

## АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Л.Н. Соломин<sup>1,2</sup>, К.А. Уханов<sup>1</sup>, Е.П. Сорокин<sup>1</sup>,  
Дж. Херценберг<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет» Университетская наб., 7-9, г. Санкт-Петербург, 199034, Россия

<sup>3</sup> Институт современной ортопедии Рубина, Клиника Синай  
2401 West Belvedere Avenue Baltimore, Maryland, 21215, USA

### Реферат

**Введение.** Недостатком имеющихся способов анализа и планирования коррекции деформаций на уровне заднего отдела стопы в сагиттальной плоскости является невозможность их использования при сопутствующих деформациях на уровне среднего отдела стопы, контрактуре голеностопного сустава или анкилозе в порочном положении.

**Цель исследования** – определить оригинальные референтные линии, углы и коэффициенты и на этой основе разработать новый способ анализа и планирования коррекции деформации заднего отдела стопы, который не имел бы указанных недостатков.

**Материал и методы.** Были проанализированы 64 рентгенограммы недеформированных стоп добровольных участников исследования в возрасте от 23 до 54 лет. Все рентгенограммы выполнялись с нагрузкой в стандартной боковой проекции. Рассматривался угол линии блока таранной кости (линия 1), проводимой через задний (точка *a*) и передний (точка *b*) края блока, пересекающейся с осью пяточной кости (линия 2). Эту точку обозначали, как *c*. Кроме того, определяли, на каком расстоянии от точки *c* находится задняя точка пяточной кости (точка *d*).

**Результаты.** Установлено, что линия 1 и линия 2 пересекаются в точке *c* под углом  $15,2^\circ (\pm 3,4^\circ)$ . Соотношение  $ac/ab = 2,56 (\pm 1,1)$ . Соотношение  $cd/ab = 4,59 (\pm 1,0)$ . На основании этих референтных линий, углов и коэффициентов был разработан способ анализа и планирования коррекции деформаций заднего отдела стопы в сагиттальной плоскости. Для этого проводят линию 1 и на ней определяют положение точки *c*, используя формулу  $ab \times 2,56$  (мм). Из этой точки проводят соответствующую норме ось пяточной кости (линия 2) – под углом  $15^\circ$  к линии 1. Определяют соответствующее норме расстояние *cd*, используя формулу  $ab \times 4,59$  (мм). Если положение точки *d* не соответствует проекции заднего кортикального слоя пяточной кости, имеет место деформация. Для планирования коррекции проводят реальную ось пяточной кости (линия 3) и на пересечении ее и задней точки пяточной кости определяют точку  $d_1$ . Пересечение линии 2 и линии 3 является вершиной деформации, на уровне которой выполняют виртуальную остеотомию. После этого смещают дистальный фрагмент пяточной кости таким образом, чтобы линия 3 совпала с линией 2, а точка *d* совпала с точкой  $d_1$ .

**Заключение.** Разработанный способ позволяет планировать коррекцию деформации заднего отдела стопы в сагиттальной плоскости и оценивать результаты коррекции вне зависимости от наличия деформации среднего отдела стопы и/или ее положения по отношению к голеностопному суставу. Ограничение данного способа связано с чувствительностью к корректности рентгенологического обследования. Если при выполнении рентгенограммы таранная кость расположена под углом или с ротацией, это не позволит произвести точные расчеты.

**Ключевые слова:** референтные линии и углы, деформация стопы.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-23-32.

Соломин Л.Н., Уханов К.А., Сорокин Е.П., Херценберг Дж. Анализ и планирование коррекции деформаций заднего отдела стопы в сагиттальной плоскости. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):23-32. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-23-32.

**Cite as:** Solomin L.N., Ukhanov K.A., Sorokin E.P., Herzenberg J.E. [Analysis and Planning of Hindfoot Deformity Correction in Sagittal Plane]. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):23-32. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-23-32.

Соломин Леонид Николаевич. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Leonid N. Solomin. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russia; e-mail: solomin.leonid@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 14.02.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 02.03.2017.

## Analysis and Planning of Hindfoot Deformity Correction in Sagittal Plane

L.N. Solomin<sup>1,2</sup>, K.A. Ukhanov<sup>1</sup>, E.P. Sorokin<sup>1</sup>, J.E. Herzenberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russia

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State University  
Universitetskaya nab., 7-9, St. Petersburg, 199034, Russia

<sup>3</sup> Rubin Institute for Advanced Orthopedics, Sinai Hospital of Baltimore  
2401 West Belvedere Avenue Baltimore, Maryland, 21215, USA

### Abstract

**Background.** The disadvantage of the known methods of analysis and planning of hindfoot deformities in the sagittal plane. Long bone deformity planning is well established. However, there are not well described methods of analysis and planning of hindfoot deformities in the sagittal plane. Such planning is made even more difficult with concomitant deformation of the midfoot and/or ankle contracture or malpositioned arthrodesis. The aim of our study was to develop a universal method of analysis and planning of the calcaneus correction, based on the normally derived reference lines and angles.

**Methods.** We analyzed 65 standing lateral foot films in normal adults, 23-54 years old were analyzed. We drew the talus joint line (points "a" and "b" – Line 1). We drew a second line, (Line 2) the calcaneal line, which starts at the back of the calcaneal tuberosity (point "d"), drawn perpendicular to a line from top to bottom of the calcaneal tuberosity. The intersection of the calcaneal line and the talar joint line form point (c) anteriorly. We measured lines ab, ac and cd, and their ratios: ac/ab, and cd/ab.

**Results.** Talar joint line (Line 1) and calcaneal line (Line 2) intersect at a point (c), forming an angle  $15.2^\circ (\pm 3.4^\circ)$ . The ratio  $ac/ab = 2.56 (\pm 1.1)$ . The ratio  $cd/ab = 4.59 (\pm 1.0)$ . These ratios are constants for calculating the idealized joint lines for deformity planning. For deformity cases, draw Line 1, the talar joint line ab. Extend that line anteriorly to (c), which is a distance  $ab \times 2.56$  from point (a). From (c), draw an idealized calcaneal line, Line-2, at an angle  $15^\circ$  to Line 1. Place (d) on this line, at a distance  $ab \times 4.59$  from point (c). Next, draw the deformed calcaneal line (Line 3) and point ( $d_1$ ) where it exits the calcaneal tuberosity. Use the same technique and landmarks as for drawing the normal calcaneal line. The intersection of Lines 2 and 3 is the apex of the deformity. Rotate the piece containing Line 3 around this apex, until it is collinear with Line 2, and (d) is coincident with ( $d_1$ ).

**Conclusions.** We describe the normal sagittal plane relationships between the hindfoot (calcaneus – talus). This normative data is used for planning sagittal plane hindfoot deformity corrections. It can be used for hindfoot deformities analysis and correction planning. It is independent of ankle joint equinus or malpositioned ankle arthrodesis, which can be considered as separate deformities.

**Keywords:** hindfoot deformity correction, reference angles and lines.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-23-32.

**Competing interests:** the authors declare that they have no competing interests.

**Funding:** the authors have no support or funding to report.

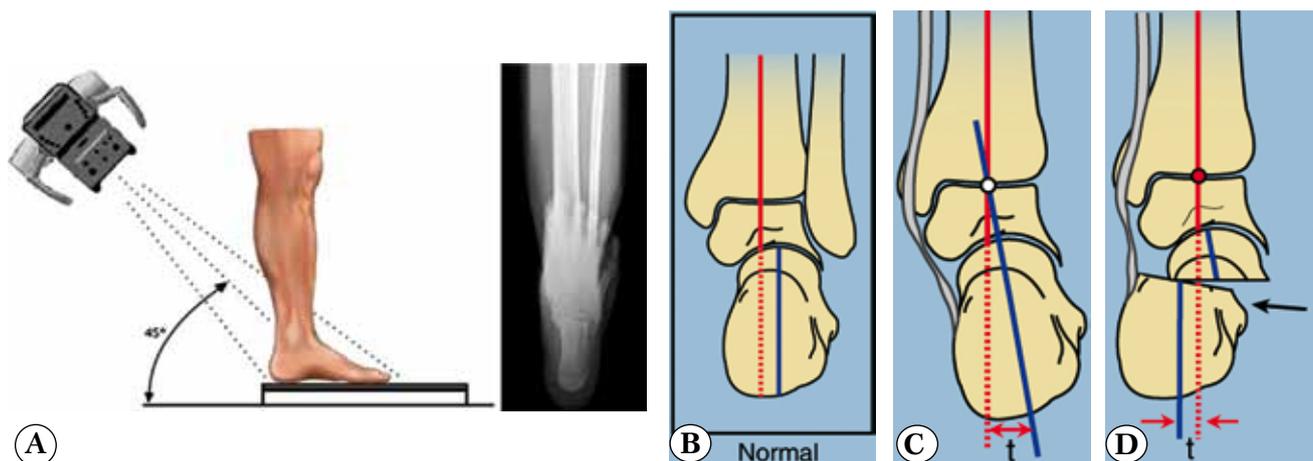
### Введение

Пяточная кость выполняет опорную и балансирующую функцию, а играя главную роль в амортизации стопы, еще и локомоторную функцию. Переломы пяточной кости являются наиболее частыми в области стопы, а в общей структуре всех переломов составляют 2% [18, 8]. Наиболее частым механизмом травмы является падение с высоты, при котором таранная кость разбивает пяточную кость, продавливая ее суставные поверхности [15]. Также, помимо изменений в сочленениях, меняется форма пяточной кости за счет медиального и тыльного смещения пяточного бугра [14]. Изменения в форме пяточной кости ведут к неправильному функционированию голеностопного сустава [22] и перегрузкам кортикального слоя самой пяточной кости [24], что в конечном итоге неизбежно приводит к нарушению нормального функционирования всей нижней конечности [2, 4, 5].

Воссоздание правильных пространственных взаимоотношений, т.е. нормальной анатомической формы пяточной кости после травмы, является ключевым фактором для восстанов-

ления нормальной функции нижней конечности и улучшения качества жизни пациентов [6]. Не менее актуальна эта задача для врожденных деформаций заднего отдела стопы [16].

Для анализа и планирования коррекции деформации длинных костей используют так называемые референтные линии и углы (РЛУ): анатомические и механические [17]. РЛУ разработаны для переднего, среднего и заднего отделов стопы [15, 20]. Ключевым моментом планирования коррекции деформации является определение вершины деформации – CORA (Center of Rotation of Angulation). Следует отметить, что для «фронтальной» проекции, получаемой при аксиальной рентгенографии, определение осей проксимального и дистального фрагментов CORA не представляет сложностей (рис. 1). В то же время, на сегодняшний день не было разработано способа определения вершины деформации для боковой проекции стопы. Поэтому ортопед может определить оптимальный уровень остеотомии лишь приблизительно и после коррекции сравнить результаты с референтными значениями.



**Рис. 1.** Выполнение рентгенограммы, анализ и планирование коррекции деформации пяточной кости:  
 А – схема выполнения аксиальной проекции [19]; В – референтные линии в норме; С – определение вершины деформации; D – планирование коррекции деформации [17]

**Fig. 1.** X-ray imaging, analysis and planning of hindfoot deformity correction: A – axial view [19];  
 B – normal reference lines; C – identification of deformity apex; D – planning of correction [17]

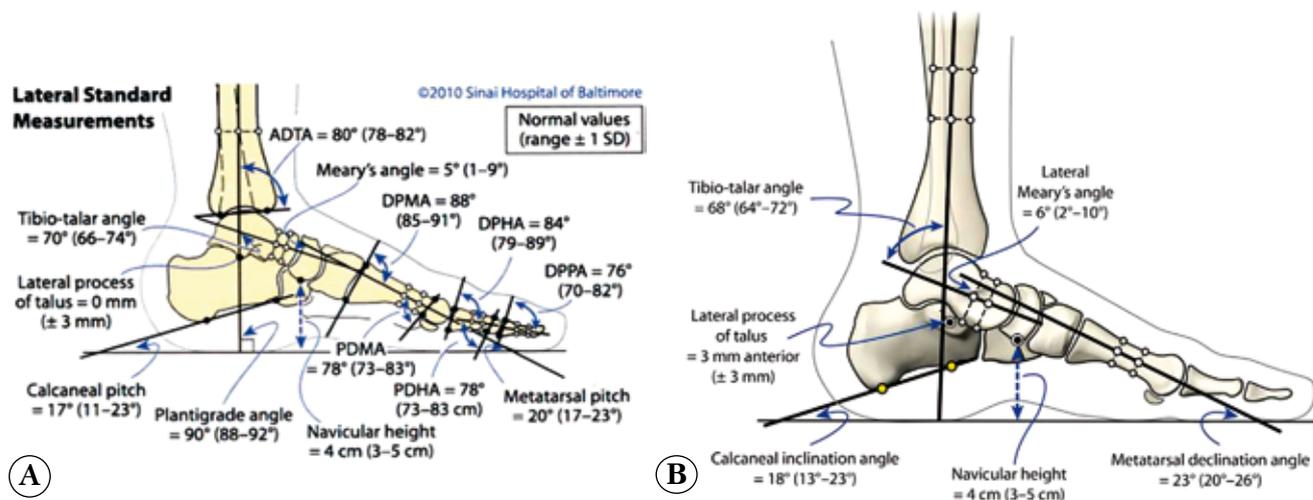
Еще одним существенным недостатком известных методов анализа и планирования коррекции деформаций заднего отдела стопы в сагиттальной плоскости является сложность или невозможность выполнения процедуры при наличии сопутствующей деформации среднего отдела стопы, контрактуры голеностопного сустава или наличия анкилоза голеностопного сустава в порочном положении.

**Цель исследования** – на основании определения оригинальных референтных линий и углов разработать способ анализа и планирования коррекции деформации заднего отдела стопы, который не имел бы указанных недостатков.

### Материал и методы

Для достижения цели были проанализированы 64 рентгенограммы недеформированных стоп добровольно участвующих в исследовании пациентов в возрасте от 23 до 54 лет. Все рентгенограммы были выполнены с нагрузкой в стандартной боковой проекции.

Отсутствие деформации определяли, используя известные схемы референтных линий и углов [15]. После проведения линий и углов на каждой из рентгенограмм сверяли их с описанными в литературе, тем самым подтверждая отсутствие патологии (рис. 2).



**Рис. 2.** Известные РЛУ стопы: А – разработанные в Sinai Hospital; В – предложенные В.М. Lamm с соавторами [15]

**Fig. 2.** Foot measurements: A – developed in Sinai Hospital; B – suggested by B.M. Lamm et al. [15]

При создании РЛУ, облегчающих планирование коррекции деформаций заднего отдела стопы, определяли, где и под каким углом продолжение оси пяточной кости пересекается с продолжением суставной линии блока таранной кости, а также соответствующее норме положение задней точки пяточной кости.

Для этого через заднюю и переднюю точки суставной линии блока таранной кости проводили линию 1 ( $ab$ ) (рис. 3 А). Затем проводили линию 2, являющуюся осью пяточной кости. Для этого точку опоры пяточной кости и вершину апофиза – место прикрепления ахиллова сухожилия (точки  $e, f$ ) – соединяли линией и в середине полученного отрезка проводили перпендикулярную линию, продлевая ее до пересечения с продолжением суставной линии блока таранной кости (рис. 3 В). Точку пересечения линии 1 и линии 2 обозначили буквой  $c$ , а заднюю точку пяточной кости на линии 2 – точкой  $d$  (рис. 3 С).

Таким образом выявляли следующие параметры:

1. Угол пересечения линий 1 и 2:  $\angle acd$

2. Отношение расстояния  $bc$  к расстоянию  $ab$ :

$$k_1 = \frac{bc}{ab}$$

3. Отношение  $cd$  к  $ab$ :

$$k_2 = \frac{cd}{ab}$$

## Результаты

При определении на рентгенограммах параметров РЛУ заднего отдела стопы был получен массив данных, результаты статистической обработки которых представлены на рисунке 4.

Результаты показали, что линия, являющаяся продолжением линии блока таранной кости, пересекается с осью пяточной кости в точке  $c$  под углом  $15,2^\circ (\pm 3,4)$ . Эта точка пересечения располагается кпереди от таранной кости на расстоянии, равном  $ab \times 2,56 (\pm 1,1)$ . Задняя точка оси пяточной кости располагается от точки  $c$  на расстоянии, которое рассчитывают по формуле  $ab \times 4,59 (\pm 1,0)$  (рис. 5).

При анализе рентгенограммы через точки  $a$  и  $b$  (края блока таранной кости) проводят линию 1 и измеряют расстояние от  $a$  до  $b$  (например, 35 мм). После этого определяют положение точки  $c$ :  $35 \times 2,56 = 89,6$  мм, кпереди от точки  $b$ . Из этой точки проводят линию 2 под углом  $15,2^\circ$  к линии 1. Согласно формуле, задняя граница пяточной кости (точка  $d$ ) должна находиться на линии 2 на расстоянии  $35 \times 4,59 = 160,7$  мм от точки  $c$ .

Если ось пяточной кости не совпадает с линией 2, и (или) точка  $d$  не соответствует задней кортикальной пластинке пяточной кости (рис. 6 А), выполняют планирование коррекции деформации. Для этого находят реальную ось пяточной кости и отмечают точку  $d_1$  в месте пересечения оси пяточной кости с задней кортикальной пластинкой (рис. 6 В). Точка пересечения соответствующей норме оси и реальной оси является вершиной деформации (рис. 6 С). На этом уровне выполняют виртуальную остеотомию и коррекцию деформации (рис. 6 D).

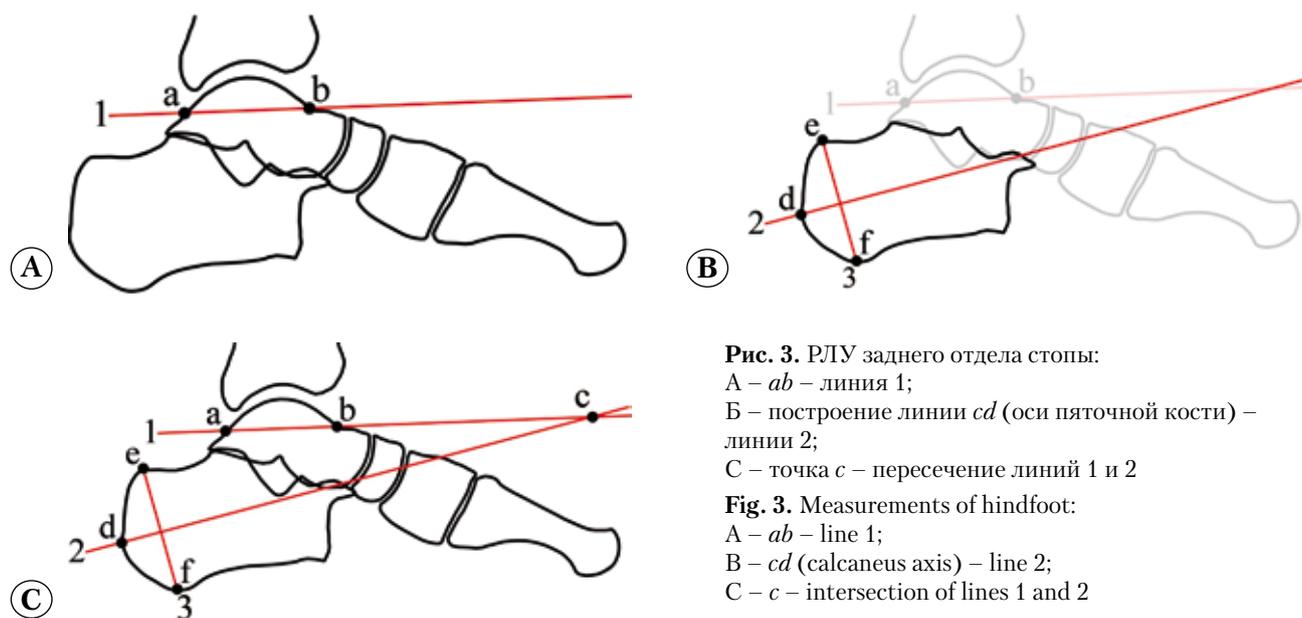


Рис. 3. РЛУ заднего отдела стопы:

А –  $ab$  – линия 1;

Б – построение линии  $cd$  (оси пяточной кости) – линии 2;

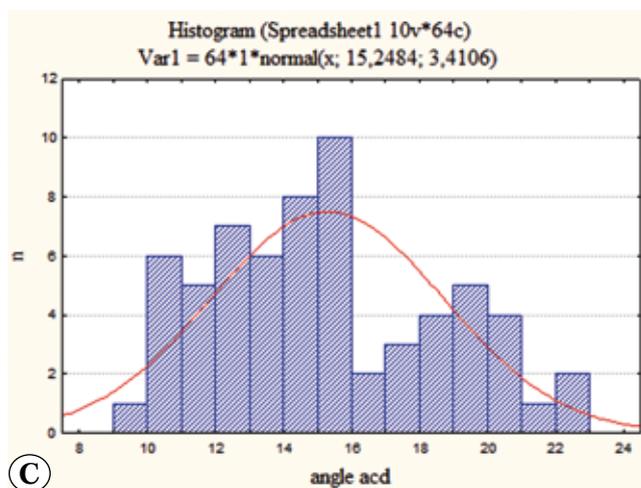
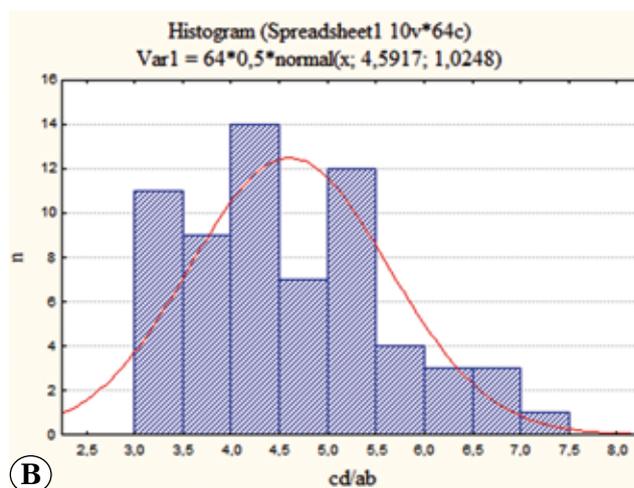
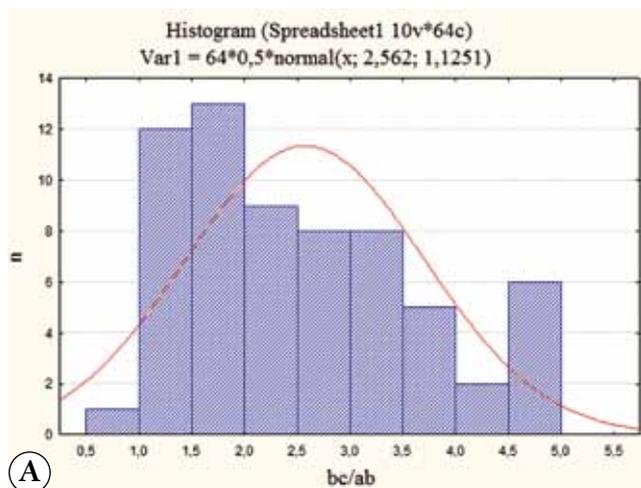
С – точка  $c$  – пересечение линий 1 и 2

Fig. 3. Measurements of hindfoot:

А –  $ab$  – line 1;

В –  $cd$  (calcaneus axis) – line 2;

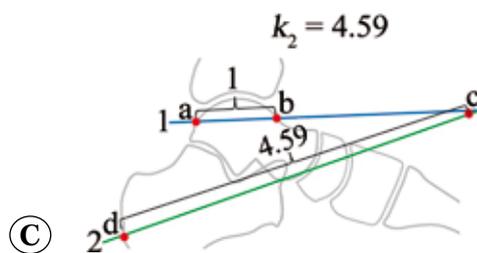
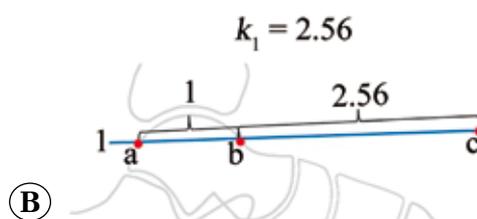
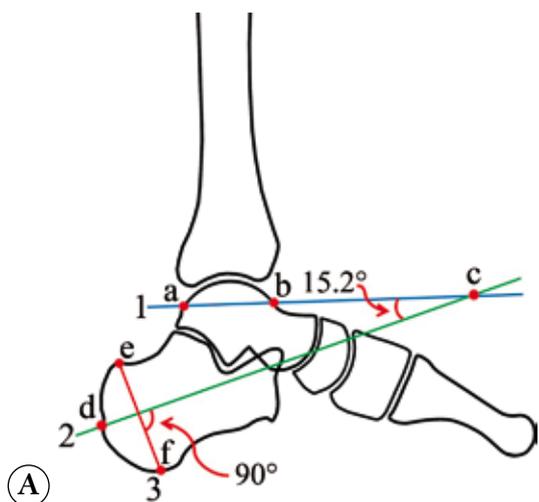
С –  $c$  – intersection of lines 1 and 2



**Рис. 4.** Графики результатов статистической обработки искомых параметров при определении РЛУ заднего отдела:

А – индекс отношения длины отрезков  $ab$  и  $bc$ ;  
 В – индекс отношения длины отрезков  $ab$  и  $cd$ ;  
 С – определение величины угла пересечения линий 1 и 2 ( $\angle acd$ )

**Fig. 4.** Results of statistical processing of obtained data during hindfoot measurements:  
 А –  $ab$ – $bc$  length ratio index;  
 В –  $ab$ – $cd$  length ratio index;  
 С – measurement of intersection angle of lines 1 and 2 ( $\angle acd$ )

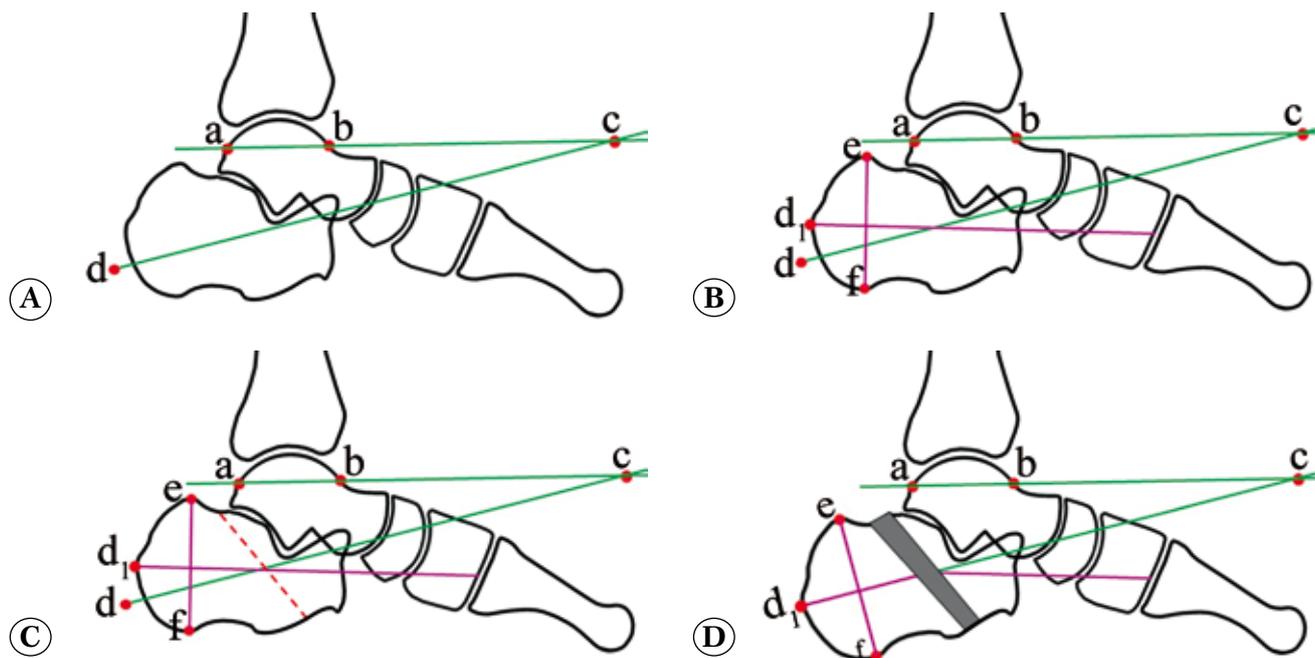


**Рис. 5.** РЛУ для анализа заднего отдела стопы:

А – угол соотношения линий 1 и 2 равен  $15,2^\circ$ , линия 2 располагается перпендикулярно отрезку  $ef$  (линия 3), пересекая его по центру;  
 В – коэффициент отношения  $bc$  к  $ab$  равен 2,56;  
 С – коэффициент отношения  $cd$  к  $ab$  равен 4,59

**Fig. 5.** Measurements for hindfoot analysis:

А – intersection angle of lines 1 and 2 equals to  $15,2^\circ$ , line 2 goes perpendicular through  $ef$  (line 3);  
 В –  $bc$ – $ab$  ratio index equals 2,56; С –  $cd$ – $ab$  ratio index equals 4,59



**Рис. 6.** Анализ и планирование коррекции деформации пяточной кости:

A – определение соответствующей норме оси пяточной кости и точки пересечения (точки  $d$ ) с задним кортексом;  
 B – определение реальной оси пяточной кости и положения точки  $d_i$ ;  
 C – определены вершина деформации и линия остеотомии (пунктирная красная линия);  
 D – выполнена виртуальная коррекция деформации, поскольку кроме угловой деформации имелось также укорочение пяточной кости, имеется трапециевидной формы диастаз, следовательно, показана коррекция по Илизарову

**Fig. 6.** Analysis and planning of hindfoot deformity correction:

A – identification of proper calcaneus axis and point  $d$  of axis intersection with posterior cortex;  
 B – identification of actual calcaneus axis and location of  $d_i$  point;  
 C – deformity apex and osteotomy line (red dotted line);  
 D – virtual deformity correction. Angular deformity and calcaneus shortening resulted in a trapezoid gap. Iizarov correction is demonstrated

### Клинический пример

Пациент К., 22 года, диагноз: посттравматическая деформация правой пяточной кости (рис. 7 А). По рентгенограмме выполнено планирование коррекции деформации в соответствии с предлагаемым способом (рис. 7 В–Е). В связи с тем, что в этом случае нет необходимости в удлинении пяточной кости, способ коррекции зависит лишь от предпочтений хирурга – это может быть как одномоментная коррекция, так и этапная при помощи аппарата внешней фиксации.

### Обсуждение

Широко известна и описана в литературе важность восстановления угла Беллера, Гиссана, устранения варуса/вальгуса пяточного бугра и ширины пяточной кости при оперативном лечении как «свежих» переломов пяточной кости, так и их последствий [16, 8]. Современные биомеханические исследования придают большое значение восстановлению длины пяточной

кости, которая влияет на силу рычага ахиллова сухожилия [16]. Непосредственно через ахиллово сухожилие осуществляют свою функцию подошвенная фасция и червеобразные мышцы, которые при нормальной длине пяточной кости создают условия для нормальной ходьбы, стояния и прыжков [18].

Основным методом обследования пяточной кости до сих пор является рентгенография, выполняемая в боковой и аксиальной проекциях. Существует большое количество исследований, посвященных непосредственно рентгенологической анатомии всей стопы и пяточной кости в частности. Как и при анализе рентгенологической анатомии длинных трубчатых костей, имеются так называемые референтные линии и углы (РЛУ), позволяющие определить наличие и величину деформации [7]. Но эти показатели не позволяют оценить, рассчитать или спланировать коррекцию деформации, а лишь констатировать факт ее наличия.

Для пяточной кости известны следующие РЛУ:

1) пяточно-опорный угол, в норме имеющий значение от 25 до 28° [10];

2) угол наклона пяточной кости между касательной к подошвенной поверхности и горизонтальной плоскостью, в норме он составляет 15–20° [7];

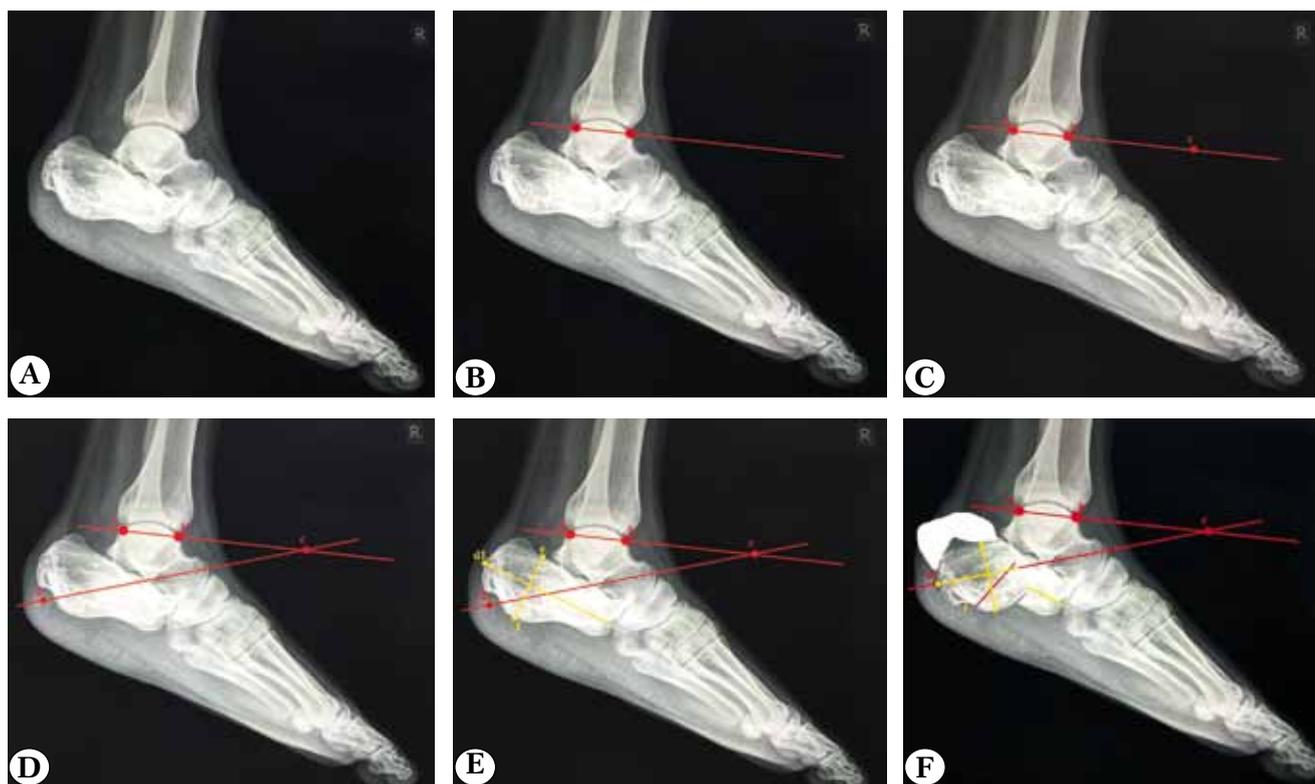
3) таранно-пяточный угол, образованный осевыми линиями таранной и пяточной костей, в норме он составляет 50° [9];

4) угол Беллера образован пересечением линий, одна из которых проходит от верхнего заднего края бугристости через задний край задней фасетки, а вторая – от верхнего края задней фасетки через верхний край переднего отростка пяточной кости, в норме этот угол равен 20–40° [20]. Несмотря на то, что этот показатель является чуть ли не самым основным при определении деформаций и повреждений пяточной кости, имеется ряд публикаций, свидетельствующих о том, что его измерение во многом зависит от

исследователя и правильности выполненной проекции [10, 22].

При наличии травматических деформаций пяточной кости или среднего отдела стопы значение данных РЛУ становится отличным от значений, принятых за норму, а при наличии врожденной патологии проведение их часто становится невозможным в связи с отсутствием четких рентгенологических ориентиров. В обоих случаях наличие или отсутствие деформации в лучшем случае только констатируется; планирование коррекции деформации, т.е. определение ее компонентов, вершины, вариантов устранения невозможно.

Известны несколько способов определения референтных линий заднего отдела стопы и пяточной кости в частности. Г.Е. Ген величину выступающей задней части пяточной кости на боковых рентгенограммах стопы определял в 2–2,5 см, основывая свои наблюдения на изучении более 100 рентгенограмм. Однако



**Рис. 7.** Анализ и планирование коррекции деформации пяточной кости:

А – боковая рентгенограмма пациента; В – проведение линии блока таранной кости с определением точек *a* и *b*; С – определение точки *c* по формуле  $ab \times 2,56$ ; D – определение соответствующей норме оси пяточной кости и нахождение точки *d* по формуле  $ab \times 4,59$ ; E – определение реальной оси пяточной кости и положение точки *d1*; F – выполнена виртуальная коррекция деформации.

**Fig. 7.** Analysis and planning of hindfoot deformity correction: A – lateral x-ray; B – drawing of talus trochlea line with identification of points *a* and *b*; C – identification of point *c* using formula  $ab \times 2,56$ ; D – identification of proper calcaneus axis and point *d* using formula  $ab \times 4,59$ ; E – identification of actual calcaneus axis and point *d1*; F – virtual deformity correction

такой способ является примерным и не может быть использован на практике [1]. Интересен способ, разработанный V. David, который позволяет измерить на рентгенограммах длину пяточной кости в зависимости от длины таранной кости. Этим способом можно рассчитать коррекцию лишь одного компонента деформации [8].

В 2001 г. Г.И. Исмаиловым с соавторами [3] предложен способ, согласно которому путем расчетов первоначально была получена величина индекса длины пяточной кости. Для этого авторами были изучены 127 рентгенограмм в боковой проекции стоп здоровых пациентов. Сам индекс получали путем деления длины стопы на ширину дистального метаэпифиза большеберцовой кости в наиболее широкой его части. После этого длину пяточной кости определяли путем умножения ширины дистального метаэпифиза большеберцовой кости в наиболее широкой его части (в сантиметрах) на индекс длины пяточной кости [9].

Однако данный способ имеет существенный недостаток: его использование невозможно, если имеются сопутствующие деформации среднего отдела стопы и (или) дистального отдела большеберцовой кости. Кроме того, сама пяточная кость может иметь торсионную деформацию, что влияет на точность измерения рентгенограмм.

Разработанный нами метод лишен недостатков, существующих на сегодняшний момент у других способов расчета коррекции и оценки результатов коррекции деформации пяточной кости. Это объясняется тем, что он основан лишь на одном первоначальном показателе – положении и длине суставной линии блока таранной кости. Таким образом, любые деформации дистального отдела голени, среднего и заднего отделов стопы, а также положение таранной кости не мешают правильному планированию коррекции и оценки ее результата. Данный метод даже может быть применен при наличии анкилоза голеностопного сустава в порочном положении. Однако нельзя забывать, что при отсутствии таранной кости или асептическом некрозе ее блока применение этого способа невозможно.

Тем не менее, предложенный метод не совершенен. Ему, как и всем известным на сегодняшний день методам, основанным на 2D-планировании, присуща высокая чувствительность к корректности выполнения рентгенологического исследования. Если при выполнении рентгенограммы таранная кость расположена под углом или с ротацией, это не позволит произвести точные расчеты.

## Заключение

Разработанный способ позволяет планировать коррекцию деформаций заднего отдела в сагиттальной плоскости и оценивать результаты коррекции вне зависимости от наличия положения стопы в голеностопном суставе и (или) деформации среднего отдела стопы. Ограничение способа связано с чувствительностью к корректности рентгенологического обследования. Решение этой проблемы связано лишь с разработкой 3D-планировщика.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

## Литература

1. Ген Г.Е. Оперативное лечение паралитической пяточной стопы с применением компрессионно-корригирующего аппарата [Автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Симферополь, 1968. 21 с.
2. Голубев Г.Ш., Дубинский А.В. Сравнительная оценка результатов оперативного лечения пациентов с импрессионными переломами пяточной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2013;(2):63-71.
3. Исмаилов Г.Р., Самусенко Д.В., Дьячкова Г.В. Расчет приемов реконструкции заднего отдела стопы. *Гений ортопедии*. 2001;(4):81-84.
4. Каленский В.О., Кононова К.Ю., Глухов Д.А., Иванов П.А., Бердюгин К.А., Челноков А.Н. Внутрикостный остеосинтез как новая опция в лечении переломов пяточной кости. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(4):79-85.
5. Сапоговский А.В., Кенис В.М. Клиническая диагностика ригидных форм планов-вальгусных деформаций стоп у детей. *Травматология и ортопедия России*. 2015;(4):46-51.
6. Соломин Л.Н., Уханов К.А., Машков В.М., Глузман М.И. Определение оптимальных компоновок основанного на компьютерной навигации аппарата Орто-СУВ для коррекции сложных деформаций среднего и заднего отделов стопы. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(1):72-79.
7. Яременко Д.А., Ефименко В.И., Ефимов Р.В. Рентгенологическое исследование в оценке анатомо-функционального состояния стопы. *Травматология и ортопедия России*. 2004;(1):16-20.
8. David V., Stephens T.J., Kindl R., Ang A., Tay W.H., Asaid R., McCullough K. Calcaneotalar ratio: a new concept in the estimation of the length of the calcaneus. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(3):370-372. DOI:10.1053/j.jfas.2014.08.008.
9. DeVries J.G., Scharer B.J. Hindfoot Deformity Corrected With Double Versus Triple Arthrodesis: Radiographic Comparison. *Foot Ankle Surg*. 2015;4(3):424-427. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.09.020.
10. Gonzalez T.A., Enrlichman L.K., Macaulay A.A., Gitajn I.L., Toussaint R.J., Zurakowski D., Kwon J.Y. Determining Measurement Error for Bohler's Angle and the Effect of X-Ray Obliquity on Accuracy. *Foot Ankle Spec*. 2016;9(5):409-416. DOI: 10.1177/1938640016656236.
11. Harnroongroj T., Chuckpaiwong B., Angthong C., Nanakorn P., Sudjai N., Harnroongroj T. Displaced articular

- calcaneus fractures: Classification and fracture scores: a preliminary study. *J Med Assoc Thai*. 2012;95(3):366-377.
12. Harnroongroj T., Tangmanasakul A., Choursamran N., Sudjai N., Harnroongroj T. Measurement technique of calcaneal varus from axial view radiograph. *Indian J Orthop*. 2015;49(2):223-226. DOI: 10.4103/0019-5413.152489.
  13. Koval K., Zuckerman J. Handbook of fractures. 3rd ed., Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2006. 440 p.
  14. Lamm B.M., Paley D. Deformity correction planning for hindfoot, ankle, and lower limb. *Clin Podiatr Med Surg*. 2004;21(3):305-326.
  15. Lamm B.M., Stasko P.A., Gesheff M.G., Bhave A. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55(5):991-998. DOI: 10.1053/j.jfas.2016.05.005.
  16. Matherne T.H., Tivorsak T., Monu J.U. Calcaneal fractures: what the surgeon needs to know. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2007;36(1):1-10.
  17. Paley D. Principles of deformity correction. New York : Springer-Verlag; 2005. 806 p.
  18. Rammelt S., Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury*. 2004;35(5):443-461.
  19. Reilingh M.L., Beimers L., Tuijthof G.J., Stufkens S.A., Maas M., van Dijk C.N. Measuring hindfoot alignment radiographically: the long axial view is more reliable than the hindfoot alignment view. *Skeletal Radiol*. 2010;39(11):1103-1108. DOI: 10.1007/s00256-009-0857-9.
  20. Steel M.W. III, Johnson K.A., DeWitz M.A., Ilstrup D.M. Radiographic measurements of the normal adult foot. *Foot Ankle Int*. 1980;1(3):151-158.
  21. Su Y., Chen W., Zhang T., Wu X., Wu Z., Zhang Y. Bohler's angle's role in assessing the injury severity and functional outcome of internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures: a retrospective study. *BMC Surgery*. 2013;13(1):40.
  22. Willmott H., Stanton J., Southgate C. Böhler's angle – What is normal in the uninjured British population? *Foot Ankle Surg*. 2012;18(3):187-189. DOI: 10.1016/j.fas.2011.10.005
  23. Zhang T., Chen W., Su Y., Wang H., Zhang Y. Does axial view still play an important role in dealing with calcaneal fractures? *BMC Surg*. 2015;15:19. DOI: 10.1186/s12893-015-0004-6.
  24. Zhang X.B., Wu H., Zhang L.G., Zhao J.T., Zhang Y.Z. Calcaneal varus angle change in normal calcaneus: a three-dimensional finite element analysis. *Med Biol Eng Comput*. 2017;55(3):429-437. DOI: 10.1007/s11517-016-1527-4.
  4. Kalensky V.O., Kononova K.Yu., Glukhov D.A., Ivanov P.A., Berdyugin K.A., Chelnokov A. [Intraute osteosynthesis as a new option in the treatment of the stretch bone]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(4):79-86. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-79-86.
  5. Sapogovsky A.V., Kenis V.M. Clinical diagnosis of rigid flatfoot in children. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(4):46-51. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-46-51.
  6. Solomin L.N., Ukhanov K.A., Mashkov V.M., Gluzman M.I. [Determination of optimal packaging for Ortho-SUV apparatus based on computer navigation for correction of complex deformations of mid- and hindfoot]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(1):72-79. (in Russian).
  7. Yaremenko D.A., Efimenko V.I., Efimov R.V. [X-ray examination in the evaluation of anatomical and functional in foot condition]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2004;(1):16-20. (in Russian).
  8. David V., Stephens T.J., Kindl R., Ang A., Tay W.H., Asaid R., McCullough K. Calcaneotalar ratio: a new concept in the estimation of the length of the calcaneus. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(3):370-372. DOI:10.1053/j.jfas.2014.08.008.
  9. DeVries J.G., Scharer B.J. Hindfoot Deformity Corrected With Double Versus Triple Arthrodesis: Radiographic Comparison. *Foot Ankle Surg*. 2015;4(3):424-427. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.09.020.
  10. Gonzalez T.A., Enrichman L.K., Macaulay A.A., Gitajn I.L., Toussaint R.J., Zurakowski D., Kwon J.Y. Determining Measurement Error for Bohler's Angle and the Effect of X-Ray Obliquity on Accuracy. *Foot Ankle Spec*. 2016;9(5):409-416. DOI: 10.1177/1938640016656236.
  11. Harnroongroj T., Chuckpaiwong B., Angthong C., Nanakorn P., Sudjai N., Harnroongroj T. Displaced articular calcaneus fractures: Classification and fracture scores: a preliminary study. *J Med Assoc Thai*. 2012;95(3):366-377.
  12. Harnroongroj T., Tangmanasakul A., Choursamran N., Sudjai N., Harnroongroj T. Measurement technique of calcaneal varus from axial view radiograph. *Indian J Orthop*. 2015;49(2):223-226. DOI: 10.4103/0019-5413.152489.
  13. Koval K., Zuckerman J. Handbook of fractures. 3rd ed., Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2006. 440 p.
  14. Lamm B.M., Paley D. Deformity correction planning for hindfoot, ankle, and lower limb. *Clin Podiatr Med Surg*. 2004;21(3):305-326.
  15. Lamm B.M., Stasko P.A., Gesheff M.G., Bhave A. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55(5):991-998. DOI: 10.1053/j.jfas.2016.05.005.
  16. Matherne T.H., Tivorsak T., Monu J.U. Calcaneal fractures: what the surgeon needs to know. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2007;36(1):1-10.
  17. Paley D. Principles of deformity correction. New York : Springer-Verlag; 2005. 806 p.
  18. Rammelt S., Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury*. 2004;35(5):443-461.
  19. Reilingh M.L., Beimers L., Tuijthof G.J., Stufkens S.A., Maas M., van Dijk C.N. Measuring hindfoot alignment radiographically: the long axial view is more reliable than the hindfoot alignment view. *Skeletal Radiol*. 2010;39(11):1103-1108. DOI: 10.1007/s00256-009-0857-9.

## References

1. Gen G.E. Operativnoe lechenie paraliticheskoy pjatochnoj stopy s primeneniem kompressionno-korrigirujushego apparata [Surgical treatment of paralytic cavus foot with external fixator. Cand. med. sci. diss. abstract]. Simferopol, 1968. 21 p. (in Russian).
2. Golubev G.S., Dubinsky A.V. [Comparative outcomes of surgical treatment of patients with Impression fractures of the calcaneus]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2013;(2):63-71. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2013-2-63-71.
3. Ismailov G.R., Samusenko D.V., Dyachkova G.V. [Calculation methods of reconstruction of hindfoot]. *Genij ortopedii* [Genius of Orthopedics]. 2001;(4):53-54. (in Russian).
4. Kalensky V.O., Kononova K.Yu., Glukhov D.A., Ivanov P.A., Berdyugin K.A., Chelnokov A. [Intraute osteosynthesis as a new option in the treatment of the stretch bone]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(4):79-86. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-79-86.
5. Sapogovsky A.V., Kenis V.M. Clinical diagnosis of rigid flatfoot in children. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2015;(4):46-51. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-46-51.
6. Solomin L.N., Ukhanov K.A., Mashkov V.M., Gluzman M.I. [Determination of optimal packaging for Ortho-SUV apparatus based on computer navigation for correction of complex deformations of mid- and hindfoot]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2014;(1):72-79. (in Russian).
7. Yaremenko D.A., Efimenko V.I., Efimov R.V. [X-ray examination in the evaluation of anatomical and functional in foot condition]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2004;(1):16-20. (in Russian).
8. David V., Stephens T.J., Kindl R., Ang A., Tay W.H., Asaid R., McCullough K. Calcaneotalar ratio: a new concept in the estimation of the length of the calcaneus. *J Foot Ankle Surg*. 2015;54(3):370-372. DOI:10.1053/j.jfas.2014.08.008.
9. DeVries J.G., Scharer B.J. Hindfoot Deformity Corrected With Double Versus Triple Arthrodesis: Radiographic Comparison. *Foot Ankle Surg*. 2015;4(3):424-427. DOI: 10.1053/j.jfas.2014.09.020.
10. Gonzalez T.A., Enrichman L.K., Macaulay A.A., Gitajn I.L., Toussaint R.J., Zurakowski D., Kwon J.Y. Determining Measurement Error for Bohler's Angle and the Effect of X-Ray Obliquity on Accuracy. *Foot Ankle Spec*. 2016;9(5):409-416. DOI: 10.1177/1938640016656236.
11. Harnroongroj T., Chuckpaiwong B., Angthong C., Nanakorn P., Sudjai N., Harnroongroj T. Displaced articular calcaneus fractures: Classification and fracture scores: a preliminary study. *J Med Assoc Thai*. 2012;95(3):366-377.
12. Harnroongroj T., Tangmanasakul A., Choursamran N., Sudjai N., Harnroongroj T. Measurement technique of calcaneal varus from axial view radiograph. *Indian J Orthop*. 2015;49(2):223-226. DOI: 10.4103/0019-5413.152489.
13. Koval K., Zuckerman J. Handbook of fractures. 3rd ed., Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2006. 440 p.
14. Lamm B.M., Paley D. Deformity correction planning for hindfoot, ankle, and lower limb. *Clin Podiatr Med Surg*. 2004;21(3):305-326.
15. Lamm B.M., Stasko P.A., Gesheff M.G., Bhave A. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *J Foot Ankle Surg*. 2016;55(5):991-998. DOI: 10.1053/j.jfas.2016.05.005.
16. Matherne T.H., Tivorsak T., Monu J.U. Calcaneal fractures: what the surgeon needs to know. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2007;36(1):1-10.
17. Paley D. Principles of deformity correction. New York : Springer-Verlag; 2005. 806 p.
18. Rammelt S., Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. *Injury*. 2004;35(5):443-461.
19. Reilingh M.L., Beimers L., Tuijthof G.J., Stufkens S.A., Maas M., van Dijk C.N. Measuring hindfoot alignment radiographically: the long axial view is more reliable than the hindfoot alignment view. *Skeletal Radiol*. 2010;39(11):1103-1108. DOI: 10.1007/s00256-009-0857-9.

20. Steel M.W. III, Johnson K.A., DeWitz M.A, Ilstrup D.M. Radiographic measurements of the normal adult foot. *Foot Ankle Int.* 1980;1(3):151-158.
21. Su Y., Chen W., Zhang T., Wu X., Wu Z., Zhang Y. Bohler's angle's role in assessing the injury severity and functional outcome of internal fixation for displaced intra-articular calcaneal fractures: a retrospective study. *BMC Surgery.* 2013;13(1):40.
22. Willmott H., Stanton J., Southgate C. Böhler's angle – What is normal in the uninjured British population? *Foot Ankle Surg.* 2012;18(3):187-189. DOI: 10.1016/j.fas.2011.10.005
23. Zhang T., Chen W., Su Y., Wang H., Zhang Y. Does axial view still play an important role in dealing with calcaneal fractures? *BMC Surg.* 2015;15:19. DOI: 10.1186/s12893-015-0004-6.
24. Zhang X.B., Wu H., Zhang L.G., Zhao J.T., Zhang Y.Z. Calcaneal varus angle change in normal calcaneus: a three-dimensional finite element analysis. *Med Biol Eng Comput.* 2017;55(3):429-437. DOI: 10.1007/s11517-016-1527-4.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Соломин Леонид Николаевич* – д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры общей хирургии медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»

*Уханов Константин Андреевич* – врач приемного отделения ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Сорокин Евгений Петрович* – канд. мед. наук, младший научный сотрудник научного отделения диагностики заболеваний и повреждений ОДС, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Херценберг Джон* – доктор медицины, директор Института современной ортопедии Рубина

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Leonid N. Solomin* – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Functional Group of External Fixation of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; Professor of the Surgery Chair Medical Faculty of St. Petersburg State University

*Konstantin A. Ukhanov* – Doctor of Admission Department of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Evgeniy P. Sorokin* – Cand. Sci. (Med.), Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*John E. Herzenberg* – MD, Director of Rubin Institute for Advanced Orthopedics