Оригинальные статьи

© Группа авторов, 2016.

УДК 616.71-007.235-001.5-089.227.84

DOI 10.18019/1028-4427-2016-4-6-16

Результаты применения интрамедуллярного трансфизарного эластичного армирования у пациентов с тяжелыми формами несовершенного остеогенеза

Э.Р. Мингазов, А.В. Попков, Н.А. Кононович, А.М. Аранович, Д.А. Попков

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. акад. Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган

Results of using transphyseal elastic intramedullary nailing in patients with severe types of osteogenesis imperfecta

E.R. Mingazov, A.V. Popkov, N.A. Kononovich, A.M. Aranovich, D.A. Popkov

FSBI Russian Ilizarov Scientific Center "Restorative Traumatology and Orthopaedics" of the RF Ministry of Health, Kurgan

Введение. Представлен анализ результатов использования эластичного встречного трансфизарного армирования при лечении ортопедических осложнений у пациентов с тяжелыми формами несовершенного остеотенеза, а также рассмотрены способы и их эффективность в преодолении недостатков этой методики. Материал и методы. Серию составили 24 пациента. Среди них несовершенный остеотенез III типа имели четверо, IV типа — 19 больных и VIII типа — 1 больной. Возраст пациентов составили 14,4 ± 2,8 года (от 2 до 46 лет). Всего выполнено 52 оперативных реконструктивных вмешательства, эластичное интрамедуллярное армирование выполнено на 83 сегментах. В 27 случаях применена комбинированная методика остеосинтеза (аппарат Илизарова и/или поднадкостничное армирование). Результаты. Запланированная коррекция деформаций достигнута во всех случаях. Консолидация на уровне остеотомии наступала, в среднем, через 26,2 ± 7,8 дня (от 3 до 12 недель) после операции. Период наблюдения за пациентами был от 6 месяцев до 4 лет. Двадцать четыре осложнения отмечены у 8 больных (в 33,3 % случаев). Для коррекции возникших проблем 23 дополнительных вмешательства были выполнены 20 пациентам, то есть, в среднем, в 83,3 % случаев потребовались незапланированные операции. Вертикализация с опорой на нижние конечности с использованием вспомогательных средств или без них была достигнута в 22 из 24 случаев (91,7 %). Способности пациентов к передвижению, оцененные по шкале Gillette, повысились в 21 из 24 случаев (87,5 %). Улучшение условий ухода за пациентом, повышение способностей к самообслуживанию, увеличение социальной активности отмечено во всех случаях. Комфортная поза сидя достигнута у 22 пациентов. Снижение или исчезновение болевого синдрома при движениях нижними конечностями, в том числе во время сеансов ЛФК и при проведении гитиенических процедур, отмечено в 100 % случаев. Заключение. Методика трансфизарного армирования эластичными иттановыми стержнями показана при коррекции деформаций у детей с тяжелыми формами несовершенного остеотенеза. Коррекция деформ

Ключевые слова: несовершенный остеогенез, хирургическая коррекция деформаций, интрамедуллярное эластичное трансфизарное армирование, остеоинтеграция

Introduction The work analyzes the results of using elastic opposite-directional transphyseal reinforcement for treatment of severe orthopedic complications in patients with osteogenesis imperfecta as well as the ways and their effectiveness to overcome the shortcomings of this technique. Material and methods The series included 24 patients. Among them, four patients had osteogenesis imperfecta of Type III, 19 were of Type IV, and one patient had Type VIII. The patients' mean age was 14.4±2.8 years (range: 2-46 years). A total of 52 reconstructive surgical interventions were performed. Elastic intramedullary reinforcement was used in 83 segments. The combined osteosynthesis technique (the Ilizarov fixator and/or subperiosteal reinforcement) was used in 27 cases. Results Correction of deformities was achieved in all the cases. Consolidation at the osteotomy level was obtained after 26.2±7.8 days on the average (from 3 to 12 weeks postoperatively). The period of follow-ups was from 6 months to 4 years. Twenty-four complications were observed in 8 patients (33.3 % of cases). Twenty three additional interventions due to the problems of correction were performed in 20 patients (unplanned surgeries were necessary in 83.3 % of cases). The ability to stand in the vertical position and bear weight on the lower limbs with the use of auxiliary supports or without them was achieved in 22 cases out of 24 (91.7 %). Patients' ambulation ability was evaluated with the Gillette scale and improved in 21 cases out of 24 (87.5 %). In all the cases, patient's care facilitated, self-service capabilities improved, and patients' social activity increased. A more comfortable position for sitting was achieved in 22 patients. In 100 % of the cases, pain reduced or disappeared by doing exercises or during walking, including exercise therapy or hygiene procedures. Conclusion The technique of transphyseal reinforcement using elastic titanium nails is indicated for deformity correction in children with severe types of osteogenesis imperfecta

Keywords: osteogenesis imperfecta, surgical deformity correction, transphyseal elastic intramedullary reinforcement, osseointegration

Несовершенный остеогенез (НО) представляет группу генетических заболеваний, характеризуемых хрупкостью костной ткани, частыми переломами и

деформациям скелета и остеопенией [1-4]. В большинстве случаев НО вызван доминантной мутацией генов, ответственных за синтез коллагена первого

Результаты применения интрамедуллярного трансфизарного эластичного армирования у пациентов с тяжелыми формами несовершенного остеогенеза / Э.Р. Мингазов, А.В. Попков, Н.А. Кононович, А.М. Аранович, Д.А. Попков // Гений ортопедии. 2016. № 4. С. 6-16. DOI 10.18019/1028-4427-2016-4-6-16.

типа [2, 3]. Частота встречаемости заболевания колеблется от 1/10000 [4] до 1/20000 новорожденных [5]. Клинико-рентгенологическая классификация Sillence [1] является наиболее используемой в случаях, если не проведено генетическое типирование аномалии. В последующие годы классификация была расширена и добавлены V-VIII типы несовершенного остеогенеза, характеризующиеся тем, что у больных имеется клинико-рентгенологическая картина НО, но тип наследования заболевания – рецессивный [3, 4, 6].

Основной задачей ортопедического хирургического лечения деформаций и переломов конечностей у пациентов с НО является поддержание их двигательной активности, автономности, способности к приобретению и развитию моторики, а применяемые методы лечения должны исключать длительные периоды иммобилизации, сопровождающиеся вторичным понижением минеральной плотности костной ткани на фоне уже существующей остеопении [7-18].

Показаниями к оперативным вмешательствам служат угловые деформации нижних конечностей, превышающие 10°-15°, и торсионные деформации в сочетании функциональными ограничениями, ложные суставы, дефекты костей, варусная деформация проксимального отдела бедра (шеечно-диафизарный угол 95° и менее), отсутствие навыков самостоятельной или пассивной вертикализации и ходьбы ввиду частых пе-

реломов [4, 6, 19-23].

Использование интрамедуллярных телескопических конструкций является основным способом остеосинтеза при коррекции ортопедической патологии конечностей у детей [20, 24-27]. Одним из видов применяемого телескопического остеосинтеза остается трансфизарный интрамедуллярный остеосинтез эластичными стержнями (sliding Flexible Intramedullary Nailing) [25, 28-30]. Он находит свое применение при остеосинтезе костей с небольшим внешним диаметром, когда костномозговой канал либо частично облитерирован, либо его рассверливание не позволит достичь достаточного диаметра для введения телескопических стержней [21, 25, 28-30]. К его недостаткам, как и прочих телескопических систем, можно отнести миграцию эластичных стержней, вторичные торсионные смещения костных фрагментов, отсутствие возможности ранней нагрузки на оперированную конечность, что ведет к вторичному остеопорозу и созданию предпосылок к миграции стержней, переломов кости [25, 29, 30].

В данной работе мы представляем результаты собственных исследований по использованию эластичного встречного армирования при лечении ортопедических осложнений у пациентов с тяжелыми формами НО, а также рассматриваем способы и их эффективность в преодолении недостатков этой методики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период 2012-2015 годы под нашим наблюдением находилось 29 пациентов с НО, которые проходили оперативное лечение. Для оценки результатов лечения мы отобрали случаи, которые соответствовали критериям включения: производилась коррекция деформаций, укорочений, ложных суставов и дефектов бедренных и/или берцовых костей, использовался метод интрамедуллярного встречного армирования изогнутыми на протяжении эластичными стержнями изолированно или в сочетании с другими способами остеосинтеза, пациенты соответствовали тяжелым формам НО (III, IV, VIII), период наблюдения после завершения лечения составлял не менее 6 месяцев. Мы отобрали 24 пациента, соответствующих вышеуказанным критериям.

Возраст пациентов составил 14,4 ± 2,8 года (от 2 до 46 лет). Пациентов младше 18 лет среди них было 16. В данной группе плановое лечение препаратами бифосфонатов получали лишь 11 человек. Среди них НО ІІІ типа имели четверо, ІV типа — 16 больных и VІІІ типа — 1 больной. Только у 7 пациентов тип НО был подтвержден лабораторно, в остальных случаях диагноз был клинико-рентгенологическим. Ранее оперативное лечение получали 7 человек, им выполнялась коррекция деформаций и остеосинтез пластинами с угловой стабильностью (5 человек), либо остеосинтез диафиксирующими спицами или интрамедуллярным ригидным стержнем (2 пациента).

Во всех случаях наблюдались деформации сегментов нижних конечностей более 30 градусов, с отклонением прохождения биомеханической оси нижней конечности более 20 мм от центра коленного сустава. Все

пациенты имели многочисленные переломы в анамнезе. В шести случаях на уровне бедренной кости и одном — на уровне большеберцовой кости имелось несращение после корригирующей остеотомии (ложный сустав), и присутствовал материал остеосинтеза (накостная пластина — 5 случаев, интрамедуллярный гвоздь или стержень — 2 случая).

В 14 случаях двигательная активность соответствовала второму уровню (пациент может сделать несколько шагов с посторонней помощью, но не может удерживать собственный вес при опоре на конечности) по опроснику Gillette (Gillette Functional Assessment Questionnaire [31]), в пяти случаях — первому уровню (пациент не может сделать ни одного шага ни при каких условиях), в пяти случаях — третьему уровню (ходит во время сеансов реабилитации, но не при перемещении в помещении, для перемещения требуется посторонняя помощь). То есть ни в одном случае данной серии до операции пациенты не использовали ходьбу, пусть и со вспомогательными средствами опоры, как основной способ передвижения в повседневной жизни.

Деформации нижних конечностей обусловливали некомфортную позу сидя у всех пациентов. В 22 из 24 случаев присутствовали боли и/или страх переломов и болей при пассивных и активных движениях конечностями.

В общей сложности данным пациентам выполнено 52 оперативных реконструктивных вмешательства, эластичное интрамедуллярное армирование выполнено на 83 сегментах. Детализация вариантов реконструктивных операций с использованием интрамедуллярных эластичных стержней приведена в таблице 1.

Оперативные вмешательства

Вид операции	Количество вмешательств
Одномоментная одно-, двух-, трехуровневая коррекция деформаций, интрамедуллярное эластичное армирование	21 (в том числе с поднадкостничным армированием титановой сеткой – 3)
Одномоментная одно-, двух-, трехуровневая коррекция деформаций, интрамедуллярное эластичное армирование, фиксационный минимальный остеосинтез аппаратом Илизарова	17 (в том числе с поднадкостничным армированием титановой сеткой – 3)
Постепенная коррекция деформаций или удлинение методом чрескостного остеосинтеза в сочетании с интрамедуллярным эластичным армированием	8 (в том числе с поднадкостничным армированием титановой сеткой – 4)
Превентивное встречное трансфизарное армирование эластичными стержнями	4
Коррекция соха vara и ложного сустава шейки бедра по методу Fassier	2
Итого	52

В большинстве случаев (40 операций) были использованы титановые эластичные стержни диаметром от 1,5 до 4 мм в зависимости от диаметра костномозгового канала, в остальных (12 операций) были использованы титановые стержни с биоактивным покрытием диаметром 1,8 и 2 мм. У детей при открытых зонах роста интрамедуллярные стержни вводили трансфизарно навстречу друг другу, чтобы достичь телескопического их расхождения по мере роста сегментов. Для поднадкостничного армирования, которое доказало свою эффективность с точки зрения

увеличения толщины кортикальных пластинок [32], применяли сетку из никелида титана марки TN-10 (толщина нити 150 мкм, диаметр ячеек 2–2,5 мм) размером 60 на 80 мм. Сеткой циркулярно оборачивали кость на уровне остеотомии и прилежащих участках на протяжении 6-8 см, предварительно отодвинув надкостницу, края которой потом ушивались или подшивались к сетке в положении максимального перекрытия окружности кости.

Примеры оперативных вмешательств приведены на рисунке 1.

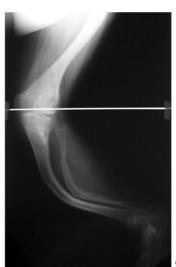












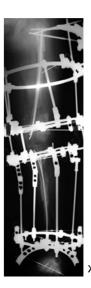


Рис. 1. Рентгенограммы сегментов, примеры различных типов вмешательств: а – до коррекции деформаций, б – после одномоментной коррекции и интрамедуллярного трансфизарного армирования эластичными стержнями, в – до коррекции деформации бедра, г – после одномоментной коррекции и интрамедуллярного трансфизарного армирования эластичными стержнями в сочетании с остеосинтезом аппаратом Илизарова, д – интрамедуллярное и поднадкостничное армирование, е – до коррекции деформации, ж – после постепенной коррекции деформации аппаратом Илизарова в сочетании с интрамедуллярным и поднадкостничным армированием

Среди критериев оценки учитывали достижение запланированной коррекции деформации, консолидации на уровне остеотомий, возникновение рецидивов деформаций, частоту миграций или нерасхождений интрамедуллярных элементов, необходимость выполнения незапланированных операций. Кроме того, оценивалась двигательная активность пациентов по опроснику Gillette, присутствие и изменение

болевого синдрома при движениях конечностями, удобство ухода за пациентом и возможность самообслуживания.

Полученные количественные данные подвергали статистической обработке с использованием программы Microsoft Excel 2016. Статистическое исследование включало описательную статистику: средние значения (M) и стандартное отклонение (δ).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях требуемая коррекция деформации была достигнута. Консолидация на уровне остеотомии наступала, в среднем, через $26,2\pm7,8$ дня (от 3 до 12 недель) после операции: наблюдалась отчетливая выраженная непрерывная периостальная реакция на уровне остеотомии. С точки зрения появления ренттеновских признаков костного сращения различий при применении изолированного интрамедуллярного армирования либо в сочетании с поднадкостничным армированием и/или остеосинтезом аппаратом Илизарова не наблюдалось.

При коррекции деформаций в сочетании только с интрамедуллярным трансфизарным армированием уверенная вертикализация с полной нагрузкой на оперированную конечность с возможностью передвижения пациента с использованием вспомогательных средств опоры становилась возможной через 5-6 недель после операции, то есть к концу периода иммобилизации гипсовой повязкой или в момент перехода к использованию съемных ортезных изделий (рис. 2).

дунках и ортезных изделиях с полной нагрузкой на оперированные конечности, через 3 месяца после лечения, г – рентгенограммы бедра и голени после достижения консолидации и снятия гипсовых повязок, д – через 2 года после лечения, пациентка вертикализирована, самостоятельно передвигается по дому в ходунках и ортезах, е – осевые рентгенограммы через 2 года после лечения, оси конечностей правиль-

ные, миграции имплантов нет



Вопросы ортопедии

Гений Ортопедии № 4, 2016 г.

При использовании изолированного интрамедуллярного армирования после корригирующих остеотомий мы наблюдали развитие вторичных торсионных деформаций в ранний период на 8 сегментах, что потребовало в последующем дополнительной коррекции (рис. 3).

При коррекции деформаций с использованием интрамедуллярного трансфизарного армирования вертикализация с полной нагрузкой на оперированную конечность и началом самостоятельного передвижения пациента при условии использования дополнительных

средств опоры (костыли или ходунки) производилась уже с 3-7 дня после операции еще во время госпитализации в ортопедическом отделении (рис. 4). Использование внешней фиксации в минимизированном варианте позволяло предотвратить вторичное торсионное смещение костных фрагментов во всех случаях. Длительность внешнего остеосинтеза при коррекции деформаций была 3-4 недели — до образования первичной костной мозоли, достаточной в условиях интрамедуллярного остеосинтеза для предотвращения ротационных смещений костных фрагментов в дальнейшем.

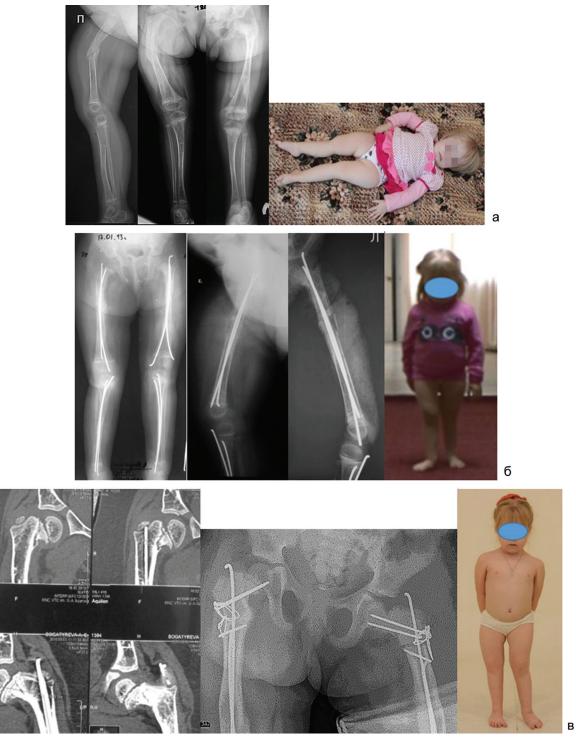


Рис. 3. Пациентка Б., IV тип несовершенного остеогенеза: а – рентгенограммы нижних конечностей и фото ребенка до операции, отсутствие навыков прямостояния и ходьбы; б – рентгенограммы нижних конечностей после коррекции деформаций и выполнения интрамедуллярного армирования, четко видна ретроверсия шеек бедер на боковых проекциях, что и объясняет позицию стоя с наружной ориентацией стоп и коленных суставов; в – этап коррекции варусных деформаций и ложных суставов шеек бедер, когда и была устранена торсионная деформация бедренных костей, при самостоятельной вертикальной позиции ориентация стоп правильная









Рис. 4. Пациент К., несовершенный остеогенез IV типа: а – фото пациента и рентгенограммы нижних конечностей до лечения. Пациент не приобрел навыков самостоятельной вертикализации ввиду частных переломов, отмечалась наружная торсия и укорочение правого бедра, варусная деформация левой бедренной кости; б – фото и рентгенограммы после первого оперативного вышательства – корригирующей остеотомии правой бедренной кости, что позводилярного встречного трансфизарного остеосинтеза эластичными стержнями и минимального остеосинтеза аппаратом Илизарова, превентивного трансфизарного встречного армирования большеберцовой кости, что позволило осуществлять полноценную осевую нагрузку на оперированную конечность с четвертого дня после операции; в – фото и рентгенограммы после второго оперативного вмешательства (выполненного через 3 недели после первого) – корригирующей остеотомии левой бедренной кости (в сочетании с резекцией 2 см бедренной кости для уравнивания длины ног), интрамедуллярного встречного трансфизарного остеосинтеза эластичными стержнями и минимального остеосинтеза аппаратом Илизарова, превентивного трансфизарного встречного армирования большеберцовой кости и снятия аппарата Илизарова с правой нижней конечности, что позволило осуществлять раннюю полноценную осевую нагрузку на оперированную конечность; г – фото и рентгенограмма нижних конечностей через 6 месяцев после лечения, оси нижних конечностей правильные, миграции интрамедуллярных стержней нет, пациент самостоятельно стоит и ходит, вторичных торсионных деформаций нет

Использование аппарата внешней фиксации в тех случаях, когда коррекция деформации сочеталась с резекцией зоны ложного сустава, длилось от 3 до 12 недель ($31,1\pm12,7$ дня). В этот период между опорами аппарата Илизарова создавались и поддерживались легкие компрессионные усилия, а вертикализация с полной опорой на оперированную конечность была обязательным условием (рис. 5). Критерием завершения остеосинтеза аппаратом Илизарова являлись признаки появления костной мозоли.

Период наблюдения за пациентами после реконструктивного лечения был от 6 месяцев до 4 лет. Двадцать четыре осложнения отмечены у 8 больных (в 33,3 % случаев). За это время наблюдался рецидив угловых деформаций оперированных сегментов (угол деформации более 10°) у 4 пациентов, вторичные торсионные смещения на 6 сегментах у 4 больных (изолированное использование интрамедуллярного армирования), миграция интрамедуллярных стержней – 5 наблюдений, нерасхождение интрамедуллярных стержней с биоактивным покрытием по мере продольного роста сегмента, обусловленное, веро-

ятно, явлениями остеоинтеграции – 4 наблюдения у 4 детей (во всех случаях это были дети младше 10 лет), переломы армированных сегментов без смещения – 3 случая, замедленная консолидация – 2 случая у пациентов 39 и 46 лет. Коррекция возникших проблем потребовала выполнения 17 незапланированных вмешательств, кроме того, вследствие блокирования интрамедуллярных стержней даже при отсутствии возникновения новых деформаций превентивное введение дополнительных интрамедуллярных элементов потребовалось в трех случаях, еще в трех случаях стержни были заменены по мере роста ребенка. Таким образом, 23 дополнительных вмешательства были выполнено 20 пациентам, то есть, в среднем, в 83,3 % случаев потребовались незапланированные операции. В данной публикации мы лишь перечисляем встретившиеся проблемы без их детального анализа, чему будет посвящена отдельная работа. Отметим также, что с учетом всех выполненных операций в нашей серии на одного пациента пришлось 3,13 операции на протяжении периода наблюдения.



Рис. 5. Фото и рентгенограммы пациентки Д., VIII тип HO: а – рентгенограммы сегментов нижних конечностей, операции армирования ранее выполнены в зарубежной клинике, отмечается дефект-диастаз вследствие расхождения отломков правой бедренной кости, проксимальная миграция стержня Rush, вальгусно-антекурвационная деформация большеберцовой кости; б – рентгенограммы после выполнения экономной (1-2 мм) резекции концов отломков бедренной кости, встречного интрамедуллярного трансфизарного армирования и минимального остеосинтеза аппаратом Илизарова, корригирующих остеотомий большеберцовой кости, интрамедуллярного встречного трансфизарного и поднадкостничного армирования, пациентка вертикализирована на седьмой день после операции, достигнута полноценная опора на оперированную конечность; в – через 8 недель по достижении костного сращения аппарат снят, вертикализация с полной нагрузкой на нижние конечности продолжена в ходунках и с использованием ортеза

С точки зрения приобретенных функциональных возможностей вертикализация с опорой на нижние конечности с использованием вспомогательных средств или без них была достигнута в 22 из 24 случаев (91,7%). Способности пациентов к передвижению, оцененные по шкале Gillette, были представлены первым уровнем в 1 случае (не может сделать шага ни при каких

условиях), третьим уровнем (ходит во время сеансов реабилитации, но не при перемещении в помещении, для перемещения требуется посторонняя помощь) – в 3 случаях, четвертным уровнем (способен ходить в домашних условиях, но медленно, не использует ходьбу как предпочтительный способ перемещения в домашних условиях) – в 5 случаях, пятым уровнем (способен

пройти более 4,5-15 м дома или в школе, ходьба – основной способ передвижения в домашних условиях) – в 10 случаях, седьмым и восьмым уровнем (перемещается вне дома самостоятельно по ровной поверхности и преодолевает ступеньки и неровности, но требуется минимальная помощь или лишь наблюдение третьих лиц) – в 5 случаях. В целом, двигательная активность пациентов улучшилась в 21 из 24 случаев (87,5 %).

Улучшение условий ухода за пациентом, повышение способностей к самообслуживанию, увеличение социальной активности отмечено во всех случаях. Комфортная поза сидя достигнута у 22 пациентов. Снижение или исчезновение болевого синдрома при движениях нижними конечностями, в том числе во время сеансов ЛФК и при проведении гигиенических процедур, отмечено в 100 % случаев.

ДИСКУССИЯ

Глобальной задачей ортопедического хирургического лечения деформаций и переломов конечностей у пациентов с тяжелыми формами НО является поддержание их двигательной активности, автономности, способности к приобретению и развитию моторики – к сохранению максимально возможного качества жизни при их типе НО. Данная задача — часть мультидисциплинарного лечения, преследующего те же цели [14-18].

Основными средствами остеосинтеза у детей с несовершенным остеогенезом являются интрамедуллярные телескопические конструкции: трансфизарное интрамедуллярное армирование [25, 28-30], телескопический стержень Bailey-Dubow [24] и телескопический стержень Fassier-Duval [28, 33, 34].

Трансфизарный остеосинтез эластичными стержнями имеет ряд положительных свойств: возможность применения при малых диаметрах костномозгового канала или после рассверливания кости при его облитерации, при необходимости - поднадкостничное расположение тонких стержней на уровне диафизарного отдела и чрескостное трансфизарное - на уровне метаэпифизов, что позволяет использовать данный остеосинтез у детей в возрасте до года [21, 25, 28-30]. Boutard et Laville сообщают об успешном применении данной методики у 14 пациентов (средний возраст – 4 года, минимальный – 15 дней) с тяжелыми формами НО, где частота выполнения операций составила 2,5 на пациента (варьирование – от 1 до 5) [25]. В работе не указывается на проблемы с расхождением стержней, но их замена на большую длину и диаметр потребовалась в 75 % случаев по мере роста ребенка. Частота серьезных осложнений для всей серии составляла 25 %: переломы (преимущественно с косой или винтообразной линией перелома диафиза, проходящей между стержнями), миграция имплантов, несращение, укорочение кости вследствие импакции [25, 29, 30]. Телескопический стержень Fassier-Duval считается общепризнанной неригидной телескопической конструкцией, применяемой как при коррекции деформаций длинных трубчатых костей у детей, так и при профилактическом остеосинтезе [21, 33, 34]. Тем не менее, частота осложнений при его использовании составляет 35 % [33]. Существуют общие проблемы применения интрамедуллярных телескопических систем [25, 35, 36]: необходимость замены систем по мере роста ребенка и расхождения частей телескопической системы, наблюдаемая в 10,5-23,7 % случаев миграция стержней или частей конструкции, деформации стержней телескопических систем (до 18,8 % случаев), несращения и расхождение костных отломков (в 7,2 % случаев), нерасхождение частей стержней (в 2,1 % случаев), перелом стержней (6,9 % случаев), переломы на уровне ранее выполненной остеотомии в условиях интрамедуллярного телескопического остеосинтеза стержнем Fassier-Duval (20-25 % случаев). Важно отметить, что изолированное применение интрамедуллярных конструкций предполагает период строгой дополнительной иммобилизации в течение 4-6 недель, когда необходимо избегать нагрузок на конечность с целью предотвращения вторичных деформаций. Данный подход способствует развитию вторичного послеоперационного остеопороза [25, 28, 37-39]. Кроме того, прямые телескопические стержни и эластичное интрамедуллярное армирование совершенно не предотвращают возникновения вторичных торсионных смещений костных фрагментов в раннем послеоперационном периоде. Так, типично развитие ретроверсии шейки бедра, что клинически сопровождается выраженной наружно-ротационной установкой всей конечности [7, 21, 22, 24].

В нашей серии пациентов, как и в опубликованных в литературе, коррекция угловых деформаций была достигнута во всех случаях, отмечено серьезное улучшение функциональных способностей пациентов и повышение качества их жизни. Мы не наблюдали серьезных проблем, связанных с нарушением костной консолидации, лишь в двух случаях у взрослых пациентов сращение в области корригирующей клиновидной резекции на уровне ложного сустава и накостного остеосинтеза наступило в период более трех месяцев.

В целом, частота осложнений 33,3 % аналогична частоте осложнений при применении телескопического стержня Fassier-Duval [33], а среднее количество операций на пациента сопоставимо с данными при применении эластичного трансфизарного армирования [25].

Отметим, что использование минимального по объему остеосинтеза аппаратом Илизарова в дополнении к армированию в течение первых 3-4 недель после операции показало преимущества такой методики над стандартным использованием интрамедуллярных конструкций и гипсовой иммобилизации. Такой подход позволил вертикализировать пациента практически с первых же дней после операции с полной опорой на оперированную конечность, что полностью исключило риски вторичного остеопороза, расхождения костных фрагментов и несращения. А также мы не наблюдали ни одного случая вторичных торсионных смещений костных отломков при использовании комбинированной методики. Мы также не наблюдали косых и винтообразных переломов на уровне диафизарной части кости в случаях использования никелид-титановой сетки для поднадкостничного армирования.

Использование эластичных интрамедуллярных стержней с биоактивным покрытием [40, 41] оправдало себя с точки зрения предотвращения миграции имплантов в отдаленном послеоперационном периоде. Однако все случаи нерасхождения интрамедуллярных

Гений Ортопедии № 4, 2016 г.

имплантов мы отмечали при использовании стержней с биоактивным покрытием у детей в возрасте до 10 лет. Очевидным объяснением является остеоинтеграция стержней в костномозговом канале. Собственные и литературные данные [25] указывают, что при правильной фиксации обычных титановых стержней к эпи-

физам не наблюдается проблем с их расхождением по мере роста ребенка. Поэтому мы полагаем, что при несовершенном остеогенезе использование интрамедуллярных стержней оправдано, но только при условии применения их в виде телескопических у детей старше 10 лет, когда период интенсивного роста завершается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методика эластичного трансфизарного армирования титановыми стержнями показана при коррекции деформаций у детей с тяжелыми формами НО. Коррекция деформаций нижних конечностей и увеличение прочностных свойств костей способствуют увеличению двигательной активности пациентов и повышению качества их жизни. Ортопедические осложнения не являются редкими после оперативного лечения у данной группы пациентов, но своевременная их коррекция позволяет сохранить достигнутый анатомофункциональный результат. Применение в течение 3-4 недель минимального фиксационного варианта остео-

синтеза аппаратом Илизарова после корригирующих остеотомий и интрамедуллярного армирования позволяет достичь ранней вертикализации пациента с полной нагрузкой на оперированную конечность, а также исключить ряд осложнений: вторичный остеопороз, вторичные ротационные смещения костных фрагментов. Использование интрамедуллярных имплантов с биоактивным покрытием предотвращает их миграцию в отдаленном периоде, но такие стержни не следует применять в телескопических конструкциях у детей в возрасте до 10 лет, чтобы избежать их блокирования в костномозговом канале вследствие остеоинтеграции.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-15-00176).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Sillence D., Senn A., Danks D.M. Genetic heterogeneity in osteogenesis imperfect // J. Med. Genet. 1979. Vol. 16, N 2. P. 101-116.
- 2. Cheung M.S., Glorieux F.H. Osteogenesis imperfecta: update on presentation and management // Rev. Endocr. Metab. Disord. 2008. Vol. 9, N 2. P. 153-160.
- 3. Classification of Osteogenesis Imperfecta revisited / F.S. van Dijk, G. Pals, R.R. van Rijn, P.G. Nikkels, J.M. Cobben // Eur. J. Med. Genet. 2010. Vol. 53, N 1. P. 1-5.
- 4. Glorieux F.H. Osteogenesis imperfecta. Best Pract. Res. Clin. Rheumatol. 2008. Vol. 22, N 1. P. 85-100.
- 5. Osteogenesis imperfecta / C. Michelle, V. Patel, R. Amirfeyz et al. // Curr. Orthop. 2007. Vol. 21. P. 236-241.
- 6. Rauch F., Glorieux F.H. Osteogenesis imperfecta // Lancet. 2004. N 363 (9418). P. 1377-1385
- 7. Osteogenesis imperfecta in childhood: prognosis for walking / R.H. Engelbert, C.S. Uiterwaal, V.A. Gulmans, H. Pruijs, P.J. Helders // J. Pediatr. 2000, Vol. 137, N 3, P. 397-402.
- 8. Binder H. Rehabilitation of infants with osteogenesis imperfect // Connect. Tissue Res. 1995. Vol. 31, N 4. P. S37-S39.
- 9. Effect of intravenous pamidronate therapy on functional abilities and level of ambulation in children with osteogenesis imperfect / C. Land. F. Rauch, K. Montpetit, J. Ruck-Gibis, F.H. Glorieux // J. Pediatr. 2006. Vol. 148, N 4. P. 456-460.
- 10. Bone mineral density in children with mild osteogenesis imperfecta / L.E. Zionts, J.P. Nash, R. Rude, T. Ross, N.S. Stott // J. Bone Joint Surg. Br. 1995. Vol. 77, N 1. P. 143-147.
- 11. Reliability of the gross motor function measure for children with osteogenesis imperfect / J. Ruck-Gibis, H. Plotkin, J. Hanley, S. Wood-Dauphinee // Pediatr. Phys. Ther. 2001. Vol. 13, N 1. P. 10-17.
- 12. The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy / D.J. Russell, P.L. Rosenbaum, D.T. Cadman, C. Gowland, S. Hardy, S. Jarvis // Dev. Med. Child. Neurol. 1989. Vol. 31, N 3. P. 341-352.
- 13. Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI): Development, Standardization and Administration Manual / S. Haley, W. Coster, L. Ludlow, J. Haltiwanger, P. Andrellos. Boston, MA: New England Medical Center Hospitals, Inc. and PEDI Research Group. 1992.
- 14. Functional results of operation in osteogenesis imperfecta: elongating rods and nonelongating rods / S. Porat, E. Heller, D.S. Seidman, S. Meyer // J. Pediatr. Orthop. 1991. Vol. 11, N 2. P. 200-203.
- 15. Intramedullary rodding in type III osteogenesis imperfecta. Effects on neuromotor development in 10 children / R.H. Engelbert, P.J. Helders, W. Keessen, H.E. Pruijs, R.H. Gooskens // Acta Orthop. Scand. 1995. Vol. 66, N 4. P. 361-364.
- 16. From pediatric to adult care: strategic evaluation of a transition program for patients with osteogenesis imperfect / M.J. Dogba, F. Rauch, T. Wong, J. Ruck, F.H. Glorieux, C. Bedos // BMC Health Serv. Res. 2014. Vol. 14. P. 489. doi: 10.1186/s12913-014-0489-1.
- 17. Activities and participation in young adults with osteogenesis imperfect / K. Montpetit, N. Dahan-Oliel, J. Ruck-Gibis, F. Fassier, F. Rauch, F. Glorieux // J. Pediatr. Rehabil. Med. 2011. Vol. 4, N 1. P. 13-22.
- 18. Multidisciplinary Treatment of Severe Osteogenesis Imperfecta: Functional Outcomes at Skeletal Maturity / K. Montpetit, T. Palomo, F.H. Glorieux, F. Fassier, F. Rauch // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2015. Vol. 96, N 10. P. 1834-1839.
- 19. Волков М.В. Врожденные заболевания костной ткани у детей. М.: Медицина, 1985, 487 с.
- 20. Cole W.G. Early surgical management of severe forms of osteogenesis imperfect // Am. J. Med. Genet. 1993. Vol. 45, N 2. P. 270-274.
- 21. Zeitlin L., Fassier F., Glorieux F.H. Modern approach to children with osteogenesis imperfect // J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 12, N 2. P. 77-87.
- 22. Results and complications of a surgical technique for correction of coxa vara in children with osteopenic bones / F. Fassier, Z. Sardar, M. Aarabi, T. Odent, T. Haque, R. Hamdy // J. Pediatr. Orthop. 2008. Vol. 28, N 8. P. 799-805.
- 23. High prevalence of coxa vara in patients with severe osteogenesis imperfect / M. Aarabi, F. Rauch, R.C. Hamdy, F. Fassier // J. Pediatr. Orthop. 2006. Vol. 26, N 1. P. 24-28.
- 24. Bailey R.W., Dubow H.I. Evolution of the concept of an extensible nail accomodating to normal longitudinal bone growth: clinical considerations and implications // Clin. Orthop. Relat. Res. 1981. N 159. P. 157-170.
- 25. Boutaud B., Laville J.M. Elastic sliding central medullary nailing with osteogenesis imperfecta. Fourteen cases at eight years follow-up // Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot. 2004. Vol. 90, N 4. P. 304-311.
- 26. Percutaneous intramedullary fixation of long bone deformity in sever osteogenesis imperfect / K.A. McHale, J.J. Tenuta, L.L. Tosi, D.W. McKay // Clin. Orthop. Relat. Res. 1994. N 305. P. 242-248.
- 27. Stockley I., Bell M.J., Sharrard W.J. The role of expanding intramedullary rods in osteogenesis imperfecta // J. Bone Joint Surg. Br. 1989. Vol. 71, N 3. P. 422-427.
- 28. Esposito P., Plotkin H. Surgical treatment of osteogenesis imperfecta: current concepts // Curr Opin. Pediatr. 2008. Vol. 20, N 1. P. 52-57.
- 29. Lascombes P. Flexible intramedullary nailing in children. The Nancy University Manual. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- 30. Metaizeau J.P. Sliding centro-medullary nailing. Application to the treatment of severe forms of osteogenesis imperfect // Chir. Pediatr. 1987. Vol. 28, N 4-5. P. 240-243.

- 31. Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities // J. Pediatr. Orthop. 2000. Vol. 20, N 1. P. 75-81.
- 32. Intramedullary Elastic Transphyseal Tibial Osteosynthesis and Its Effect on Segmental Growth / D.A. Popkov, N.A. Kononovich, E.R. Mingazov, R.B. Shutov, D. Barbier // Vestn. Ross. Akad. Med. Nauk. 2015. N 4. P. P. 441-449.
- 33. Fassier-Duval femoral rodding in children with osteogenesis imperfecta receiving bisphosphonates: functional outcomes at one year / J. Ruck, N. Dahan-Oliel, K. Montpetit, F. Rauch, F. Fassier // J. Child. Orthop. 2011. Vol. 5, N 3. P. 217-224.
- 34. Fassier F., Glorieux F. Osteogeneis imperfecta in the child. In: Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris: Expansion Scientifique Française, 1999. P. 235-252.
- 35. Zionts L.E., Ebramzadeh E., Stott N.S. Complications in the use of the Bailey-Dubow extensible wire // Clin. Orthop. Relat. Res. 1998. N 348. P. 186-195.
- 36. High reoperation rate and failed expansion in lower extremity expandable rods in osteogenesis imperfecta / T. Larson, B. Brighton, P. Esposito et al. In: Proceedings of the Annual Meeting of the Pediatric Orthopaedic Society of North America (POSNA). Waikoloa, Hawaii, 2010.
- 37. Bilsel N., Beyzadeoglu T., Kafadar A. Application of Bailey-Dubow rods in the treatment of Osteogenesis Imperfecta // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2000. Vol. 10, N 3. P. 183-187.
- 38. Sułko J., Radło W. Operative management of long-bone of the upper limb in children with osteogenesis imperfect // Chir. Narzadow Ruchu Ortop. Pol. 2005. Vol. 70, N 3. P. 195-199.
- 39. Zeitlin L., Fassier F., Glorieux F.H. Modern approach to children with osteogeneis imperfecta // J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 12, N 2. P. 77-87.
- 40. Popkov A. Bioactive implants in reconstructive othopedics. In: Combined stimulating methods in reconstructive surgery in pediatric orthopedics / Ed. D. Popkov. New York: Nova Science Publishers Inc., 2015. P. 81-108.
- 41. Popkov A., Aranovich A., Popkov D. Results of deformity correction in children with X-linked hereditary hypophosphatemic rickets by external fixation or combined technique // Int. Orthop. 2015. Vol. 39, N 12. P. 2423-2431.

REFERENCES

- 1. Sillence D., Senn A., Danks D.M. Genetic heterogeneity in osteogenesis imperfect. J. Med. Genet. 1979. Vol. 16, N 2. pp. 101-116
- 2. Cheung M.S., Glorieux F.H. Osteogenesis imperfecta: update on presentation and management. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2008. Vol. 9, N 2. pp. 153-160
- van Dijk F.S., Pals G., van Rijn R.R., Nikkels P.G., Cobben J.M. Classification of Osteogenesis Imperfecta revisited, Eur. J. Med. Genet. 2010. Vol. 53, N 1. pp. 1-5
- 4. Glorieux F.H. Osteogenesis imperfecta. Best Pract. Res. Clin. Rheumatol. 2008. Vol. 22, N 1. pp. 85-100
- 5. Michelle C., Patel V., Amirfeyz R. et al. Osteogenesis imperfecta. Curr. Orthop. 2007. Vol. 21. pp. 236-241
- 6. Rauch F., Glorieux F.H. Osteogenesis imperfecta. Lancet. 2004. N 363 (9418). pp. 1377-1385
- 7. Engelbert R.H., Uiterwaal C.S., Gulmans V.A., Pruijs H., Helders P.J. Osteogenesis imperfecta in childhood: prognosis for walking. *J. Pediatr.* 2000. Vol. 137, N 3. pp. 397-402
- 8. Binder H. Rehabilitation of infants with osteogenesis imperfect. Connect. Tissue Res. 1995. Vol. 31, N 4. pp. S37-S39
- 9. Land C., Rauch F., Montpetit K., Ruck-Gibis J., Glorieux F.H. Effect of intravenous pamidronate therapy on functional abilities and level of ambulation in children with osteogenesis imperfect, *J. Pediatr.* 2006. Vol. 148, N 4. pp. 456-460
- 10. Zionts L.E., Nash J.P., Rude R., Ross T., Stott N.S. Bone mineral density in children with mild osteogenesis imperfecta. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1995. Vol. 77, N 1. pp. 143-147
- 11. Ruck-Gibis J., Plotkin H., Hanley J., Wood-Dauphinee S. Reliability of the gross motor function measure for children with osteogenesis imperfect. *Pediatr. Phys. Ther.* 2001. Vol. 13, N 1. pp. 10-17
- 12. Russell D.J., Rosenbaum P.L., Cadman D.T., Gowland C., Hardy S., Jarvis S. The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Dev. Med. Child. Neurol.* 1989. Vol. 31, N 3. pp. 341-352
- 13. Haley S.M., Coster W.J., Ludlow L.H., Haltiwanger J.T., Andrellos P.J. Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI): Development, Standardization and Administration Manual. Boston, MA: New England Medical Center Hospitals, Inc. and PEDI Research Group. 1992
- 14. Porat S., Heller E., Seidman D.S., Meyer S. Functional results of operation in osteogenesis imperfecta: elongating rods and nonelongating rods. *J. Pediatr. Orthop.* 1991. Vol. 11, N 2. pp. 200-203
- 15. Engelbert R.H., Helders P.J., Keessen W., Pruijs H.E., Gooskens R.H. Intramedullary rodding in type III osteogenesis imperfecta. Effects on neuromotor development in 10 children. *Acta Orthop. Scand.* 1995. Vol. 66, N 4. pp. 361-364
- 16. Dogba M.J., Rauch F., Wong T., Ruck J., Glorieux F.H., Bedos C. From pediatric to adult care: strategic evaluation of a transition program for patients with osteogenesis imperfect. BMC Health Serv. Res. 2014. Vol. 14. p. 489. doi: 10.1186/s12913-014-0489-1
- 17. Montpetit K., Dahan-Oliel N., Ruck-Gibis J., Fassier F., Rauch F., Glorieux F. Activities and participation in young adults with osteogenesis imperfect. *J. Pediatr. Rehabil. Med.* 2011. Vol. 4, N 1. pp. 13-22
- Montpetit K., Palomo T., Glorieux F.H., Fassier F., Rauch F. Multidisciplinary Treatment of Severe Osteogenesis Imperfecta: Functional Outcomes at Skeletal Maturity. Arch. Phys. Med. Rehabil. 2015. Vol. 96, N 10. pp. 1834-1839
- 19. Volkov M.V. *Vrozhdennye zabolevaniia kostnoi tkani u detei* [Congenital diseases of bone tissue in children]. M.: Meditsina, 1985, 487 p.
- 20. Cole W.G. Early surgical management of severe forms of osteogenesis imperfect. Am. J. Med. Genet. 1993. Vol. 45, N 2. pp. 270-274
- 21. Zeitlin L., Fassier F., Glorieux F.H. Modern approach to children with osteogenesis imperfect. J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 12, N 2. pp. 77-87
- 22. Fassier F., Sardar Z., Aarabi M., Odent T., Haque T., Hamdy R. Results and complications of a surgical technique for correction of coxa vara in children with osteopenic bones. *J. Pediatr. Orthop.* 2008. Vol. 28, N 8. pp. 799-805
- 23. Aarabi M., Rauch F., Hamdy R.C., Fassier F. High prevalence of coxa vara in patients with severe osteogenesis imperfect. *J. Pediatr. Orthop.* 2006. Vol. 26, N 1. pp. 24-28
- Bailey R.W., Dubow H.I. Evolution of the concept of an extensible nail accommodating to normal longitudinal bone growth: clinical considerations and implications. Clin. Orthop. Relat. Res. 1981. N 159. pp. 157-170
- 25. Boutaud B., Laville J.M. Elastic sliding central medullary nailing with osteogenesis imperfecta. Fourteen cases at eight years follow-up. *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.* 2004. Vol. 90, N 4. pp. 304-311
- 26. McHale K.A., Tenuta J.J., Tosi L.L., McKay D.W. Percutaneous intramedullary fixation of long bone deformity in sever osteogenesis imperfect. Clin. Orthop. Relat. Res. 1994. N 305. pp. 242-248.
- 27. Stockley I., Bell M.J., Sharrard W.J. The role of expanding intramedullary rods in osteogenesis imperfecta. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1989. Vol. 71, N 3. pp. 422-427
- 28. Esposito P., Plotkin H. Surgical treatment of osteogenesis imperfecta: current concepts. Curr Opin. Pediatr. 2008. Vol. 20, N 1. pp. 52-57
- 29. Lascombes P. Flexible intramedullary nailing in children. The Nancy University Manual. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010
- 30. Metaizeau J.P. Sliding centro-medullary nailing. Application to the treatment of severe forms of osteogenesis imperfect. *Chir. Pediatr.* 1987. Vol. 28, N 4-5. pp. 240-243
- 31. Novacheck T.F., Stout J.L., Tervo R. Reliability and validity of the Gillette Functional Assessment Questionnaire as an outcome measure in children with walking disabilities. *J. Pediatr. Orthop.* 2000. Vol. 20, N 1. pp. 75-81
- 32. Popkov D.A., Kononovich N.A., Mingazov E.R., Shutov R.B., Barbier D. Intramedullary Elastic Transphyseal Tibial Osteosynthesis and Its Effect on Segmental Growth. *Vestn. Ross. Akad. Med. Nauk.* 2015. N 4. pp. 441-449
- 33. Ruck J., Dahan-Oliel N., Montpetit K., Rauch F., Fassier F. Fassier-Duval femoral rodding in children with osteogenesis imperfecta receiving bisphosphonates: functional outcomes at one year. *J. Child. Orthop.* 2011. Vol. 5, N 3. pp. 217-224

Гений Ортопедии № 4, 2016 г.

- 34. Fassier F., Glorieux F. Osteogeneis imperfecta in the child. In: Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris: Expansion Scientifique Française, 1999. pp. 235-252
- Zionts L.E., Ebramzadeh E., Stott N.S. Complications in the use of the Bailey-Dubow extensible wire. Clin. Orthop. Relat. Res. 1998. N 348. pp. 186-195
- 36. Larson T., Brighton B., Esposito P. et al. High reoperation rate and failed expansion in lower extremity expandable rods in osteogenesis imperfecta. In: Proceedings of the Annual Meeting of the Pediatric Orthopaedic Society of North America (POSNA). Waikoloa, Hawaii, 2010
- 37. Bilsel N., Beyzadeoglu T., Kafadar A. Application of Bailey-Dubow rods in the treatment of Osteogenesis Imperfecta. Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2000. Vol. 10, N 3. pp 183-187
- 38. Sułko J., Radło W. Operative management of long-bone of the upper limb in children with osteogenesis imperfect. *Chir. Narzadow Ruchu Ortop. Pol.* 2005. Vol. 70, N 3. pp. 195-199
- 39. Zeitlin L., Fassier F., Glorieux F.H. Modern approach to children with osteogeneis imperfecta. J. Pediatr. Orthop. 2003. Vol. 12, N 2. pp. 77-87
- 40. Popkov A. Bioactive implants in reconstructive othopedics. In: Combined stimulating methods in reconstructive surgery in pediatric orthopedics. Ed. D. Popkov. New York: Nova Science Publishers Inc., 2015. pp. 81-108
- 41. Popkov A., Aranovich A., Popkov D. Results of deformity correction in children with X-linked hereditary hypophosphatemic rickets by external fixation or combined technique. *Int. Orthop.* 2015. Vol. 39, N 12. pp. 2423-2431

Рукопись поступила 25.07.2016

Сведения об авторах:

- 1. Мингазов Эдуард Рифович ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздрава России, клиническая лаборатория коррекции деформаций и удлинения конечностей, аспирант
- 2. Попков Арнольд Васильевич ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, гл. н. с. лаборатории коррекции деформации и удлинения конечностей, д. м. н., профессор
- 3. Кононович Наталья Андреевна ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, ведущий научный сотрудник лаборатории коррекции деформаций и удлинения конечностей, к. в. н.
- 4. Аранович Анна Майоровна ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, гл. н. с. лаборатории коррекции деформации и удлинения конечностей, д. м. н., профессор
- 5. Попков Дмитрий Арнольдович ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздрава России, руководитель киники нейроортопедии, д. м. н.; e-mail: dpopkov@mail.ru

Information about the authors:

- 1. Eduard R. Mingazov, M.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening
- Arnol'd V. Popkov, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening, Professor; e-mail: apopkov.46@mail.ru
- 3. Natal'ia A. Kononovich, Ph.D. of Veterinary Sciences, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening
- 4. Anna M. Aranovich, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening, Professor
- 5. Dmitrii A. Popkov, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Head of the Neuroorthopedic Clinic; Corresponding author: dpopkov@mail.ru