

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS641652>

EDN: QQUIK



***Hallux valgus* при эквино-плано-вальгусной деформации стоп у детей с церебральным параличом. Этиопатогенез. Обзор литературы. Часть 1**

В.В. Умнов, Д.С. Жарков, В.А. Новиков, Д.В. Умнов

Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В настоящее время *Hallux valgus* у детей с церебральным параличом — достаточно малоизученная проблема. Подходы к лечению осуществляют по остаточному принципу при появлении жалоб ребенка в старшем возрасте после коррекции контрактур и деформаций стопы. Кроме того, отсутствуют методы профилактики и лечения на ранних стадиях формирования деформации до появления жалоб больного. Понимание фундаментальных процессов этиопатогенеза, а также биомеханических нарушений при ходьбе у пациентов данной группы особенно важно при разработке методов профилактики и лечения.

Цель — анализ данных мировой литературы, касающейся теорий формирования деформации у детей с церебральным параличом в сравнении с результатами биомеханических исследований при *Hallux valgus* у пациентов с идиопатической формой заболевания без неврологической патологии.

Материалы и методы. В работе использован материал 64 научных статей и публикаций различных баз данных без ограничения периода поиска.

Результаты. Эквино-плано-вальгусная деформация стоп рассмотрена как ведущий фактор этиопатогенеза *Hallux valgus* у детей с церебральным параличом. Биомеханические изменения при *Hallux valgus* характеризуют ограничение разгибания I пальца, избыточное разгибание первого луча стопы, ограничение супинации заднего и среднего отделов, увеличение подошвенной флексии стопы в голеностопном суставе в конечные фазы периода опоры. При эквино-плано-вальгусной деформации стопы избыточная пронация заднего и среднего отделов стопы не может быть компенсирована по причине малого сектора движения в среднетарзальном суставе, что приводит к ограничению супинации среднего отдела стопы и невозможности активировать механизмы блокировки среднего и переднего отделов стопы в конечные фазы периода опоры.

Заключение. Любые биомеханические нарушения сложной многозвеньевой системы нижней конечности, приводящие к уменьшению супинации заднего и среднего отделов стопы, эверсии первого луча и, как следствие, ограничению разгибания I пальца стопы могут способствовать формированию деформации. Разнообразие двигательных нарушений, сочетаний контрактур и деформаций у пациентов с детским церебральным параличом требует дальнейшего исследования с целью выявления факторов, приводящих к формированию *Hallux valgus*. Результаты данных исследований могут помочь в разработке методов профилактики и лечения на ранних этапах развития деформации.

Ключевые слова: *Hallux valgus*; эквино-плано-вальгусная деформация стоп; детский церебральный паралич; первый луч стопы; первый плюснефаланговый сустав; анализ походки.

Как цитировать

Умнов В.В., Жарков Д.С., Новиков В.А., Умнов Д.В. *Hallux valgus* при эквино-плано-вальгусной деформации стоп у детей с церебральным параличом. Этиопатогенез. Обзор литературы. Часть 1 // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2025. Т. 13. № 1. С. 108–117. DOI: 10.17816/PTORS641652 EDN: QQUIK

REVIEW

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS641652>

EDN: QQUIIK

***Hallux valgus* in Equino-Planovalgus Foot Deformity in Children With Cerebral Palsy and Its Etiopathogenesis: A Review (Part 1)**

Valery V. Umnov, Dmitriy S. Zharkov, Vladimir A. Novikov, Dmitriy V. Umnov

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: *Hallux valgus* in children with cerebral palsy is an understudied problem. Treatment approaches are generally applied as a secondary measure, often after the child starts complaining at an older age following correction of contractures and other foot deformities. Moreover, there are no established methods for the early prevention or treatment of *hallux valgus*. Understanding the fundamental mechanisms of etiopathogenesis and biomechanical disturbances during gait is crucial for developing preventive and therapeutic strategies for this patient population.

AIM: To analyze international studies of foot deformities in children with cerebral palsy and compare these findings with biomechanical studies in patients with idiopathic *hallux valgus* without neurological pathology.

METHODS: Sixty-four scientific articles and publications retrieved from multiple databases without time restrictions were reviewed.

RESULTS: Equinoplanovalgus foot deformity is a major etiopathogenetic factor in the development of *hallux valgus* in children with cerebral palsy. Biomechanical alterations associated with *hallux valgus* are characterized by limited dorsiflexion of the hallux, excessive dorsiflexion of the first ray, restricted supination of the hindfoot and midfoot, and increased plantar flexion of the ankle joint during the terminal stance phase. In equinoplanovalgus deformity, excessive pronation of the hindfoot and midfoot cannot be compensated because of the limited range of motion of the midtarsal joint, causing restricted midfoot supination and the inability to activate the locking mechanisms of the midfoot and forefoot during terminal stance.

CONCLUSION: Any biomechanical disturbance within the complex multisegmental structure of the lower extremity that reduces hindfoot and midfoot supination, causes first ray eversion, and limits hallux dorsiflexion may contribute to deformity. The diversity of motor disorders, contracture patterns, and deformities in children with cerebral palsy indicates the need for further research aimed at identifying the specific factors involved in *hallux valgus* formation. Such findings may be beneficial for developing preventive and therapeutic strategies for early-stage deformities.

Keywords: *hallux valgus*; equinoplanovalgus foot deformity; cerebral palsy; first ray of the foot; first metatarsophalangeal joint; gait analysis.

To cite this article

Umnov VV, Zharkov DS, Novikov VA, Umnov DV. *Hallux valgus* in Equino-Planovalgus Foot Deformity in Children With Cerebral Palsy and Its Etiopathogenesis: A Review (Part 1). *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2025;13(1):108–117. DOI: 10.17816/PTORS641652 EDN: QQUIIK

ОБОСНОВАНИЕ

К развитию вальгусной деформации I пальца стопы (далее — *Hallux valgus*) приводит множество факторов. Так, у взрослых людей с идиопатическим *Hallux valgus* и у детей с ювенильной формой заболевания без неврологической патологии ведущие этиопатогенетические факторы: ношение неправильной обуви [1], перегрузка переднего отдела стопы при занятии спортом, балетом, длительной ходьбе [2], избыточная масса тела на фоне ожирения [3], наследственность [4], возраст [4], пол [5], варусная деформация I плюсневой кости [6], плоско-стопие [7–10], особенности формы головки I плюсневой кости [11], различные типы стопы [12], мышечный дисбаланс [13], наличие атипичного прикрепления мышц стопы [14, 15], гипермобильность первого луча стопы на фоне общей гипермобильности суставов конечностей [10, 16], а также атаксизмы, доставшиеся современному человеку от человекообразных обезьян, в виде косоного расположения первого клиновидно-плюсневого сустава, пронации I плюсневой кости [17–19]. Врожденный *Hallux valgus* ассоциируется с полидактилией и удвоением суставной поверхности I плюсневой кости, а также *os intermetatarsale* [20].

Развитие посттравматической вальгусной деформации I пальца стопы наблюдают при разрыве медиальной коллатеральной связки первого плюсне-фалангового сустава [21], повреждении сустава Лисфранка, переломах I плюсневой кости [22], а также при переломах костей голени с поражением медиального плантарного нерва, способствующих нарушению иннервации короткого сгибателя I пальца стопы, аддуктора I пальца, первой червеобразной мышцы [23]. Формирование вальгусной деформации I пальца стопы у пациентов с ревматоидным артритом авторы связывают с воспалительными изменениями капсулы сустава и суставного хряща. Это приводит к развитию мышечного дисбаланса и, как следствие, нестабильности сустава [24, 25].

Вальгусная деформация I пальца стопы у детей с церебральным параличом (ДЦП) — важная проблема независимо от двигательного уровня ребенка. Показания к хирургической коррекции: жалобы пациента на болевой синдром, трудности в ношении обуви, косметический дефект [26]. Однако современное видение представленной патологии у данной группы пациентов ограничено отнесением ее к ассоциированным или третичным проявлениям деформации стоп. Это определяет подходы к лечению по остаточному принципу, когда хирургическую коррекцию проводят в старшем возрасте после устранения всех деформаций и контрактур суставов нижних конечностей [26].

Кроме того, неизвестен механизм формирования деформации, а также отсутствуют данные о течении *Hallux valgus* у пациентов с ДЦП — распространенность, возраст начала развития, предрасполагающие факторы. Это обуславливает отсутствие методов профилактики

и лечения на ранних стадиях развития *Hallux valgus* до появления жалоб.

Разнообразие биомеханических нарушений и компенсаторных двигательных механизмов у пациентов с ДЦП осложняет определение ведущих патомеханических элементов. Однако описанный ранее широкий спектр причин развития деформации у неврологически здоровых людей может предполагать наличие общего механизма формирования *Hallux valgus*.

Большинство исследований, описывающих различные биомеханические показатели нижней конечности при *Hallux valgus*, проведено среди взрослых пациентов с идиопатической формой заболевания без неврологической патологии.

Цель — анализ данных мировой литературы, касающейся теорий формирования деформации у детей с церебральным параличом, а также их сравнение с результатами биомеханических исследований при *Hallux valgus* у пациентов с идиопатической формой заболевания без неврологической патологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск научных публикаций осуществлен в базах данных PubMed, eLibrary, Google Scholar, Кокрановской библиотеке без ограничения периода поиска. В работе использован материал 64 научных статей и публикаций. Применены описательные характеристики периодов фаз походки, а также терминология кинематических данных цикла походки, используемая в отечественной и зарубежной практике [27, 28].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Этиопатогенез *Hallux valgus* у детей с церебральным параличом

Большинство авторов [26, 29, 30] считают, что ведущая причина развития *Hallux valgus* у детей с ДЦП — это эквино-плано-вальгусная деформация стопы (ЭПВДС). На фоне ЭПВДС при ходьбе возникает избыточная нагрузка на ее переднемедиальный отдел. Такое положение стопы приводит к латеральному смещению I пальца в плюснефаланговом суставе под или над II пальцем. Значительный крутящий момент в терминальной фазе опоры, создаваемый в первом плюснефаланговом суставе, способствует медиальному смещению I плюсневой кости и увеличению межпальцевого угла. Вальгусное отклонение I пальца стопы способствует формированию подвывиха в первом плюснефаланговом суставе и, следовательно, подвывиху сесамовидных костей. Эквинусный компонент деформации увеличивает осевую нагрузку на дистальную фалангу I пальца стопы, вызывая перегрузку латерального отдела зоны роста проксимальной, дистальной фаланг I пальца и I плюсневой кости,

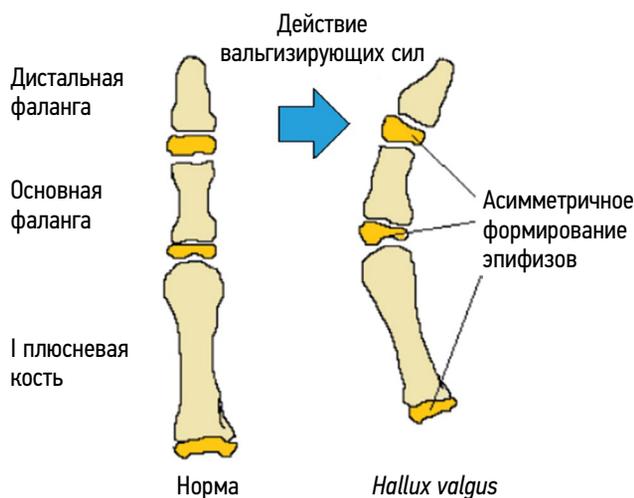


Рис. 1. Действие вальгизирующих сил при эквино-плано-вальгусной деформации стопы, приводящее к асимметричной нагрузке на зоны роста дистальной, проксимальной фаланг I пальца и I плюсневой кости.

что способствует прогрессированию деформации в процессе роста ребенка (рис. 1).

A. Holstein и соавт. [29] на основании наблюдений сделали вывод, что *Hallux valgus* у пациентов с ДЦП развивается на фоне типичной спастической походки, которая проявляется в виде сгибательно-приводящей установки в тазобедренных суставах, сгибательной установки в коленных суставах и эквинусной установки стоп в сочетании с наружной торсией костей голени. По мнению исследователей, такая походка сначала способствует формированию ЭПВДС, а затем уже, при наличии последней, деформации переднего отдела стопы. Кроме того, авторы описали случай формирования *Hallux valgus* и плано-вальгусную деформацию стопы после удлинения сухожилия задней большеберцовой мышцы у пациента с эквино-варусной деформацией стопы.

M. Jenter и соавт. [30] и T.S. Renshaw и соавт. [31] одной из основных причин развития *Hallux valgus* у пациентов с ДЦП считают гиперактивность перонеальных мышц в сочетании с особенностью их нормального анатомического строения, а именно: сухожилие длинной малоберцовой мышцы за счет сухожильного растяжения прикрепляется к кривой головке аддуктора I пальца стопы, который прикрепляется к основанию проксимальной фаланги I пальца. Такая анатомическая особенность, по мнению авторов, при спастичности длинной малоберцовой мышцы приводит к латеральному смещению и вальгусному положению I пальца стопы. Прикрепление аддуктора I пальца к латеральной сесамовидной кости — причина латерального смещения сухожилия короткого сгибателя I пальца стопы, ухудшающая положение I пальца стопы в первом плюсне-фаланговом суставе. С увеличением вальгусной деформации абдуктор I пальца становится несостоятельным, контрагируется латеральная капсула первого плюснефалангового сустава с формированием контрактуры. Наконец, смещенные сухожилия длинного разгибателя

и длинного сгибателя I пальца способствуют еще большему латеральному смещению пальца под или над II пальцем стопы. Нахождение I пальца в вальгусном положении при ходьбе увеличивает действие внешних вальгизирующих сил, что также приводит к прогрессированию деформации.

S.K. de Velde и соавт. [32] исследовали взаимосвязь между уровнем двигательной активности, типом неврологического поражения, клинической и рентгенологической картиной деформации I пальца стопы у пациентов с ДЦП. Авторы пришли к выводу, что у пациентов 2-го и 3-го уровней по GMFCS чаще развивается симптоматический *Hallux valgus*, а у неходячих пациентов с 4-м и 5-м уровнем или с дистонией и смешанным мышечным тонусом — *Hallux flexus*. Данный факт можно объяснить наличием у пациентов 4-го и 5-го уровней по GMFCS функционирующих рефлексов глобальной сгибательной синергии мышц нижних конечностей, приводящих к сгибанию в тазобедренных суставах, коленных суставах, тыльной флексии стопы за счет гиперактивности передней большеберцовой мышцы. Тяга передней большеберцовой мышцы увеличивает разгибание I плюсневой кости, способствуя сгибанию I пальца и развитию *Hallux flexus*. Однако авторы отмечают, что у части пациентов с *Hallux flexus* есть элемент вальгусного отклонения I пальца стопы. Формирование *Hallux valgus* у пациентов с ДЦП с 1-м уровнем по GMFCS без выраженного вальгуса заднего отдела стопы авторы рассматривают как проявление идиопатического подросткового *Hallux valgus*.

Биомеханические исследования при вальгусной деформации I пальца стопы

Результаты подбараграфических исследований оказались достаточно противоречивы. Так, A. Bryant и соавт. [33] у взрослых пациентов с идиопатической формой заболевания и плано-вальгусной деформацией стопы при ходьбе отметили увеличение давления в области переднемедиального отдела стопы в сравнении со здоровыми людьми. Аналогичные результаты представлены M.J. Plank [40]. Напротив, T. Komeda и соавт. [34] и M.J. Mueller и соавт. [35] в схожих исследованиях указали на снижение давления под головкой I плюсневой кости. M. Blomgren и соавт. [39] у пациентов с *Hallux valgus* максимальное давление на подошве стопы определили в проекции V пальца. A.M. Galica и соавт. [38] отмечают уменьшение давления на латеральный отдел стопы у пациентов с идиопатическим *Hallux valgus*, что, по мнению авторов, указывает на сопутствующую плано-вальгусную деформацию стопы. A. Dietze и соавт. [37] выявили смещение проекции центра давления в центральную часть переднего отдела стопы в фазу терминальной опоры у пациентов с идиопатическим *Hallux valgus*. A. Martínez-Nova и соавт. [36] пишут об отсутствии различий по результатам динамического

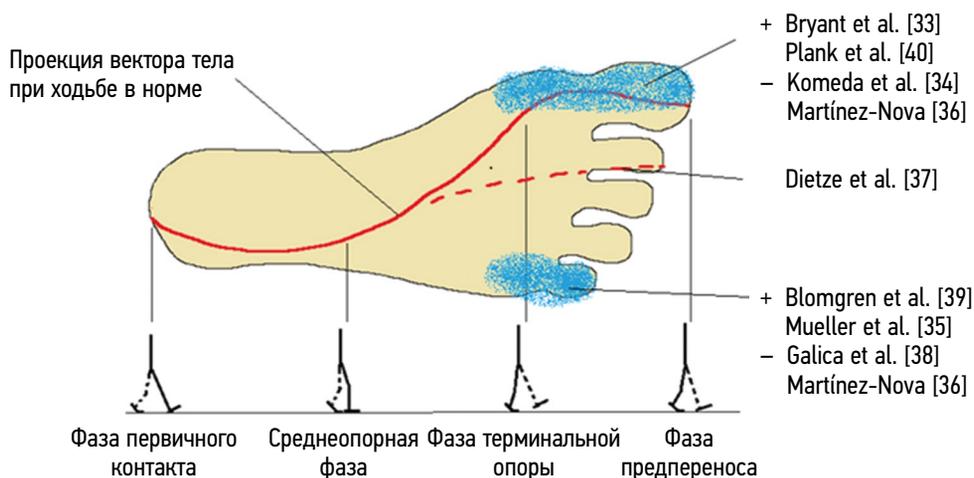


Рис. 2. Результаты подбарографических исследований с определением давления и проекции сил реакции опоры у пациентов с вальгусной деформацией I пальца стопы. «+» — результаты исследований свидетельствуют об увеличении нагрузки на обозначенную область; «-» — результаты исследований свидетельствуют об уменьшении нагрузки на обозначенную область.

подбарографического исследования между группами сравнения: больных с *Hallux valgus* и здоровыми людьми (рис. 2).

При изучении пространственно-временных показателей походки Н.В. Menz и соавт. [41], К. J. Mickle и соавт. [42], J. Taranto и соавт. [43], W.M. Glasoe и соавт. [44] значимых различий между группой пациентов с вальгусной деформацией I пальца и группой здоровых людей не обнаружили. При этом авторы отмечают отсутствие проспективных исследований данной проблемы. Напротив, J. Klugačova и соавт. [45] пришли к выводу, что *Hallux valgus* негативно сказывается на пространственно-временных параметрах походки, кинематических показателях всей нижней конечности и таза в сравнении с группой людей без патологии.

Достоверных доказательств аномальной мышечной активности при данной патологии в литературе обнаружить не удалось. Только К. Shimazaki и соавт. [47] отмечают раннюю активацию и большую активность внутренних мышц стопы, в частности, мышцы, отводящей I палец, короткого сгибателя I пальца, короткого разгибателя I пальца у пациентов с *Hallux valgus* при первичном контакте пятки с поверхностью, объясняя это

необходимостью стабилизации первого луча стопы в связи с его гипермобильностью.

Исследования кинематических параметров отражают значительные отклонения от нормальных угловых показателей движения в суставах нижних конечностей и стопы в различные фазы цикла походки у пациентов с вальгусной деформацией I пальца стопы (табл. 1). Так, в своей работе К. Deschamps и соавт. [51] установили значимую разницу в объеме движений изучаемых суставов между контрольной группой здоровых людей без деформации и группой пациентов с идиопатическим *Hallux valgus*. В группе пациентов с *Hallux valgus* в фазах периода переноса отмечено избыточное разгибание в первом плюсне-фаланговом суставе, избыточное разгибание первого луча стопы по отношению к заднему отделу. Во время фазы терминальной опоры определено уменьшение супинации заднего отдела стопы, а также дорсофлексии в голеностопном суставе. Подобные выводы приведены в работе W.M. Glasoe и соавт. [44]. Уменьшение дорсофлексии в голеностопном суставе у пациентов с *Hallux valgus* в периоде опоры в сравнении с группой здоровых людей также описано S. Hwang и соавт. [50].

Таблица 1. Результаты оценки кинематических показателей в суставах нижних конечностей у пациентов с идиопатической формой вальгусной деформации I пальца стопы в сравнении со здоровыми людьми

| Фазы периода переноса | Начальные фазы периода опоры | Среднеопорная фаза периода опоры | Конечные фазы периода опоры |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Увеличение разгибания первого луча [37] | Увеличение плантарной флексии стопы в голеностопном суставе [51] | Уменьшение дорсофлексии в голеностопном суставе [44, 48–50] | Увеличение разгибания первого луча [51] |
| | | Увеличение разгибания в коленном суставе [48] | Уменьшение дорсофлексии в голеностопном суставе [44, 51] |
| | | Уменьшение абдукции бедра в тазобедренном суставе [48] | Уменьшение супинации заднего отдела стопы [44, 51] |
| | | Уменьшение наклона и ротации таза [48] | |

Ж. Kozakova и соавт. [48] у пациентов с идиопатическим *Hallux valgus* в сравнении с группой здоровых людей отметили увеличение плантарной флексии в голеностопном суставе в начальных фазах периода опоры и уменьшение дорсальной флексии во время среднеопорной фазы, больший угол разгибания в коленном суставе в конце периода переноса; во фронтальной плоскости можно наблюдать уменьшение отведения бедра, а также меньший угол наклона и ротации таза.

Схожие результаты с увеличением плантарной флексии в голеностопном суставе в начале периода опоры у пациентов с ювенильным *Hallux valgus* выявлены М. Januga и соавт. [49].

А. Dietze и соавт. [37] изучали нестабильность первого луча стопы у пациентов с *Hallux valgus* без неврологической патологии. Авторы сделали вывод, что при наличии деформации у первого луча значительно большее разгибание в конечных фазах периода опоры.

М. J. Shereff и соавт. исследовали центры ротации первого плюснефалангового сустава у пациентов с *Hallux valgus* и *Hallux flexus* в сравнении со здоровыми пациентами при ходьбе. У пациентов с вальгусной деформацией I пальца стопы «компрессирующая» фаза движения в первом плюснефаланговом суставе активируется раньше положенного и увеличена во времени. Исследователи объясняют это ограничением сгибания первого луча, что приводит к ограничению разгибания I пальца стопы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то что большинство исследователей напрямую связывают развитие *Hallux valgus* с ЭПВДС, по мнению авторов настоящей статьи, подобный взгляд не отражает полной картины патогенеза, так как не у всех пациентов с ДЦП и ЭПВДС даже с тяжелой степенью формируется *Hallux valgus*. Кроме того, по данным С. Church и соавт. [53] форма стоп у пациентов с ДЦП может улучшаться в процессе роста, тогда как показатели вальгусного отклонения I пальца стопы у данной группы пациентов с возрастом ухудшаются, что отражено в работе J. J. Min и соавт. [54].

Избыточную активность длинной малоберцовой мышцы, имеющей сухожильное растяжение к аддуктору I пальца, можно рассматривать как этиопатогенетический фактор в развитии вальгусной деформации стоп у пациентов с ДЦП. Однако исследование данного механизма требует выполнения игольчатой электронейромиографии с анализом кинематических и кинетических показателей походки у пациентов с ДЦП, что реализовать крайне затруднительно.

Описывая изменения биомеханики нижней конечности при вальгусной деформации I пальца, следует отметить наличие избыточного разгибания первого луча, ограничение супинации стопы или увеличение эверсии стопы,

увеличение разгибания в коленном суставе в конечные фазы периода переноса, уменьшение скорости шага, кинематических амплитудных показателей движений таза.

В норме для осуществления заднего толчка и движения тела вперед необходимо достаточное разгибание в первом плюснефаланговом суставе. Данное движение в полном объеме возможно только при адекватном сгибании или эверсии первого луча стопы. Механизм сгибания первого луча достоверно неизвестен, однако стабилизация компонентов среднего и переднего отделов стопы обеспечивает противодействие силам реакции опоры, локализованным впереди плюснефалангового сустава и оказывающим значительный разгибательный крутящий момент на первый луч стопы и суставы медиальной колонны стопы. Данные механизмы блокировки среднего и переднего отделов стопы активируются последовательно и связаны с супинацией заднего и среднего отделов стопы [55] (рис. 3).

Можно предположить, что развитие *Hallux valgus* при плано-вальгусной деформации стопы формируется как компенсаторный элемент на фоне ограничения тыльной флексии I пальца, прежде всего вызванной изначальным ограничением сгибания и эверсии первого луча на фоне отсутствия адекватной супинации заднего и среднего отделов и невозможности последовательной активации механизмов блокировки стопы. В такой ситуации при продвижении проекции центра тяжести к переднему отделу стопы ограничение тыльной флексии в первом плюснефаланговом суставе будет мешать движению центра масс тела вперед. Это может приводить к активации компенсаторных механизмов, действие которых преимущественно будет заключаться в увеличении или изменении характера движений в смежных суставах. Одним из таких механизмов, возможно, станет формирование вальгусного отклонения I пальца стопы, облегчающее перенос тела вперед. Перегрузка суставов между I плюсневой костью и медиальной клиновидной костью, а также медиальной клиновидной костью и ладьевидной костью в связи с отсутствием костной стабилизации среднего и переднего отделов стопы способствует избыточному разгибанию, абдукции и супинации первого луча стоп, что клинико-рентгенологически может проявляться варусным положением I плюсневой кости, гипермобильностью первого луча стопы и супинацией переднего отдела стопы (рис. 4).

Связь развития вальгусной деформации I пальца с плано-вальгусной деформацией стопы отмечают многие авторы [7–10]. Однако в части работ эти данные не подтверждены [9, 56, 57]. Неоднородность результатов этих исследований может быть обусловлена отсутствием стандартизованного и единого определения плано-вальгусной деформации стопы [58].

С точки зрения биомеханического описания механизма формирования *Hallux valgus* плано-вальгусная деформация стоп может служить ведущим фактором

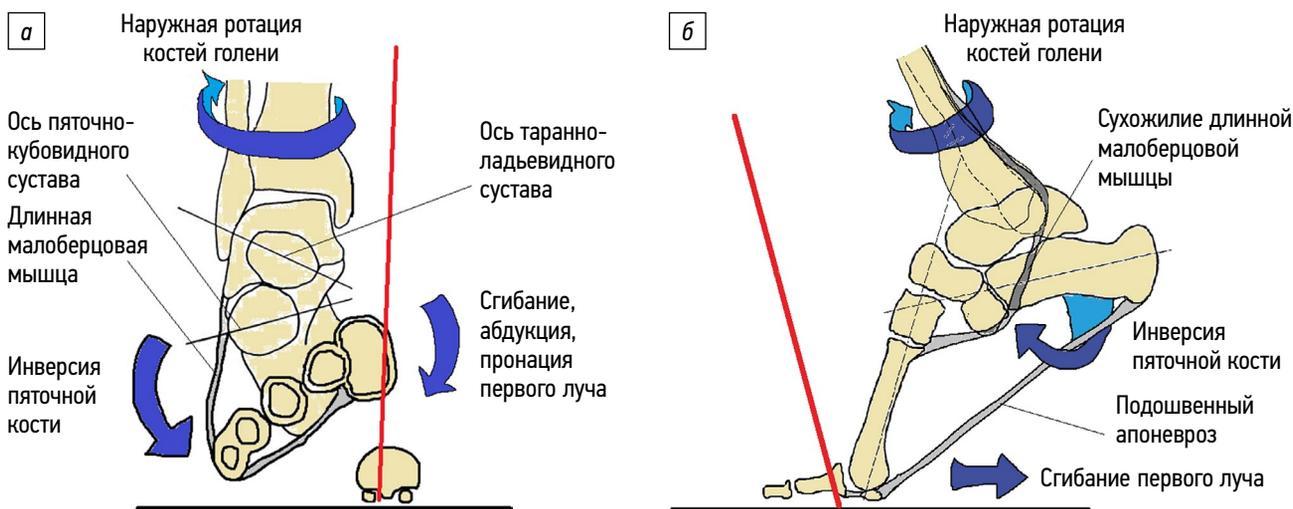


Рис. 3. Положение компонентов среднего и переднего отделов стопы в конечные фазы периода опоры — терминальной опоры и предпереноса, во фронтальной (а) и сагиттальной плоскостях (б) в норме. Красная линия — вектор сил реакции опоры. Супинация пяточной кости, отведение и разгибание таранной кости приводит к нарушению соосности таранно-ладьевидного и пяточно-кубовидного суставов, блокируя движение вокруг осей движения среднетарзального (шопарова) сустава. Супинационное положение кубовидной кости увеличивает сгибательный крутящий момент основания I плюсневой кости относительно основания II плюсневой кости, блокируя разгибательный крутящий момент вектора сил реакции опоры.

в ее развитии. При plano-вальгусной деформации стопы избыточная пронация заднего и среднего отделов стопы не может быть компенсирована по причине малого сектора движения в среднетарзальном суставе, что приводит к ограничению супинации среднего отдела стопы и невозможности активировать механизм блокировки переднего отдела стопы [59, 60].

Следует отметить, что нормальное функционирование всех сегментов стопы зависит от сложного взаимодействия в голеностопном, коленном и тазобедренных

суставах. В литературе описаны особенности кинематических показателей данных суставах при ходьбе у пациентов с идиопатическим *Hallux valgus* в сагиттальной плоскости, но характеристика ротационных движений обнаружена авторами настоящей статьи только в работе K.S. Shih и соавт. [61], в которой исследователи установили наличие избыточной внутренней ротации бедра в конечные фазы периода опоры в группе пациентов с вальгусной деформацией I пальца стопы в сравнении с группой здоровых людей.

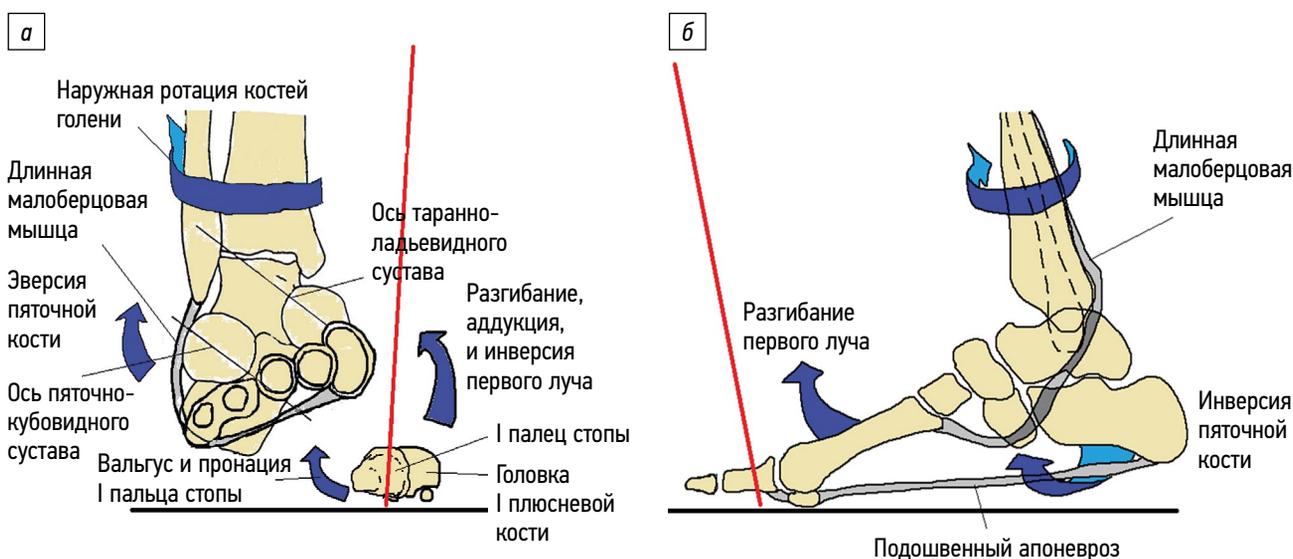


Рис. 4. Положение компонентов среднего и переднего отделов стопы в конечные фазы периода опоры — терминальной опоры и предпереноса, во фронтальной (а) и сагиттальной плоскостях (б) при вальгусной деформации I пальца стопы. Красная линия — вектор сил реакции опоры. Недостаточность супинации заднего и среднего отделов стопы приводит к невозможности противодействовать разгибательному крутящему моменту вектора сил реакции опоры со стороны первого луча стопы, способствуя его инверсии — разгибанию, приведению и супинации, медиального клиновидно-ладьевидного сустава, шопарова сустава, ограничивая разгибание в I плюснефаланговом суставе. Как компенсация ограничения разгибания I пальца стопы может формироваться вальгусное отклонение I пальца стопы.

По мнению авторов настоящей статьи, движения в суставах нижней конечности в горизонтальной плоскости — важный компонент в завершающие фазы периода опоры. При нормальной ходьбе в данные фазы походки отмечена наружная ротация голени, бедра и таза [62], совершаемая содружественно с супинацией стопы. Стоит предположить, что внутриротационные контрактуры и внутриторсионные деформации костей нижних конечностей, характерные для пациентов с ДЦП, могут ограничивать супинацию стопы в опоре и нарушать активацию механизмов блокировки среднего и переднего отделов стопы [63, 64].

Можно сделать вывод, что любая патология, приводящая к изменению работы сложной многозвеньеовой системы нижней конечности с ограничением супинации среднего отдела стопы и сгибания первого луча в конечные фазы периода опоры, может способствовать развитию *Hallux valgus*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эквино-плано-вальгусная деформация стоп у пациентов данной группы может быть важным предрасполагающим фактором развития *Hallux valgus* у пациентов с ДЦП. Любые биомеханические нарушения сложной многозвеньеовой системы нижней конечности, приводящие к ограничению супинации среднего отдела стопы, сгибания и эверсии первого луча и, как следствие, разгибания I пальца стопы может способствовать формированию деформации.

Разнообразие двигательных нарушений, сочетаний контрактур и деформаций у пациентов с ДЦП требует дальнейшего исследования с целью выявления факторов, приводящих к формированию *Hallux valgus*. Результаты данных исследований могут помочь в разработке методов

профилактики и лечения на ранних этапах развития деформации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. В.В. Умнов, Д.С. Жарков — анализ публикаций, написание текста статьи; В.В. Умнов — разработка основной идеи исследования, этапное редактирование текста статьи; В.А. Новиков — поиск и анализ литературных источников, этапное редактирование; Д.С. Жарков — анализ литературных источников, окончательное редактирование, написание текста статьи; Д.В. Умнов — поиск и анализ литературных источников. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, поскольку работа является описательным обзором литературы, новые данные не собирались и не создавались.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали внешний и внутренний рецензенты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Lake NC. The problem of hallux valgus. *Ann R Coll Surg Engl*. 1956;19(1):23–35.
2. Seki H, Miura A, Sato N, et al. Correlation between degree of hallux valgus and kinematics in classical ballet: a pilot study. *PLoS One*. 2020;15(4):e0231015. EDN: SSCZLX doi: 10.1371/journal.pone.0231015
3. Nguyen US, Hillstrom HJ, Li W, et al. Factors associated with hallux valgus in a population-based study of older women and men: the MOBILIZE Boston Study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010;18(1):41–46. doi: 10.1016/j.joca.2009.07.008
4. Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res*. 2010;3:21. EDN: YBRHWN doi: 10.1186/1757-1146-3-21
5. Ferrari J, Hopkinson DA, Linney AD. Size and shape differences between male and female foot bones: is the female foot predisposed to hallux abducto valgus deformity? *J Am Podiatr Med Assoc*. 2004;94(5):434–452. doi: 10.7547/0940434
6. Antrobus JN. The primary deformity in hallux valgus and metatarsus primus varus. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;(184):251–255.
7. Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA. A controlled prospective trial of a foot orthosis for juvenile hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br*. 1994;49(9):146–148.
8. ZaferAtbaşı, Yusuf Erdem, OzkanKose, et al. Relationship between hallux valgus and pes planus: real or fiction? *Foot Ankle Surg*. 2020;59(3):513–517. EDN: SNOXNB doi: 10.1053/j.jfas.2019.09.037
9. Suh DH, Kim HJ, Park JH, et al. Relationship between hallux valgus and pes planus in adult patients. *J Foot Ankle Surg*. 2021;60(2):297–301. EDN: YHUBXI doi: 10.1053/j.jfas.2020.06.030
10. Cacace LA, Hillstrom HJ, Dufour AB, et al. The association between pes planus foot type and the prevalence of foot disorders: the Framingham foot study. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2014;21:166–167. doi: 10.1016/j.joca.2013.02.356
11. Coughlin MJ, Roger A. Mann Award. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int*. 1995;16(11):682–697. doi: 10.1177/107110079501601104
12. Hetherington VJ. *Hallux valgus and forefoot surgery*. New York: Churchill Livingstone; 1994.

13. Arinci Incel N, Genç H, Erdem HR, et al. Muscle imbalance in hallux valgus: an electromyographic study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(5):345–349. doi: 10.1097/01.PHM.0000064718.24109.26
14. Cavalheiro CS, Arcuri MH, Guil VR, et al. Hallux valgus anatomical alterations and its correlation with the radiographic findings. *Acta Ortop Bras*. 2020;28(1):12–15. EDN: KNOA0H doi: 10.1590/1413-785220202801226897
15. Kim PW. Review of anatomical changes in the musculature of the foot as seen in the cadavers study with hallux valgus. *FASEB J*. 2016;30(1):1043–1047.
16. Morton DJ. Hypermobility of the first metatarsal bone: The interlinking factor between metatarsalgia and longitudinal arch strain. *J Bone Joint Surg*. 1928;10:187–196.
17. Klaue K. Hallux valgus – ein Atavismus? *Therapeutische Umschau*. 2004;61(7):407–412. (In German). doi: 10.1024/0040-5930.61.7.407
18. Isidro A, Gonzalez Casanova JC. A glimpse into the evolution of the halluxmetatarsal-metatarsal joint. *Foot Ankle Surg*. 2002;8(3):169–174.
19. Morton DJ. *The human foot*. New York: Hafner University Press; 1964.
20. Lieberson S, Medes DG. Congenital hallux valgus. *Orthopedics*. 1991;14(5):588–594. doi: 10.3928/0147-7447-19910501-14
21. Fabeck LG, Zekhnini C, Farrokh D, et al. Traumatic hallux valgus following rupture of the medial collateral ligament of the first metatarsophalangeal joint: a case report. *J Foot Ankle Surg*. 2002;41(2):125–128. doi: 10.1016/s1067-2516(02)80037-0
22. Bohay DR, Johnson KD, Manoli A 2nd. The traumatic bunion. *Foot Ankle Int*. 1996;17(7):383–387. doi: 10.1177/107110079601700705
23. Johal S, Sawalha S, Paspapula C. Post-traumatic acute hallux valgus: a case report. *Foot (Edinb)*. 2010;20(2–3):87–89. doi: 10.1016/j.foot.2010.05.001
24. Louwerens JW, Schrier JC. Rheumatoid forefoot deformity: pathophysiology, evaluation and operative treatment options. *Int Orthop*. 2013;37(9):1719–1729. EDN: CZOHGK doi: 10.1007/s00264-013-2014-2
25. Matricali GA, Boonen A, Verduyck J, et al. The presence of forefoot problems and the role of surgery in patients with rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis*. 2006;65(9):1254–1255. doi: 10.1136/ard.2005.050823
26. Miller F. *Cerebral palsy*. Springer; 2005. doi: 10.1007/b138647
27. Vitenzon AS. *Patterns of normal and pathological human walking*. Moscow: TsNIIPP; 1998. (In Russ.)
28. Perry J. *Gait analysis: normal and pathological function*. New York, 1992.
29. Holstein A. Hallux valgus: an acquired deformity of the foot in cerebral palsy. *Foot Ankle*. 1980;1:33–38.
30. Jenter M, Lipton GE, Miller F. Operative treatment for hallux valgus in children with cerebral palsy. *Foot Ankle Int*. 1998;19(12):830–835. doi: 10.1177/107110079801901207
31. Renshaw TS, Sirkin RB, Drennan JC. The management of hallux valgus in cerebral palsy. *DMCN*. 1979;21(2):202–208. doi: 10.1111/j.1469-8749.1979.tb01602.x
32. van de Velde SK, Cashin M, Johari R, et al. Symptomatic hallux valgus and dorsal bunion in adolescents with cerebral palsy: clinical and biomechanical factors. *Dev Med Child Neurol*. 2018;60(6):624–628. doi: 10.1111/dmnc.13724
33. Bryant A, Tinley P, Singer K. Radiographic measurements and plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. *Foot*. 2000;10(1):18–22. doi: 10.1054/foot.2000.0581
34. Komeda T, Tanaka Y, Takakura Y, et al. Evaluation of the longitudinal arch of the foot with hallux valgus using a newly developed two-dimensional coordinate system. *J Orthop Sci*. 2001;6(2):110–118. EDN: ATISIV doi: 10.1007/s007760100056
35. Mueller MJ, Hastings M, Commean PK, et al. Forefoot structural predictors of plantar pressures during walking in people with diabetes and peripheral neuropathy. *J Biomech*. 2003;36(7):1009–1017. doi: 10.1016/s0021-9290(03)00078-2
36. Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez R, Pérez-Soriano P, et al. Plantar pressures determinants in mild Hallux Valgus. *Gait Posture*. 2010;32(3):425–427. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.06.015
37. Dietze A, Bahlke U, Martin H, Mittlmeier T. First ray instability in hallux valgus deformity: a radiokinematic and pedobarographic analysis. *Foot Ankle Int*. 2013;34(1):124–130. doi: 10.1177/1071100712460217
38. Galica AM, Hagedorn TJ, Dufour AB, et al. Hallux valgus and plantar pressure loading: the Framingham foot study. *J Foot Ankle Res*. 2013;6(1):42. EDN: KZWNJX doi: 10.1186/1757-1146-6-42
39. Blomgren M, Turan I, Agadir M. Gait analysis in hallux valgus. *J Foot Surg*. 1991;30(1):70–71.
40. Plank MJ. The pattern of forefoot pressure distribution in hallux valgus. *The Foot*. 1995;5(1):8–14. doi: 10.1016/0958-2592(95)90026-8
41. Menz HB, Lord SR. Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2005;26(6):483–489. doi: 10.1177/107110070502600610
42. Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, et al. Gait, balance and plantar pressures in older people with toe deformities. *Gait Posture*. 2011;34(3):347–351. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.05.023
43. Taranto J, Taranto MJ, Bryant AR, et al. Analysis of dynamic angle of gait and radiographic features in subjects with hallux abducto valgus and hallux limitus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2007;97(3):175–188. doi: 10.7547/0970175
44. Glasoe WM, Nuckley DJ, Ludewig PM. Hallux valgus and the first metatarsal arch segment: a theoretical biomechanical perspective. *Phys Ther*. 2010;90(1):110–120. doi: 10.2522/ptj.20080298
45. Klugarova J, Janura M, Svoboda Z, et al. Hallux valgus surgery affects kinematic parameters during gait. *Clin Biomech*. 2016;40:20–26. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.10.004
46. Shereff MJ, Bejjani FJ, Kummer FJ. Kinematics of the first metatarsophalangeal joint. *J Bone Joint Surg Am*. 1986;68(3):392–398.
47. Shimazaki K, Takebe K. Investigations on the origin of hallux valgus by electromyographic analysis. *Kobe J Med Sci*. 1981;27(4):139–158.
48. Kozakova J, Janura M, Sos Z, Svoboda Z. Influence of hallux valgus surgery on pelvis and lower extremities movement during gait. *Acta Univ Palacki Olomuc Gymn*. 2011;41(4):49–54. doi: 10.5507/ag.2011.026
49. Janura M, Cabell L, Svoboda Z, et al. Kinematic analysis of gait inpatients with juvenile Hallux Valgus deformity. *J Biomech Sci Eng*. 2008;3(3):390–398. doi: 10.1299/jbse.3.390
50. Hwang, S, Choi H, Lee K, et al. 3D motion analysis on the Hallux Valgus by using the multisegment foot model. *Key Engineering Materials*. 2006;321–323:988–991. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.321-323.988
51. Deschamps K, Birch I, Desloovere K, et al. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study. *Gait Posture*. 2010;32(1):102–106. EDN: OADHVJ doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.03.017
52. Shereff MJ, Bejjani FJ, Kummer FJ. Kinematics of the first metatarsophalangeal joint. *J Bone Joint Surg*. 1986;68(3):392–398.

- 53.** Church C, Lennon N, Alton R, et al. Longitudinal change in foot posture in children with cerebral palsy. *J Child Orthop.* 2017;11(3):229–236. doi: 10.1302/1863-2548.11.160197
- 54.** Min JJ, Kwon SS, Sung KH, et al. Progression of planovalgus deformity in patients with cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):141. EDN: GXVGIV doi: 10.1186/s12891-020-3149-0
- 55.** Umnov VV, Zharkov DS, Umnov DV, et al. Hallux valgus in children. Biomechanical aspect. Literature review. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2024;12(1):101–116. EDN: ULIRLC doi: 10.17816/PTORS626283
- 56.** Saragas NP, Becker PJ. Comparative radiographic analysis of parameters in feet with and without hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 1995;16(3):139–143. doi: 10.1177/107110079501600306
- 57.** Kim HW, Park KB, Kwak YH, et al. Radiographic assessment of foot alignment in juvenile hallux valgus and its relationship to flatfoot. *Foot Ankle Int.* 2019;40(9):1079–1086. doi: 10.1177/1071100719850148
- 58.** Kenis VM, Dimitrieva AJu, Sapogovskiy AV. The variability of the flatfoot frequency depending on the diagnostic criteria and the method of statistical analysis. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2019;7(2):41–50. EDN: ZVZAWR doi: 10.17816/PTORS7241-50
- 59.** Blackwood CB, Yuen TJ, Sangeorzan BJ, et al. The midtarsal joint locking mechanism. *Foot Ankle Int.* 2005;26(12):1074–1080. doi: 10.1177/107110070502601213
- 60.** Johnson CH, Christensen JC. Biomechanics of the first ray. Part I. The effects of peroneus longus function: a three-dimensional kinematic study on a cadaver model. *J Foot Ankle Surg.* 1999;38(5):313–321. doi: 10.1016/s1067-2516(99)80002-7
- 61.** Shih KS, Chien HL, Lu TW, et al. Gait changes in individuals with bilateral hallux valgus reduce first metatarsophalangeal loading but increase knee abductor moments. *Gait Posture.* 2014;40(1):38–42. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.02.011
- 62.** Levens AS, Inman VT, Blosser JA. Transverse rotation of the segments of the lower extremity in locomotion. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30A(4):859–872.
- 63.** Mahan KT, Jacko J. Juvenile hallux valgus with compensated metatarsus adductus. Case report. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1991;81(10):525–530. doi: 10.7547/87507315-81-10-525
- 64.** Steinberg N, Finestone A, Noff M, et al. Relationship between lower extremity alignment and hallux valgus in women. *Foot Ankle Int.* 2013;34(6):824–831. doi: 10.1177/1071100713478407

ОБ АВТОРАХ

Умнов Валерий Владимирович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-5721-8575;
eLibrary SPIN: 6824-5853;
e-mail: umnovvv@gmail.com

* **Жарков Дмитрий Сергеевич**;
адрес: Россия, 196603, Санкт-Петербург,
Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68;
ORCID: 0000-0002-8027-1593;
e-mail: zds05@mail.ru

Умнов Дмитрий Валерьевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-4293-1607;
eLibrary SPIN: 1376-7998;
e-mail: dmitry.umnov@gmail.com

Новиков Владимир Александрович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-3754-4090;
eLibrary SPIN: 2773-1027;
e-mail: novikov.turner@gmail.com

AUTHORS INFO

Valery V. Umnov, MD, PhD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-5721-8575;
eLibrary SPIN: 6824-5853;
e-mail: umnovvv@gmail.com

* **Dmitriy S. Zharkov**, MD;
address: 64–68 Parkovaya st., Pushkin,
Saint Petersburg, 196603, Russia;
ORCID: 0000-0002-8027-1593;
e-mail: zds05@mail.ru

Dmitriy V. Umnov, MD, PhD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-4293-1607;
eLibrary SPIN: 1376-7998;
e-mail: dmitry.umnov@gmail.com

Vladimir A. Novikov, MD, PhD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-3754-4090;
eLibrary SPIN: 2773-1027;
e-mail: novikov.turner@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author