

© Коллектив авторов, 2017
УДК 617.586-073.75-089.23

Л. Н. Соломин^{1, 2}, К. А. Уханов¹, А. В. Бойченко², Дж. Херценберг³

АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ СРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ ПО РЕНТГЕНОГРАММЕ В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

¹ ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России (дир. — проф. Р. М. Тихилов), Санкт-Петербург; ² кафедра общей хирургии

(зав. каф. — д-р мед. наук проф. Е. К. Гуманенко), Санкт-Петербургский государственный университет;

³ International Center for Limb Lengthening, Rubin Institute for Advanced Orthopedics, Sinai Hospital of Baltimore (dir. — prof. J. E. Herzenberg)

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Разработать способ оценки и планирования коррекции деформации среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости на основе оригинальных референтных линий и углов (РЛУ). **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** Проанализированы рентгенограммы, выполненные в боковой проекции у 64 взрослых добровольцев без деформации стоп. Определяли угол между суставной линией блока таранной кости и механической осью I плюсневой кости. Также определяли отношение длины отрезка, ограниченного дистальной точкой головки I плюсневой кости и задним краем суставной поверхности блока таранной кости (АС) к длине отрезка, ограниченного краями суставной линии блока таранной кости (АВ). **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Искомый угол составил $23,6 \pm 3,2^\circ$. Коэффициент отношения длин АС к АВ составил $4,3 \pm 0,9$. На основании полученных данных был разработан метод планирования коррекции деформации стопы, который позволяет определить вершину деформации и должное положение головки I плюсневой кости. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработанный способ позволяет планировать хирургическую коррекцию деформаций среднего отдела в сагиттальной плоскости и оценивать результаты коррекции вне зависимости от наличия эквинусного положения стопы в голеностопном суставе и (или) деформации заднего отдела стопы.

Ключевые слова: стопа, деформация, рентгенография, планирование коррекции

L. N. Solomin^{1, 2}, K. A. Ukhanov¹, A. V. Boichenko², Dzh. Khertsenberg³

Analysis and planning of correction of midfoot deformity located in sagittal plane of X-ray

¹ R. R. Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg; ² Department of general surgery, St. Petersburg State University; ³ International Center for Limb Lengthening, Rubin Institute for Advanced Orthopedics, Sinai hospital of Baltimore

OBJECTIVE. The authors developed a new method of assessment and planning of correction of sagittal midfoot deformity, which is based on original reference lines and angles. **MATERIAL AND METHODS.** X-ray lateral foot projections without deformities were analyzed in 64 adult volunteers. There was determined the angle between articular line of talus trochlea joint and the first metatarsal mechanical axis. It was estimated the ratio of segment length which was limited by distal point of the head of first metatarsal bone and distal edge of articular surface of talus trochlea joint (AC) to segment length, which was limited by edge of articular line of talus trochlea joint (AB). **RESULTS.** The target angle was $23,6 \pm 3,2$. The ratio coefficient of segment length AC to AB consisted of $4,3 \pm 0,9$. The method of planned foot correction was based on data obtained. It allowed doctors to determine the deformity apex and normal position of the first metatarsal head. **CONCLUSIONS.** The developed method facilitates to plan surgical correction of midfoot deformity in sagittal plane. It gives an opportunity to assess correction results independently from presence of equinus foot position in ankle joint and (or) hindfoot deformity.

Key words: foot, deformity, X-ray, correction planning

Введение. Приступая к лечению пациентов с деформацией среднего и заднего отделов стопы, ортопеды нередко сталкиваются с трудностями в планировании оперативного вмешательства [2, 3]. Правильная предоперационная подготовка возможна только при верном понимании рефе-

рентных линий и углов стопы (РЛУ), которые являются основой планирования хирургической коррекции и залогом предсказуемого результата вмешательства [9, 12]. Вопросом определения РЛУ стопы занимались многие авторы [5, 8, 9, 10]. На сегодняшний день наиболее часто измеря-

ют таранно-плюсневый угол (угол Meary) [4], пяточно-плюсневый угол [1], большеберцово-плюсневый угол [10]. Однако использование известных РЛУ стопы позволяет лишь оценить степень деформации и результат её коррекции. При этом возможные сопутствующие деформации таранной и пяточной костей могут привести к значительной погрешности измерений. Методика планирования коррекции, а именно определения вершины деформации (в англоязычной литературе Center of Rotation of Angulation — CORA), описана для стопы только в отношении заднего отдела во фронтальной плоскости [11]. При этом способов определения CORA при деформации стопы в сагиттальной плоскости не разработано. Для решения этих вопросов внедряются компьютерное моделирование [6, 13] и технологии 3D-печати и хирургической симуляции в предоперационное планирование коррекции деформации

стопы [7], однако это значительно повышает стоимость диагностики и делает этот этап весьма требовательным к обеспечению оборудованием и программным обеспечением.

Целью нашего исследования стала разработка способа оценки и планирования коррекции деформации среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости на основании оригинальных РЛУ.

Материал и методы. Для получения искоемых значений РЛУ были проанализированы рентгенограммы стоп под нагрузкой в боковой проекции у 64 взрослых добровольцев в возрасте от 23 до 64 лет с нормальными значениями РЛУ стопы [10]. Способ испытан при лечении 47 пациентов.

Результаты. При определении на рентгенограммах параметров РЛУ среднего отдела стопы был получен массив данных, результаты статистической обработки которых представлены на рис. 1.

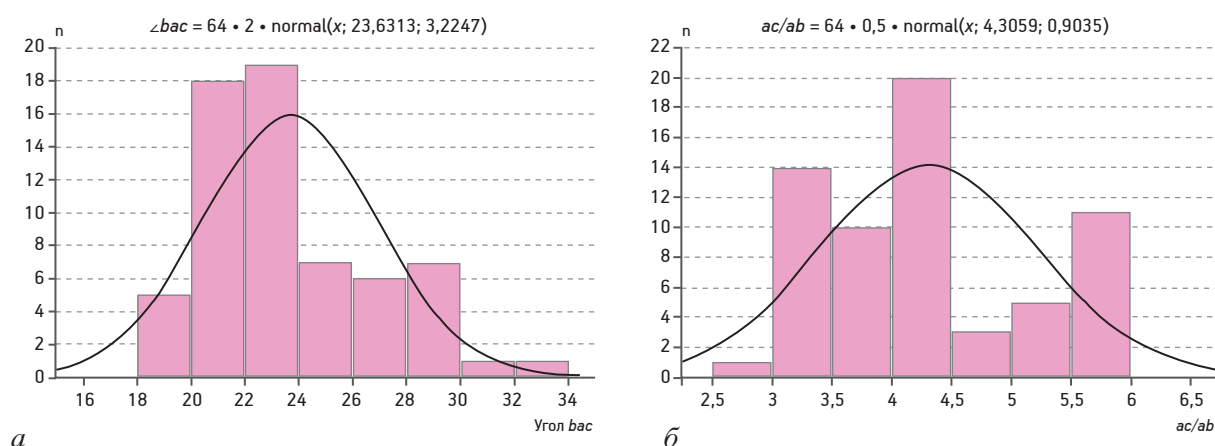


Рис. 1. Результаты статистической обработки искоемых параметров РЛУ среднего отдела.

а — значение угла пересечения линии 1 и линии 2 ($\angle bac$, ось абсцисс); б — отношение расстояния ac к расстоянию ab (коэффициент k , ось абсцисс)

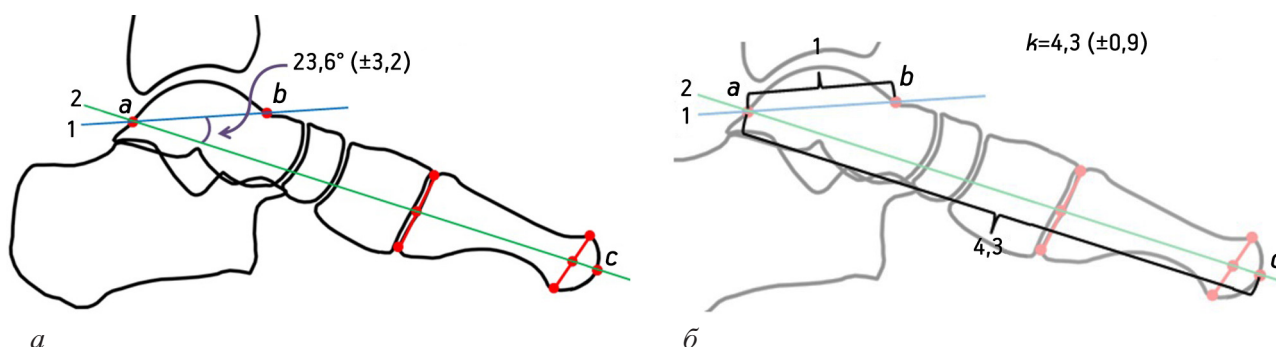


Рис. 2. Референтные линии и углы среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости.

а — угол между линией 1 (СЛБТК) и линией 2 (механическая ось I плюсневой кости); б — коэффициент отношения расстояния ac к ab

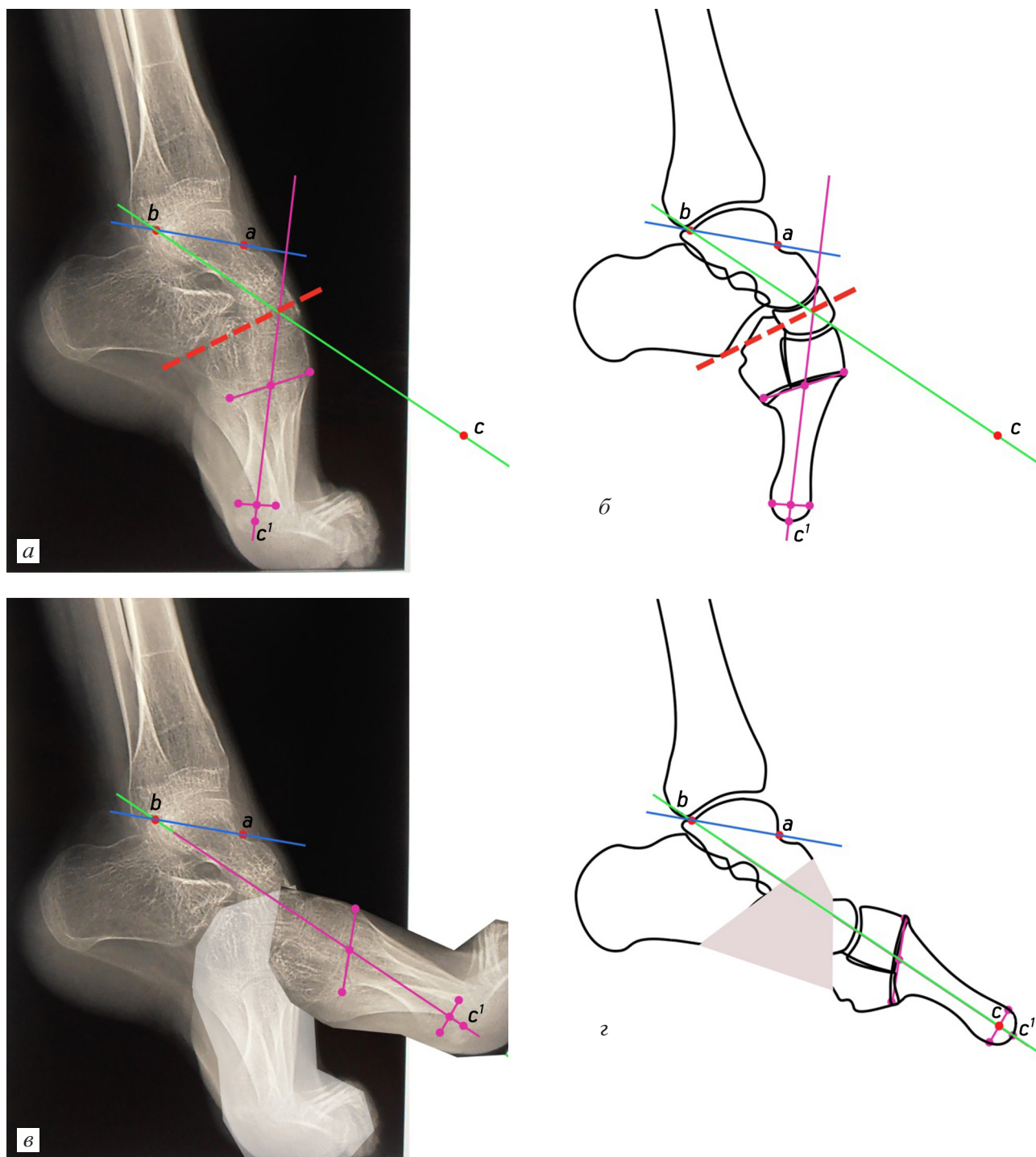


Рис. 3. Планирование коррекции деформации стопы на уровне среднего отдела стопы, согласно оригинальному способу.

а, в — на рентгенограммах; б, г — на поясняющих схемах (объяснение в тексте)

Анализ полученных данных показал, что механическая ось I плюсневой кости (линия 2) и СЛБТК (суставной линии блока таранной кости) (линия 1) у здорового человека образуют угол, равный $23,6^\circ (\pm 3,2^\circ)$. Отношение расстояния от точки пересечения механической оси I плюс-

невой кости с суставной поверхностью таранной кости a до переднего края головки I плюсневой кости c к расстоянию между передней и задней точками суставной поверхности блока таранной кости (a и b), составляет $4,3 \pm 0,9$. Таким образом, $k = ac / ab = 4,3 \pm 0,9$ (рис. 2).

Полученные данные позволили разработать новый способ определения степени деформации стопы на уровне среднего отдела для предоперационного планирования хирургической коррекции (приоритетная справка № 2016147240)*. Для реализации способа через точки *a* и *b*, формирующие СЛБТК, проводят прямую 1 и измеряют расстояние от *a* до *b* в миллиметрах. После этого из точки *a*, под углом 24° к линии 1 проводят прямую 2. При отсутствии деформации прямая 2 должна совпадать с механической осью I плюсневой кости (см. рис. 2). Затем на линии 2 находят точку *c* — должное положение головки I плюсневой кости. Для этого расстояние *ab* умножают на коэффициент 4,3. При отсутствии деформации точка *c* соответствует переднему краю I плюсневой кости (см. рис. 2).

Если линия 2 не совпадает с механической осью I плюсневой кости анализируемой рентгенограммы и (или) точка *c* не соответствует переднему краю I плюсневой кости, то выполняют планирование коррекции деформации (рис. 3). Для этого определяют механическую ось I плюсневой кости и точку *c*¹, характеризующую реальное положение головки I плюсневой кости у данного пациента (см. рис. 3, а, б). Пересечение линии 2 и механической оси I плюсневой кости является вершиной деформации — точкой *d*, где необходимо выполнять остеотомию. После виртуальной остеотомии добиваются совпадения линии 2 с механической осью I плюсневой кости, и точки *c*¹ с точкой *c* (см. рис. 3, в, г). При возникновении диастаза между центральным и периферическим «фрагментами», следует использовать дозированную коррекцию с формированием distractionного регенерата по Илизарову.

Обсуждение. Разработанный метод лишен недостатков, существующих на сегодняшний момент у других способов планирования коррекции и оценки результатов коррекции деформаций среднего отдела стопы. 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 оценке её результата. Данный метод может быть применен также при наличии анкилоза голеностопного сустава в порочном положении. Однако способ чувствителен к точности выполнения рентгенологического исследования, а его ограничения связаны с деформациями или отсутствием таранной кости.

Выводы. 1. Разработан новый способ анализа и планирования коррекции деформаций среднего отдела стопы в сагиттальной плоскости.

2. Реализация способа не зависит от положения стопы в голеностопном суставе и (или) наличия сопутствующей деформации заднего отдела стопы.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCE]

1. Линденбратен Л.Д. Методика изучения рентгеновских снимков. М.: Медицина, 1971. 351 с. [Lindenbraten L.D. Metodika izucheniya rentgenovskikh snimkov. Moscow: Meditsina, 1971. 351 p.]
2. Мухамадеев Н.А., Коришков Н.А., Балаян В.Д. и др. Оперативное лечение паралитической эквинусной стопы тяжелой степени у взрослых // Травматология и ортопедия России. 2012. № 4. С. 105–109 [Mukhamadeev N.A., Koryshkov N.A., Balayan V.D. i dr. Operativnoe lechenie paraliticheskoi ekvinusnoi stopy tyazheloi stepeni u vzroslykh] // Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2012. № 4. P. 105–109].
3. Сапоговский А.В., Кенис В.М. Клиническая диагностика ригидных форм plano-вальгусных деформаций стоп у детей // Травматология и ортопедия России. 2015. № 4. С. 46–51 [Sapogovskii A.V., Kenis V.M. Klinicheskaya diagnostika rigidnykh form planov-val'gusnykh deformatsii stop u detei] // Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2015. № 4. P. 46–51].
4. DiGiovanni J., Smith S. Normal biomechanics of the rearfoot: a radiographic analysis // JAPA. 1976. № 66. P. 11–24.
5. Gentili A., Masih S., Yao L., Seeger L. Pictorial review: foot axes and angles // Brit. J. Radiology. 1996. № 69. P. 968–974.
6. Iaquinio J.M., Wayne J.S. Effects of surgical correction for the treatment of adult acquired flatfoot deformity: a computational investigation // J. Orthop. Res. 2011. Vol. 29, № 7. P. 1047–1054. (doi: 10.1002/jor.21379. Epub 2011 Feb 11).
7. Jastifer J.R., Gustafson P.A. Three-dimensional printing and surgical simulation for preoperative planning of deformity correction in foot and ankle surgery // J. Foot Ankle Surg. 2017. Vol. 56, № 1. P. 191–195 (doi: 10.1053/j.jfas.2016.01.052. Epub 2016 Mar 5).
8. Kirienko A., Villa A., Calhoun J.H. Ilizarov Technique for complex foot and ankle deformities. New York: Marcel Dekker, 2004. 476 p.
9. Lamm B.M., Paley D. Deformity correction planning for hindfoot, ankle, and lower limb // Clin. Podiatr. Med. Surg. 2004. Vol. 21, № 3. P. 305–326.
10. Lamm B.M., Stasko P.A., Gesheff M.G., Bhav A.J. Normal foot and ankle radiographic angles, measurements, and reference points // Foot Ankle Surg. 2016. Vol. 55, № 5. P. 991–998.

* Патент РФ № 2016147240 Способ определения степени деформации стопы на уровне среднего отдела для предоперационного планирования хирургической коррекции / А.А. Матвеев, Т.И. Матвеева. Приоритет от 01.12.2016 г.

11. Paley D. Principles of deformity correction. New York : Springer-Verlag, 2002. 806 p.
12. Shalaby H., Hefny H. Correction of complex foot deformities using the V-osteotomy and the Ilizarov technique. Strategies // Trauma Limb. Reconstr. 2007. Vol. 2, № 1. P. 21–30.
13. Siddiqui N.A., Lamm B. Digital planning for foot and ankle deformity correction : Evans osteotomy // J. Foot Ankle Surg. 2014. Vol. 53, № 6. P. 700–705.

Поступила в редакцию 20.05.2017 г.

Сведения об авторах:

Соломин Леонид Николаевич (e-mail: Solomin.leonid@gmail.com), д-р мед. наук, проф., ведущий науч. сотрудник;

Уханов Константин Андреевич (e-mail: uhanovrniito@gmail.com), врач-травматолог; Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р.Вредена, 195427, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, 8;

Бойченко Антон Викторович (e-mail: aboychen@yandex.ru), ассистент кафедры; кафедра общей хирургии, Санкт-Петербургский государственный университет, 199106, Санкт-Петербург, 21 линия В. О., 8, а;

Херценберг Джон (e-mail: jherzenberg@lifebridgehealth.org), д-р мед. наук, директор Международного центра удлинения и реконструкции конечностей, Институт Рубина продвинутой ортопедии. 21215, США, Балтимор, Западная улица Бельведер, 2140.