

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ

УДК 617.586.3:616–021.2:616–07

Обзор

ПЛОСКОСТОПИЕ У ДЕТЕЙ: ЭТИОПАТОГЕНЕЗ И ДИАГНОСТИКА (ОБЗОР)

Т. Ю. Затравкина — НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, врач травматолог-ортопед, кандидат медицинских наук; **С. А. Рубашкин** — НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, старший научный сотрудник отдела инновационных технологий в травматологии и ортопедии, кандидат медицинских наук; **М. М. Дохов** — НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, научный сотрудник отдела инновационных технологий в травматологии и ортопедии, кандидат медицинских наук.

PEDIATRIC FLATFOOT: ETIOPATHOGENESIS AND DIAGNOSTICS (REVIEW)

T. Yu. Zatravkina — Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Candidate of Medical Sciences; **S. A. Rubashkin** — Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, Senior Research Assistant, Candidate of Medical Sciences; **M. M. Dokhov** — Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Department of Innovative Projects in Traumatology and Orthopedics, Research Assistant, Candidate of Medical Sciences.

Дата поступления — 02.08.2018 г.

Дата принятия в печать — 16.08.2018 г.

Затравкина Т. Ю., Рубашкин С. А., Дохов М. М. Плоскостопие у детей: этиопатогенез и диагностика (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал 2018; 14 (3): 389–395.

Продольное плоскостопие — гетерогенная группа состояний, для которых характерно снижение высоты продольного свода стопы. В обзоре анализируются фундаментальные и современные источники литературы, отражающие продолжающуюся дискуссию отечественных и зарубежных специалистов о причинах формирования продольного плоскостопия у детей. Представлены литературные данные о возрастной динамике развития стоп, эпидемиологии плоскостопия в детском возрасте, влиянии плоскостопия на биомеханику стопы и походки. Освещены основные методы диагностики продольного плоскостопия.

Ключевые слова: плоскостопие, дети, этиология, диагностика.

Zatravkina TYu, Rubashkin SA, Dokhov MM. Pediatric flatfoot: etiopathogenesis and diagnostics (review). Saratov Journal of Medical Scientific Research 2018; 14 (3): 389–395.

Longitudinal flatfoot is heterogeneous group of conditions, characterized by a decrease of longitudinal arch height. In mobile flatfoot, this decrease is dynamic, it occurs under vertical load and proceeds asymptotically. Specialists should pay attention to the "pathological" flatfoot developing with pain syndrome or causing severe gait disturbance. The review analyzes the fundamental and current opinions of local and foreign researchers on the development of flatfoot in children. Literatural data of age dynamics of foot development, epidemiology of flatfoot in childhood, the influence of flatfoot on the foot and gait biomechanics and basic diagnostic methods are presented.

Key words: flatfoot, children, etiology, diagnostics.

Введение. Одной из наиболее частых жалоб родителей на приеме у детского ортопеда остается «плоскостопие». С точки зрения некоторых родителей и педиатров, плоскостопие является заболеванием и требует лечения уже по факту своего существования. В среде специалистов также не угасает полемика о влиянии плоской стопы на состояние здоровья в целом, не существует консенсуса о методах наблюдения и лечения. Остается открытым вопрос о том, насколько физиологичны мобильные формы плоскостопия, считать ли их вариантом нормы или

признаком заболевания. В среде отечественных специалистов до сих пор не угасает дискуссия о природе продольного плоскостопия у детей и подростков, а также о влиянии уплощения продольного свода стопы на биомеханику нижних конечностей в целом. Кроме того, существует некоторая методологическая путаница определений: статическое уплощение стоп трактуется ортопедами как «продольное плоскостопие», «плоско-вальгусные стопы» или «статическое плоскостопие». В зарубежных источниках литературы наиболее часто встречается термин «flexible flatfoot» [1–4], который можно перевести как «мобильная плоская стопа» или «мобильное плоскостопие».

В настоящее время на базе отдела инновационных технологий в травматологии и ортопедии На-

Ответственный автор — Затравкина Татьяна Юрьевна
Тел.: +7 (905) 3880494
E-mail: sarniito@yandex.ru

учно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии СГМУ им. В.И. Разумовского проводится работа на тему: анализ морфофункциональных нарушений стопы у детей при статической деформации, определение характера электронейрофизиологических и биомеханических изменений на этапах лечения статической деформации стоп, выявление высокоинформативных доказательных критериев и определение их значимости при выборе рациональной системы лечебных мероприятий и последующего динамического контроля. В результате проводимого исследования планируется разработать систему поддержки принятия решений для выбора рациональной тактики лечения с оценкой его эффективности у детей со статическими деформациями стоп.

Данный обзор литературы отражает наш взгляд на природу плоскостопия у детей, в нем рассмотрены клинические и анатомические аспекты формирования стопы. В основу обзора положен анализ фундаментальных и современных литературных источников баз данных: National Center for Biotechnology Information, ResearchGate, посвященных эпидемиологии, этиопатогенезу плоскостопия у детей, методам его диагностики.

Эпидемиология. Плоскостопие («flatfoot») встречается у 35% мальчиков и 20% девочек в возрасте от 5 до 13 лет, при этом распространенность плоскостопия находится в прямой зависимости с наличием у ребенка избытка веса: плоскостопие встречается у 27% детей с нормальным индексом массы тела (ИМТ), у 31% с избыточным весом (ИМТ: 17,2–22,6 кг/м²) и у 56% детей с ожирением (ИМТ: 19,2–27,8 кг/м²). По другим данным, 30,9% детей в возрасте от 3 до 5 лет имеют клинические признаки плоскостопия, по сравнению с 17,3% детей старше 6 лет [1–4]. Следует учитывать возможные факторы риска, предрасполагающие к развитию плоскостопия, такие как возраст пациента (в дошкольном возрасте плоскостопие встречается чаще, чем у школьников и подростков), телосложение, состояние (слабость) связочного аппарата, наследственность, возраст начала ношения обуви [12–14].

Классификация. Выделяют две основные формы плоскостопия: мобильную и ригидную; помимо этого, мобильная форма подразделяется на физиологическую и нефизиологическую (патологическую) [5–7].

В большинстве случаев мобильная форма может считаться вариантом нормы и не требует специального лечения [8–9], характеризуется нормальной высотой подсводного пространства без нагрузки и снижением высоты при вертикальной нагрузке, протекает как бессимптомно, так и сопровождается жалобами. Ригидные формы плоскостопия характеризуются стойким снижением высоты продольного свода стопы при опоре на стопу и в отсутствие нагрузки [10, 11]. Формирование ригидной формы плоскостопия часто происходит на фоне врожденных аномалий развития стоп («стопа-качалка»: врожденное вертикальное положение таранной кости) и тарзальных коалиций или вследствие ятрогенного вмешательства. Необходимо помнить, что мобильные формы плоскостопия в большинстве случаев не трансформируются в ригидные. Отличие нефизиологического течения плоскостопия состоит в том, что со временем наблюдается прогрессирование деформации (а не стабилизация), которое сопровождается нарушениями походки и жалобами. Плоская стопа может быть изолированным

идиопатическим состоянием или частью различных клинических синдромов, которые являются результатом нервно-мышечных аномалий, генетических заболеваний или коллагенопатий, системных заболеваний (ревматоидные артриты). Одной из причин ригидных форм плоскостопия в раннем возрасте являются тарзальные коалиции — нарушение дифференцировки костей стопы во внутриутробном периоде, проявляющееся их патологическим сращением. В 48% случаев это коалиция между пяточной и таранной костями. Часто тарзальные коалиции проявляют себя безболезненным уменьшением объема движений в подтаранном суставе, но с возрастом, по мере оссификации, по достижении 12–16 лет, пациентов начинает беспокоить болевой синдром [14].

Этиопатогенез плоскостопия. В стопе условно выделяют две части: медиальную и латеральную колонны. Медиальная колонна представлена таранной, ладьевидной, тремя клиновидными костями и тремя медиальными лучами. Латеральная колонна представлена пяточной, кубовидной костями и двумя наружными лучами [15].

Большинство исследователей согласны с тем, что уплощение продольного свода стопы, лежащее в основе плоскостопия, сопровождается аномальной нагрузкой на медиальную колонну, что приводит к ослаблению или дисфункции связочных и сухожильных стабилизаторов медиальной колонны, в результате чего формируются деформации, определяемые как клинически, так и рентгенологически.

Стопа новорожденного ребенка в норме плоская. Продольный свод развивается в возрасте 2–5 лет [16], по другим данным, в 7–10 лет [17], после начала инволюции жирового тела стопы, которая предположительно происходит после формирования устойчивой самостоятельной ходьбы [17]. Бессимптомное мобильное плоскостопие встречается у большинства детей в возрасте от 1,5 до 4 лет. Варусная ось костей голени у детей до 2 лет является физиологическим состоянием и вместе с тем обуславливает изменение угла между осью большеберцовой кости и плоскостью опорной поверхности. В результате для сопоставления медиальной колонны стопы с опорой необходима установка стопы в пронационном положении. У детей старше двух лет ось нижней конечности принимает вальгусное положение, поэтому установка стоп в положение пронации становится более очевидной, а кроме того, у большинства детей наблюдается паттерн ходьбы с установкой стоп в позиции наружной ротации. Такая позиция направляет длинную ось стопы латерально по отношению к вектору движения и разворачивает вперед медиальный край стоп. Существует ошибочное мнение, что пронация стоп приводит к абдукционному положению стоп. Напротив, абдукционное положение в большей степени обусловлено ротацией костей голени выше уровня голеностопного сустава [17].

Таким образом, плоскостопие следует рассматривать не только как нарушение статического положения голеностопного сустава и элементов стопы, но и как динамическую функциональную дезорганизацию нижних конечностей [17, 18].

Ходьба ребенка «созревает» приблизительно к 7 годам, поскольку к этому периоду сенсорная, двигательная и костно-суставная система достигают достаточной степени развития. Уже у новорожденных детей определяется рефлекс автоматической ходьбы: при создании контакта стопы ребенка с горизонтальной поверхностью при наклоне туловища

вперед наблюдаются последовательные движения нижних конечностей, напоминающие ходьбу [18]. Это врожденный рефлекс, который угасает в течение первых месяцев жизни и является признаком незрелости центральной нервной системы, поскольку отсутствует способность к поддержанию равновесия и направленному движению.

К окончанию первого года жизни формируется самостоятельная ходьба вскоре после приобретения способности к поддержанию вертикальной позы, которую можно охарактеризовать как «незрелую»: одновременная активность мышц флексоров и экстензоров предопределяет одновременное участие в движении всех суставов нижних конечностей; при проведении электронейромиографии зафиксировано участие большинства мышц в течение всего цикла ходьбы. Опорная база при ходьбе шире, при меньшей длине шага начальный контакт с поверхностью происходит за счет всей поверхности стопы, а не за счет пятки. Типичное для зрелого типа ходьбы сокращение передней большеберцовой мышцы в конце фазы толчка в этом случае заменяется сокращением трехглавой мышцы голени, что обуславливает опору на передний отдел стопы. Голеностопный сустав находится в подошвенном сгибании во время соприкосновения с поверхностью в течение всей опорной фазы. В фазе переката стопы нижняя конечность пребывает в наружной ротации, в фазе опоры отмечается минимальное сгибание коленного сустава. Маятникообразные движения верхних конечностей отсутствуют и заменяются фиксированным положением сгибания и отведения, что, по-видимому, способствует поддержанию равновесия. Колебания туловища при ходьбе происходят во фронтальной плоскости. Продолжительность шагового цикла короче, чем у взрослых (около 0,83 сек в возрасте 3–4 лет, по сравнению с 1 сек), ритм походки выше, при одновременном снижении скорости и укорочении длины шага. «Созревание» ходьбы происходит в возрасте 7 лет, когда паттерн приближается к таковому у взрослых, в этом возрасте ребенок обретает способность сознательно контролировать длину шага, скорость и ритм ходьбы, активно приспосабливаясь к неровностям поверхности [19].

Существуют две основные теории развития мобильного плоскостопия. По мнению Duchenne G. V., правильная и координированная деятельность мышц голени и стопы достаточна для поддержания продольного свода стопы, за развитие плоскостопия ответственна субклиническая слабость мышц [19, 20]. Эта теория опровергается результатами электромиографического исследования мышц голени и стопы, согласно которому состояние продольного свода стопы обусловлено в большей степени особенностями костного и связочного аппарата, а задача мышц — это сохранение баланса при ходьбе и адаптация стопы к неровной поверхности. Данная теория предполагает, что форма продольного свода стопы при статических нагрузках зависит от формы и взаимоотношений костей, эластичности и растяжимости связок. Снижение высоты продольного свода стопы является следствием смещения нагрузки на сторону медиальных отделов стопы в положении стоя и при ходьбе [21, 22]. Mann R. и Inman V. T. придерживаются мнения, что мышечная активность не может поддерживать свод стопы в условиях статической нагрузки весом тела [23–25].

Одной из функций стопы является обеспечение телу стабильной, но гибкой опоры, которая адаптиру-

ется в структуре поверхности во время ранней фазы ходьбы, а затем преобразуется в жесткий рычаг в фазу отталкивания. Некоторые авторы представляют взаимоотношение костей среднего и заднего отделов стопы как шарнирный механизм [23–25]. Однако для полного понимания необходимо рассмотреть форму, структуру, взаимоотношения и движения подтаранного сустава. Подтаранный сустав состоит из трех костей (если не включать в него кубовидную кость), нескольких связок и капсул, которые функционируют как единое целое. Подтаранный сустав имеет некоторое сходство с тазобедренным за счет наличия шаровидной суставной поверхности (головка таранной кости) и чашеобразной поверхности, состоящей из ладьевидной кости, пяточно-ладьевидной связки, передней поверхности пяточной кости и ее фасеток («acetabulum pedis»), при этом не является соединением по типу шарнира, хотя полная амплитуда движений в подтаранном и голеностопном суставе могут создавать подобное ощущение [26]. Плоскость этих движений занимает косое положение, среднее между фронтальной, сагиттальной и горизонтальной. Эта плоскость создает движения, наиболее точно описываемые терминами «инверзия» и «эверзия». В случае тазобедренного сустава неподвижной структурой является вертлужная впадина (округлое углубление), в случае подтаранного сустава — головка таранной кости (шаровидное образование). Инверзия включает в себя сгибание стопы, супинацию и внутреннюю ротацию в «acetabulum pedis» вокруг головки таранной кости. Фиксированная инверзия стопы встречается при врожденной косолапости и приобретенной кавоварусной деформации стоп. Эверзия является сочетанием дорзифлексии стопы, пронации и наружной ротации вокруг головки таранной кости [27].

Фиксированное вальгусное положение заднего отдела стопы наблюдается при плоскостопии и врожденном приведении переднего отдела стоп. Большеберцовая и таранная кости находятся в положении внутренней ротации во время опорной фазы ходьбы, в то время как подтаранный сустав развернут в положение эверзии. Головка таранной кости переходит в положение плантофлексии, стопа при этом становится более гибкой и уплощенной. В поздний период опорной фазы ходьбы большеберцовая и таранная кости находятся в положении наружной ротации, а «acetabulum pedis» в инверзии, что обеспечивает поддержку головки таранной кости. Таранная кость фиксируется в положении дорзифлексии, стопа в целом становится более ригидной. Это уменьшает нагрузку на мышцы и связки во время фазы отталкивания. Уплотнение стопы начинается в опорную фазу, в положении эверзии, когда стопа не становится полностью ригидной, и превращается в перевернутый рычаг во время поздней опорной фазы стопы [28]. По мнению Mann R. и Inman V. T., для стабилизации стопы в этом случае создается повышенная нагрузка на мышцы, что может привести к усталости и болевому синдрому, которые часто беспокоят пациентов с плоскостопием [28]. В этом положении подтаранный сустав находится в разгибании и наружной ротации, средний отдел стопы отведен, передний отдел супинирован по отношению к заднему отделу. Все эти трехмерные взаимоотношения компонентов стопы лучше всего описываются термином «плоскостопие» [29].

В процессе роста стопа ребенка претерпевает значительные изменения: происходит оссификация костей, рост продольного и поперечного сводов, раз-

вивается механизм адаптации стопы к вертикальным нагрузкам.

Диагностика. Для оценки выраженности деформации стопы используются клинические критерии, а также ряд инструментальных методов обследования (плантография, рентгенография, рентгенометрия). В качестве дополнительных методов обследования предлагаются мультиспиральная компьютерная томография и магнитно-резонансная томография.

В клинических рекомендациях Ассоциации травматологов-ортопедов России от 2013 г. основными методами диагностики названы рентгенография стоп и биомеханическое обследование [30]. Такой объем обследования является, с нашей точки зрения, недостаточным, его необходимо дополнять клиническим осмотром. В зарубежных источниках литературы в качестве одного из методов диагностики рекомендуется выполнять плантографию.

Клинический осмотр. Основой диагностики плоскостопия остается клинический осмотр ребенка, при котором производится обследование всего опорно-двигательного аппарата и выявляются нарушения походки. При оценке состояния нижних конечностей и стоп важную роль играет возраст пациента, а также мобильность или ригидность деформации. Исследования подтверждают, что развитие продольного свода стопы продолжается в течение первых десяти лет жизни и частота развития плоскостопия имеет обратную зависимость от возраста ребенка и прямую — от веса тела [31]. Для определения мобильности деформации следует прибегать к клиническим и мануальным тестам [32]. При опросе пациента (или его родителей) необходимо выяснить семейный анамнез.

Для определения тяжести плоскостопия при клиническом осмотре используются следующие методы: визуальный осмотр, тест Jack (рычажный тест первого пальца), проба «вставания на цыпочки» (проба Штритера), тест укорочения ахиллова сухожилия. При визуальном осмотре оцениваются: конфигурация стопы, выраженность продольного и поперечного свода, наличие натоптышей, омололенности в области среднего отдела стопы, высота подсводного пространства без нагрузки и в положении стоя, амплитуда движений в голеностопном суставе (сгибание и

разгибание). Проба Jack выполняется в положении стоя с полной физиологической нагрузкой. Рукой врача производится пассивное разгибание первого пальца, при этом происходит натяжение длинного сгибателя первого пальца и подошвенного апоневроза, увеличение высоты продольного свода. Тест считается положительным при отсутствии увеличения высоты продольного свода и уменьшения вальгусного отклонения заднего отдела стопы. Функциональное состояние заднего отдела стопы определяется по взаиморасположению продольной оси ахиллова сухожилия и вертикальной оси пяточного бугра. В норме линия, проходящая через середину ахиллова сухожилия и центр пяточного бугра, должна располагаться вертикально или иметь незначительное (около 6°) вальгусное отклонение. Для проведения пробы Штритера необходимо попросить пациента выполнить опору на передний отдел стоп (встать на носки) в положении стоя на плоской поверхности в течение нескольких секунд, оценивая при этом положения заднего отдела стопы непосредственно во время и после фиксации подъема в крайней точке. В норме при выполнении пробы пятка из вальгусного положения переходит в положение супинации и занимает нейтральное положение или наблюдается небольшое варусное отклонение. Тест на определение укорочения ахиллова сухожилия выполняется в положении пациента сидя, нижняя конечность находится в положении разгибания в коленном суставе, после чего производится разгибание стопы, находящейся в нейтральном положении, в голеностопном суставе. Если отмечается сгибательная контрактура голеностопного сустава с дефицитом разгибания (до 90°), констатируется укорочение ахиллова сухожилия [31, 32]. Для исследования конституциональной слабости связочного аппарата используется шкала Beinton — балльная система оценки гипермобильности суставов конечностей [34].

Плантографическое исследование. Помимо описанных клинических тестов при диагностике ригидных форм плоскостопия на фоне тарзальных коалиций был предложен способ мануальной диагностики путем выполнения пассивной эверзии и инверсии стопы: при фиксации руками переднего и

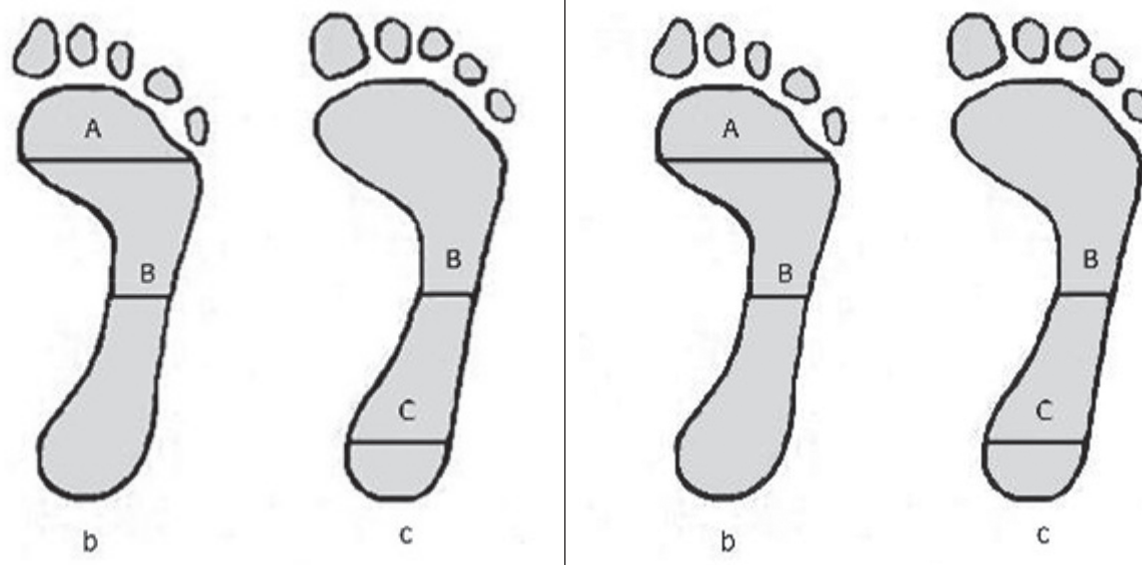


Рис. 1. Методика расчета: *слева* — индекса Chippaux-Smirac; *справа* — индекса Staheli

заднего отделов стопы определяется амплитуда данных движений [34].

Одним из наиболее доступных инструментальных методов определения степени уплощения продольного свода стопы остается плантография [34]. Специалисты охотно прибегают к этому методу, поскольку, в отличие от рентгенографии, плантография не несет пациенту лучевой нагрузки. Многие исследователи используют индексы Staheli и Chippaux — Smirac для оценки результатов. Отношение наибольшей ширины стопы в переднем отделе к наименьшей ширине в области продольного свода на платограмме известно как индекс Chippaux — Smirac (рис. 1 *слева*). Индексом Staheli называются соотношения между шириной отпечатка стопы в области среднего отдела стопы к ширине заднего отдела стопы (в области пятки) (рис. 1 *справа*). Данные показатели позволяют судить о протяженности и форме продольного свода стопы, степени его уплощения, площади контактной поверхности стоп [35].

Рентгенографическое исследование. Тяжесть деформации при плоскостопии, определяемая на рентгенограммах, мало коррелирует с симптомами, т.е. некоторые случаи с выраженными рентгенографическими изменениями могут быть бессимптомными, тогда как другие случаи легкой деформации могут сопровождаться выраженной симптоматикой. Очень важно выявление ранних рентгенологических признаков плоскостопия.

Плоскостопие является сложной аномалией, сопровождающейся деформацией костных структур стопы и нарушением взаимоотношений в суставах стопы в трех плоскостях. Для упрощения рентгенологической оценки трехмерную деформацию представляют как три двумерных компонента: уплощение продольного свода, вальгусное отклонение заднего отдела стопы, отведение переднего отдела стопы

[36, 37]. Каждый из этих компонентов оценивается на рентгенограммах в прямой и боковой проекции.

Угол покрытия головки таранной кости (Talonavicular coverage angle). Этот показатель позволяет определить пространственное взаимоотношение ладьевидной кости и головки таранной кости, которое отражает степень отведения переднего отдела стопы по отношению к среднему. Измерение производится по рентгенограммам стоп, выполненным в прямой (передне-задней проекции) с нагрузкой. Для определения угла покрытия головки таранной кости необходимо определить угол между двумя линиями, одна из которых соединяет края суставной поверхности головки таранной кости, вторая — края суставной поверхности (обращенной к таранной кости) ладьевидной кости (рис. 2 *слева*). Угол более 7° указывает на подвывих головки таранной кости (рис. 2 *справа*) [38, 39].

Таранно-плюсневый угол (Lateral talar — 1st metatarsal angle). Один из самых часто используемых рентгенографических показателей, обозначающий уплощение продольного свода стопы — таранно-плюсневый угол (талометатарзальный угол, угол Meary) [40]. Этот угол образован длинной осью таранной кости и осью первой плюсневой кости. Измеряется на рентгенограммах стоп, выполненных в боковой проекции с нагрузкой.

В норме ось средней линии таранной кости находится на одной линии с осью первой плюсневой кости. Угол, превышающий 4° , считается признаком уплощения продольного свода стопы (рис. 3 *слева, справа*), угол $15\text{--}30^\circ$ является показателем умеренного уплощения стопы, угол более 30° — значительного выраженного плоскостопия [41].

Угол наклона пяточной кости (Calcaneal pitch). Измерение проводят на рентгенограммах, выполненных в боковой проекции с нагрузкой. Угол образован

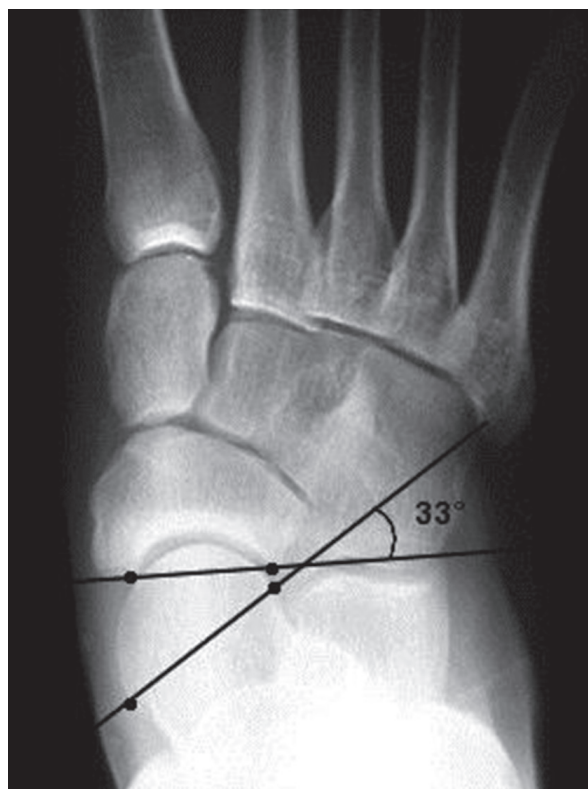


Рис. 2. Угол покрытия головки таранной кости (TCA): *слева* — в норме; *справа* — при плоскостопии

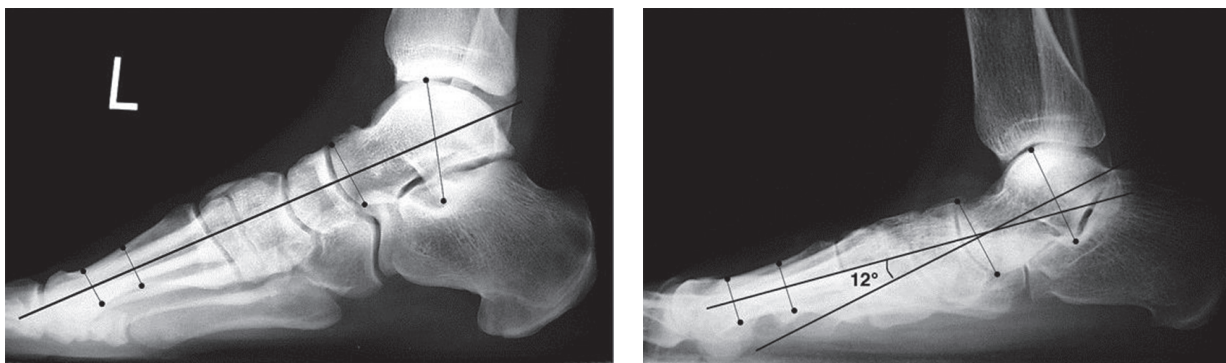


Рис. 3. Таранно-плюсневый угол: *слева* — в норме; *справа* — при плоскостопии

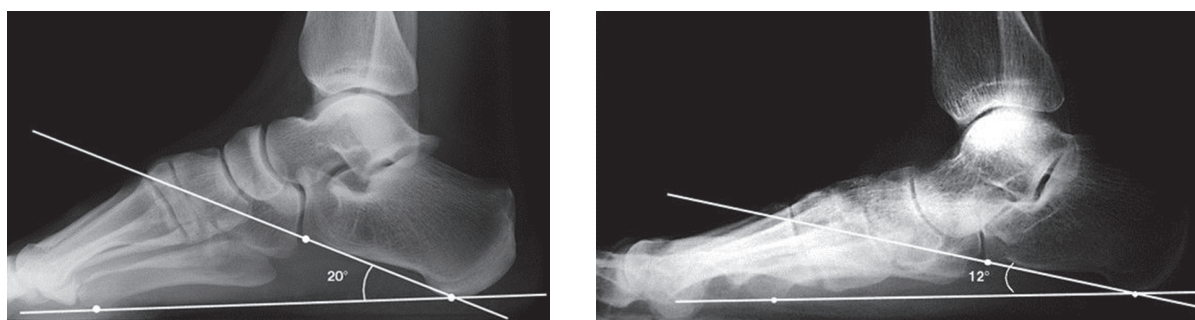


Рис. 4. Угол наклона пяточной кости: *слева* — в норме; *справа* — при плоскостопии

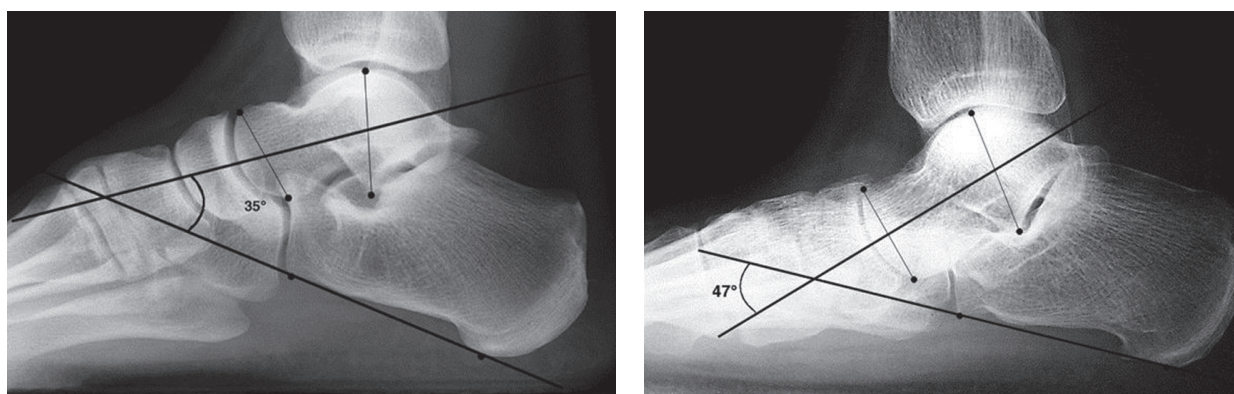


Рис. 5. Таранно-пяточный угол: *слева* — в норме; *справа* — при плоскостопии

касательной к нижней поверхности пяточной кости и горизонтальной линией (линия, соединяющая нижнюю точку пяточного бугра и нижнюю точку головки плюсневой кости) (рис. 4 *слева, справа*). Показатель наклона пяточной кости в пределах от 17 до 32° является нормальным [41].

Таранно-пяточный угол (*Lateral talocalcaneal angle*). Угол образован пересечением касательной линии к нижней поверхности пяточной кости и продольной осью таранной кости. Определяется по рентгенограммам в боковой проекции, выполненным с нагрузкой. Нормальный диапазон составляет 25–45° (рис. 5 *слева*). Угол, превышающий 45°, указывает на наличие вальгусного компонента плоскостопия (рис. 5 *справа*) [41].

Заключение. Уплотнение продольного свода стоп у детей — это процесс, являющийся результатом

воздействия многих факторов, в том числе наследственных, таких как слабость связочного аппарата, коллагенопатия, системные заболевания; конституциональных, таких как ожирение, неврологическая патология, а также врожденного порока развития стоп (тарзальные коалиции, врожденное вертикальное положение таранной кости). Плоскостопие у детей раннего возраста, при повышенной эластичности элементов связочного аппарата, является вариантом нормы. Наиболее информативно рентгенографическое исследование, оно позволяет выявить врожденные пороки развития стоп, оценить взаимоотношения костных структур.

Конфликт интересов. Работа выполнена в рамках государственного задания НИИТОН ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России

«Разработка системы поддержки принятия решений при лечении статической деформации стоп у детей». Регистративный номер АААА-А18-118020290180-6.

Авторский вклад: написание статьи — Т.Ю. Затравкина, С. А. Рубашкин, М.М. Дохов; утверждение рукописи для публикации — Т.Ю. Затравкина.

References (Литература)

- Chen JP, Chung MJ, Wang MJ. Flatfoot prevalence and foot dimensions of 5- to 13-year-old children in Taiwan. *Foot Ankle Int* 2009; 30 (4): 326–32.
- Vergara-Amador E, Serrano Snchezad RF, Correa Posadaad JR, et al. Prevalence of flatfoot in school between 3 and 10 years: Study of two different populations geographically and socially. *Colombia Medica* 2012; 43 (2): 141–6.
- Chang JH, Wang SH, Kuo CL, et al. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr* 2010; 169 (4): 447–52.
- Abolarin T, Aiyegbusib A, Tella A, Akinboa S. Predictive factors for flatfoot: the role of age and footwear in children in urban and rural communities in South West Nigeria. *Foot (Edinb)* 2011; 21 (4): 188–92.
- Harris RI, Beath T. Hypermobil flatfoot with short tendo Achilles. *J Bone Joint Surg Am* 1948; 30A (1): 116–40.
- Sapogovsky AV, Kenis VM. Clinical diagnostic of rigid forms of planovalgus foot deformities in children. *Russian traumatology and orthopedics* 2015; 4: 46–51. Russian (Сапоговский А.В., Кенис В.М. Клиническая диагностика ригидных форм плановальгусных деформаций стоп у детей. *Травматология и ортопедия России* 2015; 4: 46–51).
- Blakemore LC, Cooperman DR, Thompson GH. The rigid flatfoot: tarsal coalitions. *Clin Podiatr Med Surg* 2000; 17 (3): 531–55.
- Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *J Foot Ankle Int* 1990; 11 (2): 101–4.
- Chang CH, Chen YC, Yang WT et al. Flatfoot diagnosis by a unique bimodal distribution of footprint index in children. *PLoS One* 2014; 9 (12): e115808.
- Cowell HR, Elener V. Rigid painful flatfoot secondary to tarsal coalition. *Clin Orthop Relat Res* 1983; 177: 54–60.
- Cass AD, Camasta CA. A review of tarsal coalition and pes planovalgus: clinical examination, diagnostic imaging, and surgical planning. *J Foot Ankle Surg* 2010; 49 (3): 274–93.
- Warren MJ, Jeffree MA, Wilson DJ, Maclarnon JC. Computed tomography in suspected tarsal coalition: examination of 26 cases. *Acta Orthop* 1990; 61 (6): 554–7.
- Jayakumar S, Cowell HR. Rigid flatfoot. *Clin Orthop Relat Res* 1977; 122: 77–84.
- DiGiovanni JE, Smith SD. Normal biomechanics of the adult rearfoot: a radiographic analysis. *J Am Podiatry Assoc* 1976; 66 (11): 812–24.
- Evans AM, Rome KA. Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehab Med* 2011; 47 (1): 69–89.
- Bahler A. Insole management of pediatric flatfoot. *Orthopade [in German]*. 1986; 15 (3): 205–11.
- Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg* 2004; 43 (6): 341–73.
- Fedrizzi E. The disorders of motor development: Physiopathology, diagnostic evaluation, clinical trials, rehabilitation / I disordini dello sviluppo motorio. *Fisiopatologia. Valutazione diagnostica. Quadri clinici. Riabilitazione*. Piccin, Milan 2009; 368 p.
- Duchenne GB. *Physiology of motion*. Philadelphia: WB Saunders, 1959; 337 p.
- Basmajian JV, Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot: An electromyographic study. *J Bone Joint Surg Am* 1963; 45: 1184–90.
- Gray EG, Basmajian JV. Electromyography and cinematography of leg and foot ("normal" and flat) during walking. *Anat Rec* 1968; 161: 1–15.
- Mann R, Inman VT. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *J Bone Joint Surg Am* 1969; 46: 469–81.
- Inman VT. *The joints of the ankle*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1976; 272 p.
- Mann RA. Biomechanics of the foot and ankle. In: Mann RA (ed.). *Surgery of the foot*. St. Louis: CV Mosby, 1986, p. 1–30.
- Scarpa A. A memoir on the congenital club feet of children, and of the mode of correcting that deformity. Translated by Wishart JH. *Clin Orthop Relat Res* 1994; 308: 4–7.
- DuMontier TA, Falicov A, Mosca V, Sangeorzan B. Calcaneal lengthening: investigation of deformity correction in a cadaver flatfoot model. *Foot Ankle Int* 2005; 26 (2): 166–70.
- Close JR, Inman V.T. The function of the subtalar joint. California Prosthetic Devices Research Report 1967; 50: 159–79.
- Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. *J Child Orthop* 2010; 4 (2): 107–21.
- Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. The feet of overweight and obese young children: are they flat or fat? *Obesity* 2006; 14 (11): 1949–53.
- Kenis VM, Sapogovsky AV. Treatment of children with planovalgus feet deformities: Clinical recommendations, apps. by Association of traumatologists and orthopedists of Russia, 24.04.2014; p. 5–8. Russian (Кенис В.М., Сапоговский А.В. Лечение детей с плановальгусными деформациями стоп: Клинические рекомендации, утвержденные на Президиуме АТОР 24.04.2014. Москва, 2014; с. 5–8).
- Yagerman SE, Cross MB, Positano R, et al. Evaluation and treatment of symptomatic pes planus. *Curr Opin Pediatr* 2011; 23 (1): 60–7.
- Boltrukevich SI, Tishkovskij VG, Karev BA, et al. Complex diagnostics and orthopedic correction of foot pathology: Usage guidance, appr. by the Ministry of Health of Belarus Republic 24.03.2003, №165–1202. Grodno, 2003; p. 6–11. Russian (Болтрукевич С. И., Тишковский В.Г., Карев Б.А. и др. Комплексная диагностика и ортопедическая коррекция патологии стоп: Инструкция по применению, утв. М-вом здравоохр. РБ 24.03.2003 №165–1202. Гродно, 2003; с. 6–11).
- Beighton PH, Horan F. Orthopedic aspects of the Ehlers-Danlos syndrome. *J Bone Joint Surg [Br]* 1969; 51: 444–53.
- Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Clinical and radiologic measurements and 3-D gait analysis in children with pes planus. *Pediatric international* 2009; 51 (2): 201–5.
- Kitaoka HB, Luo ZP, An KN. Three-dimensional analysis of flatfoot deformity: cadaver study. *Foot Ankle Int* 1998; 19 (7): 447–51.
- Anderson JG, Harrington R, Ching RP, et al. Alterations in talar morphology associated with adult flatfoot. *Foot Ankle Int* 1997; 18 (11): 705–9.
- Sangeorzan BJ, Mosca V, Hansen ST. Effect of calcaneal lengthening on relationships among the hindfoot, midfoot, and forefoot. *Foot Ankle* 1993; 14 (3): 136–41.
- Meary R. On the measurement of the angle between the talus and the first metatarsal. Symposium: Le Pied Creux Essential. *Rev Chir Orthop* 1967; 53: 389.
- Chi TD, Toolan BC, Sangeorzan BJ, et al. The lateral column lengthening and medial column stabilization procedures. *Clin Orthop Relat Res* 1999; (365): 81–90.
- Pedowitz WJ, Kovatis P. Flatfoot in the Adult. *J Am Acad Orthop Surg* 1995; 3 (5): 293–302.
- Kaschak TJ, Laine W. Surgical radiology. *Clin Podiatr Med Surg* 1988; 5 (4): 797–829.