



## Компьютерная томография при переломах голеностопного сустава у детей

© Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Никишов С.О., Манжурцев А.В., Ублинский М.В.\* , Хусаинова Д.Н.

НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ города Москвы; 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22, Российская Федерация

**Введение.** Правильная диагностика базируется на визуализации и знании паттернов переломов, характерных для детей. Традиционно для визуализации костных повреждений используется рентгенография. При переломах у детей из-за высокого риска повреждения ростковых зон необходимо иметь четкую и достоверную информацию об их состоянии, которая не всегда может быть получена при рентгенографии. Для этих целей и требований современной хирургии используется компьютерная томография (КТ), которая с высокой диагностической точностью уточняет степень смещения отломков, позволяет представить качественную характеристику переломов, выявляет сопутствующие повреждения.

**Цель исследования:** показать возможности КТ в диагностике переломов голеностопного сустава.

**Материал и методы.** Представлены результаты КТ у 226 детей и подростков в возрасте от 3 до 17 лет. Мальчиков было 142 (62,8%), девочек 84 (37,2%). Сканирование проводилось в зависимости от массы тела и возраста пациента с минимальными показателями kV и mAS, толщиной среза 0,75 мм.

**Результаты.** Среднее время обращения за медицинской помощью составило 32 ч от момента травмы. Среди причин травматизма на первом месте была бытовая травма (73, 8%), далее – спортивная травма (22, 3%) и дорожно-транспортные происшествия (3,9%). Правосторонние переломы голеностопного сустава были у 147 (65,1%), левосторонние – у 79 (34,9%) детей. Наиболее частыми видами переломов костей голени были метаэпифизиолиз дистального отдела большеберцовой кости и метаэпифизиолиз дистальных отделов обеих костей голени, которые в сумме составили 67,7% (n = 153) от всех переломов голени.

**Заключение.** КТ необходимо выполнять во всех случаях внутрисуставных переломов голеностопного сустава. Особенно она важна для оценки переломов с повреждением ростковых зон. Сканирование необходимо проводить с толщиной среза не более 1 мм. КТ с мультипланарным переформатированием данных является важным фактором в определении того, нуждается ли пациент в хирургическом лечении. В результате проведения КТ устанавливался окончательный диагноз и принималось решение о тактике лечения.

**Ключевые слова:** дети, перелом, голеностопный сустав, переломы Солтера–Харриса, мультиспиральная компьютерная томография

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Для цитирования:** Серова Н.Ю., Ахадов Т.А., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Семенова Н.А., Дмитренко Д.М., Никишов С.О., Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н. Компьютерная томография при переломах голеностопного сустава у детей. *Медицинская визуализация.* 2021; 25 (3): 119–130. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-922>

**Поступила в редакцию:** 26.06.2020. **Принята к печати:** 01.09.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.

## Computed tomography for fractures of the ankle joint in children

© Natalya Yu. Serova, Tolibdzhon A. Akhadov, Ilya A. Mel'nikov, Ol'ga V. Bozhko, Tatyana D. Kostikova, Nataliya A. Semenova, Dmitriy M. Dmitrenko, Sergey O. Nikishov, Andrei V. Manzhurtsev, Maxim V. Ublinskiy\*, Daria N. Khusainova

Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma (CRIEPST); 22, Bol'shaya Polyanka str., Moscow 119180, Russian Federation



**Introduction.** Correct diagnosis is based on visualization and knowledge of fracture patterns characteristic of children. Traditionally, radiography is used to visualize bone damage. In fractures in children due to the high risk of damage to the germinal zones, it is necessary to have clear and reliable information about their condition, which cannot always be obtained by x-ray method. For these purposes and the requirements of modern surgery, CT is used, which with high diagnostic accuracy clarifies the degree of displacement of fragments, present a qualitative characteristic of fractures and reveals associated damage.

**Purpose:** to show the capabilities of computed tomography in diagnosis of fractures of ankle joint.

**Materials and methods.** The results of computed tomography (CT) are presented in 226 children and adolescents aged 3 to 17 years. There were 142 boys (62.8%), 84 girls (37.2%). Scanning was carried out depending on the weight and age of the patient with the minimum indicators of kV and mAS, a slice thickness of 0.75 mm.

**Results.** Average time for seeking medical help was 32 hours from moment of injury. Among causes of injury in the first place was domestic injury (73, 8%), followed by sports injury (22, 3%) and traffic accidents (3.9%). Right-sided ankle fractures were found in 147 (65.1%), left-sided – in 79 (34.9%) children. The most common types of tibial fractures were metaepiphyseolysis of the distal tibia and metaepiphyseolysis of the distal tibia of both tibia, which together accounted for 67.7% (n = 153) of all tibial fractures.

**Conclusion.** Computed tomography should be performed in all cases of intraarticular fractures of the ankle joint. It is especially important for evaluating fractures with damage to germ zones. Scanning must be carried out with a cutting thickness of not more than 1 mm. CT with multi-planar data reformatting is an important factor in determining whether a patient needs surgical treatment. As a result of CT, a final diagnosis was established and a decision was made on treatment tactics.

**Keywords:** children, fracture, ankle, Salter Harris, multispiral computed tomography

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

**For citation:** Serova N.Yu., Akhadov T.A., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Semenova N.A., Nikishov S.O., Dmitrenko D.M., Manzhurtsev A.V., Ublinskiy M.V., Khusainova D.N. Computed tomography for fractures of the ankle joint in children. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 119–130. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-922>

**Received:** 26.06.2020.

**Accepted for publication:** 01.09.2021.

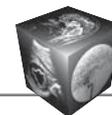
**Published online:** 15.09.2021.

## Введение

Среди всех причин обращения детей за экстренной травматологической помощью до 20% составляют повреждения голеностопного сустава [1, 2]. Переломы костей голеностопного сустава, по данным различных авторов, достигают от 5 до 8% случаев от переломов конечностей и от 15 до 40% случаев от переломов костей голени [3–6]. Это обусловлено ростом уровня спортивного травматизма [1, 7, 8]. Повреждения голеностопного сустава определяются видом и сочетанием травмированных структур (кости, связки или сухожилия). Классификация переломов голеностопного сустава является основой для их лечения. Обычно – это классификации переломов Даниса–Вебера, Мюллера и Лауге–Хансена или Солтера–Харриса (SH) [9–13]. Согласно В.Г. Вебер (1967) и М. Muller (1996), перелом классифицируется на основании уровня перелома малоберцовой кости по отношению к связкам дистального межберцового синдесмоза [10, 11]. N. Lauge-Hansen (1950) описывает травматический механизм переломов голеностопного сустава, основанный на положении стопы во время травмы и направлении, в котором таранная кость движется в пределах вреза голеностопного сустава [12]. Большинство травм голеностопного сустава происходит либо во время занятий спортом, либо во время ходьбы по неровной поверхно-

сти, что ставит стопу и лодыжку в неестественное положение.

Голеностопный сустав сформирован тремя костями – дистальными отделами больше- и малоберцовой костей и таранной костью. Клинические симптомы повреждения связок и переломов часто очень схожи, оба вида травмы сопровождаются болью, выраженным отеком, формированием гематомы, невозможностью наступить на стопу. Поэтому важно как можно скорее определить, что на самом деле травмировано. Диагностика и лечение переломов костей голеностопного сустава – одна из актуальных и сложных проблем травматологии детского возраста. В отличие от скелетно-зрелых пациентов, у детей с открытыми зонами роста большинство переломов костей области голеностопного сустава проходят через ростковые зоны, т.е. являются остеоэпифизеолизами. Эта особенность заставляет травматологов еще внимательнее относиться к таким пациентам из-за возможных отдаленных последствий повреждений метаэпифизарных пластинок, таких как задержка роста и развитие деформации. Переломы и переломовывихи в голеностопном суставе относят к тяжелым повреждениям. Даже при соблюдении современных принципов лечения, они приводят к инвалидизации пациентов, что является весьма значимым фактором, так как



в 54% такие повреждения встречаются у молодых пациентов [14, 15]. Переломы голеностопного сустава в 70–90% случаев являются нестабильными, сопровождаются смещением отломков, подвывихами и вывихами стопы [16]. По информации Национального банка данных о травмах США за период с 2007 по 2011 г. было выявлено 280 933 перелома или вывиха стопы и/или голеностопного сустава [17]. По данным авторов [2], частота переломов голеностопного сустава составляет до 55,7% от всех переломов нижних конечностей. Авторы [3] в течение двух лет проводили исследование у спортсменов, занимающихся легкой атлетикой. В результате в общей сложности была зарегистрирована 3861 травма опорно-двигательного аппарата, из них 1035 (27%) были травмы стопы/голеностопного сустава. Кроме того, 27% спортсменов с травмами стопы/голеностопного сустава были направлены врачом на осмотр в амбулатории, а 84% из них требовали рентгенологического обследования.

Будучи традиционным и наиболее доступным методом, рентгенография не всегда дает возможность объективно определить степень смещения отломков и нарушения взаимоотношений между костями, образующими голеностопный сустав. Таким методом стала компьютерная томография (КТ), позволяющая с высокой диагностической точностью уточнить степень смещения отломков, представить качественную характеристику переломов, выявить скрытые сопутствующие повреждения, дать реконструированные трехмерные изображения. Использование КТ диктуется еще и требованиями современной хирургии, особенно малоинвазивной. Хотя в настоящее время и не существует единого мнения относительно роли КТ в предоперационном планировании хирургического лечения переломов голеностопного сустава, мы считаем, что ее следует использовать во всех случаях внутрисуставных переломов.

### **Цель исследования**

Показать возможности КТ в диагностике переломов голеностопного сустава.

### **Материал и методы**

Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации). Все испытуемые или их законные представители подписывали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

В основе работы лежит анализ результатов КТ у 226 детей и подростков в возрасте от 3 до 17 лет, лечившихся в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии. Мальчиков было 142 (62,8%), девочек – 84 (37,2%). Среднее время обращения за медицинской помощью составило 32 ч от момента травмы. Показанием к проведению КТ служили: сам факт травмы, жалобы пациента и данные рентгенологического исследования.

Рентгенография голеностопного сустава с учетом положений “Правила лодыжки и стопы Оттавы” (The Ottawa Ankle Rules – OAR), разработанных специально для детей и имеющих доказательную базу, выполнена у всех 226 больных в двух стандартных проекциях: в прямой и боковой. При возникновении подозрения на повреждение межберцового синдесмоза выполнялась дополнительная рентгенография с ротацией голени на 20–25° внутрь. Правило уменьшает количество рентгенографий и приводит к экономии средств [18].

Установление факта внутрисуставного перелома голеностопного сустава, подозрение на скрытые тонкие переломы, наличие костно-хрящевых отломков, сложная конфигурация перелома, отсутствие достоверных данных о степени смещения отломков и нарушение взаимоотношений между костями были показаниями к выполнению КТ, которая выполнена на томографе Philips Brilliance 16. Сканирование проводилось с максимально возможным снижением показателей kV и mAS в зависимости от массы тела и возраста пациента. Восстановление данных для корональных, сагиттальных проекций и 3D-реконструкции проводилось по изотропным срезам с включением в поле зрения пограничных перекрывающихся участков, что давало более четкие изображения, имеющие решающее значение для обнаружения тонких переломов. Для оценки состояния связочного аппарата, суставного хряща, сухожилий и других мягкотканых структур в большинстве случаев обязательным компонентом была магнитно-резонансная томография (МРТ). Однако использование МРТ для визуализации повреждений мягких тканей является предметом другого исследования, и мы в данном сообщении на нем не будем останавливаться.

### **Результаты**

Среди причин травматизма у 226 детей и подростков в возрасте от 3 до 17 лет, которым была выполнена КТ, первое место заняла бытовая травма (73; 8%), в том числе травма, полученная на улице и школе, далее – спортивная (22; 3%) и дорожно-транспортные происшествия (3,9%).



**Таблица.** Распределение больных с переломами костей, образующими голеностопный сустав, в зависимости от пола, возраста и локализации перелома

**Table.** Distribution of patients with bone fractures forming ankle joint, depending on gender, age and fracture location)

Локализация перелома	Возраст, годы				Всего n (%)
	3–6	7–9	10–13	14–17	
Эпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости	4	7	17	78	106 (46,9%)
Перелом внутренней лодыжки	2	13	3	6	24 (10,6%)
Перелом таранной кости		2	4	5	11 (4,9%)
Перелом наружной лодыжки	2	3	4	10	19 (8,4%)
Эпифизеолиз дистального отдела обеих костей голени	2	9	30	6	47 (20,8%)
Двухлодыжечный перелом	1	11	4	3	19 (8,4%)
Итого	11	45	62	108	226 (100%)

Правосторонние переломы голеностопного сустава были у 147 (65,1%), левосторонние – у 79 (34,9%) детей. В эпидемиологии травмы голеностопного сустава есть сезонность: максимальное число пострадавших детей (37,7%) получили травму в осенне-зимний период и в начале весны (31%). Данные о переломах костей голеностопного сустава представлены в таблице.

Из таблицы следует, что наиболее частыми видами переломов костей голени были метаэпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости и метаэпифизеолиты дистальных отделов обеих костей голени, которые в сумме составили 67,7% (n = 153) от всех переломов голени.

Рентгенография, выполненная у всех 226 детей, показала локализацию переломов и их характер, выявила смещение отломков. Однако она в более половине случаев (53,4%) не позволила объективно определить степень смещения отломков и нарушение взаимоотношений между костями голеностопного сустава и только в 3 (6,6%) из 45 наблюдений выявила отрыв костно-хрящевого отломка. Всем 226 пострадавшим была выполнена КТ (рис. 1), которая не только уточнила степень смещения отломков и взаимоотношение между костями голеностопного сустава, но и представила качественную характеристику переломов и выявила скрытые переломы (трещины), отрывы костно-хрящевых фрагментов, а в ряде случаев и сопутствующие повреждения капсульно-связочного аппарата. Переломы костей, образующих голеностопный сустав, чаще всего выявлялись в возрастной группах 14–17 лет и 10–14 лет. Результаты КТ объективизировали диагноз и послужили основанием для рациональной хирургической и общей

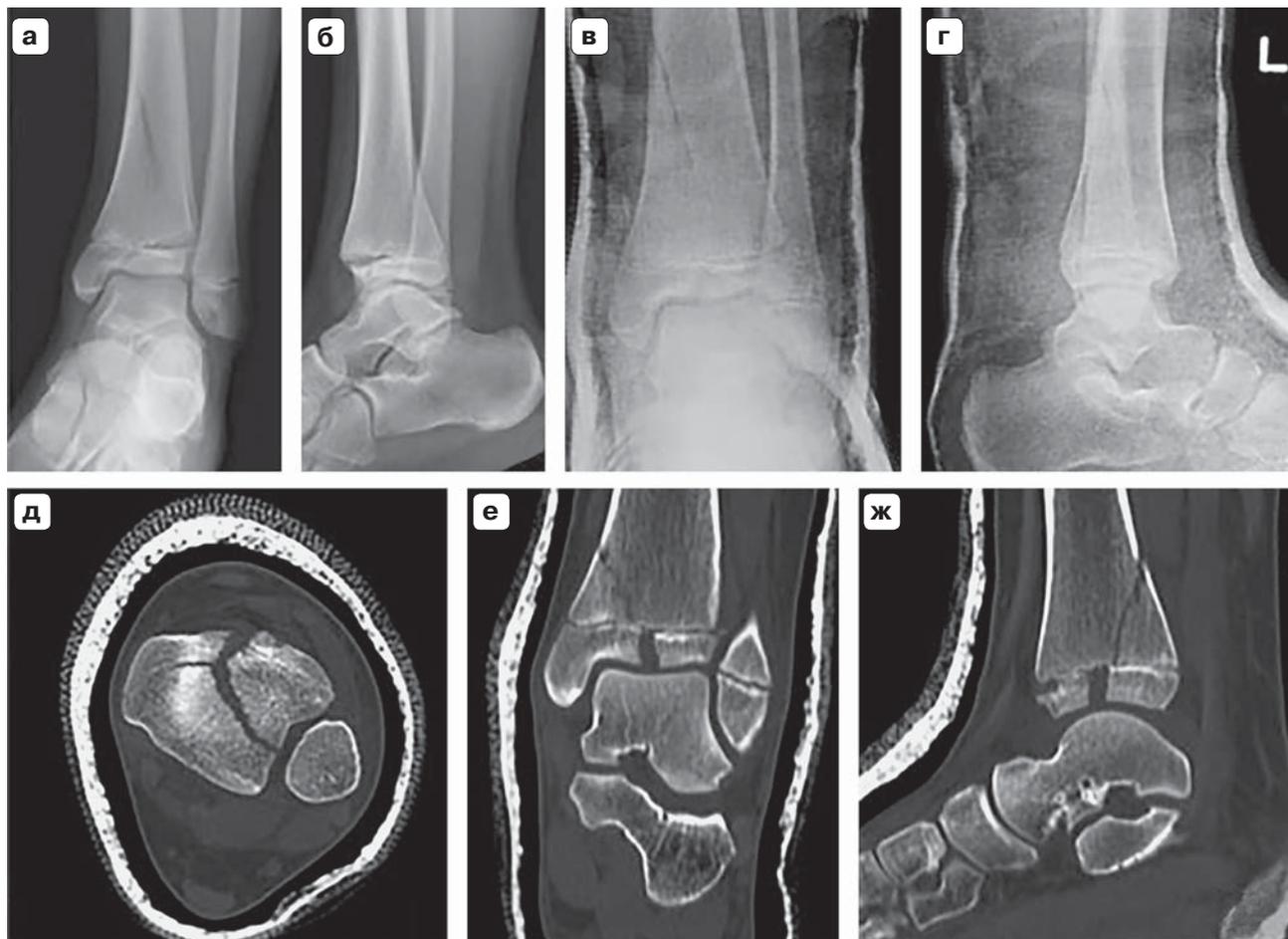
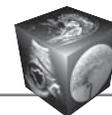
лечебной тактики, а также позволили объективно сравнить отдаленные результаты с исходной картиной.

Из 54 детей с переломами лодыжек у 38 (70,37%) они были нестабильными, сопровождалась смещением отломков, подвывихами и вывихами стопы, 30 из них была выполнена МРТ (рис. 2). Из 30 пациентов у 17 (56,7%) была повреждена передняя таранно-малоберцовая связка, у 8 с авульсией костных фрагментов от латеральной лодыжки. У 2 (6,7%) пациентов выявлено повреждение задней таранно-малоберцовой связки, у 14 (46,7%) – пяточно-малоберцовой связки. Частичные повреждения дельтовидной связки были выявлены у 9 (30,0%) пациентов; полные разрывы были редкими и наблюдались только у 2 (6,7%) пациентов.

В работе мы использовали классификацию переломов ростовой пластинки Солтера–Харриса, которая разделяет переломы на 5 типов (рис. 3):

- Тип I – поперечный перелом через ростовую пластинку или физис (рис. 4).
- Тип II – перелом через ростовую пластинку и метафиз, щадящий эпифиз (рис. 5).
- Тип III – перелом через ростовую пластинку и эпифиз, щадящий метафиз (рис. 6).
- Тип IV – перелом через все три элемента кости, ростовой пластинки, метафиз и эпифиз (рис. 7).
- Тип V – компрессионный перелом ростовой пластинки.

Эта классификация проста в применении, обладает хорошей надежностью и предоставляет ценную прогностическую информацию относительно задержки роста и последующих осложнений.

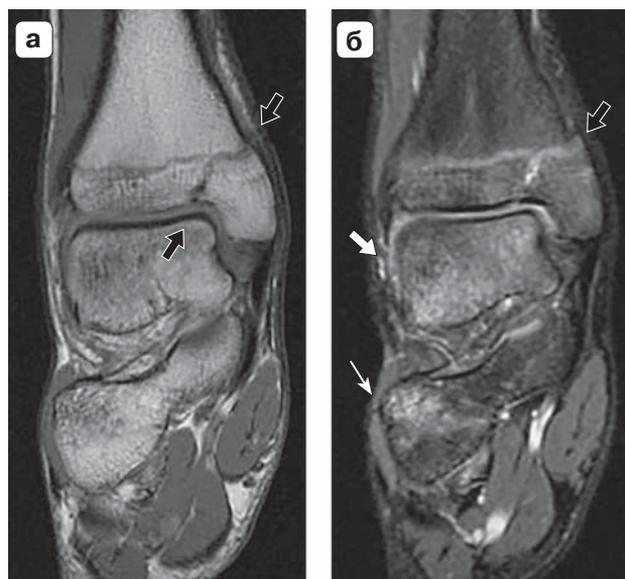


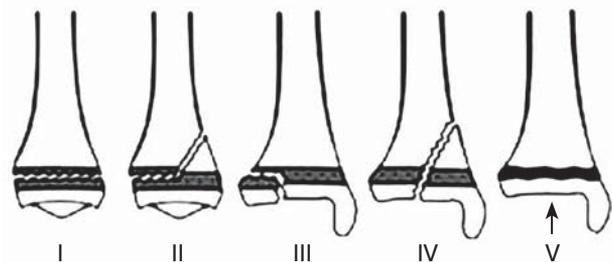
**Рис. 1.** Пациентка 12 лет. Триплановый перелом, полученный во время катания на коньках. Фронтальные рентгенограммы (**а, в**) выявляют перелом Солтера–Харриса тип IV (SH-IV). На боковых рентгенограммах (**б, г**) выявляется SH-II, что типично для переломов триплана. КТ: аксиальная (**д**) и реконструированные корональная (**е**) и сагиттальная (**ж**) проекции четко визуализируют детали переломов, выявленных при рентгенографии.

**Fig. 1.** Patient 12 years. Triplane fracture obtained during ice skating. Frontal radiographs (**a, v**) reveal a Salter–Harris type IV fracture (SH-IV). On lateral radiographs (**б, г**) SH-II is detected, which is typical for triplane fractures. CT: axial (**д**) and reconstructed coronal (**е**) and sagittal (**ж**) projections clearly visualize the details of the fractures revealed by X-ray.

**Рис. 2.** Пациент 13 лет, футболист. Перелом Солтера–Харриса тип III (SH-III). МРТ голеностопного сустава. Корональная проекция, PDVI (**а**): видна гипointенсивная линия – перелом медиальной лодыжки с повреждением метаэпифизарной ростковой зоны (черные стрелки). Корональная плоскость, PDVI с подавлением сигнала от жира (**б**): перелом большеберцовой кости проявляется гиперинтенсивной линией с отеком (черная стрелка); отек костного мозга таранной (белая стрелка) и пяточной костей (тонкая белая стрелка) – ушибы.

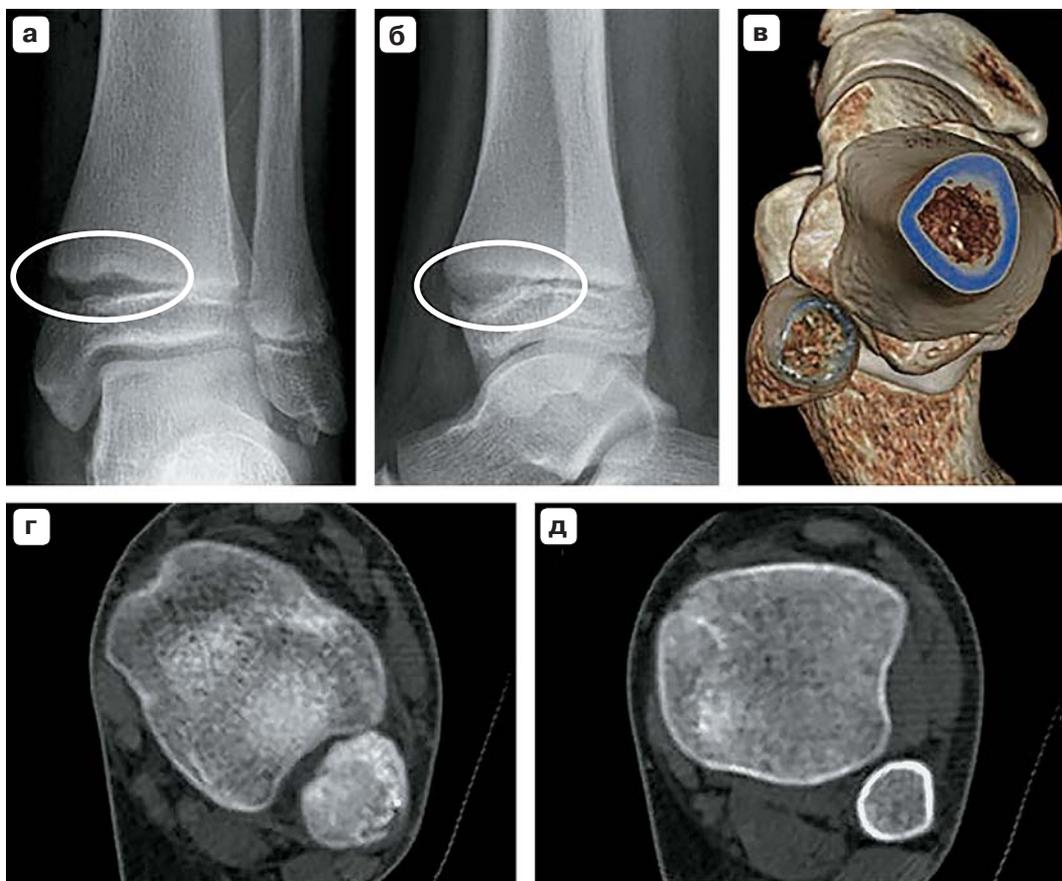
**Fig. 2.** Patient 13 years, football player. Salter–Harris Fracture Type III (SH-III). Magnetic resonance imaging of the ankle joint. Coronal projection, PDVI (**a**): a hypointense line is visible – a fracture of the medial ankle with damage to the metaepiphyseal germ zone (black arrows). Coronal plane, RDVI with suppression of the signal from fat (**б**): a fracture of the tibia is manifested by a hyper-intense line with edema (black arrow); edema of the bone marrow of the talus (white arrow) and the calcaneus (thin white arrow) – bruises.





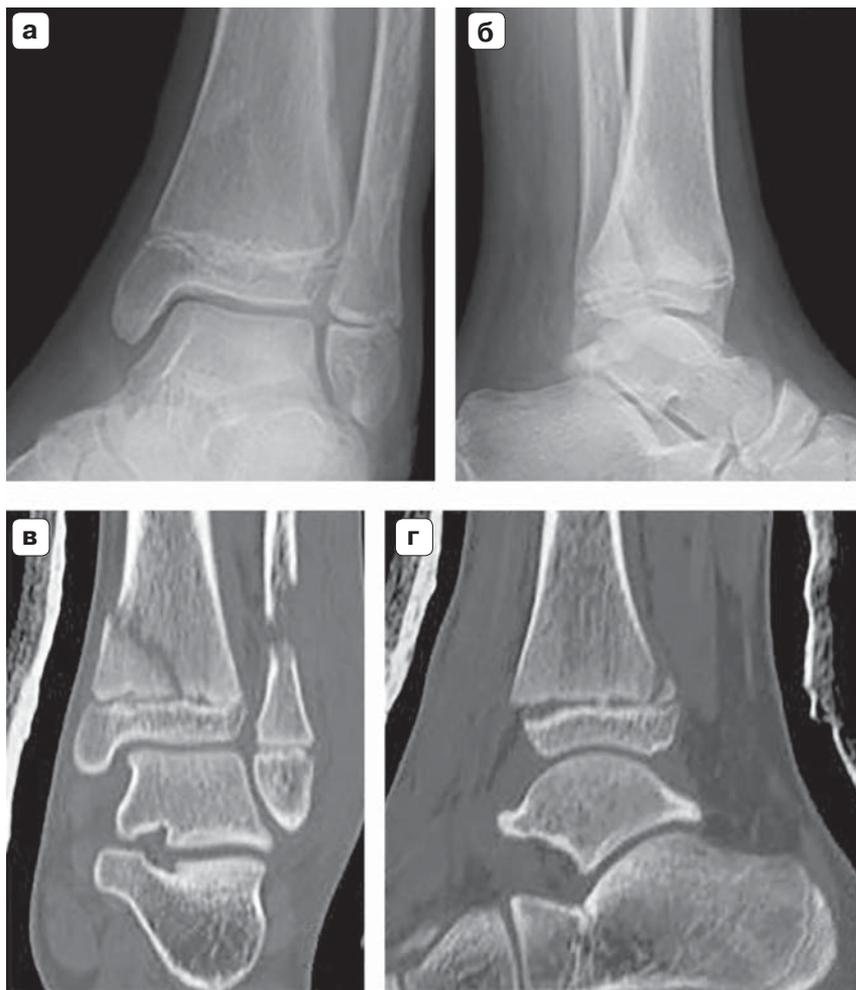
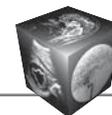
**Рис. 3.** Классификация Солтера–Харриса (SH).

**Fig. 3.** Classification Salter–Harris (SH).



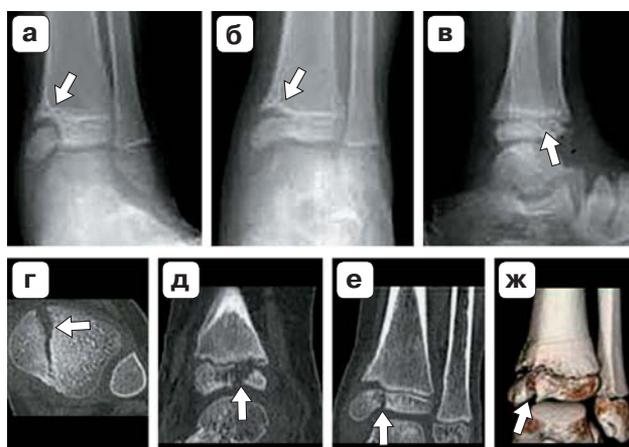
**Рис. 4.** Пациентка 9 лет. Эпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости с ротационным смещением, повреждение Солтера–Харриса тип I (SH-I). На рентгенограммах в двух проекциях (**а**, **б**) отмечается расширение ростковой зоны в переднемедиальных отделах. При КТ на 3D-реконструкции (**в**) и аксиальных срезах на уровне эпифиза (**г**) и метафиза (**д**) выявляется ротационное смещение эпифиза по отношению к метафизу кнаружи до 45°.

**Fig. 4.** Patient 9 years. Epiphysiolsis of the distal tibia with rotational displacement, Salter–Harris damage type I (SH-I). On radiographs in two projections (**a**, **b**), the expansion of the germ zone in the anteromedial divisions is noted. With CT on the 3D reconstruction (**b**) and axial sections at the level of the pineal gland (**г**) and metaphysis (**д**), the rotational shift of the pineal gland with respect to the metaphysis outward to 45 degrees is detected.



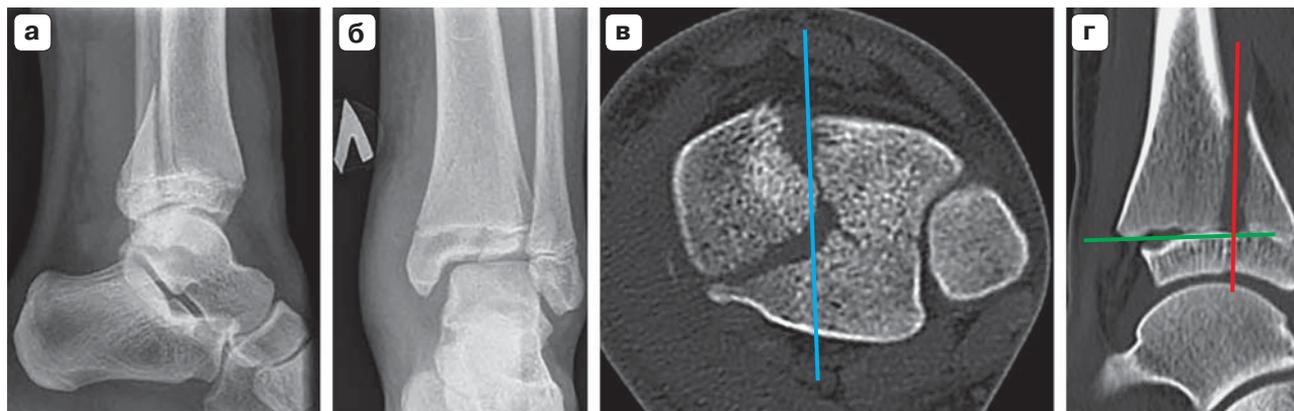
**Рис. 5.** Пациент 11 лет, футболист. Перелом Солтера–Харриса тип II (SH-II) дистального отдела большеберцовой кости и перелом малоберцовой кости. Рентгенограмма в прямой (а) и боковой (б) проекциях. КТ: реконструированные корональная (в) и сагиттальная (г) проекции подтвердили диагноз SH-II.

**Fig. 5.** Patient 11 years, football player. Fracture of the Salter–Harris type II (SH-II) of the distal tibia and fracture of the fibula. X-ray in direct (а) and lateral (б) projections. Computed tomography: reconstructed coronal (в) and sagittal (г) projections confirmed the diagnosis of SH-II.



**Рис. 6.** Пациент 12 лет. Перелом Солтера–Харриса тип III со смещенным медиальным эпифизарным фрагментом большеберцовой кости (стрелки). Рентгенограмма в косой (а), прямой (б) и боковой (в) проекциях. КТ: аксиальная проекция (г), реконструированные сагиттальная (д) и корональная (е) проекции, 3D-изображение (ж) подтвердили диагноз SH-III и исключили распространение перелома на метафиз большеберцовой кости.

**Fig. 6.** Patient 12 years. Salter–Harris fracture type III with a displaced medial epiphyseal fragment of the tibia (arrows). X-ray in oblique (а), straight (б) and lateral (в) projections. Computed tomography: axial projection (г), reconstructed sagittal (д) and coronal (е) projections, 3D image (ж) confirmed the diagnosis of SH-III and excluded the spread of the fracture to the metaphysis of the tibia.



**Рис. 7.** Пациентка 13 лет. Трехплоскостной перелом большеберцовой кости с метаэпифизолиз дистального отдела большеберцовой кости с переломом дистального эпифиза, повреждение Солтера–Харриса тип IV. Линии перелома визуализируются на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях (**а, б**). КТ: на реконструированных аксиальном (**в**) и сагиттальном (**г**) срезах прослеживаются линии переломов в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: дистального эпифиза в сагиттальной плоскости (синяя линия), метафиза во фронтальной плоскости (красная линия), по ростковой зоне в аксиальной плоскости (зеленая линия). На аксиальном срезе (**в**) отмечается характерная форма перелома дистального эпифиза в форме трехлучевой звезды.

**Fig. 7.** Patient 13 years. Three-plane fracture of the tibia: metaepiphysiоlisis of the distal tibia with a fracture of the distal pineal gland, Salter–Harris type IV injury. Fracture lines are visualized on radiographs in a direct and lateral projection (**a, б**). CT: on the reconstructed axial (**в**) and sagittal (**г**) sections, fracture lines are traced in three mutually perpendicular planes: the distal pineal gland in the sagittal plane (blue line), the metaphysis in the frontal plane (red line), along the shoot zone in the axial plane (green line). On the axial section (**в**), a characteristic form of a fracture of the distal pineal gland in the form of a three-beam star is noted.

## Обсуждение

Голеностопный сустав является одной из наиболее травмируемых частей скелета и самым частым местом внутрисуставных переломов. Многие из травм голеностопного сустава являются повреждениями капсульно-связочного комплекса, сочетающимися с переломами. Переломы нередко бывают сложными. Рентгенография голеностопного сустава позволяет уточнить локализацию перелома, его характер, выявить смещение отломков и оценить изменения суставного пространства [19]. Метаанализ данных у 15 581 пациента показал общую чувствительность 98% и специфичность 32%, если же рентгенография выполнялась у взрослых в течение первых 48 ч после травмы, то чувствительность увеличивалась до 99,6%, но специфичность снижалась до 27,9%, в то же время у детей чувствительность становилась 99,3%, а специфичность – 26,7% [20]. Рентгенография, по нашим данным, у 226 детей при исследовании в течение первых 24 ч показала чувствительность в диагностике переломов лодыжки 93,6%, специфичность – 23,7%.

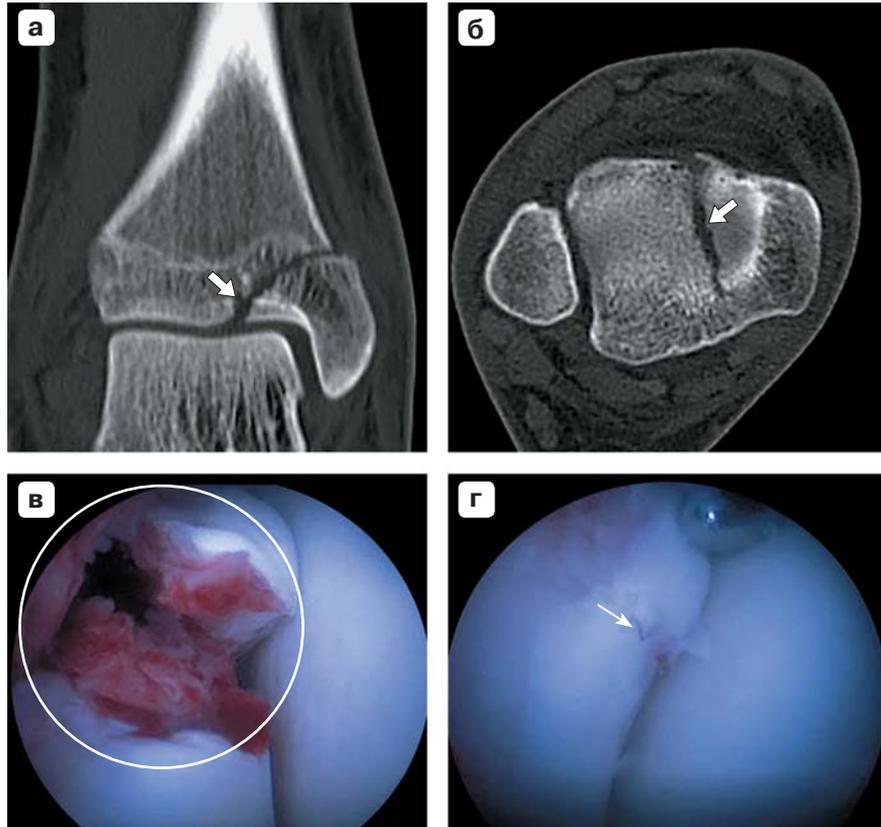
Однако в связи с тем, что рентгенография не всегда всеобъемлюще достоверна и информативна, возникает необходимость использования КТ. По существующим ныне правилам для оценки большинства переломов голеностопного сустава

томография не требуется. Метод чаще всего используется для определения переломов пилона или трехплоскостного перелома дистального отдела большеберцовой кости, при внутрисуставных, скрытых и отрывных переломах (рис. 8–10). Мы используем КТ во всех случаях внутрисуставных переломов (любого крупного сустава). Она позволяет уточнить степень смещения отломков, дает качественную характеристику переломов, выявляет скрытые тонкие линии переломов и сопутствующие повреждения капсульно-связочного аппарата, объективизирует диагноз и определяет рациональную лечебную тактику и отдаленные результаты. Для достижения оптимальных результатов рекомендуются протоколы сканирования с толщиной срезов до 2 мм и восстановлением изображений с толщиной среза 1 мм [20–23]. Мы используем для сканирования толщину среза 0,75 мм, а реконструкции изображений осуществляем с толщиной среза 2–3 мм. Это особенно важно при тяжелой травме голеностопного сустава, например переломе пилона с тяжелым поражением и разрушением суставного плафона, когда многоплоскостная и трехмерная визуализации иллюстрируют значение КТ в завершающей оценке и хирургическом планировании, срочной операции и даже эндопротезировании [24, 25]. Кроме того, это имеет значение и при легкой травме,



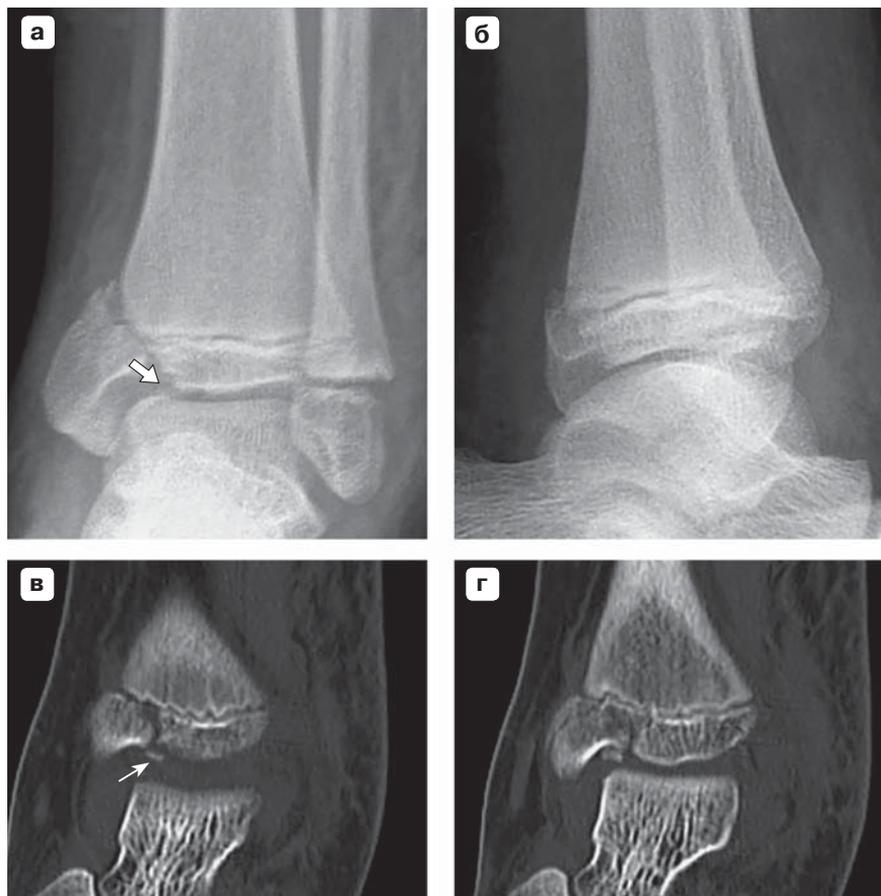
**Рис. 8.** Пациент 17 лет. КТ голеностопного сустава. На сагитальном (а) и аксиальном (б) срезах виден перелом медиальной лодыжки с диастазом отломков суставной поверхности большеберцовой кости (стрелки). На артроскопических изображениях (в, г) – диастаз до (круг) и после (тонкая стрелка) репозиции и фиксации отломков.

**Fig. 8.** Patient 17 years. CT scan of the ankle joint. On the sagittal (a) and axial (б) sections, a fracture of the medial ankle with diastasis of fragments of the articular surface of the tibia (arrows) is visible. On arthroscopic images (в, г) – diastasis before (circle) and after (thin arrow) reposition and fixation of fragments.



**Рис. 9.** Пациент 11 лет. Импрессионный перелом медиальной лодыжки со смещением тип IV по Солтеру–Харрису (SH-IV). На рентгенограммах во фронтальной (а) и сагитальной (б) проекциях отмечается линия перелома с диастазом отломков и деформацией суставной поверхности большеберцовой кости (стрелка). КТ: реконструированные коронарные срезы (в, г), дополнительно выявляется свободный внутрисуставной остеохондральный фрагмент.

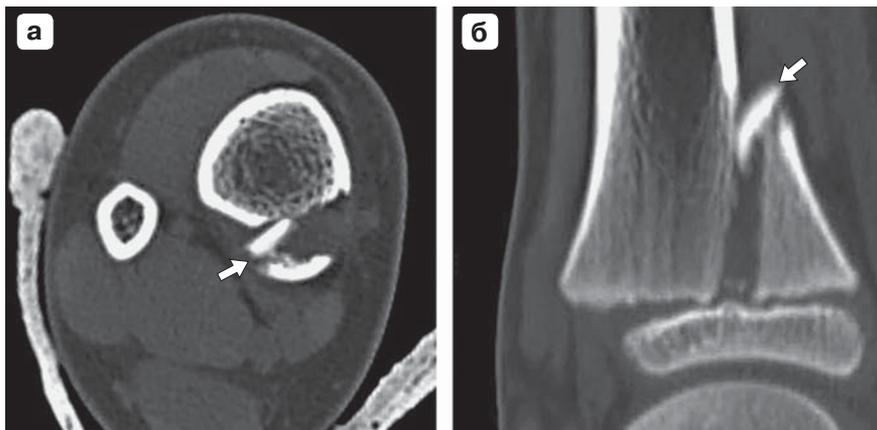
**Fig. 9.** Patient 11 years. Salter-Harris Impression Medial Ankle Fracture with Type IV Displacement (SH-IV). On radiographs of the frontal (a) and sagittal (б), a fracture line with diastasis of fragments and deformation of the articular surface of the tibia (arrow) is noted. CT: reconstructed coronary sections (в, г), additionally revealed a free intraarticular osteochondral fragment.





**Рис. 10.** Пациент 7 лет. Метаэпифизеолиз дистального отдела большеберцовой кости, повреждение Солтера–Харриса тип II (SH-II). КТ: на аксиальных (а) и сагиттальных (б) срезах определяется интерпозиция костного фрагмента между отломками метафиза (стрелки), которая может препятствовать репозиции и стабильной фиксации.

**Fig. 10.** Patient 7 years. Meta-epiphysiolyis of the distal tibia, Salter-Harris type II damage (SH-II). CT: on axial (a) and sagittal (b) sections, the interposition of the bone fragment between the fragments of the metaphysis (arrows) is determined, which can impede reposition and stable fixation.



такой как перелом Солтера–Харриса I. Даже если признаков перелома не видно, высокая чувствительность в визуализации зон роста позволяет установить диагноз несмещенного перелома Солтера–Харриса I, тем более что он часто сопровождается значительным разрывом боковых связок голеностопного сустава. Мы считаем, что подобный подход особенно оправдан еще и для диагностики переломов таранной и пяточной костей, которые до 40% случаев не выявляются при простой рентгенографии [21]. Переломы таранной и пяточной костей хорошо визуализируются с помощью КТ. Максимальная точность визуализации может быть достигнута при сканировании с толщиной среза не более 1 мм с реконструированными коронарными, сагиттальными и 3D-изображениями. Мультипланарная реконструкция и 3D-изображения часто бывают информативными даже при наличии металлических штифтов и пластин [26, 27].

### Заключение

КТ необходимо выполнять во всех случаях внутрисуставных переломов голеностопного сустава. Особенно она важна для оценки переломов с повреждением ростковых зон, скрытых переломов костей голени, таранной и пяточной костей. Сканирование необходимо проводить с толщиной среза не более 1 мм. Для получения мультипланарных и 3D-реконструкций пограничные перекрывающиеся участки должны быть включены в поле зрения сканирования. Лучше для этих целей использовать тонкие изотропные срезы. КТ с мультипланарным переформатированием данных является важным фактором в определении того, нуждается ли пациент в хирургическом лече-

нии. Как итог, в результате проведения КТ устанавливался окончательный диагноз и принималось решение о тактике лечения.

### Участие авторов

Концепция и дизайн исследования – Ахадов Т.А., Никишов С.О.

Проведение исследования – Серова Н.Ю., Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Дмитренко Д.М.

Сбор и обработка данных – Божко О.В., Костикова Т.Д.

Статистическая обработка данных – Манжурцев А.В., Ублинский М.В., Хусаинова Д.Н.

Анализ и интерпретация полученных данных – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Написание текста – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Подготовка и редактирование текста – Костикова Т.Д., Ублинский М.В.

Участие в научном дизайне – Мельников И.А., Божко О.В., Костикова Т.Д., Дмитренко Д.М.

Подготовка, создание опубликованной работы – Ахадов Т.А., Серова Н.Ю.

Ответственность за целостность всех частей статьи – Ахадов Т.А.

Утверждение окончательного варианта статьи – Ахадов Т.А., Никишов С.О.

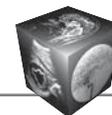
### Author's participation

Concept and design of the study – Akhadov T.A., Nikishov S.O.

Conducting research – Serova N.Y., Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Dmitrenko D.M.

Collection and analysis of data – Bozhko O.V., Kostikova T.D.

Statistical analysis – Manzhurtsev A.V., Ublinskiy M.V., Khusainova D.N.



Analysis and interpretation of the obtained data – Akhadov T.A., Serova N.Y.

Writing text – Akhadov T.A., Serova N.Y.

Text preparation and editing – Kostikova T.D., Ublinskiy M.V.

Participation in scientific design – Melnikov I.A., Bozhko O.V., Kostikova T.D., Dmitrenko D.M.

Preparation and creation of the published work – Akhadov T.A., Serova N.Y.

Responsibility for the integrity of all parts of the article – Akhadov T.A.

Approval of the final version of the article – Akhadov T.A., Nikishov S.O.

## Список литературы [References]

- Fong D.T., Hong Y., Chan L.K., Yung P.S., Cha K.M. A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports. *Sports Medicine*. 2007; 37 (1): 73–94. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00006>.
- Hunt K.J., Hurwit D., Robell K., Gatewood C., Botser I.B., Matheson G. Incidence and Epidemiology of Foot and Ankle Injuries in Elite Collegiate Athletes. *Am. J. Sports Med.* 2017; 45 (2): 426–433. <https://doi.org/10.1177/0363546516666815>
- Еськин Н.А. Ультразвуковые методы исследования в травматологии и ортопедии. М., 2009. Es'kin N.A. Ultrasonic research methods in traumatology and orthopedics. М., 2009. (In Russian)
- Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Повреждения голеностопного сустава. В кн.: Травматология. Европейские стандарты. М.: МЕДпресс-информ, 2005. Ankin L.N., Ankin N.L. Damage to the ankle joint. In: Traumatology. European standards. М.: MEDpress-inform, 2005. (In Russian)
- Budny A.M., Young B.A. Analysis of radiographic classifications for rotational ankle fractures. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* 2008; 25 (2): 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2007.11.003>
- Rockwood C.A., Bucholz R.W., Court-Brown C.M., Heckman J.D., Tornetta P. Rockwood and Green's fractures in adults. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- Hootman J.M., Dick R., Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J. Athl. Train.* 2007; 42: 311–319.
- Mauntel T.C., Wikstrom E.A., Roos K.G., Djoko A., Dompier T.P., Kerr Z.Y. The Epidemiology of High Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sport. *Am. J. Sports Med.* 2017; 45 (9): 2156–2163. <https://doi.org/10.1177/0363546517701428>
- Danis R. Les fractures malleolaires. In: Danis R., ed. Théorie et pratique de l'ostéosynthèse. Paris: Masson, 1949. <https://doi.org/10.2106/00004623-195032030-00038>
- Weber B.G. Malleolar Fracture. *Schweiz. Med. Wochenschr.* 1967; 17 (24): 790–792.
- Muller M. In: Comprehensive classification of fractures. Bern M., ed. Muller Foundation. New York, 1996. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-61261-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-61261-9_2).
- Lauge-Hansen N. Fractures of the ankle. II. Combined experimental surgical and experimental rentgenologic and clinic investigations. *Arch. Surg.* 1950; 60 (5): 957–985. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1950.01250010980011>.
- Gardner M.J., Demetrakopoulos D., Briggs S.M., Helfet D.L., Lorch D.G. The ability of the Lauge-Hansen classification to predict ligament injury and mechanism in ankle fractures: an MRI study. *J. Orthop. Trauma.* 2006; 20: 267. <https://doi.org/10.1097/00005131-200604000-00006>
- Львов С.Е., Вадаккадат М.К., Кулыгин В.Н. Классификация переломов лодыжек. Взгляд на пороге XXI век. *Травматология и ортопедия России*. 2003; 1: 59–66. L'vov S.E., Vadakkadat M.K., Kulygin V.N. Classification of ankle fractures. A look at the threshold of the 21st century. *Traumatology and Orthopedics of Russia = Travmatologîâ i ortopediâ Rossii*. 2003; 1: 59–66. (In Russian)
- De Maeseneer M., Marcelis S., Jager T., Shahabpour M., Van Roy P., Weaver J., Jacobson J. A. Sonography of the normal ankle: a target approach using skeletal reference points. *Am. J. Roentgenol.* 2009; 192 (2): 487–495. <https://doi.org/10.2214/ajr.08.1316>
- Anderson S.A., Li X., Franklin P., Wixted J.J. Ankle fractures in the elderly: initial and long-term outcomes. *Injury*. 2007; 38 (3): 2–59. <https://doi.org/10.3113/fai.2008.1184>
- Shibuya N., Davis M.L., Jupiter D.C. Epidemiology of Foot and Ankle Fractures in the United States: An Analysis of the National Trauma Data Bank (2007 to 2011). *J. Foot Ankle Surg.* 2014; 53: 606–608. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.03.011>
- Boutis K., von Keyserlingk C., Willan A., Narayanan U.G., Brison R., Grootendorst P., Plint A.C., Parker M., Goeree, R. Cost Consequence Analysis of Implementing the Low Risk Ankle Rule in Emergency Departments. *Ann. Emerg. Med.* 2015; 66 (5): 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2015.05.027>
- Rammelt S., Zwipp H., Grass R. Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot Ankle Clin.* 2008; 13: 611–611. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2008.08.001>
- Bachmann L.M., Kolb E., Koller M.T., Steuerer J., ter Riet G. Accuracy of Ottawa ankle rules to exclude fractures of the ankle and mid-foot: systematic review. *Br. Med. J.* 2003; 326: 417. <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7386.417>
- Mosher T.J., Kransdorf M.J., Adler R., Appel M., Beaman F.D., Bernard S.A., Bruno M.A., Dempsey M.E., Fries I.B., Khoury V., Khurana B., Roberts C.C., Tuite M.J., Ward R.J., Zoga A.C., Weissman B.N. ACR Appropriateness Criteria acute trauma to the ankle. *J. Am. Coll. Radiol.* 2015; 12 (3): 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.11.015>
- Polzer H., Kanz K.G., Prall W.C., Haasters F., Ockert B., Mutschler W., Grote S. Diagnosis and treatment of acute ankle injuries: development of an evidence-based algorithm. *Orthop. Rev.* 2012; 4 (1): e5. <https://doi.org/10.4081/or.2012.e5>
- Ryan L.P., Hills M.C., Chang J., Wilson C.D. The lambda sign: a new radiographic indicator of latent syndesmosis instability. *Foot Ankle Int.* 2014; 35 (9): 903–908. <https://doi.org/10.1177/1071100714543646>
- Jonckheer P., Willems T., De Ridder R., Paulus D., Holdt Henningsen K., San Miguel L., Sutter A.D., Roosenet P. Evaluating fracture risk in acute ankle sprains: Any news since the Ottawa Ankle Rules? A systematic



- review. *Eur. J. Gen. Pract.* 2016; 22 (1): 31–41. <https://doi.org/10.3109/13814788.2015.1102881>
25. Mulligan M.E., Chew F.S. Imaging in Ankle Fractures, *Medscape, Drugs & Diseases. Radiology.* 2017.
26. Goost H., Wimmer M.D., Barg A., Kabir K., Valderrabano V., Burger C. Fractures of the ankle joint: investigation and treatment options. *Dtsch. Aerzteblatt.* 2014; 111 (21): 377–388. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2014.0377>
27. Mandell J.C., Khurana B., Smith S.E. Stress fractures of the foot and ankle, part 2: site-specific etiology, imaging, and treatment, and differential diagnosis. *Skeletal Radiol.* 2017; 46 (9): 1165–1186. <https://doi.org/10.1007/s00256-017-2632-7>

**Для корреспонденции\***: Ублинский Максим Вадимович – 119180 Москва, ул. Большая Полянка, д. 22. НИИ неотложной детской хирургии и травматологии ДЗ города Москвы. Тел.: +7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

**Серова Наталья Юрьевна** – канд. мед. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2527-2956>

**Ахадов Толибджон Абдуллаевич** – доктор мед. наук, профессор, руководитель отдела лучевых методов диагностики НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

**Мельников Илья Андреевич** – канд. мед. наук, врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

**Божко Ольга Васильевна** – канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

**Костикова Татьяна Дмитриевна** – врач-рентгенолог НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>

**Семёнова Наталия Александровна** – доктор биол. наук, канд. хим. наук, главный научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-6539-4616>

**Дмитренко Дмитрий Михайлович** – заведующий отделением рентгенодиагностики НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>

**Никишов Сергей Олегович** – канд. мед. наук, заведующий отделением травматологии НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7407-2515>

**Манжурцев Андрей Валерьевич** – канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

**Ублинский Максим Вадимович** – канд. биол. наук, научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-4627-9874>

**Хусаинова Дарья Николаевна** – младший научный сотрудник НИИ НДХиТ, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0387-7046>

**Contact\***: Maxim V. Ublinskiy – 22, Bolshaya Polyanka str., Moscow 119180, Russian Federation. Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma. Phone: + 7-929-620-21-77. E-mail: maxublinsk@mail.ru

**Natalya Yu. Serova** – Cand. of Sci. (Med.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2527-2956>

**Tolibdzhon A. Akhadov** – Professor, Doct. of Sci. (Med.), Head of radiology department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

**Ilya A. Mel'nikov** – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2910-3711>

**Ol'ga V. Bozhko** – Cand. of Sci. (Med.), radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-4709-9461>

**Tatyana D. Kostikova** – radiologist, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9103-9191>

**Nataliya A. Semenova** – Doct. of Sci. (Biol.), Cand. of Sci. (Chem.), chief researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-6539-4616>

**Dmitriy M. Dmitrenko** – Head of X-ray Department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1260-4509>

**Sergey O. Nikishov** – Cand. of Sci. (Med.), Head of Traumatology Department, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7407-2515>

**Andrei V. Manzhurtsev** – Cand. of Sci. (Phys.-Math.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5022-9952>

**Maxim V. Ublinskiy** – Cand. of Sci. (Biol.), researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3235-8854>

**Daria N. Khusainova** – junior researcher, CRIEPST, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0387-7046>