DOI: https://doi.org/10.17816/vto606713

Опыт применения 3D-моделирования в лечении переломов пилона (дистального метаэпифиза большеберцовой кости)

М.В. Паршиков[1], А.Б. Кошкин[1,2], Н.В. Ярыгин[1], С.В. Новиков[2], А.А. Прохоров[1], М.В. Говоров[1], Р.Н. Алиев[4], В.В. Гурьев[1]

[1] Российский университет медицины, Москва, Россия;
[2] Городская клиническая больница № 17, Москва, Россия;
[3] Городская клиническая больница им. С.П. Боткина, Москва, Россия;
[4] Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Проблема хирургического лечения переломов дистального отдела большеберцовой кости остаётся актуальной, несмотря на большое количество исследований на эту тему, развитие медицинских технологий диагностики и медицинских имплантов. Одним из ключевых моментов лечения таких переломов является предоперационное планирование. Эта процедура за 100 лет претерпела большие изменения — от рисунков на плоскостных рентгенограммах до создания 3D-моделей и симуляции открытой репозиции и внутренней фиксации *in vitro*.

Цель. Оценка возможностей использования 3D-прототипов реальных диагностических изображений пациентов с переломами дистального отдела большеберцовой кости.

Материалы и методы. В исследовании использовались методы открытого, проспективного, рандомизированного, сравнительного анализа. В рабочую группу вошли 30 пациентов с переломами пилона, остеосинтез планировался с применением 3D-моделей, в контрольную — столько же человек с использованием традиционных методов планирования. Были изучены параметры операции (время, кровопотеря, лучевая нагрузка), а также качество репозиции и отдалённые результаты. Также оценивали удобство использования 3D-моделей хирургами и удобство общения с пациентами методом анкетирования.

Результаты. Согласно полученным результатам, применение предоперационного планирования с использованием 3D-моделей имело преимущество по сравнению с традиционным планированием.

Заключение. Изготовление 3D-прототипа перелома пилона позволяет улучшить качество планирования оперативного лечения переломов этой локализации.

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

Как цитировать:
Паршиков М.В., Кошкин А.Б., Ярыгин Н.В., Новиков С.В., Прохоров А.А., Говоров М.В., Алиев Р.Н., Гурьев В.В. Опыт применения 3D-моделирования в лечении переломов пилона (дистального метаэпифиза большеберцовой кости) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 31–43. DOI: https://doi.org/10.17816/vto606713

Рукопись получена: 17.10.2023 **Рукопись одобрена:** 14.11.2023 **Опубликована online:** 04.03.2024

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2024

DOI: https://doi.org/10.17816/vto606713

Our experience in 3D-modelling in pilon (distal tibial plafond) fractures

Mikhail V. Parshikov[1], Arsenty B. Koshkin[1,2], Nikolay V. Yarigin[1], Sergey V. Novikov[2], Andrey A. Prokhorov[3], Mikhail V. Govorov[2], Rasul N. Aliev[4], Vladimir V. Guriev[1]

[1] Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia;
[2] City Clinical Hospital № 17, Moscow, Russia;
[3] Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia;
[4] Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Internal fixation of pilon fractures remains challenging despite the development of new technologies in medical imaging and implant design and various scientific investigations on this problem. A key point in therapeutic strategy is preoperative planning. Since the beginning of the twenty-first century, the procedure has changed dramatically from plain radiograph drawing to 3D models and internal fixation simulation *in vitro*.

AIM: This study aimed to evaluate 3D modeling in pilon fracture osteosynthesis preoperative planning.

MATERIALS AND METHODS: The study used open, prospective, randomized, and comparative analysis. We analyzed the data of 60 patients with pilon fractures who had undergone surgical treatment for pilon fractures between July 1, 2020, and December 12, 2021, in Moscow City Hospital No. 17. In 30 patients, 3D models were used in preoperative planning, and in another 30 patients, the traditional planning method was performed. The operation time, intraoperation, X-ray dosage, blood loss, fracture reduction quality, and long-term results were analyzed. Additionally, the surgeon's comfort in applying the 3D model and ease of doctor–patient communication were assessed using questionnaires.

RESULTS: Results showed that 3D modeling in pilon fracture osteosynthesis preoperative planning has advantages over traditional preoperative planning.

CONCLUSION: Therefore, 3D planning is a promising novel method for distal tibial fracture internal fixation preoperative planning, which provides significant higher degree of fracture anatomy comprehension and facilitates reduction maneuvers and implant positioning.

Keywords: pilon fractures; 3D modeling; preoperative planning.

To cite this article:
Parshikov MV, Koshkin AB, Yarygin NV, Novikov SV, Prokhorov AA, Govorov MV, Aliev RN, Gur'ev VV. Our experience in 3D-modelling in pilon (distal tibial plafond) fractures. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2024;31(1):31–43. DOI: https://doi.org/10.17816/vto606713

Received: 17.10.2023 **Accepted:** 14.11.2023 **Published online:** 04.03.2024

ECO•VECTOR

Article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2024

ОБОСНОВАНИЕ

Переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости, часто называемые переломами пилона, составляют приблизительно 5–10% от всех её переломов. Их причиной, как правило, являются травмы высокой энергии, при которых компрессионные силы большой интенсивности приводят к многооскольчатым повреждениям суставной поверхности [1]. Открытая репозиция и внутренняя фиксация являются признанным мировым стандартом в их лечении [2, 3]. Несмотря на достижения научно-технического прогресса, использование в диагностике и лечении переломов пилона компьютерной томографии (КТ) с трёхмерной (3D) реконструкцией и современных пластин с угловой стабильностью, риск развития неудовлетворительных результатов у пациентов остаётся высоким [4]. Остеоартроз голеностопного сустава чаще всего развивается вследствие его травм, и именно такие переломы являются одной из частых его причин [5].

Самым важным фактором в снижении риска развития артроза голеностопного сустава и неблагоприятных исходов лечения переломов пилона в целом является анатомичная репозиция суставной поверхности [6, 7]. Это обусловливает перед хирургом задачу правильного выбора хирургического доступа, метода фиксации, при этом необходимо учитывать состояние мягких тканей и собственный опыт. H. Kleinertz и соавт. [8], изучая возможности основных доступов к суставной поверхности пилона, отметили, что ни один из них не обеспечивает 100% визуализацию, в то время как сочетание одного из передних с одним из задних доступов в комбинации с интраоперационной дистракцией способно обеспечить полную визуализацию суставной поверхности.

В настоящее время большинство хирургов, добиваясь точной реконструкции трёхмерной структуры, каковой является голеностопный сустав, продолжают использовать при планировании двухмерные диагностические изображения, что может являться причиной проблем с анатомичной репозицией и некоторых послеоперационных осложнений. В связи с этим получение максимально полной информации об особенностях конкретного перелома представляется нам очень важной задачей.

Большой интерес представляет использование 3D-моделирования в лечении переломов пилона. Трёхмерная печать — быстро развивающаяся технология, позволяющая создать реальный физический объект, обладающий всеми характеристиками его цифрового прототипа. В процессе печати 3D-принтер слой за слоем создаёт объект без каких-либо искажений. 3D-печать была изобретена и запатентована американским инженером Charles Hull [9] и предназначалась для использования в промышленности и архитектуре. Однако достаточно быстро технология нашла своё применение в медицине.

Напечатанная на 3D-принтере на основе обработанных изображений КТ пациента модель перелома обеспечивает отличную визуализацию дистального сегмента большеберцовой кости во всех плоскостях, позволяет оперирующей бригаде оценить все специфические характеристики перелома, подтвердить его тип, расположение, количество и характер смещения отломков, наличие костного дефекта. Вместе с этим 3D-модель создаёт условия для индивидуального, точного и рационального планирования. Хирургу доступна простая визуализация всех особенностей перелома перед операцией, что является очевидным преимуществом и основанием для выработки оптимального плана операции.

Цель исследования — оценить возможности 3D-печати в лечении переломов пилона и разработать алгоритм её использования в предоперационном планировании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

В исследовании использовались методы открытого, проспективного, рандомизированного и сравнительного анализа. Дизайн исследования представлен на рис. 1.

Условия проведения

В исследовании приняли участие 60 пациентов с переломами дистального метаэпифиза большеберцовой кости, проходившие лечение в ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17 Департамента здравоохранения г. Москвы» в период с 1 июля 2020 по 31 декабря 2021 г.

Критерии соответствия

Критериями включения были:

- возраст старше 18 лет;

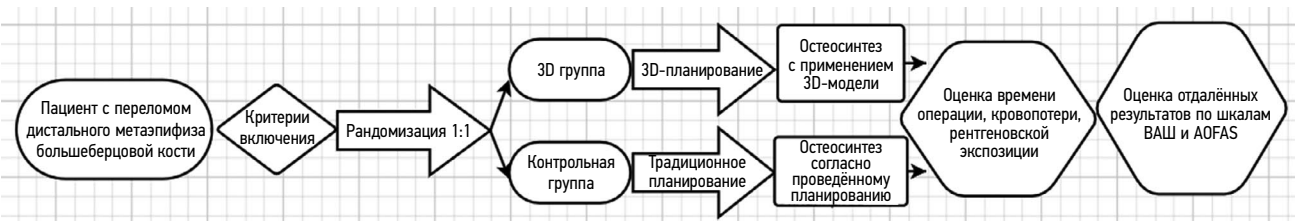

Рис. 1. Дизайн исследования.

Fig. 1. Trial design.

- закрытые переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости сроком не более 2 недель с момента травмы;
- отсутствие, в том числе в анамнезе, травм или операций, а также врождённых деформаций контралатеральной большеберцовой кости;
- подписанное информированное согласие.

Критерии невключения:

- застарелые или патологические переломы;
- открытые переломы;
- тяжёлые повреждения мягких тканей, соответствующие типам IC4 и IC5 классификации AO;
- пациенты с множественной и/или сочетанной травмой;
- пациенты с тяжёлыми сопутствующими заболеваниями;
- пациенты с онкологическими заболеваниями в анамнезе;
- пациенты с анемией любого генеза;
- беременные женщины;
- открытые переломы пилона большеберцовой кости.

Описание медицинского вмешательства

Пациентам предоставлена информация о целях и методах исследования. В каждом случае подписано добровольное информированное согласие. Все 60 пациентов при помощи таблицы случайных чисел были распределены в рабочую (3D) и контрольную группы (по 30 пациентов). Из включённых пациентов всего у восьмерых в силу различных причин не отслежены отдалённые результаты (3 пациента в контрольной и 5 пациентов в 3D-группе), вследствие чего они исключены из исследования. Таким образом, в финальной его части в контрольной группе оставалось 27, а в рабочей — 25 человек. Превалирующим механизмом травмы в обеих группах было падение с высоты (21/27 в контрольной и 22/25 в 3D-группе). У всех пациентов помимо перелома дистального отдела большеберцовой кости также имелся перелом малоберцовой кости. При поступлении им осуществлялось наложение аппарата наружной фиксации. Возрастно-половой состав, характеристика повреждений по классификации переломов и повреждений мягких тканей AO, а также среднее время от получения травмы до операции и срок окончательного остеосинтеза представлены в табл. 1.

Печать 3D-модели

Данные КТ-сканирования пациентов с переломами пилона (в аппарате наружной фиксации) получали с аппарата GE Evolution EVO (США). В формате DICOM их переводили в 3D-формат в программе AW Server v3.2 (GE Software, США). Получали модель, очищенную от «шумов» и со сглаженной шероховатостью на поверхности большеберцовой кости. Далее данные были обработаны в программе для 3D-печати (Prusa-Slicer 2.4.1) и отправлены в печать на соответствующий принтер (Creality Ender 6, Creality, Китай). Таким образом, получали полноразмерные модели переломов пилона.

Медицинский персонал, принявший участие в исследовании

Исследование проведено на базе отделения травматологии ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17» Департамента здравоохранения г. Москвы. В нём (этап 3D-планирования, хирургическая операция, анкетирование) приняли участие 5 врачей травматологического отделения, каждый из которых имел высшую квалификационную категорию, прошёл базовый и продвинутые курсы внутренней фиксации переломов AO. Им был предоставлен полный доступ к литературным источникам о возможностях 3D-планирования в травматологии и ортопедии, объяснены этапы изготовления модели, обеспечен доступ к 3D-принтеру.

Таблица 1. Характеристика пациентов
Table 1. Patients' characteristics

Показатель	Группа	
	3D	Контрольная
Общее количество, чел.	30	30
Отслежены результаты, чел.	25	27
Половой состав, муж./жен.	13/12	14/13
Средний возраст, лет	42,3±9,3	42,5±9
Сторона, справа/слева	11/14	11/16
Классификация AO	43C1-7, 43C2-9, 43C3-9	43C1-8, 43C2-10, 43C3-9
Классификация повреждений мягких тканей AO	IC1-13, IC2-9, IC-3	IC1-15, IC2-8, IC-4
Время от момента травмы до наложения аппарата наружной фиксации, ч	9±5	11±4
Время от наложения аппарата наружной фиксации до погружного синтеза, дней	7±4	6±3

Планирование операции

Для осуществления хирургического лечения больным рабочей группы операционной бригаде была дана возможность выполнить остеосинтез перелома пилона *in vitro* при помощи 3D-модели перелома, полностью воспроизводящей его морфологию. С её помощью определялась локализация основных фрагментов для фиксации, наличие вальгусной или вирусной деформации. Учитывая полученные данные, выбирали хирургический доступ. В ходе симуляции остеосинтеза производили манёвры репозиции отломков и их фиксацию, подбор соответствующих пластин и винтов для полноразмерной модели. При необходимости выполняли моделирование пластины для идеального позиционирования на 3D-прототипе. В финале симуляции импланты подходящей длины устанавливали в оптимальной позиции. Выполняли фотофиксацию симуляции операции, импланты стерилизовали и готовили для операции. Каждому из пациентов были продемонстрированы 3D-модели их повреждений, импланты для остеосинтеза, объяснены основные этапы операции.

В контрольной группе оценка характера перелома и репозиции осуществлялась на основании данных КТ-исследования до операции и интраоперационного осмотра на электронно-оптическом преобразователе. Подбор фиксатора, размера винтов и моделирование пластины (при необходимости) осуществлялись интраоперационно.

Остеосинтез дистального метаэпифиза большеберцовой кости

Хирургические вмешательства больным из обеих групп выполняла та же бригада, что и осуществляла симуляцию. Во время операций применяли доступы и приёмы репозиции согласно принципам АО. Хирургические вмешательства проводили под спинномозговой анестезией на стандартном ортопедическом операционном столе в положении на спине (в случае передних доступов) и на животе (при задних). При комбинации доступов и их смене пациента переворачивали. До выполнения погружного остеосинтеза аппарат наружной фиксации демонтировали. Выбор доступа осуществляли в зависимости от локализации ключевых фрагментов и согласно таблицам визуализации суставной поверхности дистального отдела большеберцовой кости по Kleinertz [17].

В ходе операции контроль для оценки характера перелома и качества репозиции в обеих группах осуществляли с помощью электронно-оптического преобразователя GE Evolution (США). Хирургической бригаде (рабочая группа) во время операции были доступны 3D-модель, заранее отобранная премоделированная (при необходимости) пластина и винты соответствующего размера. При оперировании пациентов из контрольной группы подбор фиксаторов и их моделирование осуществляли во время вмешательства (до операции типоразмерный ряд пластин и винтов подобран на основании данных КТ).

Послеоперационное ведение

Всем больным послеоперационные мероприятия проводили по единому стандарту, без различий по продолжительности антибактериальной, антикоагулянтной, обезболивающей терапии, контроля отёка, режима нагрузки на оперированную конечность. Внешняя иммобилизация не проводилась.

Параметры оценки

Интраоперационно оценивались время операции, объём кровопотери (гравиметрическим методом), рентгеновская экспозиция. Успешность репозиции перелома оценивали визуально и по плоскостным рентгенограммам, параметрам Burwell–Charnley [11]. Функциональные результаты включали в себя объём движений в голеностопном суставе, оценивались по шкале American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) и визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Последняя использовалась для оценки боли, ощущаемой пациентом. Она представляет собой непрерывную шкалу в виде горизонтальной или вертикальной линии длиной 10 см (100 мм) с расположенными на ней двумя крайними точками: «отсутствие боли» и «сильнейшая боль, какую только можно представить». 100-балльная шкала AOFAS интерпретирует ⩾90 баллов как отличный результат, 80–89 — как хороший, 70–79 — как удовлетворительный и ⩽69 — как плохой [10]. Также оценивали количество осложнений в обеих группах. Заживление перелома фиксировали на плоскостных рентгенограммах при регистрации костной мозоли. Консолидацию перелома в течение 6 месяцев считали удовлетворительным результатом, консолидацию от 6 до 9 месяцев — замедленной. Перелом, не заживший за 9 месяцев, считали несросшимся. Неправильно сросшимся считался перелом с угловой или ротационной деформацией. Посттравматический артроз голеностопного сустава фиксировали при болезненных движениях в суставе с рентгенологическими признаками сужения суставной щели, остеосклероза и наличием деформации.

Для анализа результатов также применяли анкетирование хирургов и пациентов согласно оценке использования 3D-модели перелома. Опросники представлены в табл. 2 и 3.

Статистическая обработка данных

Анализ данных проводился с использованием t-критерия и дисперсионного анализа (ANOVA/MANOVA). Определялись соотношения межгрупповой дисперсии и внутригрупповой дисперсии в измеряемых данных. Показателем изменчивости служила сумма квадратов отклонения полученных значений от среднего.

Этическая экспертиза

Получено одобрение локального этического комитета ГБУЗ «Городская клиническая больница № 17» Департамента здравоохранения г. Москвы» на проведение

Таблица 2. Опросник для врачей «Оценка использования 3D-модели перелома»
Table 2. Physician questionnaire "Fracture 3D-modelling application"

№	Вопрос
1.	Соответствует ли 3D-модель перелома реальной его анатомии? (1 — абсолютно не соответствует; 10 — полностью соответствует)
2.	Была ли польза от применения 3D-модели при предоперационном планировании? (1 — абсолютно не согласен; 10 — полностью согласен)
3.	Была ли польза от применения 3D-модели при общении с коллегами, операционными сёстрами, пациентами? (1 — абсолютно не согласен; 10 — полностью согласен)
4.	Вы удовлетворены использованием 3D-модели перелома? (1 — абсолютно не удовлетворён; 10 — полностью удовлетворён)
5.	Планируете ли Вы применение 3D-модели при следующих планированиях? (1 — точно нет; 10 — непременно да)

Таблица 3. Опросник для пациентов об удовлетворённости лечением с применением 3D-моделей
Table 3. Questionnaire for the patients "3D modelling-assisted treatment satisfaction"

№	Вопрос
1.	Насколько 3D-модель перелома помогла улучшить общение с хирургом? (1 — никак не улучшила; 10 — существенно улучшила)
2.	Помогла ли 3D-модель понять характер полученного перелома? (1 — никак не помогла; 10 — существенно помогла)
3.	Помогла ли 3D-модель понять план операции? (1 — никак не помогла; 10 — существенно помогла)
4.	Удовлетворены ли Вы использованием 3D-модели перелома? (1 — абсолютно не удовлетворён; 10 — полностью удовлетворён)

исследования 3D-моделирования при предоперационном планировании в лечении переломов пилона (протокол № 1 от 27.01.2020 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования представлены в табл. 4 и 5.

Проведённый дисперсионный анализ количественных показателей подтвердил преимущество 3D-группы по сравнению с контрольной в виде статистически значимого сокращения лучевой нагрузки, времени операции и, как следствие, уменьшения объёма кровопотери. Также у пациентов 3D-группы статистически значимо снизился болевой синдром при оценке по ВАШ по сравнению с результатами лиц контрольной группы.

Осложнения

У 3 пациентов из 3D-группы и 5 из контрольной группы наблюдалась поверхностная инфекция, купированная антибиотикотерапией и ежедневными перевязками с антисептиками. У одного больного в 3D-группе и 3 пациентов в контрольной группе сформировался посттравматический артроз голеностопного сустава. После назначения консервативного лечения (физиотерапия, использование индивидуальных стелек, местное применение димексида и курс нестероидных противовоспалительных средств) была достигнута ремиссия. Повторных хирургических вмешательств не потребовалось.

Анкетирование

Результаты опроса врачей показали большую пользу применения 3D-моделей и высокий уровень удовлетворённости им. По мнению хирургов, 3D-модель является высококачественным понятным визуальным изделием, существенно облегчающим предоперационное планирование (рис. 2).

Пациенты также отметили высокую удовлетворённость общением с врачом, использующим 3D-модель, и пониманием плана лечения.

Клинический пример

Пациент Н., мужчина, 39 лет. Травма в результате падения с высоты около 3 м. По данным КТ диагностированы внутрисуставные переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости слева со смещением отломков и нижней трети малоберцовой кости со смещением отломков (АО 43–2) (рис. 3). Кожные покровы IC-2. Сопутствующих повреждений нет. Через 5 часов после поступления в приёмное отделение осуществлена фиксация левой большеберцовой кости в аппарате наружной фиксации, выполнено восстановление длины и оси левой голени. Проведена компьютерная томография, на основе

Таблица 4. Дисперсионный (ANOVA Краскела–Уоллиса) и парный сравнительный анализ исходных значений количественных показателей

Table 4. Dispersion Kruskal–Wallis (ANOVA) and paired comparative analysis of initial quantitate parameters

Показатель		Группа	
		3D (*n*=30)	**Контрольная (*n*=30)**
Время операции, мин H (4, N=60) =26,41, *p*=0,0001		73±8*	92±9*
Интраоперационная кровопотеря, мл H (4, N=60) =21,31, *p*=0,0001		118±20,1*	162±24,2*
Лучевая нагрузка, мЗвт H (4, N=59) =5,79, *p*=0,22		19±7*	32±6*
Время заживления перелома, мес H (4, N=59) =14,83, *p*=0,005		5	5,1
Минимальный период наблюдения, мес H (4, N=59) =11,56, *p*=0,02		20,2±2,1	19,9±2,3
Объём движений в голеностопном суставе, О	Тыльное сгибание H (4, N=59) =13,61, *p*=0,009	15,1±3	16,3±4
	Подошвенное сгибание H (4, N=59) =6,58, *p*=0,16	35,9*	23,8*
Боли в голеностопном суставе (по ВАШ) H (4, N=80) =26,41, *p*=0,0001		3,7 (2–7)*	3,1*

Примечание. * — различия статистически значимы между соответствующими группами.

Note. * significant difference between corresponding groups.

Таблица 5. Результаты лечения пациентов

Table 5. The treatment results

Показатель		Результат, *n*		Доля в процентах	
		3D-группа	**Контрольная группа**	**3D-группа**	**Контрольная группа**
Качество репозиции по Burwell–Charnley	Хорошее	21	14	84	51
	Удовлетворительное	4	10	16	38
	Неудовлетворительное	0	3	0	11
Показатели AOFAS	Отличные и хорошие (77–96)	20/25	14/27	80	52
	Удовлетворительные (52–74)	5/25	12/27	20	44
	Неудовлетворительные (47)		1/27	0	6
Количество осложнений		5/25	8/27	20	29
Поверхностная инфекция		3	5	12	18
Артроз голеностопного сустава		1	3	4	11

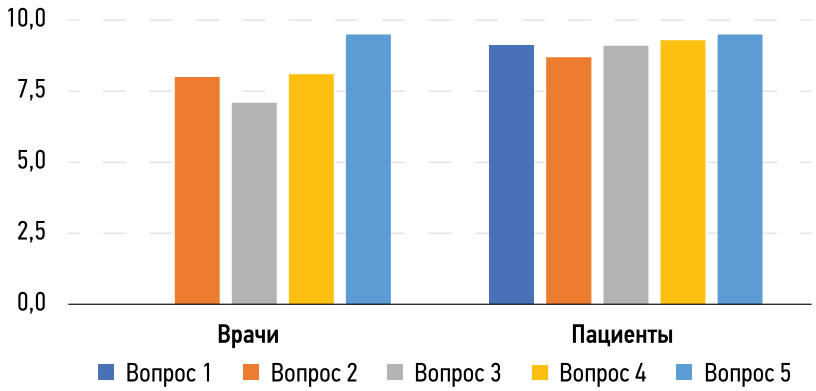

Рис. 2. Оценка врачами и пациентами применения 3D-моделей при лечении переломов пилона (результаты анкетирования).
Fig. 2. Patients and doctors evaluation of 3D-modelling in pilon fractures treatment.

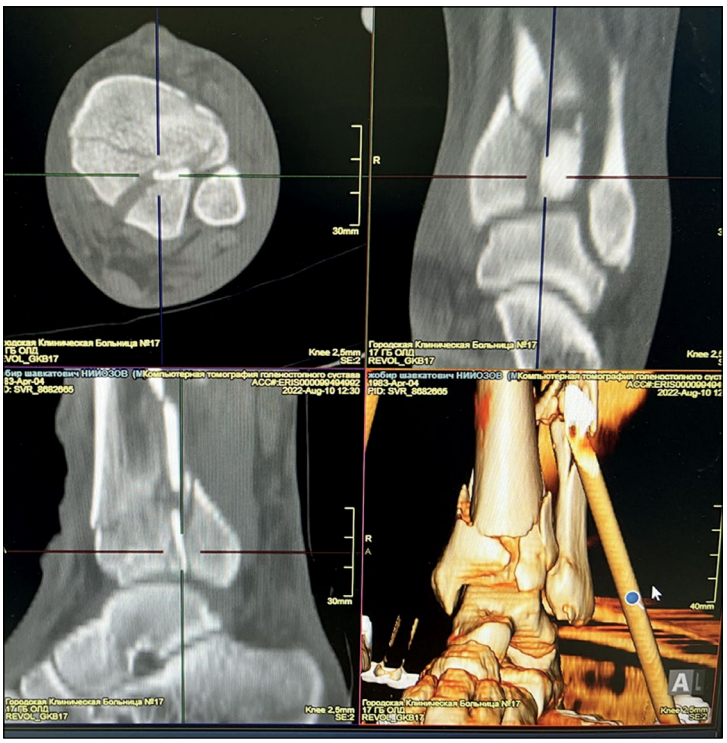

Рис. 3. Пациент Н., 39 лет, состояние костных фрагментов до внутренней фиксации (компьютерная томография).
Fig. 3. Patient N., 39 years old, the pilon fracture fragments position before internal fixation (CT findings).

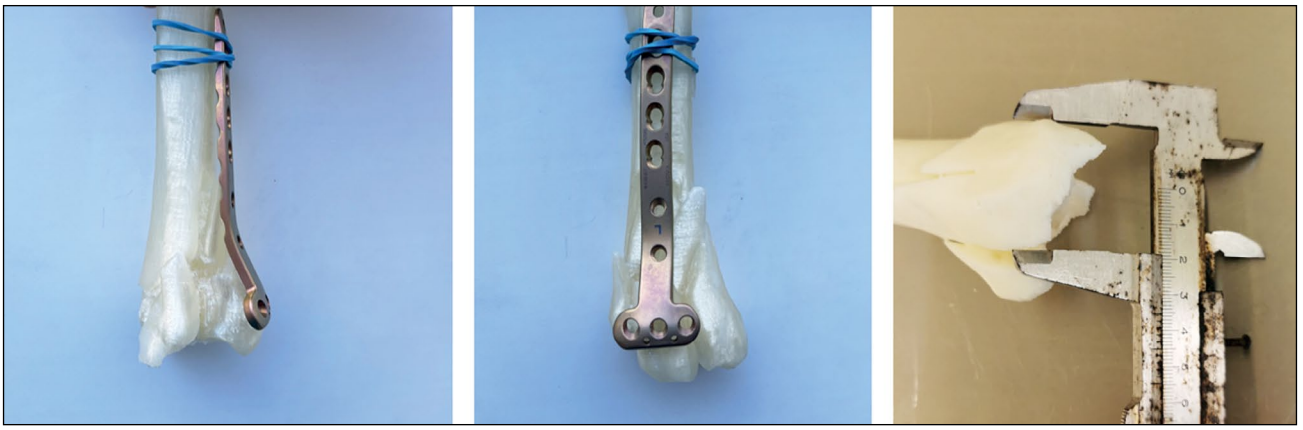

Рис. 4. 3D-прототип модели перелома в аппарате наружной фиксации, предоперационное планирование.
Fig. 4. 3D fracture model after external fixation; preoperative planning.

DOI: https://doi.org/10.17816/VTO606713

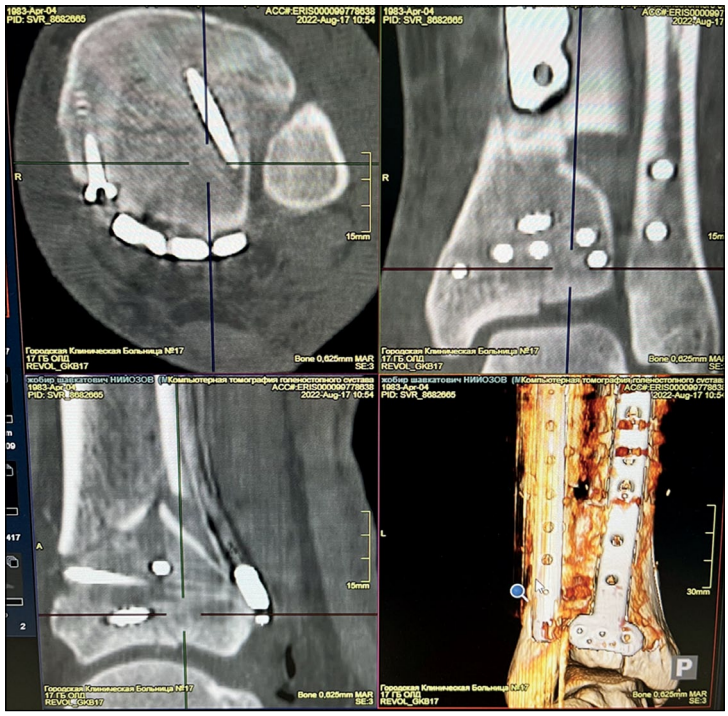

Рис. 5. Данные контроля методом компьютерной томографии после операции.
Fig. 5. Post-op CT findings.

которой сформирован файл STL, на 3D-принтере распечатан прототип перелома.

Проведено предоперационное планирование. Учитывая расположение ключевых фрагментов преимущественно в задней полусфере, а также наличие фликтен по передней поверхности голени в нижней трети, принято решение произвести остеосинтез из заднего доступа. Для большеберцовой кости подобрана пластина типа LCP Medial Proximal Tibial Plate, выполнено её премоделирование и определена оптимальная длина винтов, для малоберцовой кости — 1/3 трубчатая пластина для установки из заднелатерального доступа (рис. 4).

Через 7 дней осуществлён демонтаж аппарата, после чего пациент перевёрнут на живот и выполнена внутренняя фиксация метаэпифизов костей голени из заднелатерального доступа согласно разработанному предоперационному плану. Время операции составило 57 минут. Интраоперационная кровопотеря — 75 мл, количество снимков на электронно-оптическом преобразователе — 19. По критериям Burwell–Charnley качество репозиции хорошее (рис. 5).

Течение послеоперационного периода гладкое. На следующий день больной приступил к разработке движений в голеностопном суставе.

На контрольном осмотре через 6 месяцев жалоб не предъявляет. Оценка по шкале AOFAS — 77 баллов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Основной задачей хирургического лечения переломов пилона являются анатомичная репозиция отломков и восстановление оси/длины/ротации дистального отдела большеберцовой кости, что позволяет начать раннюю разработку движений в голеностопном суставе и нагрузку на повреждённую конечность [13]. Следовательно, улучшение понимания морфологии перелома — залог успеха его лечения. Технологии рентгенографии и даже компьютерной томографии не обеспечивают 100% её понимания. Уникальность механизма перелома и отсутствие всеобъемлющей единообразной классификации существенно затрудняют общение врачей и принятие решений при планировании лечения этих переломов.

Применение 3D-печати в травматологии и ортопедии за последние годы всё чаще входит в рутинную практику [14–21]. В данном исследовании выполнена 3D-реконструкция данных КТ пациента в файл STL, позволяющая распечатать полноразмерный трёхмерный прототип перелома, обеспечив тем самым отличную визуализацию перелома во всех плоскостях. Вместе с этим 3D-модель создаёт условия для индивидуального, точного и рационального планирования. Хирургу доступна простая визуализация всех деталей перелома перед операцией, что является очевидным преимуществом и основанием для выработки оптимального плана операции. Возможность симуляции остеосинтеза на 3D-модели способна повысить точность репозиции и стабильность фиксации [22]. Использование 3D-моделей при лечении переломов в области голеностопного сустава демонстрирует уникальные преимущества, такие как уменьшение времени операции, интраоперационной кровопотери и правильного подбора имплантов, а в долгосрочном плане — улучшение результатов лечения (согласно

критериям анатомичной репозиции) и уменьшение количества осложнений [23].

В настоящем исследовании произведено сравнение хирургического лечения переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости по современным стандартам с традиционным предоперационным планированием, с дополнением 3D-модель-ассистированием. В рабочей группе возможность предоперационной симуляции остеосинтеза позволила существенно снизить затраты времени на подбор нужных размеров, формы импланта и разработать чёткий план репозиции перелома. Полученное в результате симуляции остеосинтеза представление о положении пластины/пластин и длины винтов дополнительно снижает количество выполненных рентгеновских снимков, время операции, кровопотерю. Данные функционального исхода, AOFAS и ВАШ позволяют прогнозировать улучшение результатов хирургического лечения в целом при использовании 3D-моделирования. Количество осложнений в 3D-группе также ниже по сравнению с контрольной, однако, учитывая относительно малую выборку и небольшой срок наблюдения, этот показатель требует дальнейшего анализа.

Важной частью лечебного процесса является коммуникация врача и пациента [24]. Имеются публикации об использовании 3D-моделей различных переломов для улучшения понимания ситуации пациентами, повышения её комплаентности [25]. Лучшее понимание характера перелома может помочь пациенту и его родственникам во время реабилитационного периода после операции. Стандартные медицинские изображения слишком сложны и иногда страшны для пациентов, их родственников и даже медицинского персонала другой специализации, что сильно затрудняет коммуникацию. Согласно данным проведённого исследования, оценка уровня понимания и доверия между врачом и пациентом в 3D-группе оценивалась на 9–10 баллов. Больные и их родственники были удовлетворены общением с врачом, что повышало понимание характера травмы, принципов реабилитации и повышало приверженность рекомендациям врача. Схожие результаты описаны при использовании 3D-моделей в общении с пациентами после эндопротезирования тазобедренного сустава [26].

В плане перспектив применения 3D-моделей в травматологии и ортопедии нельзя не отметить их пользу при обучении молодых хирургов [27].

Тем не менее использование 3D-моделей имеет некоторые ограничения. Во-первых, при изготовлении 3D-модели в настоящем исследовании использовались КТ-данные в костном режиме без данных о состоянии мягких тканей и их кровоснабжения. Также отсутствие мягких тканей на 3D-модели может дезориентировать хирурга в плане места укладки пластины и направления проведения винтов, как это описано в статье о 3D-моделировании остеосинтеза вертлужной впадины и лучезапястного сустава [28]. Во-вторых, непосредственно печать одной 3D-модели занимает в среднем 10–12 часов, что затрудняет её использование в неотложных случаях, а с учётом времени программной обработки более длительный процесс предоперационной подготовки несколько дезавуирует экономию времени в ходе операции [29]. Более того, технология 3D-печати подразумевает использование специфического программного обеспечения, квалифицированный персонал, наличие специальных принтеров и расходных материалов, что может удорожать стоимость лечения, хотя со временем стоимость применения этой технологии постепенно снижается. Тем не менее существует мнение, что 3D-печать, безусловно полезная при планировании остеосинтеза сложных переломов, не должна использоваться рутинно, в 100% случаев [30]. Разумеется, при внедрении применения 3D-моделей необходимо учитывать кривую обучения персонала, что может влиять на время изготовления моделей и их качество.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение 3D-моделей в планировании хирургического лечения переломов дистального отдела большеберцовой кости представляет собой новый перспективный и высокотехнологичный способ, позволяющий сократить время операции, оптимизировать репозицию, уменьшить кровопотерю и упростить выбор и адаптацию соответствующих имплантов для остеосинтеза.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: М.В. Паршиков, А.Б. Кошкин, Н.В. Ярыгин — концепция и дизайн исследования; А.Б. Кошкин, С.В. Новиков, А.А. Прохоров — сбор и обработка материала; М.В. Говоров, А.Б. Кошкин — статистическая обработка; А.Б. Кошкин, М.В. Паршиков — написание текста; Р.Н. Алиев, В.В. Гурьев, М.В. Паршиков — редактирование текста.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of

data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. M.V. Parshikov, A.B. Koshkin, N.V. Yarigin — concept and design of the study; A.B. Koshkin, S.V. Novikov, A.A. Prokhorov — data collection and processing; M.V. Govorov, A.B. Koshkin — statistical processing of the data; A.B. Koshkin, M.V. Parshikov — text writing; R.N. Aliev, V.V. Guriev, M.V. Parshikov — editing.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mauffrey C., Vasario G., Battiston B., et al. Tibial pilon fractures: a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications // Acta Orthop Belg. 2011. Vol. 77, № 4. P. 432–440.

2. Bear J., Rollick N., Helfet D. Evolution in Management of Tibial Pilon Fractures // Curr Rev Musculoskelet Med. 2018. Vol. 11, № 4. P. 537–545. doi: 10.1007/s12178-018-9519-7

3. Liporace F.A., Yoon R.S. Decisions and staging leading to definitive open management of pilon fractures: where have we come from and where are we now? // J Orthop Trauma. 2012. Vol. 26, № 8. P. 488–498. doi: 10.1097/BOT.0b013e31822fbdbe

4. Harris A.M., Patterson B.M., Sontich J.K., Vallier H.A. Results and outcomes after operative treatment of high-energy tibial plafond fractures // Foot Ankle Int. 2006. Vol. 27, № 4. P. 256–265. doi: 10.1177/107110070602700406

5. Valderrabano V., Horisberger M., Russell I., Dougall H., Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis // Clin Orthop Relat Res. 2009. Vol. 467, № 7. P. 1800–6. doi: 10.1007/s11999-008-0543-6

6. De-las-Heras-Romero J., Lledo-Alvarez A.M., Lizaur-Utrilla A., Lopez-Prats F.A. Quality of life and prognostic factors after intra-articular tibial pilon fracture // Injury. 2017. Vol. 48, № 6. P. 1258–1263. doi: 10.1016/j.injury.2017.03.023

7. Tochigi Y., Rudert M.J., McKinley T.O., Pedersen D.R., Brown T.D. Correlation of dynamic cartilage contact stress aberrations with severity of instability in ankle incongruity // J Orthop Res. 2008. Vol. 26, № 9. P. 1186–1193. doi: 10.1002/jor.20589

8. Kleinertz H., Tessarzyk M., Schoof B., et al. Visualization of the distal tibial plafond articular surface using four established approaches and the efficacy of instrumented distraction: a cadaveric study // Eur J Trauma Emerg Surg. 2022. Vol. 48, № 5. P. 4031–4041. doi: 10.1007/s00068-022-01927-w

9. Hull C.W., inventor; Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. United States patent US 4575330. 1986 March 11.

10. Ibrahim T., Beiri A., Azzabi M., et al. Reliability and validity of the subjective component of the american orthopaedic foot and ankle society clinical rating scales // J Foot and Ankle Surg. 2007. Vol. 46, № 2. P. 65–74. doi: 10.1053/j.jfas.2006.12.002

11. Burwell H.N., Charnley A.D. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement // The Journal of Bone & Joint Surgery (British Volume). 1965. Vol. 47, № 4. P. 634–660.

12. Muller M.E., Nazarian S., Koch P., Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones. New York: Springer, 1990.

13. D'Heurle A., Kazemi N., Connelly C., et al. Prospective randomized comparison of locked plates versus nonlocked plates for the treatment of high-energy pilon fractures // Journal of Orthopaedic Trauma. 2015. Vol. 29, № 9. P. 420–423. doi: 10.1097/BOT.0000000000000386

14. Bai J., Wang Y., Zhang P., et al. Efficacy and safety of 3D print-assisted surgery for the treatment of pilon fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials // J Orthop Surg Res. 2018. Vol. 13, № 1. P. 283. doi: 10.1186/s13018-018-0976-x

15. 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

16. Chepelev L., Wake N., Ryan J., et al.; RSNA Special Interest Group for 3D Printing. Radiological Society of North America (RSNA) 3D printing Special Interest Group (SIG): guidelines for medical 3D printing and appropriateness for clinical scenarios // 3D Print Med. 2018. Vol. 4, № 1. P. 11. doi: 10.1186/s41205-018-0030-y

17. Auricchio F., Marconi S. 3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology // EFORT Open Rev. 2017. Vol. 1, № 5. P. 121–127. doi: 10.1302/2058-5241.1.000012

18. Skelley N.W., Smith M.J., Ma R., Cook J.L. Three-dimensional Printing Technology in Orthopaedics // J Am Acad Orthop Surg. 2019. Vol. 27, № 24. P. 918–925. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00746

19. Alemayehu D.G., Zhang Z., Tahir E., et al. Preoperative Planning Using 3D Printing Technology in Orthopedic Surgery // Biomed Res Int. 2021. Vol. 2021. P. 7940242. doi: 10.1155/2021/7940242

20. Pal A.K., Bhanakar U., Ray B. Three-dimensional (3D) printing: A potentially versatile tool in the field of medicine // Indian J Clin Anat Physiol. 2022. Vol. 9, № 2. P. 78–84. doi: 10.18231/j.ijcap.2022.020

21. Morgan C., Khatri C., Hanna S.A., Ashrafian H., Sarraf K.M. Use of three-dimensional printing in preoperative planning in orthopaedic trauma surgery: a systematic review and meta-analysis // World J Orthop. 2019. Vol. 11, № 1. P. 57–67. doi: 10.5312/wjo.v11.i1.57

22. Zhuang Y., Cao S., Lin Y., et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of acetabular anterior column fractures using the two-incision minimally invasive approach and a preshaped three dimension plate // International Orthopaedics. 2016. Vol. 40, № 10. P. 2157–2162. doi: 10.1007/s00264-015-3111-1

23. Yang L., Shang X.-W., Fan J.-N., et al. Application of 3D Printing in the Surgical Planning of Trimalleolar Fracture and Doctor-Patient Communication // BioMed Research International. 2016. Vol. 2016. P. 2482086. doi: 10.1155/2016/2482086

24. Portalatín E.L., Carrazana L.F., Colon R., et al. Orthopaedic Surgeon Communication Skills: Perception of Empathy and Patient Satisfaction Through the Use of Anatomic Models // JAAOS: Global Research and Reviews. 2018. Vol. 2, № 11. P. e07. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00071

25. Lou Y., Cai L., Wang C., et al. Comparison of traditional surgery and surgery assisted by three dimensional printing technology in the treatment of tibial plateau fractures // International Orthopaedics. 2017. Vol. 41, № 9. P. 1875–1880. doi: 10.1007/s00264-017-3445-y

26. Won S.-H., Lee Y.-K., Ha Y.-C., Suh Y.-S., Koo K.-H. Improving pre-operative planning for complex total hip replacement with a Rapid Prototype model enabling surgical simulation // The Bone & Joint Journal. 2013. Vol. 95-B, № 11. P. 1458–1463. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.31878
27. Rong X., Wang B., Chen H., et al. Use of rapid prototyping drill template for the expansive open door laminoplasty: A cadaveric study // Clin Neurol Neurosurg. 2016. Vol. 150. P. 13–7. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.08.013
28. Merema B.J., Kraeima J., Ten Duis K., et al. The design, production and clinical application of 3D patient-specific implants with drilling guides for acetabular surgery // Injury. 2017. Vol. 48, № 11. P. 2540–7. doi: 10.1016/j.injury.2017.08.059
29. Cho W., Job A.V., Chen J., Baek J.H. A review of current clinical applications of three-dimensional printing in spine surgery // Asian Spine J. 2018. Vol. 12, № 1. P. 171–7. doi: 10.4184/asj.2018.12.1.171
30. Buijze G.A., Leong N.L., Stockmans F., et al. Three-dimensional compared with two-dimensional preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radial malunion: A multicenter randomized controlled trial // J Bone Joint Surg Am. 2018. Vol. 100, № 14. P. 1191–202. doi: 10.2106/JBJS.17.00544

REFERENCES

1. Mauffrey C, Vasario G, Battiston B, et al. Tibial pilon fractures: a review of incidence, diagnosis, treatment, and complications. *Acta Orthop Belg.* 2011;77(4):432–440.
2. Bear J, Rollick N, Helfet D. Evolution in Management of Tibial Pilon Fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(4):537–545. doi: 10.1007/s12178-018-9519-7
3. Liporace FA, Yoon RS. Decisions and staging leading to definitive open management of pilon fractures: where have we come from and where are we now? *J Orthop Trauma.* 2012;26(8):488–498. doi: 10.1097/BOT.0b013e31822fbdbe
4. Harris AM, Patterson BM, Sontich JK, Vallier HA. Results and outcomes after operative treatment of high-energy tibial plafond fractures. *Foot Ankle Int.* 2006;27(4):256–265. doi: 10.1177/107110070602700406
5. Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, Dougall H, Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(7):1800–6. doi: 10.1007/s11999-008-0543-6
6. De-las-Heras-Romero J, Lledo-Alvarez AM, Lizaur-Utrilla A, Lopez-Prats FA. Quality of life and prognostic factors after intra-articular tibial pilon fracture. *Injury.* 2017;48(6):1258–1263. doi: 10.1016/j.injury.2017.03.023
7. Tochigi Y, Rudert MJ, McKinley TO, Pedersen DR, Brown TD. Correlation of dynamic cartilage contact stress aberrations with severity of instability in ankle incongruity. *J Orthop Res.* 2008;26(9):1186–1193. doi: 10.1002/jor.20589
8. Kleinertz H, Tessarzyk M, Schoof B, et al. Visualization of the distal tibial plafond articular surface using four established approaches and the efficacy of instrumented distraction: a cadaveric study. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022;48(5):4031–4041. doi: 10.1007/s00068-022-01927-w
9. Hull CW, inventor; *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography.* United States patent US 4575330. 1986 March 11.
10. Ibrahim T, Beiri A, Azzabi M, et al. Reliability and validity of the subjective component of the american orthopaedic foot and ankle society clinical rating scales. *J Foot and Ankle Surg.* 2007;46(2):65–74. doi: 10.1053/j.jfas.2006.12.002
11. Burwell HN, Charnley AD. The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement. *The Journal of Bone & Joint Surgery (British Volume).* 1965;47(4):634–660.
12. Muller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. *The comprehensive classification of fractures of long bones.* New York: Springer; 1990.
13. D'Heurle A, Kazemi N, Connelly C, et al. Prospective randomized comparison of locked plates versus nonlocked plates for the treatment of high-energy pilon fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma.* 2015;29(9):420–423. doi: 10.1097/BOT.0000000000000386
14. Bai J, Wang Y, Zhang P, et al. Efficacy and safety of 3D print-assisted surgery for the treatment of pilon fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):283. doi: 10.1186/s13018-018-0976-x
15. 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
16. Chepelev L, Wake N, Ryan J, et al.; RSNA Special Interest Group for 3D Printing. Radiological Society of North America (RSNA) 3D printing Special Interest Group (SIG): guidelines for medical 3D printing and appropriateness for clinical scenarios. *3D Print Med.* 2018;4(1):11. doi: 10.1186/s41205-018-0030-y
17. Auricchio F, Marconi S. 3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology. *EFORT Open Rev.* 2017;1(5):121–127. doi: 10.1302/2058-5241.1.000012
18. Skelley NW, Smith MJ, Ma R, Cook JL. Three-dimensional Printing Technology in Orthopaedics. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(24):918–925. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00746
19. Alemayehu DG, Zhang Z, Tahir E, et al. Preoperative Planning Using 3D Printing Technology in Orthopedic Surgery. *Biomed Res Int.* 2021;2021:7940242. doi: 10.1155/2021/7940242
20. Pal AK, Bhanakar U, Ray B. Three-dimensional (3D) printing: A potentially versatile tool in the field of medicine. *Indian J Clin Anat Physiol.* 2022;9(2):78–84. doi: 10.18231/j.ijcap.2022.020
21. Morgan C, Khatri C, Hanna SA, Ashrafian H, Sarraf KM. Use of three-dimensional printing in preoperative planning in orthopaedic trauma surgery: a systematic review and meta-analysis. *World J Orthop.* 2019;11(1):57–67. doi: 10.5312/wjo.v11.i1.57
22. Zhuang Y, Cao S, Lin Y, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis of acetabular anterior column fractures using the two-incision minimally invasive approach and a preshaped three dimension plate. *International Orthopaedics.* 2016;40(10):2157–2162. doi: 10.1007/s00264-015-3111-1
23. Yang L, Shang X-W, Fan J-N, et al. Application of 3D Printing in the Surgical Planning of Trimalleolar Fracture and Doctor-Patient Communication. *BioMed Research International.* 2016;2016:2482086. doi: 10.1155/2016/2482086
24. Portalatín EL, Carrazana LF, Colon R, et al. Orthopaedic Surgeon Communication Skills: Perception of Empathy and Patient Satisfaction Through the Use of Anatomic Models. *JAAOS: Global Research and Reviews.* 2018;2(11):e07. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00071
25. Lou Y, Cai L, Wang C, et al. Comparison of traditional surgery and surgery assisted by three dimensional printing technology in

the treatment of tibial plateau fractures. *International Orthopaedics.* 2017;41(9):1875–1880. doi: 10.1007/s00264-017-3445-y
26. Won S-H, Lee Y-K, Ha Y-C, Suh Y-S, Koo K-H. Improving preoperative planning for complex total hip replacement with a Rapid Prototype model enabling surgical simulation. *The Bone & Joint Journal.* 2013;95-B(11):1458–1463. doi: 10.1302/0301-620X.95B11.31878
27. Rong X, Wang B, Chen H, et al. Use of rapid prototyping drill template for the expansive open door laminoplasty: A cadaveric study. *Clin Neurol Neurosurg.* 2016;150:13–7. doi: 10.1016/j.clineuro.2016.08.013
28. Merema BJ, Kraeima J, Ten Duis K, et al. The design, production and clinical application of 3D patient-specific implants with drilling guides for acetabular surgery. *Injury.* 2017;48(11):2540–7. doi: 10.1016/j.injury.2017.08.059
29. Cho W, Job AV, Chen J, Baek JH. A review of current clinical applications of three-dimensional printing in spine surgery. *Asian Spine J.* 2018;12(1):171–7. doi: 10.4184/asj.2018.12.1.171
30. Buijze GA, Leong NL, Stockmans F, et al. Three-dimensional compared with two-dimensional preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radial malunion: A multicenter randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(14):1191–202. doi: 10.2106/JBJS.17.00544

ОБ АВТОРАХ

Паршиков Михаил Викторович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-4201-4577;
eLibrary SPIN: 5838-4366;
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

*** Кошкин Арсентий Борисович;**
адрес: Россия, 127006, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4;
ORCID: 0000-0002-7616-2255;
eLibrary SPIN: 4561-6000;
e-mail: febris@mail.ru

Ярыгин Николай Владимирович, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН;
ORCID: 0000-0003-4322-6985;
eLibrary SPIN: 3258-4436;
e-mail: dom1971@yandex.ru

Новиков Сергей Викторович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-5667-5184;
e-mail: nadin-79@bk.ru

Прохоров Андрей Алексеевич;
ORCID: 0000-0002-4130-1307;
e-mail: dr.prokhorov.aa@yandex.ru

Говоров Михаил Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-4873-3230;
eLibrary SPIN: 5444-1777;
e-mail: svgovorova2011@yandex.ru

Алиев Расул Николаевич, канд. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-0876-1301;
eLibrary SPIN: 1263-7372;
e-mail: rasulmed@yandex.ru

Гурьев Владимир Васильевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0009-0008-0842-5739;
eLibrary SPIN: 8987-2622;
e-mail: drguriev@mail.ru

AUTHORS' INFO

Mikhail V. Parshikov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: 0000-0003-4201-4577;
eLibrary SPIN: 5838-4366;
e-mail: parshikovmikhail@gmail.com

*** Arsenty B. Koshkin;**
address: 4 Dolgorukovskaya str., 127006 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-7616-2255;
eLibrary SPIN: 4561-6000;
e-mail: febris@mail.ru

Nikolay V. Yarigin, MD, Dr. Sci. (Med.), professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-4322-6985;
eLibrary SPIN: 3258-4436;
e-mail: dom1971@yandex.ru

Sergey V. Novikov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-5667-5184;
e-mail: nadin-79@bk.ru

Andrey A. Prokhorov;
ORCID: 0000-0002-4130-1307;
e-mail: dr.prokhorov.aa@yandex.ru

Mikhail V. Govorov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0003-4873-3230;
eLibrary SPIN: 5444-1777;
e-mail: svgovorova2011@yandex.ru

Rasul N. Aliev, MD, Cand. Sci. (Med.), assistant professor;
ORCID: 0000-0002-0876-1301;
eLibrary SPIN: 1263-7372;
e-mail: rasulmed@yandex.ru

Vladimir V. Guriev, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: 0009-0008-0842-5739;
eLibrary SPIN: 8987-2622;
e-mail: drguriev@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author