

Научная статья

УДК 617.586-007.58:616.718.72-073.756.8-035-089.85

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-6-855-862>

Оптимальный метод латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости: томографическое исследование среди населения России

С.М. Гуди^{1✉}, Д.А. Семенова², К.О. Васильев¹, Л.К. Скуратова¹, М.Д. Лучшев¹, И.А. Пахомов¹

¹ Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Михайлович Гуди, smgudinsk@gmail.com

Аннотация

Введение. По данным профессиональной литературы, удлинение латеральной колонны считается одним из эффективных и патогенетически обоснованных суставосберегающих методов коррекции плосковальгусной деформации стопы. Широко применяются в клинической практике остеотомии Evans и Hintermann. Однако данные операции сопряжены с риском повреждения суставных фасеток подтаранного сустава, что обусловлено разнообразием их количества, форм и расположения у представителей разных национальностей.

Цель работы — обзор анатомических вариантов строения суставных фасеток подтаранного сустава среди населения России для определения оптимального метода латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости с учётом индивидуальных особенностей.

Материалы и методы. На базе НИИТО им Я.Л. Цивьяна проведён анализ результатов мультиспиральной компьютерной томографии стоп 250 пациентов. После применения критериев исключения конечная выборка составила 150 пациентов, которым выполнили 3D-моделирование с визуализацией суставных фасеток подтаранного сустава на рабочей станции syngo.via–SiemensViewer. Систематизацию пациентов проводили по классификации P. Bunning и C. Barnett. На 3D-моделях пяточных костей измеряли расстояние между передней и средней, а также между средней и задней суставными фасетками.

Результаты. Передняя и средняя суставные фасетки подтаранного сустава были разделены (тип А) у 40,7 % (61 стопа), оставшиеся 59,3 % (89 стоп) имели сросшиеся переднюю и среднюю фасетки (тип В). Полностью сросшиеся передняя, средняя и задняя фасетки (тип С) не обнаружены. Среднее расстояние между передней и средней суставными фасетками составило $(4,2 \pm 0,08)$ мм, а среднее расстояние между средней и задней — $(5,3 \pm 0,0027)$ мм.

Обсуждение. Суставные фасетки типа В преобладали среди населения России. При проведении остеотомии Evans они повреждаются в 100 % случаев. Остеотомия Hintermann позволяет уменьшить вероятность их повреждения. Однако расстояние между фасетками очень мало, визуализация при проведении остеотомии затруднена, что может приводить к повреждению подтаранного сустава. Таким образом, создание нового метода определения и контроля уровня остеотомии пяточной кости, исключающего повреждение сустава, является актуальной задачей дальнейших исследований.

Заключение. Способ остеотомии пяточной кости Hintermann может быть успешно применен среди населения России с наименьшими осложнениями, в частности меньшим количеством повреждений суставных фасеток подтаранного сустава.

Ключевые слова: латеральная удлиняющая остеотомия, суставные фасетки подтаранного сустава, плосковальгусная деформация стопы

Для цитирования: Гуди С.М., Семенова Д.А., Васильев К.О., Скуратова Л.К., Лучшев М.Д., Пахомов И.А. Оптимальный метод латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости: томографическое исследование среди населения России. *Гений ортопедии*. 2024;30(6):855-862. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-6-855-862. EDN: TPZRNA.



The optimal method of lateral lengthening osteotomy of the calcaneus: CT study in the Russian population

S.M. Gudi¹✉, D.A. Semenova², K.O. Vasiliev¹, L.K. Skuratova¹, M.D. Luchshev¹, I.A. Pakhomov¹

¹ Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russian Federation

Corresponding author: Sergey M. Gudi, smgudinsk@gmail.com

Abstract

Introduction In the current professional literature, lengthening of the lateral column is considered to be one of the most effective and pathogenetically sound joint salvage methods for correction of plano-valgus deformity of the foot. The most widely used osteotomies in clinical practice are those of Evans and Hintermann. However, the articular facets of the subtalar joint are at risk of damage due to the variety of their number, shapes and location in different nationalities.

The **purpose** of the work was to reveal the anatomical variants of the structure of the articular facets of the subtalar joint in the Russian population in order to determine the optimal method of lateral lengthening osteotomy of the calcaneus, based on personal characteristics.

Material and methods The results of multispiral computed tomography (MSCT) of the feet of 250 patients were analyzed on the basis of the Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics. After applying the exclusion criteria, the final sample consisted of 150 patients. 3D modeling of their calcaneal bones with visualization of articular facets of the subtalar joint was performed on a workstation using the syngo.via–Siemens Viewer program. Patients were systematized according to the classification of P. Bunning and C. Barnett (1965). On 3D models of calcaneal bones, the distance between the anterior and middle, as well as between the middle and posterior articular facets was measured.

Results The anterior and middle articular facets of the subtalar joint were separated (type A) in 40.7 % (61 feet), the remaining 59.3 % (89 feet) had fused anterior and middle facets (type B). Fully fused anterior, middle and posterior facets (type C) were not found. The average distance between the anterior and middle articular facets was 4.2 ± 0.08 mm, and the average distance between the middle and posterior facets was 5.3 ± 0.0027 mm.

Discussion Articular facets of type B prevailed in the Russian population. Evans osteotomy will damage them 100 % of the cases. Hintermann osteotomy decreases the chance of their damage. However, the distance between the facets is very small, visualization during osteotomy is difficult, what can lead to damage to the subtalar joint. Thus, the development of a new method for determining and controlling the level of calcaneal osteotomy that would exclude joint damage is an urgent problem for further research.

Conclusion Hintermann's lateral lengthening osteotomy of the calcaneus may be successfully applied in the Russian population with the least complications in the postoperative period and less damage to the articular facets of the subtalar joint.

Keywords: lateral lengthening osteotomy, articular facets of the subtalar joint, plano-valgus deformity of the foot

For citation: Gudi SM, Semenova DA, Vasiliev KO, Skuratova LK, Luchshev MD, Pakhomov IA. The optimal method of lateral lengthening osteotomy of the calcaneus: CT study in the Russian population. *Genij Ortopedii*. 2024;30(6):855-862. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-6-855-862

ВВЕДЕНИЕ

Приобретённое плоскостопие характеризуется снижением высоты свода стопы, вальгусной деформацией ее заднего отдела и отведением переднего [1]. Распространённость заболевания составляет 26,6–60,0 %, оно является одной из самых частых причин обращения к травматологу-ортопеду [2, 3]. Среди существующих хирургических методов лечения отведенной плосковальгусной деформации стопы латеральная удлиняющая остеотомия пяточной кости является одной из самых эффективных суставосберегающих операций [4–6]. Впервые способ проведения удлиняющей остеотомии пяточной кости между передней и средней суставными фасетками подтаранного сустава был предложен D. Evans в 1975 г. [7]. Изначально Evans проводил такой вариант остеотомии пяточной кости детям с вальгусной деформацией стопы, возникшей в результате гиперкоррекции косолапости, но, наблюдая высокую эффективность операции, стал использовать её и для коррекции плоскостопия у подростков. Классически остеотомию Evans выполняют на расстоянии 1,5 см проксимальнее пяточно-кубовидного сустава и параллельно ему [7]. Операция имела хорошие клинические результаты, со временем приобрела широкую популярность среди хирургов, ее стали применять не только у детей, но и у взрослых с отведением переднего отдела стопы, вальгусной деформацией пяточной кости и дорсолатеральным перитаранным подвывихом [8]. Однако, несмотря на хорошие клинические и рентгенологические результаты, среди осложнений в послеоперационном периоде наблюдали недостаточную коррекцию, несращение, артроз подтаранного сустава, подвывих пяточно-кубовидного сустава, повреждения сурального нерва, сухожилий малоберцовых мышц и инфекцию области хирургического вмешательства [8–11]. В своём труде Evans не учитывал вариабельность строения подтаранного сустава и по данным, полученным после 13 лет наблюдения за прооперированными им пациентами, только 17 из 23 имели хорошие и очень хорошие результаты [10]. Оставшиеся 6 пациентов в отдалённом послеоперационном периоде имели осложнения. У троих сохранялся болевой синдром при нагрузках, однако он не мешал заниматься спортом и вести обычный образ жизни, отмечался остеоартроз таранно-ладьевидного сустава. У трех других пациентов наблюдался клинический и рентгенологический регресс результатов лечения, сохранялся вальгус заднего отдела стопы, возникал остеоартроз подтаранного сустава и других суставов, за исключением пяточно-кубовидного. С целью уменьшения послеоперационных осложнений и риска повреждения подтаранного сустава в 1995 г. V. Mosca [12] модифицировал остеотомию Evans. В его варианте сначала в подтаранный сустав вводили костный распатор между передней и средней суставными фасетками для определения их местоположения, затем в определенном интервале проводили остеотомию на уровне 1,5–2 см кзади от пяточно-кубовидного сустава. Однако данный метод имел недостатки, связанные с необходимостью вскрытия капсулы подтаранного сустава, а также трудностями определения допустимого для остеотомии интервала в процессе операции из-за ограниченного хирургического обзора, что делает создание нового эффективного метода определения и контроля уровня и направления остеотомии значимым вопросом в улучшении результатов латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости.

Первое исследование структур, подверженных риску во время операции Evans, провели R. Raines и M. Brage в 1998 г. [9]. Они сделали вывод, что идеальный уровень остеотомии для предотвращения повреждения передней и средней суставных фасеток подтаранного сустава — на расстоянии 10 мм проксимальнее пяточно-кубовидного сустава. При этом C. Huer et al. [13] определили, что у пяточной кости с разделёнными передней и средней суставными фасетками среднее расстояние между ними составляет 3,9 мм, и рекомендовали оптимальный уровень остеотомии на расстоянии 1,1–1,5 см (в среднем 1,3 см) кзади пяточно-кубовидного сустава. В то же время B.W. Bussewitz et al. [14] сообщают, что при точке входа пилы на уровне 1,3 см кзади от пяточно-кубовидного сустава риску подвергаются суставные фасетки подтаранного сустава и опора таранной кости. Отсутствие единого мнения у исследователей об уровне и направлении проведения остеотомии может быть связано со значительной индивидуальной анатомической вариабельностью. С целью защиты передней и средней суставных фасеток подтаранного сустава в 1999 г. B. Hintermann et al. [15] предложили новый вариант латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости, линия которой проходит вдоль передней границы задней суставной фасетки подтаранного сустава. Описанные хирургические способы лечения по Evans и Hintermann показывают отличные клинические и рентгенологические результаты [16].

Впервые морфологию суставных фасеток подтаранного сустава у представителей европейской, африканской и индийской популяций изучили P. Bunning и C. Barnett [17] в 1965 г. и предложили первую классификацию. В последующие годы проведены исследования среди населения многих стран, опубликованы самые разные варианты классификации. Например, в 2008 г. C. Madhavi et al. [18] расширили классификацию P. Bunning и C. Barnett, предложив шесть типов суставных фасеток подтаранного сустава. Они выделили различные варианты сращения передней и средней суставных фасеток, включая тип, где передняя фасетка полностью отсутствует. Однако такой детальный подход к описанию значительной вариабельности не упрощает хирургам выбор способа оперативного лечения, в резуль-

тате которого суставные фасетки подтаранного сустава не были бы повреждены. При этом из-за существенных различий анатомического строения области подтаранного сустава у представителей разных национальностей и вариативного подхода исследователей к систематизации данных единая классификация всё ещё не принята [13, 17, 19–26]. Однако ни в одном из представленных на сегодняшний день исследований, изучающих анатомические особенности подтаранного сустава и их взаимосвязь с риском повреждения суставных фасеток при проведении латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости, не оценивали население России. Следовательно, оптимальный способ оперативного лечения отведённой плосковальгусной деформации стопы для населения Российской Федерации всё ещё остаётся неопределённым.

Цель работы — обзор анатомических вариантов строения суставных фасеток подтаранного сустава среди населения России для определения оптимального метода латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости с учётом индивидуальных особенностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведён анализ МСКТ 250 пациентов (92 (36,8 %) мужчины и 158 (63,2 %) женщин), выполненных в период с октября 2023 г. по март 2024 г. на базе НИИТО им. Я.Л. Цивьяна. Средний возраст пациентов — (45 ± 19) лет. Из выборки исключены больные со свежими и застарелыми переломами пяточной кости, тяжёлыми дегенеративными поражениями подтаранного сустава, перенесшие в анамнезе оперативные вмешательства в области подтаранного сустава и имеющие металлоконструкции в пяточной области, так как в данных случаях не представлялось возможным после 3D-реконструкции изображения и его ручной обработки визуализировать суставные фасетки подтаранного сустава с достоверной точностью. Конечная выборка составила 150 человек (66 мужчин (44 %), 84 (56 %) женщины), средний возраст — (46 ± 16) лет.

У каждого из отобранных пациентов на основе МСКТ стоп на рабочей станции томографа оценивали индивидуальные особенности суставных фасеток подтаранного сустава на 3D-моделях пяточных костей. 3D-модели пяточных костей перед оценкой проходили определенный алгоритм обработки. Обработку начинали с загрузки на рабочей станции томографа стандартного МСКТ-исследования стопы в Dicom-формате (рис. 1, а). Далее проводили 3D-реконструкцию стопы в костном режиме при помощи программы syngo.via — SiemensViewer (рис. 1, б). Используя инструмент Punch (вырезание), удаляли все кости, за исключением пяточной. Также удаляли артефакты от мягких тканей (рис. 1, в). Затем включали высокоразрешающий режим «Cinematic VRT» и вырезали оставшиеся артефакты (рис. 1, г). 3D-модель пяточной кости выравнивали. В результате всех проведенных манипуляций получали полностью подготовленную 3D-модель (рис. 1, д). Затем использовали инструмент Distanceline (расстояние) для вычисления интервала между фасетками в мм.



Рис. 1. Фото: а — загрузки стандартного Dicom-изображения на рабочую станцию; б — 3D-реконструкции стопы из мультипланарных изображений на рабочей станции; в — использования инструмента Punch на рабочей станции; г — 3D-модели пяточной кости в высокоразрешающем режиме CinematicVRT на рабочей станции. Видны артефакты от мягких тканей; д — полностью подготовленного 3D-изображения без артефакта

Измерение выполняли путем установки двух точек в самой узкой части между суставными фасетками подтаранного сустава и автоматического расчета длины полученного отрезка между ними. У пяточных костей с суставными фасетками типа А измеряли расстояние от заднего края передней суставной фасетки до переднего края средней в самой узкой части между ними (рис. 2). При типах А и В дополнительно измеряли ширину от заднего края средней суставной фасетки до переднего края задней в самой узкой части между ними (рис. 3).



Рис. 2. Схема методики измерения расстояния между передней и средней суставными фасетками при типе А строения подтаранного сустава с помощью инструмента Distanceline



Рис. 3. Схема методики измерения расстояния между средней и задней суставными фасетками при типе В строения подтаранного сустава

Систематизацию пациентов проводили по классификации Р. Bunning и С. Barnett [17]:

- тип А: на поверхности пяточной кости имеются три суставные фасетки, при этом передняя и средняя отделены друг от друга;
- тип В: на поверхности пяточной кости имеются две суставные фасетки, при этом передняя и средняя соединены между собой;
- тип С: на поверхности пяточной кости имеется одна суставная фасетка, поскольку все три сращены между собой.

Полученные данные сводили в единую таблицу. Для всех полученных измерений вычисляли соотношение между мужчинами и женщинами в каждой группе, их процентную долю среди всей выборки, средний возраст и стандартное отклонение для каждой из приведенных величин, а также стандартное отклонение для измеренных в мм интервалов между фасетками. Все вычисления проводили с использованием программы spss21.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно классификации Р. Bunning и С. Barnett, к типу А отнесён 61 (40,7 %) пациент (34 (55,7 %) женщины и 27 (44,3 %) мужчин; средний возраст $(42,9 \pm 14)$ лет) (рис. 4). К типу В отнесено 89 (59,3 %) пациентов (50 (56,2 %) женщин, 39 (43,8 %) мужчин; средний возраст $(48,1 \pm 21,3)$ года) (рис. 5). Пациентов с типом С в исследовании не было.



Рис. 4. Фото 3D-модели пяточной кости пациента А.: определяются разделённые суставные фасетки, тип А по классификации Р. Bunning и С. Burnett

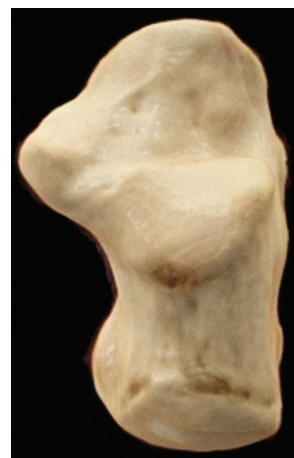


Рис. 5. Фото 3D-модели пяточной кости пациента В.: определяются сращённые суставные фасетки, тип В по классификации Р. Bunning и С. Burnett

Согласно измерениям, у представителей с типом А среднее расстояние в самой узкой части между передней и средней суставными фасетками подтаранного сустава составляет $(4,20 \pm 0,08)$ мм. Среднее расстояние между средней и задней у типов А и В составляет $(5,3 \pm 0,0027)$ мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Типы суставных фасеток подтаранного сустава исследовали у представителей разных национальностей, включая Америку [13], Африку [17], Японию [20], Корею [21], Индию [17, 22], Египет [23], Испанию [24], Турцию [25] и Китай [26], Россию [27]. Несмотря на различия в применяемых классификациях, среди большинства исследований доля разделённых передней и средней суставных фасеток подтаранного сустава варьировала от 30 до 40 % в разных странах, при этом наиболее распространены слитые суставные фасетки. Только среди населения Бельгии [19] и Великобритании [17] выявлен преимущественно тип А (61 % и 67 % соответственно). Вариабельность строения подтаранного сустава у представителей российской популяции была изучена в 2014 г. М. Байрошевской с соавт. [27]. Они провели аутопсийное исследование 57 стоп в возрастном диапазоне 20–70 лет, представили собственную классификацию, на основании которой слитые передняя и средняя суставные фасетки подтаранного сустава встречались в 26 (45,61 %) случаях, все разделённые суставные фасетки составили 26 (45,61 %) случаев, в 4 (7,02 %) случаях передняя фасетка отсутствовала, полностью слитые все три суставные фасетки были обнаружены в 1 (1,76 %) случае. По их данным, объединённые передняя и средняя, а также разобщённые передняя и средняя суставные фасетки имели одинаковую встречаемость. В нашем же исследовании обнаружено, что суставные фасетки подтаранного сустава типа В по классификации Р. Bunning и С. Burnett являются преобладающими в российской популяции (59,3 %). Соответственно, при проведении таким пациентам остеотомии по Evans объединённая суставная фасетка будет повреждена в 100 % случаев. Однако, по нашим результатам, в группе с типом А среднее расстояние между передней и средней суставными фасетками составляет всего $(4,20 \pm 0,08)$ мм. При этом толщина полотна осциллярной пилы, которой проводят остеотомию, колеблется от 0,5 до 1,47 мм, а интраоперационная визуализация суставных фасеток подтаранного сустава крайне затруднена, на сегодняшний день нет метода точного определения и контроля уровня и направления остеотомии, соответственно, проведение операции в безопасном интервале без повреждения подтаранного сустава — трудновыполнимая задача. В связи с перечисленными выше сложностями, возникающими во время операции, популяризация использования МСКТ с 3D-моделированием на этапе подготовки к оперативному вмешательству позволит визуализировать суставные фасетки подтаранного сустава, определить их тип и способ проведения операции, а также вычислить уровень и угол направления остеотомии с учётом индивидуальных особенностей анатомического строения, в результате чего снизится риск повреждения подтаранного сустава [28]. Таким образом, требуется создание нового метода интраоперационного эффективного и безопасного определения и контроля уровня и направления остеотомии с использованием данных, вычисленных с помощью компьютерного моделирования, для каждого отдельного пациента в ходе предоперационного планирования с учётом типа суставных фасеток подтаранного сустава. Такой подход к предоперационной подготовке позволит избежать повреждения подтаранного сустава и, соответственно, улучшит результаты оперативного лечения.

Способы латеральной удлиняющей остеотомии пяточной кости Evans и Hintermann сравнивали друг с другом разные авторы. Анатомические структуры, подверженные риску во время операций, анализировали S. Ettinger et al. [29]. Исследователи сообщают, что способ Hintermann является лучшим вариантом с точки зрения потенциального повреждения суставных фасеток подтаранного сустава и приводит к редким осложнениям в виде дегенеративных изменений пяточно-кубовидного сустава [30]. При этом С. Xu et al. [16] сообщают, что при использовании трансплантатов одинаковой длины и толщины корригирующая способность операции Hintermann выше, однако характеристики контактного напряжения в окружающих суставах более аномальные. При этом давление в пяточно-кубовидном суставе при проведении остеотомии Evans не повышалось, по сравнению с давлением в этом же суставе деформированной стопы [31]. Также S. Ettinger et al. [29] сообщают о том, что при проведении операции Hintermann передняя и средняя суставные фасетки подтаранного сустава остаются не повреждёнными в 100,0 % и 85,7 % случаев соответственно. В то время как для способа Evans они остаются нетронутыми только в 42,9 % случаев для передней и в 71,4 % случаев для средней фасетки. Задняя суставная фасетка подтаранного сустава оказывается интактна во всех случаях [29]. Несколько исследований были сосредоточены на исходах после операций Evans и Hintermann, которые показали хорошие клинические и рентгенологические результаты [16]. В целом при меньшем риске для подтаранного и пяточно-кубовидного суставов, но схожих клинических результатах, способ Hintermann представляется лучшей альтернативой операции Evans среди населения Российской Федерации.

Стоит признать, что наше исследование имело ряд ограничений. Во-первых, в выборку были включены не только пациенты с отведённой плосковальгусной деформацией стопы, но и с другими диагнозами (кроме переломов пяточной кости, любых предшествующих оперативных вмешательств в области подтаранного сустава и тяжелых дегенеративных изменений подтаранного сустава). Во-вторых, размер нашей выборки (150 стоп) не может полностью отразить общую ситуацию среди многочисленного

населения России. В-третьих, исследование проводили с помощью методов 3D-КТ-реконструкции, при которых суставной хрящ не визуализируется, измерения проводили между костными структурами, которые имеют разную форму и высоту, что в спорных случаях могло привести к неточностям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анатомия подтаранного сустава имеет значительные индивидуальные различия в российской популяции. Сросшиеся передняя и средняя суставные фасетки подтаранного сустава обнаружены более чем у половины обследованных. Таким образом, проведение остеотомии Evans у данной группы пациентов во всех случаях приведёт к повреждению подтаранного сустава. При разделённых передней и средней суставных фасетках среднее расстояние между ними составило всего 4,2 мм. С учётом того, что во время операции фасетки недоступны для визуализации, а толщина полотна пилы в среднем 1 мм, вслепую попасть в доступный интервал является практически невыполнимой задачей. Исходя из этого, операция Hintermann может быть более предпочтительной среди российской популяции, при этом безопасное окно проведения остеотомии составляет всего 5,3 мм.

Конфликт интересов. Не заявлен.

Источники финансирования. Отсутствие внешнего финансирования при проведении исследования.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» Минздрава России (протокол № 01-18/4853 от 11.07.2024) и проводится в соответствии с этическими стандартами, разработанными согласно Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Информированное согласие. Пациенты дали добровольное письменное информированное согласие на включение в исследование.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Trnka HJ, Easley ME, Myerson MS. The role of calcaneal osteotomies for correction of adult flatfoot. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(365):50-64. doi: 10.1097/00003086-199908000-00007
2. Samarakoon JN, de Silva NL, Fernando D. Prevalence and Associated Factors of Flat Feet among Patients with Hypertension; Findings from a Cross Sectional Study Carried Out at a Tertiary Care Hospital in Sri Lanka. *Arch Physiother Rehabil.* 2020;3(4):76-83. doi: 10.26502/fapr0016
3. Давыдова Н.И. Плоскостопие и меры борьбы с ним. *Стопа и вопросы построения рациональной обуви.* М.: ЦИТО; 1960:157.
4. Tao X, Chen W, Tang K. Surgical procedures for treatment of adult acquired flatfoot deformity: a network meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):62. doi: 10.1186/s13018-019-1094-0
5. Процко В.Г. Хирургическое лечение плосковальгусной деформации стоп у взрослых: дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2018:204. Доступно по: <https://www.dissercat.com/content/khirurgicheskoe-lechenie-ploskovalgusnoi-deformatsii-stop-u-vzroslykh>. Ссылка активна на 04.10.2024.
6. Кенис В.М., Лапкин Ю.А., Хусаинов Р.Х., Сапоговский А.В. Мобильное плоскостопие у детей (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2014;2(2):44-54. doi: 10.17816/PTORS2244-54
7. Evans D. Calcaneo-valgus deformity. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57(3):270-278.
8. Mahan KT, McGlamry ED. Evans calcaneal osteotomy for flexible pes valgus deformity. A preliminary study. *Clin Podiatr Med Surg.* 1987;4(1):137-151.
9. Raines RA Jr, Brage ME. Evans osteotomy in the adult foot: an anatomic study of structures at risk. *Foot Ankle Int.* 1998;19(11):743-747. doi: 10.1177/107110079801901106
10. Phillips GE. A review of elongation of os calcis for flat feet. *J Bone Joint Surg Br.* 1983;65(1):15-18. doi: 10.1302/0301-620X.65B1.6337167
11. Jara ME. Evans Osteotomy Complications. *Foot Ankle Clin.* 2017;22(3):573-585. doi: 10.1016/j.fcl.2017.04.006
12. Mosca VS. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hindfoot. Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(4):500-512. doi: 10.2106/00004623-199504000-00002
13. Hyer CF, Lee T, Block AJ, VanCourt R. Evaluation of the anterior and middle talocalcaneal articular facets and the Evans osteotomy. *J Foot Ankle Surg.* 2002;41(6):389-393. doi: 10.1016/s1067-2516(02)80085-0
14. Bussewitz BW, DeVries JG, Hyer CF. Evans osteotomy and risk to subtalar joint articular facets and sustentaculum tali: a cadaver study. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52(5):594-597. doi: 10.1053/j.jfas.2013.03.006
15. Hintermann B, Valderrabano V, Kundert HP. Lengthening of the lateral column and reconstruction of the medial soft tissue for treatment of acquired flatfoot deformity associated with insufficiency of the posterior tibial tendon. *J Foot Ankle Surg.* 1999;20(10):622-629. doi: 10.1177/107110079902001002
16. Xu C, Liu H, Li M, et al. Biomechanical effects of Evans versus Hintermann osteotomy for treating adult acquired flatfoot deformity: a patient-specific finite element investigation. *J Orthop Surg Res.* 2024 Feb 1;19(1):107. doi: 10.1186/s13018-024-04584-4
17. Bunning PS, Barnett CH. A comparison of adult and foetal talocalcaneal articulations. *J Anat.* 1965;99(Pt 1):71-76.
18. Madhavi C, Madhuri V, George VM, Antonisamy B. South Indian calcaneal talar facet configurations and osteoarthritic changes. *Clin Anat.* 2008;21(6):581-586. doi: 10.1002/ca.20653
19. Barbaix E, Van Roy P, Clarys JP. Variations of anatomical elements contributing to subtalar joint stability: intrinsic risk factors for post-traumatic lateral instability of the ankle? *Ergonomics.* 2000;43(10):1718-1725. doi: 10.1080/001401300750004122
20. Nakashima T, Hojo T. Variations in the talar articular facets of Japanese calcanei. *Fukuoka Igaku Zasshi.* 1986;77(10):544-548.

21. Jung MH, Choi BY, Lee JY, et al. Types of subtalar joint facets. *Surg Radiol Anat.* 2015;37(6):629-638. doi: 10.1007/s00276-015-1472-1
22. Gupta SC, Gupta CD, Arora AK. Pattern of talar articular facets in Indian calcanei. *J Anat.* 1977;124(Pt 3):651-655.
23. el-Eishi H. Variations in the talar articular facets in Egyptian calcanei. *Acta Anat (Basel).* 1974;89(1):134-138. doi: 10.1159/000144277
24. Forriol Campos F, Gomez Pellico L. Talar articular facets (facies articulares talaris) in human calcanei. *Acta Anat (Basel).* 1989;134(2):124-127. doi: 10.1159/000146675
25. Uygur M, Atamaz F, Celik S, Pinar Y. The types of talar articular facets and morphometric measurements of the human calcaneus bone on Turkish race. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009;129(7):909-914. doi: 10.1007/s00402-008-0729-0
26. Wu J, Liu H, Xu C. The optimal procedure for lateral column lengthening calcaneal osteotomy according to anatomical patterns of the subtalar joint: an anatomical study in the Chinese population. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23(1):751. doi: 10.1186/s12891-022-05715-w
27. Байрошевская М.В., Сафиуллина А.Ф., Хайруллин Р.М. Частота типов пяточной кости по модифицированной классификации форм таранных суставных поверхностей. *Морфологические ведомости.* 2014;22(1):26-32. doi: 10.20340/mv-mn.2014.0(1):26-32
28. Canavese F, Dimeglio A, Bonnel F. Postoperative CT-scan 3D reconstruction of the calcaneus following lateral calcaneal lengthening osteotomy for flatfoot deformity in children. Is the surgical procedure potentially associated with subtalar joint damage? *Foot Ankle Surg.* 2018;24(5):453-459. doi: 10.1016/j.fas.2017.05.005
29. Ettinger S, Mattinger T, Stukenborg-Colsman C, Yao D, et al. Outcomes of Evans Versus Hintermann Calcaneal Lengthening Osteotomy for Flexible Flatfoot. *Foot Ankle Int.* 2019;40(6):661-671. doi: 10.1177/1071100719835464
30. Ettinger S, Sibai K, Stukenborg-Colsman C, et al. Comparison of Anatomic Structures at Risk With 2 Lateral Lengthening Calcaneal Osteotomies. *Foot Ankle Int.* 2018;39(12):1481-1486. doi: 10.1177/1071100718789435
31. Momberger N, Morgan JM, Bachus KN, West JR. Calcaneocuboid joint pressure after lateral column lengthening in a cadaveric planovalgus deformity model. *Foot Ankle Int.* 2000;21(9):730-735. doi: 10.1177/107110070002100903

Статья поступила 15.07.2024; одобрена после рецензирования 01.10.2024; принята к публикации 21.10.2024.

The article was submitted 15.07.2024; approved after reviewing 01.10.2024; accepted for publication 21.10.2024.

Информация об авторах:

Сергей Михайлович Гуди — кандидат медицинских наук, научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, smgudinsk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1851-5566>;

Дарья Алексеевна Семенова — студентка, semenovadasha544@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6108-9365>;

Константин Олегович Васильев — врач-рентгенолог, vasiliev_ko@mairol.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2726-1392>;

Лилия Константиновна Скуратова — младший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед, lilipetrov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3736-3270>;

Матвей Дмитриевич Лучшев — аспирант, врач травматолог-ортопед, mat.luchshev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4975-9494>;

Игорь Анатольевич Пахомов — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделением, pahomovigor@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1501-0677>.

Information about the authors:

Sergey M. Gudi — Candidate of Medical Sciences, Researcher, orthopaedic surgeon, smgudinsk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1851-5566>;

Daria A. Semenova — student, semenovadasha544@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6108-9365>;

Konstantin O. Vasiliev — radiologist, vasiliev_ko@mairol.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2726-1392>;

Lilia K. Skuratova — Junior Research Fellow, orthopaedic surgeon, lilipetrov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3736-3270>;

Matvey D. Luchshev — post-graduate student, orthopaedic surgeon, mat.luchshev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4975-9494>;

Igor A. Pakhomov — Doctor of Medical Science, Leading Researcher, Head of the Department, pahomovigor@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1501-0677>.

Вклад авторов:

Гуди С. М. — методология, формальный анализ, редактирование, контроль.

Семенова Д. А. — исследование, обработка данных, написание - первоначальный вариант.

Васильев К. О. — методология, исследование, визуализация, рецензирование.

Скуратова Л. К. — исследование, концептуализация.

Лучшев М. Д. — исследование.

Пахомов И. А. — редактирование, контроль, управление проектом.