

Научная статья

УДК 616.71-007.235-001.5-089.227.84-053.2

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-1-51-59>

Результаты реконструктивной хирургии конечностей с использованием телескопического титанового стержня

А.М. Абдуллоев✉, Н.С. Гвоздев, Д.В. Тропин, Д.А. Попков

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Авазбек Муроталиевич Абдуллоев, asadiabdulloev@gmail.com

Аннотация

Введение. Реконструкция конечностей у детей с заболеваниями, сопровождающимися нарушенным остеогенезом и хрупкостью костной ткани, требует применения комбинированных методик с элементами телескопического интрамедуллярного остеосинтеза, оставляемого *in situ*.

Цель работы — проверка гипотезы о том, что установка трансфизарных телескопических стержней одновременно с аппаратом внешней фиксации при удлинении бедра или голени у детей с заболеваниями, сопровождающимися сниженными прочностными свойствами костной ткани (болезнь Олье и несовершенный остеогенез), не приводит к блокированию стержней в период фиксации, не препятствует формированию distractionного регенерата и позволяет, помимо удлинения, выполнять коррекцию деформаций.

Материалы и методы. В данное исследование вошли четыре пациента с болезнью Олье (все мальчики) и девочка с несовершенным остеогенезом, которым осуществляли удлинение конечности и/или коррекцию деформации комбинированной методикой. В качестве внешнего фиксатора использовали аппарат Илизарова, одновременно с внешней фиксацией устанавливали телескопический титановый стержень. После достижения костного сращения аппарат Илизарова снимали, а телескопический стержень оставляли на месте.

Результаты. Планируемая величина удлинения, коррекция деформации достигнуты у всех пациентов. Ни в одном случае мы не наблюдали потери фиксации резьбовых частей стержня в эпифизах бедра, голени или апофизе большого вертела в период distraction. Также не отмечено блокирование телескопирования стержня в период фазы distraction. Индекс внешней фиксации при полисегментарном удлинении составлял 11,6 дн/см, при моносегментарном удлинении бедра варьировал от 22,6 дн/см до 28,8 дн/см.

Обсуждение. В сравнении с методиками комбинированного удлинения с эластичным интрамедуллярным армированием удлинение на телескопическом стержне показывает преимущества армирования на всем протяжении сегмента, отсутствие рисков миграции интрамедуллярного материала. Не обнаружено проблем формирования distractionного регенерата и увеличения сроков внешней фиксации, встречающихся при применении других методик.

Заключение. Результаты лечения пациентов данной серии доказывают возможность выполнения удлинения конечности у пациентов с патологическим остеогенезом, выполняя комбинированный одновременный остеосинтез внешним фиксатором и телескопическим титановым стержнем. В процессе удлинения мы не наблюдали ни потери фиксации резьбовых частей интрамедуллярного стержня, ни блокирования скольжения частей стержня.

Ключевые слова: удлинение, болезнь Олье, несовершенный остеогенез, телескопический стержень, внешняя фиксация

Для цитирования: Абдуллоев А.М., Гвоздев Н.С., Тропин Д.В., Попков Д.А. Результаты реконструктивной хирургии конечностей с использованием телескопического титанового стержня. *Гений ортопедии*. 2025;31(1):51-59. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-1-51-59.



Results of limb reconstruction surgery using a telescopic titanium rod: early findings

A.M. Abdulloev✉, N.S. Gvozdev, D.V. Tropin, D.A. Popkov

Ilizarov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Avazbek M. Abdulloev, asadiabdulloev@gmail.com

Abstract

Introduction Pediatric limb reconstruction associated with impaired osteogenesis and fragile bone suggests the use of combined techniques with telescopic intramedullary rods left in situ.

The **objective** was to test the hypothesis that transphyseal telescopic rods applied simultaneously with an external fixation device for pediatric femur or tibia lengthening associated with weak and brittle bone in Ollier disease and osteogenesis imperfecta does not lead to the rod blocking during fixation, does not prevent distraction bone regeneration, lengthening and deformity correction.

Material and methods The study involved four male patients with Ollier disease and a female patient with osteogenesis imperfecta who underwent limb lengthening and/or deformity correction using a combined technique. Ilizarov apparatus was used as an external fixator, and a telescopic titanium rod was placed simultaneously with external fixator. With the bone consolidated, the Ilizarov apparatus was removed and the telescopic rod left in place.

Results The length gain and deformity correction intended were achieved in all patients. No loss of fixation of the threaded rod was observed in the femur and tibia epiphyses, or greater trochanter apophysis during distraction. There was no blocking of the rod telescopes during distraction. The external fixation index was 11.6 days/cm for polysegmental lengthening, 22.6 days/cm to 28.8 days/cm with monosegmental femoral lengthening.

Discussion Limb lengthening with a telescopic rod has the advantages of additional reinforcement through the segment with no risk of intramedullary construct migration as compared with combined lengthening techniques using flexible intramedullary nailing. There were no problems with formation of the distraction regenerate and longer period of external fixation, which can be seen with other techniques.

Conclusion Outcomes in this series indicated the possibility of limb lengthening and simultaneous osteosynthesis using external fixator and a telescopic titanium rod in patients with pathological osteogenesis. No loss of fixation of the threaded parts of the intramedullary rod, no blocking of the sliding parts of the rod were observed during limb lengthening.

Keywords: lengthening, Ollier disease, osteogenesis imperfecta, telescopic rod, external fixation

For citation: Abdulloev AM, Gvozdev NS, Tropin DV, Popkov DA. Results of limb reconstruction surgery using a telescopic titanium rod: early findings. *Genij Ortopedii*. 2025;31(1):51-59. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-1-51-59.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе лечения заболеваний, сопровождающихся низкими прочностными свойствами костей (болезнь Олье, несовершенный остеогенез, полиоссальная фиброзная дисплазия, метаболические остеопатии), часто развиваются вторичные деформации, патологические переломы, неравенства длины конечностей, что является показанием к использованию комбинированных хирургических решений, где интрамедуллярные телескопические конструкции являются ключевым элементом [1–5]. Телескопический стержень, оставленный *in situ* на протяжении многих лет, снижает риски повторного возникновения деформаций и переломов [6, 7]. В литературе предложены технологии армирования при одновременном использовании внешней фиксации [2, 8–10]. Более того, у пациентов с врожденными патологиями скелета или болезнью Олье используют удлинение на ригидном стержне внешним фиксатором или полностью имплантируемым электромагнитным интрамедуллярным стержнем, что практически полностью устраняет риск переломов после снятия аппарата внешней фиксации и существенно сокращает период реабилитации [11–13]. Но данная технология ограничена в применении у детей вследствие наличия открытых зон роста и относительно малого диаметра диафиза кости [12, 14–16]. Кроме того, оставление на длительный период внутри кости электромагнитного стержня вызывает определенное беспокойство [17].

F. Schiedel et al. [8] и F. Grill et al. [9] предложили профилактическое армирование удлинённой кости в момент снятия аппарата внешней фиксации введением либо ригидного стержня, либо эластичных стержней, метод получил свое название “lengthening then rodding”. Однако, как признают сами авторы, риски перелома в коротком промежутке от момента снятия аппарата до введения интрамедуллярного фиксатора, а также инфекционных осложнений вследствие бактериального присутствия в каналах удаленных спиц существенны [8, 9]. Наш опыт показывает определенные преимущества армирования удлинённого участка кости при реконструкции конечностей, когда эластичные стержни вводят одновременно с установкой внешнего фиксатора в самом начале лечения [18, 19]. Однако введение эластичных стержней через метафизарные отделы не обеспечивает армирования новообразованных участков кости в отдаленном периоде по мере функционирования зон роста у детей [2].

В детской ортопедии телескопические стержни, введенные трансфизарно при коррекции деформаций и фиксированные в проксимальном и дистальном эпифизах (или апофизе большого вертела), обеспечивают армирование кости на всем протяжении, когда внутренняя часть стержня скользит во внешней по мере роста ребенка [3, 6, 20–22]. Телескопические стержни имеют преимущества перед трансфизарным эластичным армированием с точки зрения сохранения положения конструкции и меньшего числа повторных операций [23].

Цель работы — проверка гипотезы о том, что установка трансфизарных телескопических стержней одновременно с аппаратом внешней фиксации при удлинении бедра или голени у детей с заболеваниями, сопровождающимися сниженными прочностными свойствами костной ткани (болезнь Олье и несовершенный остеогенез), не приводит к блокированию стержней в период фиксации, не препятствует формированию distractionного регенерата и позволяет, помимо удлинения, выполнять коррекцию деформаций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наше исследование основано на ретроспективной короткой серии пяти пациентов: четыре удлинения бедра и один случай бисегментарного удлинения конечности (бедро и голень), которые были выполнены в период с марта 2022 г. по ноябрь 2024 г. (табл. 1). Средний возраст пациентов — $(6,0 \pm 1,9)$ лет. Четыре пациента с болезнью Олье были мальчиками, у девочки диагностирован несовершенный остеогенез. Ранее лишь одному пациенту проводили удлинение голени.

На момент начала оперативного лечения все пациенты и их родители отмечали прогрессирующее ухудшение двигательных возможностей, неравенство длины ног и деформации. Кроме того, в анамнезе у пациентов было от двух до четырех патологических переломов.

Таблица 1

Данные пациентов, тип операции

Пациент	Диагноз	Возраст, в годах	Аспекты остеотомии и армирования телескопическим стержнем	Особенности внешней фиксации, другие элементы операции
С.	Несовершенный остеогенез, тип I	5	Двойная перкутанная остеотомия бедра: на проксимальной остеотомии коррекция варусной и торсионной деформации, на уровне дистальной удлинение, антеградный стержень диаметром 4,2 мм	Аппарат Илизарова
Л.	Болезнь Олье	4	Дистальная клиновидная корригирующая остеотомия бедра, антеградный стержень диаметром 5,5 мм	Аппарат Илизарова, одновременное удлинение голени с интрамедуллярными эластичными стержнями

Таблица 1 (продолжение)

Данные пациентов, тип операции

Пациент	Диагноз	Возраст, в годах	Аспекты остеотомии и армирования телескопическим стержнем	Особенности внешней фиксации, другие элементы операции
Р.	Болезнь Олье	11	Дистальная клиновидная корригирующая остеотомия бедра, ретроградный телескопический стержень диаметром 5,5 мм	Аппарат Илизарова, удаление прежних эластичных стержней
К.	Болезнь Олье	6	Одновременное удлинение бедра и голени, ретроградный стержень диаметром 5,5 мм — в бедренной кости, антеградный стержень диаметром 5,5 мм — в большеберцовой	Аппарат Илизарова
Н.	Болезнь Олье	6	Удлинение бедра, ретроградное введение стержня, одномоментная коррекция варусной деформации	Аппарат Илизарова

Использован стержень интрамедуллярный телескопический, титановый (РУ № РЗН 2017/5875 от 10 июля 2017 г., входит в набор имплантатов для детской ортопедии «ОртоКид» (OrthoKid) по ТУ 9437-001-73747729-2014).

Хирургическая техника удлинения с телескопическим стержнем состояла из нескольких этапов.

У пациентов с болезнью Олье (рис. 1) при необходимости после удаления ранее имплантированного материала (два пациента) выполняли поднадкостничную остеотомию, клиновидную в случае коррекции деформации. Уровень остеотомии и величину одномоментной коррекции определяли в предоперационном периоде исходя из параметров деформации.

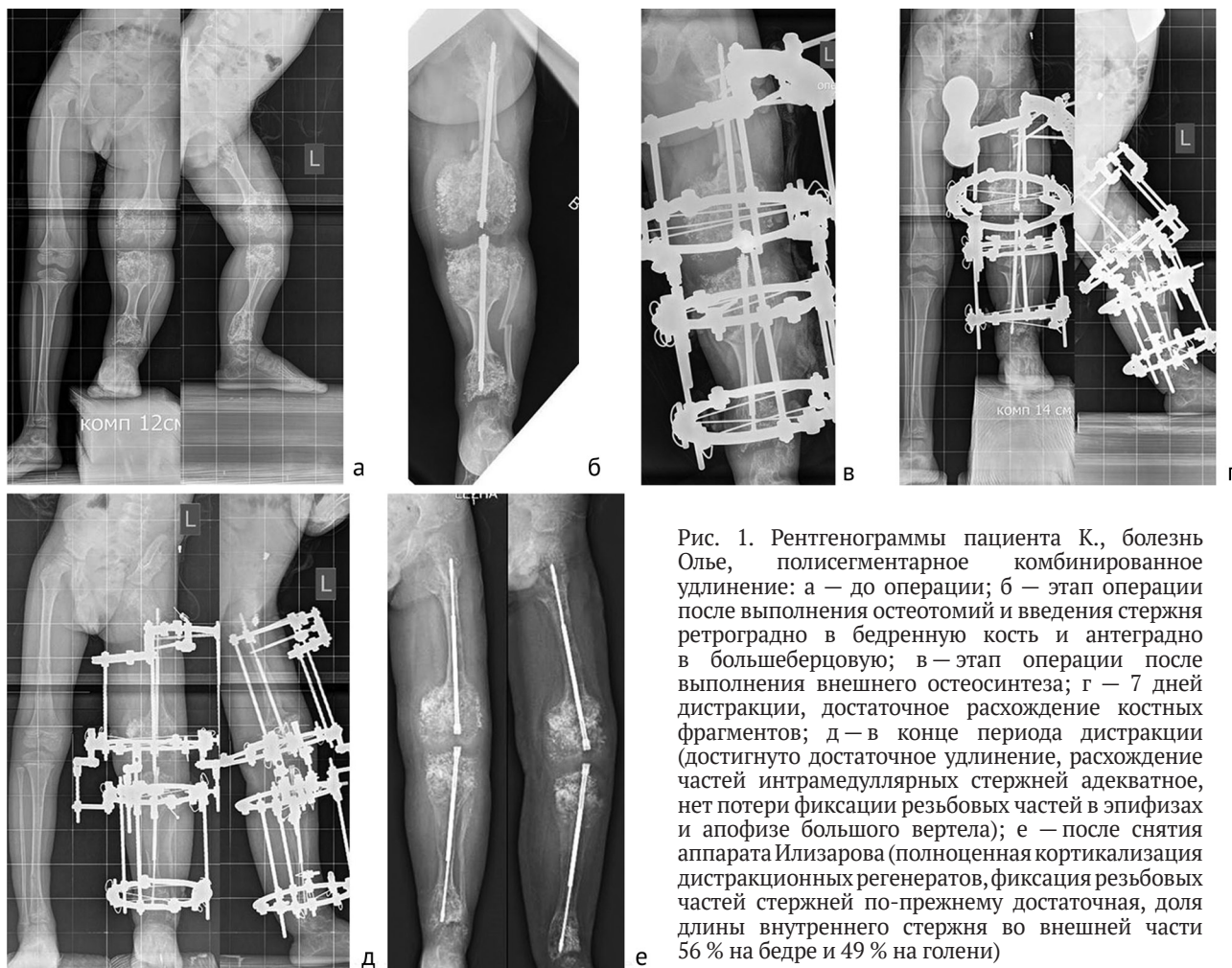


Рис. 1. Рентгенограммы пациента К., болезнь Олье, полисегментарное комбинированное удлинение: а — до операции; б — этап операции после выполнения остеотомий и введения стержня ретроградно в бедренную кость и антеградно в большеберцовую; в — этап операции после выполнения внешнего остеосинтеза; г — 7 дней distraction, достаточное расхождение костных фрагментов; д — в конце периода distraction (достигнуто достаточное удлинение, расхождение частей интрамедуллярных стержней адекватное, нет потери фиксации резьбовых частей в эпифизах и апофизе большого вертела); е — после снятия аппарата Илизарова (полноценная кортикализация distractionных регенератов, фиксация резьбовых частей стержней по-прежнему достаточная, доля длины внутреннего стержня во внешней части 56 % на бедре и 49 % на голени)

Рассверливание канала по спице-направителю производили у всех пациентов с болезнью Олье. Введение спицы было антеградным (через большой вертел) в двух случаях и ретроградным (парапателлярным доступом) также в двух случаях. После рассверливания и извлечения спицы-гида вводили внутреннюю часть телескопического стержня до противоположного метафиза без фиксации резьбовой части в эпифизе/апофизе. Далее внешнюю (полую) часть телескопического стержня при необхо-

димости укорачивали, вводили в канал, ее резьбовую часть вкручивали под рентгеновским контролем в дистальный эпифиз бедра в межмышечковом пространстве (при ретроградном введении стержня) и в большой вертел таким образом, чтобы резьба не заходила за зону роста в метафизарные отделы. И только после этого этапа внутреннюю часть стержня с применением Т-образной рукоятки вкручивали в противоположный эпифиз/апофиз, также избегая расположения части резьбы в метафизе.

Ретроградное введение стержня выполняли в случаях объемных хондроматозных очагов, располагавшихся преимущественно в дистальной части бедренной кости. Внешний диаметр диафизарной части вводимого стержня был 4,2 мм в одном случае (пациент с несовершенным остеогенезом) и 5,5 мм в остальных случаях. На заключительном этапе операции устанавливали аппарат Илизарова с обязательным условием осуществления последующей дистракции с вектором, параллельным интрамедуллярному телескопическому стержню.

Особенностями хирургической техники при удлинении бедра у девочки с несовершенным остеогенезом были чрескожная остеотомия и первоначальная фиксация резьбовой внешней части стержня по рекомендации О. Birke et al. [3] (рис. 2). Отметим, что коррекция варусной деформации была достигнута выполнением чрескожной остеотомии на данном уровне (проксимальная остеотомия) и введением телескопического стержня без рассверливания костномозгового канала, а торсионный компонент деформации – разворотом опор аппарата Илизарова при уже введенном стержне.

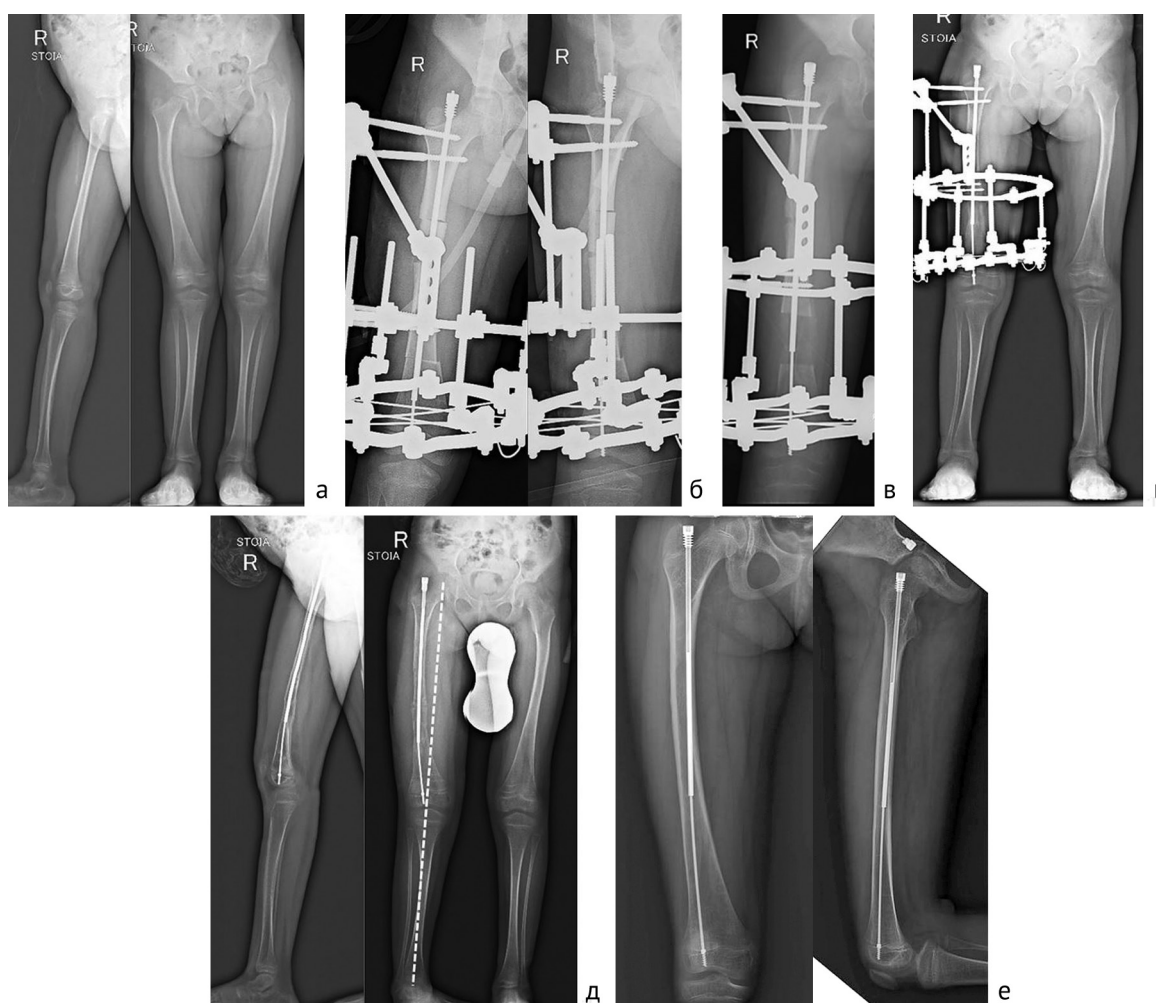


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки С. с несовершенным остеогенезом: а — предоперационный период; б — день операции (двойная остеотомия бедренной кости); в — в конце периода дистракции (удлинение интрамедуллярного стержня без потери фиксации резьбовых концов); г — перед снятием аппарата Илизарова (нормальная рентгенанатомия оперированной нижней конечности); д — 3 мес. после снятия аппарата внешней фиксации (правильная позиция анатомической оси конечности относительно центра коленного сустава сохраняется); е — 2,5 года после операции (ось удлиненного сегмента правильная, потери фиксации резьбовых частей нет, части стержня благополучно раздвигаются)

В послеоперационном периоде пациенты были вертикализированы и начали ходить с помощью ходунков или костылей со 2–3 дня. Начинали дистракцию во всех случаях на пятый день, с темпом 1,5 мм/сут. в течение 6–7 дней до первого рентгеновского контроля. Повышенный темп дистракции

был установлен как с целью достижения уверенного расхождения костных фрагментов при наличии телескопического стержня, так и во избежание преждевременной костной консолидации. При констатации адекватного межфрагментарного диастаза при первом рентгеновском контроле темп distraction снижался до 1 мм/сут. Варьирование темпа distraction в процессе удлинения зависело от интенсивности костной регенерации. Снятие аппарата внешней фиксации производили при явных признаках костного сращения.

Проведение данного исследования одобрено решением Этического комитета Центра Илизарова (протокол от 29.11.2024 № 1(76)). Полномочные представители пациентов дали письменное информированное согласие на оперативное вмешательство и обработку анонимизированных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Запланированные величины удлинения и коррекции достигнуты у всех пациентов. После снятия аппарата использовали гипсовую лонгету или циркулярную гипсовую повязку в течение 3-4 недель, когда пациенты вновь переходили к ходьбе с постепенно возрастающей нагрузкой. Результаты удлинения с телескопическим стержнем представлены в табл. 2.

Ни в одном случае в фазу distraction, наиболее критичную с точки зрения требований к позиции интрамедуллярного стержня, мы не наблюдали осложнений, специфичных для телескопического интрамедуллярного остеосинтеза (потеря фиксации резьбовых частей в эпифизах и апофизе, миграции частей стержня в коленный сустав, изгиб и блокирование стержня с прекращением телескопирования). В период distraction скольжение частей интрамедуллярного стержня не было заблокировано элементами внешней фиксации, — спицами и стержнями-шурупами. В одном случае наблюдали поверхностную инфекцию возле спицы, которую купировали локальным лечением. Еще у одного пациента произошла преждевременная консолидация малоберцовой кости, что потребовало реостеотомии и проведения дополнительной спицы.

Таблица 2

Результаты удлинения с телескопическим стержнем

Пациент	Величина удлинения		Длительность внешней фиксации, дни	ИВФ, дн/см	Доля длины внутреннего стержня во внешней части, %	Осложнения
	абс., см	%				
С.	4,2	16,7	120	61,8	28,8	Нет
Л.	5,8	35,7	131	43,9	22,6	Поверхностная инфекция
Р.	4,0	15,4	97	69,9	24,3	Нет
К.	12		139		11,6	Преждевременная консолидация малоберцовой кости, реостеотомия
бедро	6	32,6		56		
голень	6	33,1		49		
Н.	5,5	30,2	134	62,5	23,5	Нет

ОБСУЖДЕНИЕ

В детской реконструктивной ортопедии конечностей интрамедуллярный остеосинтез, включая телескопический, оставленный *in situ* после коррекции деформаций при системных заболеваниях (несовершенный остеогенез, X-сцепленная гипофосфатемия, полиоссальная фиброзная дисплазия и проч.) с целью предотвращения или снижения риска патологических переломов и рецидива деформаций, является обязательным элементом [2–7].

Последовательное выполнение удлинения и интрамедуллярного армирования в момент демонтажа аппарата внешней фиксации представляет риски как перелома удлинённой кости в момент операции, так и инфекционных осложнений [8, 9]. Одновременное введение интрамедуллярных элементов (эластичных стержней) с выполнением внешнего остеосинтеза позволяет избежать таких осложнений [10, 25]. Однако этот комбинированный метод также не лишен недостатков: существует риск миграции эластичных стержней, как внутрь кости (вследствие их слабой фиксации), так и наружу с раздражением мягких тканей, необходимость удаления интрамедуллярных стержней [26]. Введение эластичных стержней подразумевает создание каналов в метафизарных отделах, что исключает армирование на всем протяжении кости, а трансфизарное введение исключает центральное расположение стержней относительно плоскости зон роста, что потенциально может вести к угловым деформациям [23, 27]. Наконец, отметим, что телескопирование эластичных стержней в костномозговом канале часто сопровождается их блокированием в процессе роста и потерей эффекта армирования всей кости в отдаленном периоде [23].

Из публикаций по коррекции деформаций конечностей у детей с несовершенным остеогенезом следует, что трансфизарное армирование телескопическим стержнем оказывается надежнее, чем трансфизарное встречное армирование телескопическими стержнями, с точки зрения меньшего количества осложнений и более продолжительного эффекта армирования [20, 23, 24]. Именно с этой точки зрения мы рассматриваем использование телескопического армирования при удлинении конечностей у детей с генетическими заболеваниями, сопровождающимися сниженными прочностными свойствами костей, — комбинации трансфизарного армирования телескопическими стержнями одновременно с выполнением внешнего остеосинтеза для удлинения конечности с последующим оставлением *in situ* уже введенного интрамедуллярного фиксатора, имеющего наименьший потенциальный риск осложнений.

Фактором, ограничивающим возможность сделать детализированное заключение по эффективности метода, является небольшой размер выборки. Тем не менее, помимо доказательства возможности выполнения такого типа комбинированного остеосинтеза мы можем обсудить и иные аспекты. Для телескопических стержней у пациентов с несовершенным остеогенезом характерна потеря фиксации резьбовых частей, изгиб стержня, блокирование и нерасхождение частей [3, 5, 28–30]. K. Holmes et al. подчеркивают, что центральная позиция дистальной фиксации резьбовой части имеет крайне важное значение, при таком расположении увеличивается «выживаемость» остеосинтеза и время до замены стержня [29]. Именно изгиб стержня является ключевым фактором нерасхождения его частей в процессе роста сегмента и потери фиксации резьбовых составляющих [29, 31–33]. Поэтому дополнительная остеотомия, направленная на точное выравнивание анатомической оси сегмента, является важным элементом функционирования телескопической системы в отдаленном периоде [7, 33]. В связи с этим мы проводили как тщательное планирование коррекции деформаций, так и их выполнение, что позволило избежать изгиба стержня на протяжении и его блокирования в период distraction, когда скорость телескопирования была предельно высокой. Другим выводом из данного положения является то, что при использовании телескопических стержней в период distraction необходимо исключать из планирования любую постепенную коррекцию угловых деформаций в аппарате внешней фиксации, что неизбежно может привести к изгибу стержня и блокированию скольжения его частей.

Во избежание протрузии резьбовой части внутреннего стержня в коленный или голеностопный сустав в момент установки телескопического фиксатора мы остаемся приверженцами рекомендаций O. Birke et al. [3], закручивая резьбу внутренней части стержня только после закручивания резьбы внешней части в соответствующий эпифиз (апофиз). При удлинении шести сегментов ни в одном случае мы не наблюдали ни протрузии частей стержня в сустав, ни потери фиксации резьбовых частей, ни блокирования скольжения внутренней части во внешней.

Многими авторами показано, что изолированное использование интрамедуллярных телескопических стержней при коррекции деформаций сопровождается частыми вторичными ротационными и продольными смещениями костных фрагментов [3, 4, 34, 35]. T.J. Cho et al. [4], J.M. Franzone et al. [36] используют короткие блокируемые пластинки с монокортикальной фиксацией, чтобы избежать подобных смещений [4, 36]. Однако такой подход сопровождается достижением сращения лишь в 85,3 % случаев и частотой переломов на уровне пластин или на уровне каналов винтов после их удаления в 18,9 % случаев [37]. В данной ситуации использование внешней фиксации как для коррекции деформации, так и при удлинении позволяет предотвратить вторичные угловые и ротационные смещения и переломы на уровне накостных имплантов.

Наконец, отметим, что мы не наблюдали замедленной костной консолидации ни в одном случае. В нашей серии индекс внешней фиксации был наименьшим при полисегментарном удлинении (11,6 дн/см), а при монолокальном удлинении бедра варьировал от 22,6 дн/см до 28,8 дн/см. Данные результаты сопоставимы с результатами удлинения у детей, которым стимуляцию остеогенеза выполняли эластичным армированием, проведенным через метафизарные зоны [19, 26, 38].

Мы не встретили иных осложнений, которые повлияли бы на результат лечения. Единственным осложнением, требовавшим выполнения незапланированного вмешательства, была преждевременная консолидация малоберцовой кости с необходимостью ее остеотомии для продолжения удлинения.

Использование телескопического стержня при удлинении является перспективной методикой, однако предъявляются высокие требования к ее техническому выполнению: центральное размещение стержней относительно площади зон роста, одномоментная коррекция угловых деформаций, удлинение строго параллельно оси телескопического стержня. Данный подход исключает постепенную коррекцию угловых деформаций во избежание изгиба стержня и недопускания блокирования расхождения его частей в будущем.

Очевидным ограничением данного исследования является малая выборка, а также ее разнородность (две нозологии). Для получения доказательных результатов, обосновывающих предполагаемые сроки лечения и вероятность рисков осложнений, мы планируем расширить выборку до 30 и более пациентов. Кроме того, для определения возможности телескопирования интрамедуллярных стержней отдаленный период наблюдения будет увеличен до двух и более лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдение серии случаев продемонстрировало возможность удлинения длинных трубчатых костей у пациентов с болезнью Олье и нетяжелыми формами несовершенного остеогенеза аппаратом внешней фиксации с одновременным размещением трансфизарного титанового телескопического стержня. Исследование удлинения шести сегментов показало, что «ускоренное» расхождение частей стержня в период distraction не приводит к блокированию скольжения и, соответственно, к потере требуемой фиксации резьбовых частей в эпифизах. Кроме того, ни в одном случае не обнаружена задержка формирования и созревания distractionного регенерата.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Источник финансирования. Отсутствует

Этическая экспертиза. Проведение данного исследования одобрено решением Этического комитета Центра Илизарова (протокол от 29.11.2024 № 1(76)).

Информированное согласие. Полномочные представители пациентов дали письменное информированное согласие на оперативное вмешательство и обработку анонимизированных данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Angelini A, Baracco R, Dolci A, et al. Limb lengthening for deformities in Ollier's disease: a systematic review. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(8):1325-1332. doi: 10.1007/s00590-020-02692-5.
2. 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;39(12):2423-2431. doi: 10.1007/s00264-015-2814-7.
3. Birke O, Davies N, Latimer M, et al. Experience with the Fassier-Duval telescopic rod: first 24 consecutive cases with a minimum of 1-year follow-up. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(4):458-464. doi: 10.1097/BPO.0b013e31821bfb50.
4. Cho TJ, Lee K, Oh CW, et al. Locking plate placement with unicortical screw fixation adjunctive to intramedullary rodding in long bones of patients with osteogenesis imperfecta. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(9):733-737. doi: 10.2106/JBJS.N.01185.
5. Popkov D, Dolganova T, Mingazov E, et al. Combined technique of titanium telescopic rods and external fixation in osteogenesis imperfecta patients: First 12 consecutive cases. *J Orthop*. 2020;22:316-325. doi: 10.1016/j.jor.2020.05.017.
6. Fassier F. Fassier-Duval Telescopic System: How I Do It? *J Pediatr Orthop*. 2017;37 Suppl 2:S48-S51. doi: 10.1097/BPO.0000000000001024.
7. Sułko J, Oberc A. Advantages and Complications Following Fassier-Duval Intramedullary Rodding in Children. Pilot Study. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2015;17(5):523-530. doi: 10.5604/15093492.1186830.
8. Schiedel F, Elsner U, Goshager G, et al. Prophylactic titanium elastic nailing (TEN) following femoral lengthening (Lengthening then rodding) with one or two nails reduces the risk for secondary interventions after regenerate fractures: a cohort study in monolateral vs. bilateral lengthening procedures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013;14:302. doi: 10.1186/1471-2474-14-302.
9. Grill F, Dugl P, Steinwender G, Hosny G. Congenital short femur. *J Pediatr Orthop B*. 1999;(2):35-41.
10. Lampasi M, Launay F, Jouve JL, Bollini G. Femoral lengthening over elastic stable intramedullary nailing in children using the monolateral external fixator. *Chir Organi Mov*. 2009;93(2):57-64. doi: 10.1007/s12306-009-0032-4.
11. Paley D, Herzenberg JE, Paremian G, Bhav A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(10):1464-1480. doi: 10.2106/00004623-199710000-00003.
12. Black SR, Kwon MS, Cherkashin AM, et al. Lengthening in Congenital Femoral Deficiency: A Comparison of Circular External Fixation and a Motorized Intramedullary Nail. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(17):1432-1440. doi: 10.2106/JBJS.N.00932.
13. Huser AJ, Hoellwarth JS, Coppa V, et al. Lengthening the Lower Extremities of Children with Ollier's and Maffucci's Enchondromatosis Using Implantable Lengthening Nails. *Children (Basel)*. 2021;8(6):502. doi: 10.3390/children8060502.
14. Herzenberg JE, Paley D. Tibial Lengthening Over Nails (LON). *Techniques in Orthopaedics*. 1997;12(4):250-259.
15. Calder PR, Laubscher M, Goodier WD. The role of the intramedullary implant in limb lengthening. *Injury*. 2017;48 Suppl 1:S52-S58. doi: 10.1016/j.injury.2017.04.028.
16. Horn J, Steen H, Huhnstock S, et al. Limb lengthening and deformity correction of congenital and acquired deformities in children using the Taylor Spatial Frame. *Acta Orthop*. 2017;88(3):334-340. doi: 10.1080/17453674.2017.1295706.
17. Masci G, Palmacci O, Vitiello R, et al. Limb lengthening with PRECICE magnetic nail in pediatric patients: A systematic review. *World J Orthop*. 2021;12(8):575-583. doi: 10.5312/wjo.v12.i8.575.
18. Popkov A, Aranovich A, Antonov A, et al. Lower limb lengthening and deformity correction in polyostotic fibrous dysplasia using external fixation and flexible intramedullary nailing. *J Orthop*. 2020;21:192-198. doi: 10.1016/j.jor.2020.03.014.
19. Popkov D, Journeau P, Popkov A, et al. Ollier's disease limb lengthening: should intramedullary nailing be combined with circular external fixation? *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010;96(4):348-353. doi: 10.1016/j.otsr.2010.01.002.
20. Fassier FR. Osteogenesis Imperfecta-Who Needs Rodding Surgery? *Curr Osteoporos Rep*. 2021;19(3):264-270. doi: 10.1007/s11914-021-00665-z.
21. Cox I, Al Mouazzen L, Bleibleh S, et al. Combined two-centre experience of single-entry telescopic rods identifies characteristic modes of failure. *Bone Joint J*. 2020;102-B(8):1048-1055. doi: 10.1302/0301-620X.102B8.BJJ-2020-0131.R1.
22. Marini JC, Forlino A, Bächinger HP, et al. Osteogenesis imperfecta. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:17052. doi: 10.1038/nrdp.2017.52.
23. Popkov D, Popkov A, Mingazov E. Use of sliding transphyseal flexible intramedullary nailing in pediatric osteogenesis imperfecta patients. *Acta Orthop Belg*. 2019;85(1):1-11.
24. Fassier A. Telescopic rodding in children: Technical progression from Dubow-Bailey to Fassier-Duval™. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(1S):102759. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102759.
25. Popkov A, Dučić S, Lazović M, et al. Limb lengthening and deformity correction in children with abnormal bone. *Injury*. 2019;50 Suppl 1:S79-S86. doi: 10.1016/j.injury.2019.03.045.

26. Тропин Д.В., Тропин В.И., Чертищев А.А. и др. Влияние эластичного интрамедуллярного армирования на удлинение нижних конечностей при приобретенных укорочениях: проспективное исследование. *Гений ортопедии*. 2024;30(4):522-532. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-4-522-532.
27. Кононович Н.А., Леончук С.С., Горбач Е.С. и др. Влияние трансфизарного интрамедуллярного стержня на формирование дис-тракционного регенерата голени и ее последующий рост у ягнят. *Гений ортопедии*. 2024;30(6):863-872. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-6-863-872.
28. Ruck J, Dahan-Oliel N, Montpetit K, et al. Fassier-Duval femoral rodding in children with osteogenesis imperfecta receiving bisphosphonates: functional outcomes at one year. *J Child Orthop*. 2011;5(3):217-224. doi: 10.1007/s11832-011-0341-7.
29. Holmes K, Gralla J, Brazell C, et al. Fassier-Duval Rod Failure: Is It Related to Positioning in the Distal Epiphysis? *J Pediatr Orthop*. 2020;40(8):448-452. doi: 10.1097/BPO.0000000000001513.
30. Spahn KM, Mickel T, Carry PM, et al. Fassier-Duval Rods are Associated With Superior Probability of Survival Compared With Static Implants in a Cohort of Children With Osteogenesis Imperfecta Deformities. *J Pediatr Orthop*. 2019;39(5):e392-e396. doi: 10.1097/BPO.0000000000001324.
31. Esposito P, Plotkin H. Surgical treatment of osteogenesis imperfecta: current concepts. *Curr Opin Pediatr*. 2008;20(1):52-57. doi: 10.1097/MOP.0b013e3282f35f03.
32. Lee K, Park MS, Yoo WJ, et al. Proximal migration of femoral telescopic rod in children with osteogenesis imperfecta. *J Pediatr Orthop*. 2015;35(2):178-184. doi: 10.1097/BPO.0000000000000228.
33. Lee RJ, Paloski MD, Sponseller PD, Leet AI. Bent Telescopic Rods in Patients With Osteogenesis Imperfecta. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(6):656-660. doi: 10.1097/BPO.0000000000000509.
34. Shin CH, Lee DJ, Yoo WJ, et al. Dual Interlocking Telescopic Rod Provides Effective Tibial Stabilization in Children With Osteogenesis Imperfecta. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(11):2238-2246. doi: 10.1097/CORR.0000000000000429.
35. Shin CH, Lee DJ, Yoo WJ, et al. Dual Interlocking Telescopic Rod Provides Effective Tibial Stabilization in Children With Osteogenesis Imperfecta. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(11):2238-2246. doi: 10.1097/CORR.0000000000000429.
36. Franzone JM, Kruse RW. Intramedullary nailing with supplemental plate and screw fixation of long bones of patients with osteogenesis imperfecta: operative technique and preliminary results. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(4):344-349. doi: 10.1097/BPB.0000000000000405.
37. Shuhiamy NNA, Lee W, Didi FI, et al. Outcome of Locking Plate Fixation Adjunctive to Intramedullary Rodding in Osteogenesis Imperfecta Patients. *J Pediatr Orthop*. 2024. doi: 10.1097/BPO.00000000000002860.
38. Popkov A, Pietrzak S, Antonov A, et al. Limb Lengthening for Congenital Deficiencies Using External Fixation Combined With Flexible Intramedullary Nailing: A Multicenter Study. *J Pediatr Orthop*. 2021;41(6):e439-e447. doi: 10.1097/BPO.0000000000001816.

Статья поступила 30.10.2024; одобрена после рецензирования 11.11.2024; принята к публикации 10.12.2024.

The article was submitted 30.10.2024; approved after reviewing 11.11.2024; accepted for publication 10.12.2024.

Информация об авторах:

Авазбек Муроталиевич Абдуллоев — врач — травматолог-ортопед, asadiabdulloev@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-9957-2904>;

Никита Сергеевич Гвоздев — кандидат медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, gvozdev_n.s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3428-3742>;

Денис Васильевич Тропин — врач — травматолог-ортопед, i@tropin-1.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6719-0959>;

Дмитрий Арнольдович Попков — доктор медицинских наук, профессор Российской Академии Наук, член-корр. Французской Академии медицинских наук, руководитель клиники, dpopkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>.

Information about the authors:

Avazbek M. Abdulloev — orthopaedic surgeon, asadiabdulloev@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-9957-2904>;

Nikita S. Gvozdev — Candidate of Medical Sciences, orthopaedic surgeon, gvozdev_n.s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3428-3742>;

Denis V. Tropin — orthopaedic surgeon, i@tropin-1.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6719-0959>;

Dmitry A. Popkov — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the French Academy of Medical Sciences, Head of the Clinic, dpopkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>.

Вклад авторов:

Абдуллоев А.М. — сбор и анализ первичного материала, написание проекта статьи.

Гвоздев Н.С. — написание первоначального варианта манускрипта, дизайна исследования.

Тропин Д.В. — подбор и анализ литературы.

Попков Д.А. — методология, концептуализация, управление проектом, завершение написания статьи.