

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

# Ультразвуковая диагностика повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей средней и старшей возрастной группы: проспективное сравнительное исследование

А.И. Дорохин<sup>1</sup>, А.А. Адрианова<sup>1</sup>, С.А. Дроздов<sup>2</sup>, Н.И. Карпович<sup>3</sup>, В.А. Мальчевский<sup>4</sup><sup>1</sup> НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Детская городская клиническая больница им. З.А. Башляевой, Москва, Российская Федерация;<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация;<sup>4</sup> Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Диагностика и определение тактики лечения повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей — одна из важных проблем в педиатрической практике. Общепринятые алгоритмы и стандарты обследования, разработанные для взрослых пациентов, не могут быть применены к детям. Связочный аппарат у детей намного более эластичный, а тибιοфибулярное пространство меньше, что существенно затрудняет диагностический поиск.

**Цель.** Создать диагностический алгоритм обследования пациентов средней и старшей возрастной группы с повреждениями области голеностопного сустава.

**Материалы и методы.** Для создания диагностического алгоритма была поставлена задача определить, является ли ультразвукографический стресс-тест наружной ротации стопы, используемый во взрослой практике, актуальным для пациентов с закрывающимися и закрытыми зонами роста. Сформированы 2 открытые когорты пациентов средней и старшей возрастной группы. В 1-ю когорту включены дети с закрывающейся зоной роста дистального отдела большеберцовой кости в возрасте от 11 до 14 лет, во 2-ю — пациенты с закрытой зоной роста возрастом от 15 до 17 лет. Критерием включения послужило отсутствие травм исследуемого голеностопного сустава и соответствие индекса массы тела возрастной норме. В ходе исследования мы оценивали степень эластичности передней большеберцово-малоберцовой связки при помощи ультразвука, используя стресс-тест наружной ротации стопы.

**Результаты.** Установлено, что вариабельность межберцового пространства при выполнении стресс-теста наружной ротации стопы у детей с закрывающейся зоной роста составляет в среднем 3,035 мм, а у детей с закрытой зоной роста — 2,319 мм. Полученные данные свидетельствуют о высокой степени эластичности передней большеберцово-малоберцовой связки в отличие от взрослых пациентов, где эта структура более ригидна. При наличии болевого синдрома у ребёнка активное мышечное сопротивление делает пробу внутренней ротации малоэффективной, а избыточная эластичность структуры в области здорового сустава не даёт правильного сравнительного результата для оператора.

**Заключение.** Использование пробы с внутренней ротацией для диагностики повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей с закрывающимися и закрытыми зонами роста ограничено, и оператору необходимо полагаться на другие эхо-признаки повреждения этой структуры.

**Ключевые слова:** дети; травма; голеностопный сустав; дистальный межберцовый синдесмоз; ультразвукография.

## Как цитировать:

Дорохин А.И., Адрианова А.А., Дроздов С.А., Карпович Н.И., Мальчевский В.А. Ультразвуковая диагностика повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей средней и старшей возрастных групп: проспективное сравнительное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 3. С. 259–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

doi: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

# Features of ultrasound diagnostic syndesmotic ankle injuries in middle and older children: prospective comparative study

Alexandr I. Dorokhin<sup>1</sup>, Anastasia A. Adrianova<sup>1</sup>, Sergey A. Drozdov<sup>2</sup>, Nikolai I. Karpovich<sup>3</sup>, Vladimir A. Malchevskii<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Bashlyaeva Children's City Hospital, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Diagnostics and treatment of syndesmotic ankle injuries in children is one of the important problems in pediatrics. The generally accepted examination algorithms and standards developed for adult patients do not apply to children. The ligamentous apparatus in children is much more elastic, and the tibiofibular space is smaller, which significantly complicates the diagnostic search.

**OBJECTIVE:** This study aimed to create a diagnostic algorithm for examining middle and older children with ankle joint injuries.

**MATERIALS AND METHODS:** To create a diagnostic algorithm, whether the ultrasonographic stress test of external foot rotation in adult practice is relevant for patients with closed growth zones was investigated. Two open cohorts of middle and older children were formed. The first cohort included children aged 11–14 years with a closed growth zone of the distal tibia, and the second cohort included children aged 15–17 years with a closed growth zone. The inclusion criteria were the absence of injuries of the studied ankle joint and the correspondence of the body mass index to the age norm.

**RESULTS:** The variability of the tibiofibular space during the stress test of external foot rotation in children with a closing growth zone averages 3.035 mm and in children with a closed growth zone was 2.319 mm. Data indicate a high degree of elasticity of the anterior tibial–peroneal ligament in children in contrast to adults in whom this structure is more rigid. In children experiencing pain, active muscle resistance makes the test of internal rotation ineffective, and excessive elasticity of the structure in the area of a healthy joint does not give a correct comparative result for the operator.

**CONCLUSION:** The use of a test with internal rotation for diagnosing damage to the distal tibiofibular syndesmosis in children with closing and closed growth zones is limited, and the operator must rely on other ultrasound signs of damage to this structure.

**Keywords:** children; trauma; ankle joint; distal tibiofibular syndesmosis; ultrasonography.

## To cite this article:

Dorokhin AI, Adrianova AA, Drozdov SA, Karpovich NI, Malchevskii VA. Features of ultrasound diagnostic syndesmotic ankle injuries in middle and older children: prospective comparative study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(3):259–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto108189>

## ОБОСНОВАНИЕ

Вопрос диагностики и лечения повреждений области голеностопного сустава у детей остаётся открытым ввиду незрелости анатомических структур и наличия связочно-сумочного аппарата, стабилизирующего голеностопный сустав [1, 2]. По данным американского регистра, переломы области голеностопного сустава в структуре переломов различной локализации у детей встречаются с частотой до 15% [3]. Официальные статистические данные по этой локализации в Российской Федерации отсутствуют. Однако, согласно отчётам травматологического отделения Детской городской клинической больницы им. З.А. Башляевой (Москва) за 2020–2021 гг., переломы этой области встречаются в 52% случаев в структуре всех переломов костей голени у детей. Переломы нередко сопровождаются повреждением капсулы сустава и связочного аппарата, среди которых до 1% приходится на повреждения дистального межберцового синдесмоза [4]. Дистальный межберцовый синдесмоз представлен передней большеберцово-малоберцовой связкой, соединяющей бугорок Charut большеберцовой кости и бугорок Wagstaffe малоберцовой кости, а также ассоциирован с задней большеберцово-малоберцовой связкой, соединяющей бугорок Volkman и наружную лодыжку [5]. Поскольку связочный аппарат у детей более эластичен по сравнению со взрослыми пациентами, в педиатрической практике преимущественно встречается не разрыв межберцового синдесмоза, а перелом авульсионного характера с отрывом бугорков Charut или Wagstaffe [5, 6]. У детей с закрывающейся зоной роста наиболее типичным авульсионным переломом оказывается перелом Tillaux–Charut, возникающий в результате супинационно-инверсионного механизма травмы [7]. Однако повреждения и разрывы межберцового синдесмоза у детей с закрывающейся и закрытой зоной роста чаще возникают при наличии чрез- и надсиндесмозного перелома малоберцовой кости в результате пронации и наружной ротации стопы [8–10].

Сбор анамнеза, клинический осмотр, а также использование лучевых и сонографических методов исследования позволяют поставить правильный диагноз и определить оптимальную тактику лечения [11]. Однако в связи с процессами физиологического закрытия зон роста, латерализации и наружной ротации латеральной лодыжки межберцовое расстояние на рентгенограммах в синдесмозной проекции оказывается в видимых пределах нормы, и повреждения или разрывы дистального межберцового синдесмоза остаются недиагностированными [12]. Кроме того, связочный аппарат у детей более эластичный, и в результате одного и того же механизма травмы, морфологические составляющие повреждения у ребёнка не соответствуют тяжести повреждений, встречающихся во взрослой практике [13]. Таким образом, применяемые у взрослых пациентов диагностические алгоритмы и тактика лечения повреждений дистального межберцового синдесмоза не могут быть

в полной мере использованы в педиатрической практике, так как анатомически у детей не закончено формирование костных и мягкотканых структур.

Не диагностированный вовремя разрыв дистального межберцового синдесмоза, неправильно выбранная тактика лечения могут привести к его неполному восстановлению и появлению нестабильности в голеностопном суставе. Нестабильность в голеностопном суставе является одной из причин развития хронического болевого синдрома, снижения физической активности и, в конечном итоге, формирования посттравматического артроза, который возникает при повреждениях связочного аппарата в 16% случаев [14, 15].

**Цель исследования** — создать диагностический алгоритм обследования пациентов средней и старшей возрастной группы с повреждениями области голеностопного сустава.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено проспективное сравнительное исследование.

### Условия проведения

Исследование выполнено на базе Детской городской клинической больницы им. З.А. Башляевой (Москва) с сентября по декабрь 2021 года.

### Критерии соответствия

*Критерии включения:*

- возраст пациентов в 1-когорте от 11 до 14 лет, во 2- — от 15 до 17 лет;
- наличие закрытой или закрывающейся зоны роста для каждой из исследуемых когорт;
- отсутствие травм изучаемого голеностопного сустава в анамнезе;
- соответствие индекса массы тела ребёнка возрастной норме.

*Критерии исключения:*

- наличие системных заболеваний опорно-двигательного аппарата;
- сопутствующие ортопедические патологии, связанные с диспластическим синдромом.

### Тестируемые диагностические методы

Для создания диагностического алгоритма была разработана морфофункциональная классификация повреждений области голеностопного сустава. Учтён механизм травмы и морфологические характеристики переломов у детей с закрытыми и закрывающимися зонами роста. Наиболее тяжёлым повреждением у детей с закрывающейся зоной роста является внутрисуставной нестабильный трёхплоскостной перелом большеберцовой кости в сочетании с надсиндесмозным переломом малоберцовой кости, полученным в результате пронационно-эверсионного

механизма. При таком типе перелома с учётом разработанной нами классификации мы чаще всего наблюдали повреждения дистального межберцового синдесмоза. У детей с закрытой зоной роста разрыв дистального межберцового синдесмоза встречался в случае с переломами медиальной лодыжки, заднего края большеберцовой кости и диафизарным переломом малоберцовой кости.

Разработанная нами рабочая классификация повреждений области голеностопного сустава у детей средней и старшей возрастной группы учитывает механизм травмы и тяжесть повреждения, а также морфологические особенности переломов, позволяя определить диагностический алгоритм и тактику лечения. В процессе создания диагностического алгоритма в качестве одного из способов дополнительного обследования была выбрана ультразвуковая (УЗ) диагностика, которая считается методом выбора, поскольку повреждённые мягкотканые структуры находятся поверхностно. Кроме того, сонографические методы исследования не требуют дополнительной подготовки и транспортировки пациента, являются безопасными и высокоэффективными [16, 17].

Основная проблема в диагностике повреждений связочно-сумочного аппарата области голеностопного сустава — определение критерия полного или частично повреждения дистального межберцового синдесмоза, поскольку из-за анатомических особенностей голеностопного сустава ребёнка многие параметры, в частности наличие зоны роста, степень эластичности связочного аппарата, положение наружной лодыжки относительно эпифиза большеберцовой кости, не соответствуют такому у взрослых пациентов [4].

Нами была поставлена задача определить возрастную норму степени эластичности передней большеберцовой-малоберцовой связки у детей с закрывающейся и с закрытой зоной роста. Для этого был выбран один из основных критериев эластичности передней большеберцовой-малоберцовой связки по данным УЗ-диагностики — изменение межберцового расстояния при выполнении стресс-теста наружной ротации стопы [18].

### Анализ в подгруппах

В 1-ю когорту пациентов вошли дети с закрывающимися зонами роста в возрасте от 11 до 14 лет. Поскольку процесс физиологического закрытия зоны роста дистального отдела костей голени у детей разных полов происходит в разные возрастные промежутки, среди пациентов в возрасте 14 лет с закрывающимися зонами роста девочек не было, пациенток в возрасте 13 лет было 4 человека. Во 2-ю когорту вошли дети в возрасте от 15 до 17 лет с закрытыми зонами роста.

### Регистрация результатов применения диагностических тестов

Диагностические тесты проводили с использованием ультразвукографического оборудования Toshiba

Arlio 500 (Япония), выбран линейный датчик с частотой 13 МГц.

### Описание методики проведения ультрасонографического исследования голеностопного сустава с использованием теста наружной ротации стопы

Пациент находится на кушетке в положении лёжа на спине, коленный сустав исследуемой конечности согнут до 90°, подошвенная поверхность стопы касается кушетки, стопа плотно фиксирована. Датчик расположен вдоль оси передней большеберцовой-малоберцовой связки в проекции межберцового промежутка по переднелатеральной поверхности на 1 см выше уровня голеностопного сустава. После измерения межберцового расстояния в покое пациент выполняет тыльное сгибание в голеностопном суставе, не отрывая пяточного бугра от поверхности кушетки, и максимально ротировать стопу наружу, оператор, поддерживая необходимое положение стопы и не меняя положения датчика, фиксирует ультрасонографическое изображение. Положение маркёров должно быть симметричным. После выполнения измерений в 2 положениях рассчитывают разницу между полученными величинами. Искомая разница отражает степень эластичности передней большеберцовой-малоберцовой связки в разных возрастных группах.

### Этическая экспертиза

Проведение исследования одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (протокол № 06/19 от 16.12.2019).

### Статистический анализ

Результаты исследования статистически обработаны с применением пакета прикладных программ Statistica v. 7.0 (StatSoft Inc., США). Оценку нормальности распределения выборки проводили при помощи критерия Шапиро–Уилка, рассчитаны нормальные и относительные показатели вариации. Для оценки различий между двумя выборками использован тест Манна–Уитни–Вилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

Для выполнения поставленной задачи нами были сформированы 2 открытые когорты пациентов с закрытыми и закрывающимися зонами роста. Общее число пациентов в каждой из когорт — 30 человек. В 1-ю когорту вошли 19 мальчиков и 11 девочек в возрасте от 11 до 14 (средний возраст 12 лет), во 2-ю были включены 15 девочек и 15 мальчиков в возрасте от 15 до 17 (средний возраст 16). Всего в исследовании приняли участие 60 человек.

## Основные результаты исследования

Среднее значение величин, отражающих степень эластичности передней большеберцово-малоберцовой связки в 1-й когорте больных, составило 3,035 мм. Этот показатель у детей с закрытыми зонами роста оказался равен 2,319 мм. Распределение величин в обеих когортах было нормальным, полученные данные однородны, имеют малую вариацию. Критерий Манна–Уитни–Вилкоксона находился в зоне значимости, что свидетельствует о значительной разнице в эластичности передней большеберцово-таранной связки у детей с закрытой и закрывающейся зоной роста (табл. 1).

## Клиническое наблюдение

Пациентка А.А., 13 лет, диагноз: «Закрытый эпифизарный перелом переднего бугорка правой большеберцовой кости со смещением. Разрыв дистального межберцового синдесмоза». Ребёнок поступил в отделение спустя 3 нед с момента травмы с жалобами на боль при ходьбе и чувство нестабильности в правом голеностопном суставе. Травма получена в результате непрямого супинационно-инверсионного механизма. Первоначально пациентке поставлен диагноз: «Дисторсия связочного аппарата правого голеностопного сустава», рекомендована иммобилизация на 2 нед полужёстким ортезом. Клинически наблюдали пастозность в области правого голеностопного сустава, локальную болезненность при пальпации. Для определения повреждения межберцового синдесмоза использовали клинические тесты: тест сжатия и тест внутренней ротации стопы. Оба теста оказались положительными. Пациентке было выполнено рентгенологическое исследование в прямой и боковой проекции (рис. 1). Для уточнения наличия повреждения межберцового синдесмоза дополнительно сделаны рентгенологические снимки в синдесмозной

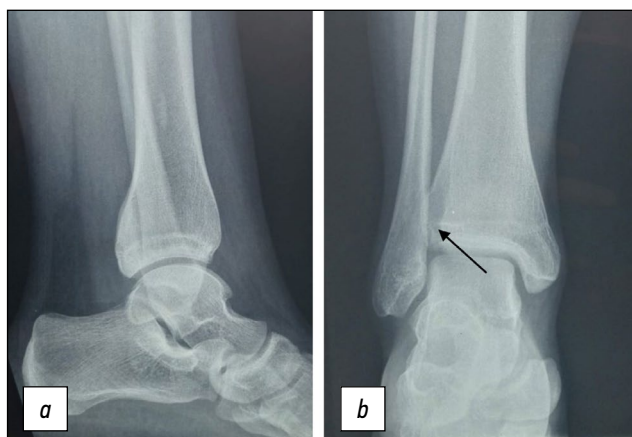


Рис. 1 (а, б). Рентгенограммы пациентки А.А. в прямой и боковой проекции. Перелом переднего бугорка правой большеберцовой кости со смещением.

Fig. 1 (a, b). X-ray of the patient AA in frontal and lateral side. Epiphyseal fracture of the anterior tubercle of the right tibia with displacement.

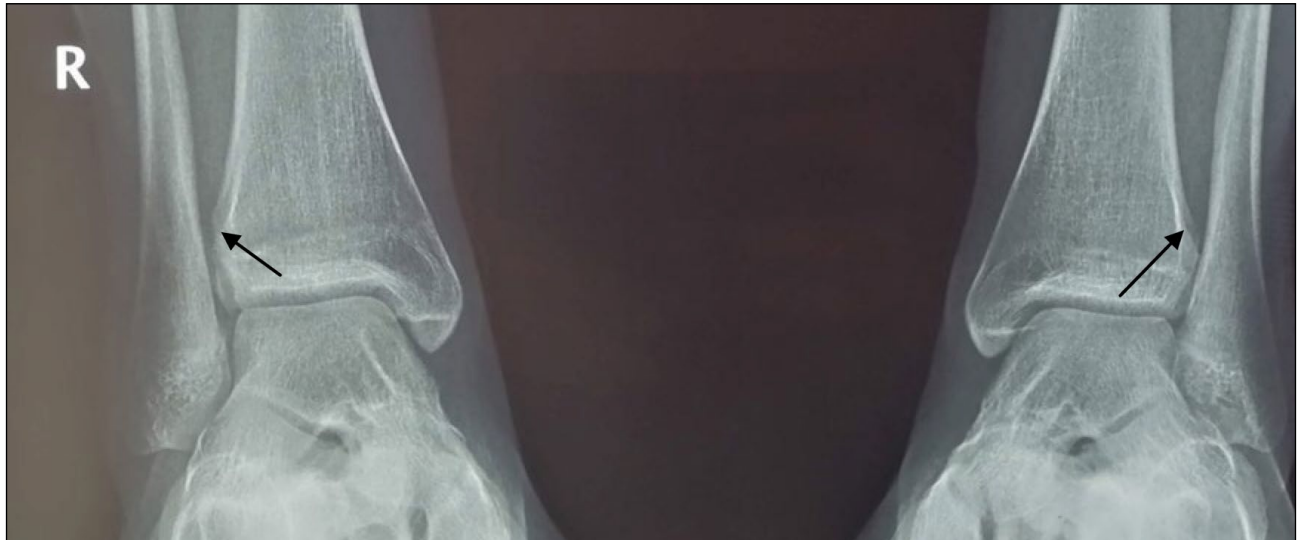
Таблица 1. Результаты исследования (межберцовое расстояние в мм каждого пациента и статистическая обработка полученных данных)

Table 1. Study results (tibial distance in mm for each patient and statistical processing)

	Пациенты средней возрастной группы, $n=30$ ( $\Sigma - n$ ) <sup>2</sup>	Пациенты старшей возрастной группы, $n=30$ ( $\Sigma - n$ ) <sup>2</sup>
1	3,12 (0,0071)	2,29 (0,0008)
2	2,91 (0,0156)	2,34 (0,0004)
3	3,04 (0,0000)	2,37 (0,0026)
4	2,89 (0,0210)	2,39 (0,0005)
5	3,11 (0,0056)	2,29 (0,0008)
6	3,05 (0,0002)	2,35 (0,0010)
7	2,96 (0,0056)	2,30 (0,0004)
8	2,98 (0,0030)	2,36 (0,0017)
9	3,21 (0,0306)	2,31 (0,0001)
10	3,14 (0,0110)	2,33 (0,0001)
11	2,98 (0,0030)	2,35 (0,0010)
12	3,01 (0,0006)	2,37 (0,0026)
13	2,95 (0,0072)	2,31 (0,0001)
14	3,15 (0,0132)	2,26 (0,0035)
15	3,11 (0,0056)	2,34 (0,0004)
16	3,02 (0,0002)	2,29 (0,0008)
17	3,08 (0,0020)	2,28 (0,0015)
18	2,94 (0,0090)	2,29 (0,0008)
19	3,18 (0,0210)	2,30 (0,0004)
20	3,12 (0,0072)	2,27 (0,0024)
21	3,02 (0,0002)	2,29 (0,0008)
22	2,89 (0,0210)	2,27 (0,0024)
23	2,94 (0,0090)	2,31 (0,0001)
24	3,05 (0,0002)	2,38 (0,0037)
25	3,11 (0,0056)	2,33 (0,0001)
26	3,01 (0,0006)	2,30 (0,0004)
27	2,99 (0,0020)	2,37 (0,0026)
28	3,00 (0,0012)	2,29 (0,0008)
29	3,18 (0,0210)	2,28 (0,0015)
30	2,91 (0,0156)	2,36 (0,0017)
$\Sigma$	3,0350	2,3190
$W$ ( $p=0,05$ )	0,9270	0,9240
$\sigma$ ( $p=0,05$ )	0,0905	0,0368
$U$ ( $p \leq 0,05$ )	338	338

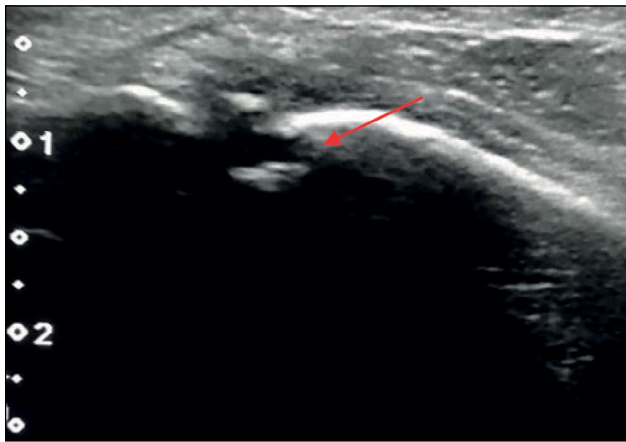
Примечание.  $W$  — критерий Шапиро–Уилка,  $\Sigma$  — среднее арифметическое значение,  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение,  $U$  — критерий Манна–Уитни–Вилкоксона;  $(\Sigma - n)^2$  — среднеквадратическое отклонение.

Note.  $W$  — Shapiro–Wilk test,  $\Sigma$  — the arithmetic mean,  $\sigma$  — deviation,  $U$  — Mann–Whitney–Wilcoxon test;  $(\Sigma - n)^2$  — standard deviation.



**Рис. 2.** Рентгенограммы пациентки А.А. в синдесмозной проекции под нагрузкой по сравнению со здоровым суставом. Увеличение межберцового расстояние справа.

**Fig. 2.** X-ray of the patient AA in syndesmotic side underweight compared to a healthy joint. Increased tibiofibular distance to the right.



**Рис. 3.** Ультразвуковое исследование дистального межберцового синдесмоза пациентки А.А. Костный фрагмент и признаки разрыва связки.

**Fig. 3.** Ultrasound examination of distal tibiofibularis ligaments. Bone fragment and signs of ligament rupture.

проекции в сравнении со здоровым суставом под нагрузкой (рис. 2). В связи с тем, что клинически и рентгенологически обнаружили признаки повреждения межберцового синдесмоза, для уточнения характера повреждения использовали метод УЗ-диагностики. Обнаружены свободный костный фрагмент в проекции межберцового промежутка и наличие анэхогенных включений в области вплетения связки, что служит достоверным признаком разрыва. Поскольку были найдены достоверные признаки разрыва, и имелся выраженный болевой синдром, проба с наружной ротацией стопы не проводилась (рис. 3).

Для уточнения величины и степени смещения свободного костного фрагмента выполнена компьютерная томография (рис. 4). Свободный костный фрагмент оказался бугорком переднего края большеберцовой кости, в связи с его небольшими размерами было принято решение произвести малоинвазивную межберцовую фиксацию



**Рис. 4 (a, b).** Компьютерная томография голеностопного сустава пациентки А.А. Свободный костный фрагмент, увеличение межберцового расстояния справа.

**Fig. 4 (a, b).** Computer tomography of the ankle joint of patient AA. Bone fragment and Increased tibiofibular distance to the right.

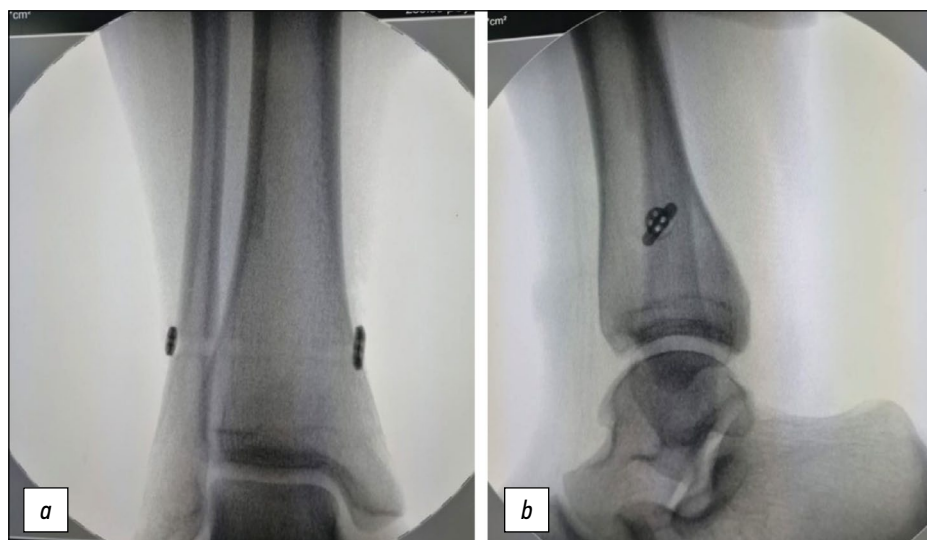


Рис. 5 (a, b). Рентгенограммы голеностопного сустава пациентки А.А. после лечения.

Fig. 5 (a, b). Ankle joint X-rays of patient AA after treatment.

синдесмозной системой. Через 4 нед функция конечности полностью восстановилась (рис. 5).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

По итогам статистического анализа результатов измерений установлено, что использование пробы с внутренней ротацией для диагностики повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей с закрывающимися и закрытыми зонами роста ограничено, и оператору необходимо полагаться на другие эхо-признаки повреждения этой структуры.

### Обсуждение основного результата исследования

Для верификации наличия повреждения дистального межберцового синдесмоза необходимо собрать анамнез, уточнив, в результате какого механизма была получена травма, выполнить необходимые диагностические тесты и рентгенологическое исследование. Однако до 20% повреждений дистального межберцового синдесмоза могут быть пропущены из-за стёртой клинической картины, так как выполнение клинических тестов происходит в покое, а боль и нестабильность в голеностопном суставе могут беспокоить только при нагрузке [19]. Рентгенологическое исследование служит первым этапом в диагностике синдесмотических повреждений, но, в отличие от взрослых пациентов, у детей свободное тибιοфибулярное пространство меньше, имеется зона роста, не закончено полное формирование наружной лодыжки, что затрудняет диагностический поиск [20]. Магнитно-резонансная томография (МРТ) служит методом выбора у взрослых пациентов, у детей же она имеет ограниченную эффективность в связи с необходимостью длительного сохранения

неподвижного состояния, трудностью транспортировки и невозможностью применения в качестве скринингового теста. УЗ-диагностика лишена таких недостатков и, в отличие от МРТ, позволяет выполнить стресс-тесты в режиме реального времени для дополнительной верификации степени повреждения [21]. Кроме того, по данным Р. Milz и соавт., по сравнению с МРТ метод УЗ-диагностики при верификации повреждения передней большеберцовой-малоберцовой связки имеет чувствительность 66%, специфичность 91%, прогностическую ценность положительного результата 86%, что свидетельствует о высокой его эффективности [22].

Несмотря на высокую эффективность и простоту использования сонографии в исследованиях поверхностных структур голеностопного сустава, методика исследования, используемая во взрослой практике, может оказаться неэффективной по отношению к детям. Так, например, у взрослых пациентов при выполнении диагностического стресс-теста наружной ротации стопы тибιοфибулярное пространство остаётся ригидным и составляет в среднем 0,3 мм [23]. У детей такая структура намного более эластична, что затрудняет постановку диагноза.

### Ограничения исследования

На конечный результат исследования могли повлиять обстоятельства, связанные с ограниченным числом пациентов в выбранных когортах, точностью измерений в связи с погрешностью частоты УЗ-датчика, а также наличием нескольких операторов, проводивших исследование по представленной методике.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании диагностического алгоритма обследования детей средней и старшей возрастной группы

с травмами области голеностопного сустава необходимо учитывать наличие комплексного повреждения, включающее повреждение не только костных, но и мягкотканых структур. Дистальный межберцовый синдесмоз является одной из самых уязвимых структур области голеностопного сустава, требующей отдельного подхода в лечении. Диагностика повреждения и разрыва дистального межберцового синдесмоза в детском возрасте имеет свои особенности ввиду общей незрелости скелета, и данных клинического и рентгенологического исследования для определения тактики лечения зачастую оказывается недостаточно. Метод УЗ-диагностики неинвазивен, не несёт лучевой нагрузки и может быть использован как способ скрининга при большом потоке пациентов, а его эффективность сравнима с таковой МРТ. Однако в связи с анатомо-физиологическими особенностями детского организма протокол УЗИ не может быть идентичным протоколу для взрослых пациентов. Так, в результате нашего исследования установлена высокая мобильность межберцового пространства при выполнении стресс-теста внутренней ротации стопы у детей средней и старшей возрастной группы в отличие от взрослых пациентов. При наличии повреждения в области голеностопного сустава возникает выраженный болевой синдром, что приводит к рефлекторному повышению мышечного тонуса. Активное мышечное сопротивление делает пробу внутренней ротации малоэффективной, а избыточная эластичность структуры в области здорового сустава не даёт правильного сравнительного результата для оператора. Таким образом, использование пробы с внутренней ротацией

для диагностики повреждений дистального межберцового синдесмоза у детей с закрывающимися и закрытыми зонами роста ограничено, и оператору необходимо полагаться на другие эхо-признаки повреждения этой структуры.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

**Funding source.** Not specified.

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

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

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patients' for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Rammelt S., Godoy-Santos A.L., Schneiders W., et al. Foot and ankle fractures during childhood: review of the literature and scientific evidence for appropriate treatment // *Rev Bras Ortop.* 2016. Vol. 51, N 6. P. 630–639. doi: 10.1016/j.rboe.2016.09.001
- Стужина В.Т., Савиных Т.О. Особенности клиники и диагностики капсульно-связочного аппарата голеностопного сустава у детей и подростков // *Детская хирургия.* 2013. № 3. С. 49–53.
- Su A.W., Larson A.N. Pediatric Ankle Fractures: Concepts and Treatment Principles // *Foot Ankle Clin.* 2015. Vol. 20, N 4. P. 705–719. doi: 10.1016/j.fcl.2015.07.004
- Kramer D.E., Cleary M.X., Miller P.E., et al. Syndesmosis injuries in the pediatric and adolescent athlete // *J Child Orthop.* 2017. Vol. 11, N 1. P. 57–63. doi: 10.1302/1863-2548.11.160180
- Franz P., Luderowski E., Tuca M. Tibial tubercle avulsion fractures in children // *Curr Opin Pediatr.* 2020. Vol. 32, N 1. P. 86–92. doi: 10.1097/MOP.0000000000000870
- Ali Al-Ashhab M.E., Mahmoud Mohamed A.A. Treatment for displaced Tillaux fractures in adolescent age group // *Foot Ankle Surg.* 2020. Vol. 26, N 3. P. 295–298. doi: 10.1016/j.fas.2019.04.001
- Yuan Q., Guo Z., Wang X., et al. Concurrent ipsilateral Tillaux fracture and medial malleolar fracture in adolescents: management and outcome // *J Orthop Surg Res.* 2020. Vol. 15, N 1. P. 423. doi: 10.1186/s13018-020-01961-7
- Birch J.G., Herring J.A., Wenger D.R. Surgical anatomy of selected physes // *J Pediatr Orthop.* 1984. Vol. 4, N 2. P. 224–231. doi: 10.1097/01241398-198403000-00011
- Pakarinen H. Stability-based classification for ankle fracture management and the syndesmosis injury in ankle fractures due to a supination external rotation mechanism of injury // *Acta Orthop Suppl.* 2012. Vol. 83, N 347. P. 1–26. doi: 10.3109/17453674.2012.745657
- Дорохин А.И., Адрианова А.А., Худик В.И., и др. Особенности лечения детей с переломами дистального метаэпифиза костей голени: клинические наблюдения // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2020. Т. 10, № 4. С. 453–460. doi: 10.17816/psaic71
- Дорохин А.И., Крупаткин А.И., Адрианова А.А., и др. Закрытые переломы дистального отдела костей голени. Разнообразие форм и лечения (на примере старших возрастных групп). Ближайшие результаты // *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация.* 2021. Т. 3, № 1. С. 11–23. doi: 10.36425/rehab63615



12. Nault M., Hébert-Davies J., Yen Y., et al. Variation of Syndesmosis Anatomy With Growth // *J Pediatr Orthop*. 2016. Vol. 36, N 4. P. e41–e44. doi: 10.1097/BPO.0000000000000566
13. Швед С.И., Насыров М.З. Лечение больных с остеоэпифизеолизми дистального отдела голени методом чрезкостного остеосинтеза. Курган, 2012.
14. Santos A.L.G., Demange M.K., Prado M.P., et al. Cartilage lesions and ankle osteoarthritis: review of the literature and treatment algorithm // *Rev Bras Ortop*. 2014. Vol. 49, N 6. P. 565–572. doi: 10.1016/j.rboe.2014.11.003
15. Wasik J., Stoltny T., Leksowska-Pawliczek M. Ankle Osteoarthritis — Arthroplasty or Arthrodesis? // *Ortop Traumatol Rehabil*. 2018. Vol. 20, N 5. P. 361–370. doi: 10.5604/01.3001.0012.7282
16. Сапожникова Н.И. Возрастные изменения эхографической картины костей, суставов у детей // *Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения*. 2016. Т. 26, № 4. С. 57–60.
17. Takakura Y., Yamaguchi S., Akagi R., et al. Diagnosis of avulsion fractures of the distal fibula after lateral ankle sprain in children: a diagnostic accuracy study comparing ultrasonography with radiography // *BMC Musculoskelet Disord*. 2020. Vol. 21, N 1. P. 276. doi: 10.1186/s12891-020-03287-1
18. Mei-Dan O., Kots E., Barchilon V., et al. A dynamic ultrasound examination for the diagnosis of ankle syndesmotic injury in professional athletes: a preliminary study // *Am J Sports Med*. 2009. Vol. 37, N 5. P. 1009–1016. doi: 10.1177/0363546508331202
19. Shore B.J., Kramer D.E. Management of Syndesmotic Ankle Injuries in Children and Adolescents // *J Pediatr Orthop*. 2016. Vol. 36, Suppl. 1. P. S11–S114. doi: 10.1097/BPO.0000000000000767
20. Lurie B.M., Bomar J.D., Edmonds E.W., et al. Functional Outcomes of Unstable Ankle Fractures in Adolescents // *J Pediatr Orthop*. 2020. Vol. 40, N 7. P. e572–e578. doi: 10.1097/BPO.0000000000001481
21. Kellett J.J., Lovell G.A., Eriksen D.A., Sampson M.J. Diagnostic imaging of ankle syndesmosis injuries: A general review // *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2018. Vol. 62, N 2. P. 159–168. doi: 10.1111/1754-9485.12708
22. Milz P., Milz S., Steinborn M., et al. Lateral ankle ligaments and tibiofibular syndesmosis. 13-MHz high-frequency sonography and MRI compared in 20 patients // *Acta Orthop Scand*. 1998. Vol. 69, N 1. P. 51–55. doi: 10.3109/17453679809002357
23. Mei-Dan O., Carmont M., Laver L., et al. Standardization of the functional syndesmosis widening by dynamic US examination // *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2013. N 5. P. 9. doi: 10.1186/2052-1847-5-9

## REFERENCES

1. Rammelt S, Godoy-Santos AL, Schneiders W, et al. Foot and ankle fractures during childhood: review of the literature and scientific evidence for appropriate treatment. *Rev Bras Ortop*. 2016;51(6):630–639. doi: 10.1016/j.rboe.2016.09.001
2. Stuzhina VT, Savinykh TO. Anatomical and functional characteristics of capsular and ligaments of ankle joint in children and adolescents, clinical, diagnostic damages. *Detskaya khirurgiya*. 2002;3:49–53. (In Russ).
3. Su AW, Larson AN. Pediatric Ankle Fractures: Concepts and Treatment Principles. *Foot Ankle Clin*. 2015;20(4):705–719. doi: 10.1016/j.fcl.2015.07.004
4. Kramer DE, Cleary MX, Miller PE, et al. Syndesmosis injuries in the pediatric and adolescent athlete. *J Child Orthop*. 2017;11(1):57–63. doi: 10.1302/1863-2548.11.160180
5. Franz P, Luderowski E, Tuca M. Tibial tubercle avulsion fractures in children. *Curr Opin Pediatr*. 2020;32(1):86–92. doi: 10.1097/MOP.0000000000000870
6. Ali Al-Ashhab ME, Mahmoud Mohamed AA. Treatment for displaced Tillaux fractures in adolescent age group. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(3):295–298. doi: 10.1016/j.fas.2019.04.001
7. Yuan Q, Guo Z, Wang X, et al. Concurrent ipsilateral Tillaux fracture and medial malleolar fracture in adolescents: management and outcome. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):423. doi: 10.1186/s13018-020-01961-7
8. Birch JG, Herring JA, Wenger DR. Surgical anatomy of selected physes. *J Pediatr Orthop*. 1984;4(2):224–231. doi: 10.1097/01241398-198403000-00011
9. Pakarinen H. Stability-based classification for ankle fracture management and the syndesmosis injury in ankle fractures due to a supination external rotation mechanism of injury. *Acta Orthop Suppl*. 2012;83(347):1–26. doi: 10.3109/17453674.2012.745657
10. Dorokhin AI, Adrianova AA, Khudik VI, et al. Features of treatment in children with fractures of the distal metaphysis of the shin bones: cases report. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2020;10(4):453–460. (In Russ). doi: 10.17816/psaic717
11. Dorokhin AI, Krupatkin AI, Adrianova AA, et al. Closed Fractures of the Distal Part of the Shin Bones. Different Types and Methods of the Treatment in Adolescence. Short Period Results. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2021;3(1):11–23. doi: 10.36425/rehab63615
12. Nault M, Hébert-Davies J, Yen Y, et al. Variation of Syndesmosis Anatomy With Growth. *J Pediatr Orthop*. 2016;36(4):e41–e44. doi: 10.1097/BPO.0000000000000566
13. Shved SI, Nasyrov MZ. *Lechenie bol'nykh s osteoepifizeolizami distal'nogo otdela goleni metodom chrezkocnoogo osteosinteza*. Kurgan; 2012. (In Russ).
14. Santos ALG, Demange MK, Prado MP, et al. Cartilage lesions and ankle osteoarthritis: review of the literature and treatment algorithm. *Rev Bras Ortop*. 2014;49(6):565–572. doi: 10.1016/j.rboe.2014.11.003
15. Wasik J, Stoltny T, Leksowska-Pawliczek M. Ankle Osteoarthritis — Arthroplasty or Arthrodesis? *Ortop Traumatol Rehabil*. 2018;20(5):361–370. doi: 10.5604/01.3001.0012.7282
16. Sapozhnikova NI. Age changes of an ultrasound picture of bones and joints at children. *Modern Science: Actual Problems and Ways to Solve Them*. 2016;26(4):57–60. (In Russ).
17. Takakura Y, Yamaguchi S, Akagi R, et al. Diagnosis of avulsion fractures of the distal fibula after lateral ankle sprain in children: a diagnostic accuracy study comparing ultrasonography with radiography. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):276. doi: 10.1186/s12891-020-03287-1

18. Mei-Dan O, Kots E, Barchilon V, et al. A dynamic ultrasound examination for the diagnosis of ankle syndesmotic injury in professional athletes: a preliminary study. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):1009–1016. doi: 10.1177/0363546508331202

19. Shore BJ, Kramer DE. Management of Syndesmotic Ankle Injuries in Children and Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2016;36(Suppl 1):S11–S114. doi: 10.1097/BPO.0000000000000767

20. Lurie BM, Bomar JD, Edmonds EW, et al. Functional Outcomes of Unstable Ankle Fractures in Adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(7):e572–e578. doi: 10.1097/BPO.0000000000001481

21. Kellett JJ, Lovell GA, Eriksen DA, Sampson MJ. Diagnostic imaging of ankle syndesmosis injuries: A general review. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2018;62(2):159–168. doi: 10.1111/1754-9485.12708

22. Milz P, Milz S, Steinborn M, et al. Lateral ankle ligaments and tibiofibular syndesmosis. 13-MHz high-frequency sonography and MRI compared in 20 patients. *Acta Orthop Scand.* 1998;69(1):51–55. doi: 10.3109/17453679809002357

23. Mei-Dan O, Carmont M, Laver L, et al. Standardization of the functional syndesmosis widening by dynamic U.S examination. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2013;5:9. doi: 10.1186/2052-1847-5-9

## ОБ АВТОРАХ

**Дорохин Александр Иванович**, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3263-0755>;

eLibrary SPIN: 1306-1729; e-mail: a.i.dorokhin@mail.ru

\* **Адрианова Анастасия Александровна**, аспирант,

врач травматолог-ортопед, врач ультразвуковой диагностики;

адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4675-4313>;

e-mail: nastyaloseva@yandex.ru

**Дроздов Сергей Алексеевич**,

врач ультразвуковой диагностики;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4830-2927>;

e-mail: Drozdoff-77@mail.ru

**Карпович Николай Иванович**, к.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5656-1005>;

eLibrary SPIN: 4516-5567; e-mail: galen7@yandex.ru

**Мальчевский Владимир Алексеевич**, д.м.н.,

врач травматолог-ортопед;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-2899>;

eLibrary SPIN: 2918-1807; e-mail: malchevski@mail.ru

## AUTHORS INFO

**Alexandr I. Dorokhin**, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3263-0755>;

eLibrary SPIN: 1306-1729; e-mail: a.i.dorokhin@mail.ru

\* **Anastasia A. Adrianova**, graduate student,

traumatologist-orthopedist, ultrasound diagnostic;

address: 10 Priorova Str., 127299, Moscow, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4675-4313>;

e-mail: nastyaloseva@yandex.ru

**Sergey A. Drozdov**,

ultrasound diagnostic;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4830-2927>;

e-mail: Drozdoff-77@mail.ru

**Nikolai I. Karpovich**, MD, Cand. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5656-1005>;

eLibrary SPIN: 4516-5567; e-mail: galen7@yandex.ru

**Vladimir A. Malchevskii**, MD, Dr. Sci. (Med.),

traumatologist-orthopedist;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-2899>;

eLibrary SPIN: 2918-1807; e-mail: malchevski@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author