

УДК 616.718-001.5-053.2-089.84

<https://doi.org/10.23888/HMJ2022104425-436>

## Анализ осложнений интрамедуллярного остеосинтеза титановыми гибкими стержнями при переломах костей нижних конечностей у детей

Н. А. Шабалдин<sup>✉</sup>, М. В. Новгородцева

Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Шабалдин Никита Андреевич, [shabaldin.nk@yandex.ru](mailto:shabaldin.nk@yandex.ru)

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Внедрение в клиническую практику малоинвазивных методик позволило значительно расширить показания для хирургического лечения переломов у детей. Методика остеосинтеза титановыми гибкими стержнями широко применяется в возрасте от 7 до 14 лет, имеет большое количество преимуществ. Вместе с тем, существует ряд возможных осложнений и ограничений эластично-стабильного остеосинтеза.

**Цель.** Выполнить анализ возможных осложнений методики интрамедуллярного остеосинтеза титановыми гибкими стержнями у детей разных возрастных категорий.

**Материалы и методы.** Проведено исследование результатов лечения 98 детей с переломами длинных трубчатых костей нижних конечностей. Всем больным выполнен остеосинтез титановыми гибкими стержнями. Пациенты разделены на три возрастные группы: от 2 до 6 лет, от 7 до 13 лет и от 14 до 16 лет. Проводились клинический осмотр больных, рентгенографическое исследование.

**Результаты.** У детей младшего возраста результаты лечения соответствовали отличным в 82,6% и удовлетворительным в 17,4%, плохих результатов получено не было. У пациентов в группе от 7 до 13 лет результаты лечения расценены как отличные в 82,3%, как удовлетворительные в 17,7%. У детей старшего возраста отличный исход лечения получен в 62,5%, удовлетворительный — в 29,2%, плохой, потребовавший повторных хирургических вмешательств — в 8,3%.

**Заключение.** Наиболее предпочтительным для остеосинтеза титановыми гибкими стержнями является возраст от 6 до 14 лет. Возникали технические сложности при использовании методики у детей в возрасте от 2 до 4 лет при «нестабильных по длине» переломах бедренной кости, тем не менее, смещение костных отломков нивелировалось во всех наблюдаемых случаях. Самое большее количество осложнений связано с использованием данной методики при лечении подростков 15–16 лет и обусловлено недостаточной жесткостью фиксации переломов.

**Ключевые слова:** титановые гибкие стержни; дети; осложнения

### Для цитирования:

Шабалдин Н. А., Новгородцева М. В. Анализ осложнений интрамедуллярного остеосинтеза титановыми гибкими стержнями при переломах костей нижних конечностей у детей // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2022. Т. 10, № 4. С. 425–436. <https://doi.org/10.23888/HMJ2022104425-436>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2022104425-436>

## Analysis of Complications of Intramedullary Osteosynthesis with Titanium Elastic Nails in Fractures of Bones of Lower Extremities in Children

Nikita A. Shabaldin✉, Margarita V. Novgorodtseva

Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation

Corresponding author: Nikita A. Shabaldin, [shabaldin.nk@yandex.ru](mailto:shabaldin.nk@yandex.ru)

### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The introduction of minimally invasive methods in clinical practice has significantly expanded the indications for surgical treatment of bone fractures in children. The method of osteosynthesis with titanium elastic nails is widely used at the age of 7 to 14 years and has many advantages. At the same time, the elastic-stable osteosynthesis has a number of probable complications and limitations.

**AIM:** To analyze probable complications of the method of intramedullary osteosynthesis with titanium elastic nails in children of different age categories.

**MATERIALS AND METHODS:** The results of treatment of 98 children with fractures of the long bones of the lower extremities were analyzed. All the patients underwent osteosynthesis with titanium elastic nails. The patients were divided to three age groups: 2 to 6 years, 7 to 13 and 14 to 16 years. Clinical and X-ray examinations of the patients were conducted.

**RESULTS:** In young children, excellent results of treatment were obtained in 82.6% and satisfactory results in 17.4% of cases, no poor results were noted. In patients of the group 7 to 13 years, the results of treatment were considered excellent in 82.3%, and satisfactory in 17.7% of cases. In older children, outcomes of treatment were excellent in 62.5%, satisfactory in 29.2%, and poor outcomes that required repeated surgical interventions, were observed in 8.3% of cases.

**CONCLUSION:** The most preferable age for osteosynthesis with titanium elastic nails was found to be from 6 to 14 years. There exist technical difficulties in use of this method in children of 2 to 4 years of age with "unstable in length" femoral bone fractures, nevertheless, the displacement of bone fragments was leveled out in all the observed cases. The greatest number of complications are associated with the use of TEN in the treatment of adolescents of 15 to 16 years due to insufficient rigidity of fracture fixation.

**Keywords:** *Titanium Elastic Nail; children; complications*

### For citation:

Shabaldin N. A., Novgorodtseva M. V. Analysis of Complications of Intramedullary Osteosynthesis with Titanium Elastic Nails in Fractures of Bones of Lower Extremities in Children. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2022;10(4):425–436. <https://doi.org/10.23888/HMJ2022104425-436>.

## Введение

Длительное время в детской практике предпочтение в лечении переломов длинных трубчатых костей нижних конечностей со смещением костных отломков отдавалось методу скелетного вытяжения с последующей иммобилизацией гипсовыми повязками [1, 2]. Представленный метод лечения имел свои недостатки, в частности, пролонгирование сроков постельного режима и стационарного лечения, ограничение физической активности ребенка, риски развития постиммобилизационных контрактур смежных с зоной перелома суставов, что способствовало снижению качества жизни. На сегодняшний момент развитие хирургических технологий, внедрение в клиническую практику малоинвазивных методик позволило значительно расширить спектр показаний для использования различных вариантов остеосинтеза. Одним из наиболее часто применяемых вариантов погружного остеосинтеза в детской практике является эластично-стабильный остеосинтез титановыми гибкими стержнями (TEN) [3, 4].

Идеология эластично-стабильного остеосинтеза базируется на двух основных принципах, одним из которых является репозирующий характер изгиба титановых стержней, позволяющий не только добиться достаточной жесткости фиксации, но и провести, в определенной степени, репозицию костных отломков путем изменения пространственной ориентации стержней [5]. Другим немаловажным критерием биомеханической эффективности метода является баланс упругих сил TEN внутри костномозгового канала длинной трубчатой кости, противопоставленный вектору смещения перелома, что обеспечивает стабильность фиксации, отсутствие вторичных смещений отломков.

Имеется большое количество публикаций, подтверждающих стабильность фиксации в системе «имплантат–кость», имеющей значительные преимущества, среди которых возможность использовать данный вариант остеосинтеза как при диафизарных, так и при метафизарных переломах, ранняя вертикализация ребен-

ка, малая травматичность, сокращение сроков стационарного лечения [6, 7].

Биомеханические экспериментальные работы, посвященные моделированию перелома бедренной кости, с учетом морфометрических особенностей детей разного возраста, с последующим остеосинтезом титановыми гибкими стержнями, отображали достаточную жесткость фиксации, обеспечивающую стабильность остеосинтеза [8]. Однако, наиболее низкие показатели получены для ротационной стабильности при диафизарных переломах; тем самым авторы рекомендовали использовать деротационные приспособления в раннем послеоперационном периоде [9].

Методика интрамедуллярного эластично-стабильного остеосинтеза активно используется в течение последних лет при лечении переломов длинных трубчатых костей у детей [10]. Многочисленные исследования подтвердили эффективность операции интрамедуллярного остеосинтеза TEN у пациентов в возрастной категории от 7 до 14 лет [11]. Кроме того, ряд публикаций посвящен успешному применению данного хирургического вмешательства в дошкольном и младшем школьном возрасте при лечении переломов длинных трубчатых костей нижних конечностей [12]. Технический аспект выполнения эластично-стабильного остеосинтеза продолжает изучаться, предложено большое количество модернизаций методики для обеспечения большей степени фиксации [13, 14].

Вместе с тем, представленный метод, несмотря на значительные преимущества, имеет ряд возможных осложнений и ограничений к применению. Существует ряд сообщений, посвященных анализу осложнений лечения с помощью интрамедуллярного остеосинтеза TEN [15–17]. Авторы приходят к выводу, что только персонализированный подход к лечению переломов нижних конечностей у детей способствует наиболее благоприятному медико-социальному результату лечения, восстановлению ранней двигательной активности, профилактике возможных осложнений.

**Цель.** Выполнить анализ возможных осложнений методики интрамедуллярного

остеосинтеза титановыми гибкими стержнями у детей разных возрастных категорий.

### Материалы и методы

Проведено исследование результатов лечения 98 детей, госпитализированных в отделение травматологии-ортопедии ГАУЗ КОДКБ им. Ю. А. Атаманова за период с 2019 по 2020 гг. с переломами длинных трубчатых костей нижних конечностей различных видов и локализации. Всем больным выполнен остеосинтез титановыми гибкими стержнями бедренной, либо большеберцовой кости. Показаниями к оперативному лечению являлись: значительное смещение костных отломков, вторичное смещение отломков при использовании гипсовых повязок, множественная травма, сложные виды переломов. Все пациенты были разделены на три возрастные категории. Первую группу составили 23 ребенка дошкольного возраста: от 2 до 6 лет. Во вторую группу вошли 51 ребенок младшего школьного возраста и средней возрастной категории: от 7 до 13 лет. Третья группа состояла из 24 подростков 14–16 лет.

По структуре травмы преобладали изолированные повреждения (у 95 пациентов — 96,9%). Нетяжелая травма встречалась в трех случаях (3,1%). Все пациенты в предоперационном периоде находились в стабильном состоянии средней степени тяжести, обусловленном полученной травмой. Критерием исключения из исследования служила политравма, что обуславливалось резко сниженными репаративными процессами у пострадавших в крайне тяжелом состоянии.

Пострадавшим из всех групп выполнен интрамедуллярный остеосинтез титановыми гибкими стержнями с использованием инструментария фирмы Synthes. Ни у одного пациента не выполнялась предоперационная репозиция путем скелетного вытяжения. Оперативное вмешательство осуществлялось согласно стандартной, широко применяемой технике под контролем электронно-оптического преобразователя. Подбор диаметра стержней осуществ-

лялся из того расчета, что два имплантата занимают не более 40% диаметра костномозгового канала кости. Билатеральное, либо унилатеральное введение, угол и вершина изгиба ТЕН определялись согласно характера и локализации перелома. При переломе костей голени выполнялась ручная репозиция, при переломе бедренной кости осуществлялась тракция по длине при помощи дистракционного ортопедического стола. В большинстве случаев репозиция проводилась закрытым способом, открытая репозиция имела место в четырех случаях при переломе бедренной кости. После репозиции костных отломков стержни проводились до противоположной зоны роста. Пространственная ориентация стержней внутри костномозгового канала основывалась в первую очередь не на симметричности постановки стержней, а на противопоставлении баланса упругих сил вектору смещения перелома.

Все пациенты после выписки из стационара наблюдались амбулаторно в условиях травматологического пункта. Проводились клинический осмотр больных, рентгенографическое исследование. Анализ результатов лечения осуществлялся согласно критериям J. M. Flynn (табл. 1) [16]. Рентгенография в стандартных укладках выполнялась перед операцией, интраоперационно, через 14 дней, 1 месяц, 3 месяца, 6 месяцев после оперативного вмешательства, при необходимости рентгенографическое исследование дополнялось мультиспиральной компьютерной томографией. В случаях замедленной консолидации рентгенографические исследования проводились до наступления полного сращения перелома и удаления имплантатов.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью стандартных статистических методов, используя пакет прикладных программ «Statistica for Windows 7.0». Непараметрические количественные показатели сравнивали с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона. Результаты считали достоверными при ошибке менее 5%, что соответствует медицинско-биологическим исследованиям.

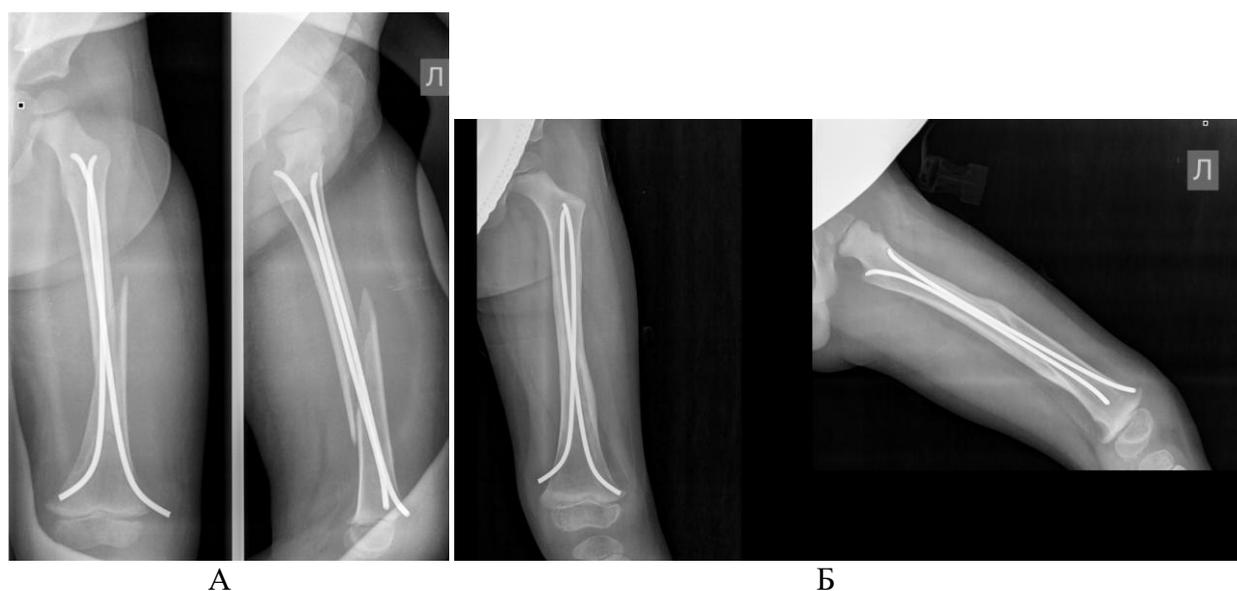
**Таблица 1.** Критерии результатов хирургического лечения по J. M. Flynn

Критерии	Результаты		
	отличный	удовлетворительный	плохой
Разновеликость конечностей, см	< 1	< 2	> 2
Угловая деформация, град.	< 5	5–10	> 10
Болевой синдром	нет	нет	присутствует
Осложнения	нет	малые	значительные

### Результаты

Пациентам всех групп хирургическое лечение выполнялось в первые двое суток с момента поступления в стационар. Средние сроки стационарного лечения не имели статистически значимых отличий и составили в среднем 9,7 суток в первой, 9,6 во второй и 9,8 в третьей группах. Все пациенты переводились на амбулаторное лечение в травматологический пункт в удовлетворительном состоянии после снятия швов. В структуре послеоперационных осложнений в проведенном исследовании встречались: смещение костных отломков, замедленная консолидация, перфорация кожи свободными концами титановых стержней. Замедленное сращение перелома определялось по отсутствию признаков достаточной консолидации для удаления имплантатов через 6 месяцев после операции. Ни одного случая гнойно-септического осложнения выявлено не было.

У детей младшего возраста во всех случаях проводилась закрытая ручная репозиция костных отломков. Согласно критериям J. M. Flynn, результаты лечения соответствовали отличному в 19 случаях (82,6%) и удовлетворительным в 4 случаях (17,4%); плохих результатов получено не было. Осложнения в виде смещения костных отломков при переломах бедренной кости диагностированы у 4 пациентов в возрасте от 2 до 4 лет. При этом смещение возникло у одного ребенка на фоне оскольчатого перелома, у 3 детей диагностирован косо-спиральный перелом со значительной по длине плоскостью излома. Тем не менее, у всех детей через 6 месяцев наблюдалось нивелирование нарушений оси конечности, за счет ремоделирования костной мозоли (рис. 1). Случаев замедленной консолидации, перфорации кожи отломками у детей младшей группы не было выявлено.

**Рис. 1.** Рентгенография ребенка 2 лет.

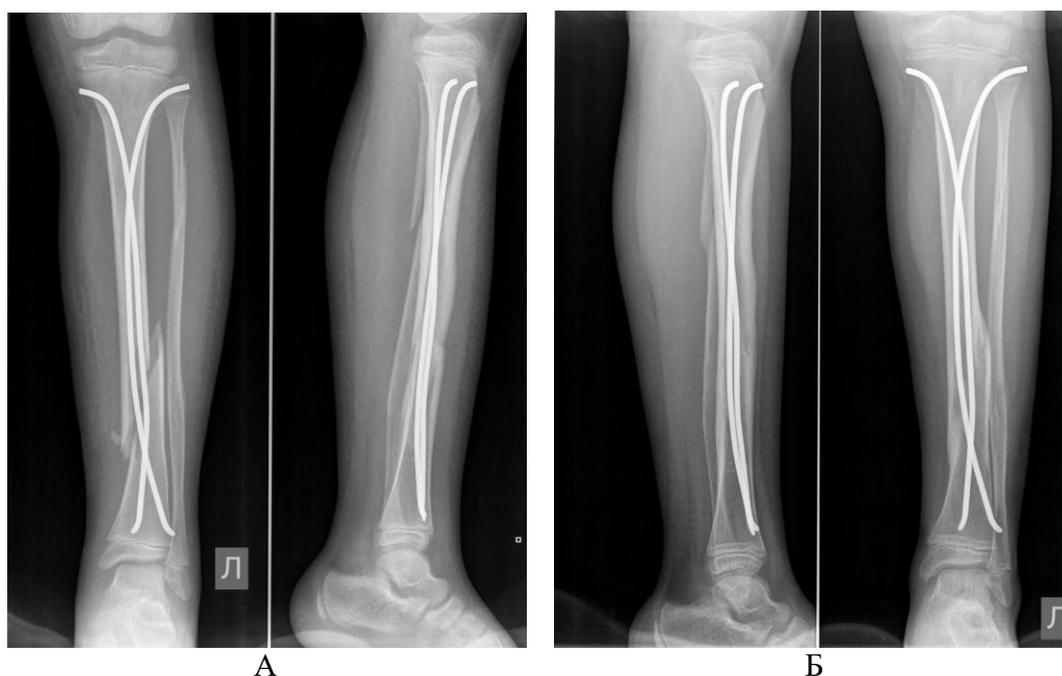
*Примечание:* А — через 14 дней после операции, Б — через 6 месяцев после операции.

У пациентов в группе от 7 до 13 лет в случае перелома бедренной кости (12 детей) репозиция костных отломков проводилась в большинстве случаев закрыто (10 детей), в двух случаях потребовалась открытая репозиция: для тракции костных отломков по длине использовался дистракционный ортопедический стол. В случае перелома костей голени (39 детей) осуществлялась закрытая ручная репозиция у всех пациентов. Антибиотикотерапия в послеоперационном периоде назначалась пациентам после открытой репозиции отломков бедренной кости, а также в случаях открытых переломов.

В представленном исследовании во второй группе встречались лишь малые осложнения, не потребовавшие выполнения повторных хирургических вмешательств. Результаты лечения расценены как отличные в 42 случаях (82,3%), как удовлетворительные в 9 случаях (17,7%). Среди осложнений встречались: 2 случая перфорации кожи, 7 случаев вторичного смещения костных отломков, при этом в 1 случае смещение отломков сочеталось с замедленной консолидацией перелома.

У 2 пациентов наблюдалась перфорация кожных покровов свободными концами TEN, что потребовало назначения дополнительных перевязок; в последующем, по достижении удовлетворительной консолидации, стержни были удалены.

Смещение костных отломков диагностировано у 7 пациентов: в 2 случаях при переломе бедренной кости, в 5 — при переломе костей голени. Нарушение оси конечности находилось в пределах 5–10 градусов и не требовало повторных операций (рис. 2). При этом смещение отломков наблюдалось у 3 пациентов старше 10 лет на фоне избыточной массы тела, у 1 пациента при кососпиральном переломе со значительной по длине линией перелома, у 1 при оскольчатом переломе, еще у 1 на фоне повторной травмы. Так же у одного ребенка 12 лет сочеталось смещение костных отломков с замедленной консолидацией на фоне оскольчатого открытого перелома костей голени вследствие дорожно-транспортного происшествия. Пролонгированные сроки сращения перелома были обусловлены характером повреждения, полная консолидация достигнута через 8 месяцев после травмы без дополнительных вмешательств.



**Рис. 2.** Смещение перелома костей голени у ребенка 12 лет.

*Примечание:* А — через 14 дней после операции, Б — через 6 месяцев после операции.

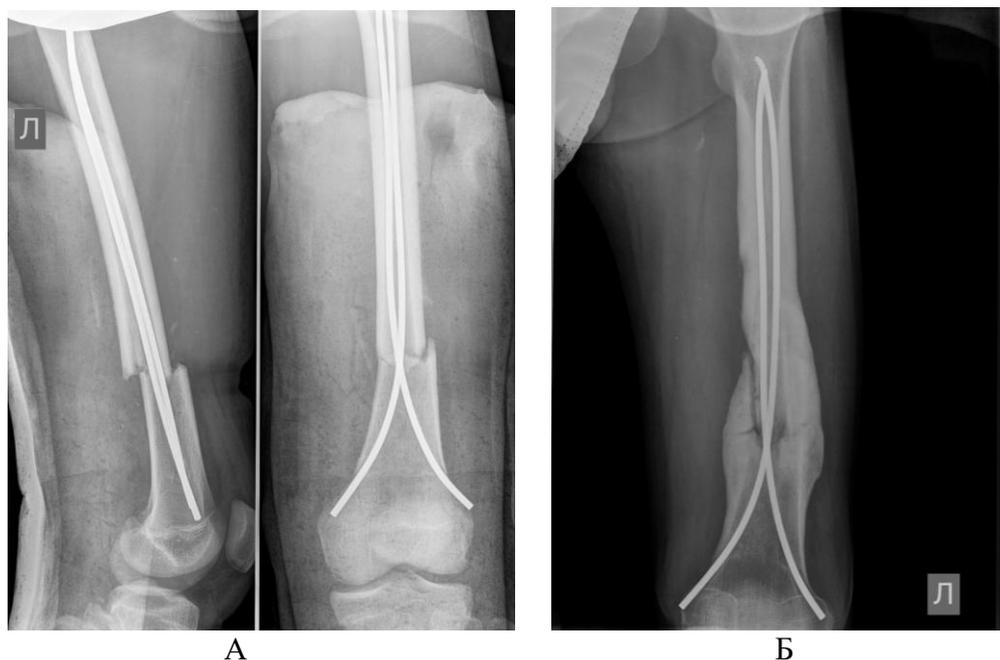
У пациентов старшей возрастной группы в случае перелома бедренной кости у 6 пострадавших выполнена закрытая репозиция, у 2 открытая репозиция костных отломков, тракция по длине обеспечена с помощью ортопедического стола. В 16 случаях переломов костей голени проведена закрытая ручная репозиция костных отломков.

Плохие результаты лечения встречались только в группе детей старше 14 лет. Так в 3 группе отличный исход лечения получен в 15 случаях (62,5%), удовлетворительный в 7 случаях (29,2%), плохой, потребовавший повторных хирургических вмешательств, в 2 случаях (8,3%).

В структуре осложнений встречались: смещение костных отломков у 4 пациентов, при этом в 1 случае смещение сочеталось с перфорацией кожных покровов свободным концом ТЕН, 4 случая замедленной консолидации, при этом 1 такой случай сочетался с перфорацией кожных

покровов; в 1 случае перфорация кожных покровов свободными концами ТЕН носила изолированный характер. В 7 случаях осложнения диагностированы у детей 16 лет (77% среди всех осложнений). Двум пациентам потребовалось выполнение повторных хирургических вмешательств в виде коррекции деформации оси конечности и стимулирующей туннелизации зоны замедленной консолидации.

Замедленная консолидация перелома наблюдалась у 4 пациентов; в одном случае у подростка 16 лет на фоне сочетанной автодорожной травмы, в виде закрытого диафизарного перелома левой бедренной кости и закрытого перелома внутренней лодыжки правой большеберцовой кости, консолидация была недостаточная для удаления имплантата из бедренной кости через 18 месяцев, что потребовало выполнения стимулирующей туннелизации зоны перелома (рис. 3).



**Рис. 3.** Закрытый перелом бедренной кости у подростка 16 лет.

*Примечание:* А — через 14 дней после операции, Б — через 18 месяцев после операции.

Смещение костных отломков наблюдалось в 4 случаях у подростков 16 лет. Лишь в одном случае диагностирован оскольчатый перелом костей голени, в остальных случаях характер переломов не имел особенностей (рис. 4).

Распределение результатов лечения в третьей группе эластично-стабильным остеосинтезом показало значимое ( $p < 0,05$ ) снижение отличных, а также рост удовлетворительных и плохих результатов по отношению к первой и

второй исследуемой группам. Отличий между детьми младшей и средней возра-

стных категорий получено не было (табл. 2).



**Рис. 4.** Варианты смещения отломков у подростков после остеосинтеза TEN.

**Таблица 2.** Результаты лечение остеосинтезом TEN в зависимости от возраста

Результат / группа	2–6 лет, n = 23	7–13 лет, n = 51	14–16 лет, n = 24
Отличный	19	42	15
Удовлетворительный	4	9	17
Плохой	0	0	2

В структуре осложнений у детей младшей возрастной группы встречались только смещение костных отломков на фоне косых и косо-спиральных переломов бедренной кости со значительной протяженностью плоскости повреждения кости.

У детей старших возрастных категорий осложнения носили более разнообразный характер, при этом у подростков 14–16 лет значимо ( $p < 0,05$ ) возросла доля замедленной консолидации по сравнению с первой и второй исследуемыми группами (табл. 3).

**Таблица 3.** Структура встречающихся осложнений остеосинтеза TEN у детей разных возрастных групп

Возрастная группа	Локализация		Осложнения			Повторные операции
	Бедро	Голень	Перфорация кожи	Смещение костных отломков	Замедленная консолидация	
2–6 лет	4	0	0	4	0	0
7–13 лет	2	7	2	5	1	0
14–16 лет	2	7	3	4	4	2

### Обсуждение

Эластично-стабильный остеосинтез титановыми гибкими стержнями является одним из наиболее распространенных ви-

дов оперативного вмешательства в лечении переломов конечностей в детской практике. Интрамедуллярный остеосинтез TEN является малотравматичным, функ-

ционально-стабильным методом, который способствует ранней вертикализации и двигательной активности у детей, позволяет отказаться от внешней иммобилизации. Большинство авторов рекомендует данную методику к использованию у детей в возрасте от 6 до 14 лет с массой тела до 50 кг [3, 6]. Вместе с тем, существуют публикации, в которых не было выявлено статистической значимости между массой тела ребенка и рисками осложнений, не исключающие применение эластично-стабильного остеосинтеза у подростков в возрасте 15–16 лет [7, 10]. Так же обсуждается эффективность хирургического лечения переломов нижних конечностей у детей ранней возрастной категории в возрасте от 2 до 6 лет [9, 12].

Анализ результатов лечения детей с применением эластично-стабильного остеосинтеза в возрасте от 2 до 6 лет выявил осложнения у 4 пациентов с переломом бедренной кости в возрасте до 4 лет в виде смещения отломков. Полученные данные совпадают с результатами отдельных публикаций о технических сложностях при применении остеосинтеза TEN при так называемых «нестабильных по длине» переломах, при которых косая или косо-спиральная плоскость перелома составляет более 1/3 продольной оси сегмента [17]. Однако, клиническую значимость данные осложнения не имели и не требовали повторных хирургических вмешательств по коррекции смещения. Фиксация TEN обеспечила стабильный остеосинтез, что обусловило отсутствие замедленной консолидации у детей младшей возрастной категории, а рост ребенка способствовал ремоделированию зоны перелома.

В возрастной категории от 7 до 13 лет осложнения носили более разнообразный характер, и не отличались от результатов, полученных в ходе исследований другими авторами [15–17]. Титановые стержни сохраняют репозирующую функцию, способствующую интраоперационному сопоставлению костных отломков, и, при правильно созданном предоперационно изгибе, биомеханические силы

упругости предотвращают вторичное смещение отломков.

Перфорация кожных покровов у таких пациентов произошла вследствие оставления более длинного свободного конца стержня, что приводило к микротравмам окружающих мягких тканей. Тем не менее, в нашей работе не было случаев, требующих повторного вмешательства по резекции свободного участка стержня, все имплантаты удалены после консолидации переломов.

Смещение костных отломков у таких пациентов было в пределах 5–10 градусов, что не требовало хирургической коррекции, и связано как с характером перелома, так и с отсутствием достаточной интраоперационной коррекции. В качестве фактора риска у детей от 7 до 13 лет можно рассматривать избыточную массу тела. Единственный случай замедленной консолидации у ребенка с оскольчатый переломом костей голени был связан с тяжестью полученной травмы и не потребовал повторных хирургических вмешательств.

Наименее благоприятные исходы лечения достигнуты у подростков 14–16 лет, при этом большинство осложнений встречались в старшем возрасте — 16 лет (77% среди всех осложнений). Из 4 случаев смещения костных отломков у таких пациентов лишь один можно связать с оскольчатым характером перелома. В остальных случаях переломы не имели особенностей, при этом угол и протяженность изгиба TEN соответствовали вершине перелома. Интраоперационные технические сложности у таких пациентов связаны с недостаточной способностью к репозиции, в том числе наибольших по диаметру, стержней для сопоставления костных отломков, а в послеоперационном периоде баланс упругих сил, созданный имплантатами, не обеспечивал стабильную фиксацию. Статистически значима возрастающая доля замедленной консолидации у подростков, что так же свидетельствует о наличии неудовлетворительных условий для благоприятного

развития остеорепаративных процессов в виде недостаточной жесткости фиксации в системе «имплантат–кость».

Так, значительное количество преимуществ в виде малой инвазии, относительной технической простоты исполнения, ранней функциональной нагрузки обеспечило широкое распространение стабильно-эластичного остеосинтеза титановыми гибкими стержнями у детей. Тем не менее, представленная методика не является «универсальной» для всех пациентов, необходим персонализированный подход к выбору метода и техники внутренней фиксации.

### Заключение

Таким образом, наиболее предпочтительным для применения эластично-стабильного остеосинтеза титановыми

гибкими стержнями является возраст от 6 до 14 лет. В данной возрастной категории количество осложнений минимально и не имеет клинической значимости в связи с сохранением возможности использования репонирующего характера стержней и биомеханической эффективности баланса упругих сил, созданного TEN. Имеются технические сложности при использовании методики у детей в возрасте от 2 до 4 лет при «нестабильных по длине» переломах бедренной кости, тем не менее, в представленном исследовании по мере роста ребенка смещение костных отломков нивелировалось во всех наблюдаемых случаях. Наибольшее количество осложнений, связанных с TEN, пришлось на подростков 15–16 лет и обусловлено недостаточной жесткостью фиксации переломов в системе «имплантат–кость».

### Список источников

1. Song H.–R., Oh C.–W., Shin H.–D., et al. Treatment of femoral shaft fractures in young children: comparison between conservative treatment and retrograde flexible nailing // *Journal of Pediatric Orthopaedics. Part B*. 2004. Vol. 13, № 4. P. 275–280. doi: [10.1097/01.bpb.0000111023.13276.43](https://doi.org/10.1097/01.bpb.0000111023.13276.43)
2. Flynn J.M., Luedtke L.M., Ganley T.J., et al. Comparison of Titanium Elastic Nails with Traction and a Spica Cast to Treat Femoral Fractures in Children // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2004. Vol. 86, № 4. P. 770–777. doi: [10.2106/00004623-200404000-00015](https://doi.org/10.2106/00004623-200404000-00015)
3. Абиев Т.М., Сагинова Д.А., Мукашева Ш.М., и др. Инновационные технологии в лечении переломов длинных трубчатых костей у детей // *Вестник Казахского Национального медицинского университета*. 2015. № 1. С. 196–199.
4. Мусаев Т.С., Толипов Н.Н., Машарипов. Ф.А. Результаты лечения диафизарных переломов длинных костей конечностей у детей с применением эластичных стержней // *Вестник экстренной медицины*. 2017. Т. 11, № 3. С. 62–65.
5. Петров М.А., Шляпникова Н.С. Функционально-стабильный остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья у детей // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2015. Т. 5, № 3. С. 37–44.
6. Siddiqui A.A., Abousamra O., Compton E., et al. Titanium Elastic Nails Are a Safe and Effective Treatment for Length Unstable Pediatric Femur Fractures // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2020. Vol. 40, № 7. P. e560–e565. doi: [10.1097/BPO.0000000000001474](https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001474)
7. Kawalkara A., Badole C.M. Percutaneous titanium elastic nail for femoral shaft fracture in patient between 5 and 15 years // *Journal of Orthopaedics*. 2018. Vol. 15. № 2, P. 695–700. doi: [10.1016/j.jor.2018.05.019](https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.05.019)
8. Яндиев С.И., Гаврюшенко Н.С., Розинов В.М., и др. Биомеханическая характеристика интрамедуллярного остеосинтеза гибкими титановыми стержнями при диафизарных переломах бедренной кости у детей // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2006. № 1. С. 29–33.
9. Розинов В.М., Яндиев С.И., Чоговадзе Г.А. Эластично-стабильный интрамедуллярный остеосинтез в лечении детей с диафизарными переломами бедренной кости // *Детская хирургия*. 2010. № 5. С. 21–26.
10. Sankar W.N., Jones K.J., Horn B.D., et al. Titanium elastic nails for pediatric tibial shaft fractures // *Journal of Children's Orthopaedics*. 2007. Vol. 1, № 5. P. 281–286. doi: [10.1007/s11832-007-0056-y](https://doi.org/10.1007/s11832-007-0056-y)
11. Sanders J.O., Browne R.H., Mooney J.F., et al. Treatment of femoral fractures in children by pediatric orthopedists: results of a 1998 survey // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001. Vol. 21, № 4. P. 436–441.
12. Сидоров С.В., Лушников А.М., Басаргин Д.Ю. Интрамедуллярный остеосинтез гибкими титановыми стержнями в лечении переломов бедренной кости у детей младшего возраста // *Детская хирургия*. 2017. Т. 21, № 2. С. 98–101. doi: [10.18821/1560-9510-2017-21-2-98-101](https://doi.org/10.18821/1560-9510-2017-21-2-98-101)
13. Busch M.T., Perkins C.A., Nickel B.T., et al. A Quartet of Elastic Stable Intramedullary Nails

- for More Challenging Pediatric Femur Fractures // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2019. Vol. 39, № 1, P. e12–e17. doi: [10.1097/BPO.00000000000001273](https://doi.org/10.1097/BPO.00000000000001273)
14. Сидоров С.В., Лушников А.М., Басаргин Д.Ю., и др. Способ интрамедуллярного остеосинтеза переломов бедренной кости у детей. Патент РФ на изобретение № 2019109219. 29.03.2019. Доступно по: <https://patentimages.storage.googleapis.com/11/21/3c/1ccd13b7f67769/RU2714441C1.pdf>. Ссылка активна на 03 апреля 2022.
15. Narayanan U.G., Hyman J.E., Wainwright A.M., et al. Complications of elastic stable intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures, and how to avoid them // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2004. Vol. 24, № 4. P. 363–369. doi: [10.1097/00004694-200407000-00004](https://doi.org/10.1097/00004694-200407000-00004)
16. Flynn J.M., Hresko T., Reynolds R.A., et al. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: a multicenter study of early results with analysis of complications // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001. Vol. 21, № 1. P. 4–8. doi: [10.1097/00004694-200101000-00003](https://doi.org/10.1097/00004694-200101000-00003)
17. Sink E.L., Gralla J., Repine M. Complications of Pediatric Femur Fractures Treated With Titanium Elastic Nails // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2005. Vol. 25, № 5. P. 577–580. doi: [10.1097/01.bpo.0000164872.44195.4f](https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000164872.44195.4f)

## References

- Song H–R, Oh C–W, Shin H–D, et al. Treatment of femoral shaft fractures in young children: comparison between conservative treatment and retrograde flexible nailing. *Journal of Pediatric Orthopaedics. Part B*. 2004;13(4):275–80. doi: [10.1097/01.bpb.0000111023.13276.43](https://doi.org/10.1097/01.bpb.0000111023.13276.43)
- Flynn JM, Luedtke LM, Ganley TJ, et al. Comparison of Titanium Elastic Nails with Traction and a Spica Cast to Treat Femoral Fractures in Children. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2004;86(4):770–7. doi: [10.2106/00004623-200404000-00015](https://doi.org/10.2106/00004623-200404000-00015)
- Abiev TM, Saginova DA, Mukasheva ShM, et al. Innovative technology in the treatment of fractures of long tubular bones in children. *Vestnik KazNMU*. 2015;(1):196–9. (In Russ).
- Musaev TS, Tolipov NN, Masharipov FA. Treatment results of long extremities diaphyseal fractures in children with the use of elastic rods. *The Bulletin of Emergency Medicine*. 2017;11(3):62–5. (In Russ).
- Petrov MA, Shlyapnikova NS. Functionally stable osteosynthesis in forearm shaft fractures in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2015;5(3):37–44. (In Russ).
- Siddiqui AA, Abousamra O, Compton E, et al. Titanium Elastic Nails Are a Safe and Effective Treatment for Length Unstable Pediatric Femur Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2020;40(7):e560–5. doi: [10.1097/BPO.0000000000001474](https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001474)
- Kawalkara A, Badole CM. Percutaneous titanium elastic nail for femoral shaft fracture in patient between 5 and 15 years. *Journal of Orthopaedics*. 2018;15(2):695–700. doi: [10.1016/j.jor.2018.05.019](https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.05.019)
- Yandiev SI, Gavryushenko NS, Rozinov VM, et al. Biomechanical characteristics of intramedullary osteosynthesis with elastic titanium rods in diaphyseal femur fractures in children. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2006;(1):29–33. (In Russ).
- Rozinov VM, Yandiyev SI, Chogovadze GA. Elastichno-stabil'nyy intramedullyarnyy osteosintez v lechenii detey s diafizarnymi perelomami bedrennoy kosti. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2010;(5):21–6. (In Russ).
- Sankar WN, Jones KJ, Horn BD, et al. Titanium elastic nails for pediatric tibial shaft fractures. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2007;1(5):281–6. doi: [10.1007/s11832-007-0056-y](https://doi.org/10.1007/s11832-007-0056-y)
- Sanders JO, Browne RH, Mooney JF, et al. Treatment of femoral fractures in children by pediatric orthopedists: results of a 1998 survey. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001;21(4):436–41.
- Sidorov SV, Lushnikov AM, Basargin DYU. Intramedullary osteosynthesis using titanium. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2017;21(2):98–101. (In Russ). doi: [10.18821/1560-9510-2017-21-2-98-101](https://doi.org/10.18821/1560-9510-2017-21-2-98-101)
- Busch MT, Perkins CA, Nickel BT, et al. A Quartet of Elastic Stable Intramedullary Nails for More Challenging Pediatric Femur Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2019;39(1):12–7. doi: [10.1097/BPO.0000000000001273](https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001273)
- Sidorov SV, Lushnikov AM, Basargin DYU, et al. Method of intramedullary osteosynthesis of femoral fractures in children. Patent RU No. 2019109219. 29.03.2019. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/11/21/3c/1ccd13b7f67769/RU2714441C1.pdf>. Accessed: 2022 April 04. (In Russ).
- Narayanan UG, Hyman JE, Wainwright AM, et al. Complications of elastic stable intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures, and how to avoid them. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2004;24(4):363–9. doi: [10.1097/00004694-200407000-00004](https://doi.org/10.1097/00004694-200407000-00004)
- Flynn JM, Hresko T, Reynolds RA, et al. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: a multicenter study of early results with analysis of complications. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001;21(1):4–8. doi: [10.1097/00004694-200101000-00003](https://doi.org/10.1097/00004694-200101000-00003)
- Sink EL, Gralla J, Repine M. Complications of Pediatric Femur Fractures Treated With Titanium Elastic Nails. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2005;25(5):577–80. doi: [10.1097/01.bpo.0000164872.44195.4f](https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000164872.44195.4f)

## Дополнительная информация

**Финансирование.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

**Этика.** Использованы данные пациента в соответствии с письменным информированным согласием.

**Информация об авторах:**

✉ *Шабалдин Никита Андреевич* — к.м.н., доцент, заведующий кафедрой детских хирургических болезней, SPIN: 6283-2581, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8628-5649>, e-mail: [shabaldin.nk@yandex.ru](mailto:shabaldin.nk@yandex.ru)

*Новгородцева Маргарита Викторовна* — ординатор кафедры травматологии и ортопедии, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3192-6346>, e-mail: [vic.makarjev@yandex.ru](mailto:vic.makarjev@yandex.ru)

**Вклад авторов:**

*Шабалдин Н. А.* — дизайн, проведение исследования, участие в написании всех разделов научной работы, редактирование текста, статистическая обработка данных.

*Новгородцева М. В.* — дизайн, проведение исследования, участие в написании всех разделов научной работы.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Funding.** The authors declare no funding for the study.

**Ethics.** The data is used in accordance with the informed consent of patient.

**Information about the authors:**

✉ *Nikita A. Shabaldin* — MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Pediatric Surgical Diseases, SPIN: 6283-2581, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8628-5649>, e-mail: [shabaldin.nk@yandex.ru](mailto:shabaldin.nk@yandex.ru)

*Margarita V. Novgorodtseva* — Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3192-6346>, e-mail: [vic.makarjev@yandex.ru](mailto:vic.makarjev@yandex.ru)

**Contribution of the authors:**

*Shabaldin N. A.* — design, research, participation in writing all sections of scientific work, text editing, statistical data processing

*Novgorodtseva M. V.* — design, research, participation in writing all sections of scientific work.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.