Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова
2023, №4, с. 33–41
https://doi.org/10.17116/hirurgia202304133

Pirogov Russian Journal of Surgery
2023, No. 4, pp. 33–41
https://doi.org/10.17116/hirurgia202304133

Факторы риска неблагоприятных отдаленных последствий перелома диафиза большеберцовой кости у детей

© А.О. ДЮТИН, Р.А. ШАКИРЬЯНОВ, А.С. СЕМЕНОВА, К.Д. КЯРУНЦ, В.А. ОСИПОВ

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия

Резюме

Цель исследования. Изучение разницы длины ног (РДН) и чрезмерного роста после перелома голени у детей и связанных с ним факторов риска.

Материал и методы. Рассмотрены данные о пациентах с переломом диафиза большеберцовой кости в период с января 2003 по ноябрь 2018 г. В исследование включены истории болезни 103 больных в возрасте до 14 лет. Методы лечения включали гипсование и внедрение титанового эластичного стержня (ТЭС). Для выявления факторов риска РДН 1 см и более и чрезмерного роста 1 см и более проведен логистический регрессионный анализ. Статистические анализы выполнены с использованием программного обеспечения SPSS для Windows.

Результаты. При анализе данных выявлены следующие результаты: пол (статистическая значимость p=0,014) и методы лечения (статистическая значимость p=0,011) наиболее сильно влияют на риск развития РДН и чрезмерного роста. У мальчиков риск развития РДН 1 см и более был в 7,4 раза выше, чем у девочек. У детей, перенесших внедрение ТЭС, в 4,3 раза выше риск РДН 1 см и более, чем у детей, перенесших гипсование. У мальчиков риск избыточного роста 1 см и более был в 5,4 раза выше, чем у девочек. У пациентов, перенесших внедрение ТЭС, риск избыточного роста 1 см и более был в 4,7 раза выше, чем у пациентов, перенесших гипсование.

Заключение. Необходимо учитывать возможность появления РДН и чрезмерного роста в педиатрических случаях перелома диафиза большеберцовой кости, особенно при установке ТЭС у мальчиков.

Ключевые слова: *перелом диафиза большеберцовой кости, избыточный рост, титановый эластичный стержень, гипсование, разная длина ног.*

Информация об авторах:
Дютин А.О. — https://orcid.org/0000-0001-7291-4504; e-mail: artdut@mail.ru
Шакирьянов Р.А. — https://orcid.org/0000-0002-3663-6516; e-mail: shakiryanov-rasul96@yandex.ru
Семенова А.С. — https://orcid.org/0000-0003-3123-2851; e-mail: semenova_x@mail.ru
Кярунц К.Д. — https://orcid.org/0000-0002-0950-178X; e-mail: kitya0501@rambler.ru
Осипов В.А. — https://orcid.org/0000-0002-2176-606X; e-mail: valentin199872@gmail.com
Автор, ответственный за переписку: Кярунц К.Д. — e-mail: kityaa0501@rambler.ru

Как цитировать:
Дютин А.О., Шакирьянов Р.А., Семенова А.С., Кярунц К.Д., Осипов В.А. Факторы риска неблагоприятных отдаленных последствий перелома диафиза большеберцовой кости у детей. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2023;4:33–41.
https://doi.org/10.17116/hirurgia202304133

Risk factors of adverse long-term consequences of tibial shaft fractures in children

© A.O. DYUTIN, R.A. SHAKIRYANOV, A.S. SEMENOVA, K.D. KYARUNTS, V.A. OSIPOV

Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

Abstract

Objective. To analyze leg length discrepancy and overgrowth after tibial shaft fractures in children.

Material and methods. We analyzed medical records of 103 patients younger 14 years old with tibial shaft fractures between January 2003 and November 2018. Treatment included plastering and insertion of titanium elastic nail. To identify the risk factors of leg length discrepancy ≥1 cm and overgrowth ≥1 cm, we performed logistic regression analysis. Statistical analysis was carried out using the SPSS software for Windows.

Results. Gender (p=0.014) and treatment methods (p=0.011) are the most significant predictors of leg length discrepancy and overgrowth. In boys, the risk of leg length discrepancy ≥1 cm was 7.4 times higher than in girls. The risk of leg length discrepancy ≥1 cm was 4.3 times higher after insertion of titanium elastic nail compared to plastering. The risk of overgrowth ≥1 cm was 5.4 times higher in boys than in girls. The risk of overgrowth ≥1 cm was 4.7 times higher after insertion of titanium elastic nail compared to plastering.

Conclusion. One should consider the risk of leg length discrepancy and overgrowth in children with tibial shaft fractures. This is especially true for boys undergoing insertion of titanium elastic nail.

Keywords: *tibial shaft fracture, overgrowth, titanium elastic nail, plastering, leg length discrepancy.*

Information about the authors:
Dyutin A.O. — https://orcid.org/0000-0001-7291-4504; e-mail: artdut@mail.ru
Shakiryanov R.A. — https://orcid.org/0000-0002-3663-6516; e-mail: shakiryanov-rasul96@yandex.ru
Semenova A.S. — https://orcid.org/0000-0003-3123-2851; e-mail: semenova_x@mail.ru
Kyarunts K.D. — https://orcid.org/0000-0002-0950-178X; e-mail: kitya0501@rambler.ru
Osipov V.A. — https://orcid.org/0000-0002-2176-606X; e-mail: valentin199872@gmail.com
Corresponding author: Kyarunts K.D. — e-mail: kityaa0501@rambler.ru

To cite this article:
Dyutin AO, Shakiryanov RA, Semenova AS, Kyarunts KD, Osipov VA. Risk factors of adverse long-term consequences of tibial shaft fractures in children. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2023;4:33–41. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia202304133

Введение

Переломы голени большеберцовой кости составляют около 1,1% всех переломов у детей и занимают второе место по распространенности переломов длинной кости у ребенка после переломов предплечья [1, 2]. Кроме того, переломы большеберцовой и малоберцовой костей составляют 21,5% госпитализаций при детских ортопедических травмах, это вторая по частоте травма после переломов бедренной кости [3]. У педиатрических пациентов с политравмой большеберцовая кость является третьим по частоте местом перелома после бедренной и плечевой костей [4, 5].

Закрытое вправление с последующим наложением гипса у детей — основной метод лечения перелома диафиза большеберцовой кости. Хирургические методы лечения включают внешнюю фиксацию, интрамедуллярную фиксацию гвоздями, скрещенную фиксацию проволокой Киршнера и пластинчатую фиксацию. Для интрамедуллярной фиксации в основном используются гибкие интрамедуллярные, такие как титановые эластичные, а не жесткие интрамедуллярные гвозди, чтобы предотвратить эпифизарные повреждения проксимального отдела большеберцовой кости. Методы лечения зависят от возраста, массы тела пациента, характера перелома и предпочтений хирурга [6—12].

Одним из распространенных последствий перелома голени у детей является разница длины ног (РДН) из-за чрезмерного роста поврежденной большеберцовой кости [13]. В ряде исследований по изучению биомеханических эффектов РДН, сообщалось о болях в спине, тазобедренных суставах и о стрессовых переломах как о нарушениях опорно-двигательного аппарата, связанных с РДН [14—16]. Показано также, что большая часть избыточного роста происходит в течение 18 мес после перелома и что средний избыточный рост на момент наблюдения составлял приблизительно 6 мм в случаях переломов голени большеберцовой кости [17]. Считается, что это связано с физиологическими процессами, обусловленными с посттравматической активацией зоны роста [18, 19].

В нескольких исследованиях изучались факторы риска, связанные с чрезмерным ростом после перелома шейки бедренной кости у детей, которые включали данные о возрасте, месте перелома и «трещиностойкости» [17, 20—26]. Однако в немногих исследованиях анализировались факторы риска развития РДН и чрезмерного роста после перелома голени у детей.

Цель исследования — изучение РДН и чрезмерного роста после перелома голени у детей и связанных с ним факторов риска.

Материал и методы

В исследовании рассмотрены данные о пациентах с переломом диафиза большеберцовой кости в период с января 2003 по ноябрь 2018 г. Изучены истории болезни 103 пациентов в возрасте до 14 лет (средний возраст 7 лет; 75 мальчиков, 28 девочек) с односторонним переломом голени большеберцовой кости. Минимальный период наблюдения после перелома составил 24 мес. РДН рассчитывали как разницу между длинами поврежденной и неповрежденной конечностей. Избыточный рост пациентов рассчитывали, добавляя расстояние укороченного места перелома к РДН. Факторы риска оценивали у пациентов с РДН менее 1 см и 1 см и более и избыточным ростом менее 1 см и 1 см и более.

Критерием исключения являлось наличие: 1) двустороннего перелома диафиза большеберцовой кости, 2) ипсилатерального или контралатерального перелома нижних конечностей или 3) патологического перелома из-за врожденного ложного сустава большеберцовой кости, церебрального паралича, опухоли или несовершенного остеогенеза.

При изучении медицинских карт получена такая информация, как пол, возраст, индекс массы тела пациента (ИМТ), продолжительность наблюдения, сторона поврежденной конечности, механизм травмы и метод лечения. Механизмы повреждения поделены на высоко- и низкоэнергетические. Дорожно-транспортные происшествия и падения с высоты определялись как высокоэнергетические травмы, а поскальзывание и падение с уровня земли — как низкоэнергетические травмы. Всех пациентов лечили 2 детских хирурга-ортопеда. Методы лечения включали гипсование и внедрение титанового эластичного стержня (ТЭС).

Хирургические манипуляции

Все хирургические манипуляции проводили под общей анестезией. Сломанные конечности очищали и бинтовали в положении больного лежа на спине. Установку ТЭС выполняли антеградными методами посредством закрытых манипуляций под рентгеноскопией с С-дугой. Для предотвращения повреждения проксимального отдела сломанной большеберцовой кости медиальные и латеральные проксимальные точки входа были установлены в дистальном положении от проксимального эпифиза. Производили продольный разрез кожи длиной 2—3 см в качестве точки входа, затем шилом делали кортикальные отверстия. Два ТЭС диаметром, соответствующим 80% заполнению канала на уровне перешейка, были надлежащим образом согнуты и введены в латеральную и медиальную точки входа. При подтверждении репозиции перелома с помощью рентгеноскопии с С-дугой ТЭС продвигали к дистальной стороне перелома. После подтверждения вправления перелома и размещения ТЭС под рентгеноскопическим контролем кончики их были согнуты и срезаны с поверхности кости.

Рентгенологические измерения

Рентгенограммы пациентов выполнены на рентгеновском аппарате UT 2000 («Philips Research», Эйндховен, Нидерланды) в соответствии с протоколом: переднезадняя и боковая рентгенограммы включали большеберцовую кость в целом (от колена до щиколотки), при этом луч фокусировали на средней части кости. Для оценки длины конечности получали телерентгенограмму путем вертикального ввода горизонтального центрального луча на высоту надколенника и вертикального луча на срединную линию. В сроки до 2 лет после травмы телерентгенограмму делали регулярно 1 раз в год, так как большая часть изменений возникает в течение 2 лет после травмы. В последующем при РДН 1 см и более телерентгенограмму рекомендуется проводить регулярно 1 раз в 1—2 года. В противном случае по желанию родителей принимали решение о регулярном осмотре. Все рентгенографические изображения получают в цифровом виде с использованием системы архивирования и передачи изображений (PACS, «Infinitt», Сеул, Южная Корея), а рентгенографические измерения выполняют с использованием программного обеспечения PACS.

Локализацию перелома и стабильность перелома определяли по предоперационным переднезадним и боковым рентгенограммам поврежденной большеберцовой кости. Локализация переломов классифицирована следующим образом: проксимальная треть, средняя треть и дистальная треть. Переломы были разделены на стабильные и нестабильные по длине переломы в зависимости от стабильности перелома. Поперечные и короткие косые переломы классифицированы как стабильные по длине переломы, длинные косые, спиральные и оскольчатые переломы — как переломы с нестабильностью длины. Длинные косые переломы определяли, когда угол между линией перелома и линией, перпендикулярной длинной оси большеберцовой кости, составлял более 30°. На послеоперационных переднезадних и боковых рентгенограммах большеберцовой кости измеряли укорочение в месте перелома.

Длину всей конечности измеряли по телерентгенограмме, выполненной во время последнего наблюдения, от вершины головки бедренной кости до центра большеберцового плафона. РДН измеряли как длину поврежденной конечности минус длину неповрежденной конечности. Избыточный рост рассчитывали, добавляя укорочение места перелома к РДН. Чтобы исследовать факторы риска РДН и избыточного роста, мы разделили пациентов на пациентов с РДН менее 1 см или РДН 1 см и более и пациентов с избыточным ростом менее 1 см или 1 см и более.

Статистические методы

Выполнен описательный статистический анализ, включающий среднее значение, стандартное отклонение и пропорцию для обобщения демографических данных пациентов. Сравнение переменных между группами проводили с использованием критерия Стьюдента и критерия χ^2. Многомерный логистический регрессионный анализ проведен для выявления факторов риска РДН 1 см и более и чрезмерного роста 1 см и более у детей с переломом диафиза большеберцовой кости. Все статистические анализы выполнены с использованием программного обеспечения SPSS для Windows (версия 25.0; SPSS, Inc.; Чикаго, Иллинойс, США), статистическая значимость принята при $p<0,05$.

Результаты

Всего в анализ были включены 103 пациента с переломом диафиза большеберцовой кости. Средний возраст больных на момент перелома составил 7,2±3,3 года, мальчиков было 75 (72,8%), девочек — 28 (27,2%).

Зарегистрировано 6 (5,8%) переломов проксимальной трети диафиза большеберцовой кости, 40 (38,8%) переломов средней трети и 57 (55,4%) переломов дистальной трети. У 24 (23,3%) пациентов перелом был стабильным по длине, у 79 (76,7%) пациентов — нестабильным. Выявлено 66 (64,1%) высокоэнергетических и 37 (35,9%) низкоэнергетических механизмов повреждения перелома. Средняя продолжительность наблюдения составила 3,9±2,0 года.

Таблица 1. **Сводная демографическая информация о пациентах**
Table 1. **Demographic data of patients**

Параметр	Данные
Пол (мужской/женский)	75/28
Возраст, годы	7,1±3,3 (1—13,6)
Индекс массы тела, кг/м^2	19,5±4,3
Стороны конечностей (правая/левая)	53/50
Место перелома (проксимальная треть/средняя треть/дистальная треть)	6/40/57
Вовлечение малоберцовой кости (да/нет)	43/60
Стабильность (стабильная длина/нестабильная длина)	24/79
Механизм повреждения (высоко-/низкоэнергетический)	66/37
Длительность наблюдения, годы	3,9±2,0 (от 2 до 13)
Лечение (гипс/ТЭС)	64/39
Укорочение места перелома, мм	0,8±1,5
РДН >1 см (да/нет)	24/79
Рост >1 см (да/нет)	27/76

Гипсование и установка ТЭС выполнены 64 (62,1%) и 39 (37,9%) пациентам соответственно для лечения перелома диафиза большеберцовой кости. Средняя длина укорочения участка перелома после лечения составила 0,8±1,5 мм. Средний РДН и средний избыточный рост составили 5,6±7,7 мм (95% ДИ 4,1—7,1) и 6,4±7,6 мм (95% ДИ 4,9—7,9) соответственно. Из 103 пациентов у 24 (23,3%) РДН был 1 см и более, у 27 (26,2%) — избыточный рост 1 см и более **(табл. 1)**. У 5 (4,9%) пациентов РДН составляла более 2 см, у 7 (6,0%) пациентов разрастание превышало 2 см. Трем пациентам выполнен эпифизеодез, 1 — удлинение большеберцовой кости аппаратом Илизарова. Одному пациенту провели гемиэпифизиодез по поводу посттравматической вальгусной деформации коленного сустава.

Существовали значительные различия по полу (p=0,018), возрасту (p=0,041), степени поражения малоберцовой кости (p=0,005), механизму травмы (p=0,006) и методам лечения (p<0,001) между пациентами с РДН менее 1 см и РДН 1 см и более. Однако существенных различий в ИМТ, стороне конечностей, локализации перелома, стабильности перелома и продолжительности наблюдения между двумя группами не отмечено **(табл. 2)**.

Существовали значительные различия по полу (p=0,029), степени поражения малоберцовой кости (p=0,002), механизму повреждения (p=0,008) и методам лечения (p<0,001) между пациентами с избыточным ростом менее 1 см и пациентами с избыточным ростом 1 см и более. Однако существенных различий в возрасте, ИМТ, стороне конечностей, локализации перелома, стабильности перелома и продолжительности наблюдения между двумя группами не найдено **(табл. 3)**.

Отмечены значительные различия в возрасте (p=0,041), степени поражения малоберцовой кости (p<0,001) и механизме повреждения (p<0,001) между пациентами, получавшими гипсовую повязку, и пациентами с ТЭС. Однако между двумя группами не выявлено существенных различий по полу, ИМТ, стороне конечностей, локализации перелома, стабильности перелома и продолжительности наблюдения **(табл. 4)**.

Многофакторный логистический регрессионный анализ показал, что пол (p=0,014) и методы лечения (p=0,011) были факторами риска, связанными с РДН 1 см и более после перелома диафиза большеберцовой кости у детей. У мальчиков риск развития РДН 1 см и более был в 7,4 раза выше, чем у девочек. У детей, перенесших установку ТЭС, в 4,3 раза выше риск РДН 1 см и более, чем у детей, перенесших гипсование. Однако другие переменные, включая возраст, место пере-

Таблица 2. **Сравнение переменных между пациентами с РДН <1 см и пациентами с РДН ≥1 см**
Table 2. **Comparison of patients with leg length discrepancy <1 cm and ≥1 cm**

Параметр	РДН <1 см (n=79)	РДН ⩾1 см (n=24)	p
Пол (мужской/женский)	53/26	22/2	0,018
Возраст, годы	6,8±3,6	8,0±2,0	0,041
Индекс массы тела, кг/м^2	19,4±3,7	20,3±5,6	0,380
Стороны конечностей (правая/левая)	40/39	13/11	0,762
Место перелома (проксимальная треть/средняя треть/дистальная треть)	6/26/47	0/14/10	0,051
Вовлечение малоберцовой кости (да/нет)	27/52	16/8	0,005
Стабильность (стабильная длина/нестабильная длина)	17/62	7/17	0,438
Механизм повреждения (высоко-/низкоэнергетический)	45/34	21/3	0,006
Длительность наблюдения, годы	3,9±2,1	4,1±1,7	0,670
Лечение (гипс/ТЭС)	57/22	7/17	<0,001

Таблица 3. **Сравнение переменных между пациентами с избыточным ростом менее 1 см и пациентами с избыточным ростом 1 см и более**
Table 3. **Comparison of patients with overgrowth <1 cm and ≥1 cm**

Параметр	Рост менее 1 см (*n*=76)	Рост 1 см и более (*n*=27)	*p*
Пол (мужской/женский)	51/25	24/3	0,029
Возраст, годы	6,8±3,6	7,9±2,3	0,052
Индекс массы тела, кг/м^2	19,3±3,7	19,8±5,5	0,687
Стороны конечностей (правая/левая)	37/39	16/11	0,345
Место перелома (проксимальная треть/средняя треть/дистальная треть)	6/25/45	0/15/12	0,062
Вовлечение малоберцовой кости (да/нет)	25/51	18/9	0,002
Стабильность (стабильная длина/нестабильная длина)	17/59	7/20	0,707
Механизм повреждения (высоко-/низкоэнергетический)	43/33	23/4	0,008
Длительность наблюдения, годы	3,9±2,1	4,0±1,7	0,904
Лечение (гипс/ТЭС)	56/20	8/19	<0,001

Таблица 4. **Сравнение переменных между пациентами, получавшими гипсовую повязку, и пациентами с ТЭС**
Table 4. **Comparison of patients undergoing plastering and insertion of titanium elastic nail**

Параметр	Гипс (*n*=64)	ТЭС (*n*= 39)	*p*
Пол (мужской/женский)	46/18	29/10	0,783
Возраст, годы	6,8±3,6	8,0±2,0	0,041
Индекс массы тела (кг/м^2)	19,4±3,7	20,3±5,6	0,380
Стороны конечностей (правая/левая)	31/33	22/17	0,432
Место перелома (проксимальная треть/средняя треть/дистальная треть)	6/21/37	0/19/20	0,066
Вовлечение малоберцовой кости (да/нет)	15/49	28/11	<0,001
Стабильность (стабильная длина/нестабильная длина)	13/51	11/28	0,358
Механизм повреждения (высокая энергия/низкая энергия)	30/34	36/3	<0,001
Длительность наблюдения, годы	3,9±2,1	4,1±1,7	0,670
РДН более 1 см (да/нет)	7/57	17/22	<0,001
Рост более 1 см (да/нет)	8/56	19/20	<0,001

Таблица 5. **Факторы риска РНД (≥1 см) после перелома диафиза большеберцовой кости у детей**
Table 5. **Risk factors of leg length discrepancy ≥1 cm after tibial shaft fractures in children**

Параметр	B	exp (B)	95% ДИ для опыта (B)	*p*
Пол	2,003	7,410	1,499—36,620	0,014
Возраст	–0,157	0,855	0,686—1,033	0,164
Место перелома				
Проксимальная треть	–18,195	0	0	0,999
Средняя треть	0,941	0,278	От 0,075 до 1,027	0,102
Дистальная треть (эталон)				
Вовлечение малоберцовой кости	0,924	2,521	0,775—8,201	0,125
Механизм повреждения высокоэнергетический против низкоэнергетического	1,261	3,529	0,834—14,939	0,087
Лечебный гипс против ТЭС	1,468	4,341	1,394—13,516	0,011

лома, вовлечение малоберцовой кости и механизм повреждения, не связаны с РДН 1 см и более после перелома диафиза большеберцовой кости у детей **(табл. 5)**.

Кроме того, пол (p=0,030) и методы лечения (p<0,001) были факторами риска, связанными с избыточным ростом 1 см и более после перелома диафиза большеберцовой кости у детей. У мальчиков риск избыточного роста 1 см и более был в 5,4 раза выше, чем у девочек. У пациентов, перенесших внедрение ТЭС, риск избыточного роста 1 см и более был в 4,7 раза выше, чем у пациентов, перенесших гипсование. Однако другие переменные, включая возраст, место перелома, вовлечение малоберцовой кости и механизм повреждения, не связаны с избы-

Таблица 6. **Факторы риска избыточного роста (≥1 см) после перелома диафиза большеберцовой кости у детей**
Table 6. **Risk factors of overgrowth ≥1 cm after tibial shaft fractures in children**

Параметр	B	Exp (B)	95% ДИ для Exp (B)	*p*
Пол	1,689	5,413	1,321—22,185	0,019
Возраст	–0,150	0,861	0,699—1,060	0,258
Место перелома				
Проксимальная треть	–18,676	0	0	0,999
Средняя треть	0,787	2,197	0,751—6,426	0,211
Дистальная треть (эталон)				
Вовлечение малоберцовой кости	0,978	2,660	0,872—8,117	0,086
Механизм повреждения высокоэнергетический против низкоэнергетического	0,962	2,618	0,678—10,102	0,136
Лечебный гипс против ТЭС	1,560	4,760	1,578—14.356	0,006

точным ростом 1 см и более после перелома диафиза большеберцовой кости у детей **(табл. 6)**.

Обсуждение

В целом РДН признается результатом избыточного роста сломанной большеберцовой или бедренной кости [13]. Если РДН при зрелости скелета превышает или ожидается, что он превысит 2—2,5 см, следует рассмотреть возможность проведения процедур выравнивания длины, таких как эпифизеодез или удлинение конечности [27]. Таким образом, клинически важно определить факторы риска РДН и избыточного роста после перелома диафиза большеберцовой кости у детей. Это исследование показало, что РДН и избыточный рост после переломов диафиза большеберцовой кости у детей в значительной степени связаны с полом и методами лечения. Пациенты, пролеченные с использованием ТЭС, имели большую РДН и избыточный рост, чем пациенты, получавшие гипсовую повязку, причем мальчики демонстрировали большую РДН и избыточный рост по сравнению с девочками.

В ряде исследований сообщается о избыточном росте и его факторах риска после перелома диафиза бедренной кости у детей [17, 22—24]. Обнаружено, что нестабильный по длине перелом, низкое отношение диаметра используемого при лечении стержня к диаметру канала и более молодой возраст связаны с избыточным ростом после перелома диафиза бедренной кости у детей.

Проведено только 2 исследования, изучающих РДН и избыточный рост после перелома диафиза большеберцовой кости у детей. Оценен избыточный рост у детей, получавших консервативное лечение переломов бедренной и большеберцовой костей [17], обнаружен больший объем избыточного роста у более молодых пациентов, чем у пациентов через 5 лет после консервативного лечения. Кроме того, большая частота роста отмечена при диафизарных переломах с большим исходным смещением, со значительным угловым отклонением и налеганием костных отломков. Исследование РДН у 27 пациентов с гибкими интрамедуллярными стержнями при переломах бедренной и большеберцовой костей [13] показало, что более молодой возраст на момент травмы статистически значимо связан с риском возникновения РДН.

В этом исследовании пол и методы лечения были значимым фактором для РДН 1 см и более и избыточного роста 1 см и более после перелома диафиза большеберцовой кости у детей. У мальчиков отмечен в 7,4 раза более высокий риск наличия РДН 1 см и более и в 5,4 раза более высокий риск избыточного роста 1 см и более, чем у девочек. Более того, все 5 пациентов с РДН более 2 см и 7 пациентов с избыточным ростом более 2 см были мальчики. Можно предположить, что гиперемия приводит к стимуляции роста, что в большей степени влияет на относительно бездействующую зону роста мальчиков [28]. Кроме того, высокоэнергетические травмы чаще встречаются у относительно активных мальчиков по сравнению с девочками, и со временем хирургическое лечение, такое как установка ТЭС, может стать более частым, чем лечение с применением гипсовой повязки. Это может быть причиной высокого риска РДН и избыточного роста у мальчиков. Тем не менее исследование показало, что мальчики имели большую РДН (3,0 мм) и избыточный рост (2,6 мм) по сравнению с девочками, и эта разница не является клинически значимой проблемой.

Пациенты, леченые с использованием ТЭС, имели в 4,3 раза более высокий риск развития РДН 1 см и более и в 4,7 раза более высокий риск избыточного роста 1 см и более, чем пациенты, получавшие гипсовую повязку. Четверо из 5 пациентов с РДН более 2 см изначально получали ТЭС, а 1 — гипсовую повязку. Шестеро из 7 пациентов с избыточным ростом более 2 см изначально лечились с использованием ТЭС, а 1 — с использованием гипсовой повязки. Халанский и соавт. провели исследование на животных, чтобы изучить связь между разрушением надкостницы и разрастанием после переломов длинных

костей [29]. Они проанализировали темпы роста после выполнения процедур по разрушению периостальных волокон на большеберцовой кости кроликов с незрелым скелетом и показали, что после периостальных процедур происходит ускорение роста как проксимальной, так и дистальной большеберцовых пластинок роста. Как правило, при лечении переломов диафиза большеберцовой кости у детей со смещением проводят хирургическое лечение с помощью ТЭС, а не консервативное лечение с гипсовой повязкой. Смещение места перелома может привести к нарушению надкостницы; следовательно, целесообразно наблюдать РДН и избыточный рост у пациентов, получавших лечение с использованием ТЭС, а не гипсование.

Не отмечено существенной разницы в результатах между консервативным лечением и оперативным лечением с эластичным стабильным интрамедуллярным стержнем для пациентов с незрелым скелетом, у которых были смещенные переломы большеберцовой кости, но не связанные переломы малоберцовой кости [30]. Применение эластичных стабильных интрамедуллярных стержней при переломах диафиза большеберцовой кости со смещением у детей и подростков в возрасте 11 лет и старше и массой тела 50 кг и более не приводило к ухудшению исходов [31]. Результаты исследования также показали, что возраст, ИМТ и наличие поражения малоберцовой кости не были факторами риска РДН и избыточного роста у детей с переломом диафиза большеберцовой кости.

Исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, минимальная продолжительность наблюдения за группой пациентов составила 24 мес, что могло повлиять на результаты исследования. Однако не выявлено существенной разницы в продолжительности наблюдения между пациентами с РДН менее 1 см и 1 см и более, а также между пациентами с чрезмерным ростом менее 1 см и 1 см и более. Анализ показал, что продолжительность наблюдения не связана с РДН и чрезмерным ростом после переломов голени у детей. Необходимы дальнейшие долгосрочные последующие исследования.

Во-вторых, исследование включало установку ТЭС в качестве хирургического метода лечения, но не другие методы фиксации, такие как внешняя фиксация. Исследование показало, что РДН и избыточный рост чаще возникают у пациентов, леченных с использованием ТЭС, по сравнению с пациентами, получающими гипсовую повязку, хотя при применении ТЭС сообщается о меньшем количестве осложнений, чем при других методах (фиксация пластинами, внешняя фиксация) [32, 33]. Необходимы дальнейшие исследования, включающие пациентов, получавших лечение с использованием других хирургических методов.

В-третьих, исследуемая группа пациентов, получавших гипсовую повязку и леченных с использованием ТЭС, неоднородна (64 против 39) из-за ретроспективного характера этого исследования, что может быть влиять на результаты исследования. Чтобы контролировать систематическую ошибку, проведен многофакторный анализ для выявления факторов риска. Из этого можно сделать вывод, что исследование может дать клинически значимые результаты.

В-четвертых, в исследование вошли пациенты в возрасте до 14 лет; таким образом, возрастной диапазон был широким. Степень избыточного роста может варьировать в зависимости от остаточного потенциала роста с момента травмы. Однако многофакторный анализ показал, что возраст не связан с риском РДН или чрезмерным ростом, возникающим после переломов диафиза большеберцовой кости в педиатрических случаях. Необходимо дальнейшее исследование с узким кругом возрастных групп.

Заключение

У пациентов, перенесших установку ТЭС, наблюдали более выраженные РДН и избыточный рост, чем у пациентов, которым наложили гипсовую повязку, при этом у мальчиков зарегистрированы более выраженные РДН и избыточный рост, чем у девочек. Однако трудно сказать, имеют ли результаты клиническую значимость, поскольку различия в РДН и избыточном росте не были статистически значимыми между полами и методами лечения. Тем не менее, поскольку родителям пациентов детского возраста трудно смириться даже с небольшим РДН или чрезмерным ростом в результате перелома, хирургам необходимо учитывать возможность РДН и чрезмерного роста в педиатрических случаях перелома диафиза большеберцовой кости, особенно при установке ТЭС у мальчиков.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Дорохин А.И., Адрианова А.А., Худик В.И., Сорокин Д.С., Горюнов А.К. Особенности лечения детей с переломами дистального метаэпифиза костей голени: клинические наблюдения. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2020;4.
Dorohin AI, Adrianova AA, Hudik VI, Sorokin DS, Goryunov AK. Osobennosti lecheniya detej s perelomami distal'nogo metaepifiza kostej goleni: klinicheskie nablyudeniya. *Rossijskij vestnik detskoj hirurgii, anesteziologii i reanimatologii*. 2020;4. (In Russ.). https://doi.org/10.17816/psaic717

2. Naranje SM, Erali RA, Warner WC Jr, Sawyer JR, Kelly DM. Epidemiology of pediatric fractures presenting to emergency departments in the United States. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(4):45-48. https://doi.org/10.1186/s12887-022-03199-0
3. Ситник А.А. Диагностика и лечение переломов дистального отдела большеберцовой кости. *Медицинские новости*. 2013;7(226). Sitnik AA. Diagnostika i lechenie perelomov distal'nogo otdela bol'shebercovoj kosti. *Medicinskie novosti*. 2013;7(226). (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-i-lechenie-perelomov-distalnogo-otdela-bolshebertsovoy-kosti
4. Федоров В.Г. Импрессионные деформации большеберцовой кости при переломах лодыжек. *Гений ортопедии*. 2011;1. Fedorov VG. Impressionnye deformacii bol'shebercovoj kosti pri perelomah lodyzhek. *Genij ortopedii*. 2011;1. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/impressionnye-deformatsii-bolshebertsovoy-kosti-pri-perelomah-lodyzhek
5. Raducha JE, Swarup I, Schachne JM, Cruz AI Jr, Fabricant PD. Tibial shaft fractures in children and adolescents. *JBJS Rev*. 2019;7(2):e4. https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.18.00047
6. Раянов Н.В., Вертячих А.Ю., Раянов Р.Н., Александров В.В. Успешное лечение остеобластокластомы эпиметафиза правой бедренной кости у девочки 5 лет. *Вестник СурГУ. Медицина*. 2021;1(47). Rayanov NV, Vertyachih AYu, Rayanov RN, Aleksandrov VV. Uspeshnoe lechenie osteoblastoklastomy epimetafiza pravoj bedrennoj kosti u devochki 5 let. *Vestnik SurGU. Medicina*. 2021;1(47). (In Russ.). https://doi.org/10.34822/2304-9448-2021-1-55-58
7. Heo J, Oh CW, Park KH, Kim JW, Kim HJ, Lee JC, Park IH. Elastic nailing of tibia shaft fractures in young children up to 10 years of age. *Injury*. 2016;47(4):832-836. https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.10.024
8. Горбатов Р.О., Павлов Д.В., Малышев Е.Е. Современное оперативное лечение переломов лодыжек и их последствий (обзор). *Соврем. технол. мед*. 2015;2. Gorbatov RO, Pavlov DV, Malyshev EE. Sovremennoe operativnoe lechenie perelomov lodyzhek i ih posledstvij (obzor). *Sovrem. tekhnol. med*. 2015;2. (In Russ.). https://doi.org/10.17691/stm2015.7.2.20
9. Мацукатов Ф.А., Мартель И.И. Диагностика ротационных смещений при переломах костей голени. *Гений ортопедии*. 2013;3. Macukatov FA, Martel' II. Diagnostika rotacionnyh smeshchenij pri perelomah kostej goleni. *Genij ortopedii*. 2013;3. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-rotatsionnyh-smescheniy-pri-perelomah-kostey-goleni
10. Блинов А.В., Саликов А.Н., Корнаев А.С., Лазишвили Г.Д., Шукюр-заде Э.Р. Оперативное лечение переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости с применением блокируемых пластин и биокомпозитных материалов. *Вестник РГМУ*. 2012;1. Blinov AV, Salikov AN, Kornaev AS, Lazishvili GD, SHukyur-zade ER. Operativnoe lechenie perelomov distal'nogo metaepifiza bol'shebercovoj kosti s primeneniem blokiruemyh plastin i biokompozitnyh materialov. *Vestnik RGMU*. 2012;1. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/operativnoe-lechenie-perelomov-distalnogo-metaepifiza-bolshebertsovoy-kosti-s-primeneniem-blokiruemyh-plastin-i-biokompozitnyh
11. Patel NK, Horstman J, Kuester V, Sambandam S, Mounasamy V Pediatric tibial shaft fractures. *Indian J Orthop*. 2018;52(5):522-528. https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_486_17
12. Uludag A, Tosun HB. Treatment of unstable pediatric tibial shaft fractures with titanium elastic nails. *Medicina*. 2019;55(6):266. https://doi.org/10.3390/medicina55060266
13. Lee SH, Hong JY, Bae JH, Park JW, Park JH. Factors related to leg length discrepancy after flexible intramedullary nail fixation in pediatric lower-extremity fractures. *J Pediatr Orthop B*. 2015;24(3):246-250. https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000153
14. Khamis S, Carmeli E. The effect of simulated leg length discrepancy on lower limb biomechanics during gait. *Gait Posture*. 2018;61:73-80. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.024
15. Rannisto S, Okuloff A, Uitti J, Paananen M, Rannisto PH, Malmivaara A, Karppinen J. Leg-length discrepancy is associated with low back pain among those who must stand while working. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015. https://doi.org/10.1186/s12891-015-0571-9
16. Campbell TM, Ghaedi BB, Tanjong Ghogomu E, Welch V. Shoe lifts for leg length discrepancy in adults with common painful musculoskeletal conditions: a systematic review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(5):981-993e2. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.10.027
17. Резник Л.Б., Здебский И.П. Хирургическое лечение внутрисуставных переломов проксимального отдела большеберцовой кости. *Гений ортопедии*. 2009;1. Reznik LB, Zdebskij IP. Hirurgicheskoe lechenie vnutrisustavnyh perelomov proksimal'nogo otdela bol'shebercovoj kosti. *Genij ortopedii*. 2009;1. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/hirurgicheskoe-lechenie-vnutrisustavnyh-perelomov-proksimalnogo-otdela-bolshebertsovoy-kosti
18. Janezic G, Widni EE, Haxhija EQ, Stradner M, Frohlich E, Weinberg AM. Proliferation analysis of the growth plate after diaphyseal midshaft fracture by 5'-bromo-2'-deoxy-uridine. *Virchows Arch*. 2010;457(1):77-85. https://doi.org/10.1007/s00428-010-0932-6
19. Кочиш А.Ю., Беленький И.Г., Кислицын М.А., Майоров Б.А. Анатомо-клиническое обоснование заднего хирургического доступа для остеосинтеза при переломах задних отделов латерального мыщелка большеберцовой кости. *Гений ортопедии*. 2020;4. Kochish AYu, Belen'kij IG, Kislicyn MA, Majorov BA. Anatomo-klinicheskoe obosnovanie zadnego hirurgicheskogo dostupa dlya osteosinteza pri perelomah zadnih otdelov lateral'nogo myshchelka bol'shebercovoj kosti. *Genij ortopedii*. 2020;4. (In Russ.). https://doi.org/10.18019/1028-4427-2020-26-4-461-470
20. Тырцева Е.С., Бурлаков Э.В. Особенности фиксации аппаратом Илизарова фрагментов большеберцовой кости при спиральном переломе (экспериментальное исследование). *Гений ортопедии*. 2003;1. Tyrceva ES, Burlakov EV. Osobennosti fiksacii apparatom Ilizarova fragmentov bol'shebercovoj kosti pri spiral'nom perelome (eksperimental'noe issledovanie). *Genij ortopedii*. 2003;1. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-fiksatsii-apparatom-ilizarova-fragmentov-bolshebertsovoy-kosti-pri-spiralnom-perelome-eksperimentalnoe-issledovanie
21. Park KH, Park BK, Oh CW, Kim DW, Park H, Park KB. Overgrowth of the femur after internal fixation in children with femoral shaft fracture—a multicenter study. *J Orthop Trauma*. 2020;34(3):90-95. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001652
22. Park SS, Noh H, Kam M. Risk factors for overgrowth after flexible intramedullary nailing for fractures of the femoral shaft in children. *Bone Joint J*. 2013;95-B(2):254-258. https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B2.29491
23. Dai CQ, Yang J, Guo XS, Sun LJ. Risk factors for limb overgrowth after the application of titanium elastic nailing in the treatment of pediatric femoral fracture. *J Orthop Sci*. 2015;20(5):844-848. https://doi.org/10.1007/s00776-015-0739-z
24. Артемьев А.А., Брижань Л.К., Давыдов Д.В., Ивашкин А.Н., Григорьев М.А., Хассан Мохаммед Х.Ю., Кашуб А.М., Гянджалиев Р.А. Остеосинтез по илизарову как самодостаточный метод лечения переломов костей голени. *Политравма*. 2021;1. Artem'ev AA, Brizhan' LK, Davydov DV, Ivashkin AN, Grigor'ev MA, Hassan Mohammed HYu, Kashub AM, Gyandzhaliev RA. Osteosintez po ilizarovu kak samodostatochnyj metod lecheniya perelomov kostej goleni. *Politravma*. 2021;1. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/osteosintez-po-ilizarovu-kak-samodostatochnyy-metod-lecheniya-perelomov-kostey-goleni/viewer
25. Слободской А.Б., Барабаш А.П. Перелом межмыщелкового возвышения большеберцовой кости как причина нестабильности в коленном суставе. *Гений ортопедии*. 2006;1. Slobodskoj AB, Barabash AP. Perelom mezhmyshchelkovogo vozvysheniya bol'shebercovoj kosti kak prichina nestabil'nosti v kolennom sustave. *Genij ortopedii*. 2006;1. (In Russ.). https://cyberleninka.ru/article/n/perelom-mezhmyschelkovogo-vozvysheniya-bolshebertsovoy-kosti-kak-prichina-nestabilnosti-v-kolennom-sustave
26. Hariga H, Mousny M, Docquier PL. Leg length discrepancy following femoral shaft fracture in children: clinical considerations and recommendations. *Acta Orthop Belg*. 2011;77(6):782-787. https://www.researchgate.net/publication/221809114_Leg_length_discrepancy_following_femoral_shaft_fracture_in_children_Clinical_considerations_and_recommendations

27. Herring JA, Tachdjian MO. *Tachdjian's pediatric orthopaedics*. 3rd edn. Saunders, Philadelphia. 2002.

28. Криворотько М.С., Родионова С.С., Буклемишев Ю.В. Перестроечный перелом дистального метаэпифиза большеберцовой кости как редкое осложнение интрамедуллярного остеосинтеза с блокированием. *Гений ортопедии*. 2020;4.
Krivorot'ko MS, Rodionova SS, Buklemishev YuV. Perestroechnyj perelom distal'nogo metaepifiza bol'shebercovoj kosti kak redkoe oslozhnenie intramedullyarnogo osteosinteza s blokirovaniem. *Genij ortopedii*. 2020;4. (In Russ.).
https://doi.org/10.18019/1028-4427-2020-26-4-579-584

29. Sabharwal S. CORR insights: periosteal fiber transection during periosteal procedures is crucial to accelerate growth in the rabbit model. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474(4):1038-1040.
https://doi.org/10.1007/s11999-015-4682-2

30. Canavese F, Botnari A, Andreacchio A, Marengo L, Samba A, Dimeglio A, Pereira B, Mansour M, Rousset M. Displaced tibial shaft fractures with intact fibula in children: nonoperative management versus operative treatment with elastic stable intramedullary nailing. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(7):667-672.
https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000528

31. Marengo L, Paonessa M, Andreacchio A, Dimeglio A, Potenza A, Canavese F. Displaced tibia shaft fractures in children treated by elastic stable intramedullary nailing: results and complications in children weighing 50 kg (110 lb) or more. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2016;26(3):311-317.
https://doi.org/10.1007/s00590-015-1729-8

32. Розинов В.М., Яндиев С.И., Колягин Д.В. Медицинские технологии лечения детей с диафизарными переломами большеберцовой кости. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2016;3.
Rozinov VM, Yandiev SI, Kolyagin DV. Medicinskie tekhnologii lecheniya detej s diafizarnymi perelomami bol'shebercovoj kosti. *Rossijskij vestnik detskoj hirurgii, anesteziologii i reanimatologii*. 2016;3. (In Russ.).
https://cyberleninka.ru/article/n/meditsinskie-tehnologii-lecheniya-detey-s-diafizarnymi-perelomami-bolshebertsovoy-kosti

33. Shen K, Cai H, Wang Z, Xu Y. Elastic stable intramedullary nailing for severely displaced distal tibial fractures in children. *Medicine*. 2016;95(39):e4980.
https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004980

Поступила 21.07.2022
Received 21.07.2022
Принята к печати 06.09.2022
Accepted 06.09.2022