1971 года рождения, поступил на лечение в отделение травматологии и ортопедии ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского 10.08.2018 с диагнозом от февраля 2018 г.: «Периимплантная инфекция, несросшийся инфицированный перелом левой бедренной кости в условиях погружного металлофиксатора. Хронический посттравматический остеомиелит левой бедренной кости. Комбинированная контрактура левого коленного сустава. Слабоконсолидирующий перелом костей левой голени, состояние после погружного металлоостеосинтеза штифтом» (рис. 1).

16.08.2018 пациенту выполнена операция по удалению металлофиксатора левой бедренной кости, радикальная хирургическая санация очага септического воспаления, резекция нежизнеспособных участков бедренной кости, наложение аппарата внешней фиксации на левое бедро (рис. 2).



Рис. 2. Рентгенограмма левой бедренной кости. Диафизарный дефект бедренной кости – 10 см, состояние после радикальной хирургической санации очага септического воспаления, резекции нежизнеспособных участков бедренной кости, наложения аппарата внешней фиксации на левое бедро

По результатам интраоперационного посева выделен *S. aureus* и *P. aeruginosa*. При гистологическом исследовании фрагментов удаленной бедренной кости от августа 2018 г. обнаружены костные секвестры с наличием гнойного экссуда-

та и разрастаниями грануляционной ткани в межбалочных структурах.

В послеоперационном периоде проводилось местное лечение послеоперационной раны, антибиотикотерапия (цефепим, цiproфлоксацин) с учетом выявленной чувствительности к микрофлоре. Воспалительный процесс купирован. На 14-е сутки пациент выписан на амбулаторное до-лечение по месту жительства.

27.05.2019 в ОТО ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского выполнена операция по удалению штифта левой большеберцовой кости, хирургическая санация, наложен аппарат внешней фиксации бедро – голень. По результатам микробиологического исследования и чувствительности к антибиотикам выявлен *P. aeruginosa*. Применение антибиотиков и местное лечение послеоперационной раны привели к купированию воспалительного процесса.

Для замещения обширного диафизарного дефекта бедренной кости обсуждались различные варианты оперативного пособия: костная пластика с армированием; билочальный остеосинтез; штифт с артродезом коленного сустава. С учетом сниженных местных регенераторных возможностей из-за длительно существовавшего очага хронической инфекции, начальных проявлений облитерирующего атеросклероза нижних конечностей (курение в течение более 20 лет) избрана тактика протезирования сегмента бедренной кости индивидуальным имплантатом. В августе 2019 г. выполнен демонтаж аппаратов внешней фиксации, иммобилизация левой нижней конечности ортезом. Проводились пункции в области левого бедра. Роста микрофлоры по результатам микробиологического исследования обнаружено не было, достигнута стойкая ремиссия.

Проведено предоперационное планирование и разработана трехмерная цифровая модель индивидуального имплантата бедренной кости (рис. 3).

Предоперационное планирование включало в себя несколько этапов. Проектирование модели осуществлялось на основе результатов компьютерной томографии костей нижних конечностей в программе 3-matic, которая корректировала укорочение по сравнению с противоположной конечностью с последующим определением необходимого размера индивидуального имплантата бедренной кости.

Описание конструкции. Имплантат состоит из трех частей, жестко соединенных между собой. Проксимальная часть включает канюлированный штифт, на дистальной части которого имеется

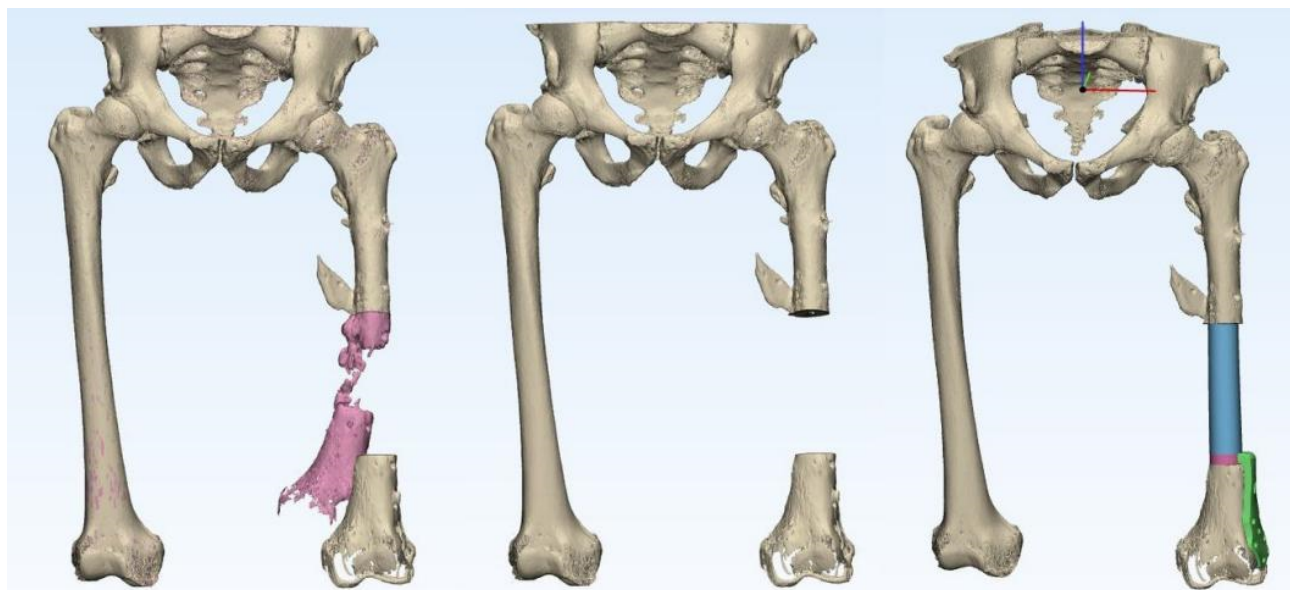


Рис. 3. Предоперационное планирование. Коррекция укорочения левой нижней конечности по сравнению с правой, уровень резекции и моделирование индивидуального имплантата

опорная площадка. Штифт в сечении круглый, диаметром 15 мм и длиной 104 мм. Канал в штифте – 6 мм. В проксимальной части штифта имеются три отверстия: два круглых, расположенных в сагиттальной плоскости, предназначены для статического блокирования, и одно овальное длиной 10 мм, расположенное во фронтальной плоскости. Диафизарная часть имплантата, замещающая дефект бедренной кости, имеет форму втулки с наружным диаметром, соответствующим наружным размерам проксимальной и дистальной частей бедренной кости. Наружная поверхность и проксимальный торец диафизарной части имеет пористую трабекулярную структуру (ромбический додекаэдр ортогонального расположения). Дистальная часть имплантата выполнена в виде пластины индивидуальной формы и размера, с анатомически изогнутой опорной площадкой. Пластина крепится к дистальной части бедренной кости с латеральной стороны и имеет расширяющуюся часть в направлении коленного сустава. В узкой части пластины расположен паз под винт со сферической головкой или винт с угловой стабильностью. В расширяющейся части находятся шесть отверстий под винты с угловой стабильностью. Направления винтов выбраны таким образом, чтобы обеспечить максимально надежную фиксацию пластины к дистальному отделу бедренной кости. Опорная площадка по наружной поверхности и со стороны, прилегающей к кости, имеет пористую трабекулярную структуру. Пластина имеет толщину от 6 до 3 мм и ширину в узкой части 18 мм (рис. 4).

Прочностные характеристики материала соответствуют стандарту F3001-14. Критическое сечение индивидуального имплантата рассчитывалось исходя из особенностей аналогичных конструкций и конструкторского опыта.

Печать индивидуального имплантата проводилась из титанового сплава «Ti6AL4V (BT6)» на трехмерном принтере «Trumpf TruPrint 1000».

Хирургическая техника. 05.02.2020 выполнена хирургическая санация, остеосинтез левой бедренной кости индивидуальным имплантатом, изготовленным посредством аддитивных технологий. Этапы операции включали релиз фасции, мышц, оссифицированного рубца по медиальной поверхности и ложу дефекта бедренной кости; опил проксимального и дистального отделов бедренной кости. Производилось рассверливание проксимального отдела бедренной кости с установкой канюлированного штифта с блокированием, фиксацией пластины в дистальном отделе бедренной кости. Костная стружка из канала бедренной кости применена для костной пластики в местах прилегания пористой трабекулярной структуры к кости.

В послеоперационном периоде проводилось местное лечение послеоперационной раны, антибиотикопрофилактика (цефипим), ЛФК, активизация. Посев на микрофлору и чувствительность к антибиотикам роста не выявил. Восстановлена опороспособность левой нижней конечности, достигнуто компенсирование укорочения на 3 см (до операции укорочение составляло 6 см) (рис. 5).

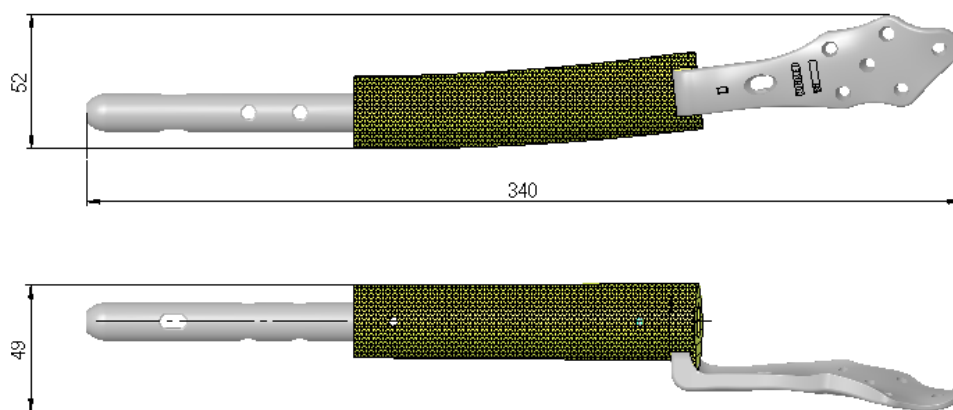
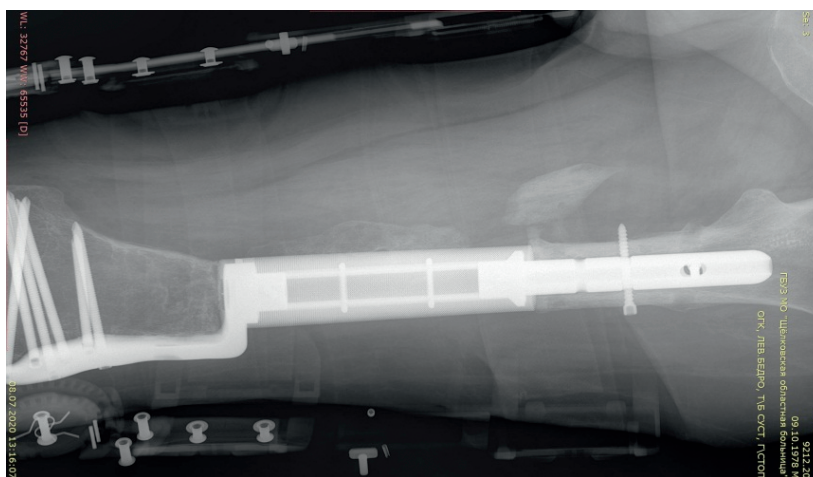


Рис. 4. 3D цифровая модель индивидуального имплантата бедренной кости



а



б

Рис. 5. **а** – остеосинтез левой бедренной кости индивидуальным имплантатом, консолидированный перелом левой большеберцовой кости; **б** – остеосинтез левой бедренной кости индивидуальным имплантатом через шесть месяцев после операции

Представленный клинический случай демонстрирует этапное лечение последствий множественной травмы нижней конечности с применением современных методов. Технологии аддитивного производства позволяют активно решать проблемы персонализированной медицины, что в свою очередь способствует улучшению качества жизни пациентов после лечения имплантат-ассоциированной инфекции.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-3785.2019.7. Тема научного исследования: «Замещение дефектов костной ткани в области коленного сустава с применением индивидуального внутрикостного штифта, изготовленного посредством аддитивных технологий, у пациентов с неблагоприятными исходами эндопротезирования».

ЛИТЕРАТУРА

1. Diaphyseal long bone nonunions – types, aetiology, economics, and treatment recommendations / M. Rupp, C. Biehl, M. Budak [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2018. – Vol. 42. – P. 247–258.
2. Kliushin, N. M. Our experience in the management of periprosthetic knee joint infection / N. M. Kliushin, I. V. Ababkov, A. M. Emakov // *Genij Ortopedii*. – 2019. – Vol. 25, № 2. – P. 162–171.
3. Darouiche, R. O. Treatment of infections associated with surgical implants / R. O. Darouiche // *The New England Journal of Medicine*. – 2004. – Vol. 350. – P. 1422–1429.
4. Prophylaxis and treatment of implant-related infections by antibiotic-coated implants: a review / G. Schmidmaier, M. Lucke, B. Wildemann [et al.] // *Injury*. – 2006. – May. 37 (Suppl 2). – P. 105–112.
5. Неблагоприятные тенденции в этиологии ортопедической инфекции: результаты 6-летнего мониторинга структуры и резистентности ведущих возбудителей / С. А. Божкова, А. Р. Касимова, Р. М. Тихилов [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2018. – Т. 24, № 4. – P. 20–31.
6. Trampuz, A. Infections associated with orthopedic implants / A. Trampuz, A. F. Widmer // *Curr. Opin. Infect. Dis.* – 2006. – Vol. 19, № 4. – P. 349–356.
7. Лямин, А. В. Проблемы в медицине, связанные с бактериальными плёнками / А. В. Лямин, Е. А. Боткин, А. В. Жестков // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 268–275.
8. Применение имплантатов с антибактериальным покрытием в ортопедии и травматологии: современное состояние проблемы / К. Л. Романо, С. А. Божкова, В. Артюх [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 6474.
9. Motsitsi, N. M. Management of infected non union of long bones: The last decade / N. M. Motsitsi // *Injury Int. J. Care Injured*. – 2008. – Feb; 39(2). – P. 155–160.
10. Brendamari R., Biomaterials for orthopedics [Electronic resource] / R. Brendamari, A. Romero // *Applications of Engineering Mechanics in Medicine*. – 2004. – URL: <http://jimboenk.heck.in/files/materi-biomaterial-2.pdf>.
11. Замещение обширных диафизарных дефектов длинных костей конечностей / А. П. Барабаш, Л. А. Кесов, Ю. А. Барабаш, С. П. Шпиняк // *Травматология и ортопедии России*. – 2014. – № 2 (72). – С. 93–99.
12. Ирьянов, Ю. М. Возмещение полостного дефекта кости в условиях имплантации сетчатых конструкций из никелида титана / Ю. М. Ирьянов, Д. Ю. Борзунов, О. В. Дюрягина // *Новости хирургии*. – 2017. – № 25(2). – С. 115–123.
13. Шастов, А. Л. Проблема замещения посттравматических дефектов длинных костей в отечественной травматолого-ортопедической практике (обзор литературы) / А. Л. Шастов, Н. А. Кононович, Е. Н. Горбач // *Гений ортопедии*. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 252–257.
14. Использование ауто- и аллотрансплантатов для замещения костных дефектов при резекциях опухолей костей (обзор литературы) / Е. А. Анастасиева, М. А. Садовой, А. А. Воропаева, И. А. Кириллова // *Травматология и ортопедия России*. – 2017. – № 23(3). – С. 148–155.
15. Регенерация кости в области ортотопической алло- и ксенотрансплантации / Т. А. Силантьева, А. Н. Накоскин, Н. В. Накоскина, И. А. Талашова // *Практическая медицина*. – 2019. – № 17(1). – С. 80–81.
16. Evaluation of Clinical Results and Complications of Structural Allograft Reconstruction after Bone Tumor Surgery / M. Gharedaghi, M. T. Peivandi, M. Mazloomi [et al.] // *Arch Bone Joint Surg*. – 2016. – Vol. 4(3). – P. 236–242.
17. Методы восстановительного хирургического лечения больных с дефектами и ложными суставами бедра / Л. В. Сытин, А. А. Цыганов, М. Н. Петряков [и др.] // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. – 2011. – № 1. – С. 82–85.
18. Горбатов, Р. О. Прецизионные персонализированные имплантаты для замещения костных дефектов при лечении пациентов с остеонкологией / Р. О. Горбатов, Р. М. Нифтуллаев, А. Е. Новиков // *Современные проблемы науки и образования*. – 2016. – № 6. – С. 247.
19. Современное состояние проблемы травматизма / Р. У. Хабриев, С. Н. Черкасов, К. А. Егиазарян, Л. Ж. Аттаева // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. – 2017. – № 25(1). – С. 4–7.

REPAIR OF MASSIVE DIAPHYSEAL DEFECT OF THIGHBONE BY ADDITIVE TECHNOLOGIES

V. P. Voloshin, S. A. Oshkukov, A. G. Galkin, A. V. Eryomin, K. V. Shevyrev, D. V. Martynenko, E. V. Stepanov, A. A. Afanassiev, S. Shankaranarayanan Arumugam

ABSTRACT Authors described the treatment of the patient with massive defect of thighbone; personal implant was made by additive technologies for its repair.

Key words: additive technologies, personal implant, repair of diaphyseal defect, endoprosthesis of bones and joints.