



## Рентгеноморфологические показатели костей стопы при лечении перелома таранной кости аппаратом Илизарова

©Г.В. Дьячкова\*, В.А. Нарницын, И.В. Сутягин, К.А. Дьячков, И.И. Мартель, Н.А. Сазонова

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

\* Г.В. Дьячкова, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад.

Г.А. Илизарова, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, [dgv2003@list.ru](mailto:dgv2003@list.ru)

Поступила в редакцию 21 июля 2023 г. Исправлена 3 августа 2023 г. Принята к печати 10 августа 2023 г.

### Резюме

**Актуальность:** Переломы таранной кости относятся к категории наиболее опасных травм с тяжелыми последствиями. Предложено достаточно много методов лечения переломов таранной кости, но лечение аппаратом Илизарова применяется сравнительно редко.

**Цель исследования:** Обосновать целесообразность лечения перелома таранной кости аппаратом Илизарова путем изучения рентгеноморфологических показателей костей стопы на различных этапах наблюдения.

**Методы:** У 25 больных с помощью рентгенографии и мультисрезовой компьютерной томографии изучены рентгенологические и рентгеноморфологические особенности костей стопы при лечении аппаратом Илизарова повреждений таранной кости в различные периоды наблюдения, у 15 пациентов проанализированы нормальные показатели костей стопы, образующих голеностопный сустав.

**Результаты и обсуждение:** Для рентгеноморфологической динамики таранной кости при ее переломе или переломо-вывихе характерно постепенное повышение плотности кости в зоне сращения. Локальная плотность таранной кости в зоне перелома постепенно увеличивалась и через 6 мес. составляла более 500 HU. Органотипическая перестройка в зоне сращения к этому сроку не заканчивалась, учитывая архитектуру таранной кости и биомеханику стопы. Отмеченное во время фиксации в аппарате уменьшение общей плотности таранной и пяточной костей после демонтажа аппарата Илизарова характеризовалось постепенным ее повышением до нормальных величин.

**Заключение:** Лечение переломов таранной кости методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова позволяет получить в ближайшем периоде хорошие результаты, особенно при использовании шарнирной компоновки, которая способствует осуществлению ранних движений в голеностопном суставе и нагрузки на ранних этапах лечения.

**Ключевые слова:** переломы, таранная кость, аппарат Илизарова, рентгенография, рентгеноморфология, МСКТ

**Цитировать:** Дьячкова Г.В., Нарницын В.А., Сутягин И.В., Дьячков К.А., Мартель И.И., Сазонова Н.А. Рентгеноморфологические показатели костей стопы при лечении перелома таранной кости аппаратом Илизарова. *Инновационная медицина Кубани*. 2023;(3):20–30. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-20-30>

## Radiomorphological Parameters of the Foot Bones During the Talus Fracture Treatment Using the Ilizarov Apparatus

©Galina V. Diachkova\*, Vitaliy A. Naritsyn, Ilya V. Sutyagin, Konstantin A. Diachkov, Ivan I. Martel, Natalia A. Sazonova

National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

\* Galina V. Diachkova, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, ulitsa M. Ulyanovoy 6, Kurgan, 640014, Russian Federation, [dgv2003@list.ru](mailto:dgv2003@list.ru)

Received: July 21, 2023. Received in revised form: August 3, 2023. Accepted: August 10, 2023.

### Abstract

**Background:** Talus fractures are one of the most dangerous injuries leading to serious consequences. Quite a lot of treatment methods have been proposed, but the use of the Ilizarov apparatus is relatively rare.

**Objective:** To justify the use of the Ilizarov apparatus in the talus fracture treatment by studying radiomorphological parameters of the foot bones at different stages of follow-up.

**Methods:** We used radiography and multislice computed tomography (MSCT) in 25 patients treated for talus injuries by the Ilizarov apparatus to study radiographic and radiomorphological features of the foot bones at different stages of follow-up. We analyzed normal parameters of the foot bones forming the ankle joint in 15 patients.

**Results and discussion:** Dynamics of talus radiomorphology during its fracture or fracture-dislocation are characterized by a gradual increase in the bone density at the union site. The local density of the talus at the fracture site gradually increased and exceeded 500 HU in 6 months. The organotypic adjustment at the union site did not end by this time, given the architecture of the talus and the biomechanics of the foot. We observed a decrease in the total densities of the talus and calcaneus during fixation by the Ilizarov apparatus and their gradual return to normal values after removal of the apparatus.



**Conclusions:** Talus fracture treatment by transosseous osteosynthesis using the Ilizarov apparatus makes it possible to get immediate good results, especially using a configuration with hinges allowing for early mobilization of the ankle joint and loading in the early stages of treatment.

**Keywords:** fractures, talus, Ilizarov apparatus, radiography, radiomorphology, multislice computed tomography

**Cite this article as:** Diachkova GV, Naritsyn VA, Sutyagin IV, Diachkov KA, Martel II, Sazonova NA. Radiomorphological parameters of the foot bones during the talus fracture treatment using the Ilizarov apparatus. *Innovative Medicine of Kuban*. 2023;(3):20–30. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-20-30>

## Введение

Переломы таранной кости – достаточно редкая и сложная патология, составляют менее 1% от переломов костей скелета, от 3–6 до 20% от переломов костей стопы, встречаются преимущественно у молодых людей и вызваны в основном высокоэнергетической травмой и падением с высоты [1–7]. Переломы таранной кости можно разделить на переломы шейки, тела, головки и отростков. Переломы шейки таранной кости встречаются наиболее часто (50%). Переломы тела таранной кости составляют 13–23%, чаще являются результатом высокоэнергетической травмы при осевой нагрузке в положении пронации и супинации стопы. Переломы наружного отростка таранной кости составляют 10–11% от переломов. Риск асептического некроза после перелома таранной кости колеблется от 5 до 90%; до 20% открытых переломов таранной кости, а процент воспалительных осложнений при лечении таких травм достигает 40% [8]. Таранная кость имеет специфическую анатомию, так как является частью трех отдельных суставов. Две трети поверхности таранной кости покрыты суставным хрящом. Уникальная внутренняя архитектура таранной кости сформировалась в результате функции ее, как «костного мениска», несущего и передающего общий вес тела через кость. Ее микроархитектура отражает способность выдерживать большие сжимающие и растягивающие усилия при ходьбе, беге и прыжках, распределяя их от таранной кости к соседним костям [9–11].

Поскольку тело таранной кости имеет достаточной толщины слой субхондральной кости и специфическую архитектуру, для возникновения переломов необходимы огромные осевые нагрузки, возникающие в результате высокоэнергетических травм [12, 13]. Однако шейка таранной кости является местом пониженной устойчивости к травмам по сравнению с телом или головкой таранной кости из-за более тонкой корковой пластинки и особенностей строения. Это может объяснить ее участие почти в 50% всех переломов таранной кости. При исследовании методом микроКТ выявлены значительные различия между группами трабекул головки, шейки и тела таранной кости с точки зрения их количества, толщины, межтрабекулярного расстояния (все  $p < 0,05$ ). Установлено, что структура тела таранной кости состоит из пластинчатых трабекул, расположенных вертикально,

параллельно друг другу в коронарной, сагиттальной и горизонтальной плоскостях. Структура кости в области шейки представлена группами костных трабекул, ориентированных в перпендикулярном к телу и головке направлении, тогда как тело таранной кости имеет равномерную мелкоячеистую структуру на всем протяжении, состоит из групп трабекул, расположенных вертикально, параллельно друг другу в коронарной, сагиттальной и горизонтальной плоскостях. Плотность трабекул в шейке меньше, чем в головке и блоке [12]. Группы трабекул шейки таранной кости «скручены», а трабекулы головки таранной кости состоят из одинаковых, параллельных полудугообразных трабекул [13]. В зависимости от локализации перелома разработано несколько систем классификации: шейка таранной кости (Hawkins-Canale), тело таранной кости (Snerpen), купол таранной кости (Berndt-Hardy) и латеральный отросток (Hawkins). Система АО/ОТА охватывает все эти переломы, а также отрывы и переломы головки таранной кости [14, 15]. Классификация, разработанная L.G. Hawkins (1970), является наиболее удачной, так как позволяет оценить характер перелома, прогнозировать исход и определить тактику лечения [16]. Эта классификация традиционно используется при рассмотрении переломов шейки таранной кости и основана на характере смещения и суставных взаимоотношениях тела таранной кости [16].

Основными проблемами при лечении поврежденной таранной кости являются: дефекты на этапах обследования, неверная тактика лечения повреждений таранной кости, высокая частота послеоперационных осложнений. Все это приводит к высокому проценту инвалидизации пациентов, причинами которых служат замедленная консолидация шейки таранной кости в 4% [15].

Диагностика переломов таранной кости чаще всего ограничивается рентгенографией, однако T. Williams и соавт. (2012) считают, что «компьютерная томография надежнее для диагностики перелома, чем рентгенография, и абсолютно необходимо, чтобы компьютерная томография была выполнена у пациентов с переломом таранной кости, даже если перелом без смещения». КТ может выявить линии вторичных переломов, которые затрагивают периталлярные суставы, и даже задний подвывих ST-сустава, который не проявляется на рентгенограммах [15].

## Материалы и методы

У 25 больных с повреждениями таранной кости, проходивших лечение на базе первого и третьего ортопедо-травматологических отделений Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова (Курган), с помощью рентгенографии и МСКТ в различные периоды наблюдения изучены рентгенологические и рентгеноморфологические особенности костей стопы при лечении аппаратом Илизарова. Среди них мужчин было 20 человек, женщин – 5, средний возраст составил  $37,6 \pm 2,4$  года (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Распределение пострадавших с повреждениями таранной кости по полу и возрасту**  
*Table 1*

**Distribution of patients with talus injuries by sex and age**

Пол	Возраст				Итого
	18–30	31–40	41–50	51–60	
Мужчины	11	2	5	2	20
Женщины	3	1	–	1	5
Всего	14	3	5	3	25

Для сравнения плотность костей здоровой конечности при переломе лодыжек через 1–2 дня после травмы изучена у 15 больных в возрасте от 25 до 60 лет.

Распределение больных по типу перелома (Hawkins, 1970) представлено в таблице 2.

**Таблица 2**  
**Распределение больных по типу перелома (классификация Hawkins) и полу**  
*Table 2*

**Distribution of patients by fracture types (Hawkins classification) and sex**

Тип перелома	Пол пациентов	
	Мужчины	Женщины
1. Перелом шейки таранной кости без смещения	1	2
2. Перелом шейки таранной кости со смещением без вывиха тела таранной кости	4	1
3. Перелом шейки с вывихом тела таранной кости из голеностопного или подтаранного сустава	4	1
4. Вывих тела таранной кости с вывихом головки из таранно-ладьевидного сустава	3	–

Перелом тела таранной кости имел место у 9 больных.

Всем пострадавшим при поступлении в клинику проводили вправление вывиха и/или репозицию перелома с фиксацией таранной кости со смежными суставами аппаратом Илизарова.

У 18 больных хирургическое вмешательство по технологии Илизарова было выполнено в первые 3-е сут. после травмы.

У пяти больных хирургическое вмешательство было выполнено через 7 сут., у двух пациентов – через 15–25 дней по причине позднего обращения или промежуточного консервативного лечения в другом лечебном учреждении. В послеоперационном периоде дополнительно проводилось медикаментозное и функциональное лечение, направленное на улучшение трофики и стимуляцию репаративных процессов в «зоне перелома» таранной кости. Сроки фиксации аппаратом составили от 33 до 85 дней. При оценке результатов учитывали консолидацию перелома, восстановление опороспособности и функции конечности. Консолидация переломов достигнута у всех пациентов, однако у двух из них с оскольчатым переломом тела таранной кости через 6 мес. после лечения имелись боли и хромота при нагрузке на конечность при ходьбе.

## Методы исследования

**1. Рентгенографию голеностопного сустава** выполняли в прямой и боковой проекциях, при необходимости в проекции Canale. На рентгенограммах стопы кроме структуры, наличия перелома оценивали таранно-берцовый угол, образующийся при пересечении продольных осей этих костей в различной плоскости.

## 2. КТ или МСКТ голеностопного сустава

Компьютерная томография голеностопного сустава проведена 25 больным с переломом таранной кости. Контрольная группа была представлена 10 больными с переломом лодыжек, у которых методом МСКТ обследованы обе стопы. На здоровой стопе изучены показатели плотности таранной кости в норме. Исследование выполнено через 1–2 дня после травмы. Обработку аксиальных срезов осуществляли в режиме мультипланарной реконструкции в корональной и сагиттальной плоскостях. Изучали особенности рентгеноморфологии и проводили количественную оценку показателей плотности костных структур голеностопного сустава в единицах Хаунсфилда (HU). Режим 3D-реконструкций позволял оценить анатомические взаимоотношения костей стопы, детали архитектуры. Схема измерения локальной, общей плотности и плотности губчатой кости, плотности таранной кости приведена на рисунке 1.

Работа проводилась в соответствии этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. Все больные подписали информированное согласие на публикацию данных без идентификации личности. Полученные данные обрабатывали с помощью программы анализа данных AtteStat, версия 13.1. В таблицах значения представлены в виде ( $M \pm \sigma$ ), где  $M$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение.



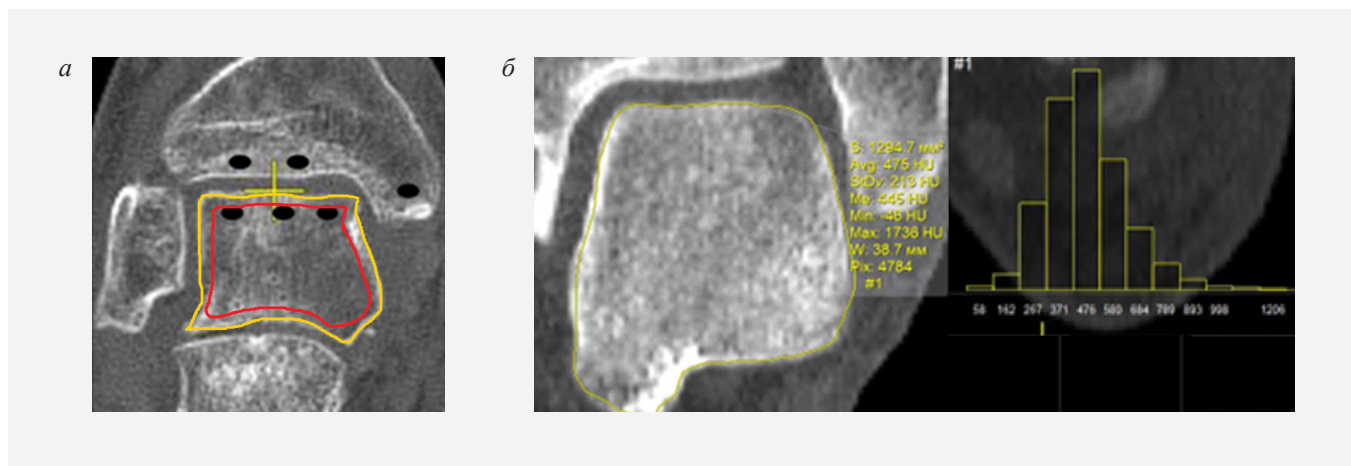


Рисунок 1. МСКТ голеностопного сустава после лечения перелома и демонтажа аппарата. МРР во фронтальной плоскости схема измерения плотности: желтый контур – общая плотность, красный контур – плотность губчатой кости (а); МРР во фронтальной плоскости, измерение общей плотности таранной кости (б)

Figure 1. MSCT scans of the ankle joint after the fracture treatment and removal of the apparatus. Multiplanar reconstruction (MPR) in the coronal plane, density measurement scheme: yellow contour for the total density, red contour for the spongy bone density (a); MPR in the coronal plane, measurement of the total density of the talus (b)

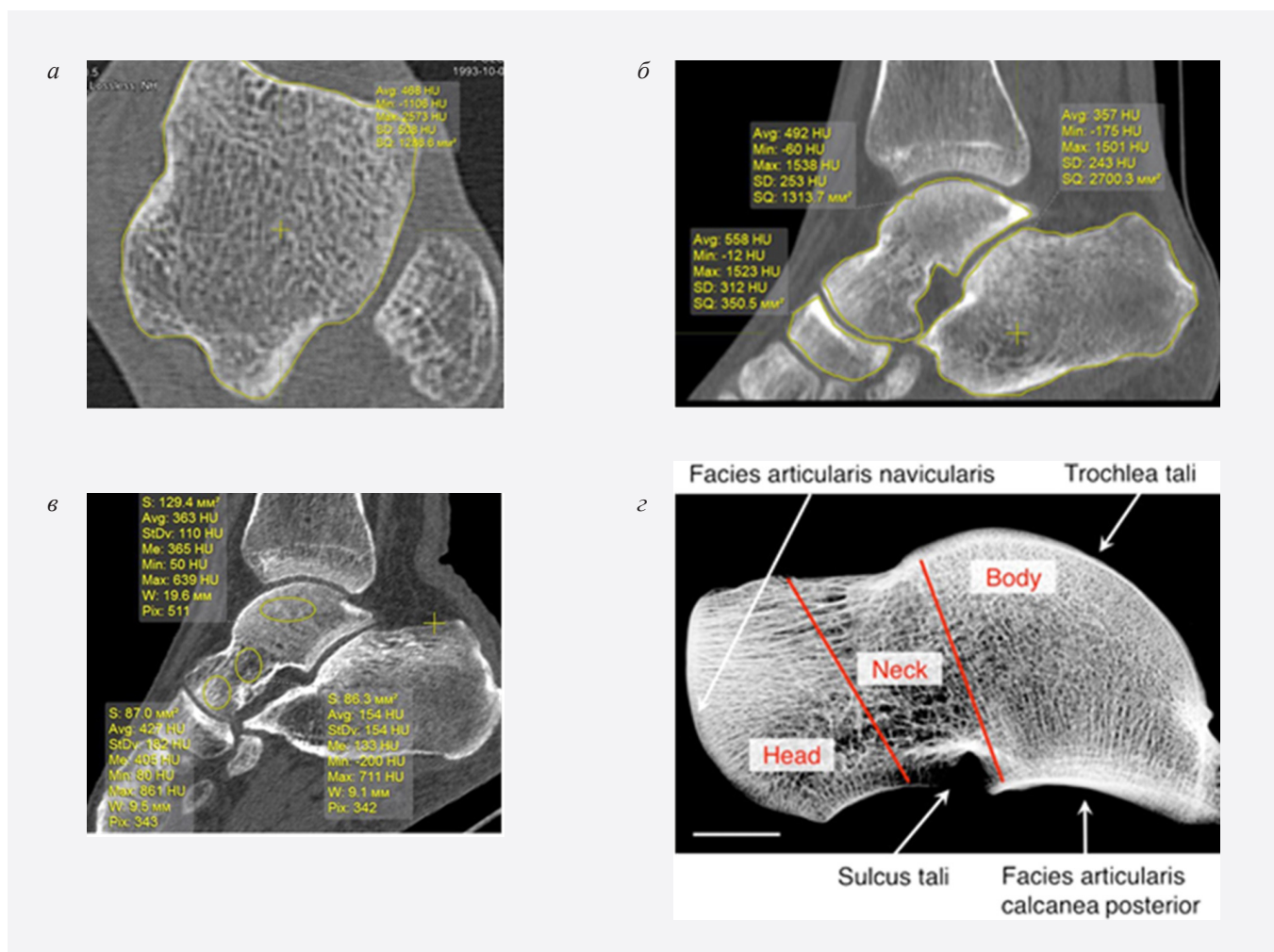


Рисунок 2. МСКТ голеностопного сустава и стопы больного В., 37 лет. Перелом таранной кости справа. МРР во фронтальной плоскости здоровой конечности (а). МРР в сагиттальной плоскости здоровой конечности (б, в). Контактная рентгенограмма таранной кости, сагиттальная плоскость (г) (заимствовано из М. Krause и соавт., 2013) [18]

Figure 2. MSCT scans of the ankle joint and foot (Patient V., 37 years old). Right-sided talus fracture. MPR in the coronal plane, intact limb (a). MPR in the sagittal plane, intact limb (b, в). A contact radiograph of the talus in the sagittal plane (г) (taken from Krause et al, 2013) [18]

## Результаты

Изучение таранной кости методом МСКТ показало, что плотность ее в норме составляла  $454,21 \pm 31,60$  HU, что совпадает с данными, приведенными в работе С.М. Александрова и соавт. (2014) [17]. На гистограмме, построенной при измерении плотности таранной кости здоровой конечности, преобладали значения в диапазоне 370–580 HU. Плотность в области шейки таранной кости не превышала  $138,4 \pm 21,7$  HU с минимальной плотностью до –200 HU. Структура кости в области шейки представлена группами костных трабекул, ориентированных в перпендикулярном к телу и головке направлении, тогда как тело таранной кости имело равномерную мелкоячеистую структуру на всем протяжении, состояло из групп трабекул, расположенных вертикально, параллельно друг другу в коронарной, сагитальной и горизонтальной плоскостях. Плотность трабекул в шейке меньше, чем в головке и блоке [12]. Архитектоника головки также представлена параллельными полудугообразными группами костных трабекул (рис. 2).

Изучение особенностей строения костей стопы у больных с переломом таранной кости в различные периоды после лечения показало, что характер рентгеноморфологических изменений костей стопы и зоны перелома зависел от характера повреждения, времени от момента перелома до оперативного вмешательства. У пациента В., 37 лет, хирургическое вмешательство было произведено через 25 дней после консервативного лечения в гипсовой лонгете. После консультации больной прооперирован методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова. Аппарат демонтирован через 69 дней. На рентгенограмме голеностопного сустава в боковой проекции определялся сросшийся перелом таранной кости, таранно-пяточный угол  $-45^\circ$  (рис. 3).

По данным компьютерной томографии через 7 дней после демонтажа аппарата (фиксация 69 дней) средняя плотность таранной кости на одном из срезов составляла 169 HU, минимальная – (–111 HU), средняя плотность в зоне сращения перелома  $423,17 \pm 26,80$  HU, минимальные значения плотности – (–375 HU) (рис. 4).

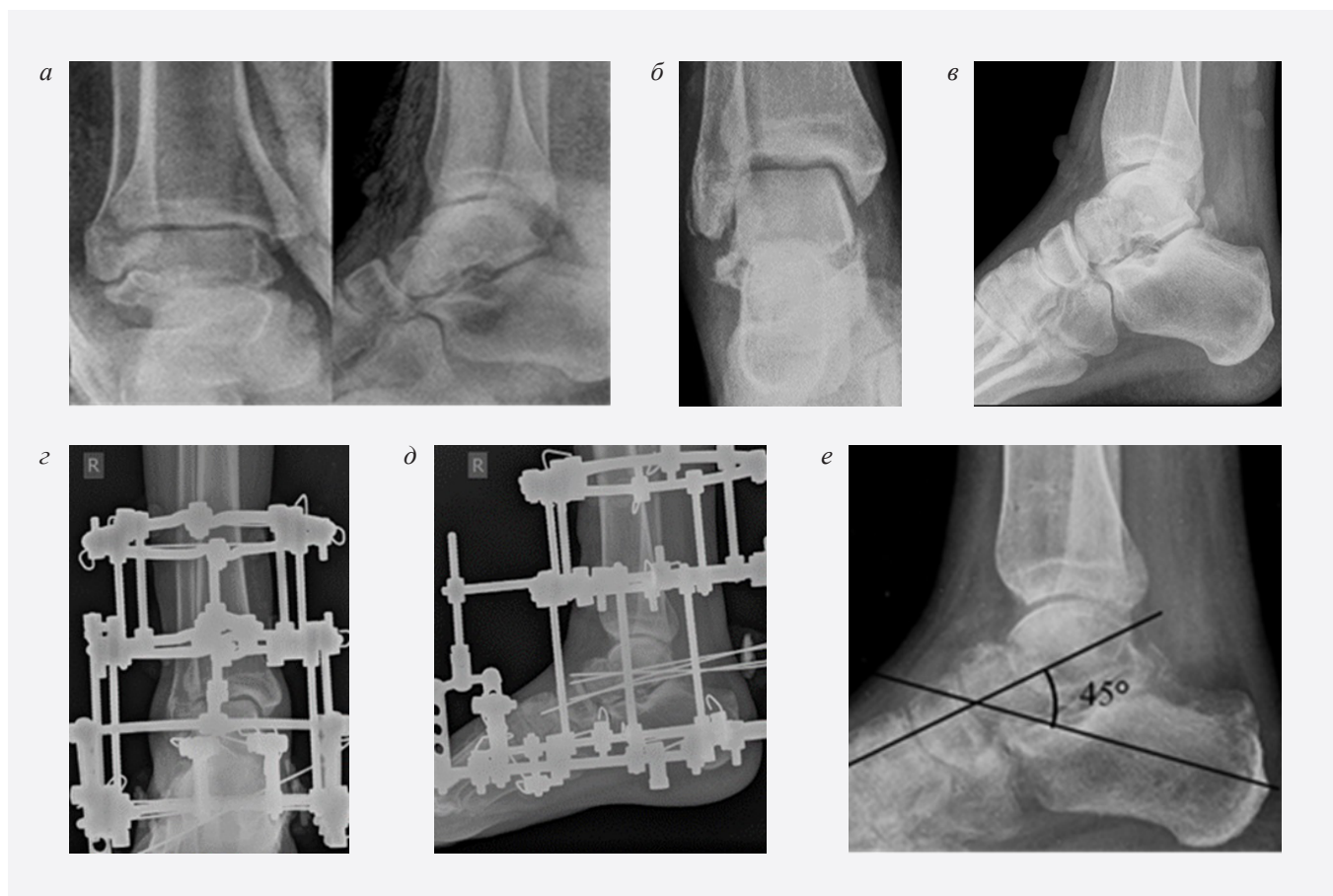


Рисунок 3. Рентгенограммы голеностопного сустава в прямой (а) и боковой (б) проекциях больного В., 37 лет. После травмы. Перелом таранной кости. Рентгенограммы голеностопного сустава в прямой и боковой (а) проекциях. Через 21 день после травмы и снятия лонгеты (б, в). После операции (г, д). Рентгенограмма голеностопного сустава в боковой проекции. После демонтажа аппарата. Таранно-пяточный угол  $45^\circ$  (е)

Figure 3. Radiographs of the ankle joint in the frontal (a) and lateral (б) views (Patient V., 37 years old). Talus fracture. Postinjury. Radiographs of the ankle joint in the frontal and lateral (а) views. 21 days after the injury and removal of the splint (б, в). Postsurgery (г, д). A radiograph of the ankle joint in the lateral view. After the removal of the apparatus. Talocalcaneal angle of  $45^\circ$  (е)

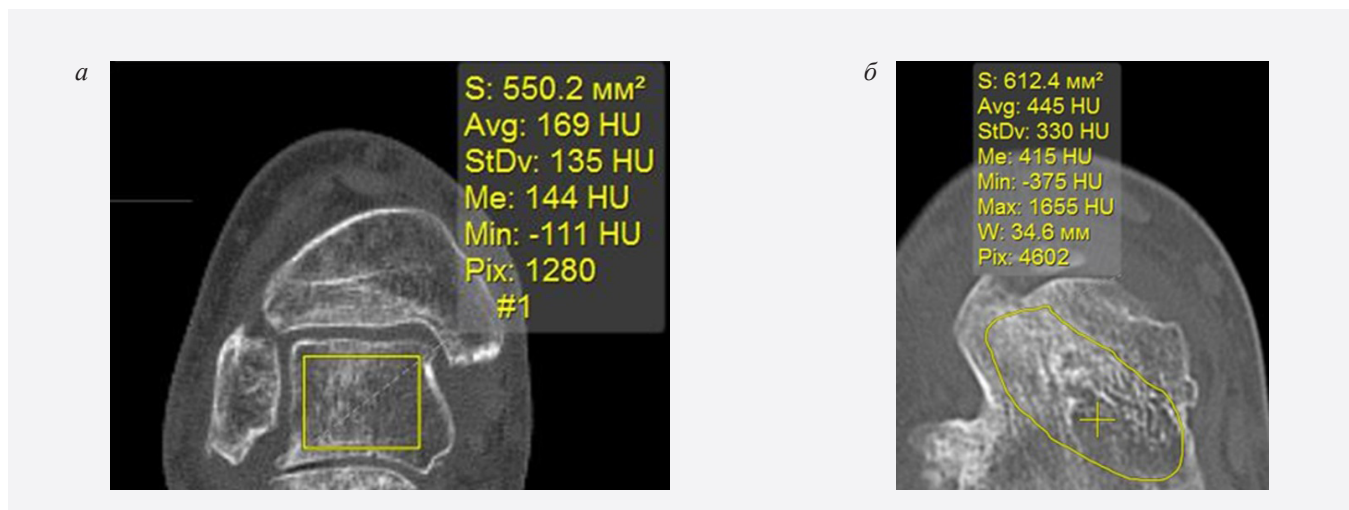


Рисунок 4. МСКТ голеностопного сустава и стопы больного В., 37 лет. Перелом таранной кости. Через 7 дней после демонтажа аппарата. Аксиальный срез. Измерение плотности таранной кости (а); плотность кости в зоне сращения (б)  
Figure 4. MSCT scans of the ankle joint and foot (Patient V., 37 years old). Talus fracture. 7 days after the removal of the apparatus. Axial section. Measurement of the talus density (a); bone density at the union site (b)

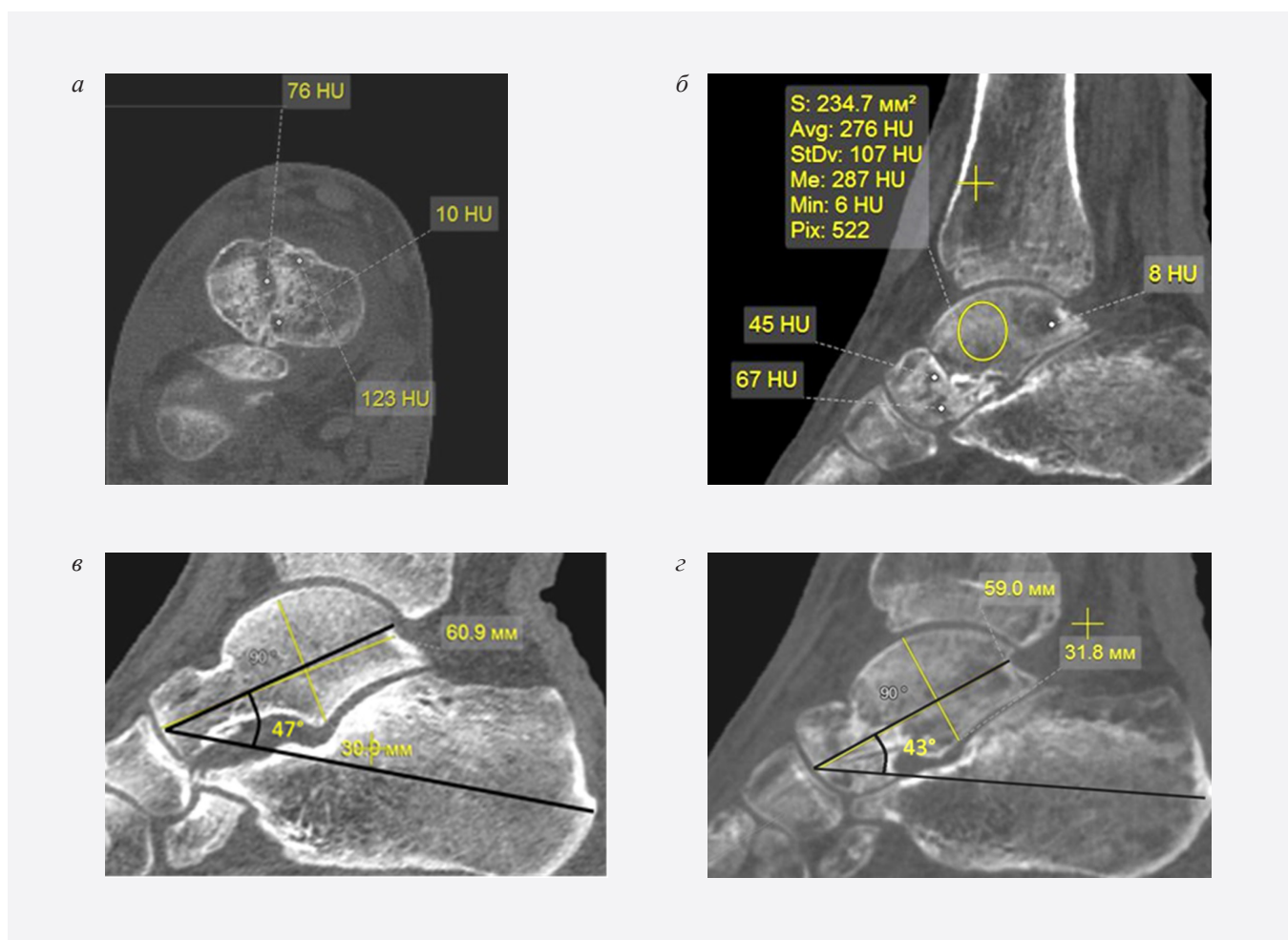


Рисунок 5. МСКТ голеностопного сустава и стопы больного В., 37 лет. Перелом таранной кости со смещением. Через 7 дней после демонтажа аппарата. Аксиальный срез (а), измерение локальной плотности; МРР в сагиттальной плоскости, измерение локальной плотности таранной кости (б), измерение таранно-пяточного угла (в), здоровой конечности (г)  
Figure 5. MSCT scans of the ankle joint and foot (Patient V., 37 years old). Talus fracture and dislocation. 7 days after the removal of the apparatus. Axial section (a), measurement of the local density; MPR in the sagittal plane, measurement of the local density of the talus (б), measurement of the talocalcaneal angle (в), intact limb (г)



На аксиальном срезе таранной кости точечная локальная плотность колебалась от 10 до 123 HU, на MPR в сагиттальной плоскости локальная плотность тела таранной кости составляла 276 HU в области головки, а в некоторых точках плотность не превышала 45–67 HU (зоны резорбции). При измерении длины таранной кости на MPR в сагиттальной плоскости она практически не отличалась от таковой на здоровой конечности. Таранно-пяточный угол на оперированной стопе составлял 43 ° (рис. 5).

Измерение плотности таранной кости на MPR во фронтальной плоскости (цветовая карта) показало,

что на срезе, расположенном ближе к задним отделам кости, плотность была выше, и составила 241 HU, с локальным уменьшением ее до 42 HU. При MPR в сагиттальной плоскости средняя плотность тела составляла 235 HU, на гистограмме преобладали участки плотности от 145 до 305 HU (рис. 6).

Через 7 дней после демонтажа аппарата плотность таранной кости в два раза ниже, чем плотность на здоровой конечности ( $156,17 \pm 26,90$  и  $352,14 \pm 21,30$  HU соответственно). На гистограмме, отражающей плотность таранной кости после сращения, преобладали показатели от 71 до 162 HU, тогда как со здоровой стороны – от 286 до

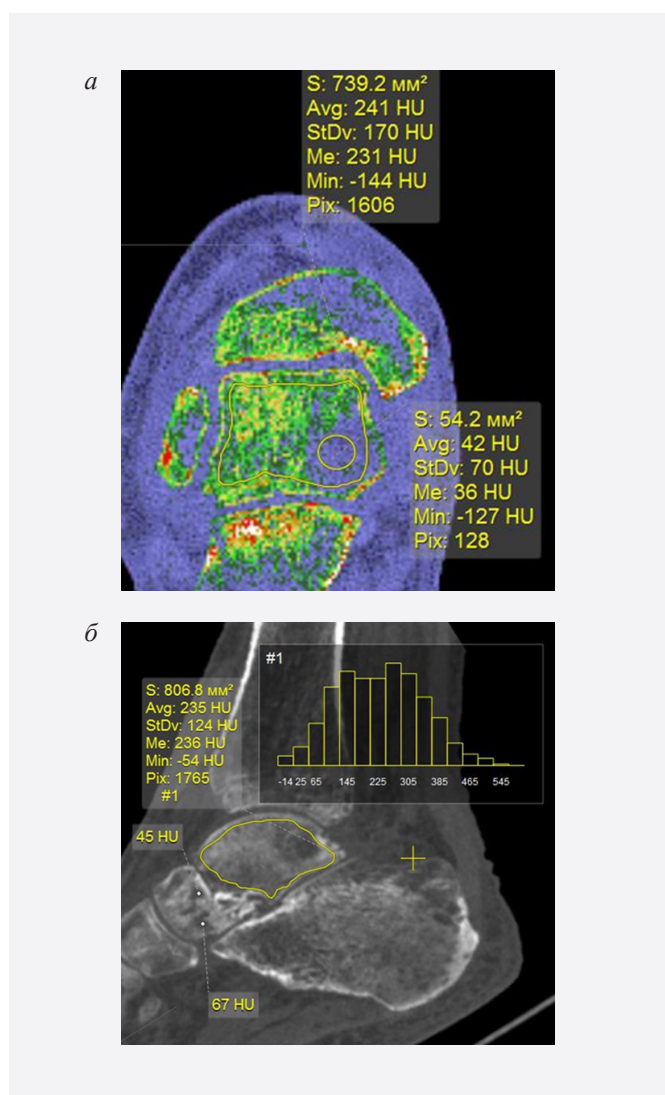


Рисунок 6. МСКТ голеностопного сустава и стопы больного В., 37 лет. Перелом таранной кости. Через 7 дней после демонтажа аппарата. MPR во фронтальной плоскости, цветовая карта (а), измерение плотности таранной кости; MPR в сагиттальной плоскости, плотность тела таранной кости с гистограммой (б)

Figure 6. MSCT scans of the ankle joint and foot (Patient V., 37 years old). Talus fracture. 7 days after the removal of the apparatus. MPR in the coronal plane, color map (a), measurement of the talus density; MPR in the sagittal plane, talar body density and a histogram (b)

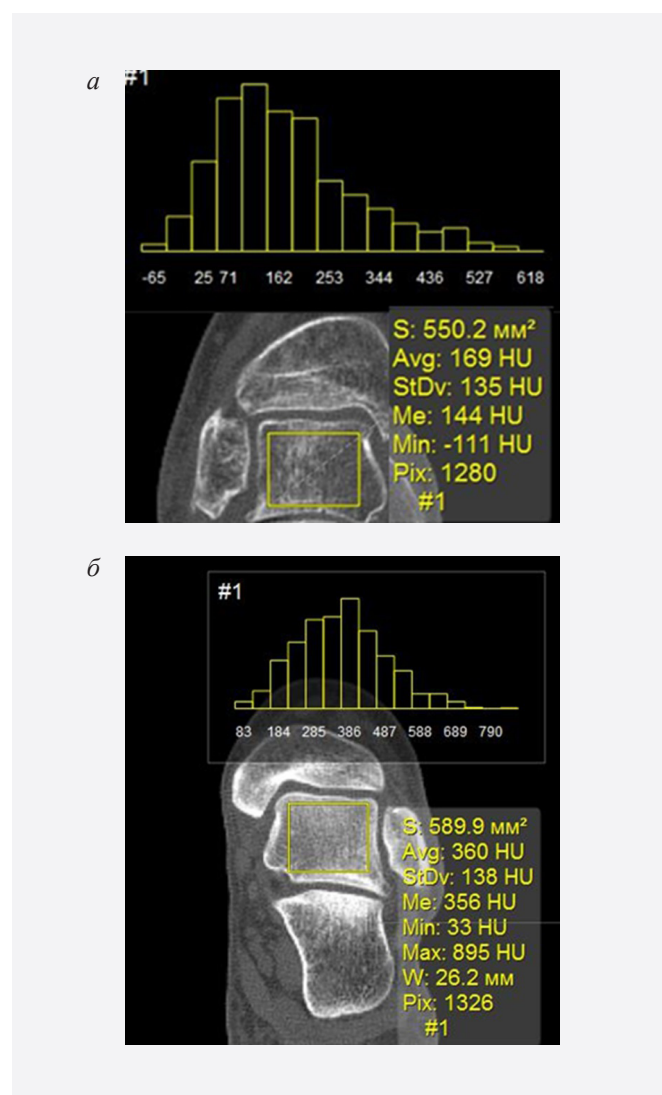


Рисунок 7. МСКТ голеностопного сустава и стопы больного В., 37 лет. Перелом таранной кости. Через 7 дней после демонтажа аппарата. MPR во фронтальной плоскости. Плотность таранной кости: а – на стороне перелома, здоровая конечность (б)

Figure 7. MSCT scans of the ankle joint and foot (Patient V., 37 years old). Talus fracture. 7 days after the removal of the apparatus. MPR in the coronal plane. Talus density: а – on the side of the fracture, intact limb (б)

386 HU. Хорошо видны изменения структуры таранной кости на стороне перелома: увеличение расстояния между группами трабекул, крупноячеистое строение (рис. 7).

При переломе таранной кости в процессе фиксации происходили изменения не только в зоне повреждения, но изменялась структура и плотность пяточной кости. Плотность пяточной кости через 7 дней после окончания фиксации в сравнении со здоровой конечностью почти на  $101,14 \pm 17,20$  HU меньше, минимальная плотность меньше на  $35,7 \pm 2,5$  HU, а максимальная не превышала  $1167,21 \pm 117,8$  HU, тогда как на здоровой конечности максимальная плотность составляла  $1587,60 \pm 192,4$  HU. На гистограммах, отражающих плотность пяточной кости поврежденной стопы, преобладали показатели в диапазоне от 69 до 148 HU, тогда как на здоровой конечности – от 169 до 270 HU. В области пяточного бугра на стороне повреждения отмечались зоны резорбции, изменен характер архитектоники.

Нарушение структуры и уменьшение плотности отмечено и для дистального отдела большеберцовой кости. В субхондральной зоне она не превышала на оперированной конечности  $251,34 \pm 17,9$  HU, тогда как на здоровой конечности составляла  $398,33 \pm 27,80$  HU. На 1,5 см выше субхондральной зоны плотность кости составляла на оперированной конечности  $176,21 \pm 34,6$  HU, тогда как на здоровой –  $327,45 \pm 46,7$  HU. В дистальном отделе большеберцовой кости на оперированной конечности определялись зоны резорбции. Отмечено снижение локальной плотности в таранной и пяточной костях, что хорошо визуализировалось при исследовании с помощью цветовой карты и VRT.

Больной П., 36 лет, был прооперирован на 2-й день после оскольчатого перелома таранной кости (чрескостный остеосинтез аппаратом Илизарова) (рис. 8).

Через 6 мес. после демонтажа аппарата плотность кости в зоне сращения составляла  $517,67 \pm 56$  HU,

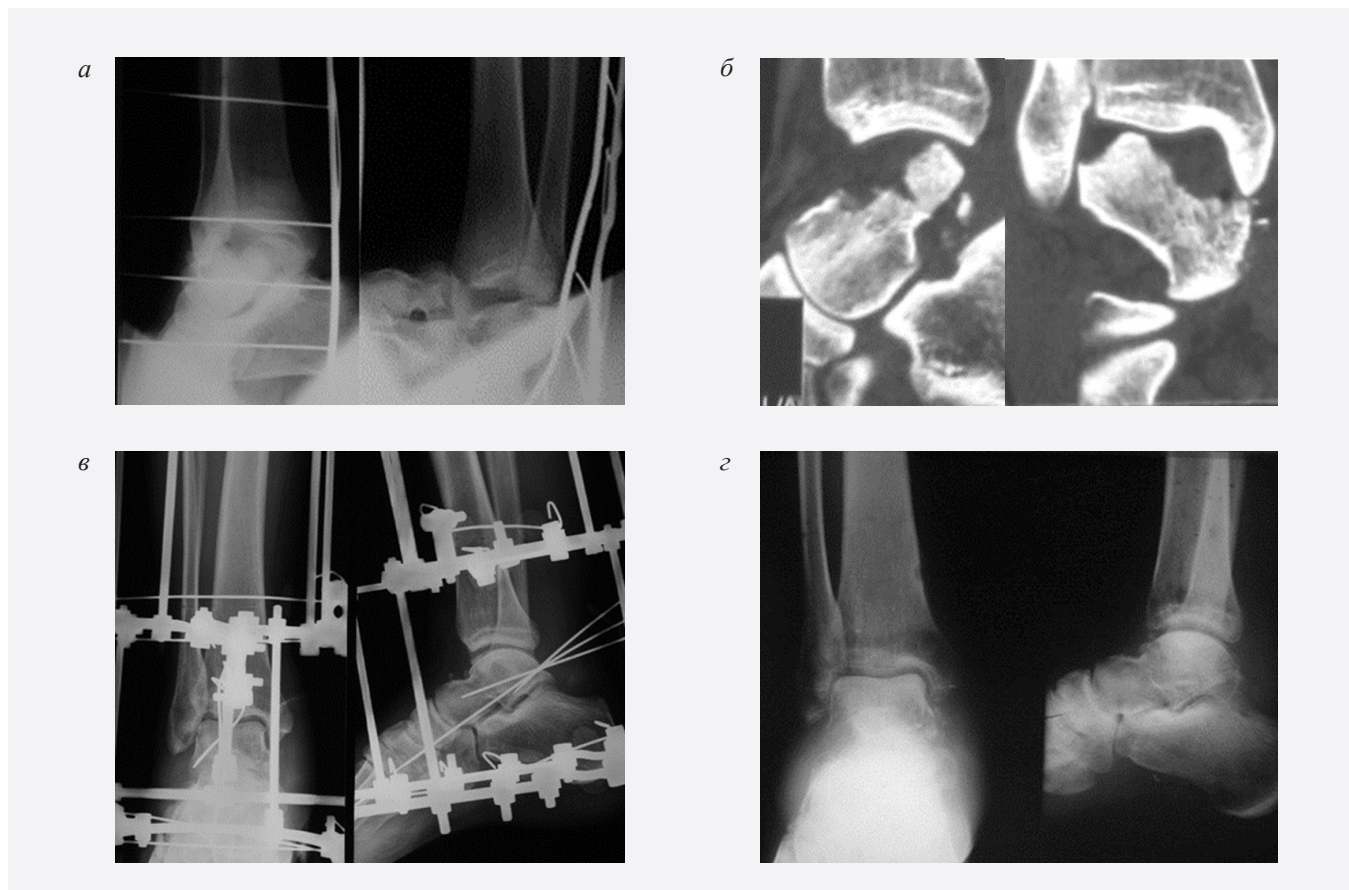


Рисунок 8. Рентгенограммы и МСКТ голеностопного сустава больного П., 36 лет. Оскольчатый перелом тела таранной кости (81–B3 по классификации SFR E. Jermander и соавт. (2022) [3], 81–C2.2 по классификации AO OAT; T. Williams и соавт. (2012) [15]). Рентгенограммы в прямой и боковой проекциях после перелома (а); МРР во фронтальной и сагиттальной плоскостях после перелома (б). Рентгенограммы голеностопного сустава и стопы в прямой и боковой проекциях после операции (в); рентгенограммы голеностопного сустава и стопы в прямой и боковой проекциях после демонтажа аппарата (г)  
Figure 8. Radiographs and MSCT scans of the ankle joint (Patient P., 36 years old). Comminuted talar body fracture: 81–B3 according to the classification in the SFR (Jermander et al, 2022) [3]; 81–C2.2 according to the AO/OAT classification (Williams et al, 2012) [15]. Radiographs in the frontal and lateral views after the fracture (a); MPR in the coronal and sagittal planes after the fracture (b). Radiographs of the ankle joint and foot in the frontal and lateral views postsurgery (в); radiographs of the ankle joint and foot in the frontal and lateral views after the removal of the apparatus (г)



что почти на 100 HU больше, чем после демонтажа аппарата (рис. 9).

При изучении данных МСКТ (MPR во фронтальной и сагиттальной плоскостях) определялись правильные взаимоотношения в голеностопном суставе, таранно-пяточный угол соответствовал нормальным показателям. Изучение плотности большеберцовой и таранной кости в субхондральной зоне показало, что она увеличилась для большеберцовой кости до  $417,80 \pm 48,64$  HU, для таранной – до  $538,16 \pm 27,90$  HU. В области внутренней лодыжки плотность была снижена до  $69,27 \pm 8,15$  HU. В области таранной кости также сохранялись участки пониженной плотности. Сохранялись более низкие, чем в норме, показатели плотности пяточной кости. Общая плотность пяточной кости на оперированной конечности увеличилась до  $187,45 \pm 28,17$  HU, на гистограмме преобладали показатели плотности в диапазоне от 59 до 227 HU. В таблице 3 представлены данные о плотности таранной и пяточной костей на различных этапах лечения.

**Таблица 3**

**Плотность таранной и пяточной костей через 7 дней и 6 мес. после демонтажа аппарата (M ± σ)**

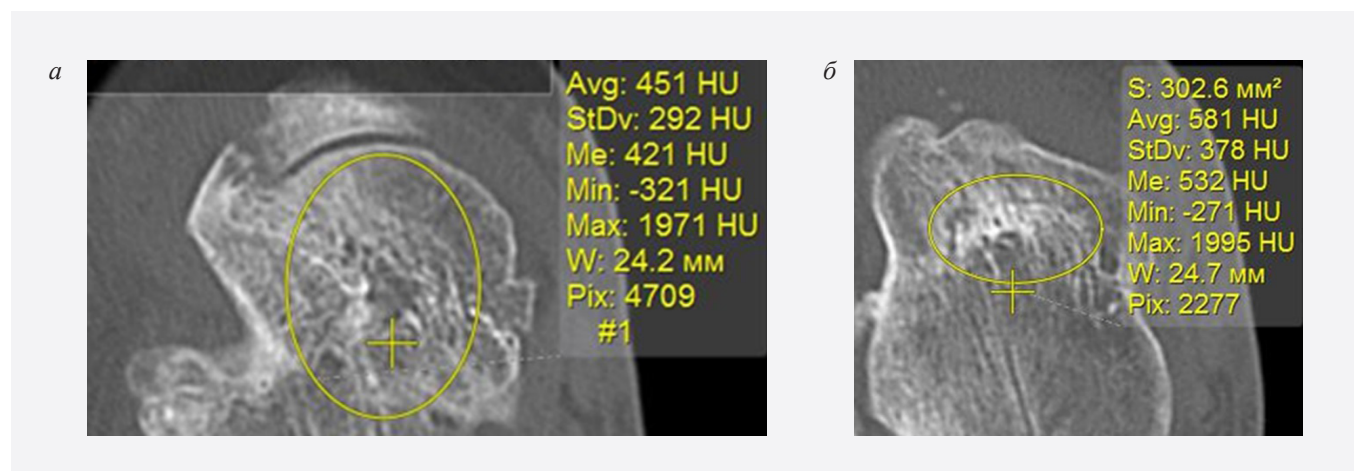
**Table 3**

**Density of the talus and calcaneus at 7 days and 6 months after the removal of the apparatus (M ± σ)**

Зона интереса	Период лечения, плотность кости HU	
	7 дней после демонтажа аппарата	6 мес. после демонтажа аппарата
Таранная кость	$156,17 \pm 26,90$	$327,98 \pm 56,21$
Пяточная кость	$141,27 \pm 35,18$	$187,45 \pm 28,17$

## Обсуждение

Переломы таранной кости наблюдаются всего в 0,5–1% случаев, но относятся к категории наиболее опасных травм, приводящих к тяжелым последствиям [2–7, 11]. Таранная кость играет важную роль в биомеханике таранно-пяточного, таранно-ладьевидного и голеностопного суставов. Кроме этого, она несет на себе нагрузку всего тела, а кровоснабжение ограничено сосудами, проникающих в кость на ограниченном участке из задней большеберцовой артерии, перонеальной артерии и тыльной артерии стопы, но основное питание получает из артерии тарзального канала и sinus tarsi. Малый диаметр питающих сосудов и отсутствие коллатерального кровообращения являются факторами, повышающими риск развития асептического некроза таранной кости, особенно посттравматического характера [19]. Своевременно выполненная репозиция и фиксация методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова с сохранением нормальных взаимоотношений в голеностопном суставе, особенно в случаях с установленными шарнирами, позволяет достичь сращения перелома таранной кости в различных ее отделах, в том числе и при оскольчатых повреждениях. В процессе фиксации и ближайшее время после демонтажа аппарата в костях стопы с переломом таранной кости отмечалось уменьшение плотности, появление зон резорбции, которые касались и таранной кости. В зоне сращения, к концу периода фиксации, напротив, появлялись участки большей, по сравнению с прилежащими зонами, плотности. Через 6–8 мес. после демонтажа аппарата при адекватной нагрузке повышалась плотность костей до нормальных величин, органотипическая перестройка кости в зоне сращения занимала более длительный промежуток времени, учитывая особенности строения таранной кости и слож-



**Рисунок 9.** МСКТ голеностопного сустава и стопы больного П., 36 лет. Оскольчатый перелом таранной кости. Аксиальные срезы, измерение плотности кости в зоне сращения. После демонтажа аппарата (а) и через 6 мес. после демонтажа аппарата (б)

**Figure 9.** MSCT scans of the ankle joint and foot (Patient P., 36 years old). Comminuted talus fracture. Axial sections, measurement of the bone density at the union site. After the removal of the apparatus (a) and 6 months after its removal (b)

ную биомеханику стопы [20]. Сложная анатомическая структура таранной кости и трудности, связанные с доступом к ней для хирургических вмешательств, как правило, негативно влияют на прогноз [21, 22]. Любой вывих таранной кости изменяет распределение нагрузки на другие компоненты голеностопного сустава, что может привести к изменению структуры прилежащих суставов, мягких тканей [23, 24]. В.В. Сангезан и соавт. (1992) сообщили, что укорочение медиальной части таранной кости на 2 мм вызывает значительно большую нагрузку на подтаранные суставы, а варусная деформация может приводить к тугоподвижности суставов, подтаранному артрозу [25]. Это еще раз говорит в пользу необходимости применения МСКТ при любых переломах таранной кости, поскольку 3D цифровые модели могут предоставить точные морфометрические данные, чтобы помочь клиницистам обеспечить целостность таранной кости после вывиха и снизить риск ишемического остеонекроза, посттравматического артроза, неправильного сращения и несращения после фиксации перелома [21, 22].

### Заключение

Лечение переломов таранной кости методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова позволяет получить хорошие результаты в ближайшем периоде, особенно при использовании шарнирной компоновки, способствующей осуществлению ранних движений в голеностопном суставе и нагрузки на ранних этапах лечения. Для рентгеноморфологической динамики таранной кости при ее переломе характерно постепенное повышение плотности кости в зоне сращения. Локальная плотность таранной кости в зоне перелома постепенно увеличивалась и через 6 мес. составляла более 500 HU. Органотипическая перестройка в зоне сращения к этому времени не заканчивалась, учитывая архитектуру таранной кости и биомеханику стопы. Отмеченное во время фиксации в аппарате уменьшение общей плотности таранной и пяточной костей после демонтажа аппарата Илизарова характеризовалось постепенным ее повышением до нормальных величин.

### Литература/References

1. Fournier A, Barba N, Steiger V, et al. Total talar fracture – long-term results of internal fixation of talar fractures. A multicentric study of 114 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(4 Suppl):S48–S55. PMID: 22621831. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.04.012>
2. Buza JA 3rd, Leucht P. Fractures of the talus: current concepts and new developments. *Foot Ankle Surg.* 2018;24(4):282–290. PMID: 29409210. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.04.008>
3. Jermander E, Sundkvist J, Ekelund J, Möller M, Wolf O, Mukka S. Epidemiology, classification, treatment and mortality of Talus fractures: an observational study of 1794 talus fractures from the Swedish Fracture Register. *Foot Ankle Surg.* 2022;28(8):1444–1451. PMID: 36028442. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2022.08.008>
4. Liu X, Zhang H, Liu L, Fang Y, Huang F. Open talus fractures: early infection and its epidemiological characteristics. *J Foot*

*Ankle Surg.* 2019;58(1):103–108. PMID: 30448380. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2018.08.020>

5. Sautet P, Roussignol X, Loubignac F, Rochwerger RA, Pidhorz L; la Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (SOFOT). Talar fracture: epidemiology, treatment and results in a multicenter series. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(6):102835. PMID: 33524630. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.102835>

6. Carlock KD, Bunzel EW, Goodnough LH, Githens MF. Posteromedial talar body fracture: case discussion and surgical technique. *J Orthop Trauma.* 2022;36(Suppl 3):S33–S34. PMID: 35838577. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002398>

7. Githens M, Tangtiphaiboon J, Carlock K, Campbell ST. Talus fractures: an update on current concepts in surgical management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022;30(15):e1015–e1024. PMID: 35862213. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-20-01348>

8. DeLong WG Jr, Born CT, Wei SY, Petrik ME, Ponzio R, Schwab CW. Aggressive treatment of 119 open fracture wounds. *J Trauma.* 1999;46(6):1049–1054. PMID: 10372623. <https://doi.org/10.1097/00005373-199906000-00012>

9. Athavale SA, Joshi SD, Joshi SS. Internal architecture of the talus. *Foot Ankle Int.* 2008;29(1):82–86. PMID: 18275743. <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0082>

10. Pal GP, Rotal RV. Architecture of the cancellous bone of the human talus. *Anat Rec.* 1998;252(2):185–193. PMID: 9776073. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(199810\)252:2<185::AID-AR4>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(199810)252:2<185::AID-AR4>3.0.CO;2-2)

11. Schiff A, Li J, Inoue N, Masuda K, Lidtke R, Muehleman C. Trabecular angle of the human talus is associated with the level of cartilage degeneration. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2007;7(3):224–230. PMID: 17947804.

12. Ebraheim NA, Sabry FF, Nadim Y. Internal architecture of the talus: implication for talar fracture. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):794–796. PMID: 10609708. <https://doi.org/10.1177/107110079902001207>

13. Fan ZR, Ma JX, Zhao XW, et al. Spatial structure of talus trabeculae based on high resolution X-ray and micro-CT. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2021;101(37):2982–2987. (In Chinese). PMID: 34638188. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20210608-01306>

14. Rammelt S, Zwipp H. Talar neck and body fractures. *Injury.* 2009;40(2):120–135. PMID: 18439608. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.01.021>

15. Williams T, Barba N, Noailles T, et al. Total talar fracture – inter- and intra-observer reproducibility of two classification systems (Hawkins and AO) for central talar fractures. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(4 Suppl):S56–S65. PMID: 22613935. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.04.011>

16. Hawkins LG. Fractures of the neck of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(5):991–1002. PMID: 5479485.

17. Александров С.М., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А., Степанов Р.В., Ларионова Т.А. МСКТ – семиотика хронического остеомиелита костей, образующих голеностопный сустав. *Вестник Российского Научного Центра рентгенодиагностики Минздрава России.* 2014;14. [http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v14/papers/diachkova\\_v14.pdf](http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v14/papers/diachkova_v14.pdf)

- Alexandrov SM, Diachkova GV, Diachkov KA, Stepanov RV, Lariionova TA. Multispiral CT-semiotics of chronic osteomyelitis of the bones forming the ankle joint. *Vestnik Rossiiskogo Nauchnogo Tsentra rentgenoradiologii Minzdrava Rossii.* 2014;14. (In Russ.). [http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v14/papers/diachkova\\_v14.pdf](http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v14/papers/diachkova_v14.pdf)

18. Krause M, Rupprecht M, Mumme M, Püschel K, Ameling M, Barvencik F. Bone microarchitecture of the talus changes with aging. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(11):3663–3671. PMID: 23893363. PMID: PMC3792264. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-3195-0>

19. Gelberman RH, Mortensen WW. The arterial anatomy of the talus. *Foot Ankle*. 1983;4(2):64–72. PMID: 6642325. <https://doi.org/10.1177/107110078300400204>

20. Дьячкова Г.В., Неретин А.С., Корабельников М.А., Нижечик С.А. Рентгенологические особенности регенерации костной ткани при лечении больных с аномалиями развития стопы. *Гений ортопедии*. 2005;(4):98–101.

Diachkova GV, Neretin AS, Korabelnikov MA, Nizhechick SA. The roentgenologic peculiarities of bone tissue regeneration in treatment of patients with developmental foot anomalies. *Genij Ortopedii*. 2005;(4):98–101. (In Russ.).

21. Sproule JA, Glazebrook MA, Younger AS. Varus hindfoot deformity after talar fracture. *Foot Ankle Clin*. 2012;17(1):117–125. PMID: 22284556. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2011.11.009>

22. Sen RK, Tripathy SK, Manoharan SR, Krishnan V, Tamuk T, Jagadeesh V. Long term surgical treatment outcome of talar body fracture. *Chin J Traumatol*. 2011;14(5):282–287. PMID: 22118482.

23. Ramsey PL, Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58(3):356–357. PMID: 1262367.

24. Yeganeh A, Alaei A, Boddouhi B, Behkam-Rad A, Shahosseini G. Results of surgically treated talar fractures. *Chin J Traumatol*. 2013;16(6):361–364. PMID: 24295584.

25. Sangeorzan BJ, Wagner UA, Harrington RM, Tencer AF. Contact characteristics of the subtalar joint: the effect of talar neck malalignment. *J Orthop Res*. 1992;10(4):544–551. PMID: 1613628. <https://doi.org/10.1002/jor.1100100409>

## Сведения об авторах

**Дьячкова Галина Викторовна**, д. м. н., профессор, заведующая лабораторией рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>

**Нарицын Виталий Анатольевич**, врач – травматолог-ортопед, заведующий ортопедотравматологическим отделением № 3, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <https://orcid.org/0009-0009-0949-0011>

**Сулягин Илья Вячеславович**, врач-ординатор, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3998-6781>

**Дьячков Константин Александрович**, д. м. н., главный научный сотрудник лаборатории рентгеновских и ультразвуковых методов диагностики, заведующий отделением лучевой диагностики, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

**Мартель Иван Иванович**, д. м. н., врач – травматолог-ортопед, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <https://orcid.org/0009-0003-8287-1685>

**Сазонова Наталья Александровна**, д. м. н., заведующая поликлиникой, НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-0562-1397>

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Author credentials

**Galina V. Diachkova**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Laboratory of Diagnostic Radiology and Ultrasound Techniques, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>

**Vitaliy A. Naritsyn**, Traumatologist-Orthopedist, Head of the Department of Trauma and Orthopedics No. 3, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0009-0949-0011>

**Ilya V. Sulyagin**, Resident, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3998-6781>

**Konstantin A. Diachkov**, Dr. Sci. (Med.), Principal Researcher, Laboratory of Diagnostic Radiology and Ultrasound Techniques, Head of the Diagnostic Radiology Department, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-5105-3378>

**Ivan I. Martel**, Dr. Sci. (Med.), Traumatologist-Orthopedist, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0003-8287-1685>

**Natalia A. Sazonova**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Polyclinic, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Kurgan, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-0562-1397>

**Conflict of interest:** none declared.