Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 6. С. 778-782.
Genij Ortopedii. 2022. Vol. 28, no. 6. P. 778-782.

Научная статья

УДК 616.718.4-089.85 : 615.472.3

https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-6-778-782

Новое устройство для выполнения интрамедуллярной остеотомии бедренной кости

Денис Игоревич Варфоломеев✉, Валерий Григорьевич Самодай, Валентина Петровна Кузнецова

Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Денис Игоревич Варфоломеев, d.i.burdenko@yandex.ru

Аннотация

Введение. Остеотомии являются важными этапами различных ортопедических вмешательств. При этом, их выполнение, как правило, сопряжено с повреждением надкостницы, что снижает регенераторные возможности кости. **Материалы и методы**. Было разработано устройство для обработки бедренной кости, позволяющее выполнять остеотомию из костномозгового канала. Проведено экспериментальное исследование на моделях бедренных костей в двух группах сравнения (по 20 моделей в каждой). Выполняли остеотомии диафиза бедренной кости на расстоянии 15 см от верхушки большого вертела. Проводили оценку продолжительности пересечения кости и величину частичных и полных дефектов смоделированной надкостницы. **Результаты**. Средняя продолжительность выполнения остеотомии в основной группе составила 482,8 ± 15,4 секунды, в контрольной – 181,3 ± 16,1. В основной группе средняя суммарная длина повреждений смоделированной надкостницы на всю глубину составила 1,4 ± 3,0 мм, что значительно меньше, чем в контрольной – 13,6 ± 3,8 мм (U-критерий Манна-Уитни = 7,0; p = 0,00). Средняя суммарная длина частичных повреждений надкостницы в основной группе (1,4 ± 2,6 мм) также была значительно меньше, чем в контрольной (21,8 ± 5,8 мм, U-критерий Манна-Уитни = 0,0; p = 0,00). **Дискуссия**. В отличие от существующих аналогов, предложенный хирургический инструмент позволяет с высокой точностью выполнять пересечение кости. Наличие эндоскопического контроля глубины остеотомии обеспечивает сохранение надкостницы. Устройство позволяет выполнять несколько пересечений кости, используя один хирургический доступ. **Заключение**. Применение разработанного устройства незначительно увеличивает продолжительность выполнения остеотомии. При этом, его использование позволяет снизить травматичность вмешательства, сохранить надкостницу в зоне остеотомии, что создает условия для хорошей регенерации костной ткани.

Ключевые слова: остеотомия, эндоскоп, минимально инвазивная хирургия, надкостница

Для цитирования: Варфоломеев Д.И., Самодай В.Г., Кузнецова В.П. Новое устройство для выполнения интрамедуллярной остеотомии бедренной кости // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 6. С. 778-782. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-778-782. EDN ZDEPLS.

Original article

A new device for intramedullary femoral osteotomy

Denis I. Varfolomeev✉, Valery G. Samoday, Valentina P. Kuznetsova

Voronezh State Medical University named of N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation

Corresponding author: Denis I. Varfolomeev, d.i.burdenko@yandex.ru

Abstract

Introduction Osteotomy is an important part of orthopaedic interventions and can result in an injury to the periosteum reducing regenerative capabilities of the bone. **Material and methods** A device for processing the femur was developed to allow osteotomy be produced from the medullary canal. An experimental study was conducted on femoral models in two comparison groups (20 models in each). Osteotomy of the femoral shaft was performed at a distance of 15 cm from the apex of the greater trochanter. Duration of bone intersection and magnitude of partial and complete defects of the simulated periosteum were evaluated. **Results** The average duration of osteotomy was 482.8 ± 15.4 s in the main group and 181.3 ± 16.1 s in the control group. The average overall length of injury to the simulated periosteum to the entire depth was 1.4 ± 3.0 mm in the main group being significantly less in the control measuring 13.6 ± 3.8 mm (Mann-Whitney U-test = 7.0, p = 0.00). The average total length of partial injury to the periosteum (1.4±2.6 mm) was significantly less in the main group than in controls (21.8 ± 5.8 mm, Mann-Whitney U-test = 0.0, p = 0.00). **Discussion** The surgical device offered, as opposed to existing devices, allowed bone intersection to be performed with high accuracy. The presence of endoscopic control of the osteotomy depth ensured preservation of the periosteum. The device could be used for several bone cuts using a single surgical approach. **Conclusion** The use of the device slightly increased duration of the osteotomy and facilitated minimally invasive intervention retaining periosteum at the osteotomy site and provided better conditions for bone regeneration.

Keywords: osteotomy, endoscope, minimally invasive surgery, periosteum

For citation: Varfolomeev D.I., Samoday V.G., Kuznetsova V.P. A new device for intramedullary femoral osteotomy. *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no. 6, pp. 778-782. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-6-778-782.

ВВЕДЕНИЕ

Современная ортопедия включает в себя разнообразный спектр сложных высокотехнологичных хирургических вмешательств на костях и суставах. Многие из них в процессе выполнения требуют проведения различных видов остеотомий [1]. При этом результат лечения в ряде случаев зависит от того, насколько правильно выполнено пересечение кости.

В настоящее время разработаны различные виды остеотомий и устройств для их осуществления. Как правило, они выполняются из отдельного хирургического доступа. Основной задачей при проведении остеотомии является минимальная травматизация надкостницы, играющей важную роль в остеогенезе, и мягких тканей, которые ее окружают [2, 3, 4]. При этом, использование типовых хирургических инструментов, таких как остеотомы, проволочные и осцилляторные пилы, далеко не всегда позволяет пересечь кость без повреждений надкостницы и мягких тканей по ходу доступа. Нельзя не отметить и возможность повреждения сосудов и нервов при выполнении данного этапа операции. Кожный рубец в зоне остеотомии также является косметическим дефектом.

© Варфоломеев Д.И., Самодай В.Г., Кузнецова В.П., 2022

Для минимизации повреждений окружающих мягких тканей могут быть использованы различные защитные устройства [5]. Предложены малоинвазивные методики выполнения самой процедуры пересечения кости с помощью сверл, миниатюрных остеотомов [6, 7]. Однако их применение все равно сопровождается пересечением надкостницы. Малоинвазивные способы требуют интраоперационного рентгенологического контроля, что сопровождается лучевой нагрузкой на пациента и медицинский персонал.

В некоторых случаях замещение дефектов костей или удлинение конечности проводится с использованием комбинации внешней и внутренней фиксации [8]. Установка интрамедуллярных конструкций сопряжена с определенным травмирующим воздействием на костномозговой канал. В тех случаях, когда проводится его «разработка», конечно, целесообразно было бы выполнение интрамедуллярной остеотомии, т.е. пересечения кости не из отдельного хирургического доступа, а из основного доступа, который используется для установки стержня.

Цель исследования – оценить возможности разработанного устройства для обработки бедренной кости при выполнении интрамедуллярной остеотомии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для снижения травматичности выполнения различных манипуляций в костномозговом канале бедренной кости, одной из которых является остеотомия, было разработано устройство для обработки бедренной кости, патент РФ на изобретение № 2717706 от 15.08.2019 г. Действующий образец устройства был изготовлен из алюминиевых трубок и пластин (рис. 1).

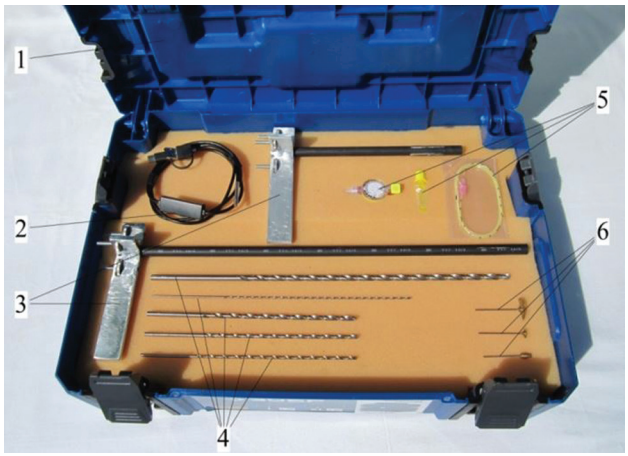

Рис. 1. Внешний вид устройства в кейсе для переноски: 1 – кейс, 2 – гибкий эндоскоп, 3 – устройство для обработки бедренной кости, 4 – набор сверл, 5 – элементы промывной системы, 6 – набор фрез

Было изготовлено два устройства различной длины для работы на различной глубине в канале бедренной кости. На конце каждого из них располагаются внутренние фиксаторы, позволяющие перемещать дистальный конец устройства внутри костномозгового канала в направлении, перпендикулярном оси кости. Управление фиксаторами осуществляется хирургом путем вращения гаек с накаткой, за счет чего происходит перемещение шпилек и закрепленных на них металлических струн, расположенных внутри устройства (рис. 2).

Внутри устройства располагается гибкий эндоскоп, трубка промывной системы, а также инструмент для манипуляций в костномозговом канале. Для выполнения остеотомии устройство с фрезой вводят на необходимую глубину в костномозговой канал с проксимального конца кости. Глубина введения и, соответственно, зона остеотомии определяются при предоперационном планировании и во время операции измеряются по шкале на трубке эндоскопической системы. Затем устройство неподвижно фиксируют внутри канала таким образом, чтобы фреза располагалась рядом со стенкой канала. На протяжении операции осуществляется эндоскопический контроль всех выполняемых манипуляций (рис. 3).

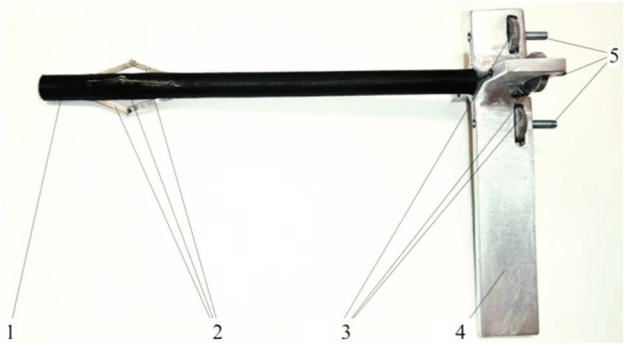

Рис. 2. Конструкция устройства: 1 – дистальный конец устройства (корпус), 2 – внутренние фиксаторы, 3 – гайки с накаткой, 4 – ручка, 5 – шпильки

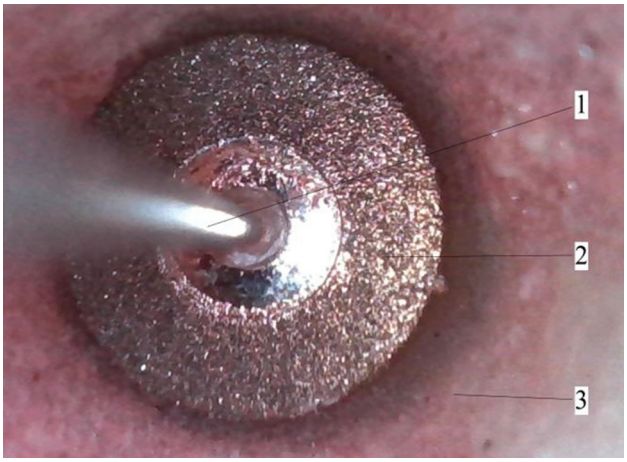

Рис. 3. Эндоскопическая картина канала бедренной кости с элементами устройства: 1 – держатель фрезы, 2 – фреза (диск), 3 – бедренная кость

Остеотомия осуществляется за счет вращения фрезы и ее перемещения внутри канала (вместе с устройством) при помощи фиксаторов (рис. 4).

Перед вмешательством необходимо измерить толщину кости и во время операции обработать ее фрезой (диском) необходимого диаметра.

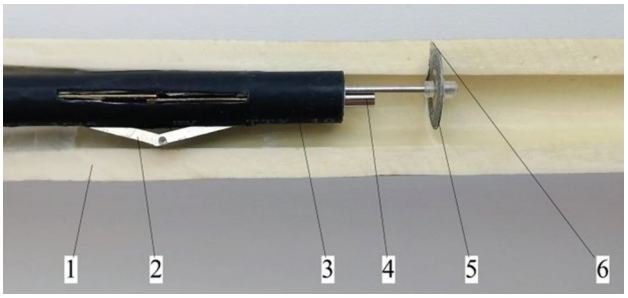

Рис. 4. Распил бедренной кости на уровне верхней трети с установленным устройством: 1 – бедренная кость, 2 – внутренний фиксатор, 3 – дистальный конец устройства, 4 – гибкий эндоскоп, 5 – фреза (диск), 6 – зона пропила бедренной кости

Апробацию устройства проводили на базе кафедры травматологии и ортопедии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. В экспериментальном исследовании были использованы макеты бедренных костей, неподвижно фиксированные к столу. Моделирование надкостницы осуществляли путем приклеивания к макетам пленки из поливинилхлорида толщиной 0,7 мм. В исследование вошли 40 макетов, на которых выполняли остеотомии диафиза бедренной кости на расстоянии 15 см от верхушки большого вертела.

В основной группе (20 макетов) остеотомию выполняли с использованием разработанного устройства, в контрольной (20 макетов) – с применением стандартных остеотомов шириной до 10 мм.

Продолжительность выполнения манипуляции оценивали при помощи секундомера типа СОПпр-2а-3-000. Состояние надкостницы оценивали путем измерения длины ее частичных повреждений и порезов на всю глубину с применением штангенциркуля типа ЩЦ-1-150-0,05.

Расчет средних значений и стандартного отклонения (M ± m) проводили в программе SPSS Statistics v.26. Сравнение средних величин осуществляли с использованием Т-критерия Стьюдента для независимых выборок (при нормальном распределении) и с применением U-критерия Манна-Уитни (при распределении, отличающемся от нормального).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средняя продолжительность выполнения остеотомии в основной группе составила 482,8 ± 15,4 секунды, что достоверно больше, чем в контрольной – 181,3 ± 16,1 (Т-критерий = 60,3; p = 0,00). Необходимо отметить, что в экспериментальном исследовании проводили пересечение кости без окружающих мягких тканей. Во время операции остеотомия из отдельного хирургического доступа будет требовать выполнения самого доступа, а также ушивания полученной раны. Данные этапы также сопряжены с увеличением продолжительности хирургического вмешательства.

Длина окружности макета бедренной кости на расстоянии 15 см от верхушки большого вертела составила 10,4 см.

Результаты средних значений длины частичных и полных повреждений смоделированной надкостницы в группах сравнения представлены на рисунке 5.

В основной группе средняя суммарная длина повреждений смоделированной надкостницы на всю глубину составила 1,4 ± 3,0 мм, что значительно меньше, чем в контрольной – 13,6 ± 3,8 мм (U-критерий Манна-Уитни = 7,0; p = 0,00). Разрывы пленки из поливинилхлорида при работе остеотомами были обусловлены непосредственным воздействием хирургических инструментов на пленку в начале остеотомии, а также при их соскальзывании в процессе пересечения кортикального слоя по всему периметру кости. В основной группе повреждение смоделированной надкостницы было обусловлено избыточным пропиливанием фрезой кортикального слоя кости изнутри.

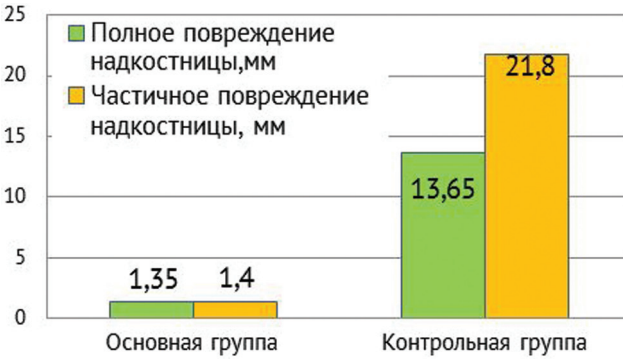

Рис. 5. Средние значения длины частичных и полных повреждений смоделированной надкостницы

Аналогичные данные были получены и в отношении частичных порезов пленки, т.е. не на всю глубину. В основной группе средняя суммарная длина повреждений смоделированной надкостницы составила 1,4 ± 2,6 мм, что значительно меньше, чем в контрольной – 21,8 ± 5,8 мм (U-критерий Манна-Уитни = 0,0; p = 0,00).

В основной группе пересечение бедренной кости было выполнено без дополнительных повреждений кортикального слоя. В контрольной группе в 6-и случаях были получены оскольчатые переломы в зоне вмешательства.

ДИСКУССИЯ

На сегодняшний день в литературе имеются единичные публикации, посвященные выполнению остеотомий из костномозгового канала [9]. Такие вмешательства требуют рентгенологического контроля во время операции, а также наличия специального инструмента, функциональные возможности которого ограничены.

Большинство операций пересечения костей осуществляется из отдельного доступа. Для этого разработаны различные направители и инструменты, позволяющие повысить точность выполнения остеотомии, упростить ее выполнение [10, 11, 12]. В сложных случаях могут быть использованы индивидуально изготавливаемые шаблоны.

Несмотря на высокую эффективность и точность современных устройств для остеотомии, ее выполнение из отдельного хирургического доступа сопровождается рядом нежелательных последствий. К ним относятся кожный рубец в зоне вмешательства, наличие рубцов по ходу хирургического доступа, пересечение надкостницы на определенном ее протяжении, а также питающих ее сосудов, что сопровождается нарушением питания кости [13].

Пересечение кости с использованием разработанного устройства осуществляется при помощи фрезы (диска) толщиной 0,2 мм, что обеспечивает выполнение минимального пропила. Возможность регулирования с высокой точностью глубины погружения фрезы (диска) в кортикальную кость позволяет проводить ее пересечение до надкостницы.

Медуллоскопические инструменты, применяемые в современной травматологии и ортопедии, позволяют значительно снизить травматичность вмешательств и повысить их эффективность [14–17]. Эндоскопическая система, входящая в состав устройства, обеспечивает визуальный контроль выполнения остеотомии, что снижает необходимость в интраоперационном рентгенологическом контроле данной манипуляции. В отличие от существующих в настоящее время медуллоскопических инструментов, разработанное устройство имеет возможность перемещения и фиксации в костномозговом канале, что позволяет использовать его для выполнения точных вмешательств, таких как остеотомии.

В случаях значительных костных дефектов, замещение которых проводится методом Г.А. Илизарова, возможно выполнение множественных остеотомий [18]. Использование разработанного устройства не требует дополнительных доступов, поэтому, при необходимости, возможно выполнение нескольких остеотомий на разных уровнях во время одной операции.

Установка интрамедуллярных конструкций сопряжена с риском жировой эмболии. Соответственно, выполнение остеотомии при помощи разработанного устройства целесообразно в случаях, когда костномозговой канал не является интактным, и планируется установка в него соответствующих имплантатов.

В настоящее время существуют различные виды оперативных вмешательств, направленных на замещение костных дефектов, удлинение конечностей, которые выполняются с использованием штифтов как отдельно, например, аппарат Блискунова, так и в комбинации с аппаратом Илизарова, гексаподами [8, 19–21]. Современные раздвижные интрамедуллярные штифты, управляемые дистанционно, устанавливаются из минимального доступа, что позволяет получить хороший косметический эффект после операции. Из того же доступа могут быть выполнены остеотомии при помощи разработанного устройства.

Проведенное исследование подтвердило, что манипуляции, проводимые в канале бедренной кости, являются технически трудными. Выполнение остеотомии с использованием предложенного устройства сопровождается увеличением продолжительности вмешательства. Использованный в исследовании, изготовленный самостоятельно действующий образец устройства, имеет несколько избыточные габаритные характеристики, что затрудняло выполнение манипуляций в канале бедренной кости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение разработанного устройства для обработки бедренной кости незначительно увеличивает продолжительность выполнения остеотомии. При этом его использование позволяет снизить травматичность вмешательства, сохранить надкостницу, избежать дополнительного повреждения мягких тканей, тем самым создать условия для хорошей регенерации костной ткани.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Skvortsov A., Khabibyanov R., Maleev M. Choice of osteotomy options in the treatment of improperly unioned fractures of long bones with angular deformation in children and adolescents // Norwegian Journal of development of the International Science. 2022. No 78. (in Russian)
2. Basic Techniques for Extremity Reconstruction: External Fixator Applications According to Ilizarov Principles / M. Cakmak, C. Sen, L. Eralp, H.I. Balci, M. Cıvan. Springer Cham. 2018. 732 p. DOI: 10.1007/978-3-319-45675-1.
3. Новая методика чрескожной кортикотомии при удлинении конечностей и коррекции деформаций / А. Ариаманеш, М. Гарехдахи, М. Алхаосави, Ф. Омидикашани // Гений ортопедии. 2011. № 3. С. 53-56.
4. Bioinspired membrane provides periosteum-mimetic microenvironment for accelerating vascularized bone regeneration / G. Yang, H. Liu, Y. Cui, J. Li, X. Zhou, N. Wang, F. Wu, Y. Li, Y. Liu, X. Jiang, S. Zhang // Biomaterials. 2021. Vol. 268. 120561. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2020.120561.
5. Направляюще-защитное устройство для остеотомии: пат. 10140 Республика Беларусь : МПК A61B 17/60 / Аскерко Э.А.; патентообладатель Учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет». № a 20050606 ; заявл. 16.06.2005; опубл. 28.02.2007.
6. Nelitz M. Femoral Derotational Osteotomies // Curr. Rev. Musculoskelet. Med. 2018. Vol. 11, No 2. P. 272-279. DOI: 10.1007/s12178-018-9483-2.
7. Stevens P.M., Gaffney C.J., Fillerup H. Percutaneous rotational osteotomy of the femur utilizing an intramedullary rod // Strategies Trauma Limb Reconstr. 2016. Vol. 11, No 2. P. 129-134. DOI: 10.1007/s11751-016-0257-3.
8. Обоснование применения ортопедического гексапода при удлинении бедренной кости «поверх» интрамедуллярного стержня / Е.А. Щепкина, Л.Н. Соломин, О.И. Саута, Ф.К. Сабиров // Кафедра травматологии и ортопедии. 2021. № 3(45). С. 27-36.
9. Femoral Derotation Osteotomy in Adults for Version Abnormalities / R.L. Buly, B.R. Sosa, L.A. Poultsides, E. Caldwell, S.R. Rozbruch // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2018. Vol. 26, No 19. P. e416-e425. DOI: 10.5435/JAAOS-D-17-00623.
10. Custom 3D-Printed Cutting Guides for Femoral Osteotomy in Rotational Malalignment due to Diaphyseal Fractures: Surgical Technique and Case Series / J. Oraa, M. Beitia, N. Fiz, S. González, X. Sánchez, D. Delgado, M. Sánchez // J. Clin. Med. 2021. Vol. 10, No 15. 3366. DOI: 10.3390/jcm10153366.
11. Three dimensional patient-specific printed cutting guides for closing-wedge distal femoral osteotomy / J.H. Shi, W. Lv, Y. Wang, B. Ma, W. Cui, Z. Liu, K. Han // Int. Orthop. 2019. Vol. 43, No 3. P. 619-624. DOI: 10.1007/s00264-018-4043-3.
12. Percutaneous femoral shortening over a nail using on-site smashing osteotomy technique / R. Jahmani, G. Lovisetti, M. Alorjani, K. Bashaireh // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2020. Vol. 30, No 2. P. 351-358. DOI: 10.1007/s00590-019-02556-7.

13. Анатомо-хирургические особенности кровоснабжения диафиза бедренной кости / В.Г. Климовицкий, Д.В. Шевякин, Г.В. Лобанов, А.Б. Зарицкий, М.С. Золото // Травма. 2016. Т. 17, № 1. С. 24-27.
14. Ефремов И.М., Сибаев Ф.Я. Медуллоскопия при лечении осложнений интрамедуллярного остеосинтеза штифтом с антимикробным покрытием // Новости хирургии. 2018. Т. 26, № 4. С. 491-495.
15. Osteomyelitis of the femur effectively treated with medulloscopy debridement: a case report / D. Koulalis, A. Bekos, A.G. Tsantes, D. Mastrokalos, P.J. Papagelopoulos, A.F. Mavrogenis // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2021. Vol. 31, No 4. P. 797-801. DOI: 10.1007/s00590-020-02813-0.
16. Endoscopic revision hip surgery device : Patent 5027792 USA / Meyer W.F. Date 02.07.1991.
17. Mounting system for medulloscopy : Patent 2788646 of Canada / Govaers K. Date 04.08.2011.
18. Борзунов Д.Ю. Замещение дефектов длинных костей полилокальным удлинением отломков // Травматология и ортопедия России. 2006. № 4 (42). С. 24-29.
19. Хирургическое лечение посттравматических укорочений бедра, осложненных стойкими разгибательными контрактурами коленного сустава / С.Н. Куценко, Р.Р. Никифоров, Д.А. Митюнин, С. Лей // Травма. 2013. Т. 14, № 1. С. 34-39.
20. Fragomen A.T., Fragomen F.R. Distal femoral flexion deformity from growth disturbance treated with a two-level osteotomy and internal lengthening nail // Strategies Trauma Limb Reconstr. 2017. Vol. 12, No 3. P. 159-167. DOI: 10.1007/s11751-017-0298-2.
21. Changes in the femoral osteotomy level coefficient and neck shaft angle during limb lengthening with an intramedullary magnetic nail / R. Gigi, Y. Hemo, B. Danino, D. Ovadia, E. Segev // Arch. Orthop. Trauma Surg. 2022. Vol. 142, No 8. P. 1739-1742. DOI: 10.1007/s00402-020-03740-9.

Статья поступила в редакцию 15.04.2022; одобрена после рецензирования 08.06.2022; принята к публикации 19.10.2022.

The article was submitted 15.04.2022; approved after reviewing 08.06.2022; accepted for publication 19.10.2022.

Информация об авторах:

1. Денис Игоревич Варфоломеев – кандидат медицинских наук, d.i.burdenko@yandex.ru;
2. Валерий Григорьевич Самодай – доктор медицинских наук, профессор, v_samoday@mail.ru;
3. Валентина Петровна Кузнецова – кандидат медицинских наук, доцент, 09ksi@mail.ru.

Information about authors:

1. Denis I. Varfolomeev – Candidate of Medical Sciences, d.i.burdenko@yandex.ru;
2. Valery G. Samoday – Doctor of Medical Sciences, Professor, v_samoday@mail.ru;
3. Valentina P. Kuznetsova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, 09ksi@mail.ru.