

Обзорная статья

УДК 616.58-007.24-089.84-053.2

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17535>

## Деторсионный управляемый рост — современные концепции и перспективы применения в клинической практике: обзор литературы

О.А. Фомылина<sup>1</sup>, В.А. Виленский<sup>1</sup>, А.А. Лесовая<sup>2</sup>, К.О. Жихарев<sup>2</sup>, А.Н. Корнилов<sup>2</sup>, Д.А. Малекон<sup>2</sup>, А.В. Косулин<sup>2</sup>, А.А. Куимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Основной способ хирургического лечения торсионных деформаций длинных костей конечностей у детей — корригирующие деторсионные остеотомии с различными видами остеосинтеза. Однако данный вид хирургического вмешательства является высокотравматичным и может повлечь за собой ряд серьезных осложнений. При лечении детей с деформациями во фронтальной и сагиттальной плоскостях (при функционирующих зонах роста) золотым стандартом является метод управляемого роста. Данная методика эффективна, малоинвазивна, дает возможность ранней нагрузки на конечность, имеет меньшее количество осложнений. В связи с этим в последнее время активно изучается применение управляемого роста для коррекции деформаций в горизонтальной плоскости.

**Цель обзора** — на основании анализа научной литературы показать возможности применения управляемого роста для коррекции торсионных деформаций длинных костей конечностей, а также определить направления совершенствования предложенных методик для дальнейшего применения в клинической практике.

**Материал и методы.** Поиск публикаций проводили в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Google Scholar, eLIBRARY. Были отобраны 8 статей (5 экспериментальных исследований на животных, 3 клинических исследования), опубликованных в период с 2013 по 2023 г.

**Результаты.** Анализ публикаций показал возможность использования деторсионного управляемого роста для коррекции деформаций в горизонтальной плоскости при функционирующих зонах роста. Предложено три основных варианта хирургической техники. На эффективность коррекции в основном влияют такие факторы, как угол между установленными пластинами, надлежащая установка металлоконструкций, а также имеющийся потенциал продольного роста. Ограничениями приведенных исследований являются малочисленность групп, отсутствие предоперационной компьютерной томографии в экспериментах на животных, использование компьютерной томографии для оценки торсионного профиля лишь в одном из трех исследований на людях. Также ни в одном из исследований не предусматривалось планирование величины коррекции/создания деформации на предоперационном этапе, что не позволяет достоверно оценить точность предложенных методик. Среди нежелательных эффектов отмечено возникновение вторичных деформаций и разновеликости конечностей.

**Заключение.** Основными перспективами дальнейшего клинического применения методики деторсионного управляемого роста у детей является решение проблемы вторичных деформаций и укорочений, а также возможность планирования величины необходимой коррекции.

**Ключевые слова:** управляемый рост, временный гемиепифизиодез, эпифизиодез, торсионная деформация, ротационная деформация.

**Для цитирования:** Фомылина О.А., Виленский В.А., Лесовая А.А., Жихарев К.О., Корнилов А.Н., Малекон Д.А., Косулин А.В., Куимова А.А. Деторсионный управляемый рост — современные концепции и перспективы применения в клинической практике: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17535>.

Фомылина Ольга Александровна; e-mail: olgafomylina@gmail.com

Рукопись получена: 26.04.2024. Рукопись одобрена: 16.05.2024. Статья опубликована онлайн: 30.08.2024.

© Фомылина О.А., Виленский В.А., Лесовая А.А., Жихарев К.О., Корнилов А.Н., Малекон Д.А., Косулин А.В., Куимова А.А., 2024



## Detorsional Guided Growth – Modern Concepts and Perspectives of Clinical Application: A Review

Olga A. Fomylina<sup>1</sup>, Victor A. Vilensky<sup>1</sup>, Anna A. Lesovaya<sup>2</sup>, Kirill O. Zhikharev<sup>2</sup>, Anton N. Kornilov<sup>2</sup>, Damir A. Malekov<sup>2</sup>, Artem V. Kosulin<sup>2</sup>, Anastasia A. Kuimova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University Hospital, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

### Abstract

**Background.** Torsional deformities of the long bones in children are usually treated using correcting detorsional osteotomies with different types of osteosynthesis. However, this method is highly traumatic and can cause severe complications. Guided growth is the gold standard for frontal and sagittal planes deformities treatment in growing children. The technique is effective, minimally invasive, enables early weight-bearing and has lower complication rate. Recently, application of guided growth technique has been actively studied for horizontal plane deformities correction as well.

**The aim** of the review – based on a scientific literature analysis, to present possibilities of using guided growth technique for correcting torsional deformities of the long bones, as well as to define the ways of its improvement for further clinical application.

**Methods.** The search was performed in PubMed/MEDLINE, Google Scholar and eLIBRARY databases. For review, we included 8 articles (five animal experimental studies and three clinical studies), which were published from 2013 to 2023.

**Results.** Analyzed studies demonstrated the possibility of applying detorsional guided growth for horizontal plane deformities correction in growing children. Three main surgical techniques were suggested. Correction efficiency mainly depends on the interplate angle, proper plate positioning and longitudinal growth potential. Limitations of these studies were: a small group number; absence of preoperative CT scans in animal studies; torsional profile measurement using computed tomography was performed only in one of three clinical studies. There was also no preoperative planning of deformity correction/creation amount, so it was not possible to evaluate the accuracy of the suggested methods. The main complications were secondary deformities and limb length discrepancy.

**Conclusions.** Further clinical application of detorsional guided growth in children may be possible after solving the problem of secondary deformities and shortening and providing preoperative planning of the deformity correction amount.

**Keywords:** guided growth, temporary hemiepiphysiodesis, epiphysiodesis, torsional deformity, rotational deformity.

**Cite as:** Fomylina O.A., Vilensky V.A., Lesovaya A.A., Zhikharev K.O., Kornilov A.N., Malekov D.A., Kosulin A.V., Kuimova A.A. Detorsional Guided Growth – Modern Concepts and Perspectives of Clinical Application: A Review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17535>.

✉ Olga A. Fomylina; e-mail: [olgafomylina@gmail.com](mailto:olgafomylina@gmail.com)

Submitted: 26.04.2024. Accepted: 16.05.2024. Published Online: 30.08.2024.

© Fomylina O.A., Vilensky V.A., Lesovaya A.A., Zhikharev K.O., Kornilov A.N., Malekov D.A., Kosulin A.V., Kuimova A.A., 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Торсионные деформации нижних конечностей у детей зачастую служат поводом для обращения к ортопеду с жалобами на нарушение походки (так называемые in-toeing и out-toeing) и косметический дефект. В большинстве случаев данные деформации отражают закономерные этапы формирования оси нижней конечности и являются физиологическими. Однако в случаях персистенции деформаций после 8–10 лет и наличия ассоциированных с ними выраженных функциональных нарушений требуется хирургическое лечение. Торсионные деформации лежат в основе синдрома ротационной дисфункции, сопровождаются деформации нижних конечностей при нейроортопедических патологиях. Торсионный компонент также имеет место при многоплоскостных деформациях нижних конечностей различной этиологии (врожденные пороки развития бедра и голени, болезнь Блаунта, посттравматические деформации и др.) [1].

Кроме того, имеются данные о том, что торсионные деформации сопряжены с возникновением хронической нестабильности надколенника, болевого синдрома и дегенеративно-дистрофических изменений в поясничном отделе позвоночника и суставах нижних конечностей [2, 3].

Классическим способом хирургического лечения торсионных деформаций бедренной и большеберцовой костей является выполнение корригирующих деторсионных остеотомий с различными видами остеосинтеза. Однако, несмотря на эффективность, данный вид хирургического вмешательства высокотравматичен, требует длительного периода восстановления, может повлечь за собой ряд серьезных осложнений, таких как интраоперационная кровопотеря, повреждение сосудов и нервов, замедленная консолидация и формирование ложных суставов, гематом, инфекционные осложнения, компартмент-синдром, несостоятельность остеосинтеза и др. [4, 5, 6]. Помимо этого, по мере роста ребенка возможно возникновение рецидива деформации, что вызовет необходимость выполнения повторного вмешательства, аналогичного по травматичности.

Альтернативой выполнению корригирующих остеотомий при лечении пациентов детского возраста (при функционирующих зонах роста) с деформациями во фронтальной и сагиттальной плоскостях является метод управляемого роста восьмиобразными пластинами или трансфизарными винтами [7, 8, 9, 10]. Данная методика эффективна, малоинвазивна, дает возможность ранней нагрузки на конечность, имеет меньшее количество осложнений, благодаря чему получи-

ла повсеместное распространение и расширяет спектр своих областей применения [11, 12, 13, 14].

В течение последних лет активно изучается возможность применения управляемого роста для коррекции деформаций в аксиальной плоскости. Имеются публикации об экспериментальных исследованиях, проведенных на мелких и крупных лабораторных животных [15, 16, 17, 18, 19], а также единичные работы о применении деторсионного управляемого роста у детей [20, 21, 22].

*Цель обзора* — продемонстрировать возможности применения управляемого роста для коррекции торсионных деформаций длинных костей конечностей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск публикаций выполняли в электронных базах данных PubMed/MEDLINE, Google Scholar, eLIBRARY по ключевым словам: деторсионный управляемый рост, ротационный управляемый рост, косая установка восьмиобразных пластин, detorsional guided growth, rotational guided growth, oblique eight-plating. Глубина поиска — с 2013 по 2023 г. Критериями включения в обзор являлись: оригинальные клинические и экспериментальные исследования в формате полнотекстовых статей. Публикаций на русском языке по теме исследования не найдено.

Было отобрано восемь оригинальных исследований, описанных в статьях на английском языке: пять экспериментальных исследований на животных [15, 16, 17, 18, 19] и три клинических исследования [20, 21, 22]. Два из пяти доклинических исследования использовали одну и ту же группу лабораторных животных, но изучали разные параметры. Одно из трех клинических исследований было опубликовано в форме тезисов и представлено в виде постерного доклада на ежегодной встрече Европейского общества детских ортопедов (EPOS) в 2022 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Принципиальная возможность индуцирования деформации длинных костей конечностей в аксиальной плоскости у растущего животного путем косой ориентации эпифизарных пластин относительно зоны роста впервые была продемонстрирована А. Арами с соавторами в 2013 г. Растущим кроликам в области дистального метаэпифиза бедренной кости по латеральной и медиальной поверхностям были установлены две пластины под углом около 45° относительно зоны роста и под углом около 90° относительно друг друга с целью индукции наружной или внутренней торсии. Для достижения наружной торсии медиальная пласти-

на устанавливалась так, чтобы ее дистальная часть располагалась кзади. Латеральная пластина, соответственно, устанавливается в противоположном направлении. По мере роста дистальная часть медиальной пластины перемещается кпереди, латеральная — кзади, тем самым достигая параллельного положения относительно оси кости. В свою очередь, для достижения внутренней торсии дистальную часть медиальной пластины ориентируют кпереди, а дистальную часть латеральной — кзади. В результате проведенного исследования через 6 нед. были выявлены значимые различия в средней величине торсии бедренной кости оперированной и контралатеральной (контрольной) конечностей: в группе «наружной торсии» разница составила  $17,7^\circ$ . В группе «внутренней торсии» различия были оценены как статистически незначимые, что объяснялось авторами анатомически обусловленными сложностями при установке пластин. Также авторы выявили прямую линейную зависимость между изменением величины угла между пластинами и разницей между величиной торсии бедра справа и слева. Таким образом, при изменении угла между пластинами на  $1^\circ$  разница между показателями торсии бедра увеличивается на  $0,4^\circ$ . По данным гистологического исследования в зоне пролиферации эпифизарной пластинки прооперированных бедер наблюдался так называемый эффект закручивания клеточных колонн, который нивелировался в зоне гипертрофии [17].

М. Sobanoglu с соавторами также изучали возможность применения управляемого роста путем косо ориентации восьмиобразных пластин для создания торсионной деформации большеберцовой кости у кроликов. Авторы получили значимые изменения торсионного профиля оперированной голени по сравнению с неоперированной конечностью —  $17,3^\circ$ . Помимо этого, части животным было выполнено удаление металлоконструкций с целью дальнейшего наблюдения и оценки возможности возникновения рецидива деформации. Несмотря на то, что через 4 нед. после удаления пластин отмечалось изменение среднего значения торсии на  $6,8^\circ$ , различия были расценены как статистически незначимые. Данный частичный эффект рикошета объясняется авторами высокими темпами роста кроликов в рассматриваемом возрастном периоде [15].

В дальнейшем на основании материалов данного исследования F. Sevil-Kilimci с соавторами изучали влияние деторсионного управляемого роста на анатомию проксимального отдела большеберцовой кости. Отмечены значимые изменения со стороны геометрии плато большеберцовой кости и менисков, а именно уменьшение значения угла наклона латеральной части плато больше-

берцовой кости, уменьшение степени покрытия латерального плато мениском. После удаления металлоконструкций отмечался эффект ремоделирования, при этом в отношении геометрии менисков он был менее выражен. При гистологическом исследовании выявлено увеличение высоты зоны роста по сравнению с контрольной конечностью. В связи с полученными данными авторы отмечают необходимость изучения клинической значимости данных изменений перед внедрением методики деторсионного управляемого роста в широкую практику [19].

Целью работы, опубликованной D.E. Lazarus с соавторами, являлось определение возможности регулирования деторсионного управляемого роста путем изменения угла между установленными пластинами, а также оценка влияния косо установленных пластин на продольный рост кости. В результате исследования выявлены значимые различия в степени разновеликости конечностей в основной и контрольной группах, причем значимые отличия были отмечены с 4-й нед. после операции. Укорочение составило в среднем  $4,2\%$ , при этом наибольшие различия в длине бедренных костей отмечены у двух животных, у которых пластины были расположены под минимальным углом относительно друг друга. Однако значимой корреляции между величиной изменения длины бедренной кости и первоначальным значением угла между пластинами не выявлено. Таким образом, большая первоначальная величина угла между пластинами не предотвращает риск возникновения эффекта эпифизиодеза. Укорочение возникает и в случаях, когда пластины не становятся параллельными относительно продольной оси кости. Также авторы пришли к выводу, что чем больше угол между пластинами в момент установки, тем больше степень его изменения и, как следствие, больше торсионный эффект и получаемая деформация. Также отмечено, что индукция наружной торсии происходит при значении угла между пластинами  $30^\circ$  и более [16].

Методика деторсионного управляемого роста также показала свою состоятельность в эксперименте, выполненном G. Martel с соавторами на крупных растущих животных (телята), размеры и биомеханика которых более соответствует человеческим. Восьми двухмесячным животным в области дистального метаэпифиза метакарпальной кости правой передней конечности, в отличие от вышеупомянутых исследований, была имплантирована конструкция, состоящая из двух канюлированных винтов и проволоки. Угол между винтами варьировал от  $35$  до  $55^\circ$ . Рентгеноконтроль и измерение торсии с помощью специально сконструированного гониометра выполнялись до опе-

рации, затем в послеоперационном периоде один раз в месяц в течение 3 мес., после чего металлоконструкции удалялись (до достижения винтами положения, параллельного оси кости). Через два года после удаления металлоконструкций животные выводились из эксперимента, выполнялась контрольная компьютерная томография. Авторы наблюдали изменение торсии в среднем на  $23,7^\circ$ . Формирования значимого укорочения оперированной конечности и деформаций во фронтальной и сагиттальной плоскостях не наблюдалось. Однако через два года после удаления металлоконструкций достигнутая наружноторсионная деформация частично сохранялась лишь в 25% случаев. При гистологическом исследовании были отмечены изменения области метафиза в виде ангиогиперплазии и более выраженной оссификации при интактности эпифиза и эпифизарной пластинки. Рентгенологически и макроскопически наблюдалась выраженная периостальная реакция в области вмешательства [18].

Принципиально схожий метод деторсионного управляемого роста был предложен J.D. Metaizeau с соавторами. Согласно данному способу часть продольного роста модифицируется в торсионный путем установки системы, состоящей из двух канюлированных винтов и стального троса в области дистального метаэпифиза бедренной кости. В исследование было включено 11 детей (20 сегментов) с внутри- и наружноторсионными деформациями бедра, средний возраст пациентов составил 10,1 года (от 8,6 до 12,7). Интраоперационное позиционирование винтов осуществлялось с помощью кольца от аппарата Илизарова и спиц-проводников, проведенных под углом  $60^\circ$  относительно друг друга. Средняя продолжительность периода коррекции составила 21,5 мес. Удаление металлоконструкций выполнялось при достижении коррекции или при уменьшении угла между винтами менее  $15^\circ$  (по данным контрольных рентгенограмм в боковой проекции), после чего выполнялось контрольное КТ-исследование. Средняя величина коррекции составила  $25^\circ$  ( $1,2^\circ$  в мес.), средний угол между винтами к концу лечения —  $25,4^\circ$ . Практически во всех случаях отмечено ограничение движений в коленном суставе, что потребовало вмешательства под общей анестезией в 6 случаях и физической терапии в 14 случаях. Также в 8 случаях отмечена клинически незначимая рекурвационная деформация до  $10^\circ$ , которая возникла, по мнению авторов, в связи с погрешностью в установке винтов у первых пациентов в начале исследования. Также с учетом расстояния между винтами к концу периода коррекции отмечена теоретическая потеря длины сегмента в среднем на 12 мм за два года, однако в связи

с билатеральной установкой металлоконструкций разновеликости нижних конечностей выявлено не было [21].

A.P. Balslev-Clausen с соавторами сообщили о результатах лечения пяти детей (девять сегментов) с торсионными деформациями бедер и/или голеней при помощи двух эпифизарных пластин (Pediplates, OrthoPediatrics, Польша), установленных под углом  $45^\circ$ . Торсионный профиль оценивался каждые три месяца путем радиостереометрического анализа. Через 9 мес. средняя величина коррекции составила  $5,5^\circ$  (от 0 до  $12^\circ$ ), при этом наблюдалось увеличение длины сегмента в среднем на 8,4 мм (от 2,8 до 13 мм). Следует отметить, что у двух пациентов (четыре сегмента) в течение шести месяцев были отмечены минимальные темпы продольного роста и, как следствие, минимальный деторсионный эффект. При этом в трех остальных случаях (пять сегментов) средняя величина деторсии составила  $9,3^\circ$  при увеличении длины сегмента в среднем на 9,4 мм. Через 9,9 мес. после удаления пластин у двух пациентов был отмечен частичный рецидив деформации ( $2,5^\circ$ ) [22].

D. Paley и C. Shannon представили предварительные результаты применения методики деторсионного управляемого роста у детей с использованием разделенных частей шарнирной восьмиобразной пластины (The Hinge Pediatric Plating System, Pega Medical, Канада). Части фиксировались к эпифизу и метафизу под углом  $45^\circ$  относительно продольной оси кости и перпендикулярно друг другу и соединялись системой Fibertape (Arthrex, США). Методика была использована при лечении 5 пациентов в возрасте от 2,5 до 15,6 года (среднее значение — 8,4 года) на 8 сегментах нижних конечностей. Пред- и послеоперационная оценка торсии осуществлялась клинически, в конце периода коррекции выполнялись телерентгенограммы нижних конечностей. В результате наблюдалась коррекция торсионной деформации бедренных костей (5 сегментов) в среднем на  $30^\circ$ , большеберцовых костей (три сегмента) — в среднем на  $9,5^\circ$ . Средняя продолжительность лечения составила 12 мес. (от 7 до 18 мес.). Возникновения деформаций во фронтальной и сагиттальной плоскостях не отмечалось. В течение последующих 18 мес. после удаления металлоконструкций рецидивов деформаций не наблюдалось. Результаты относительно возникновения задержки продольного роста не могли быть достоверно оценены авторами, поскольку часть пациентов перенесли билатеральную установку пластин, у другой же части испытуемых имелась выраженная разновеликость нижних конечностей до операции в связи с основным заболеванием [20].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Вышеописанные исследования доказывают возможность использования деторсионного управляемого роста для коррекции деформаций в аксиальной плоскости. Предложено три основных хирургических метода с применением: 1) наkostных эпифизарных пластин; 2) системы, состоящей из частей восьмиобразной пластины и нити; 3) канюлированных винтов с проволокой.

Во всех клинических исследованиях была достигнута коррекция как внутри-, так и наружноторсионных деформаций, в то время как исследования на животных были сконцентрированы на достижении наружной торсии. В одной из групп A. Agami с соавторами планировали индуцировать и внутреннюю торсию, однако в связи с анатомическими особенностями медиального мыщелка бедра корректная установка медиальной пластины под необходимым углом оказалась технически затруднительна, в результате чего полученные значения оказались статистически незначимыми [17]. Данный аспект подчеркивает необходимость учета анатомических особенностей сегмента при выборе металлоконструкций, что в дальнейшем побудило других исследователей отдать предпочтение менее ригидным имплантатам [18, 20, 21].

Также влияние на эффективность коррекции оказывает и угол между установленными пластинами. В исследовании D.E. Lazarus с соавторами демонстрируется отсутствие индукции наружной торсии при значении угла между пластинами менее 30° [16].

Следующим фактором, обеспечивающим успешность коррекции, является имеющийся у пациента потенциал продольного роста на момент операции. При его минимальных темпах отмечается, соответственно, и отсутствие коррекции, что наблюдалось у двух пациентов в работе A.P. Balslev-Clausen с соавторами [22].

Оставшийся рост также важен в контексте возможности возникновения рецидива деформации. Отдаленные результаты после удаления металлоконструкций оценивались в двух доклинических исследованиях. У кроликов в исследовании M. Cobanoglu с соавторами отмечалась частичная потеря достигнутой деформации, однако различия между значениями торсии костей голени к концу лечения и через 4 нед. после удаления пластин расценены как статистически незначимые [15]. По результатам эксперимента, проведенного на телятах, отмечается существенная потеря достигнутой наружной торсии (в среднем на 19,3°) через 20 мес. после удаления винтов. Данный эффект в обоих случаях объяснялся авторами крайне интенсивными темпами роста молодых животных [18].

Среди двух клинических исследований, в которых оценивались отдаленные результаты лечения, в одной работе была отмечена частичная потеря коррекции (2,5°) у двух пациентов через 9,9 мес. [22], в то время как в другом исследовании данного эффекта не наблюдалось (при клиническом обследовании) в течение полутора лет, несмотря на то, что возраст испытуемых варьировал от 2,5 до 15,6 лет [20].

Ни в одном из исследований, проведенных на животных, не выполнялась предоперационная КТ и, соответственно, оценка торсии сегмента конечности до вмешательства [15, 16, 17, 18]. КТ-исследование выполнялось исключительно после выведения животных из эксперимента. Для сравнительной оценки полученных результатов использовалась контралатеральная конечность и/или контрольная группа животных. Данный фактор закономерно может привести к недостоверной оценке полученных результатов, поскольку неизвестен паттерн нормального изменения торсионного профиля животного в процессе онтогенеза.

Исследования на людях были сконцентрированы на оценке изменения торсии конкретного сегмента до и после вмешательства, поскольку в большинстве случаев металлоконструкции устанавливались билатерально. В работе D. Paley и C. Shannon измерения торсионного профиля осуществлялись клинически на всех этапах лечения [20], а A.P. Balslev-Clausen с соавторами использовали радиостереометрический анализ [22]. Несмотря на вероятную цель уменьшить лучевую нагрузку на пациента, точность полученных измерений вышеупомянутыми методами по сравнению с традиционной оценкой торсии по аксиальным срезам КТ дискутабельна. В публикации J.D. Metaizeau с соавторами не приводится точное описание метода оценки версии бедра как до, так и после лечения [21]. Однако с учетом проиллюстрированных аксиальных срезов дистального отдела бедра можно косвенно судить о том, что, по крайней мере, в конце периода коррекции компьютерная томография все же выполнялась.

Возникновение вторичных угловых деформаций изучалось в двух исследованиях на кроликах и в одном исследовании на людях. A. Agami с соавторами описывают значимые различия между величинами анатомического латерального дистального бедренного угла оперированных и неоперированных конечностей (13,5°) [17]. M. Cobanoglu с соавторами также отмечают возникновение деформаций во фронтальной плоскости: различия в параметрах медиального проксимального угла большеберцовой кости и бедренно-большеберцового угла по сравнению с контрольной конечностью составляют 10 и 13°

соответственно [15]. При этом стоит отметить, что в обеих работах упоминания о референтных линиях и углах в сагиттальной плоскости отсутствуют. Полученные результаты можно связать, по всей видимости, с асинхронными темпами изменения положения пластин, когда одна из них становится перпендикулярной зоне роста и провоцирует возникновение незапланированной деформации во фронтальной плоскости.

J. D. Metaizeau с соавторами сообщают о 8 случаях возникновения рекурвационной деформации (до 10°) у пациентов, прооперированных в начале исследования, до окончательной стандартизации процедуры, что подчеркивает важность корректного изначального позиционирования металлоконструкций [21].

Во всех доклинических исследованиях авторы наблюдали возникновение вторичной разновеликости нижних конечностей. У кроликов наблюдалось статистически значимое укорочение прооперированного сегмента — в среднем от 4,2 до 7,3% [15, 16, 17], у телят — 2,7% [18]. Данный эффект закономерно возникает, по-видимому, в связи с преобразованием части продольного роста в торсионный и выражен меньше при большей исходной длине сегмента.

В то же время в клинических исследованиях о вторичной разновеликости нижних конечностей не сообщается, что связано либо с проведением оперативного вмешательства на обеих конечностях в большинстве случаев, либо с исходным выраженным укорочением сегмента [20, 21, 22]. Однако J.D. Metaizeau с соавторами указывают на возможное замедление продольного роста в среднем на 12 мм в течение двух лет,

основываясь на косвенных рентгенологических признаках [21].

D. Paley и C. Shannon подчеркивают, что, стараясь избежать эффекта эпифизеодеза и, как следствие, возникновения вторичных деформаций и разновеликости, использовали в соединении частей восьмиобразной пластины систему FiberTape, что, по их мнению, придавало конструкции большую эластичность [20]. Однако достоверно оценить, насколько целесообразно применение аналогичных металлоконструкций по сравнению со стандартными пластинами, на данный момент не представляется возможным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достоинствами метода управляемого роста при лечении торсионных деформаций длинных костей у детей являются его малотравматичность и доступность. Основным препятствием к широкому применению данного метода, по нашему мнению, является то, что во всех проанализированных исследованиях отсутствовало планирование величины коррекции деформации на предоперационном этапе, что не позволяет достоверно оценить их точность. Кроме этого, существуют такие недостатки деторсионного управляемого роста, как вторичные деформации, укорочения, рецидивы деформаций. Перспективы дальнейшего развития метода деторсионного управляемого роста, вероятно, связаны с правильным позиционированием пластин, что снизит риск вторичных деформаций. Адекватный выбор возраста пациентов на момент вмешательства и оценка оставшегося ростового потенциала позволит избежать рецидивов деформаций.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### *Заявленный вклад авторов*

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Возможный конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Этическая экспертиза.** Не применима.

**Информированное согласие на публикацию.** Не требуется.

## DISCLAIMERS

### *Author contribution*

All authors made equal contributions to the study and the publication.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Disclosure competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Ethics approval.** Not applicable.

**Consent for publication.** Not required.

## ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Staheli L.T. Staheli L.T. Practice of Pediatric Orthopaedics. Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 72-75.
2. Peersman G., Taeymans K., Jans C., Vuylsteke P., Fennema P., Heyse T. Malrotation deformities of the lower extremity and implications on total knee arthroplasty: a narrative review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136:1491-1498. doi: 10.1007/s00402-016-2554-1.
3. Tönnis D., Heinecke A. Acetabular and femoral anteversion: relationship with osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(12):1747-1770. doi: 10.2106/00004623-199912000-00014.
4. Vena G., D'Adamio S., Amendola A. Complications of osteotomies about the knee. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2013;21(2):113-120. doi: 10.1097/JSA.0b013e3182900720.
5. Schenke M., Dickschas J., Simon M., Strecker W. Corrective osteotomies of the lower limb show a low intra- and perioperative complication rate—an analysis of 1003 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(6):1867-1872. doi: 10.1007/s00167-017-4566-y.
6. Ferner F., Lutter C., Schubert I., Schenke M., Strecker W., Dickschas J. Perioperative complications in osteotomies around the knee: a study in 858 cases. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2022;142(5):769-775. doi: 10.1007/s00402-020-03696-w.
7. Stevens P.M. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(3):253-259. doi: 10.1097/BPO.0b013e31803433a1.
8. Klatt J., Stevens P.M. Guided growth for fixed knee flexion deformity. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(6):626-631. doi: 10.1097/BPO.0b013e318183d573.
9. Stevens P.M., Kennedy J.M., Hung M. Guided growth for ankle valgus. *J Pediatr Orthop.* 2011;31(8):878-883. doi: 10.1097/BPO.0b013e318236b1df.
10. Journeau P. Update on guided growth concepts around the knee in children. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020;106(1S):S171-S180. doi: 10.1016/j.otsr.2019.04.025.
11. Laine J.C., Novotny S.A., Weber E.W., Georgiadis A.G., Dahl M.T. Distal Tibial Guided Growth for Anterolateral Bowing of the Tibia: Fracture May Be Prevented. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(23):2077-2286. doi: 10.2106/JBJS.20.00657.
12. Stevens P.M., Anderson L.A., Gililand J.M., Novais E. Guided growth of the trochanteric apophysis combined with soft tissue release for Legg-Calve-Perthes disease. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2014;9(1):37-43. doi: 10.1007/s11751-014-0186-y.
13. Lebe M., van Stralen R.A., Buddhdev P. Guided Growth of the Proximal Femur for the Management of the 'Hip at Risk' in Children with Cerebral Palsy-A Systematic Review. *Children (Basel).* 2022;9(5):609. doi: 10.3390/children9050609.
14. Mishra A.S., Shrestha J., Rajan R.A. Anterior Distal Tibial Guided Growth for recurrent equinus deformity in idiopathic Congenital Talipes Equinovarus treated with the Ponseti method. *Foot Ankle Surg.* 2023;29:355-360. doi: 10.1016/j.fas.2023.03.006.
15. Cobanoglu M., Cullu E., Kilimci F.S., Ocal M.K., Yaygingul R. Rotational deformities of the long bones can be corrected with rotationally guided growth during the growth phase. *Acta Orthop.* 2016;87(3):301-305. doi: 10.3109/17453674.2016.1152450.
16. Lazarus D.E., Farnsworth C.L., Jeffords M.E., Marino N., Hallare J., Edmonds E.W. Torsional Growth Modulation of Long Bones by Oblique Plating in a Rabbit Model. *J Pediatr Orthop.* 2018;38(2):e97-e103. doi: 10.1097/BPO.0000000000001106.
17. Arami A., Bar-On E., Herman A., Velkes S., Heller S. Guiding femoral rotational growth in an animal model. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(22):2022-2027. doi: 10.2106/JBJS.L.00819.
18. Martel G., Holmes L., Sobrado G., Araujo E., Paley D., Praglia F. et al. Rotational-guided growth. *J Limb Length Rec.* 2018;4(2):97. doi: 10.4103/jllr.jllr\_6\_18.
19. Sevil-Kilimci F., Cobanoglu M., Ocal M.K., Korkmaz D., Cullu E. Effects of Tibial Rotational-guided Growth on the Geometries of Tibial Plateaus and Menisci in Rabbits. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(6):289-294. doi: 10.1097/BPO.0000000000001004.
20. Paley D., Shannon C. Rotational Guided Growth: A Preliminary Study of Its Use in Children. *Children (Basel).* 2022;10(1):70. doi: 10.3390/children10010070.
21. Metaizeau J.D., Denis D., Louis D. New femoral derotation technique based on guided growth in children. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2019;105(6):1175-1179. doi: 10.1016/j.otsr.2019.06.005.
22. Balslev-Clausen A.P., Hindsø K., Buxbom P., Wong C. Testing a new surgical principle of guided growth for correction of rotational deformity of long bones in children. EPOS abstract book. *J Child Orthop.* 2022; 16(2 Suppl):1-138. doi: 10.1177/18632521221077884.

## Сведения об авторах

✉ Фомылина Ольга Александровна  
 Адрес: Россия, 190020, г. Санкт-Петербург,  
 набережная р. Фонтанки, д. 154Б  
<https://orcid.org/0009-0000-5020-6056>  
 e-mail: olgafomylina@gmail.com

Виленский Виктор Александрович — канд. мед. наук  
<https://orcid.org/0000-0002-2702-3021>  
 e-mail: vavilensky@mail.ru

Лесовая Анна Алексеевна  
<https://orcid.org/0000-0001-8028-6974>  
 e-mail: leanyal@gmail.com

## Authors' information

✉ Olga A. Fomylina  
 Address: 154, Fontanka Embankment, St. Petersburg,  
 190020, Russia  
<https://orcid.org/0009-0000-5020-6056>  
 e-mail: olgafomylina@gmail.com

Victor A. Vilensky — Cand. Sci. (Med.)  
<https://orcid.org/0000-0002-2702-3021>  
 e-mail: vavilensky@mail.ru

Anna A. Lesovaya  
<https://orcid.org/0000-0001-8028-6974>  
 e-mail: leanyal@gmail.com



*Жихарев Кирилл Олегович*

<https://orcid.org/0009-0006-2359-9820>

e-mail: kirish1999@gmail.com

*Корнилов Антон Николаевич*

<https://orcid.org/0009-0005-7599-5000>

e-mail: reverbsofhate@gmail.com

*Малеков Дамир Асиятович*

<https://orcid.org/0000-0002-1358-4725>

e-mail: d.a.malekov@gmail.com

*Косулин Артем Владимирович* — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-9505-222X>

e-mail: hackenlad@mail.ru

*Куимова Анастасия Андреевна*

<https://orcid.org/0009-0001-5160-5363>

e-mail: anastasiakuimova@gmail.com

*Kirill O. Zhikharev*

<https://orcid.org/0009-0006-2359-9820>

e-mail: kirish1999@gmail.com

*Anton N. Kornilov* –

<https://orcid.org/0009-0005-7599-5000>

e-mail: reverbsofhate@gmail.com

*Damir A. Malekov*

<https://orcid.org/0000-0002-1358-4725>

e-mail: d.a.malekov@gmail.com

*Artem A. Kosulin* – Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-9505-222X>

e-mail: hackenlad@mail.ru

*Anastasia A. Kuimova*

<https://orcid.org/0009-0001-5160-5363>

e-mail: anastasiakuimova@gmail.com