

# ТРАВМАТОЛОГИЯ TRAUMATOLOGY

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНДОПРОТЕЗА ПЕРВОГО ПЛЮСНЕФАЛАНГОВОГО СУСТАВА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

Котельников Г.П.<sup>1</sup>,  
Нурахметов А.А.<sup>1,2</sup>,  
Тажин К.Б.<sup>2</sup>,  
Николаенко А.Н.<sup>1</sup>,  
Борисов А.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89, Россия)

<sup>2</sup> РГП на ПХВ «Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д.» Министерства здравоохранения Республики Казахстан (010000, г. Астана, просп. Абылай хан, 15а, Республика Казахстан)

Автор, ответственный за переписку:  
**Борисов Александр Павлович**,  
e-mail: dr\_borisov71@mail.ru

### РЕЗЮМЕ

**Обоснование.** В настоящее время одним из эффективных инвазивных методов лечения тяжелых форм артроза I плюснефалангового сустава (I ПФС) является его замена. Однако необходимо понимать, что существует ряд послеоперационных осложнений, которые могут быть вызваны непосредственно самим эндопротезом. В качестве помощи специалистам в определении выбора наиболее подходящего имплантата для пациента существуют исследования, которые предоставляют нужную информацию по данной тематике. Оптимизация дизайна имплантата для эндопротезирования I ПФС и проведение дополнительных исследований способствуют их улучшению, делая имплантаты более эффективными, прочными и биосовместимыми.

**Цель исследования.** Представление клинического примера лечения остеоартроза I ПФС путем хирургического вмешательства с использованием тотального эндопротезирования с цельнокерамическим имплантатом, оснащенный оптимальной ножкой.

**Материалы и методы.** Описывается клинический случай 47-летней пациентки с деформирующим остеоартрозом I ПФС III степени, для которой было проведено эндопротезирование с использованием цельнокерамического имплантата с оптимальной ножкой (RU № 226697).

**Результаты и обсуждение.** Оценка состояния сустава I ПФС через три месяца после оперативного вмешательства показала значительное улучшение подвижности и снижение болевого синдрома. Положительная динамика сохранялась через шесть и двенадцать месяцев наблюдения.

**Заключение.** Результатом проведенной операции является подтверждение высокой эффективности эндопротезирования первого плюснефалангового сустава с использованием цельнокерамического имплантата с оптимальной ножкой. Наблюдается существенное устранение болевого синдрома и улучшение качества жизни пациентов. Однако необходимо проведение дополнительных исследований, сфокусированных на рассмотрении отдаленных исходов данной операции для полноценной оценки долговременных результатов и стабильности достигнутых эффектов.

**Ключевые слова:** Hallux rigidus, эндопротезирование первого плюснефалангового сустава, остеоартроз первого плюснефалангового сустава

Статья поступила: 30.01.2025  
Статья принята: 11.06.2025  
Статья опубликована: 17.07.2025

**Для цитирования:** Котельников Г.П., Нурахметов А.А., Тажин К.Б., Николаенко А.Н., Борисов А.П. Использование эндопротеза первого плюснефалангового сустава оригинальной конструкции (клинический случай). Acta biomedica scientifica. 2025; 10(3): 183-190. doi: 10.29413/ABS.2025-10.3.19

## THE USE OF THE ENDOPROSTHESIS OF THE FIRST PLUSNEPHALANX JOINT OF THE ORIGINAL DESIGN (CLINICAL CASE)

**Kotelnikov G.P.<sup>1</sup>,  
Nurakhmetov A.A.<sup>1,2</sup>,  
Tazhin K.B.<sup>2</sup>,  
Nikolaenko A.N.<sup>1</sup>,  
Borisov A.P.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Samara State Medical University  
(443099, Samara, Chapaevskaya str., 89,  
Russian Federation)

<sup>2</sup> National Scientific Center of  
Traumatology and Orthopedics named  
after Academician Batpenov N.D., Ministry  
of Healthcare of the Republic  
of Kazakhstan (010000, Astana, Abylai  
khan ave., 15a, Republic of Kazakhstan)

Corresponding author:

**Alexander P. Borisov,**  
e-mail: dr\_borisov71@mail.ru

### RESUME

**Background.** Currently, the replacement surgery of the first metatarsophalangeal joint (MTP joint) is considered to be one of the effective, invasive method for treating severe forms of osteoarthritis of the MTP joint. However, there are a number of postoperative complications that may be caused by the prosthesis itself. Research in this area can provide valuable information that will assist specialists in making decisions regarding the most suitable implant for each patient. Additionally, improvements in the design of implants for MTP joint replacement and further studies will help make them more effective, durable, and biocompatible.

**The aim.** To present a clinical case of osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint (Hallux rigidus) treated surgically by conducting total joint replacement with a monolithic ceramic implant featuring an optimal stem design.

**Materials and methods.** A clinical case is a 47-year-old patient presenting with deforming osteoarthritis of the 1st MTP joint. It was managed by arthroplasty of 1st MTP joint using an all-ceramic endoprosthesis with an optimal leg (RU № 226697).

**Results.** Three months after the operation, the pronounced significant increase in the range of movement and pain reduction in the 1st MTP joint were observed. Positive dynamics was preserved 6 and 12 months postoperatively.

**Conclusion.** The results of the surgery indicate that the replacement of the first metatarsophalangeal joint replacement using a monolithic ceramic implant with an optimal stem design is efficient surgical intervention. This approach significantly not only alleviates pain, but improves the quality of life for patients overall. However, to fully assess the long-term results and sustainability of the achieved effects, further studies are needed to analyze the distant outcomes of this intervention.

**Keywords:** Hallux rigidus, endoprosthetics of the first metatarsophalangeal joint, osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint

Received: 30.01.2025  
Accepted: 11.06.2025  
Published: 17.07.2025

**For citation:** Kotelnikov G.P., Nurakhmetov A.A., Tazhin K.B., Nikolaenko A.N.1, Borisov A.P. The use of the endoprosthesis of the first plusnephalanx joint of the original design (clinical case). *Acta biomechanica scientifica*. 2025; 10(3): 183-190. doi: 10.29413/ABS.2025-10.3.19

## ВВЕДЕНИЕ

Болезненность в I ПФС с ограничением его функции может иметь разную этиологию, включая остеоартрит (ОА), ревматоидный артрит (РА), подагру, нервно-мышечные расстройства, травмы и неудачные операции на суставах.

На ранних стадиях (1, 2 ст.) остеоартроза рекомендуется только консервативное лечение Hallux Rigidus. Эти методы лечения представлены медикаментозной терапией, внутрисуставными инъекциями, модификацией обуви и моделированием ортезов, использованием экстракорпоральной ударно-волновой терапии, назначением пероральных нестероидных противовоспалительных препаратов, модификацией активности, тейпированием, массажем, лечебной физкультурой для мышц голени и стопы, мануальной терапией, холодными аппликациями, ионофорезом, ультразвуковой терапией и инъекцией богатой тромбоцитами плазмы или аспирином костного мозга [1, 2]. При неэффективности консервативных методов лечения появляется необходимость в хирургическом вмешательстве.

Среди многочисленных вариантов хирургического вмешательства можно выделить несколько наиболее используемых методов. Например, хейлэктомия применяется при менее выраженной деструкции сустава [2, 3], другими методами являются эксцизионная артропластика (метод Келлера) с биологическими спейсерами или без них (включая облученный хондральный трансплантат или капсульную интерпозицию [4]), остеохондральную аутогенную трансплантацию при очаговых дефектах [5], дистракцию сустава [6], периакулярную остеотомию [7], артродез [7, 8], гемипротезирование [9] и полную замену сустава [10].

Несмотря на широкий выбор хирургических методов лечения остеоартроза в I ПФС, ни один из них не является «идеальным». Артродез, считающийся «золотым стандартом», обеспечивает эффективное устранение болевого синдрома, восстановление амплитуды движений, что сохраняет длину пальца, обеспечивает эстетически удовлетворительный результат, выравнивает ось пальца и в конечном итоге восстанавливает нормальную функцию стопы и походку [1, 2, 3, 8]. Однако при артродезе нередко происходит укорочение длины первого пальца, что увеличивает нагрузку на соседние пальцы, вызывая мезатаралгию [2, 9]. Альтернативой артродезу является эндопротезирование первого плюснефалангового сустава. При эндопротезировании I ПФС возможно использование имплантатов из различных материалов, таких как силикон, керамика, металл. Согласно многочисленным исследованиям, имплантаты из силикона показывают неблагоприятные долгосрочные результаты. В связи с этим, в клинике наиболее перспективным считается применение керамических и металлических имплантатов [10, 11]. В клинической практике ранее использовались цельнокерамические эндопротезы, разработанные исследователями Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского (Патент РФ на полезную модель

№ 202476 от 19.02.21. Бюл. № 5). Однако вышеуказанные авторы упоминали о вероятности возможных послеоперационных осложнениях, таких как нестабильность имплантата, вывих или перипротезный перелом [11]. Вследствие этого было решено провести оптимизацию эндопротеза и предложить авторский дизайн эндопротеза I ПФС [12].

В настоящее время проводится большое количество исследований по внедрению и оценке новых методов лечения пациентов с заболеваниями и повреждениями I ПФС [13, 14, 15].

В течение последних 60 лет эндопротезирование I ПФС различными имплантатами также держит фокус на достижение сохранения подвижности сустава как при артродезе. Подвижность I ПФС необходима для обеспечения нормальной походки, функционирования механизма лодыжки. Это в свою очередь играет важную функциональную роль во время ходьбы, а также позволяет носить более стильную обувь.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представление клинического примера лечения остеоартроза первого плюснефалангового сустава (Hallux Rigidus) путем хирургического вмешательства при его остеоартрозе путем тотального эндопротезирования с цельнокерамическим имплантатом, оснащенным оптимальной ножкой.

## ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Пациентка, 47 лет, находилась на стационарном лечении в ортопедическом отделении № 2 РГП на ПХВ «Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д.» с 5 по 11 июля 2023 года с диагнозом M19.9 Артроз неуточненный, M 20.2 Ригидный палец большой стопы. При поступлении отмечались жалобы на болевые ощущения в области I ПФС левой стопы, которые беспокоили ее на протяжении пяти лет. Данная боль особенно усиливалась при ходьбе. По шкале ВАШ от 0 до 10 пациентка оценивала боль в состоянии покоя на 4–5, при движении на 7–8 баллов. Со слов пациентки, она в детском возрасте перенесла травму, в результате которой длительное время сохранялся дискомфорт в суставе. Амбулаторное консервативное лечение не дало ощутимого результата. Заблаговременно до начала исследования было проведено заседание локальной этической комиссии по биоэтике, решением которого было одобрение проведения научного исследования (протокол № 7 от 19 апреля 2023 г.). Следующим этапом, в присутствии локальной этической комиссии, у пациентки получено информированное согласие на установку протеза I ПФС, использование личных данных в виде фотографий и рентгенограмм, публикацию клинического случая, пациентка предупреждена о возможных рисках и осложнениях.

Физикальный осмотр стопы выявил выраженную деформацию I ПФС левой стопы, отмечено полное ограничение движения в данном суставе (объем движений 0 градусов). Кроме этого, выявлена гиперемия кожи и воспаление мозолей в области деформации, в связи постоянным трением обуви (рис. 1А). Рентгенологическое исследование в прямой и боковой проекциях показало выраженное сужение суставной щели I ПФС слева, уплотнение суставных поверхностей, костные разрастания на краях I плюсневой кости и проксимальной фаланги, а также небольшое вальгусное отклонение I пальца на 18-22 градуса (рис. 1В). Однако пациентка не представляла жалоб на данное отклонение.

На основании клинических и инструментальных данных были определены показания для хирургического вмешательства при деформирующем остеоартрозе I ПФС с согласия пациентки. Операция была проведена путем тотального эндопротезирования сустава с использованием цельнокерамического эндопротеза с применением спинномозговой анестезии. В ходе операции, был сделан разрез на боковой наружной поверхности левой стопы в области I ПФС (рис. 2А). Далее удалены экзостозы с дистальной плюсневой и проксимальной фаланг. Основание проксимальной фаланги иссекалось на расстоянии 3–5 мм от суставной поверхности, под углом 30° производилась резекция головки I плюсневой кости. Были вставлены соответствующие пробные образцы и проведено пробное сокращение для проверки длины пальцев, натяжения мягких тканей и подвижности.

При осевом вытяжении большого пальца ноги суставная щель должна быть не менее 5 мм. Наконеч, проксимальный и дистальный компоненты эндопротеза были помещены в подготовленные каналы с использованием соответствующих компакторов (рис. 2В). Рана ушита послойно, наложена асептическая повязка. На операционном столе сразу после операции была выполнена контрольная рентгенография, которая показала правильное и стабильное положение компонентов имплантата (рис. 2С).

Ранняя послеоперационная мобилизация началась в первый послеоперационный день, при этом использовали специализированную обувь без опоры на передний отдел стопы. Увеличение нагрузки было постепенным с послеоперационной разгрузочной обувью в течение четырех недель. Полная весовая нагрузка без ограничений разрешалась через восемь недель, когда у пациентки отсутствовали клинические симптомы, а также рентгенологические признаки расшатывания или смещения имплантата.

При оценке сустава через три месяца после операции наблюдалось отсутствие ограничения передвижения пациентки, включая движение «на носочках» (рис. 3). Дорсифлексия в I ПФС оценена на 30–40 градусов. Со слов пациентки боль в суставе по шкале от 0 до 10 оценивается на 0 баллов, не беспокоит совсем.

На контрольных рентгенограммах через двенадцать недель после оперативного вмешательства зафиксировано правильное и стабильное положение



**РИС. 1.**

*А – внешний вид стопы пациентки; В – предоперационная рентгенограмма стопы в прямой и боковой проекциях*

**FIG. 1.**

*A – external appearance of the patient's foot; B – preoperative radiograph of the foot in the front and lateral projections*

проксимального и дистального компонентов эндопротеза (рис. 4).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эндопротезирование является одним из высокоэффективных методов лечения остеоартроза I ПФС, который оптимизировался в течение последних



**РИС. 2.**

*А – интраоперационная картина состояния I ПФС; В – интраоперационный вид имплантированного протеза; С – рентгенограммы стопы в прямой и боковой проекциях (после операции)*

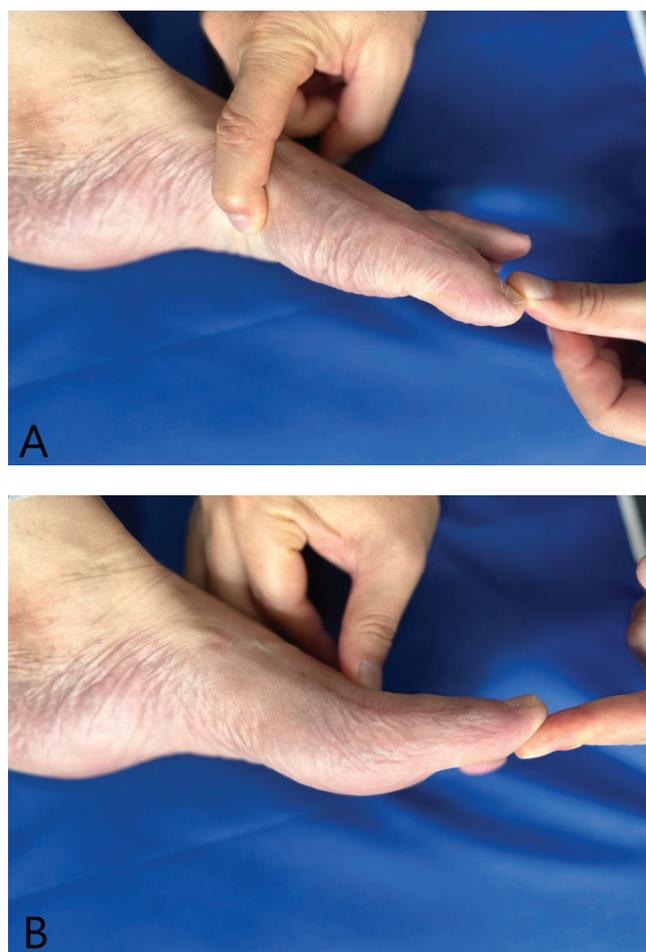
**FIG. 2.**

*A – intraoperative picture of the state of I PFS MPT joint; B – intraoperative view of the implanted prosthesis; C – radiographs of the foot in straight and lateral projections (after surgery)*

60 лет для устранения недостатков других оперативных методов лечения, таких как остеотомия плюсневой кости и артродезирование суставов [13, 14]. Изначально, внедрение данного метода лечения было воспринято с большим энтузиазмом в связи с предположением о его функциональности. Ранние результаты первоначальных исследований представили благоприятные результаты в связи с высокой удовлетворительностью пациентов. Однако с течением времени пациенты стали сообщать о неудовлетворительных результатах, несмотря на короткий период использования [15]. Опасения хирургов по поводу осложнений эндопротезирования I ПФС сохранялись, несмотря на оптимизацию конструкции и смену материалов имплантатов со временем. Возможным объяснением данному наблюдению является отсутствие большого количества пациентов, в том числе с длительным наблюдением, в отличие от протезирования других крупных суставов. В дополнение следует отметить, что большая часть исследований, посвященных замене I ПФС, были проведены разработчиками имплантатов, что приводит к потенциальной предвзятости.

Основными задачами эндопротезирования I ПФС сустава при лечении Hallux Rigidus являются: облегчение боли, восстановление функции и поддержание стабильности сустава. Исследования, проведенные за последние десятилетия по оптимизации эндопротезов, привели к разработке многочисленных имплантатов из силикона, керамики и металла [11, 12, 13].

Использование имплантатов из силикона восстанавливает функцию стопы и значительно уменьшает болевой синдром. Однако после установки силиконовых имплантатов часто наблюдались такие осложнения, как синовит, гранулематозная реакция вокруг имплантата и метатарзалгия [16].



**РИС. 3.**

*А, В – внешний вид стопы (спустя двенадцать недель после операции)*

**FIG. 3.**

*A, B – appearance of the foot (twelve weeks after surgery)*

Таким же образом использование керамических имплантатов показало многообещающие результаты в ранний послеоперационный период. Однако в долгосрочной перспективе наблюдались неудовлетворительные результаты, вызванные высокой частотой расшатывания имплантатов [17].

По результатам современных исследований, несмотря на применение различных поколений имплантатов, существуют такие осложнения, как остеолиз и расшатывание [17, 18]. Известно, что одной из основных причин высокого уровня неудач является широкий спектр показаний для хирургического вмешательства, в том числе такие осложненные ситуации как остеонекроз головки плюсневой кости [17], воспалительная артропатия [9] и повторное эндопротезирование после неудачной операции [8]. В исследовании Ess P. и соавторов было выявлено, что рецидив вальгусной деформации первого пальца сам по себе является фактором, способствующим неблагоприятным результатам [19]. Также отмечается, что предоперационное состояние сустава I ПФС и стопы является важным аспектом, влияющим на исход операции. Другое исследование Giza E. и соавторов указывает на то, что пациентам с выраженной вальгусной деформацией первого пальца (3–4 степени) и артритом I ПФС следует избегать эндопротезирования [20]. Другим фактором, влияющим на вживление и долгосрочность имплантатов, является уровень активности пациентов, функциональные потребности и время наблюдения после операции [18]. Среди других осложнений использования имплантата I ПФС авторы отмечают инфекцию, расхождение послеоперационной раны, переломы плюсневых костей. Также в связи с сохранением мозоли в течение всего послеоперационного периода и частичного сохранения болевого синдрома в ранний послеоперационный период пациенты могли сообщать о неудовлетворении результатом проведенного лечения [21].

Мы оптимизировали дизайн эндопротеза и рекомендуем его к использованию у пациентов с невыраженной вальгусной деформацией (1–2 степени). В данном клиническом случае мы выполнили эндопротезирование I ПФС, поскольку у пациентки была только легкая вальгусная деформация 1 степени. При выраженных изменениях (деформации 3–4 стадии) мы не рекомендуем проведение данного вмешательства.

В пределах данного исследования средний срок наблюдения составил 12 месяцев. Результаты лечения оценивались с использованием анкетирования и шкал ВАШ (VAS, визуальная аналоговая шкала) и AOFAS (Американское общество ортопедии стопы и голеностопного сустава). Оценка подвижности стопы выявила ее увеличение на 7°, однако пациентка осталась довольна результатом операции и смогла носить повседневную обувь. Через пять недель после проведения оперативного вмешательства ей была разрешена осторожная ходьба, через полтора месяца была увеличена нагрузка на сустав. Спустя двадцать недель отмечена положительная функциональная динамика: отсутствие ограничений в движениях, выполнение простых движений



**РИС. 4.**

Контрольные рентгенограммы стопы пациентки в прямой и боковой проекциях (через двенадцать недель после операции)

**FIG. 4.**

Control radiographs of the patient's foot in lateral and frontal projections (twelve weeks after the surgery)

пальцем (сгибание / разгибание). Пациентка смогла вернуться к прежней работе. Оценка сустава по шкале AOFAS составила 85 баллов в 12 месяцев (до операции – 31 балл).

Мы продолжаем рекомендовать эту процедуру нашим пациентам с выраженным артрозом I ПФС, которые не хотят проводить артродез. Поскольку выбор пациента по-прежнему является ключевым фактором долгосрочного успеха, необходимо учитывать такие факторы, как сопутствующие деформации, уровень активности и функциональные требования, прежде чем применять эту процедуру у пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный клинический случай указывает на многообещающие результаты первого тотального эндопротезирования I ПФС с цельнокерамическим эндопротезом с использованием оптимальной ножки. Для дальнейшего подтверждения характеристик существующих протезов требуется тщательное исследование. Представленная методика оперативного вмешательства показала высокую эффективность и простоту, быстрое восстановление функции I ПФС. В свою очередь стабильность цельнокерамического эндопротеза с оптимальной ножкой может значительно сократить сроки послеоперационного восстановления и улучшить трудоспособность пациентов.

Таким образом, тотальное эндопротезирование I ПФС не только решает проблемы болевого синдрома, но и способствует оптимизации объема движений

и механики шага. Данный метод может стать операцией выбора для лечения этой патологии.

#### Конфликт интересов

Отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи. Авторы данной статьи участвовали в разработке данного имплантата для эндопротеза.

#### Финансирование

Работа включена в план исследовательской работы Самарского медицинского университета. Отсутствие внешнего финансирования при проведении исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Butler JJ, Hartman H, Mener A, Mercer NP, et al. Limited evidence to support the use of intra-articular injection of hyaluronic acid for the management of Hallux Rigidus: a systematic review. *Foot Ankle Orthop.* 2024; 9(3): 24730114241265109. doi: 10.1177/24730114241265109
- Lam A, Chan JJ, Surace MF, Vulcano E. Hallux rigidus: how do i approach it? *World J Orthop.* 2017; 8(5): 364–371. doi: 10.5312/wjo.v8.i5.364
- Galois L, Hemmer J, Ray V, Sirveaux F. Surgical options for hallux rigidus: state of the art and review of the literature. *European Journal of Orthop Surg Traumatology.* 2020; 30(1): 57–65. doi: 10.1007/s00590-019-02528-x
- Givissis P, Kitridis D, Daskalakis DN, Symeonidis P. Minimal resection interposition arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint. *The Foot.* 2017; 32: 1-7. doi: 10.1016/j.foot.2017.03.004
- Saxena A, Shou L. A novel technique to treat Hallux Rigidus in athletic patients with central osteochondral defects: preliminary report on 12 cases. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2021; 60(4): 845-849. doi: 10.1053/j.jfas.2019.11.011
- Lamm BM. First MTP Joint Distraction. In: Rozbruch SR, Hamdy RC, Fragomen AT, Bernstein M. (eds) *Limb Lengthening and Reconstruction Surgery Case Atlas.* Springer, Cham. 2024. doi: 10.1007/978-3-031-77361-7\_113
- Anderson MR, Ho BS, Baumhauer JF. Current Concepts Review: Hallux Rigidus. *Foot and Ankle Orthopaedics.* 2018; 3(2): 247301141876446. doi: 10.1177/2473011418764461
- Coughlin MJ, Shurnas PS. Hallux rigidus: Grading and long-term results of operative treatment. *J Bone Joint Surg (Am).* 2003; 85(11): 2072–2088.
- De Bot TAL, Veldman HD, Eurlings R, Stevens J, Hermus JPS, Witlox AM. Metallic hemiarthroplasty or arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint as treatment for hallux rigidus: a systematic review and meta-analysis. *Foot and Ankle Surgery.* 2022; 28(2): 139-152. doi: 10.1016/j.fas.2021.03.004
- Gupta S, Masud S. Long term results of the Toefit-Plus replacement for first metatarsophalangeal joint arthritis. *The Foot.* 2017; 31: 67-71. doi: 10.1016/j.foot.2017.04.006
- Горякин М.В., Ульянов В.Ю., Фроленков А.В. Опыт тотального эндопротезирования первого плюснефалангового сустава. *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2019; 15(3): 633–636. [Goryakin MV, Ulyanov VYu, Frolenkov AV. Case study of the first metatarsophalangeal joint total replacement. *Saratov Journal of Medical Scientific Research.* 2019; 15(3): 633–636 (In Russ.)].
- Колсанов А.В., Николаенко А.Н., Иванов В.В., и др. Анализ биомеханики первого плюснефалангового сустава после эндопротезирования. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2023; (5): 5864. [Kolsanov AV, Nikolaenko AN, Ivanov VV, et al. Biomechanics of the first metatarsophalangeal joint after replacement. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2023; (5): 58-64. (In Russ.)]. doi: 10.17116/hirurgia202305158
- Koutsouradis P, Savvidou OD, Stamatidis ED. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint: The “when and how”. *World J Orthop.* 2021; 12(7): 485–494. doi: 10.5312/wjo.v12.i7.485
- Lui TH. Arthroscopic arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint in hallux valgus deformity. *Arthrosc Tech.* 2017; 6:e1481–e1487. doi: 10.1016/j.eats.2017.06.004
- Asif M, Qasim SN, Kannan S, Bhatia M. A consecutive case series of 166 first metatarsophalangeal joint fusions using a combination of cup and cone reamers and crossed cannulated screws. *J Foot Ankle Surg.* 2018; 57: 462–465. doi: 10.1053/j.jfas.2017.10.026
- Majeed H. Silastic replacement of the first metatarsophalangeal joint: historical evolution, modern concepts and a systematic review of the literature. *EFORT Open Reviews.* 2019; 4(3): 77-84. doi: 10.1302/2058-5241.4.180055
- Dawson-Bowling S, Adimonye A, Cohen A, et al. MOJE ceramic metatarsophalangeal arthroplasty: disappointing clinical results at two to eight years. *Foot Ankle Int.* 2012; 33(7): 560-564. doi: 10.3113/FAI.2012.0000
- Moghadasi K, Isa MSM, Ariffin MA, Mohd MZ. A review on biomedical implant materials and the effect of friction stir based techniques on their mechanical and tribological properties. *Journal of Materials Research and Technology.* 2022; 17: 1054-1121. doi: 10.1016/j.jmrt.2022.01.050
- Ess P, Hämäläinen M, Leppilahti J. Non-constrained titanium-polyethylene total endoprosthesis in the treatment of hallux rigidus. A prospective clinical 2-year follow-up study. *Scand J Surg.* 2002; 91(2): 202-207. doi: 10.1177/145749690209100213
- Giza E, Sullivan M, Ocel D, Lundeen G, Mitchell M, Frizzell L. First metatarsophalangeal hemiarthroplasty for hallux rigidus. *Int Orthop.* 2010; 34(8): 1193-1198. doi: 10.1007/s00264-010-1012-x
- Sung W, Weil L, Weil LS, Stark T. Total first metatarsophalangeal joint implant Arthroplasty: A 30-year retrospective. *Clinics Podiatric Med Surg.* 2011; 28(4): 755–761. doi: 10.1016/j.cpm.2011.08.005

#### Сведения об авторах

**Котельников Геннадий Петрович** – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии им. академика РАН А.Ф. Краснова ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: kaf\_travma@samsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>

**Нурахметов Асет Аскарлович** – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и экстремальной хирургии имени академика РАН А.Ф. Краснова ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач травматолог-ортопед отделения ортопедии РГП на ПХВ «Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д.» Министерства здравоохранения Республики Казахстан; e-mail: Aset\_vostok@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3384-690X>

**Тажин Кайрат Болатович** – кандидат медицинских наук; заведующий отделением ортопедии, врач травматолог-ортопед РГП на ПХВ «Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д.» Министерства здравоохранения Республики Казахстан; e-mail: Zamada@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6510-8333>

**Николаенко Андрей Николаевич** – доктор медицинских наук, доцент, директор НИИ Бионики и персонализированной медицины ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: nikolaenko.83@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>

**Борисов Александр Павлович** – кандидат медицинских наук, доцент, главный специалист НИИ Бионики и персонализированной медицины ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: dr\_borisov71@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-9562-6394>

#### Information about the authors

**Gennady P. Kotelnikov** – Dr. Sc. (Med.), Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of traumatology, orthopaedics and extreme surgery named after Academician of the Russian Academy of Sciences A.F. Krasnov, Samara State Medical University; e-mail: kaf\_travma@samsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>

**Aset A. Nurakhmetov** – postgraduate student of the Department of traumatology, orthopedics, and extreme surgery named after Academician A.F. Krasnov, Samara State Medical University; orthopaedic traumatologist at the Orthopaedics Department of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan; e-mail: Aset\_vostok@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3384-690X>

**Kayrat B. Tazhin** – Cand. Sc. (Med.), Head of the Orthopaedics Department, traumatologist-orthopaedic surgeon of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Ministry of Healthcare of the Republic of Kazakhstan; e-mail: Zamada@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6510-8333>

**Andrey N. Nikolaenko** – Dr. Sc. (Med.), Associate Professor, Director of the Research Institute of bionics and personalised medicine, Samara State Medical University; e-mail: nikolaenko.83@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>

**Alexander P. Borisov** – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor, Chief officer of the Research Institute of bionics and personalised medicine, Samara State Medical University; e-mail: dr\_borisov71@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-9562-6394>

#### Вклад авторов

Котельников Г.П. – концептуализация

Нурахметов А.А. – исследование, написание (первоначальный вариант, редактирование, визуализация)

Тажин К.Б. – контроль, управление проектом

Николаенко А.Н. – консультирование на основании практического опыта использования некоторых видов эндопротезов

Борисов А.П. – редактирование, перевод