

НОВЫЙ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕФОРМАЦИЯМИ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ

Леонова С.Н.,
Усольцев И.В.,
Косарева М.А.

ФГБНУ «Иркутский научный центр
хирургии и травматологии»
(664003, г. Иркутск,
ул. Борцов Революции, 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Усольцев Иван Владимирович,
e-mail: ivu38@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Установить возможность использования рентгенологического способа определения положения головок плюсневых костей для проведения предоперационного планирования при лечении пациентов с деформациями переднего отдела стопы.

Материал и методы. Предложенный рентгенологический способ определения положения головок плюсневых костей включает выполнение рентгенографии на специальной платформе. На рентгенограмме определяют взаимное расположение головок плюсневых костей. По предложенному рентгенологическому способу было обследовано 15 пациентов с переходной метатарзалгией, которая развилась после оперативного лечения *hallux valgus* и молоткообразной деформации второго пальца стопы, и 28 пациентов с аналогичной деформацией переднего отдела стопы, которые не имели послеоперационной метатарзалгии.

Результаты. В результате применения предложенного рентгенологического способа было установлено, что у пациентов с переходной метатарзалгией в 86,67 % случаев головка 3-й плюсневой кости находилась ниже головок рядом расположенных 2-й и 4-й плюсневых костей. У 82,14 % пациентов второй группы без послеоперационных осложнений головка 3-й плюсневой кости находилась выше или на уровне головки рядом расположенной 4-й плюсневой кости. Клиническое применение предложенного способа позволило определить положение головок 2-й, 3-й или 4-й плюсневой кости и установить варианты нормы и отклонения от нормы.

Выводы. Предложенный нами рентгенологический способ позволяет объективно определить взаимное расположение головок плюсневых костей и, соответственно, выбрать оптимальную хирургическую тактику лечения пациентов с деформациями переднего отдела стопы. Предложенную методику определения положения головок плюсневых костей целесообразно включить в перечень предоперационного обследования наряду со стандартной рентгенографией костей стопы ввиду её воспроизводимости, а также ценности получаемой информации.

Ключевые слова: головки плюсневых костей, рентгенография стопы, хирургическое лечение деформации переднего отдела стопы, переходные метатарзалгии

Статья поступила: 14.10.2022

Статья принята: 02.12.2022

Статья опубликована: 29.12.2022

Для цитирования: Леонова С.Н., Усольцев И.В., Косарева М.А. Новый рентгенологический способ обследования пациентов с деформациями переднего отдела стопы. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(6): 239-249. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.24

A NEW RADIOLOGICAL METHOD FOR EXAMINING PATIENTS WITH FOREFOOT DEFORMITIES

Leonova S.N.,
Usoltsev I.V.,
Kosareva M.A.

Irkutsk Scientific Centre of Surgery
and Traumatology
(Bortsov Revolyutsii str. 1,
Irkutsk 664003, Russian Federation)

Corresponding author:
Ivan V. Usoltsev,
e-mail: ivu38@mail.ru

ABSTRACT

The aim of the study. To establish the possibility of using the X-ray method for determining the position of the metatarsal heads for preoperative planning in the treatment of patients with forefoot deformities.

Material and methods. The proposed radiological method for determining the position of the metatarsal heads includes performing radiography on a special platform. On the X-ray image, the relative position of the metatarsal heads is determined. Using the proposed X-ray method, we examined 15 patients with transient metatarsalgia under the 3rd metatarsal head, which developed after surgical treatment of hallux valgus and hammertoe (2nd toe), and 28 patients with similar forefoot deformity without postoperative metatarsalgia.

Results. As a result of the proposed X-ray method, we found that in 86.67% of patients with transient metatarsalgia, the 3rd metatarsal head was below the adjacent 2nd and 4th metatarsal heads. In 82.14% of patients without postoperative complications, the 3rd metatarsal head was higher or at the same level as the adjacent 4th metatarsal head. The clinical application of the proposed method made it possible to determine the position of the 2nd, 3rd or 4th metatarsal heads and to establish normal variants and deviations from the norm.

Conclusions. The proposed X-ray method makes it possible to effectively determine the relative position of the metatarsal heads and to choose the optimal surgical tactics for the treatment of patients with forefoot deformities. The proposed method for determining the position of the metatarsal heads is advisable to be included in the preoperative examination along with the standard X-ray of the foot bones, due to its reproducibility, as well as the value of the information obtained.

Key words: metatarsal head, X-ray foot examination, surgical treatment of forefoot deformities, transitional metatarsalgia

Received: 14.10.2022
Accepted: 02.12.2022
Published: 29.12.2022

For citation: Leonova S.N., Usoltsev I.V., Kosareva M.A. A new radiological method for examining patients with forefoot deformities. *Acta biomechanica scientifica*. 2022; 7(6): 239-249. doi: 10.29413/ABS.2022-7.6.24

ВВЕДЕНИЕ

К статическим деформациям переднего отдела стопы относится поперечное плоскостопие, которое наиболее часто сочетается с вальгусным отклонением первого пальца стопы (*hallux valgus*) [1–3]. *Hallux valgus* может встречаться в виде изолированной деформации или деформации, сопряженной с деформациями малых пальцев стопы [4].

В процессе развития деформации переднего отдела стопы происходит перераспределение нагрузки на область мягких тканей подошвенной поверхности стопы: снижается нагрузка на подголовчатое пространство 1-й плюсневой кости и возрастает нагрузка на подголовчатые пространства 2-й, 3-й и 4-й плюсневых костей. Избыточное давление со стороны головок плюсневых костей приводит к травматизации и дегенеративным изменениям мягких тканей плюснефалангового сустава, развитию перегрузочной метатарзалгии, что клинически проявляется болевым синдромом, образованием болезненного гиперкератоза под головкой плюсневой кости, и к формированию деформации пальца стопы [5].

Несмотря на многообразие разработанных методов оперативного лечения деформаций переднего отдела стопы, имеет место развитие таких послеоперационных осложнений и неудач, как рецидив деформации, остаточные деформации, переходная метатарзалгия, проявляющаяся переходом болевого синдрома и болезненного гиперкератоза под головку соседней плюсневой кости, и других [6–9].

Лежащее в основе формирования самой деформации переднего отдела стопы и развитии послеоперационных неудач перераспределение нагрузки на подголовчатые пространства, связано с изменением взаимного расположения головок плюсневых костей, которое можно определить по данным рентгенологического исследования. Существует метод мультиспиральной компьютерной томографии с нагрузкой (*weightbearing computed tomography*), позволяющий получить ценную информацию о пространственном расположении костей стопы в условиях естественной опоры на нижнюю конечность. Однако большая лучевая нагрузка, высокая стоимость оборудования ограничили применение данного метода в повседневной практике [10].

Для визуализации положения головок плюсневых костей существует способ рентгенологического исследования стопы, включающий выполнение рентгенографии в положении стоя на специальной подставке, позволяющей поднять заднюю часть стопы на 20° и переднюю часть стопы – на 10°, расположив плюснефаланговый сустав в самой нижней точке [11]. Рентгеновскую плёнку помещают в передней части стопы перпендикулярно полу. Источник рентгеновского излучения располагают в 1 м от задней части стопы и фокусируют на основании стопы у головки второй плюсневой кости, создавая осевую рентгенограмму стопы под нагрузкой в заднем направлении. Определяют высоту расположения головок плюсневых костей и сесамовидных костей относительно основания стопы, которое касалось земли. Недостаток

данного способа заключается в проблеме правильной установки стопы на предлагаемой подставке при наличии у пациента выраженной деформации пальцев стопы и точной фокусировки рентгеновского луча, что снижает достоверность получаемой информации.

Известен также способ рентгенологического исследования стоп, заключающийся в проведении рентгенографии в условиях статической нагрузки в двух плоскостях: передне-задней, с направлением рентгеновского луча 10° каудально и горизонтальной, с новым направлением луча с медиальной стороны стопы под углом 20° кпереди, – что позволяет визуализировать головки всех пяти плюсневых костей [12]. Испытуемому предлагалось перенести весь свой вес на одну ногу, наклониться вперёд и максимально нагрузить переднюю часть стопы, не поднимая пятку. Исследуемая конечность находится в положении сгибания в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах. При рентгенологическом исследовании в горизонтальной плоскости на рентгенограмме определяют высоту 2-й, 3-й, 4-й плюсневых костей относительно «костной основы», которая в свою очередь представляет собой линию, соединяющую самую подошвенную часть сесамовидных костей и 5-ю плюсневую кость. Недостаток указанного способа состоит в выполнении рентгенографии в неудобной позе, занять которую пациентам с заболеваниями суставов нижних конечностей и пожилым пациентам не представляется возможным. Кроме того, при рентгенографии опора на всю стопу не позволяет симитировать достаточную нагрузку на передний отдел стопы для получения достоверной информации о положении головок плюсневых костей, что, на наш взгляд, также снижает объективность результатов обследования.

Учитывая недостатки указанных методов, нами был разработан рентгенологический способ определения положения головок плюсневых костей (Заявка на изобретение № 2021132485 (068561), приоритетная справка от 29.11.2021).

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить возможность использования рентгенологического способа определения положения головок плюсневых костей для проведения предоперационного планирования при лечении пациентов с деформациями переднего отдела стопы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Нами был проведён анализ результатов обследования 15 пациентов с переходной метатарзалгией (15 стоп), которая развилась в течение года после симультанного оперативного лечения *hallux valgus* и молоткообразной деформации второго пальца стопы и проявлялась болевым синдромом и гиперкератозом на подошве под головкой третьей плюсневой кости. Оперативное вмешательство включало выполнение корригирующих остеотомий первой плюсневой кости, основной фаланги первого пальца

и остеотомии по Helal 2-й плюсневой кости. Стандартное клинико-рентгенологическое обследование пациентов позволило установить достижение коррекции имеющихся деформаций первого и второго пальца стопы. Кроме того, для определения возможной причины возникновения переходной метатарзалгии пациентам было выполнено дополнительное рентгенологическое обследование, включающее использование предложенного нами нового способа.

Данное исследование было проведено у второй группы из 28 пациентов с аналогичной деформацией переднего отдела стопы, которые в течение года после операции не предъявляли жалоб и не имели послеоперационной переходной метатарзалгии.

Рентгенографию оперированной стопы выполняли на аппарате Agfa DX-D300 (Agfa, Бельгия) в положении пациента стоя, с фокусным расстоянием 1 м.

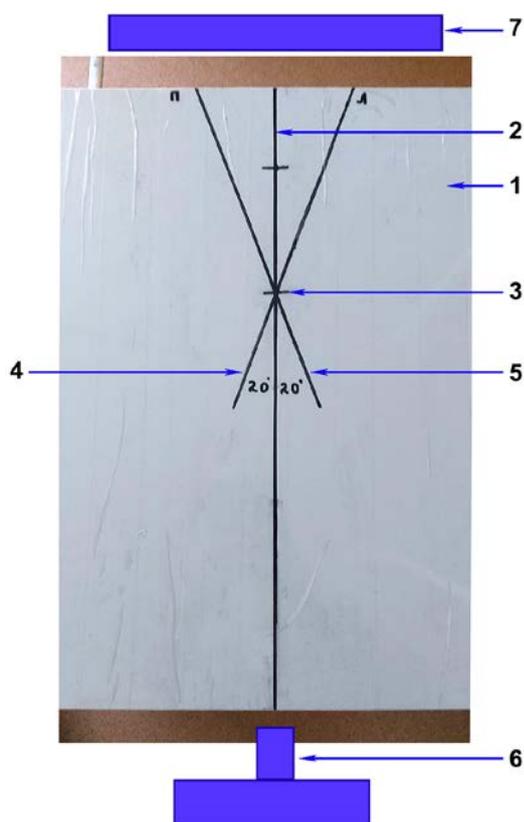


РИС. 1.
 Схема специальной разметки на платформе рентгеновского аппарата (1) для размещения стопы обследуемого пациента: 2 – продольная осевая линия по центру платформы; 3 – точка на продольной линии на расстоянии 20 см от переднего края платформы; 4, 5 – перекрещивающиеся линии под углом 20°, проведённые через точку 3 для обследования правой или левой стопы пациента; 6 – рентгеновская трубка; 7 – кассета

FIG. 1.
 Scheme of special markings on X-ray device platform (1) for placing the foot of the examined patient: 2 – longitudinal center line in the center of the platform; 3 – a point on the longitudinal line at a distance of 20 cm from the front edge of the platform; 4, 5 – crossing lines at an angle of 20°, drawn through point 3 to examine the right or left foot of the patient; 6 – X-ray tube; 7 – cassette

Рентгенологическое исследование стопы по предложенному способу выполняют в положении пациента стоя на специальной платформе. На горизонтальной поверхности платформы (1) нанесена разметка (рис. 1): осевая линия (2), проведённая перпендикулярно переднему краю платформы, которая проходит по направлению центрального луча рентгеновского излучения. Далее на осевой линии намечена точка (3) на расстоянии 20 см от переднего края платформы. Через точку проведены две перекрещивающиеся линии (4 и 5) под углом 20° к осевой линии для обследования правой или левой стопы пациента.

Обследуемый пациент стоит на платформе, держа руки за перила. Рентгеновская трубка (6) находится сзади от стопы обследуемого пациента, кассета рентгеновского аппарата (7) – впереди от стопы, перпендикулярно горизонтальной плоскости платформы, плотно прижата к переднему краю платформы. На платформе пациент размещает внутренний край исследуемой стопы на перекрещивающейся линии (4 или 5 – для правой или левой стопы соответственно); пальцы максимально приближены к переднему краю платформы и кассете. Обследуемый пациент приподнимает пятку на подставку (8) высотой 4 см, не отрывая от платформы передний отдел стопы. Интактную стопу пациент приподнимает, удерживая над платформой, при этом вес тела переносит на исследуемую стопу (рис. 2).



РИС. 2.
 Схема размещения стопы обследуемого пациента на платформе рентгеновского аппарата перед проведением рентгенографии: 8 – подставка под пятку

FIG. 2.
 Scheme for placing the foot of the examined patient on the X-ray device platform before X-ray: 8 – heel support

Выполняют рентгенографию обследуемой стопы пациента, направляя центральный луч рентгеновско-

го излучения кпереди горизонтально, перпендикулярно кассете, с медиальной стороны стопы. При данной установке стопы визуализируются головки пяти плюсневых костей.

На полученной рентгенограмме производят необходимые расчёты. Сначала проводят горизонтальную линию опоры по нижней границе мягких тканей стопы (9) под головками плюсневых костей (рис. 3). На подошвенной поверхности головок 2-й, 3-й, 4-й и 5-й плюсневых костей и одной из сесамовидных костей под головкой 1-й плюсневой кости отмечают нижние точки. Через отмеченные точки проводят линии, параллельные горизонтальной линии опоры мягких тканей стопы под головками плюсневых костей, и по этим линиям определяют высокое или низкое положение головок 2-й, 3-й и 4-й плюсневых костей относительно головок рядом расположенных плюсневых костей и сесамовидной кости.



РИС. 3.
Рентгенограмма стопы с проведенными линиями под головками плюсневых костей и горизонтальной линией опоры: 9 – горизонтальная линия опоры по нижней границе мягких тканей под головками плюсневых костей

FIG. 3.
X-ray of the foot with lines drawn under the metatarsal heads and a horizontal support line: 9 – horizontal support line at the lower border of the soft tissues under the metatarsal heads

Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи стандартных программ статистического анализа Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corp., США) и пакета прикладных программ

Statistica (StatSoft Inc., США). При сравнении полученных результатов в двух группах использовали критерий χ^2 Пирсона, проводили сравнение процентов количества случаев различного взаимного расположения головок плюсневых костей с оценкой статистической значимости различий по t-критерию. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сначала был проведен анализ рентгенограмм, полученных при рентгенологическом исследовании по предложенному способу пациентов первой группы, у которых развилась переходная метатарзалгия под головкой третьей плюсневой кости. При анализе положения головок плюсневых костей было выявлено, что у 86,67 % пациентов данной группы головка 3-й плюсневой кости находилась ниже уровня головок рядом расположенных 2-й и 4-й плюсневых костей (рис. 4).



РИС. 4.
Рентгенограмма стопы с расположением головки третьей плюсневой кости ниже головок 2-й и 4-й плюсневых костей

FIG. 4.
X-ray of the foot with the head 3rd metatarsal below the 2nd and 4th metatarsal heads

Аналогичный анализ рентгенограмм во второй группе пациентов, которые не предъявляли жалоб и не имели послеоперационных переходных метатарзалгий, показал, что в большинстве случаев головка 3-й плюсневой кости находится выше или на уровне головки рядом расположенной 4-й плюсневой кости (рис. 5).

Сравнительный анализ в двух группах пациентов позволил определить, что у пациентов с положением головки 3-й плюсневой кости ниже уровня головок рядом

расположенных 2-й и 4-й плюсневых костей на 68,81 % чаще развивается переходная метатарзалгия под головкой 3-й плюсневой кости. При расположении головки 3-й плюсневой кости выше или на уровне головки 4-й плюсневой кости переходная метатарзалгия возникает в статистически значимо меньшем количестве случаев (табл. 1).



РИС. 5.
Рентгенограмма стопы с расположением головки третьей плюсневой кости выше головки четвертой плюсневой кости
FIG. 5.
X-ray of the foot with the 3rd metatarsal head above the 4th metatarsal head

По критерию χ^2 была определена статистически значимая зависимость частоты случаев развития переходной метатарзалгии под головкой 3-й плюсневой кости от более низкого положения головки 3-й плюс-

невой кости относительно головок рядом расположенных 2-й и 4-й плюсневых костей. Уровень статистической значимости данной взаимосвязи соответствует $p < 0,01$.

Исходя из полученных клиничко-рентгенологических данных, нами были предложены следующие трактовки разных вариантов положения головок плюсневых костей при использовании предложенного рентгенологического способа. Положение головок 2-й, 3-й или 4-й плюсневой кости выше или на уровне одной из головок рядом расположенных плюсневых костей принят нами за норму. Следовательно, положение головок 2-й, 3-й или 4-й плюсневой кости ниже уровня рядом расположенных головок плюсневых костей можно рассматривать как вариант отклонения от нормы.

Дополнительно к стандартному клиничко-рентгенологическому обследованию пациентов с деформациями переднего отдела стопы в нашей клинике стал использоваться предложенный способ рентгенологического исследования с расчётом относительной высоты расположения головок плюсневых костей. Это способствовало получению дополнительной информации об архитектонике стопы при проведении предоперационного планирования и влияло на выбор хирургической тактики.

Полученная информация при проведении исследования по предложенному способу не только позволяет объяснить причину неудачи выполненного ранее оперативного вмешательства, но и даёт возможность превентивно избежать их развития благодаря комплексному взгляду на весь поперечный свод стопы.

Представляем клинический пример применения предложенного рентгенологического способа при предоперационном планировании для предотвращения развития переходной метатарзалгии.

Пациентка Б., 51 год. Поступила в клинику ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»

ТАБЛИЦА 1
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПАТОЛОГИЕЙ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ В АНАЛИЗИРУЕМЫХ ГРУППАХ

TABLE 1
COMPARATIVE EVALUATION OF THE RESULTS OF X-RAY EXAMINATION OF PATIENTS WITH FOREFOOT PATHOLOGY IN THE ANALYZED GROUPS

Данные рентгенологического исследования	Группы пациентов (n = 43)				p
	1-я группа (n = 15)		2-я группа (n = 28)		
	абс.	%	абс.	%	
Головка 3-й плюсневой кости ниже головок 2-й и 4-й плюсневых костей	13	86,67*	5	17,86	p = 0,001
Головка 3-й плюсневой кости выше или на уровне головки 4-й плюсневой кости	2	13,33*	23	82,14	p = 0,001
Всего	15	100	28	100	

Примечание. * – статистически значимые различия между группами по t-критерию при $p < 0,01$.

на оперативное лечение с диагнозом: Левостороннее поперечно-продольное плоскостопие II–III степени. Консолидированный перелом I плюсневой кости. Метатарзалгия под головками 2-й, 3-й плюсневых костей левой стопы, гиперкератоз. Из анамнеза: пациентке ранее (2 года назад) было выполнено оперативное вмешательство по поводу вальгусного отклонения первого пальца левой стопы (hallux valgus). В послеоперационном периоде появилась боль на подошвенной поверхности левой стопы под головками 2-й и 3-й плюсневых костей, усиливающаяся при ходьбе; сформировались болезненные гиперкератозы (10) в этой зоне (рис. 6), развилось осложнение – метатарзалгия.

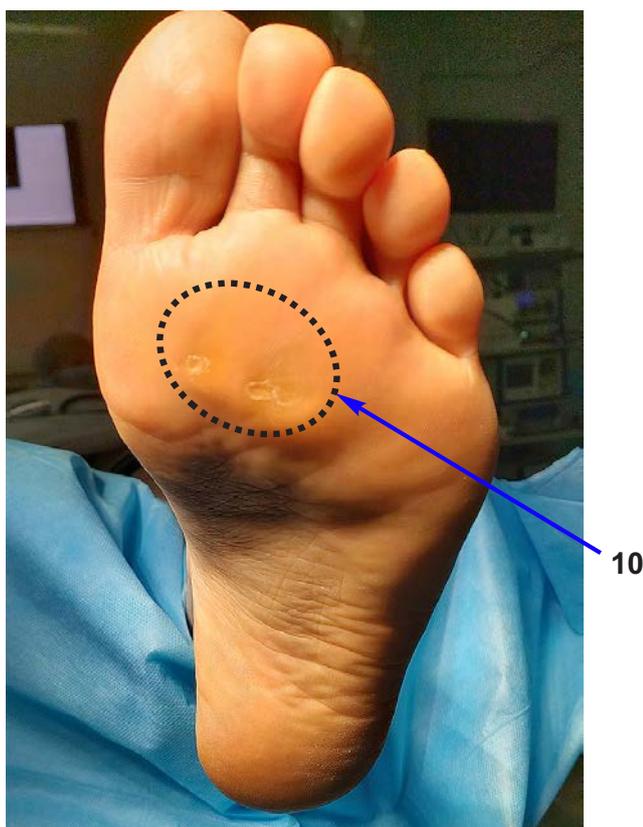


РИС. 6.
Пациентка Б., фото подошвенной поверхности левой стопы до операции: **10** – зона болезненных гиперкератозов под головками 2-й и 3-й плюсневых костей

FIG. 6.
Patient B., photo of the plantar surface of the left foot before surgery: **10** – zone of painful hyperkeratosis under the 2nd and 3rd metatarsal heads

Наличие боли и болезненного гиперкератоза под головками 2-й и 3-й плюсневых костей явилось прямым показанием для выполнения оперативного лечения в следующем объёме: корригирующая остеотомия 2-й и 3-й плюсневых костей для подъёма их головок и выведения из-под нагрузки весом тела мягких тканей под головками 2-й и 3-й плюсневых костей. Данная тактика позволит устранить метатарзалгию и нор-

мализовать структуру мягких тканей подошвенной поверхности стопы.

Для уточнения диагностики и предотвращения развития возможных осложнений (переходная метатарзалгия, деформация пальцев) перед оперативным лечением была проведена оценка положения головок плюсневых костей по предлагаемому способу.

Выполнялось рентгенологическое исследование в положении стоя на специальной платформе с нанесённой на ней разметкой для правильного расположения стопы. После выполнения рентгенографии на рентгенограмме проведена горизонтальная линия опоры по нижней границе мягких тканей стопы (**9**) под головками плюсневых костей. На подошвенной поверхности головок 2-й, 3-й, 4-й, 5-й плюсневых костей и сесамовидной кости под головкой 1-й плюсневой кости отмечены нижние точки; через отмеченные точки проведены линии, параллельные горизонтальной линии опоры мягких тканей стопы (**1a, 2a, 3a, 4a, 5a**).

Также были отмечены дополнительные линии **2b, 3b**, обозначающие новое приподнятое положение головок 2-й и 3-й плюсневых костей, в котором они окажутся после выполнения запланированного оперативного вмешательства: корригирующая остеотомия 2-й и 3-й плюсневых костей (рис. 7).

Было выявлено более низкое расположение линии головки 4-й плюсневой кости (**4a**) относительно линии головки 5-й плюсневой кости (**5a**) и дополнительной линии головки 3-й плюсневой кости (**3b**), что можно рассматривать как вариант отклонения от нормы (рис. 7). В случае проведения запланированной остеотомии 2-й и 3-й плюсневой кости головка 4-й плюсневой кости окажется ниже головок рядом расположенных плюсневых костей, что приведёт к увеличению нагрузки на мягкие ткани под головкой 4-й плюсневой кости и развитию переходной метатарзалгии, деформации 4-й пальца стопы и болевого синдрома.

В результате проведённого анализа была изменена выбранная тактика, запланировано и выполнено оперативное вмешательство для увеличения высоты расположения головок 2-й, 3-й и 4-й плюсневых костей относительно горизонтальной линии опоры на границе мягких тканей под головками плюсневых костей: корригирующая остеотомия 2-й, 3-й и 4-й плюсневых костей, фиксация винтами.

После операции выполнена рентгенография левой стопы. На контрольной рентгенограмме были обозначены необходимые точки и линии (**1a, 2c, 3c, 4c, 5a**) и было определено, что положение головок 2-й, 3-й и 4-й плюсневых костей относится к варианту нормы (рис. 8).

В послеоперационном периоде при динамическом наблюдении не было выявлено осложнений, развития метатарзалгий, деформаций пальцев стопы. Пациентка полностью удовлетворена косметическим и функциональным результатом проведённого лечения, купированием болевого синдрома, устранения гиперкератоза и возможностью носить стандартную обувь (рис. 9).

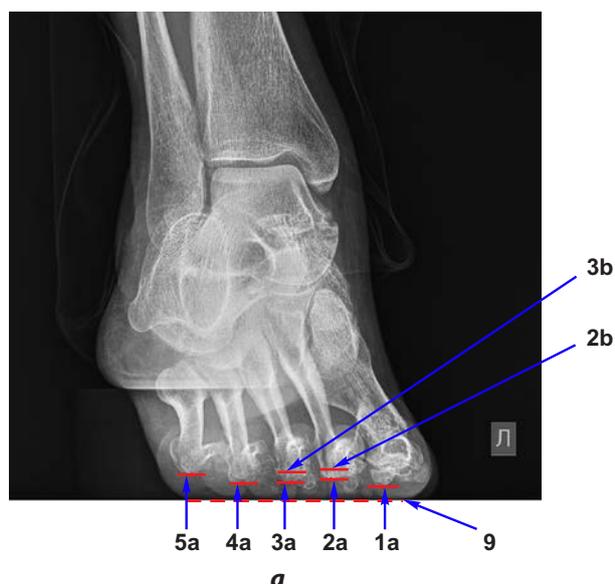


РИС. 7.

Пациентка Б., рентгенограммы стопы до операции: **а** – с проведёнными линиями для определения положения головок плюсневых костей относительно горизонтальной линии опоры: **1а** – линия под сесамовидной костью; **2а** – линия под головкой 2-й плюсневой кости; **3а** – линия под головкой 3-й плюсневой кости; **4а** – линия под головкой 4-й плюсневой кости; **5а** – линия под головкой 5-й плюсневой кости; **2б** – линия запланированного оперативного исправления положения головки 2-й плюсневой кости; **3б** – линия запланированного оперативного исправления положения головки 3-й плюсневой кости; **б** – прямая проекция



б

FIG. 7.

Patient B., preoperative X-ray images of the foot: **a** – X-ray image with lines drawn to determine the position of the metatarsal heads relative to the horizontal support line: **1a** – line under the sesamoid bone; **2a** – line under the 2nd metatarsal head; **3a** – line under the 3rd metatarsal head; **4a** – line under the 4th metatarsal head; **5a** – line under the 5th metatarsal head; **2b** – line of the planned surgical correction of the 2nd metatarsal head position; **3b** – line of the planned surgical correction of the 3rd metatarsal head position; **б** – frontal view

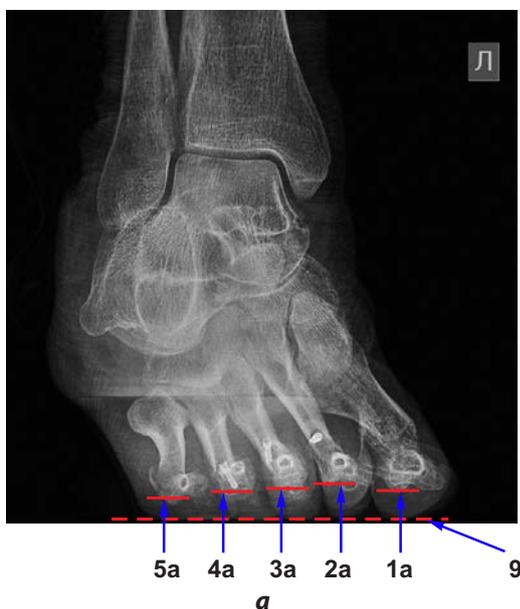


РИС. 8.

Пациентка Б., рентгенограммы стопы после операции: **а** – с восстановленным нормальным положением головок плюсневых костей относительно горизонтальной линии опоры: **1а** – линия под сесамовидной костью; **2с** – линия под головкой 2-й плюсневой кости в исправленном положении; **3с** – линия под головкой 3-й плюсневой кости в исправленном положении; **4с** – линия под головкой 4-й плюсневой кости в исправленном положении; **5а** – линия под головкой 5-й плюсневой кости; **б** – прямая проекция



б

FIG. 8.

Patient B., postoperative X-ray images of the foot: **a** – X-ray image with the restored normal position of the metatarsal heads relative to the horizontal support line: **1a** – line under the sesamoid bone; **2с** – line under the 2nd metatarsal head in the corrected position; **3с** – line under the 3rd bone head in the corrected position; **4с** – line under the 4th metatarsal head in the corrected position; **5а** – line under the 5th metatarsal head; **б** – frontal view

**а****РИС. 9.**

Пациентка Б., фото левой стопы после операции: **а** – вид сверху; **б** – вид подошвенной поверхности

**б****FIG. 9.**

Patient B., photo of the left foot after the surgery: **a** – top view; **b** – view of the plantar surface

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение рентгенологического исследования стопы по разработанному способу позволяет визуализировать головки всех пяти плюсневых костей и сесамовидных костей под головкой 1-й плюсневой кости, определить имеющееся взаимное расположение головок плюсневых костей или предполагаемое смещение головки плюсневой кости после выполнения запланированной операции. Полученные перед операцией данные способствуют правильному выбору оптимальной хирургической тактики.

Получение объективных данных о положении головок плюсневых костей и определение оптимальной тактики хирургического лечения стали возможны благодаря выявленным преимуществам предложенного рентгенологического способа.

Нанесение на платформу специальной разметки перед исследованием стопы позволяет унифицировать процесс выполнения рентгенологического исследования стопы пациентов в горизонтальной плоскости, обеспечить удобство и упрощение диагностики для специалиста и пациента.

Проведение перекрещивающихся линий, отступив 20 см от платформы и под углом 20° по отношению к осевой линии, размещение внутреннего края стопы пациента на платформе на перекрещивающейся линии, приблизив пальцы к переднему краю платформы и кассете, позволяет правильно расположить стопу, чтобы сфокусировать луч рентгеновского излучения в центр попе-

речной арки стопы для получения более чёткой и оптимальной визуализации головок всех плюсневых костей.

Положение стопы пациента с приподнятой пяткой на подставку высотой 4 см позволяет имитировать фазу толчка при ходьбе, когда максимальная нагрузка веса тела переносится на головки плюсневых костей. Это обеспечивает получение на рентгенограмме изображения реального положения головок плюсневых костей у конкретного пациента.

Проведение горизонтальной линии опоры по нижней границе мягких тканей стопы под головками плюсневых костей, относительно которой проводят параллельные линии под головками 2-й, 3-й, 4-й и 5-й плюсневых костей и сесамовидной кости под головкой 1-й плюсневой кости, позволяет учесть опорную функцию мягких тканей под головками плюсневых костей, которые попадают под наибольшую нагрузку веса тела при ходьбе, что может привести к возникновению болевого синдрома, образованию грубых болезненных гиперкератозов, нарушить функцию стопы, походку пациента и требует оперативного устранения этого положения и поднятия головки плюсневой кости.

По отмеченным нижним точкам головок 2-й, 3-й, 4-й и 5-й плюсневых костей и сесамовидной кости под головкой 1-й плюсневой кости и проведённым через них линиям, параллельным горизонтальной линии опоры мягких тканей стопы, достаточно просто определить высокое или низкое положение головок 2-й, 3-й и 4-й плюсневых костей относительно головок рядом расположенных плюсневых костей.

Оценка положения головок 2-й, 3-й или 4-й плюсневой кости выше или на уровне одной из головок рядом расположенных плюсневых костей рассматривают как вариант нормы, а положение головки 2-й, 3-й или 4-й плюсневой кости ниже головок рядом расположенных плюсневых костей рассматривают как вариант отклонения от нормы, что позволяет определить тактику при планировании оперативного лечения патологии переднего отдела стопы. Выбор оптимальной тактики позволяет снизить риск развития послеоперационных осложнений (переходные метатарзалгии, деформации пальцев).

Полученные нами данные об отсутствии у 17,86 % пациентов клинических проявлений метатарзалгии при расположении на рентгенограмме головки 3-й плюсневой кости ниже головок 2-й и 4-й плюсневых костей, на наш взгляд, связано с индивидуальными компенсаторными возможностями мягких тканей под головкой 3-й плюсневой кости, получающей наибольшую нагрузку при ходьбе. Развитие переходной метатарзалгии у 13,33 % пациентов, у которых рентгенологическое расположение головок плюсневых костей расценивается нами как вариант нормы, также может быть связано с индивидуальными особенностями мягкотканного окружения головки плюсневой кости, когда небольшая нагрузка приводит к значительным изменениям мягких тканей.

На наш взгляд, именно правильный выбор того или иного хирургического метода на этапе проведения предоперационного планирования на основании клинко-рентгенологических данных является определенным гарантом в получении хорошего результата.

В случае предполагаемого расположения головки плюсневой кости ниже рядом расположенных головок плюсневых костей оптимальным является выполнение оперативного лечения для подъёма расположения головки плюсневой кости, что позволит снизить нагрузку на мягкие ткани под головкой плюсневой кости, предотвратить развитие метатарзалгии, деформации малого пальца стопы и болевого синдрома.

Таким образом, использование предложенного рентгенологического способа определения положения головок плюсневых костей в дооперационном и послеоперационном периоде обеспечивает получение объективной информации о взаимном расположении головок плюсневых костей, позволяет чётко определить тактику при планировании оперативного лечения пациентов с деформациями переднего отдела стопы, а также оценить полученные результаты.

ВЫВОДЫ

Предложенный нами рентгенологический способ позволяет объективно определить взаимное расположение головок плюсневых костей и, соответственно, выбрать оптимальную хирургическую тактику лечения пациентов с деформациями переднего отдела стопы. Предложенную методику определения положения головок плюсневых костей целесообразно включить в перечень предоперационного обследования наряду со стандарт-

ной рентгенографией костей стопы ввиду её воспроизводимости, а также ценности получаемой информации.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашова И.А., Давлетова Н.О., Кондрашов А.М. Клинико-рентгенологические аспекты диагностики hallux valgus и поперечного плоскостопия. *Травма*. 2013; 14(4): 81-86.
2. Безгодков Ю.А., Аль Двеймер И.Х., Осланова А.Г., Саидова К.М. Хирургическое лечение статических деформаций стоп. *Современные проблемы науки и образования*. 2014; (3). URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2014/3/661.pdf> [дата доступа: 01.05.2018].
3. Shi GG, Henning P, Marks RM. Correlation of postoperative position of the sesamoids after Chevron osteotomy with outcome. *Foot Ankle Int*. 2016; 37(3): 274-280. doi: 10.1177/1071100715624147
4. Блаженко А.Н., Черевцов В.Н., Тадж А.А., Процко В.Г., Загородний Н.В. Способ хирургического восстановления плантарной пластинки малого плюснефалангового сустава прямым подошвенным доступом при травматических разрывах ее вследствие перегрузочной метатарзалгии: Патент 2673382(13)С1 Рос. Федерация. 2018; (33).
5. Бобров Д.С., Слиянков Л.Ю., Ригин Н.В. Перегрузочная метатарзалгия: патогенез, биомеханика и хирургическое лечение (аналитический обзор литературы). *Вестник РАМН*. 2017; 72(1): 53-58. doi: 10.15690/vramn756
6. Тадж А.А., Процко В.Г., Черевцов В.Н., Волков А.В. Сравнение результатов Хелал и Вейль остеотомии для лечения метатарзалгии при вторичном вывихе в плюснефаланговых суставах 2, 3 и 4 плюсневых костей. *Дневник Казанской медицинской школы*. 2017; III(XVII): 54-61.
7. Бобров Д.С., Шубкина А.А., Лычагин А.В., Слиянков Л.Ю., Якимов Л.А. Хирургическое лечение молоткообразной деформации пальцев стоп (обзор литературы). *Вестник РАМН*. 2019; 74(4): 272-282. doi: 10.15690/vramn1096
8. Miguez A, Slullitel G, Bilbao F, Carrasco M, Solari G. Floating toe deformity as a complication of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2004; 25(9): 609-613. doi: 10.1177/107110070402500902
9. Highlander P, VonHerbulis E, Gonzalez A, Britt J, Buchman J. Complications of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Spec*. 2011; 4(3): 165-170. doi: 10.1177/1938640011402822
10. Godoy-Santos AL, Cesar Netto C, Weight-bearing Computed Tomography International Study Group. Weight-bearing computed tomography of the foot and ankle: an update and future directions. *Acta Ortop Bras*. 2018; 26(2): 135-139. doi: 10.1590/1413-785220182602188482
11. Suzuki J, Tanaka Y, Takaoka T, Kadono K, Takakura Y. Axial radiographic evaluation in hallux valgus: Evaluation of the transverse arch in the forefoot. *J Orthop Sci*. 2004; (9): 446-451. doi: 10.1007/s00776-004-0800-9
12. Simonsen O, Vuust M, Understrup B, Højbjerg M, Bøttcher S, Voigt M. The transverse forefoot arch demonstrated by a novel X-ray projection. *Foot Ankle Surg*. 2009; (15): 7-13. doi: 10.1016/j.fas.2008.04.004

REFERENCES

1. Kondrashova IA, Davletova NA, Kondrashov AN. Clinicoradiological aspects for diagnosis of hallux valgus and metatarsus latus. *Trauma*. 2013; 14(4): 81-86. (In Russ.).
2. Bezgodkov YuA, Al Dveymer IK, Oslanova AG. Biomechanical investigations of patients with foot deformities. *Modern Problems of Science and Education*. 2014; (3). URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2014/3/661.pdf> [date of access: 01.05.2018]. (In Russ.).
3. Shi GG, Henning P, Marks RM. Correlation of postoperative position of the sesamoids after Chevron osteotomy with outcome. *Foot Ankle Int*. 2016; 37(3): 274-280. doi: 10.1177/1071100715624147
4. Blazhenko AN, Cherevtsov VN, Tadzha AA, Protsko VG, Zagorodnii NV. *Method for surgical restoration of the plantar plate of the small metatarsophalangeal joint by direct plantar access in case of traumatic ruptures due to overload metatarsalgia*: Patent 2673382(13)C1 of the Russian Federation. 2018; (33). (In Russ.).
5. Bobrov DS, Slinjakov LJ, Rigin NV. The primary metatarsalgia: Pathogenesis, biomechanics and surgical treatment. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2017; 72(1): 53-58. (In Russ.). doi: 10.15690/vramn756
6. Tadzha AA, Protsko VG, Cherevtsov VN, Volkov AV. The comparison of the results of Weil and Helal osteotomies for the treatment of metatarsalgia in secondary dislocation of the metatarsophalangeal joints 2, 3 and 4 metatarsals. *Kazan Medical School Diary*. 2017; 3(17): 54-61. (In Russ.).
7. Bobrov DS, Shubkina AA, Lychagin AV, Slinyakov LYu, Yakimov LA. Surgical treatment of hammertoes (literature review). *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2019; 74(4): 272-282. (In Russ.). doi: 10.15690/vramn1096
8. Miguez A, Slullitel G, Bilbao F, Carrasco M, Solari G. Floating-toe deformity as a complication of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2004; 25(9): 609-613. doi: 10.1177/107110070402500902
9. Highlander P, VonHerbulis E, Gonzalez A, Britt J, Buchman J. Complications of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Spec*. 2011; 4(3): 165-170. doi: 10.1177/1938640011402822
10. Godoy-Santos AL, Cesar Netto C, Weight-bearing Computed Tomography International Study Group. Weight-bearing computed tomography of the foot and ankle: an update and future directions. *Acta Ortop Bras*. 2018; 26(2): 135-139. doi: 10.1590/1413-785220182602188482
11. Suzuki J, Tanaka Y, Takaoka T, Kadono K, Takakura Y. Axial radiographic evaluation in hallux valgus: Evaluation of the transverse arch in the forefoot. *J Orthop Sci*. 2004; (9): 446-451. doi: 10.1007/s00776-004-0800-9
12. Simonsen O, Vuust M, Understrup B, Højbjerg M, Bøttcher S, Voigt M. The transverse forefoot arch demonstrated by a novel X-ray projection. *Foot Ankle Surg*. 2009; (15): 7-13. doi: 10.1016/j.fas.2008.04.004

Сведения об авторах

Леонова Светлана Николаевна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: svetlana.leonova.1963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-6355>

Усольцев Иван Владимирович – кандидат медицинских наук, научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: ivu38@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4175-8403>

Косарева Мария Анатольевна – младший научный сотрудник научно-клинического отдела травматологии, ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», e-mail: mary.good.mary@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0530-3409>

Information about the authors

Svetlana N. Leonova – Dr. Sc. (Med.), Leading Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: svetlana.leonova.1963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3675-6355>

Ivan V. Usoltsev – Cand. Sc. (Med.), Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: ivu38@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4175-8403>

Mariya A. Kosareva – Junior Research Officer at the Clinical Research Department of Traumatology, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, e-mail: mary.good.mary@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0530-3409>