

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.1.CLIN.3>

ORIGINAL ARTICLE

УДК 617.586

ИДИОПАТИЧЕСКАЯ ПОЛАЯ СТОПА: ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ**В.С. Апресян^{1, 2}, Л.Г. Макинян^{1, 2}, А.М. Маннанов^{1, 2}, Д.А. Самкович¹, А.А. Подлесная³**¹Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, 117198, Россия²Городская клиническая больница № 13, ул. Велозаводская, д. 1/12, г. Москва, 115280, Россия³Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119991, Россия

Резюме. *Актуальность.* Идиопатическая полая стопа – это деформация стопы, характеризующаяся увеличением высоты продольного свода. Этиология идиопатической полой стопы обычно неизвестна и не связана с неврологической патологией, считается, что примерно 25% населения имеют лёгкую степень полой деформации стопы. *Цель:* обзор российской и международной литературы на тему лечения идиопатической полой стопы и обобщение собранного материала. *Материалы и методы:* анализ современной научной литературы по теме лечения идиопатической полой стопы, базой исследования выступал сайт Pubmed. *Результаты.* Было выяснено, что отсутствуют достаточное понимание этиологии, методов диагностики и алгоритм лечения идиопатической полой стопы. *Выводы.* Идиопатическая полая стопа часто является причиной таких патологий как латеральная нестабильность голеностопного сустава, стрессовый перелом пятой плюсневой кости, тендинопатия сухожилий малоберцовых мышц. Понимание биомеханики этой деформации, которая определяет течение других заболеваний стопы, позволяет улучшить результаты консервативного и хирургического лечения пациентов.

Ключевые слова: плоскостопие, профилактика плоскостопия, коррекция плоскостопия.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Апресян В.С., Макинян Л.Г., Маннанов А.М., Самкович Д.А., Подлесная А.А. Идиопатическая полая стопа: диагностика и лечение. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2024;14(1):55-61. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.1.CLIN.3>

IDIOPATHIC CAVUS FOOT: DIAGNOSIS AND TREATMENT**Vladislav S. Apresyan^{1, 2}, Levon G. Makinyan^{1, 2}, Albert M. Mannanov^{1, 2},
Dmitriy A. Samkovich¹, Anna A. Podlesnaya³**¹Peoples' Friendship University of Russia, 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia²City Clinical Hospital No. 13, 1/12, Velozavodskaya str., Moscow, 115280, Russia³The first I.M. Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), 8, Trubetskaya str., building 2, Moscow, 119991, Russia

Abstract. *Relevance.* The subtle cavovarus foot is a mild malalignment caused by either primary hindfoot varus or a plantarflexed first ray, resulting in a typical constellation of symptoms because of altered foot mechanics. The etiology of idiopathic cavus foot is usually unknown and is not associated with neurological pathology, it is believed that about 25% of the population have a mild grade of cavus foot deformity. *Aim:* review the Russian and international scientific literature on the treatment of idiopathic cavus foot and to integrate the collected material. *Materials and methods:* analysis of modern scientific literature on the topic of treatment of idiopathic cavus foot, the research base was the Pubmed website. *Results.* It was found that there is a lack of sufficient understanding of the etiology, diagnostic methods and treatment guidelines for idiopathic cavus foot. *Conclusions:* Idiopathic cavus foot is often the cause of such pathologies as lateral ankle instability, stress fracture of the fifth metatarsal, peroneal tendinopathy. Understanding the biomechanics of this deformity, which determines the course of other foot diseases, can improve the results of conservative and surgical treatment of patients.

Key words: cavus foot, prevention of cavus feet, correction of cavus foot.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Cite as: Apresyan V.S., Makinyan L.G., Mannanov A.M., Samkovich D.A., Podlesnaya A.A. Idiopathic cavus foot: diagnosis and treatment. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(1):55-61. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.1.CLIN.3>

Введение

Идиопатическая полая стопа – это деформация стопы, которая характеризуется увеличением высоты продольного свода (кавусная деформация). Увеличение высоты свода обычно связано с плантарной флексией первого луча стопы и компенсаторным варусом заднего отдела стопы.

Обычно деформация по типу полый стопы развивается на фоне сопутствующих неврологических заболеваний (врождённые моторно-сенсорные нейропатии, патология спинного мозга и др.). При этом, согласно последним исследованиям, около 30% пациентов с полый стопой не имеют неврологической патологии. При отсутствии явной причины деформации, её называют идиопатическая полая стопа. Данных об эпидемиологии заболевания в литературе достаточно мало. Manoli и Graham в 2015 году предположили, что причины ограниченных эпидемиологических данных связаны с недостаточной осведомленностью врачей о данном виде деформации, не всегда яркой клинической картиной полый стопы и отсутствием очевидных рентгенологических признаков деформации [1]. Тем не менее, в последнее время количество исследований, посвящённых полый стопе, увеличивается.

Этиология и эпидемиология

Этиология заболевания неизвестна. Впервые в 1993 году Manoli и соавт. описали идиопатическую полую стопу как деформацию стопы с неполной пронацией. Хотя большинство исследователей склоняется к мнению, что деформация имеет идиопатическую этиологию, Manoli и соавт. указывали на наличие семейного, наследственного характера заболевания [2, 3]. Также не изучены возможные генетические причины патологии. Поскольку данные о генетическом наследовании и распространении деформации в популяции на данный момент сильно ограничены, условно считается, что примерно 25% населения имеют лёгкую степень кавусной деформации стопы. В одном исследовании на протяжении года проводился анализ типа изготавливаемых пациентам стелек – половине пациентов были изготовлены стельки для кавусной деформации стопы [4].

Есть теории, которые объясняют формирование идиопатической полый стопы аномальным положением пяточной кости и подтаранного сустава, первичной плантарной флексией первого луча стопы, гипертонусом сухожилия длинной малоберцовой мышцы [5].

Для лучшего понимания как анатомические нарушения могут привести к формированию полый стопы опишем нормальную биомеханику шага.

Во время цикла ходьбы стопа сначала проходит эластичную фазу шага – это фаза контакта пятки с поверхностью. Затем наступает ригидная фаза шага – опора на передний отдел стопы и отрыв большого пальца от поверхности. Эластичная фаза обусловлена вальгусным отклонением пяточной кости при контакте с поверхностью за счёт эверсии в подтаранном суставе, в этой фазе длинные оси пяточной и таранной костей не параллельны. В этой позиции задний отдел стопы эластичен и способен абсорбировать нагрузку при ударе. Во время фазы полной опоры и отталкивания задний отдел стопы принимает варусное положение: происходит инверсия в подтаранном суставе, при этом пяточная и таранная кости располагаются на одной оси. В этой позиции стопа становится ригидной и действует как рычаг при отталкивании от поверхности [6-8].

Анатомическая теория формирования полый стопы подразумевает, что изначальная причина деформации может заключаться либо в переднем, либо в заднем её отделе.

Идиопатическая полая стопа, обусловленная деформацией заднего отдела, формируется за счёт изначального варусного положения пяточной кости и подтаранного сустава. Варусное положение пяточной кости может быть обусловлено нарушением костной анатомии (например, медиальное расположение бугра пяточной кости относительно тела пяточной кости) или изменением анатомии подтаранного сустава [9].

При идиопатической полый стопе, вызванной деформацией переднего отдела, первый луч стопы изначально располагается в позиции увеличенной плантарной флексии. При таком положении головка первой плюсневой кости начинает контактировать с поверхностью до того, как подтаранный сустав переходит в положение эверсии. Нарушается баланс распределения сил в статическом треугольнике стопы, состоящем из пяточной кости, первой плюсневой кости и пятой плюсневой кости. Таким образом, плантарное сгибание первого луча приводит к укорочению эластичной фазы шага и формированию варусного отклонения пяточной кости (рис. 1). Варусное положение заднего отдела стопы развивается компенсаторно. Такая позиция заднего отдела приводит к уменьшению абсорбции ударной нагрузки пяточной костью, эксцентрическим нагрузкам на кости стопы и последующему возможному перерастяжению латеральных структур голеностопного сустава и стопы [10-12].

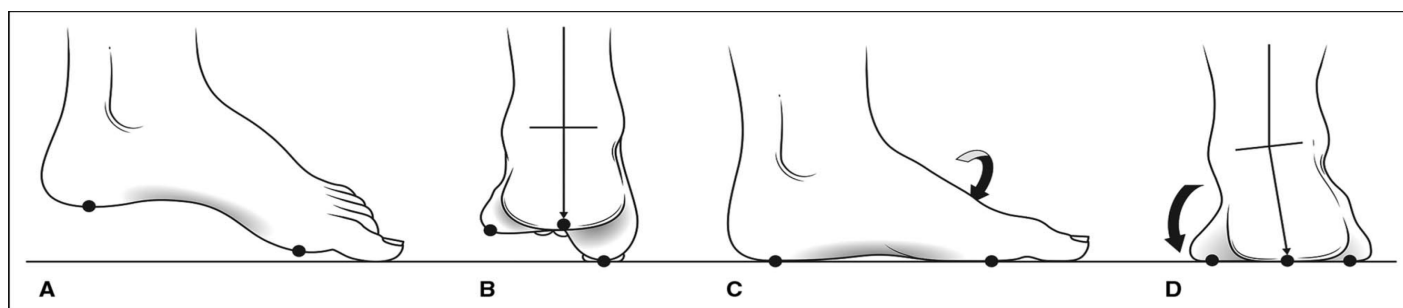


Рисунок 1. Механизм формирования компенсаторного варуса заднего отдела стопы при наличии плантарной флексии первого луча стопы: А, В – левая стопа без нагрузки, вид сбоку и сзади; С, D – контакт первого луча с поверхностью вызывает компенсаторный варус заднего отдела стопы (Paulos L, Coleman SS, Samuelson KM: Pes cavovarus: Review of a surgical approach using selective soft-tissue procedures. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:942-953)

Figure 1. The mechanism of modulating the compendium varus retroactively of the foot department with the presence of planar fixation of the first ray of the foot: A, B – left foot without load, side and rear view; C, D – contact of the first ray in order to increase efficiency causes a compensatory varus retroactively of the foot department (Paulos L., Coleman S.S., Samuelson K.M.: Pes cavovarus: A review of the surgical approach using selective soft tissue interventions. *J Bone Joint Surgery Am.* 1980; 62:942-953)

Некоторые исследователи считают, что гипертонус длинной малоберцовой мышцы является одной из основных причин идиопатической полой стопы. Длинная малоберцовая мышца наиболее активна в фазе опоры, она крепится с плантарной стороны к латеральной поверхности первой плюсневой кости и медиальной клиновидной кости. Гипертонус данной мышцы приводит к большему плантарному сгибанию первого луча стопы во время фазы опоры и фазы отталкивания, препятствует нормальным движениям между суставами среднего отдела стопы и способствует варусной установке заднего отдела стопы [13, 14]. Поскольку до сих пор нет полного понимания механизма, приводящего к формированию идиопатической полой стопы, то нельзя исключать, что в основе деформации лежит совокупность различных факторов. В 2017 году Maskill выполнил 29 оперативных вмешательств у пациентов с идиопатической полой стопой. Все пациенты жаловались на боль в области латерального отдела стопы, не поддающуюся консервативному лечению. Согласно результатам теста Coleman, у всех пациентов деформация была обусловлена передним отделом стопы. Во время операции исправление деформации переднего отдела (остеотомия первой плюсневой кости и трансфер сухожилий малоберцовых мышц) не приводило к коррекции положения пяточной кости. Всем пациентам потребовалось выполнить латерализующую остеотомию пяточной кости. Автор пришёл к выводу, что, несмотря на результаты теста Coleman, у всех пациентов деформация была изначально вызвана варусом заднего отдела стопы. Данное исследование позволяет предполагать, что в основе формирования такой деформации, как идиопатическая полая стопа, находится несколько анатомических предпосылок [15].

Патофизиология и влияние на голеностопный сустав

Основной вклад в нарушение биомеханики при идиопатической полой стопе вносят варусное положение заднего отдела и увеличенная ригидность стопы. Эти отклонения значительно изменяют механику шага. При увеличении деформации нарушения походки прогрессируют и могут приводить к перегрузке латерального отдела стопы, что проявляется стрессовыми переломами, повреждениями сухожилий малоберцовых мышц и связок латерального отдела голеностопного сустава.

Клинические подтверждения тому, что идиопатическая полая стопа может приводить к травмам латеральных структур голеностопного сустава приведены в исследованиях Williams и соавт. [16]. Авторы исследовали характер травм нижних конечностей у бегунов (всего в исследовании участвовало 40 спортсменов). У 20 бегунов был диагностирован высокий свод стопы, у 20 бегунов – низкий свод стопы. По результатам исследования было показано, что бегуны с высоким сводом чаще получали травмы в области стопы и латерального отдела голеностопного сустава. Бегуны с низким сводом стопы чаще травмировали коленные суставы. При этом общее количество травм было больше у бегунов с высоким сводом стопы. В исследовании характера травм нижних конечностей у военных было выявлено, что военные с высоким сводом стопы чаще получают стрессовые переломы плюсневых костей, чем военные с нормальной высотой свода [17].

Исследование походки у пациентов с врожденными нейропатиями до и после хирургического лечения позволило выявить значительные аномалии в распределении нагрузки на область пятки, первого луча и латерального отдела стопы до операции: у всех пациентов эти отделы стопы были перегружены [18].

При анализе походки здоровых пациентов и пациентов с латеральной нестабильностью голеностопного сустава было выявлено, что у пациентов с латеральной нестабильностью увеличена нагрузка на латеральную часть переднего отдела стопы, средний отдел стопы и увеличено давление на латеральный край стопы во время фазы опоры [19].

Хотя для пациентов с идиопатической поллой стопой подобных исследований не проводилось, можно предположить, что у них также происходит неправильное распределение нагрузки на стопу, но, вероятно, менее выраженное.

Клиническая картина

Клинические проявления идиопатической поллой стопы обычно характеризуются хроническим течением. Большинство пациентов, страдающих поллой стопой, указывают, что испытывают не сильно выраженные симптомы, но в течение длительного времени. Наиболее частой жалобой является боль в области латерального отдела стопы, в области пяточного бугра, боль в области сухожилий малоберцовых мышц. При длительном анамнезе деформации характерной жалобой является нестабильность голеностопного сустава или хронический стрессовый перелом основания пятой плюсневой

кости. Часто подобные симптомы наблюдаются у пациентов с подросткового возраста [20-24].

Наиболее типичный пациент с идиопатической поллой стопой – это спортсмен в возрасте 30-40 лет с нестабильностью голеностопного сустава и/или болью в области латерального отдела стопы в анамнезе.

Пациенты с идиопатической поллой стопой могут быть невосприимчивы к предшествующему консервативному или хирургическому лечению. Характерен рецидив латеральной нестабильности голеностопного сустава или несращение стрессового перелома пятой плюсневой кости после оперативного лечения.

Следует подчеркнуть, что в настоящий момент не существует общепринятой системы классификации идиопатической поллой стопы.

Клинические тесты

Характерным клиническим признаком идиопатической поллой стопы является симптом «reek-a-boo» – выстояние внутреннего отдела пятки в положении стоя на двух ногах (стопы параллельны друг другу). В норме, при взгляде спереди, при правильном строении стопы внутренний отдел пятки не должен быть виден. При наличии идиопатической поллой стопы внутренний край пятки выстоит кнутри (рис. 2).



Рисунок 2. Фотографии стоп пациентов: А – нормальная стопа, внутренний отдел пятки не виден; В – пациент с идиопатической поллой стопой – виден внутренний край пяточной кости; С – тот же пациент при осмотре сзади – отклонение заднего отдела незаметно

Figure 2. Photographs of patients' feet: A – a normal foot, the inner part of the heel is not visible; B – a patient with an idiopathic hollow foot – the inner edge of the calcaneus is visible; C – the same patient when viewed from behind – the deviation of the posterior part is imperceptible

Необходимо отметить, что высота продольного свода пациента менее важна, чем позиция заднего отдела стопы. Некоторые пациенты могут иметь нормальную высоту свода и варусное положение заднего отдела стопы.

В местах избыточной нагрузки на стопу на подошвенной поверхности часто формируются мозоли. При идиопатической поллой стопе мозоли обычно формируются под первым плюснефаланговым суставом. У некоторых пациентов может быть выявлена контрактура икроножных мышц. Наличие или

отсутствие контрактуры определяют с помощью теста Silfverskiöld. При полностью разогнутом колене стопе придают положение полного дорсального сгибания и отмечают его объём, в норме около 10 градусов. Не разгибая стопу сгибают ногу в коленном суставе до 90 градусов, этот манёвр позволяет расслабить икроножную мышцу, при этом в норме угол дорсифлексии стопы обычно увеличивается до 20 градусов. Информативность этого теста заключается в том, что он позволяет определить уровень, на котором происходит ограничение дор-

сифлексии стопы. Если угол дорсифлексии не меняется при сгибании коленного сустава, значит контрактура обусловлена непосредственно ахилловым сухожилием или повреждением в области голеностопного сустава (остеофиты, артрофиброз). Если пациент изначально не может достичь нормальной дорсифлексии при разогнутой ноге, но угол сгибания увеличивает при согнутой ноге, значит проблема связана с контрактурой икроножной мышцы [24–30].

У пациентов с идиопатической полой стопой часто ограничено наружное отведение в подтаранном суставе. Чувствительность кожных покровов и мышечная сила обычно симметричны на обеих конечностях.

Стабильность голеностопного сустава оценивают с помощью теста «переднего выдвижного ящика». Оценивают наличие болевого синдрома, признаков подвывиха в области сухожилий малоберцовых мышц.

Полезным клиническим приёмом является оценка величины смещения пяточной кости при вставании пациента на цыпочки. Исследователь оценивает

стопы сзади: при нормальном строении стопы, при вставании на носки пяточная кость смещается из положения 5 градусов физиологического вальгуса в варус. У пациентов с идиопатической полой стопой подобного смещения не происходит. Пяточная кость остается на месте.

Одним из основных клинических тестов является тест Coleman, описанный автором в 1977 году. Тест позволяет определить эластичность заднего отдела стопы и указывает какой из отделов стопы ответственный за формирование деформации. Во время выполнения данного теста пациент встает на блок, высотой около 2,5 см, при этом опора на блок происходит латеральным отделом стопы и пяткой. Первая плюсневая кость не несёт нагрузки, поскольку свешивается с блока, соответственно её влияние на положение остальных частей стопы исключается. Если варусное положение пяточной кости меняется на физиологический вальгус при выполнении данного теста, это значит, что деформация эластичная и обусловлена передним отделом стопы [31] (рис. 3).

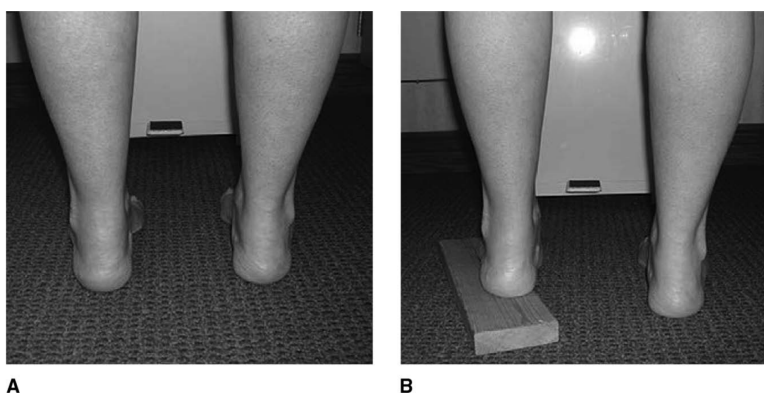


Рисунок 3. Тест Coleman: А – обе пяточные кости находятся в варусе; В – при опоре на блок задний отдел стопы выводится в физиологический вальгус, что свидетельствует об эластичной деформации, вызванной передним отделом стопы

Figure 3. Coleman test: A – both heel bones are located in varus; B – when supported on a block, the posterior part of the foot is removed into the physiological valgus, which indicates elastic deformation caused by the anterior part of the foot

Рентгенологическая картина

Поскольку идиопатическая полая стопа в большинстве случаев проявляется как деформация лёгкой степени, у некоторых пациентов на рентгенограммах не будет видна явная патология. Для оценки деформации существует стандартный набор рентгенологических параметров. На рентгенограммах в боковой проекции определяют высоту продольного свода, форму суставов среднего отдела стопы, угол Meary (угол между длинными осями таранной кости и первой плюсневой кости), положение малоберцовой кости. Высота продольного свода более 14 мм указывает на плантарную флексию первого луча стопы. Нормальные значения угла Meary составляют 0 ± 4 градуса. При наличии у пациента идиопатической полой стопы угол Meary может принимать отрицательные значения и указывать

на плантарное смещение первого луча стопы. В редких случаях на рентгенограммах могут быть выявлены признаки стрессового перелома пятой плюсневой кости или остеофиты в области латерального отдела голеностопного сустава [31–34].

Консервативное лечение

Консервативное лечение полой стопы заключается в коррекции биомеханических нарушений при ходьбе. Помимо упражнений для растягивания плантарного апоневроза и тренировки голеностопного сустава для профилактики подвывихов крайне эффективным способом коррекции деформации являются стельки. LoPiccolo и соавт. провели исследование результатов консервативного лечения 93 пациентов с хронической нестабильностью голеностопного сустава и болевым синдромом на

фоне идиопатической полой стопы. Всем пациентам были изготовлены индивидуальные стельки с углублением под головкой первой плюсневой кости, увеличенной высотой латерального края, сниженной высотой в области продольного свода и мягкой подкладкой под пяточным бугром. Согласно результатам опроса этих пациентов, через 1–2 года ношения стелек они отметили уменьшение болевого синдрома. 23 пациента из 25 (92%) отметили улучшение стабильности в голеностопном суставе и уменьшение количества внезапных подвывихов [35]. Индивидуальные стельки отличаются от фабричных стелек, выпущенных для пациентов с полой стопой. Стелька или обувь с увеличенной высотой продольного свода только способствуют увеличению варуса заднего отдела стопы и прогрессированию деформации.

Хирургическое лечение

Хирургическое лечение идиопатической полой стопы заключается в комбинации вмешательств на костях и мягких тканях. При планировании разрезов следует оставлять кожные мостики достаточной ширины, чтобы избежать проблем с заживлением мягких тканей. Например, у пациента, у которого планируется реконструкция сухожилий малоберцовых мышц, остеотомия пяточной кости и первой плюсневой кости, должно быть выполнено три до-

ступа. Хирургическая тактика во многом определяется результатами теста Coleman. Если у пациента деформация обусловлена передним отделом стопы, то чаще всего выполняют трансфер сухожилия длинной малоберцовой мышцы, дорсализирующую остеотомию первой плюсневой кости или остеотомию в области среднего отдела стопы. Если у пациента определяется ригидность подтаранного сустава по результатам теста Coleman, то хирургическое вмешательство начинают с вальгизирующей остеотомии пяточной кости, далее также выполняют трансфер сухожилия длинной малоберцовой мышцы и вмешательство на переднем или среднем отделе стопы. Данный алгоритм был предложен Maskill в 2010 году. Релиз плантарной фасции рекомендуется выполнять только при остеотомии среднего отдела стопы [36, 37].

Заключение

Идиопатическая полая стопа часто является причиной таких патологий, как латеральная нестабильность голеностопного сустава, стрессовый перелом пятой плюсневой кости, тендинопатия сухожилий малоберцовых мышц и пр. Понимание биомеханики этой деформации, которая определяет течение других заболеваний стопы, позволяет улучшить результаты консервативного и хирургического лечения пациентов.

Литература [References]

- 1 Manoli A II, Graham B. The subtle cavus foot, "the underpronator". *Foot Ankle Int.* 2015;26(3):256-263.
- 2 Manoli A II, Smith DG, Hansen ST Jr. Scarred muscle excision for the treatment of established ischemic contracture of the lower extremity. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;292:309-314.
- 3 Chilvers M, Manoli A II. The subtle cavus foot and association with ankle instability and lateral foot overload. *Foot Ankle Clin.* 2008;13(2):315-324.
- 4 Manoli A. II, Graham B. Foot Morphology in a Pedorthic Practice. Presented at The Annual Meeting of the Michigan Orthopaedic Society, Mackinac Island, MI, June 19, 2014.
- 5 Manter J. Movements of the subtalar and transverse tarsal joints. *Anat Rec.* 1941;80:397-410.
- 6 Sammarco V.J. The talonavicular and calcaneocuboid joints: Anatomy, biomechanics, and clinical management of the transverse tarsal joint. *Foot Ankle Clin.* 2014;9(1):127-145.
- 7 Elftman H. The transverse tarsal joint and its control. *Clin Orthop.* 1980;16(16):41-46.
- 8 Van Bergeyk AB, Younger A, Carson B. CT analysis of hindfoot alignment in chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2012;23(1):37-42.
- 9 Beals T, Bohay D, Lee C, Manoli A II. Tarsal coalitions presenting with cavovarus foot deformities. Presented at the Annual Meeting, American Orthopaedic Foot and Ankle Society, Fajardo, Puerto Rico, 1999. Level IV.
- 10 Solis G, Hennessy M, Saxby TS. Pes cavus: A review. *Foot Ankle Surg.* 2010;6(3):145-153.
- 11 Apostle KL, Sangeorzan BJ. Anatomy of the varus foot and ankle. *Foot Ankle Clin.* 2012;17(1):1-11.
- 12 Cotton FJ. Foot statistics and surgery. *New Eng Surg Soc.* 1936;218(8):353-362.
- 13 Ledoux WR, Shofer JB, Ahroni JH, Smith DG, Sangeorzan BJ, Boyko EJ. Biomechanical differences among pes cavus, neutrally aligned, and pes planus feet in subjects with diabetes. *Foot Ankle Int.* 2013;24(11):845-850.
- 14 Morton D. The Human Foot: Its Evolution, Physiology and Functional Disorders. Morningside Heights, NY, Columbia University Press, 1935.
- 15 Louwerens JW, van Linge B, de Klerk LW, Mulder PG, Snijders CJ. Peroneus longus and tibialis anterior muscle activity in the stance phase. A quantified electromyographic study of 10 controls and 25 patients with chronic ankle instability. *Acta Orthop Scand.* 1995;66(6):517-523.
- 16 Williams DS III, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2011;16(4): 341-347.
- 17 Mosca VS. The cavus foot. *J Pediatr Orthop.* 2011;21(4):423-424.
- 18 Metaxiotis D, Accles W, Pappas A, Doederlein L. Dynamic pedobarography (DPB) in operative management of cavovarus foot deformity. *Foot Ankle Int.* 2010;21(11):935-947.
- 19 Larsen E, Angermann P. Association of ankle instability and foot deformity. *Acta Orthop Scand.* 2000;61(2):136-139.
- 20 Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med.* 1999;27(5):585-593.
- 21 Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med.* 2003;2(7):773-777.
- 22 Berkowitz MJ, Kim DH. Fibular position in relation to lateral ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2014;25(5):318-321.
- 23 Maskill MP, Maskill JD, Pomeroy GC. Surgical management and treatment algorithm for the subtle cavovarus foot. *Foot Ankle Int.* 2017;31(12):1057-1063.
- 24 Krause F, Windolf M, Schwiager K, Weber M. Ankle joint pressure in pes cavovarus. *J Bone Joint Surg Br.* 2017;89 (12):1660-1665.

- 25 Nyska M, Shabat S, Simkin A, Neeb M, Matan Y, Mann G. Dynamic force distribution during level walking under the feet of patients with chronic ankle instability. *Br J Sports Med*. 2013;37(6):495-497.
- 26 Becker HP, Rosenbaum D, Claes L, Gerngross H. Dynamic pedography for assessing functional ankle joint instability. *Unfallchirurg*. 2007;100(2):133-139.
- 27 Grasset W, Mercier N, Chaussard C, Carpentier E, Aldridge S, Saragaglia D. The surgical treatment of peroneal tendinopathy (excluding subluxations): A series of 17 patients. *J Foot Ankle Surg*. 2012;51(1):13-19.
- 28 Coughlin MJ, Mann RA: Keratotic Disorders of the Plantar Skin, in Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL, eds. *Surgery of the Foot and Ankle*, ed 8. Philadelphia, PA, Mosby, 2017, pp 465-490. Level IV.
- 29 Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2015;20(9):877-882.
- 30 Silfverskiöld N. Reduction of the uncrossed two-joints muscles of the leg to one-joint muscles in spastic conditions. *Acta Chir Scand*. 1924;56:315-328.
- 31 Younger AS, Hansen ST Jr. Adult cavovarus foot. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;13(5):302-315.
- 32 Coleman SS, Chesnut WJ. A simple test for hindfoot flexibility in the cavovarus foot. *Clin Orthop Relat Res*. 1977;123:60-62.
- 33 Klammer G, Benninger E, Espinosa N. The varus ankle and instability. *Foot Ankle Clin*. 2012;17(1):57-82.
- 34 Steel MW III, Johnson KA, DeWitz MA, Ilstrup DM. Radiographic measurements of the normal adult foot. *Foot Ankle*. 1990;1 (3):151-158.
- 35 LoPiccolo M, Chilvers M, Graham B, Manoli A II. Effectiveness of the cavus foot orthosis. *J Surg Orthop Adv*. 2015;19(3):166-169.
- 36 Shapiro K: Treatment of Cavus Foot Deformity with the DonJoy Arch Rival. *Ezine Articles*. 2019:Oct. Level V.
- 37 Sammarco GJ, Taylor R. Combined calcaneal and metatarsal osteotomies for the treatment of cavus foot. *Foot Ankle Clin*. 2011;6(3):533-543.

Авторская справка

Апресян Владислав Сергеевич

Аспирант кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов.

ORCID 0000-0003-3477-172X; apresyanvlad@mail.ru

Вклад автора: разработка концепции и дизайна исследования, составление обзора литературы, статистическая обработка данных.

Макинян Левон Гагикович

Канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов; заведующий отделением ортопедии, Городская клиническая больница № 13.

ORCID 0000-0002-8813-143X; dr.makinyan@gmail.com

Вклад автора: научный руководитель исследования, разработка концепции и дизайна исследования, анализ данных литературы, редакция научной работы, подбор научной литературы.

Маннанов Альберт Маратович

Аспирант кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов; врач травматолог-ортопед отделения ортопедии, Городская клиническая больница № 13.

ORCID 0000-0002-4456-8218; albertmannanov@gmail.com

Вклад автора: составление обзора литературы, составление резюме, англоязычный перевод резюме.

Самкович Дмитрий Александрович

Клинический ординатор кафедры травматологии и ортопедии, Российский университет дружбы народов.

ORCID 0000-0001-5770-7304; dmitry.samkovitch@gmail.com

Вклад автора: составление обзора литературы, составление резюме, англоязычный перевод резюме.

Подлесная Анна Александровна

Аспирант кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет).

ORCID 0000-0002-6694-0199; dr.podlesnaya@mail.ru

Вклад автора: составление обзора литературы, составление резюме, англоязычный перевод резюме.

Author's reference

Vladislav S. Apresyan

Postgraduate student of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia.

ORCID 0000-0003-3477-172X; apresyanvlad@mail.ru

Author's contribution: the development of the concept and design of the study, the compilation of a literature review, statistical data processing.

Levon G. Makinyan

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia; Head of the Department of Orthopedics, City Clinical Hospital No. 13.

ORCID 0000-0002-8813-143X; dr.makinyan@gmail.com

Author's contribution: the scientific supervisor of the study, the development of the concept and design of the study, the analysis of the literature data, the editorial board of the scientific work, the selection of scientific literature.

Albert M. Mannanov

Postgraduate student of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia; orthopedic traumatologist of the Department of Orthopedics, City Clinical Hospital No. 13.

ORCID 0000-0002-4456-8218; albertmannanov@gmail.com

Author's contribution: the compilation of a literature review, the compilation of a resume, the English translation of the resume.

Dmitriy A. Samkovich

Clinical Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics, Peoples' Friendship University of Russia.

ORCID 0000-0001-5770-7304; dmitry.samkovitch@gmail.com

Author's contribution: the compilation of a literature review, the compilation of a resume, the English translation of the resume.

Anna A. Podlesnaya

Postgraduate student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Disaster Surgery, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

ORCID 0000-0002-6694-0199; dr.podlesnaya@mail.ru

Author's contribution: the compilation of a literature review, the compilation of a resume, the English translation of the resume.