

УДК 616.718.55/.66-001.514-089

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024123438-447>

Хирургическое лечение открытого оскольчатого перелома дистальных метаэпифизов костей голени: 3D-планирование как способ уменьшить травматичность операции

А. Б. Кошкин^{1, 2✉}, М. В. Паршиков¹, С. В. Новиков², А. А. Прохоров², П. А. Шантруков², А. С. Новиков³, О. А. Беляев³

¹ Российский университет медицины, Москва, Российская Федерация

² Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация

³ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Кошкин Арсентий Борисович, febris@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Представлен клинический случай оперативного лечения пациентки 74 лет с диагнозом: Открытый многооскольчатый внутрисуставной перелом обеих костей левой голени со смещением отломков. Больная подписала письменное согласие на использование ее клинического случая в научных целях. Особенностью этого клинического случая явилась особая необходимость проведения хирургической операции пациентке пожилого возраста с тяжелыми сопутствующими заболеваниями (постинфарктный кардиосклероз, цереброваскулярная болезнь с вестибулоатактическим синдромом, эндопротезирование коленного сустава на этой же стороне в анамнезе) с минимизацией интра- и послеоперационного риска (снижения времени операции, ее травматичности, интраоперационной кровопотери, рентгеновской экспозиции при сохранении качества репозиции и стабильной фиксации. Для этого во время предоперационного планирования использовали распечатанную на 3D-принтере модель ее перелома, на основе данных компьютерной томографии перелома в условиях фиксации в аппарате наружной фиксации. Использование полноразмерного 3D-прототипа позволило подобрать оперативный доступ с учетом расположения ключевых фрагментов, подобрать фиксатор определенной формы и размеров, дало возможность членам операционной бригады обсудить маневры репозиции и рассказать о предстоящей операции самой пациентке. В статье кратко описан процесс производства 3D-модели, обсуждены результат операции и ранние послеоперационные результаты.

Заключение. Внедрение технологии 3D-печати в современную травматологию способствует увеличению безопасности и точности хирургических операций, а также уменьшает время операции. Будущие усилия по рутинному применению данной технологии должны быть направлены на снижение затрат и повышение доступности 3D-печати.

Ключевые слова: переломы пилона; 3D-моделирование; предоперационное планирование

Для цитирования:

Кошкин А. Б., Паршиков М. В., Новиков С. В., Прохоров А. А., Шантруков П. А., Новиков А. С., Беляев О. А. Хирургическое лечение открытого оскольчатого перелома дистальных метаэпифизов костей голени: 3D-планирование как способ уменьшить травматичность операции // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2024. Т. 12, № 3. С. 438–447. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024123438-447>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024123438-447>

Surgical Treatment of an Open Comminuted Fracture of Distal Metaepiphyses of Lower Leg Bones: 3D Planning as a Way to Reduce Traumaticity of the Operation

Arsentiy B. Koshkin^{1, 2✉}, Mikhail V. Parshikov¹, Sergey V. Novikov², Andrey A. Prokhorov², Pavel A. Shantrukov², Anton S. Novikov³, Oleg A. Belyayev³

¹ Russian University of Medicine, Moscow, Russian Federation

² Moscow Multidisciplinary Clinical Center “Kommunarka” of the Moscow Department of Health, Moscow, Russian Federation

³ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Arsentiy B. Koshkin, febris@mail.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: The article presents a clinical case of surgical treatment of a 74-year-old female patient with the diagnosis: Open comminuted intra-articular fracture of both left leg bones with displacement of fragments. The patient signed an informed consent to use her clinical case for scientific purposes. A peculiarity of the given clinical case was a necessity to perform the surgical operation on an elderly patient with severe concomitant diseases (postinfarction atherosclerosis, cerebrovascular disease with vestibular ataxia, history of knee arthroplasty on the same side) with minimization of intra- and postoperative risk (reducing the operation time, the extent of injury, intraoperative blood loss, X-ray exposure while maintaining the reposition quality and stable fixation). For this, in preoperative planning, a 3D printed model of the fracture was used, based on the computed tomography data obtained with fixation in an external fixation apparatus. Use of a full-size 3D prototype permitted to select a surgical access taking into account location of key fragments, to select a fixator of a certain shape and size, gave the members of the operating team an opportunity to discuss reposition maneuvers and to tell the patient about the upcoming operation. The article contains a brief description of 3D model manufacture process and discusses the result of the operation and early postoperative results.

CONCLUSION: The introduction of 3D printing technology in modern traumatology helps to increase the safety and accuracy of surgical operations and reduce the operation time. Future efforts on routine application of this technology should be directed at reducing cost and increasing the availability of 3D printing.

Keywords: *pilon fracture; 3D modeling; preoperative planning*

For citation:

Koshkin A. B., Parshikov M. V., Novikov S. V., Prokhorov A. A., Shantrukov P. A., Novikov A. S., Belyayev O. A. Surgical Treatment of an Open Comminuted Fracture of Distal Metaepiphyses of Lower Leg Bones: 3D Planning as a Way to Reduce Traumaticity of the Operation. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(3):438–447. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024123438-447>.

Актуальность

Дистальные переломы большеберцовой кости характеризуются широким разнообразием механизмов травмы, демографических характеристик пациентов и сочетанием повреждений костей и мягких тканей. Хирургическое лечение таких повреждений необходимо выполнять с учетом максимально бережного отношения к мягким тканям, при этом обеспечивая стабильную фиксацию отломков.

Для выбора оптимального метода лечения переломов дистального отдела большеберцовой кости следует уделить особое внимание морфологии перелома: степени разрушения суставной поверхности большеберцовой кости, наличию импрессии, локализации и размеру фрагментов. Стратегия выбора хирургических доступов и имплантов основана на изучении диагностических изображений перелома, в первую очередь, данных компьютерной томографии.

Однако полностью восстановить функцию и избежать осложнений удается не всегда, даже при правильном выборе времени операции, наличии благоприятных факторов организма и профессиональной хирургической техники. Недавно опубликованный системный обзор и метаанализ продемонстрировали, что несмотря на принятую стратегию двухэтапного лечения, риск глубокой инфекции хирургического поля при переломах пилона остается на уровне до 9% [1]. Более того, риск посттравматического артрита составляет 26% [2]. Что касается функциональных результатов, D. Volgas, и др. обнаружили, что только 30% пациентов, подвергшихся остеосинтезу перелома пилона, возвращались на работу в течение 12 месяцев после травмы. Более того, всего 14% работников физического труда возвращались на работу через 12 месяцев после травмы [3].

При хирургическом лечении дистальных переломов костей голени широко придерживаются четырех классических принципов, предложенных АО/ASIF: (1) восстановление длины малоберцовой кости, (2) анатомичная репозиция суставной

поверхности, (3) заполнение костного дефекта и (4) стабилизация медиальной колонны [4]. Однако широкое разнообразие этих переломов по морфологии и механизму повреждения приводит к тому, что механическое копирование этих принципов может привести к плохим результатам и даже к неудачному лечению в некоторых тяжелых случаях.

Четкое понимание морфологии переломов пилона способствует разумному выбору хирургического лечения: от хирургического доступа, подбора импланта, репозиционного приема и до реабилитации. Трехмерная (3D) печать — это технология быстрого прототипирования, которая использует трехмерную цифровую модель для создания физического объекта слой за слоем. В последние годы использование 3D-печати позволило быстро изготавливать на заказ специально разработанные имплантаты для ортопедической и реконструктивной хирургии, что может помочь в точном предоперационном планировании, симуляции хирургической стратегии и улучшении коммуникации с пациентами [5].

Клинический случай

Пациентка П., 74 г., рост 161 см, вес 69 кг, индекс массы тела (ИМТ) 26, поступила в одну из городских клинических больниц с диагнозом: Открытый многооскольчатый внутрисуставной перелом обеих костей левой голени со смещением отломков. Травму получила в быту 14.09.2023, подвернув ногу в голеностопном суставе на дачном участке. Бригадой скорой медицинской помощи доставлена в стационар. При осмотре область левого голеностопного сустава отечна, отмечается вальгусная деформация голеностопного сустава. По передневнутренней поверхности голеностопного сустава имеется точечная рана без активного кровотечения. Пациентке выполнена компьютерная томография голеностопного сустава (рис. 1), выявившая многооскольчатый перелом дистальных метаэпифизов костей левой голени. В анамнезе отмечается тотальное эндопротезирование левого коленного су-

става (на стороне перелома), а также постинфарктный кардиосклероз и хроническая ишемия головного мозга с вестибулоатактическим синдромом.

ческая ишемия головного мозга с вестибулоатактическим синдромом.

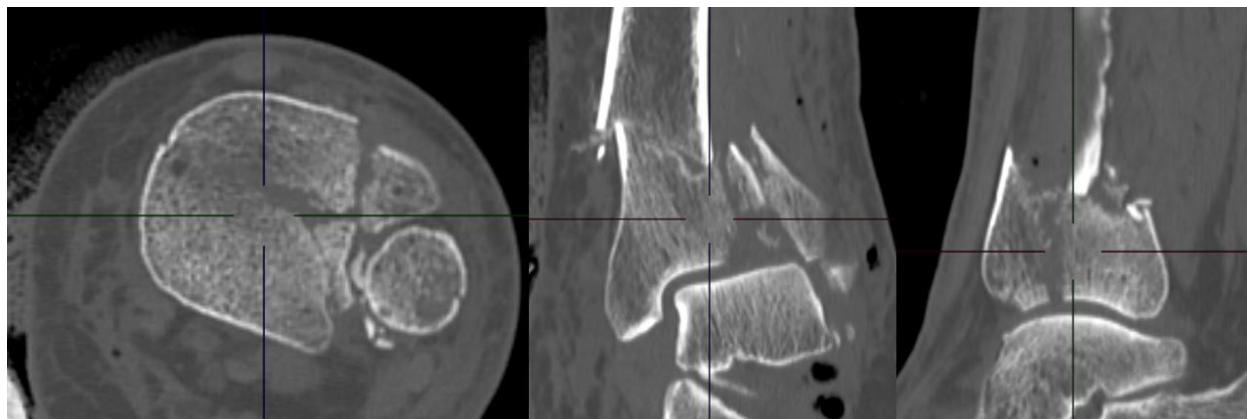


Рис. 1 Компьютерная томограмма левого голеностопного сустава пациентки П., 74 г. при поступлении: аксиальный, фронтальный, сагиттальный срезы.

Учитывая наличие у пациентки открытого многооскольчатого внутрисуставного перелома, в экстренном порядке пациентке после предоперационной подготовки и обследования выполнено опера-

тивное вмешательство: закрытая ручная репозиция перелома костей левой голени. Наложение аппарата наружной фиксации. После операции выполнена контрольная компьютерная томограмма (рис. 2).

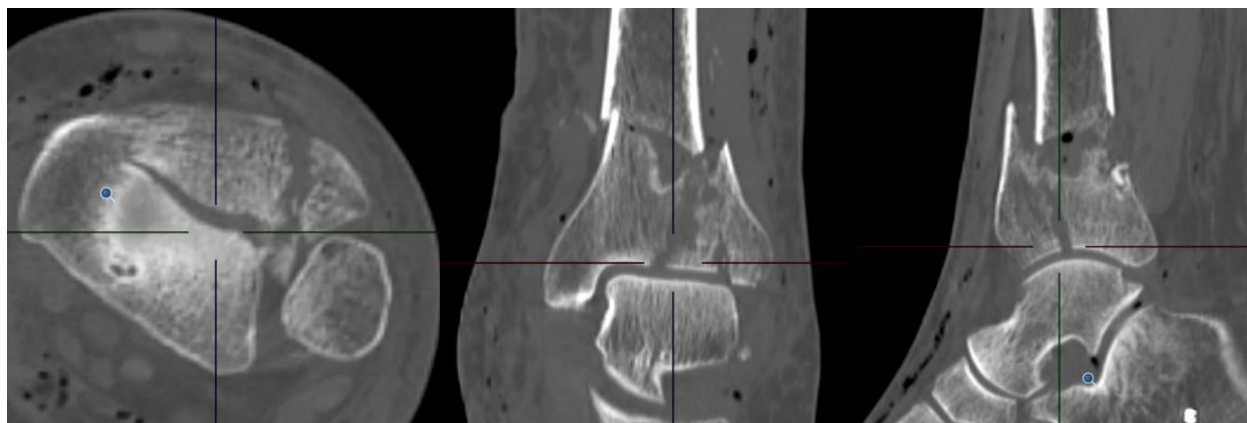


Рис. 2 Компьютерная томограмма левого голеностопного сустава пациентки П., 74 г. КТ-контроль после наложения аппарата наружной фиксации: аксиальный, фронтальный, сагиттальный срезы.

В послеоперационном периоде пациентка получала обезболивающую, антибактериальную, антикоагулянтную, симптоматическую терапию, перевязки. Выполнен анализ компьютерных томограмм пациентки. Перелом классифицирован по АО: 43C2 Ruedi–Allgower: 3 тип, Leonetti–Tigani — тип 3S [6]; Tang — повреждены

латеральная и передняя колонны [7]. Выявлен ключевой фрагмент перелома пилона — передне-латеральный фрагмент (Charut). Причем ключевая деформация у данной пациентки является вальгусной, в связи с чем необходимо укрепить латеральную и переднюю колонны.

На основании КТ-изображений при помощи программы AW Server ver. 3.2 (GE Software, США) выполнена трехмерная реконструкция перелома, позволяющая визуально оценить форму, характер, локализацию отломков и их смещение. С целью предоперационного планирования был изготовлен полномасштабный трехмерный прототип перелома: данные КТ были очищены от лишних «шумов» и сглажены, чтобы убрать неоднородности на поверхности большеберцовой кости. Затем данные были обработаны с использованием программы для трехмерной печати (Prusa-Slicer 2.4.1) и отправлены на

печать с использованием 3D-принтера (Creality Ender 6, Китай). Время, затраченное на обработку изображения и печать 3D-модели, составило 18 часов.

Полученный полноразмерный прототип полностью воспроизводил морфологию перелома, что позволило максимально эффективно использовать его при предоперационном планировании. Учитывая переднелатеральную локализацию ключевого фрагмента, был выбран переднелатеральный доступ с установкой передней г-образной пластины с угловой стабильностью (рис. 3).

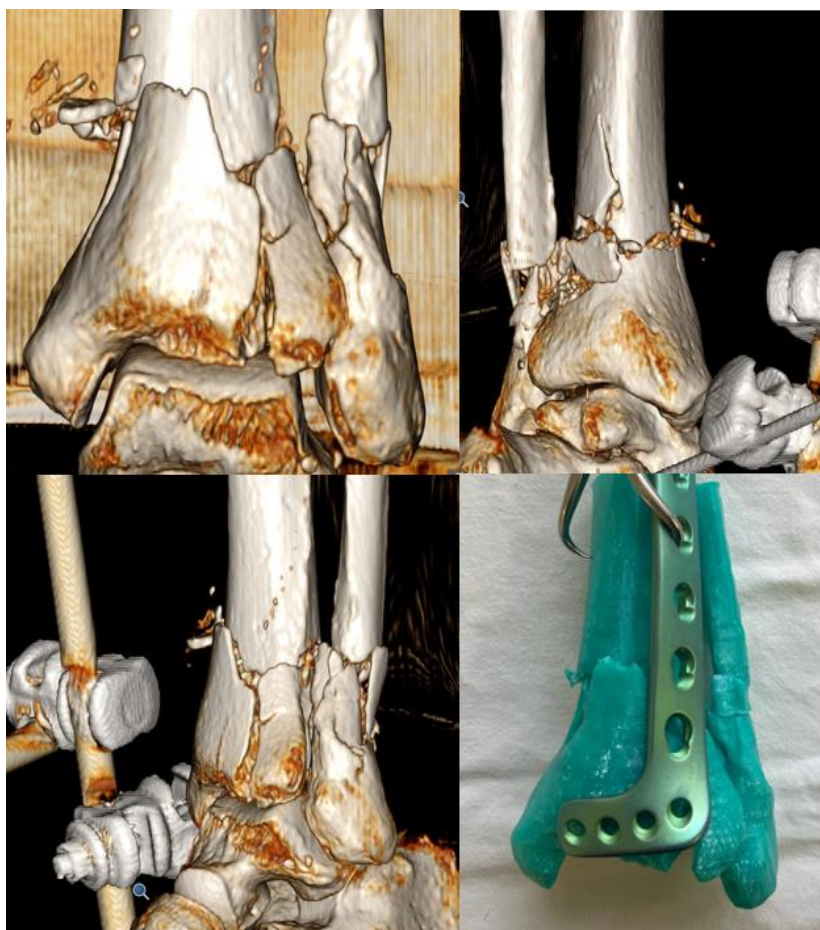


Рис. 3. Данные 3D-реконструкции перелома пациентки П. и результат предоперационного планирования с использованием 3D-прототипа.

Соответствие размеров 3D-модели реальным позволило определить размеры пластины и длину соответствующих винтов. После планирования пациентке была

предемонстрирована модель ее перелома, обсуждены этапы операции и принципы реабилитации в раннем послеоперационном периоде.

Критериями готовности кожных покровов ко второму этапу лечения: погружному остеосинтезу являлось спадение отека (окружность голеностопного сустава по сравнению со здоровым не более 5 мм, положительный симптом кожной складки, наличие «морщинок на коже»), заживление раны, отсутствие фликтен.

Второй этап оперативного лечения выполнен на 6 сутки с момента травмы. Аппарат наружной фиксации демонтирован. Выполнен переднелатеральный классически доступ по Bohler [8] размером 7 см к ключевому переднелатеральному фрагменту. Выполнена репозиция отломков, провизорная фиксация спицами Киршнера. Контроль репозиции осуществляли с использованием визуальной

оценки, пальпации и также с применением электронно-оптического преобразователя (GE Evolution, США). Перелом фиксирован переднелатеральной г-образной пластиной LCP. Далее из отдельного доступа выполнен мостовидный остеосинтез перелома наружной лодыжки. Хирургической бригаде во время операции была предоставлена 3D-модель перелома пациентки и заранее подобранные пластины, и винты соответствующего размера. По завершению операции иммобилизацию не проводили. Время операции составило 55 минут. Кровопотеря минимальна. Рентгеновская экспозиция 12 снимков на электронно-оптическом преобразователе. Выполнены компьютерные томограммы после операции (рис. 4).

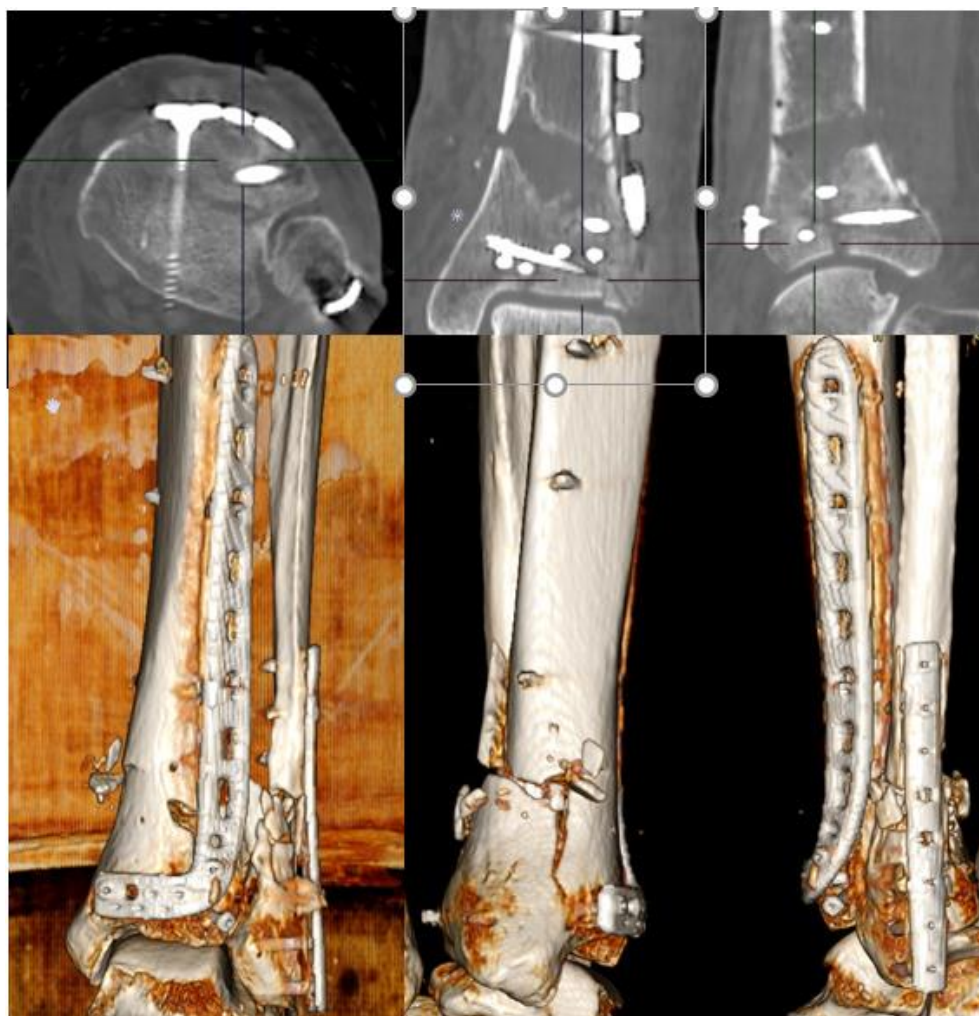


Рис. 4. Контрольные компьютерные томограммы пациентки П. после погружного остеосинтеза.

Качество репозиции соответствует критериям анатомичной репозиции по Burwell–Charnley [9]. Пациентка выписана на 5 сутки после погружного остеосинтеза, на 11 сутки после травмы. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением, воспалительных процессов в области голеностопного сустава не было. Были даны следующие рекомендации: ходьба при помощи костылей без нагрузки на оперированную нижнюю конеч-

ность 8 недель с момента операции, контрольная рентгенография и осмотр оперирующим хирургом на 4, 8, 12 неделях с момента операции. Со вторых суток после погружного остеосинтеза пациентке разрешена разработка движений в голеностопном суставе.

На контрольном осмотре через 1 месяц отмечается отсутствие воспаления, достаточный объем движений в голеностопном суставе (рис. 5).



Рис. 5. Объем движений в голеностопном суставе через 4 недели после операции.

Обсуждение

Предпочтительным методом фиксации дистальных переломов голени является остеосинтез пластиной [10]. Высокая частота осложнений при одномоментном погружном остеосинтезе большеберцовой кости привела к разработке двухэтапной стратегии оперативного лечения, при которой первым этапом выполняют закрытую репозицию и фиксацию в аппарате наружной фиксации, а после спадения отека и заживления ран (если таковые имеются) — вторичный погружной остеосинтез пластиной [11].

Двухэтапная стратегия включает в себя концепцию «Span–Scan–Plan» — «Растяни перелом — Сделай КТ — Планируй операцию» [12]. Компьютерная томография в условиях первичной стабилизации перелома в аппарате наружной фик-

сации позволяет детально оценить геометрию перелома и мобильность фрагментов, а также может повлиять на выбор доступа. P. Tornetta 3rd, и др. сообщают, что данные КТ-сканирования после наложения аппарата наружной фиксации в 64% случаев послужили основным фактором в выборе фиксатора [13]. Представленный клинический случай подтверждает эти данные: на представленных томограммах при поступлении очень сложно идентифицировать ключевой отломок (Charut), в то время как на томограммах в аппарате наружной фиксации он отчетливо виден.

Множество классификаций переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости говорит о широком многообразии морфологических форм этих переломов с одной стороны, а с другой сторо-

ны — о невозможности создать на основе классификации четкий алгоритм действий, который облегчил бы планирование хирургического доступа, выбор фиксатора и разработку стратегии приемов репозиции. Тем не менее, несмотря на сложность и громоздкость одних классификаций и малую релевантность других, их использование в планировании остеосинтеза переломов дистального метаэпифиза полезно, так как этот процесс способствует более детальному изучению характеристик перелома [14].

Изготовление 3D-модели перелома является следующим шагом к лучшему пониманию его морфологии. Полноразмерный прототип оптимизирует планирование операции и может влиять на улучшение результатов лечения. Двухэтапная стратегия лечения переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости создает благоприятные условия для изготовления 3D-модели: время между фиксацией перелома в аппарате наружной фиксации и погружным остеосинтезом существенно больше времени, необходимого для изготовления 3D-модели.

В представленном клиническом наблюдении пациентка имеет тяжелые сопутствующие заболевания и неудовлетворительное качество костной ткани

(учитывая несоответствие механизма травмы степени разрушения суставной поверхности) — в связи с этим уменьшение времени операции, а также минимизация травмы мягких тканей и кости — единственный способ избежать инфекционных и прочих осложнений.

Применение 3D-печати в травматологии и ортопедии находит все более широкое применение как для предоперационного планирования и коммуникации с пациентами, так и для других целей: изготовление индивидуальных имплантов [15], направителей [16] для остеотомий и для проведения винтов. Такие недостатки, как относительная дороговизна и длительность процедуры 3D-печати, а также вопросы применения биосовместимых материалов, стерилизации и прочее, могут быть решены с развитием науки и техники.

Заключение

Внедрение технологии 3D-печати в современную травматологию способствует увеличению безопасности и точности хирургических операций, а также уменьшает время операции. Будущие усилия по рутинному применению данной технологии должны быть направлены на снижение затрат и повышение доступности 3D-печати.

Список источников

1. Bullock T.S., Ornell S.S., Naranjo J.M.G., et al. Risk of surgical site infections in OTA/AO Type C tibial plateau and tibial plafond fractures: a systematic review and meta-analysis // *J. Orthop. Trauma*. 2022. Vol. 36, No. 3. P. 111–117. doi: [10.1097/bot.0000000000002259](https://doi.org/10.1097/bot.0000000000002259)
2. Malik-Tabassum K., Pillai K., Hussain Y., et al. Post-operative outcomes of open reduction and internal fixation versus circular external fixation in treatment of tibial plafond fractures: a systematic review and meta-analysis // *Injury*. 2020. Vol. 51, No. 7. P. 1448–1456. doi: [10.1016/j.injury.2020.04.056](https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.04.056)
3. Volgas D., De Vries J.G., Stannard J.P. Short-term financial outcomes of pilon fractures // *J. Foot Ankle Surg.* 2010. Vol. 49, No. 1. P. 47–51. doi: [10.1053/j.jfas.2009.07.017](https://doi.org/10.1053/j.jfas.2009.07.017)
4. Ruedi T.P., Allgöwer M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1979. No. 138. P. 105–110.
5. Zheng W., Chen C., Zhang C., et al. The Feasibility of 3D Printing Technology on the Treatment of Pilon Fracture and Its Effect on Doctor-Patient Communication // *Biomed Res. Int.* 2018. Vol. 2018. P. 8054698. doi: [10.1155/2018/8054698](https://doi.org/10.1155/2018/8054698)
6. Leonetti D., Tigani D. Pilon fractures: A new classification system based on CT-scan // *Injury*. 2017. Vol. 48, No. 10. P. 2311–2317. doi: [10.1016/j.injury.2017.07.026](https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.07.026)
7. Tang X., Tang P.-F., Wang M.-Y., et al. Pilon fractures: a new classification and therapeutic strategies // *Chin. Med. J. (Engl.)*. 2012. Vol. 125, No. 14. P. 2487–2492.
8. Herscovici D. Jr., Sanders R.W., Infante A., et al. Bohler incision: an extensile anterolateral approach to the foot and ankle // *J. Orthop. Trauma*. 2000. Vol. 14, No. 6. P. 429–432. doi: [10.1097/00005131-200008000-00009](https://doi.org/10.1097/00005131-200008000-00009)

9. Burwell H.N., Charnley A.D. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement // *J. Bone Joint Surg. Br.* 1965. Vol. 47, No. 4. P. 634–660. doi: [10.1302/0301-620X.47B4.634](https://doi.org/10.1302/0301-620X.47B4.634)
10. Bisaccia M., Cappiello A., Meccariello L., et al. Nail or plate in the management of distal extra-articular tibial fracture, what is better? Valuation of outcomes // *SICOT J.* 2018. Vol. 4. P. 2. doi: [10.1051/sicotj/2017058](https://doi.org/10.1051/sicotj/2017058)
11. Sirkin M., Sanders R., Di Pasquale T., et al. A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures // *J. Orthop. Trauma.* 1999. Vol. 13, No. 2. P. 78–84. doi: [10.1097/00005131-199902000-00002](https://doi.org/10.1097/00005131-199902000-00002)
12. Stillhard P.F., Frima H., Sommer C. Pilon fractures-considerations for treatment strategies and surgical approaches // *Oper. Orthop. Traumatol.* 2018. Vol. 30, No. 6. P. 435–456. doi: [10.1007/s00064-018-0570-8](https://doi.org/10.1007/s00064-018-0570-8)
13. Tornetta 3rd P., Gorup J. Axial computed tomography of pilon fractures // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1996. No. 323. P. 273–276. doi: [10.1097/00003086-199602000-00037](https://doi.org/10.1097/00003086-199602000-00037)
14. Зубов А.А., Рябова М.Н., Новикова Ю.К. Случай осложненного течения перелома дистального метаэпифиза лучевой кости // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2022. Т. 10, № 2. С. 203–212. doi: [10.23888/HMJ2022102203-212](https://doi.org/10.23888/HMJ2022102203-212)
15. Wu Y., Liu J., Kang L., et al. An overview of 3D printed metal implants in orthopedic applications: Present and future perspectives // *Heliyon.* 2023. Vol. 9, No. 7. P. e17718. doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e17718](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17718)
16. Meng M., Wang J., Sun T., et al. Clinical applications and prospects of 3D printing guide templates in orthopaedics // *J. Orthop. Translat.* 2022. Vol. 34. P. 22–41. doi: [10.1016/j.jot.2022.03.001](https://doi.org/10.1016/j.jot.2022.03.001)

References

1. Bullock TS, Ornell SS, Naranjo JMG, et al. Risk of surgical site infections in OTA/AO Type C tibial plateau and tibial plafond fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Trauma.* 2022; 36(3):111–7. doi: [10.1097/bot.0000000000002259](https://doi.org/10.1097/bot.0000000000002259)
2. Malik-Tabassum K, Pillai K, Hussain Y, et al. Post-operative outcomes of open reduction and internal fixation versus circular external fixation in treatment of tibial plafond fractures: a systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2020;51(7): 1448–56. doi: [10.1016/j.injury.2020.04.056](https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.04.056)
3. Volgas D, De Vries JG, Stannard JP. Short-term financial outcomes of pilon fractures. *J Foot Ankle Surg.* 2010;49(1):47–51. doi: [10.1053/j.jfas.2009.07.017](https://doi.org/10.1053/j.jfas.2009.07.017)
4. Rüedi TP, Allgöwer M. The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;(138):105–10.
5. Zheng W, Chen C, Zhang C, et al. The Feasibility of 3D Printing Technology on the Treatment of Pilon Fracture and Its Effect on Doctor-Patient Communication. *Biomed Res Int.* 2018;2018: 8054698. doi: [10.1155/2018/8054698](https://doi.org/10.1155/2018/8054698)
6. Leonetti D, Tigani D. Pilon fractures: A new classification system based on CT-scan. *Injury.* 2017; 48(10):2311–7. doi: [10.1016/j.injury.2017.07.026](https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.07.026)
7. Tang X, Tang P-F, Wang M-Y, et al. Pilon fractures: a new classification and therapeutic strategies. *Chin Med J (Engl).* 2012;125(14):2487–92.
8. Herscovici D Jr, Sanders RW, Infante A, et al. Bohler incision: an extensile anterolateral approach to the foot and ankle. *J Orthop Trauma.* 2000;14(6):429–32. doi: [10.1097/00005131-200008000-00009](https://doi.org/10.1097/00005131-200008000-00009)
9. Burwell HN, Charnley AD. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. *J Bone Joint Surg Br.* 1965;47(4):634–60. doi: [10.1302/0301-620X.47B4.634](https://doi.org/10.1302/0301-620X.47B4.634)
10. Bisaccia M, Cappiello A, Meccariello L, et al. Nail or plate in the management of distal extra-articular tibial fracture, what is better? Valuation of outcomes. *SICOT J.* 2018;4:2. doi: [10.1051/sicotj/2017058](https://doi.org/10.1051/sicotj/2017058)
11. Sirkin M, Sanders R, Di Pasquale T, et al. A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pilon fractures. *J Orthop Trauma.* 1999;13(2):78–84. doi: [10.1097/00005131-199902000-00002](https://doi.org/10.1097/00005131-199902000-00002)
12. Stillhard PF, Frima H, Sommer C. Pilon fractures-considerations for treatment strategies and surgical approaches. *Oper Orthop Traumatol.* 2018;30(6): 435–56. (In German). doi: [10.1007/s00064-018-0570-8](https://doi.org/10.1007/s00064-018-0570-8)
13. Tornetta 3rd P, Gorup J. Axial computed tomography of pilon fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(323):273–6. doi: [10.1097/00003086-199602000-00037](https://doi.org/10.1097/00003086-199602000-00037)
14. Zubov AA, Ryabova MN, Novikova YuK. A Case of Complicated Course of Fracture of the Distal Metaepiphysis of the Radius. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2022;10(2):203–12. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ2022102203-212](https://doi.org/10.23888/HMJ2022102203-212)
15. Wu Y, Liu J, Kang L, et al. An overview of 3D printed metal implants in orthopedic applications: Present and future perspectives. *Heliyon.* 2023; 9(7):e17718. doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e17718](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17718)
16. Meng M, Wang J, Sun T, et al. Clinical applications and prospects of 3D printing guide templates in orthopaedics. *J Orthop Translat.* 2022;34:22–41. doi: [10.1016/j.jot.2022.03.001](https://doi.org/10.1016/j.jot.2022.03.001)

Дополнительная информация

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Этика. Использованы данные пациента в соответствии с письменным информированным согласием.

Согласие на публикацию. В статье использованы обезличенные клинические данные пациента в соответствии с подписанным им информированным согласием.

Информация об авторах:

✉ *Кошкин Арсентий Борисович* — соискатель кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф; врач травматолог-ортопед отделения травматологии, SPIN: 4561-6000, <https://orcid.org/0000-0002-7616-2255>, e-mail: febris@mail.ru

Паршиков Михаил Викторович — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, SPIN: 5838-4366, <https://orcid.org/0000-0003-4201-4577>, e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

Новиков Сергей Викторович — канд. мед. наук, заведующий отделением травматологии, SPIN: 5009-1390, <https://orcid.org/0000-0002-5667-5184>, e-mail: nadin-79@bk.ru

Прохоров Андрей Алексеевич — врач травматолог-ортопед отделения травматологии, <https://orcid.org/0000-0002-4130-1307>, e-mail: dr.prokhorov.aa@yandex.ru

Шантруков Павел Александрович — врач травматолог-ортопед отделения травматологии, <https://orcid.org/0009-0006-8195-2039>, e-mail: pa_sha77@mail.ru

Новиков Антон Сергеевич — ординатор кафедры травматологии и ортопедии, SPIN: 8524-2680, <https://orcid.org/0009-0001-4066-5387>

Беляев Олег Андреевич — ординатор кафедры травматологии и ортопедии, <https://orcid.org/0009-0003-0206-0277>, e-mail: olegbelyaev18@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Funding. The authors declare no funding for the study.

Ethics. The data is used in accordance with the informed consent of patient.

Consent to publication. The article uses depersonalized clinical data of the patient in accordance with the informed consent signed by him.

Information about the authors:

✉ *Arsentiy B. Koshkin* — Applicant for degree of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine; MD, Orthopedic–Traumatologist of Traumatology Department, SPIN: 4561-6000, <https://orcid.org/0000-0002-7616-2255>, e-mail: febris@mail.ru

Mikhail V. Parshikov — MD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Medicine, SPIN: 5838-4366, <https://orcid.org/0000-0003-4201-4577>, e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

Sergey V. Novikov — MD, Cand. Sci. (Med.), Head of Traumatology Department, SPIN: 5009-1390, <https://orcid.org/0000-0002-5667-5184>, e-mail: nadin-79@bk.ru

Andrey A. Prokhorov — Traumatologist–Orthopedist of Traumatology Department, <https://orcid.org/0000-0002-4130-1307>, e-mail: dr.prokhorov.aa@yandex.ru

Pavel A. Shantrukov — Traumatologist–Orthopedist of Traumatology Department, <https://orcid.org/0009-0006-8195-2039>, e-mail: pa_sha77@mail.ru

Anton S. Novikov — Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics, и ортопедии, SPIN: 8524-2680, <https://orcid.org/0009-0001-4066-5387>

Oleg A. Belyayev — Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics, <https://orcid.org/0009-0003-0206-0277>, e-mail: olegbelyaev18@gmail.com

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.