



СЛУЧАЙ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВУХ ЭЛАСТИЧНЫХ СТЕРЖНЕЙ С БИОАКТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЛОЖНОГО СУСТАВА КОСТЕЙ ГОЛЕНИ

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Российская Федерация

Представлен положительный результат использования эластичных стержней с гидроксипатитным покрытием для лечения ложного сустава костей голени у пациентки 52 лет, которая в детстве перенесла гематогенный остеомиелит. В последующем было сформировано укорочение костей левой голени, а также наблюдалась ее деформация после неправильно сросшегося перелома большеберцовой кости. Формирование ложного сустава являлось следствием неудачного distraction остеосинтеза, выполняемого с целью восстановления длины сегмента и устранения деформации. Выбор методики лечения был основан на результатах экспериментального исследования *in vivo* и известных литературных данных. Преимуществами методики являлись малая травматичность в сравнении с известными способами лечения ложных суставов и возможность обеспечения условий для активизации остеогенеза на стыке патологически измененных костных отломков. Интрамедуллярный остеосинтез биоактивными тонкими стержнями в сочетании с наружным аппаратом позволил сохранить стабильную жесткую фиксацию на протяжении всего периода лечения. Все эти факторы способствовали ранней консолидации (в течение 60 суток) с сохранением достигнутого состояния в периоде после прекращения аппаратной фиксации. Используемая методика лечения ложных суставов длинных костей является легко выполнимой и обладает широкими перспективами при устранении такой патологии.

Ключевые слова: ложный сустав, эластичный стержень, гидроксипатитное покрытие, биоактивный имплантат

A positive result of the use of bioactive-coated flexible nails to treat the pseudarthrosis of the shin bones in a 52-year-old patient suffered hematogenous osteomyelitis in childhood has been presented. Subsequently, a shortening of the left leg, as well as its deformation after an incorrect healed of a tibial shaft fracture have been formed. The formation of a pseudarthrosis was a consequence of unsuccessful distraction osteosynthesis to restore the segment length and eliminate deformity. The choice of treatment method was based on the results of an experimental study *in vivo* and the known literature data. The advantage of this technique was its low injury rate in comparison with the known methods of false joints treating and the possibility of providing conditions for the activation of osteogenesis at the junction of pathologically altered bone fragments. Intramedullary osteosynthesis by bioactive-coated flexible implants associated by external fixator provided supporting the stable rigid fixation throughout the entire treatment period. All these factors contributed to early consolidation (within 60 days) while maintaining the achieved state after the termination of hardware fixation. The technique used for the treatment of long bones pseudarthrosis is considered to be easily implementable having the broad perspectives to eliminate such pathology.

Keywords: pseudoarthrosis, flexible implants, hydroxyapatite coating, bioactive implant

Novosti Khirurgii. 2022 Jul-Aug; Vol 30 (4): 408-414

The articles published under CC BY NC-ND license

A Case of the Effective Application of Two Elastic Nails with Bioactive Coating for Treatment of Pseudoarthrosis of the Leg Bones

A.V. Popkov, N.A. Kononovich, D.A. Popkov, A. A. Chertishchev



Введение

Известно, что исходом лечения травм длинных костей и ряда других патологических состояний (гематогенный остеомиелит, костные опухоли, врожденные заболевания костно-мышечной системы, в том числе у детей) может являться формирование дефектов либо псевдоартрозов. Устранение последних сопровождается определенными трудностями и

составляет серьезную медико-социальную проблему для отрасли и государства в целом. Это связано с выбором оптимальных хирургических техник, их многоэтапностью и, как следствие, достаточно продолжительным лечебно-реабилитационным периодом, а также высокой стоимостью оказываемых медицинских услуг. При этом сохраняется риск получения неудовлетворительных результатов, удельный вес которых может достигать 14-30% [1, 2, 3, 4, 5]. Принято

считать, что чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову, в том числе в сочетании с другими технологиями, является методом выбора при устранении последствий травм, в частности ложных суставов и дефектов длинных трубчатых костей. Однако длительность стационарного лечения (от 3 до 11 месяцев в зависимости от локального статуса), необходимость постоянной курации весь период лечебно-реабилитационных мероприятий, снижение качества жизни пациентов во время остеосинтеза аппаратом наружной фиксации остаются нерешенными проблемами [6, 7, 8]. Очевидно, что выбор способа лечения должен рассматриваться с позиций сокращения сроков остеосинтеза и гарантии положительного исхода оперативного вмешательства. Такой эффект был достигнут в эксперименте на собаках. Животным для последующего удлинения костей голени выполняли комбинированный остеосинтез аппаратом Илизарова с дополнительным армированием большеберцовой кости тонкими титановыми эластичными стержнями (TEN) с гидроксипатитным (ГА) покрытием, нанесенным методом микродугового оксидирования (МДО). Были созданы благоприятные условия для адгезии, пролиферации и дифференцировки мультипотентных стволовых клеток в остеобласты на поверхности покрытия. Это позволило значительно сократить сроки формирования опороспособного участка кости и, соответственно, уменьшить период аппаратной фиксации [9].

Цель. Продемонстрировать возможность использования двух эластичных стержней с биоактивным покрытием для лечения ложного сустава длинной трубчатой кости.

Клинический случай

Пациентка, 52 года, в раннем детском возрасте перенесла гематогенный остеомиелит, в результате чего сформировалось укорочение левой голени величиной 5 см. В возрасте 12 лет произошел закрытый перелом левой большеберцовой кости. Консолидация наступила с варусной деформацией голени. В июне 2017 года пациентка обратилась за помощью в Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Министерства здравоохранения Российской Федерации с целью устранения укорочения и исправления деформации. Была предпринята попытка оперативного удлинения голени и коррекции деформации методом чрескостного дистракционного остеосинтеза по Илизарову, которая не увенчалась успехом.

Общий период остеосинтеза аппаратом Илизарова продолжался 11 месяцев, по окончании которого было констатировано формирование ложного сустава в средней трети диафиза большеберцовой кости с дефектом кости 3 см и диастазом 17 мм. Для устранения данного патологического состояния было принято решение применить вариант комбинированного остеосинтеза, использованный при выполнении экспериментального исследования [9].

Пациентке осуществили шадящую резекцию ложного сустава. Костные отломки сблизили до контакта в нейтральном положении (без компрессионных усилий). Для фиксации использовали чрескостный остеосинтез аппаратом Илизарова в комбинации с интрамедуллярным армированием большеберцовой кости двумя стержнями TEN с ГА покрытием, нанесенным методом МДО. Для их введения дополнительного рассверливания костномозговых каналов отломков не осуществляли. Пациентка лечилась амбулаторно. Послеоперационный период протекал без особенностей. На разных этапах лечения выполнялся рентгенологический контроль, включая компьютерную томографию (КТ). Был назначен курс лечебной физкультуры. Лучевыми методами полную консолидацию в области ложного сустава определили уже через 2 месяца после остеосинтеза. В этот период фиксацию аппаратом Илизарова прекратили. Эластичные стержни не удаляли. На протяжении лечения пациентка жалоб не предъявляла. К окончанию лечения передвигалась без средств дополнительной опоры. На контрольном осмотре через 2 месяца после прекращения аппаратной фиксации визуально и рентгенологически ось сегмента была правильная. На рентгенограммах определяли полную консолидацию костных отломков. Признаков патологического изменения костной ткани в области ее контакта с металлическими биоактивными стержнями не выявляли. Было отмечено полное функциональное восстановление конечности. Результаты лучевых методов исследования на разных этапах лечения представлены на рисунках (рис. 1 и 2).

Обсуждение

По данным многих авторов, при лечении ложных суставов длинных костей, в том числе при наличии двух и более хирургических вмешательств в анамнезе, различные варианты костной аутопластики (губчатой аутокостью, васкуляризированным аутотрансплантатом) демонстрируют эффективность и считаются наиболее безопасными с точки зрения биосовместимости. В качестве фиксаторов часто



Рис. 1. Рентгенограммы левой голени пациентки на разных этапах лечения: А – сформированный ложный сустав после удлинения голени на 5 см; Б – непосредственно после остеосинтеза эластичными стержнями с ГА покрытием; В – через 2 месяца фиксации аппаратом Илизарова, непосредственно после его демонтажа; Г – через 2 месяца после демонтажа аппарата Илизарова.



Рис. 2. КТ левой голени пациентки на разных этапах лечения: А – сформированный ложный сустав после удлинения голени; Б – непосредственно после остеосинтеза эластичными стержнями с ГА покрытием; В – через 2 месяца фиксации аппаратом Илизарова, непосредственно после его демонтажа.

используют накостные пластины [10, 11]. Сроки консолидации в этих случаях достаточно продолжительные и могут варьировать от 4 до 12 месяцев. Стандартом лечения псевдоартрозов считают сочетание аутологичной трансплантации с интрамедуллярной фиксацией, а дополнительное использование факторов роста, в частности rhBMP-2, в большинстве случаев позволяет уменьшить период консолидации отломков до 6 месяцев [12]. Технологии остеосинтеза интрамедуллярными фиксаторами с нанесенными на их поверхность функциональными покрытиями, в том числе антибактериальными, представляются еще более эффективными, так как более чем в 60% наблюдений сращение достигается в течение 2-2,5 месяцев [13]. При использовании аппаратов внешней фиксации создаются лучшие биомеханические условия, что способствует сокращению сроков сращения до 3 месяцев [14, 15, 16].

Несмотря на положительные результаты лечения различными методиками костной пластики, часто не удается достичь желаемого эффекта [17]. Процесс получения аутологичной ткани увеличивает степень травматичности подобного рода технологий. Также существует риск развития нестабильности и лизиса как самого трансплантата, так и концов отломков.

В представленном случае для лечения ложного сустава костей голени применяли комбинацию интрамедуллярного остеосинтеза двумя тонкими титановыми эластичными стержнями с биоактивным ГА покрытием и наружной аппаратной фиксации. Таким образом, были созданы оптимальные условия для формирования прочного костного сращения через 2 месяца после операции, а именно: 1) технология введения интрамедуллярных элементов не требовала дополнительного рассверливания костномозговых каналов отломков, что снизило степень травматизации; 2) поверхность ТЕН обладала остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами; 3) наружный аппаратный остеосинтез обеспечивал стабильную фиксацию на протяжении всего периода лечения.

Заключение

Представленный клинический случай продемонстрировал эффективность использования двух эластичных стержней с ГА покрытием для лечения ложного сустава костей голени, сформированного после неудачного дистракционного остеосинтеза. Основой морфологической концепции использованного метода лечения являлся процесс ранней остеointegrации биоактивного имплантата. Предотвратить форми-

рование ложного сустава на этапе удлинения было возможно при использовании дистракционного остеосинтеза в комбинации с интрамедуллярным армированием биоактивными тонкими стержнями.

Финансирование

Работа выполнена в соответствии с планом научных исследований Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова. Финансовой поддержки со стороны кампаний-производителей лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения авторы не получали.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

Этические аспекты.

Одобрение комитета по этике

Исследование одобрено Комитетом по этике Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России.

Согласие

Пациент дал согласие на публикацию сообщения и размещение в интернете информации о характере его заболевания, проведенном лечении и его результатах с научной и образовательной целями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щетинин СА. Анализ частоты и последствий травматизма в России *Соврем Проблемы Науки и Образования* [Электронный ресурс]. 2015 [дата обращения: 30.08.2021];(2-1):48-48. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17871>
2. Хадарцев АА, Панарин ВМ, Кашинцева ЛВ, Маслова АА, Митюшкина ОА. К проблеме оценки производственного травматизма в России. *Вестн Новых Мед Технологий* [Электронное издание]. 2019;13(4):90-101. doi: 10.24411/2075-4094-2019-16472
3. Прохорова ЕС, Уразгильдеев РЗ, Еремушкин МА, Колыщенко ВА. Современные подходы к лечению пациентов с ложными суставами и дефектами длинных костей нижних конечностей: аналитический обзор. *Вестн Восстанов Медицины*. 2020;(2):84-89. doi: 10.38025/2078-1962-2020-96-2-84-89
4. Тишков НВ. Комбинированный чрескостный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости при

- нарушениях репаративного процесса (клинический случай). *Acta Biomedica Scientifica*. 2020;5(6):211-15. doi: 10.29413/ABS.2020-5.6.26
5. Mills LA, Aitken SA, Simpson AHRW. The risk of non-union per fracture: current myths and revised figures from a population of over 4 million adults. *Acta Orthop*. 2017 Aug;88(4):434-39. doi: 10.1080/17453674.2017.1321351
6. Хоминец ВВ, Губочкин НГ, Метленко ПА, Шакун ДА, Иванов ВС, Каземирский АВ, Лукичева НП. Особенности лечения пациентки с последствиями сочетанной травмы в виде несращения перелома дистального бедра. *Политравма*. 2020;(4):44-52. doi: 10.24411/1819-1495-2020-10045
7. Шастов АЛ. Анализ эффективности механического воздействия на зону псевдоартроза бедренной кости. *Гений Ортопедии*. 2015;(3):97-99. doi: 10.18019/1028-4427-2015-3-97-99
8. Miraj F, Aprilya D. Diagnostic and treatment challenge in adult presentation of congenital pseudoarthrosis of the tibia: A case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2020 Aug 29;58:112-16. doi: 10.1016/j.amsu.2020.08.030. eCollection 2020 Oct.
9. Popkov AV, Popkov DA, Kononovich NA, Gorbach EN, Tverdokhlebov SI, Bolbasov EN, Darvin EO. Biological activity of the implant for internal fixation. *J Tissue Eng Regen Med*. 2018 Dec;12(12):2248-55. doi: 10.1002/term.2756
10. Кононович НА, Горбач ЕН, Силантьева ТА, Шастов АЛ, Мироманов АМ, Борзунов ДЮ. Особенности остеогенеза при замещении циркулярного дефекта диафиза костей голени с использованием «коллаген-апатитного композита» литар» (экспериментальное исследование). *Забайкал Мед Вестн*. 2019;(4):69-77. <http://zabmedvestnik.ru/arhiv-nomerov/nomer-4-za-2019-god>
11. Chiang JC, Johnson JE, Tarkin IS, Siska PA, Farrell DJ, Mormino MA. Plate augmentation for femoral nonunion: more than just a salvage tool? *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016 Feb;136(2):149-56. doi: 10.1007/s00402-015-2365-9
12. Mazli N, Bajuri MY, Ali AM, Das S. Use of a locking compression plate in the management of congenital pseudoarthrosis of the tibia. *J Clin Diagnostic Res*. 2018 Dec 12(12):RD01-RD03. doi: 10.7860/JCDR/2018/36919.12318
13. Richards BS, Anderson TD. rhBMP-2 and Intramedullary Fixation in Congenital Pseudoarthrosis of the Tibia. *J Pediatr Orthop*. 2018 Apr;38(4):230-38. doi: 10.1097/BPO.0000000000000789
14. Волоотовский ПА, Ситник АА, Тапальский ДВ, Ярмоленко МА, Корзун ОА, Бондарев ОН, Герасименко МА. Ближайшие результаты клинического применения блокируемого интрамедуллярного фиксатора с трехкомпонентным антибактериальным покрытием при инфицированных переломах и несращениях длинных трубчатых костей. *Новости Хирургии*. 2020;28(6):680-87. doi: 10.18484/2305-0047.2020.6.680
15. Gulabi D, Erdem M, Cecen GS, Avci CC, Saglam N, Saglam F. Ilizarov fixator combined with an intramedullary nail for tibial nonunions with bone loss: is it effective? *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Dec;472(12):3892-901. doi: 10.1007/s11999-014-3640-8
16. Голубев ИО, Сарухян АР, Меркулов МВ, Бушуев ОМ, Ширяева ГН, Кутепов ИА, Максимов АА, Капырина МВ, Балюра ГГ. Эффективность кровоснабжаемой и обычной костной пластики в достижении сращения при ложных суставах плечевой кости. *Гений Ортопедии*. 2021;27(2):182-86. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-2-182-186
17. Гусейнов АГ, Гусейнов АА. Способы оптимизации костной пластики ложных суставов. *Успехи Современной Естественной Науки* [Электронный ресурс]. 2015 [дата обращения: 30.08.2021];5:109-13. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35110>
18. Eisenberg KA, Vuillermin CB. Management of Congenital Pseudoarthrosis of the Tibia and Fibula. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2019 Jun 22;12(3):356-68. doi: 10.1007/s12178-019-09566-2. Online ahead of print.
19. Bolbasov EN, Popkov DA, Kononovich NA, Gorbach EN, Khlusov IA, Golovkin AS, Stankevich KS, Ignatov VP, Bouznik VM, Anissimov YG, Tverdokhlebov SI, Popkov AV. Flexible intramedullary nails for limb lengthening: a comprehensive comparative study of three nails types. *Biomed Mater*. 2019 Jan 7;14(2):025005. doi: 10.1088/1748-605X/aaf60c

REFERENCES

1. Shchetinin SA. Analiz chastoty i posledstviy travmatizma v Rossii Sovrem Problemy Nauki i Obrazovaniia [Elektronnyi resurs]. 2015 [data obrashcheniia: 30.08.2021];(2-1):48-48. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17871> (In Russ.)
2. Khadartsev AA, Panarin VM, Kashintseva LV, Maslova AA, Mitiushkina OA. K probleme otsenki proizvodstvennogo travmatizma v Rossii. *Vestn Novykh Med Tekhnologii* [Elektronnoe izdanie]. 2019;13(4):90-101. doi: 10.24411/2075-4094-2019-16472 (In Russ.)
3. Prokhorova ES, Urazgil'deev RZ, Eremushkin MA, Kolyshenkov VA. Modern treatment approaches in patients with false joints and lower extremities long bones defects: analytical review. *Vestn Vosstanov Meditsiny*. 2020;(2):84-89. doi: 10.38025/2078-1962-2020-96-2-84-89 (In Russ.)
4. Tishkov N.V. Combined Transosseous Osteosynthesis of Fracture of Humerus Diaphysis in Case of Reparative Process Disorder (Clinical Observation). *Acta Biomedica Scientifica*. 2020;5(6):211-215. (In Russ.) <https://doi.org/10.29413/ABS.2020-5.6.26> (In Russ)
5. Mills LA, Aitken SA, Simpson AHRW. The risk of non-union per fracture: current myths and revised figures from a population of over 4 million adults. *Acta Orthop*. 2017 Aug;88(4):434-39. doi: 10.1080/17453674.2017.1321351
6. Khominets VV, Gubochkin NG, Metlenko PA, Shakun DA, Ivanov VS, Kazemirskii AV, Lukicheva NP. Features of treatment of a patient with the consequences of a combined injury in the type of non-healing fracture of distal femur. *Politravma* 2020;(4):44-52. doi: 10.24411/1819-1495-2020-10045 (In Russ.)
7. Shastov AL. Analysis of the efficiency of mechanical impact on the zone of femoral pseudoarthrosis. *Genii Ortopedii*. 2015;(3):97-99. doi: 10.18019/1028-4427-2015-3-97-99 (In Russ.)
8. Miraj F, Aprilya D. Diagnostic and treatment challenge in adult presentation of congenital pseudoarthrosis of the tibia: A case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2020 Aug 29;58:112-16. doi: 10.1016/j.amsu.2020.08.030. eCollection 2020 Oct.
9. Popkov AV, Popkov DA, Kononovich NA, Gorbach EN, Tverdokhlebov SI, Bolbasov

EN, Darvin EO. Biological activity of the implant for internal fixation. *J Tissue Eng Regen Med.* 2018 Dec;12(12):2248-55. doi: 10.1002/term.2756

10. Kononovich NA, Gorbach EN, Silant'eva TA, Shastov AL, Miromanov AM, Borzunov DIu. Osobennosti osteogeneza pri zameshchenii tsirkuliarnogo defekta diafiza kostei goleni s ispol'zovaniem kollagen-apatitnogo kompozita» litar»(eksperimental'noe issledovanie). *Zabaikal Med Vestn.* 2019;(4):69-77. <http://zabmedvestnik.ru/arhiv-nomerov/nomer-4-za-2019-god> (In Russ.)

11. Chiang JC, Johnson JE, Tarkin IS, Siska PA, Farrell DJ, Mormino MA. Plate augmentation for femoral nonunion: more than just a salvage tool? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016 Feb;136(2):149-56. doi: 10.1007/s00402-015-2365-9

12. Mazli N, Bajuri MY, Ali AM, Das S. Use of a locking compression plate in the management of congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Clin Diagnostic Res.* 2018 Dec 12(12):RD01-RD03. doi: 10.7860/JCDR/2018/36919.12318

13. Richards BS, Anderson TD. rhBMP-2 and Intramedullary Fixation in Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. *J Pediatr Orthop.* 2018 Apr;38(4):230-38. doi: 10.1097/BPO.0000000000000789

14. Volotovskii PA, Sitnik AA., Tapalski DV., Yarmolenko MA., Korzun O.A., Bondarev ON., Gerasimenko M.A. Clinical Application of Immediate Results of Closed Intramedullary Nailing with Three-Component Antibacterial Coating in Infected Fractures and Nonunion of Long Tubular Bones. *Novosti Khirurgii.*

2020 Nov-Dec; Vol 28 (6): 680-687 (In Russ.)

15. Gulabi D, Erdem M, Cecen GS, Avci CC, Saglam N, Saglam F. Ilizarov fixator combined with an intramedullary nail for tibial nonunions with bone loss: is it effective? *Clin Orthop Relat Res.* 2014 Dec;472(12):3892-901. doi: 10.1007/s11999-014-3640-8

16. Golubev IO, Sarukhanian AR, Merkulov MV, Bushuev OM, Shiriaeva GN, Kutepov IA, Maksimov AA, Kapryrina MV, Baliura GG Effectiveness of vascularized and conventional bone grafting in achieving union in humeral pseudarthrosis. *Genii Ortopedii.* 2021;27(2):182-86. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-2-182-186 (In Russ.)

17. Guseinov AG, Guseinov AA. Sposoby optimizatsii kostnoi plastiki lozhnykh sustavov. *Uspekhi Sovrem Estestvoznaniia [Elektronnyi resurs].* 2015 [data obrashcheniia: 30.08.2021];5:109-13. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35110> (In Russ.)

18. Eisenberg KA, Vuillermin CB. Management of Congenital Pseudoarthrosis of the Tibia and Fibula. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019 Jun 22;12(3):356-68. doi: 10.1007/s12178-019-09566-2. Online ahead of print.

19. Bolbasov EN, Popkov DA, Kononovich NA, Gorbach EN, Khlusov IA, Golovkin AS, Stankevich KS, Ignatov VP, Bouznik VM, Anissimov YG, Tverdokhlebov SI, Popkov AV. Flexible intramedullary nails for limb lengthening: a comprehensive comparative study of three nails types. *Biomed Mater.* 2019 Jan 7;14(2):025005. doi: 10.1088/1748-605X/aaf60c

Адрес для корреспонденции

640014, Российская Федерация,
г. Курган, ул. М. Ульяновой, д. 6,
Национальный медицинский исследовательский
центр травматологии и ортопедии имени
академика Г.А. Илизарова,
экспериментальная лаборатория,
тел. раб.: +7(3522) 41-52-27,
e-mail: n.a.kononovich@mail.ru,
Кононович Наталья Андреевна

Сведения об авторах

Попков Арнольд Васильевич, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник Клиники нейроортопедии, системных заболеваний и патологии стопы, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России, г. Курган, Российская Федерация.
<https://orcid.org/0000-0001-5791-1989>
Кононович Наталья Андреевна, к.в.н., ведущий научный сотрудник экспериментальной лаборатории, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России, г. Курган, Российская Федерация.
<https://orcid.org/0000-0002-5990-8908>,
Попков Дмитрий Арнольдович, д.м.н., руководитель клиники нейроортопедии, системных заболеваний и патологии стопы, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России, г. Курган, Российская Федерация.
<https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>

Address for correspondence

640014, Russian Federation,
Kurgan, st. M. Ulyanova, 6,
National Medical Research Center
of Traumatology and Orthopedics
Named after Academician G. A. Ilizarov,
Experimental Laboratory,
tel. office: +7(3522) 41-52-27,
e-mail: n.a.kononovich@mail.ru,
Kononovich Natalya A.

Information about the authors

Popkov Arnold V., MD, Professor, Chief Researcher of the Clinic of Neuroorthopedics, Systemic Diseases and Pathology of the Foot, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics Named after Academician G.A. Ilizarov, Ministry of Health of Russia, Kurgan, Russian Federation.
<https://orcid.org/0000-0001-5791-1989>
Kononovich Natalia A. PhD, Leading Researcher, Experimental Laboratory, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics Named after Academician G.A. Ilizarov, Ministry of Health of Russia, Kurgan, Russian Federation.
<https://orcid.org/0000-0002-5990-8908>.
Popkov Dmitry A., MD, Head of the Clinic for Neuroorthopedics, Systemic Diseases and Pathology of the Foot, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics Named after Academician G.A. Ilizarov, Ministry of Health of Russia, Kurgan, Russian Federation.
<https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>
Chertishchev Alexander A., Orthopedist-Traumatologist, Physician of the Highest Category of Traumatology

Чертищев Александр Александрович, ортопед-травматолог, врач высшей категории травматолого-ортопедического отделения №12, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова Минздрава России, г. Курган, Российская Федерация.
<https://orcid.org/0000-0002-3796-2444>

Информация о статье

*Поступила 7 июня 2021 г.
Принята в печать 13 февраля 2022 г.
Доступна на сайте 28 августа 2022 г.*

and Orthopedic Department No. 12, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics Named after Academician G.A. Ilizarov, Ministry of Health of Russia, Kurgan, Russian Federation.
<https://orcid.org/0000-0002-3796-2444>

Article history

*Arrived: 7 June 2021
Accepted for publication: 13 February 2022
Available online: 28 August 2022*
