

## ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ СТОП У ВЗРОСЛЫХ (обзор иностранной литературы)

А.А. Булатов, В.Г. Емельянов, К.С. Михайлов

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

### Реферат

Плоско-вальгусная деформация стоп представляет собой сложную патологию, которая нередко встречается у активного взрослого населения. Консервативное лечение далеко не всегда приводит к желаемому результату. В последние десятилетия активно развиваются различные методы хирургических вмешательств при данной патологии. Однако, несмотря на разнообразие оперативных подходов, существует большое количество противоречий, касающихся целесообразности и успешности применения той или иной операции, особенно при II и IV стадиях заболевания. В статье представлены клинико-рентгенологические и биомеханические особенности плоско-вальгусных деформаций стоп. Представлен анализ публикаций, описывающих различные методы хирургической коррекции, которые приняты в мировой ортопедии.

**Ключевые слова:** плоско-вальгусная деформация стоп, плоскостопие, недостаточность сухожилия задней большеберцовой мышцы, хирургическое лечение плоскостопия.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114.

## Adult Acquired Flatfoot Deformity (Review)

A.A. Bulatov, V.G. Emelyanov, K.S. Mikhailov

Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics  
8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russia

### Abstract

Flatfoot deformity represents a complex pathology often observed in active adult population. Conservative treatment does not always yield the intended outcome. Various surgical methods addressing mentioned pathology were actively developing during past decades. However, despite diversity of procedures there are many contradictions in respect of necessity and efficiency of a certain procedure especially in grades II and IV of the disease. The paper presents clinical, roentgenological and biomechanical features of acquired flatfoot deformity. The authors analyzed literature publications dedicated to different correction methods adopted in world orthopaedics.

**Keywords:** flatfoot deformity, longitudinal flatfoot, posterior tibial tendon insufficiency, surgical flatfoot correction.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114.

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

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

Плоско-вальгусная деформация стоп у взрослых представляет собой довольно сложную комплексную проблему, не имеющую однозначного решения. Дегенеративные изменения тканей в области внутреннего свода вызывают дисфункцию этой области путем опущения продольного свода, тем самым нарушая всю архитектуру стопы. Это, в свою очередь, вызывает выраженные биомеханические изменения, приводящие к нарушению всех трех основных функций — рессорной, балансирующей и толчковой. Первоначально обозначенная исключительно

Булатов А.А., Емельянов В.Г., Михайлов К.С. Плоско-вальгусная деформация стоп у взрослых (обзор иностранной литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(2):102-114. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114.

**Cite as:** Bulatov A.A., Emelyanov V.G., Mikhailov K.S. [Adult Acquired Flatfoot Deformity (Review)]. *Traumatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(2):102-114. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114.

Александр Анатольевич Булатов. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Aleksandr A. Bulatov. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russia; e-mail:

Рукопись поступила/Received: 21.02.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 10.04.2017.

как результат повреждения сухожилия *m. tibialis posterior*, эта деформация, как известно в настоящее время, сопровождается повреждением всего связочного аппарата, осуществляющего поддержку внутреннего свода стопы, включая также и пяточно-ладьевидный связочный комплекс, известный в зарубежной литературе как «spring ligament complex». Наряду с этим произошли изменения в классификации данной патологии от более простой системы до более детальной, которая учитывает все компоненты деформации, что позволяет принимать решения в плане лечебных мероприятий [64].

Плоско-вальгусная деформация стоп может носить врожденный характер, а также быть приобретенной в результате каких-либо повреждений. Приобретенное плоскостопие может быть связано с усиленным натяжением *m. triceps surae*, какой-либо дисфункцией *m. tibialis posterior*, слабостью связочного аппарата и абдукцией в среднем отделе, чрезмерной ротацией заднего отдела стопы, подвывихом таранной кости, травматическими деформациями, повреждением подошвенного апоневроза, нейромышечным дисбалансом, вызванным различными заболеваниями [47, 49, 82]. Довольно сложно порой понять точную причину возникновения деформации в том или ином конкретном случае в связи с разнообразием различных факторов, вызывающих данную патологию.

**Целью** обзора является попытка обобщить ключевые моменты в диагностике и хирургическом лечении плоско-вальгусных деформаций стоп у взрослых.

Как правильно отмечал в своей статье W. Davis с соавторами [13], история учит нас, что наиболее важные достижения в реконструкции суставов (вне зависимости от локализации) являются прямым результатом лучшего понимания анатомии. Поэтому нам бы хотелось сначала остановиться на некоторых анатомо-биомеханических аспектах плоско-вальгусных деформаций стоп.

Стабилизация заднего отдела стопы и поддержка его внутреннего свода осуществляются как динамическими, так и статическими стабилизаторами. Основным динамическим стабилизатором внутреннего продольного свода является задняя большеберцовая мышца (ЗББМ) [7], в меньшей степени в процессе участвуют длинная малоберцовая мышца, длинный сгибатель пальцев и длинный сгибатель первого пальца. При повреждении задней большеберцовой мышцы возрастающие силы нагрузки передаются на статические стабилизаторы стопы.

Статические стабилизаторы включают в себя «spring» связку (так называемая «пружинная» связка), поверхностные волокна дельтовидной связки, длинную плантарную связку, а также плантарную фасцию [34]. Одним из значимых анатомических образований является «spring» связка. Важная роль ее в статической стабилизации внутреннего продольного свода подтверждена как анатомо-физиологическими, так и биомеханическими исследованиями, а также опытом хирургического восстановления в различных клинических ситуациях [14]. Это образование представляет собой группу связок, которая соединяет *sustentaculum tali* пяточной кости с подошвенным участком ладьевидной кости, поддерживая головку таранной кости как составную часть таранно-пяточно-ладьевидного (ТПЛ) сустава, или комплекса [73, 13]. Анатомически «spring» связка состоит из трех пучков: верхнемедиального, косога медиально-плантарного и длинного медиально-плантарного. Это деление относится больше к месту прикрепления связки к ладьевидной кости [48] и с практической точки зрения не имеет какого-то важного клинического значения, хотя и описано в диагностическом плане [60]. Именно верхнемедиальный пучок непосредственно прилежит к сухожилию ЗББМ и обычно хорошо виден при хирургических вмешательствах. Часть «spring» связки, которая спаяна с суставной капсулой, покрыта фиброхрящем, создавая как бы суставную поверхность с головкой таранной кости [77]. Таким образом, можно сказать, что в пяточно-ладьевидной области поддержка внутреннего свода осуществляется исключительно мягкоткаными структурами «spring» связочного комплекса и сухожилием ЗББМ. На основании ряда биомеханических исследований [87] можно сделать вывод, что данное анатомическое образование является значительным ограничителем таранно-ладьевидной деформации. Ведь во время фазы стояния эта связочная структура подвергается постоянным устойчивым нагрузкам [45, 63]. Поэтому потеря этим связочным комплексом способности обеспечивать статическую поддержку внутреннего свода стопы может привести к прогрессированию вальгусной деформации.

В 1989 г. K. Johnson и D. Strom предложили классификацию, основанную на дисфункции сухожилия ЗББМ [38]. Эта классификация основывалась на состоянии сухожилия, позиции заднего отдела стопы, наличия или отсутствия ригидности, а также на рентгенологических признаках. Диагностика и лечение плоско-вальгусных деформаций в настоящее время основана на принципе стадийности. Дисфункция

сухожилия ЗББМ может варьировать от простого теносиновиита до тяжелых фиксированных форм с наличием выраженного деформирующего артроза и нестабильности, которые могут присутствовать как в заднем и среднем отделах стопы, так и в голеностопном суставе [8, 31, 44]. И хотя диагностика плоскостопия довольно проста, тщательная идентификация различных аспектов деформации может вызывать определенные трудности [1, 64]. Главным недостатком классификации К. Johnson и D. Strom считается отсутствие включения всех анатомо-физиологических вариаций плоско-вальгусной деформации. Делая упор, главным образом, на дисфункцию сухожилия ЗББМ, данная система не учитывает важности «spring» связочного комплекса, дельтовидной связки, ладьевидно-клиновидного сустава, а также сустава Лисфранка. Все эти анатомические образования, так или иначе, могут участвовать в формировании данной патологии. Тем не менее, наиболее признанной, не смотря на ряд недостатков, все-таки остается классификация К. Johnson и D. Strom Johnson et Strom [1]. Существует несколько различных усовершенствованных классификаций плоско-вальгусных деформаций [64, 92]. Последняя классификация S. Raikin с соавторами [64], по мнению S. Haddad и J. Deland [28], носит описательный характер и основывается на личных наблюдениях авторов, требуя клинических подтверждений для широкого использования специалистами.

Выделяют четыре стадии заболевания.

I стадия характеризуется незначительным опущением внутреннего продольного свода, которое может присутствовать с раннего возраста. Больных могут беспокоить боли по внутренней поверхности в области голеностопного сустава. Причиной этого обычно является теносиновит или тендиоз сухожилия задней большеберцовой мышцы [38]. Длина сухожилия, как правило, не изменена, так же как и сила его натяжения. Пациенты свободно встают на носки, при этом пятка принимает нормальное варусное положение. Такой маневр не вызывает дискомфорта, однако если движение повторяется неоднократно, это может вызвать болевые ощущения. При данной стадии вальгизация пятки отсутствует, деформаций нет [9].

II стадия проявляется более значительными деформациями. Это мягкая деформация, которая пассивно исправляется вручную в таранно-ладьевидном и подтаранном суставах. У пациентов происходит удлинение, либо дегенерация сухожилия ЗББМ.

J. Deland с соавторами разделили вторую стадию на две подстадии: IIa и IIb. Стадия IIa

представляет собой небольшую либо умеренную, мягкую, исправляемую деформацию с минимальной абдукцией в таранно-ладьевидном суставе со степенью недопокрытия головки таранной кости менее 30% при стандартном рентгенологическом исследовании. При этом также часто наблюдается недостаточность межкостных связок. Стадия IIb представляет собой мягкую деформацию [15]. Чаще всего отмечается более 30% недопокрытия в таранно-ладьевидном суставе. Это также определяется более выраженной недостаточностью «spring» связки, что сопровождается вторичным опущением арки продольного свода [17]. Это приводит к значительной абдукции переднего отдела стопы.

При III стадии деформация является фиксированной, то есть не поддающейся пассивному выведению в нейтральное положение. При этих ситуациях может присутствовать выраженный болевой синдром в области наружного отдела стопы, а также в проекции *sinus tarsi*. Подъем на носок, если он возможен, может вызывать боль. В данном случае ригидность связана с тремя суставами: таранно-ладьевидным, таранно-пяточным и пяточно-кубовидным. Это приводит к фиксированной деформации в заднем отделе и абдукции в области сустава Шопара [16].

Стадия IV, добавленная M. Myerson, характеризуется деформацией стопы, осложненной подвывихом в самом голеностопном суставе с наличием артрозных изменений или без них. Вальгусная установка стопы за счет голеностопного сустава может явиться следствием латерального наклона таранной кости в результате разрыва дельтовидной связки. Эта стадия плоско-вальгусной деформации подразделяется на подстадии IVa и IVb. Стадия IVa характеризуется вальгусной установкой заднего отдела стопы и нефиксированным вальгусным положением в голеностопном суставе без значительных изменений в нем. Стадия IVb характеризуется вальгусной установкой заднего отдела и фиксированной либо нефиксированной вальгусной позицией в голеностопном суставе с наличием выраженных дегенеративных изменений [52, 55].

Несколько слов следует сказать о рентгенологической диагностике плоско-вальгусных деформаций стоп. Клиническая оценка должна обязательно быть подтверждена рентгенологическим исследованием, а нередко и МРТ. Снимки, выполняемые с полной нагрузкой в разных проекциях, несут важную информацию об истинной степени деформации стопы. Обязательны прямая и боковая проекции сто-

пы, прямая проекция голеностопного сустава, а также проекция Зальцмана, которая показывает степень вальгусного отклонения пяточной кости [68]. На боковых рентгенограммах стопы наиболее информативными показателями являются таранно-пяточный угол, таранно-метатарзальный угол (угол Мири), угол наклона пяточной кости и расстояние от внутренней клиновидной кости до основания пятой плюсневой кости (рис. 1).

На прямых снимках стопы мы определяем абдукцию в таранно-ладьевидном суставе, а также степень недопокрытия головки таранной кости. Эта степень может быть определена в процентном соотношении ( $>30\%$  либо  $<30\%$ ), что также коррелирует с углом инконгруэнтности в таранно-ладьевидном суставе в боковой проекции [19] (рис. 2).

### Консервативное лечение

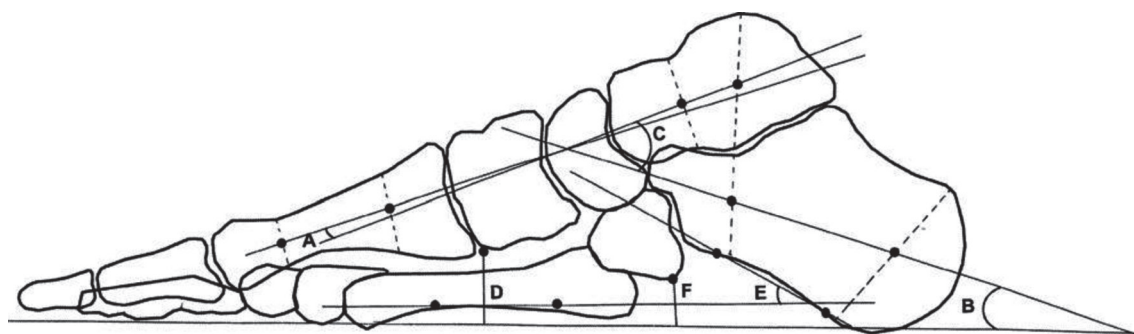
Консервативное лечение можно применять практически у всех пациентов при любой стадии заболевания. Это лечение, как правило, включает разгрузку, использование нестероидных противовоспалительных препаратов, индивидуальные стельки, иммобилизацию, ношение брейсов или ортезов. При остром теносиновите сухожилия ЗББМ чаще применяют фиксацию гипсовой повязкой либо специальный ортез. Срок иммобилизации составляет не менее 6 нед. Такой подход может предотвратить избыточную нагрузку на сухожилие и дает возможность избежать дальнейшего разрыва. Пациентам разрешается ходить с нагрузкой на конечность, если это не вызывает болевых ощущений. Цель консервативного лечения — снять болевой синдром, компенсировать вальгусную установку стопы и,

по возможности, остановить прогрессирование деформации. Так, R. Alvares с соавторами опубликовали результаты консервативного лечения 47 пациентов с I и II степенью плоскостопия [2]. Все больные носили специальные съемные фиксирующие ортезы, а также выполняли специальную программу физических упражнений. Эти упражнения применялись для тренировки ЗББМ, перонеальной группы мышц, передней большеберцовой мышцы. Тренировка также включала растягивающие упражнения для икроножных мышц. Согласно лечебному протоколу, 89% пациентов были удовлетворены конечным результатом. Считается, что если через 3 мес. интенсивного консервативного лечения отсутствует положительный эффект и сохраняются жалобы пациента, то это может являться определенным показанием к оперативному вмешательству.



**Рис. 2.** Рентгенограмма в прямой проекции с нагрузкой, показывающая выраженную степень абдукции переднего отдела стопы

**Fig. 2.** AP x-ray under load demonstrating severe abduction of forefoot



**Рис. 1.** Рентгенограмма (схема) в боковой проекции с нагрузкой:

A — таранно-плюсневый угол (угол Мири); B — угол наклона пяточной кости; C — таранно-пяточный угол; D — высота внутреннего свода; F — высота наружного свода [94]

**Fig. 1.** Lateral X-ray (drawing) under load demonstrating:

A — talo-metatarsal angle (Meary's angle); B — talus inclination angle; C — talocalcaneal angle; D — height of internal foot arch; F — height of external foot arch [94]



### Хирургическое лечение плоско-вальгусных деформаций стоп

Ничто в современной хирургии стопы и голеностопного сустава не вызывает столько противоречий, сколько «приемлемое» или «подходящее» хирургическое вмешательство при плоско-вальгусной деформации. Конечно, принятие решения о проведении той или иной операции зависит от тяжести деформации, внешнего вида стопы, а также ригидности заднего и переднего отделов. Возможно, наиболее важным аспектом в данном случае является именно наличие или отсутствие ригидности в области заднего отдела стопы. Отсюда возникает ряд вопросов, определяющих дальнейшую тактику. Выводится ли пяточная кость в подтаранном суставе в нейтральное положение? Если это возможно, то может ли это быть достигнуто без значительной супинации переднего отдела? [55]. Подход к принятию решения должен основываться на характере деформации (мягкая или жесткая), наличии повреждения сухожилия задней большеберцовой мышцы, «spring» связки либо дельтовидной связки, а также деформирующего артроза и вторичных изменений в среднем и заднем отделах стопы.

При I стадии деформации тактические решения диктуются в основном состоянием сухожилия задней большеберцовой мышцы. Чаще возникает изолированный теносиновит с упорной симптоматикой, стойкий к консервативному лечению [85]. Причиной дисфункции сухожилия ЗББМ могут быть воспалительные синовиты, а также частичные или полные разрывы, вызванные как дегенеративными изменениями, так и травматизацией. Так, М. Meyerson с соавторами, исследовав две группы пациентов с поражением ЗББМ, установили, что очень часто дисфункция сухожилия выявляется у женщин среднего возраста, страдающих избыточным весом, а также у пациентов с артериальной гипертензией и диабетом [51, 33]. С учетом степени повреждения ЗББМ могут быть выполнены различные вмешательства, такие как теносиновэктомия, восстановление либо пересадка сухожилия [6]. Однако очень часто этого бывает недостаточно. Поэтому эти операции, как правило, сочетаются с медиализирующей остеотомией пяточной кости [54]. Это связано с тем, что осевая нагрузка на пятку при ее вальгусной позиции может негативно сказаться на восстановлении сухожилия. Рассматриваемая комбинация хирургического вмешательства на сухожилии задней большеберцовой мышцы и остеотомия пяточной кости, по мнению

многих авторов, обеспечивают хорошие отдаленные результаты [16, 27, 54].

Первая остеотомия пяточной кости при лечении *pes planus* была выполнена еще А. Gleich в 1893 г. Он попытался восстановить нормальный угол наклона пяточной кости с помощью скользящей, медиализирующей остеотомии, смещая задний фрагмент кпереди, медиально и к подошве [80]. Медиализирующая остеотомия пяточной кости при плоско-вальгусной деформации позволяет выполнять довольно значительную коррекцию. Важно то, как эта операция может менять ось пяточной кости и всей нижней конечности, смещая пяточный бугор медиально, увеличивая расстояние между осью подтаранного сустава и местом прикрепления ахиллова сухожилия, тем самым увеличивая динамическую стабильность заднего отдела стопы. Это дает возможность уменьшить стрессовую нагрузку на сам подтаранный сустав, что, возможно, защищает и голеностопный сустав от будущих перегрузок. Смещение костного фрагмента также существенно снижает нагрузку на I плюсневую кость, внутренний свод и таранно-ладьевидный сустав, тем самым увеличивая нагрузку на наружный отдел стопы [3, 4, 26, 29, 84, 88].

Хирургическое лечение при II стадии деформации, вызывает определенные противоречия [2, 58, 18]. Как уже было отмечено, стадия IIa представляет собой слабую либо умеренную нефиксированную деформацию с недопокрытием головки таранной кости менее 30%, углом Мири менее 10°, вальгусным отклонением пяточной кости менее 5° [91].

В зависимости от тяжести ситуации могут применяться различные методики, включая артролиз подтаранного сустава, остеотомию пяточной кости, артродезы в области внутренней колонны, пересадку сухожилий.

Артролиз в настоящее время довольно широко применяется при лечении плоскостопия у детей и подростков. У взрослых эта методика носит более ограниченный характер. Коррекция достигается путем внедрения специального имплантата в подтаранный сустав, а конкретнее в тарзальный синус. Этот метод позволяет устранить подвывих в таранно-ладьевидном суставе, тем самым увеличивая высоту продольного свода. Нередко артролиз является альтернативой медиализирующей остеотомии пяточной кости при IIa стадии. Хотя у данной методики отсутствуют такие осложнения, как замедленная консолидация отломков, несращение, нейрососудистые изменения, последствия длительной иммобилизации, она не освобождена от собственных проблем, которые включают сильные боли, миграцию имплантата, кисты

таранной кости или явления асептического некроза как реакцию костной ткани на инородное тело [24, 56]. Наиболее частым осложнением является болевой синдром в области подтаранного синуса, который присутствует более чем у трети пациентов [95]. И хотя боли проходят после удаления имплантата, периодический болевой синдром может сохраняться. Считается, что эта процедура менее эффективна при более выраженных деформациях. Здесь также можно отметить, что нередко артрорез применяется как дополнительное вмешательство при различных хирургических комбинациях [96].

Интересная работа о целесообразности выполнения подтаранного артролиза была опубликована N.S. Shah с коллегами в 2015 г. Целью статьи была оценка распространенности выполнения данной операции ортопедами, членами Американской ассоциации хирургии стопы и голеностопного сустава (AOFAS). Был проведен опрос. Из 572 ортопедов (что составило 32% от общего числа членов AOFAS, причем 70% из них были представителями США и 30% — хирургами из других стран), 48% выполняли данную операцию, а 52% — не выполняли. И основной причиной отказа от выполнения артролиза является низкая эффективность вмешательства [75].

Медиализирующая остеотомия пяточной кости, пересадка длинного сгибателя пальцев, удлинение ахиллова сухожилия, некоторые вмешательства на «spring» связочном комплексе — все эти способы являются методом выбора при IIa стадии. Еще в 2003 г. M. Meyerson абсолютно справедливо заметил, что имеет смысл исправление деформации. А вот что не имеет смысла, так это жестко придерживаться какой-то одной операции для коррекции плоскостопия [53].

Укрепление ослабленного сухожилия ЗББМ обычно выполняется с помощью длинного сгибателя пальцев. Целью данной операции является восстановление динамической функции ЗББМ. Чаще для фиксации длинного сгибателя пальцев используется костный канал, сформированный в ладьевидной кости. В последние годы для этих целей в некоторых клиниках стали использовать биодеградируемые винты [12]. Эта операция в сочетании с медиализирующей остеотомией пятки остается одним из наиболее распространенных вмешательств. Считается, что такая комбинация необходима в связи с тем, что длинный сгибатель частично берет на себя функцию сухожилия ЗББМ, хотя сила сгибателя составляет всего 30% от силы ЗББМ. Это подтверждается МРТ исследованиями и клинической практикой [86].

Некоторые хирурги используют сухожилие *m. flexor hallucis longus* в связи с тем, что эта мышца более сильная, чем ЗББМ [70]. Однако опасения, связанные с возможностью давления на сосудисто-нервный пучок, ограничивают ее применение. В настоящее время именно пересадка сухожилия длинного сгибателя пальцев на ладьевидную кость компенсирует потерю функции ЗББМ.

Напряженная икроножная мышца либо ахиллово сухожилие также могут являться одной из причин вальгусной установки пяточной кости, поэтому удлинение этих образований (на выбор хирурга) выполняется довольно часто. Удлинение *m. gastrocnemius* было впервые описано в 1913 г. На сегодняшний день эту операцию чаще называют операцией L. Strayer, который описал ее в 1950 г. Данная процедура выполняется при контракции *m. gastrocnemius*, которая часто присутствует при плоско-вальгусной деформации. Это вмешательство является важным компонентом в хирургическом лечении плоско-вальгусных стоп [62].

Здесь еще раз следует отметить, что, к сожалению, одна операция не в состоянии исправить все компоненты сложной деформации. Поэтому, учитывая опыт многих исследователей [43], можно сделать вывод, что только комбинация различных хирургических действий способна привести к желаемому результату [79, 59, 41].

J. Brodsky с соавторами исследовали эффект влияния оперативного вмешательства на походку у 12 пациентов, которым были выполнены комбинированные вмешательства. Операции включали остеотомию пяточной кости, пересадку длинного сгибателя пальцев, а также реконструкцию «spring» связки. Анализ походки был проведен за 2 нед. до операции и через 1 год после нее. Результаты этого проспективного исследования четко показали статистически значимое улучшение как кинетических, так и кинематических параметров походки [10].

Однако медиализирующая остеотомия пяточной кости и пересадка длинного сгибателя пальцев, по мнению ряда исследователей, подходит больше для умеренно выраженных форм плоскостопия. Более того, некоторые авторы считают, что эти операции не всегда могут предотвратить возврат деформации. Так, работа H. Nikki с соавторами показала, что эффективность этих операций ограничена. Авторы исследовали отдаленные результаты у 25 пациентов в возрасте от 42 до 71 года в сроки от 2,6 до 10,2 лет, которым были выполнены упомянутые операции. Авторы пришли к выводу, что единственные рентгенологические параметры,

которые улучшаются, это угол Мири и большеберцово-пяточный угол. Причем если показатели изначально больше  $25^\circ$  и  $15^\circ$  соответственно, то данные оперативные вмешательства малоэффективны [57].

При выраженной супинации переднего отдела стопы показаны корригирующие операции на внутреннем своде. Все они рассчитаны больше на структурную коррекцию свода, чем просто на динамическую поддержку внутренней арки. Операции проводятся на плюсне-клиновидном суставе, клиновидной кости либо на клиновидно-ладьевидном суставе. До некоторой степени локализация вмешательства может зависеть от участка нестабильности, которую можно оценить на боковых рентгенограммах с нагрузкой [55]. Одной из операций выбора является операция Cotton, которая была предложена в 1936 г. Вмешательство заключается в остеотомии внутренней клиновидной кости с последующим внедрением в нее ауто- или аллотрансплантата шириной 5–8 мм, что позволяет наклонить I плюсневую кость в подошвенную сторону. Это дает определенную коррекцию супинированного переднего отдела стопы. Если такая коррекция недостаточна, то выполняется артродез либо I плюсне-клиновидного, либо ладьевидно-клиновидного суставов [46].

Стадия IIb представляет собой довольно тяжелую нефиксированную деформацию, сопровождающуюся выраженной абдукцией переднего отдела стопы с недопокрытием в таранно-ладьевидном суставе более 30%, вальгусную установку пяточной кости, но не более  $15^\circ$ . На боковых рентгенограммах угол Мири может колебаться от  $10^\circ$  до  $20^\circ$ . Хирургические вмешательства на данной стадии вызывают определенные противоречия, которые касаются целесообразности выполнения тех или иных манипуляций [27]. Так, в ряде ситуаций возникает вопрос, добавлять ли удлинение наружной боковой колонны стопы, стоит ли медиализировать пяточную кость, удлинять ли ахиллово сухожилие, поможет ли пересадка длинного сгибателя пальцев, какие вмешательства лучше выполнять в области внутреннего свода стопы [30, 91]. Некоторые ортопеды [27, 91] выделяют во II стадии подгруппу IIc. При этой степени вальгусная установка пяточной кости превышает  $15^\circ$ , возникает импинджмент-синдром под головкой малоберцовой кости, степень недопокрытия в таранно-ладьевидном суставе превышает 40%, а угол Мири может быть более  $20^\circ$ . В этих ситуациях наблюдается варусная установка переднего отдела стопы, что нередко требует вмешательств, направленных на удлинение наружного отдела.

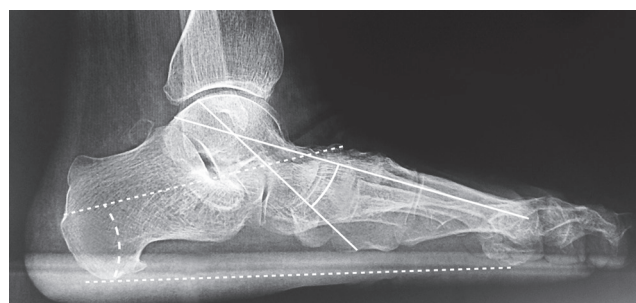
Целью удлинения наружной колонны стопы является коррекция абдукционного положения в таранно-ладьевидном суставе, а также увеличение продольного свода. Это вмешательство обычно выполняется по методике D. Evans, который показал, что удлинение наружной боковой колонны стопы путем внедрения костного трансплантата в область переднего отростка пяточной кости может исправлять абдукцию переднего отдела и вальгусную деформацию [23]. Удлинение пяточной кости, по данным B. Sangeorzan с соавторами, увеличивает угол покрытия головки таранной кости в таранно-ладьевидном суставе в среднем на  $26^\circ$ , таранно-пяточный угол увеличивается на  $6,4^\circ$ , а угол наклона пяточной кости возрастает на  $10,8^\circ$  [72].

B. Hintermann с соавторами были одними из первых, кто клинически показал преимущества данной операции при лечении плоскостопия. Авторы опубликовали результаты лечения 19 пациентов, которым была выполнена операция удлинения наружной боковой колонны стопы в сочетании с мягкоткаными вмешательствами на внутреннем своде, включающими пересадку длинного сгибателя пальцев либо восстановление «spring» связки. В 17 случаях были получены хорошие и отличные результаты [32]. Похожие данные приводят и другие авторы [50, 65] (рис. 3, 4).



**Рис. 3** Рентгенограммы больной 68 лет с выраженной плосковальгусной деформацией (IIb стадия)

**Fig. 3.** Female patient, 68 y.o., x-ray demonstrating severe flat valgus deformity (grade IIb)

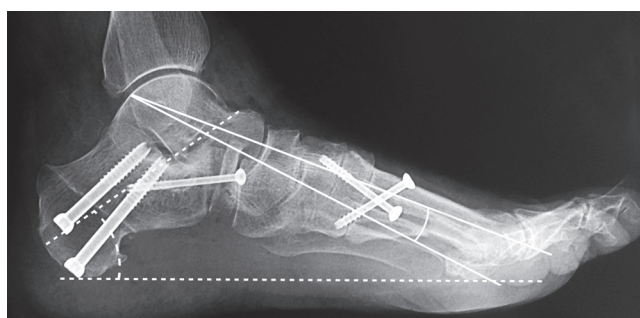






**Рис. 4.** Результат медиализирующей остеотомии пяточной кости, операции Evans, артродеза I плюсне-клиновидного сустава у той же больной

**Fig. 4.** X-rays with results of medializing calcaneus osteotomy, Evans procedure and arthrodesis of 1st cuneo-metatarsal joint in the female patient



Удлиняющий артродез пяточно-кубовидного сустава также является альтернативным методом выбора при удлинении наружной колонны, однако данная операция может давать до 20% замедленной консолидации, а также потерю объема движений в подтаранном суставе на 18–30% и потерю движений в таранно-ладьевидном суставе до 40%. Удлинение наружной колонны стопы путем остеотомии пяточной кости дает лучшие результаты, хотя некоторые хирурги считают, что данный способ чаще вызывает изменения в пяточно-кубовидном суставе, тем самым провоцируя болевой синдром [42, 50, 81].

Основная критика операции Evans у взрослых больных касается возможных потенциальных осложнений. Некоторые пациенты возвращаются с болевым синдромом в области наружного отдела стопы, причем эти боли, вероятно, не вызваны наличием металлоконструкций или варусным положением переднего отдела. Ряд авторов предполагают, что это феномен перегрузки наружного отдела, который может в ряде случаев быть минимизирован добавлением операции Cotton. К счастью, у многих пациентов болевой синдром исчезает через 12–18 мес. после операции [22, 83].

К другим проблемам, возникающим после данной операции, можно отнести замедленную консолидацию в месте остеотомии в результате

использования ауто- или аллотрансплантатов, стрессовые переломы V плюсневой кости, а также тугоподвижность в результате гиперкоррекции [22, 65]. Интересная работа была представлена J. Vosseller с соавторами в 2013 г. Авторы провели сравнительную оценку 126 удлинений переднего отростка пяточной кости (операция Evans) с использованием ауто- и аллотрансплантатов, выполненных у 120 пациентов. Аутоотрансплантаты были применены в 51 случае, аллотрансплантаты – в 75 случаях. Причем размер трансплантата был оценен авторами как фактор риска при неудачных исходах. Следует также отметить, что из 75 аллотрансплантатов в 45 случаях материал использовался в сочетании с аспиратом костного мозга пациента. Из 126 операций было отмечено 20 неудачных результатов (несращение и потеря коррекции), из них 7 – с использованием аутоотрансплантатов и 13 – аллотрансплантатов. Авторы пришли к выводу, что статистически значимой разницы в неудачных результатах между использованием различных трансплантатов не было, хотя неудач с применением аллотрансплантатов количественно было больше [89].

Пластика, или восстановление, «spring» связки также может быть выполнена в сочетании с перечисленными выше вмешательствами. Дегенерация или разрыв данного анатомического образования чаще всего происходит в верхнемедиальной порции «spring» связочного комплекса. Нередко это сочетается с повреждением межкостной связки между таранной и пяточной костями [13]. По некоторым данным «spring» связка повреждается более чем в 70% случаев у пациентов с плоско-вальгусной деформацией стопы [5]. И здесь часто возникает вопрос, может ли первичное восстановление (не реконструкция) комплекса быть полезным в качестве одной из методик по устранению плоскостопия. Все-таки в подавляющем большинстве случаев выполняются комбинированные операции, а какая из них сыграла решающую роль в устранении деформации, не всегда понятно. Ряд авторов считают, что восстановление «spring» связки показано пациентам, у которых при удлинении наружной колонны стопы не удается добиться достаточной коррекции в таранно-ладьевидном суставе [17].

В 2010 г. В. Williams с соавторами [93] представили серию наблюдений 13 пациентов (14 стоп), которым восстанавливали «spring» связку, используя ауто сухожилие *m. peroneus longus*. Средний возраст больных составлял 63,5 года. Каждый из пациентов имел довольно тяжелую степень деформации, для исправления которой выполнялись: удлинение *m. gastrocnemius*,



медиализирующая остеотомия пяточной кости, удлинение наружной боковой колонны с использованием аутотрансплантата, артродез I плюсне-клиновидного сустава. Причем у каждого больного степень недопокрытия в таранно-ладьевидном суставе была больше 30%. Так как костные операции не смогли в полной степени устранить деформацию на операционном столе, дополнительно были выполнены реконструкции «spring» связочного комплекса. Каждый из оперированных был обследован в среднем через 8,9 лет после операции. Следует отметить, что никому из пациентов в дальнейшем не потребовалось выполнение каких-либо артродезов. 11 из 13 пациентов отметили отсутствие либо очень незначительное ограничение повседневной активности. Средние показатели по шкале AOFAS возросли с 43,1 до 90,3 пунктов. Однако авторы признают, что использование сухожилия малоберцовой мышцы в качестве аутотрансплантата имеет ряд недостатков. В частности, не исключена возможность ослабления эверзии стопы, хотя в данном исследовании это было отмечено только в одном случае из 14. В настоящее время некоторые хирурги используют аллотрансплантат ахиллова сухожилия, используя технику фиксации трансплантата в канале, сформированном в пяточной кости с хорошими клиническими результатами [20, 90].

Адекватная коррекция плоско-вальгусных деформаций стоп в высокой степени зависит от степени тяжести патологии. При III стадии мы, как правило, сталкиваемся с фиксированной деформацией, захватывающей все три сустава среднего и заднего отделов стопы — подтаранный, таранно-ладьевидный и пяточно-кубовидный. В этом случае лечебный эффект в основном достигается путем артродезирования этих суставов как всех вместе (трехсуставной артродез), так и по отдельности.

Трехсуставной артродез по праву можно охарактеризовать как проверенную временем эффективную операцию по стабилизации заднего отдела стопы. В течение последних десятилетий были значительно улучшены не только сама техника хирургического вмешательства, но и применяемые для остеосинтеза различные металлоконструкции. Согласно данным литературы, более 85% пациентов удовлетворены результатами оперативных вмешательств, большинство пациентов смогли вернуться к прежним специальностям и повторили бы эту операцию при аналогичных обстоятельствах [40, 61].

R. Pell с соавторами представили одну из самых больших клинических серий наблюдения взрослых пациентов. Из 111 пациентов (132

стопы) 70 человек были оперированы в связи с недостаточностью ЗББМ. Средний возраст пациентов составил 55 лет. Минимальный срок наблюдения — 2 года. Авторы отметили, что костное сращение в результате операции наступило в 98% случаев, а степень удовлетворенности пациентов составляла 8,3 бала из 10 возможных. При этом костные аутотрансплантаты из крыла подвздошной кости применялись менее чем в 50% случаев [61]. Схожие результаты были опубликовали и P. Rosenfeld с соавторами, которые представили данные о 100 случаях, из них половина — пациенты с выраженным плоскостопием [66].

Серьезным осложнением после трехсуставного артродеза является несращение, которое встречается в 10–23% случаев [69]. Однако с улучшением техники остеосинтеза, а также усовершенствованием конструкций, применяемых при операциях, количество несращений значительно уменьшилось [35, 40]. Несмотря на эти данные, частота развития деформирующего артроза в сопредельных суставах после трехсуставного артродеза все же очень высока и со временем достигает практически 100% [69]. Поэтому даже при выраженных ригидных формах плоскостопия, следует при малейшей возможности уменьшать количество артродезированных суставов [25, 74, 78]. Несмотря на то, что трехсуставной артродез остается «золотым стандартом» лечения тяжелых ригидных форм плоско-вальгусных стоп, техника двухсуставного или односуставного артродеза в комбинации с другими вмешательствами, нередко показывает, по меньшей мере, не худшие результаты в различных клинических ситуациях [71, 74, 78].

Подтаранный и таранно-ладьевидный артродезы, выполняемые из одного медиального доступа, стали довольно популярными в последнее десятилетие. Этот способ позволяет добиться хорошей коррекции, поэтому на сегодняшний день во многих ортопедических центрах используют эту методику. J. Röhm с соавторами представили результаты лечения 84 пациентов (96 стоп) с ригидными плоско-вальгусными деформациями, которым был выполнен двухсуставной артродез из одного медиального доступа [67]. Средний возраст пациентов составлял 66 лет, средний отдаленный результат — 4,7 года. Авторы постарались критически оценить результаты лечения, особенно обращая внимание на возникновение вторичных деформаций, таких как уплощение продольного свода, прогрессирование вальгусной установки в голеностопном суставе, а также результаты несращений и возникновение асептического некроза таранной кости. Исследование показало,

что используемый метод артрорезирования суставов дает хорошие клинические и рентгенологические результаты. Неудачные исходы были зафиксированы в 14,7% случаев. Считается, что при расширенном медиальном доступе можно повредить дельтовидную связку и тем самым увеличить риск возникновения вальгусной деформации в голеностопном суставе. Некоторые авторы также полагают, что медиальный доступ может ограничивать визуализацию подтаранного сустава. Однако исследование С. Jeng с коллегами на трупах показало, что при медиальном доступе есть возможность обработать 91% суставной поверхности таранно-ладьевидного и подтаранного суставов и 90% поверхности пяточно-кубовидного сустава, что вполне достаточно для выполнения артрореза [36].

Выполняя артрорезирование заднего отдела стопы, следует помнить, что вальгусное положение пяточной кости составляет примерно 5°, тогда как передний отдел должен быть в нейтральной позиции. Здесь очень важно не создать гиперкоррекцию, которая может вызвать значительные биомеханические нарушения статики и ходьбы. Также необходимо отметить, что при подпятой I плюсневой кости чаще выполняется ее проксимальная остеотомия либо корригирующей артрорез I плюсне-клиновидного сустава [90].

IV стадия характеризуется тем, что к деформации стопы добавляется деформация в голеностопном суставе в виде наклона суставной поверхности таранной кости, что вызывает асимметрию суставной щели. В данном случае к повреждению сухожилия ЗББМ присоединяется нарушение функции дельтовидной связки. Биомеханические исследования показали, что дельтовидная связка препятствует вальгусному наклону и наружной ротации таранной кости. В настоящее время в мировой литературе существует сравнительно мало публикаций, посвященных данной проблеме. Во многом это связано с небольшим количеством пациентов с IV стадией плоскостопия. Так, М. Myerson сообщил о том, что IV стадия была выявлена лишь у 2,3% среди всех пациентов с плоско-вальгусными деформациями стоп, пролеченных за более чем 11-летний период [55].

Деформация может быть мягкой (IVa) либо ригидной (IVb). Лечение хронической несостоятельности дельтовидной связки представляет собой довольно сложную задачу. Это во многом связано с ограниченным количеством применяемых методик. При стадии IVa используются разные реконструктивные вмешательства, но без артрорезирования, либо эндопротезирование голеностопного сустава. Реконструкция

дельтовидной связки может выполняться различными способами с использованием как ауто-, так и аллотрансплантатов, применяют также транспозицию сухожилий [37]. Так, J. Deland с соавторами [16] предложили методику восстановления дельтовидной связки с использованием сухожилия *m. peroneus longus*. Сухожилие отсекается максимально проксимально, затем оно проводится через сформированный канал в таранной кости, медиальную лодыжку и саму большеберцовую кость. Данные, полученные у 5 пациентов через 7–9 лет, показали хорошие отдаленные результаты [21]. При стадии IVb имеется ригидная вальгусная установка стопы, сочетающаяся с упомянутыми изменениями в голеностопном суставе. При вальгусной установке пяточной кости менее 15°, а также при отсутствии нейрососудистых и метаболических нарушений у пациентов старше 60 лет может быть применено эндопротезирование голеностопного сустава [39]. Однако чаще при этой стадии все же присутствуют выраженные изменения в суставах, которые требуют выполнения различного вида артрорезов.

В связи с тем, что объем хирургических операций при плоско-вальгусных деформациях стоп постоянно увеличивается, перед хирургами возникает вопрос — как скоро или когда пациенту можно рекомендовать оперативное вмешательство? В настоящее время не существует какого-либо унифицированного подхода к этой проблеме, и многие ортопеды предлагают свои решения. Это разнообразие особенно очевидно при II и IV стадиях заболевания. Поэтому проблема хирургической коррекции плоско-вальгусных деформаций стоп требует дальнейшего и всестороннего изучения. Важно помнить, что какой бы способ ни был выбран, всегда необходимо стремиться к максимальному сохранению подвижности суставов и правильному биомеханическому положению конечности.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

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

### Литература

1. Abousayed M.M., Tartaglione J.P., Rosenbaum A.J., Dipreta J.A. Classifications in brief: Johnson and Strom classification of adult acquired flatfoot deformity. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474(2):588-593. DOI: 10.1007/s11999-015-4581-6.
2. Alvarez R.G., Marini A., Schmitt C., Saltzman C.L. Stage I and II posterior tibial tendon dysfunction treated by structured nonoperative management protocol: an orthosis and exercise program. *Foot Ankle Int.* 2006;27(1):2-8. DOI: 10.1177/107110070602700102.

3. Arangio G.A., Salathé E.P. Medial displacement calcaneal osteotomy reduces the excess forces in the medial longitudinal arch of the flat foot. *Clin Biomech.* 2001;16(6): 535-539. DOI: 10.1016/S0268-0033(01)00011-0.
4. Arangio G.A., Salathe E.P. A biomechanical analysis of posterior tibial tendon dysfunction, medial displacement calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer in adult acquired flat foot. *Clin Biomech.* 2009;24(4):385-390. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2009.01.009.
5. Astion D., Deland J.T., Otis J., Kenneally S. Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(2):241-246.
6. Bare A.A., Haddad S.L. Tenosynovitis of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Clin.* 2001;6(1):37-66.
7. Basmajian J.V., Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot. *J Bone J Surg Am.* 1963;45:1184-1190.
8. Beals T.C., Pomeroy G.C., Manoli A. 2nd. Posterior tibial tendon insufficiency: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 1999;7(2):112-118.
9. Bluman E.M., Tittle C.I., Myerson M.S. Posterior tibial tendon rupture: a refined classification system. *Foot Ankle Clin.* 2007;12(2):233-249. DOI: 10.1016/j.fcl.2007.03.003.
10. Brodsky J.W., Zubak J.J., Pollo F.E., Baum B.S. Preliminary gait analysis results after posterior tibial tendon reconstruction: a prospective study. *Foot Ankle Int.* 2004;25(2):96-100. DOI:10.1177/107110070402500210.
11. Chan J.Y., Ellis S.J. Reconstruction of the stage IIA adult-acquired flatfoot deformity. *Tech Foot Ankle.* 2014;13(1): 14-22. DOI: 10.1097/BTF.0000000000000022.
12. Charwat-Pessler C.G., Hofstaetter S.G., Jakubek D.E., Trieb K. Interference screw fixation of FDL transfer in the treatment of adult acquired flat foot deformity stage II. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(10):1369-1378. DOI: 10.1007/s00402-015-2295-6.
13. Davis W.H., Sobel M., DiCarlo E.F., Torzilli P.A., Deng X., Geppert M.J., Patel M.B., Deland J.T. Gross, histological, and microvascular anatomy and biomechanical testing of the spring ligament complex. *Foot Ankle Int.* 1996;17(2): 95-102. DOI: 10.1177/107110079601700207.
14. Deland J.T. The adult acquired flatfoot and spring ligament complex. Pathology and implications for treatment. *Foot Ankle Clin.* 2001;6(1):129-135.
15. Deland J.T., Page A., Sung I.-H., O'Malley M.J., Inda D., Choung S. Posterior tibial tendon insufficiency results at different stages. *HSSJ.* 2006;2(2):157-160. DOI: 10.1007/s11420-006-9017-0.
16. Deland J.T. Adult-acquired flatfoot deformity. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16(7):399-406.
17. Deland J.T. Spring ligament complex and flatfoot deformity: curse or blessing? *Foot Ankle Int.* 2012;33(3): 239-243. DOI: 10.3113/FAI.2012.0239.
18. Durrant B., Chockalingam N., Hashmi F. Posterior tibial tendon dysfunction: a review. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2011;101(2):176-186.
19. Ellis S.J., Yu J.C., Williams B.R., Lee C., Chin Y.L., Deland J.T. New radiographic parameters assessing forefoot abduction in the adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Int.* 2009;30(12):1168-1176. DOI: 10.3113/FAI.2009.1168.
20. Ellis S.J., Williams B.R., Yu J.C., Deland J.T. Spring ligament reconstruction for advanced flatfoot deformity with the use of an Achilles allograft. *Oper Tech Orthop.* 2010;20(3):175-182. DOI: 10.1053/j.oto.2010.09.006.
21. Ellis S.J., Williams B.R., Wagshul A.D., Pavlov H., Deland J.T. Deltoid ligament reconstruction with peroneus longus autograft in flatfoot deformity. *Foot Ankle Int.* 2010;31(9): 781-789. DOI: 10.3113/FAI.2010.0781.
22. Ellis S.J., Williams B.R., Garg R., Campbell G., Pavlov H., Deland J.T. Incidence of plantar lateral foot pain before and after the use of trial metal wedges in lateral column lengthening. *Foot Ankle Int.* 2011;32(7):665-673. DOI: 10.3113/FAI.2011.0665.
23. Evans D. Calcaneo-valgus deformity. *J Bone Joint Surg Br.* 1975;57(3):270-278.
24. Fernández de Retana P., Alvarez F., Bacca G. Is there a role for subtalar arthroereisis in the management of adult acquired flatfoot? *Foot Ankle Clin.* 2012;17(2):271-281. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.03.006.
25. Gentchos C.E., Anderson J.G., Bohay D.R. Management of the rigid arthritic flatfoot in the adults: alternatives to triple arthrodesis. *Foot Ankle Clin.* 2012;17(2):323-335. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.03.009.
26. Guha A.R., Perera A.M. Calcaneal osteotomy in the treatment of adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Clin.* 2012;17(2):247-258. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.02.003.
27. Haddad S.L., Myerson M.S., Younger A., Anderson R.B., Davis W.H., Manoli A. 2nd. Symposium: adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Int.* 2011;32(1):95-111. DOI: 10.3113/FAI.2011.0095.
28. Haddad S.L., Deland J.T. Pes planus. In: Mann's Surgery of the Foot and Ankle. Philadelphia, PA : Saunders/Elsevier. 2014; 9<sup>th</sup> ed. pp. 1292-1360.
29. Hadfield M., Snyder J., Liacouras P., Owen J., Wayne J., Adelaar R. The effects of a medializing calcaneal osteotomy with and without superior translation on Achilles tendon elongation and plantar foot pressures. *Foot Ankle Int.* 2005;26(5):365-370. DOI: 10.1177/107110070502600504.
30. Hiller L., Pinney S.J. Surgical treatment of acquired flatfoot deformity: what is the state of practice among academic foot and ankle surgeons in 2002? *Foot Ankle Int.* 2003;24(9):701-705. DOI: 10.1177/107110070302400909.
31. Hill K., Saar W., Lee T., Berlet G.C. Stage II flatfoot: what fails and why. *Foot Ankle Clin.* 2003;8(1):91-104. DOI: 10.1016/S1083-7515(03)00008-1.
32. Hintermann B., Valderrabano V., Kundert H.-P. 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. *Foot Ankle Int.* 1999;20(10):622-629. DOI: 10.1177/107110079902001002.
33. Holmes G.B., Mann R.A. Possible etiological factors associated with ruptures of the posterior tibial tendon. *Foot Ankle Int.* 1992;13(2):70-79. DOI: 10.1177/107110079201300204.
34. Huang C.K., Kitaoka H.B., An K.N., Chao E.Y. Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. *Foot Ankle Int.* 1993;14(6):353-357. DOI: 10.1177/107110079301400609.
35. Jeng C.L., Vora A.M., Myerson M.S. The medial approach to triple arthrodesis. Indications and technique for management of rigid valgus deformities in high-risk patients. *Foot Ankle Clin.* 2005;10(3):515-521, vi-vii. DOI: 10.1016/j.fcl.2005.04.004.
36. Jeng C.L., Tankson C.J., Myerson M.S. The single medial approach to triple arthrodesis: a cadaver study. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1122-1125.
37. Jeng C.L., Bluman E.M., Myerson M.S. Minimally invasive deltoid ligament reconstruction for stage IV flatfoot deformity. *Foot Ankle Int.* 2011;32(1):21-30. DOI: 10.3113/FAI.2011.0021.
38. Johnson K.A., Strom D.E. Tibialis posterior tendon dysfunction. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(239):196-206.
39. Ketz J., Myerson M., Sanders R. The salvage of complex hindfoot problems with use of custom talar total ankle



- prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(13):1194-2000. DOI: 10.2106/JBJS.K.00421.
40. Knupp M., Skoog M., Törnkvist H. Triple arthrodesis in rheumatoid arthritis. *Foot Ankle Int.* 2008;29(3):293-297. DOI: 10.3113/FAI.2008.0293.
  41. Kou J.X., Balasubramaniam M., Kippe M., Fortin P.T. Functional results of posterior tibial tendon reconstruction, calcaneal osteotomy and gastrocnemius recession. *Foot Ankle Int.* 2012;33(7):602-611. DOI: 10.3113/FAI.2012.0602.
  42. Mani S.B., Deland J.T. Lateral column lengthening and how to achieve good correction. *Tech Foot Ankle.* 2014;13: 23-28.
  43. Mann R.A. Posterior tibial tendon dysfunction. Treatment by flexor digitorum longus transfer. *Foot Ankle Clin.* 2001;6:77-87.
  44. Mankey M.G. A classification of severity with an analysis of causative problems related to the type of treatment. *Foot Ankle Clin.* 2003;8(3):461-471. DOI:10.1016/S1083-7515(03)00124-4.
  45. Mayich D.J., Novak A., Vena D., Daniels T.R., Brodsky J.W. Gait analysis in orthopedic foot and ankle surgery – topical review, part I: principles and uses of gait analysis. *Foot Ankle Int.* 2014;35(1):80-90. DOI: 10.1177/1071100713508394.
  46. McCormick J.J., Johnson J.E. Medial column procedures in the correction of adult acquired flatfoot deformity. *Foot Ankle Clin.* 2012;17:283-289. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.03.003.
  47. McCormack A.P., Ching R.P., Sangeorzan B.J. Biomechanics of procedures used in adult flatfoot deformity. *Foot Ankle Clin.* 2001;6(1):15-23.
  48. Mengiardi B., Pinto C., Zanetti M. Spring ligament complex and posterior tibial tendon: MR anatomy and findings in acquired adult flatfoot deformity. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2016;20(1):104-115. DOI: 10.1055/s-0036-1580616.
  49. Moiser S.M., Pomeroy G., Manoli A. 2nd. Pathoanatomy and etiology of posterior tibialis tendon dysfunction. *Clin Orthop.* 1999;(365):12-22.
  50. Moseir-LaClair S., Pomeroy G., Manoli A. 2nd. Intermediate follow-up on the double osteotomy and tendon transfer procedure for stage II posterior tibial tendon insufficiency. *Foot Ankle Int.* 2001;22(4):283-291. DOI: 10.1177/107110070102200403.
  51. Myerson M.S., Solomon G., Sheriff M. Posterior tibial tendon dysfunction: its association with seronegative inflammatory disease. *Foot Ankle Int.* 1989;9(5):219-225. DOI: 10.1177/107110078900900503.
  52. Myerson M.S. Adult acquired flatfoot deformity treatment of dysfunction of the posterior tibialis tendon. *Instr Course Lect.* 1997;46:393-405.
  53. Myerson M.S. Adult acquired flat foot deformity. *Foot Ankle Clin N Am.* 2003;8:XIII-XIV.
  54. Myerson M.S., Badekas A., Schon L.C. Treatment of stage II posterior tibial tendon deficiency with flexor digitorum longus tendon transfer and calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2004;25(7):445-450. DOI: 10.1177/107110070402500701.
  55. Myerson M.S. Reconstructive foot and ankle surgery: management of complications. Elsevier; 2010. pp.191-232.
  56. Needleman R.L. A surgical approach for flexible flatfeet in adults including a subtalar arthroereisis with the MBA sinus tarsi implant. *Foot Ankle Int.* 2006;27(1):9-18. DOI: 10.1177/107110070602700103.
  57. Niki H., Hirano T., Okada H., Berru M. Outcome of medical displacement calcaneal osteotomy for correction of adult-acquired flatfoot. *Foot Ankle Int.* 2012;33(11):940-946. DOI: 10.3113/FAI.2012.0940.
  58. O'Connor K., Baumhauer J., Houck J.R. Patient factors in the selection of operative vs nonoperative treatment for posterior tibial tendon dysfunction. *Foot Ankle Int.* 2010;31(3):197-202. DOI: 10.3113/FAI.2010.0197.
  59. Oh I., Williams B.R., Ellis S.J., Kwon D.J., Deland J.T. Reconstruction of the symptomatic idiopathic flatfoot in adolescents and young adults. *Foot Ankle Int.* 2011;32(3): 225-232. DOI: 10.3113/FAI.2011.0225.
  60. Omar H., Saini V., Wadhwa V., Liu G., Chabra A. Spring ligament complex: illustrated normal anatomy and spectrum of pathologies on 3T MR imaging. *Eur J Radiol.* 2016;85(11):2122-2143. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.09.023.
  61. Pell R.F. 4th, Myerson M.S., Schon L.C. Clinical outcome after primary triple arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(1):47-57.
  62. Pinney S.J., Sangeorzan B.S., Hansen S.T. Jr. Surgical anatomy of the gastrocnemius recession (Strayer procedure). *Foot Ankle Int.* 2004;25(4):247-250. DOI: 10.1177/107110070402500409.
  63. Pinney S.J., Lin S.S. Current concept review: acquired adult flatfoot deformity. *Foot Ankle Int.* 2006;27(1):66-75. DOI: 10.1177/107110070602700113.
  64. Raikin S.M., Winters B.S., Daniel J.N. The RAM classification: a novel, systematic approach to the adult-acquired flatfoot. *Foot Ankle Clin.* 2012;17(2):169-181. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.03.002.
  65. Roche A.S., Calder J.D.F. Lateral column lengthening osteotomies. *Foot Ankle Clin.* 2012;17(2):259-270. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.03.005.
  66. Rosenfeld P.F., Budgen S.A., Saxby T.S. Triple arthrodesis: is bone grafting necessary? The results in 100 consecutive cases. *J Bone Jt Surg Br.* 2005;87(2):175-178. DOI:10.1302/0301-620X.87B2.15455.
  67. Röhm J., Zwicky L., Horn Lang T., Salentiny Y., Hintermann B., Knupp M. Mid- to long-term outcome of 96 corrective hindfoot fusions in 84 patients with rigid flatfoot deformity. *Bone Joint J.* 2015;97-B(5):668-674. DOI: 10.1302/0301-620X.97B5.35063.
  68. Saltzman G.L., El-Khoury G.Y. The hindfoot alignment view. *Foot Ankle Int.* 1995;16(9):572-576. DOI: 10.1177/107110079501600911.
  69. Saltzman G.L., Fehrle M.J., Cooper R.R., Spencer E.C., Ponsety I.V. Triple arthrodesis: twenty-five and forty-four-year average follow-up of the same patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(10):1391-1402.
  70. Sammarco G.J., Hockenbury R.T. Treatment of stage II posterior tibial tendon dysfunction with flexor hallucis longus transfer and medial displacement calcaneal osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2001;22(4):305-312. DOI: 10.1177/107110070102200406.
  71. Sammarco V.J., Magur E.G., Sammarco G.J., Bagwe M.R. Arthrodesis of the subtalar and talonavicular joints for correction of symptomatic hindfoot malalignment. *Foot Ankle Int.* 2006;27(9):661-666.
  72. Sangeorzan B., Mosca V., Hansen S.T. Jr. Effect of calcaneal lengthening on relationships among the hindfoot, midfoot and forefoot. *Foot Ankle Int.* 1993;14(3):136-141. DOI: 10.1177/107110079301400305.
  73. Sarrafian S.R. Anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional. Philadelphia : Lippincot; 1983. pp.159-282.
  74. Seybold J.D., Zide J.R., Myerson M.S. Hindfoot fusion in the flatfoot deformity: when and what techniques to use in

- late stage II and stage III deformities. *Tech Foot & Ankle*. 2014;13(1):29-38. DOI: 10.1097/BTF.0000000000000034.
75. Shah N.S., Needleman R.L., Bokhari O., Buzas D. 2013 Subtalar arthroereisis survey. The current practice patterns of members of the AOFAS. *Foot Ankle Spec*. 2015;8(3):180-185. DOI: 10.1177/1938640015578514.
  76. Silver R.L., Garza J., Rang M. The myth of muscle balance: a study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Br*. 1985;67(3):432-437.
  77. Taniguchi A., Tanaka Y., Takakura Y., Kadono K., Maeda M., Yamamoto H. Anatomy of the spring ligament. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(11):2174-2178.
  78. Taylor R., Sammarco V.J. Minimizing the role of fusion in the rigid flatfoot. *Foot Ankle Clin*. 2012;17(2):337-349. DOI: 10.1016/j.fcl.2012.03.010.
  79. Tellisi N., Lobo M., O'Malley M., Kennedy J.G., Elliot A.J., Deland J.T. Functional outcome after surgical reconstruction of posterior tibial tendon insufficiency in patients under 50 years. *Foot Ankle Int*. 2008;29(12):1179-1183. DOI: 10.3113/FAI.2008.1179.
  80. Tennant J.N., Carmont M., Phisitkul P. Calcaneus osteotomy. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2014;7(4):271-276. DOI: 10.1007/s12178-014-9237-8.
  81. Thomas R.L., Wells B.C., Garrison R.L., Prada S.A. Preliminary results comparing two methods of lateral column lengthening. *Foot Ankle Int*. 2001;22(2):107-119. DOI: 10.1177/107110070102200205.
  82. Thordarson D.B., Schmotzer H., Chon J., Peters J. Dynamic support of the human longitudinal arch. A biomechanical evaluation. *Clin Orthop Relat Res*. 1995;(316):165-172.
  83. Tien T., Parks B., Guyton G. Plantar pressures in the forefoot after lateral column lengthening: a cadaver study comparing the Evans osteotomy and calcaneocuboid fusion. *Foot Ankle Int*. 2005;26(7):520-525. DOI: 10.1177/107110070502600704.
  84. Trnka H.-J., Easley M.E., Myerson M.S. The role of calcaneal osteotomies for correction of adult flatfoot. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;(365):50-64.
  85. Trnka H.-J. Dysfunction of the tendon of tibialis posterior. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(7):939-46. DOI: 10.1302/0301-620X.86B7.15084.
  86. Valderrabano V., Hintermann B., Wischer T., Fuhr P., Dick W. Recovery of the posterior tibial muscle after late reconstruction following tendon rupture. *Foot Ankle Int*. 2004;25(2):85-95. DOI: 10.1177/107110070402500209.
  87. Van Boerum D.H., Sangeorzan B.J. Biomechanics and pathophysiology of flat foot. *Foot Ankle Clin*. 2003;8(3):419-430. DOI:10.1016/S1083-7515(03)00084-6.
  88. Vora A.M., Tien T.R., Parks B.G., Schon L.C. Correction of moderate and severe acquired flexible flatfoot with medializing calcaneal osteotomy and flexor digitorum longus transfer. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(8):1726-1734. DOI:10.2106/JBJS.E.00045.
  89. Vosseller J.T., Ellis S.J., O'Malley M.J., Elliott A.J., Levine D.S., Deland J.T., Roberts M.M. Autograft and allograft unite similarly in lateral column lengthening for adult acquired flatfoot deformity. *HSS J*. 2013;9(1):6-11. DOI:10.1007/s11420-012-9317-5.
  90. Vulcano E., Deland J.T., Ellis S.J. Approach and treatment of the adult acquired flatfoot deformity. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2013;6(4):294-303. DOI:10.1007/s12178-013-9173-z.
  91. Watson T. The adult acquired flatfoot deformity: a treatment algorithm. *Tech Foot Ankle*. 2012;11(3):102-111. DOI: 10.1097/BTF.0b013e3182507a1c.
  92. Weinraub G.M., Heilala M.A. Adult flatfoot/posterior tibial tendon dysfunction: outcomes analysis of surgical treatment utilizing an algorithmic approach. *J Foot Ankle Surg*. 2000;39(6):359-364.
  93. Williams B.R., Ellis S.J., Deyer T.W., Pavlov H., Deland J.T. Reconstruction of the spring ligament using a peroneus longus autograft tendon transfer. *Foot Ankle Int*. 2010;31(7):567-577. DOI: 10.3113/FAI.2010.0567.
  94. Younger A.S., Sawatzky B., Dryden P. Radiographic assessment of adult flatfoot. *Foot Ankle Int*. 2005;26(10):820-825. DOI: 10.1177/107110070502601006.
  95. Zaret D.I., Myerson M.S. Arthroereisis of the subtalar joint. *Foot Ankle Clin*. 2003;8(3):605-617. DOI: 10.1016/S1083-7515(03)00041-X.
  96. Zhu Y., Xu X.-Y. Treatment of stage II adult acquired flatfoot deformity with subtalar arthroereisis. *Foot Ankle Spec*. 2015;8(3):194-202. DOI: 10.1177/1938640014548320.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Булатов Александр Анатольевич* – канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедическим отделением № 19 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Емельянов Владимир Геннадьевич* – канд. мед. наук, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 19 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Михайлов Кирилл Сергеевич* – лаборант-исследователь научного отделения диагностики заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

## INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Aleksander A. Bulatov* – Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Surgeon of Traumatology and Orthopedics Department N 19, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Vladimir G. Emelyanov* – Head of Traumatology and Orthopedics Department N 19, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics

*Kirill S. Mikhaylov* – Researcher, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics