

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПЛОСКОСТОПИЯ У ДЕТЕЙ. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

О.С. Васильев^{1, **, **}, И.А. Степаник^{***}, С.П. Левушкин^{***, ****}, А.В. Рохлин^{**}

* ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия
Управления делами Президента Российской Федерации», Москва

** ФГБОУВО «Российский государственный университет физической
культуры, спорта, молодежи и туризма»
Министерства спорта России, Москва,

*** ФГБОУВПО «Академия Русского балета имени А.Я. Вагановой»
Министерства культуры России, г. Санкт-Петербург

**** ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва

Мобильное плоскостопие у детей отражается не только на внешнем виде стопы, но сопровождается нарушением её функции и возможностью развития патологии в будущем. Сложность возникает в том, что мобильное плоскостопие в течение первого десятилетия жизни может рассматриваться как разновидность нормы развития. Однако, точных критериев завершения развития стопы, когда мобильное плоскостопие перестает быть нормой, до сих пор не выработано. Несмотря на то, что рентгенография остается золотым стандартом диагностики состояния стоп, консенсус по клиническим критериям диагностики стоп также до сих пор не выработан. Однако, отдельные показатели, такие как Индекс положения стопы-6 (FPI-6) и некоторые подоскопические индексы (индекс Chirraux-Smirak, индекс свода Staheli) обладают обнадеживающей диагностической достоверностью.

Ключевые слова: плоскостопие, мобильное плоскостопие, дети, индекс положения стопы-6 (FPI-6), подоскопия.

Methods of diagnosis of flat feet in children. Systematic review. *Mobile flatfoot in children is reflected not only in the appearance of the foot, but is accompanied by a violation of its function and the possibility of developing pathology in the future. The difficulty arises in the fact that mobile flat feet during the first decade of life can be considered as a kind of development norm. However, the exact criteria for the completion of foot development, when mobile flat feet cease to be the norm, have not yet been worked out. Despite the fact that radiography remains the gold standard for the diagnosis of the condition of the feet, a consensus on the clinical criteria for the diagnosis of the feet has also not yet been developed. However, some indicators, such as the Foot Position*

Контакты: ¹ Васильев О.С. – E-mail: <iaam@yandex.ru>

Index-6 (FPI-6) and some podoscopic indices (Chippaux-Smirak index, Staheli arch index) have encouraging diagnostic reliability.

Keywords: flat feet, mobile flat feet, children, foot position index-6 (FPI-6), podoscopy

DOI:10.46742/2072-8840-2021-68-4-71-97

Определение плоскостопия, данное более ста лет назад Lovett H.W. et al. [1] практически без изменений сохранилось до наших дней. Lovett H.W. определял Pesplanus или стопу с плоским сводом как состояние, при котором высота медиального продольного свода частично или полностью плоская, и почти вся подошвенная поверхность стопы соприкасается с землей [1].

Мобильное плоскостопие, также известное как planovalgus, характеризуется опущением медиального продольного свода и по-прежнему является частой причиной, по которой родители обращаются за консультацией к ортопеду [2]; родители обеспокоены внешним видом стоп детей и переживают, что в будущем их ребенок будет страдать от деформации и боли. Этому беспокойству есть определенное основание, так как у взрослых с мобильным плоскостопием значительно повышена вероятность появления болей в спине или нижних конечностях, болей в стопе, hallux valgus, мозолей, молоткообразного искривления пальцев ноги (hammertoes) и дегенеративных заболеваний суставов [3]. Нарушения положения стопы провоцируют патологию голеностопного сустава, ростовые боли, периостит медиального края большеберцовой кости (часто именуемый как «расколотая голень»), патологию коленного, тазобедренного суставов, повышенный наклон таза и даже нарушение оси позвоночника [4, 5].

Распространенность. До 25 % от общей численности населения имеют дефицит медиального продольного свода стопы по крайней мере на одной ноге [6]. *Плоскую стопу* (Pesplanus) клинически классифицируют как *мобильное* и *фиксированное (ригидное)* плоскостопие, при этом на мобильное плоскостопие приходится примерно 95 % случаев плоскостопия у детей [7]. Распространенность мобильного плоскостопия составляет 77,9 % среди детей от 11 месяцев до 5 лет и 0,6 % среди детей от 5 до 14 лет [2] при этом отмечается устойчивая тенденция к снижению распространенности мобильного плоскостопия с увеличением возраста [8]. Такой широкий разброс в оценках распространенности можно объяснить отсутствием консенсуса в определении плоскостопия и несогласованностью в его измерении [9].

Структура стопы представляет собой устойчивую упругую платформу в статическом состоянии, действующую как амортизатор, помогающий продвигать тело вперед во время локомоции [10]. Своды стопы образованы предплюсневыми и плюсневыми костями и поддерживаются сухожилиями и связками стопы. Структурно своды стопы классифицируются на

поперечный свод, медиальный продольный свод и латеральный продольный свод. Медиальный продольный свод выше, чем латеральный продольный свод, и действует как пружина во время нагрузки.

Основными характеристиками мобильного плоскостопия являются вальгус задней части стопы (эверсия подтаранного сустава) и опущение медиального продольного свода и отведение стопы в таранно-ладьевидном суставе, что в совокупности составляет *пронацию стопы* [11].

Возрастная динамика. Вопрос о детском плоскостопии заметно разделил мнения врачей. В настоящее время нет единого мнения о том, насколько плоской должна быть стопа у ребенка. Хотя с возрастом наблюдается уменьшение плоскостопия, неизвестно, насколько плоской должна быть стопа в каждом последующем году [9].

Все типично развивающиеся дети рождаются с мобильной плоской стопой [12, 13], постепенно развивая медиальный продольный свод в течение первого десятилетия жизни. В клинической практике существует мнение, что *зрелое состояние стопы* достигается в возрасте от 7 до 10 лет. Вопрос о том, в каком возрасте следует считать, что свод стопы ребенка полностью сформировался, является очень актуальным [9].

В литературе описаны три способа, по которым стопа ребенка может считаться зрелой: прекращение роста стопы, закрытие «зон роста» и стабилизация свода стопы.

Длина стопы линейно увеличивается у девочек с 4 до 13 лет, у мальчиков – с 4 до 14 лет [14]. Прекращение увеличения длины стопы происходит в 13,56 ($\pm 1,17$) лет у девочек и в 15,58 ($\pm 1,26$) лет у мальчиков [15].

Закрытие «зон роста» стопы у детей происходит к 16 годам [16].

Отдельные врачи-ортопеды считают, что своды стопы ребенка формируются к 7-8 годам [17]. Однако Onodera et al. [18], анализируя отпечатки стоп, пришли к выводу, что созревание медиального продольного свода продолжается после 6 лет, но с меньшей скоростью, и происходит до 10 лет. В это время отпечатки стоп большинства детей достигли «нормы» с минимальными вариациями [18]. Тем самым, большинство клиницистов соглашаются, что свод стопы ребенка полностью формируется примерно к 10 годам [9]. Однако точное время формирования медиального продольного свода стопы до сих пор не известно [9]. Можно лишь сказать, что наличие «плоской стопы» является физиологически нормальным для детей до восьми лет [9], что обусловлено соответствующей возрасту незрелостью костного аппарата, слабостью связочного аппарата, увеличением жировой ткани и незрелым нервно-мышечным контролем [19].

Поэтому клинически важно различать мобильное плоскостопие у детей старшего возраста, развивающееся мобильное плоскостопие у детей раннего возраста (как разновидность физиологической нормы) и ригидное мобильное плоскостопие из-за структурных нарушений [20].

Дети с мобильным плоскостопием нередко жалуются на боль в нижних конечностях [21a, 21b] и демонстрируют снижение функции нижних конечностей. Более того, взрослые с мобильным плоскостопием отмечают значительно более высокий уровень боли в спине и нижних конечностях [22] и снижение качества жизни. Поэтому так важно определить, когда стопа ребенка соответствует или не соответствует развитию; чтобы наблюдать или проводить коррекцию или лечение соответствующим образом [23]. Поэтому мера, используемая для определения того, насколько положение стопы выходит за рамки ожидаемого плоскостопия у детей (т.е. диагноз «плоскостопие»), должна быть валидной, надежной и соответствующей обычно наблюдаемому развитию стопы [2].

В настоящее время решение о необходимости вмешательства при детском плоскостопии принимается «по усмотрению опытного врача», тем самым, решение «лечить или не лечить» остается субъективным [23]. Принято считать [24], что плоскостопие, связанное с развитием, не требует вмешательства, а лечение ригидного плоскостопия, которое обычно возникает из-за врожденных морфологических деформаций (например, вертикальной таранной кости или тарзальной коалиции), хорошо известно в клинической практике. Однако появляется все больше доказательств того, что мобильное плоскостопие у детей может привести к значительным нарушениям функции всей нижней конечности и ухудшению качества жизни [25].

Одной из причин, по которой многие педиатры преуменьшают серьезность этой мобильного плоскостопия, является мнение о том, что плоскостопие самовосстанавливается [26]. «Как может неправильно выровненная, нестабильная стопа стать внутренне выровненной и стабилизированной, если при каждом шаге стопа нормально функционирует? Не существует пролонгированных рентгенографических исследований, которые бы зафиксировали восстановление соосности костной ткани при детском плоскостопии» [27]. К тому же документально подтверждено, что плоскостопие у взрослых продолжает прогрессивно ухудшаться [28]. Бессимптомное детское плоскостопие в конечном итоге приводит к симптоматическому плоскостопию у взрослых [26].

Факторы риска нарушения формирования сводов стопы

На протяжении всего раннего детства у детей продолжает формироваться скелетный медиальный продольный свод стопы [29], который необходимо оценивать в контексте стадии развития и наличия/отсутствия системных влияний, таких как гипотония и гипермобильность, которые могут быть неспецифическими или синдромальными, например, синдром Марфана [30]. Конфигурация свода стопы ребенка определяется возрастом, ростом, весом, углом разгибания стопы, полом, гипермобильностью суставов, торсией большеберцовой кости, антеверсией бедренной кости,

выравниванием заднего отдела стопы и возникновением физиологической деформации коленного сустава с образованием угла между голенью и бедром, открытого кнаружи (X-образные ноги) [31].

Napolitano et al. [32] утверждают, что ожирение, ротационные деформации, приводящие к развороту стоп пальцами внутрь или наружу (in-toeing or out-toeing), добавочная ладьевидная кость (accessory navicular), «конская стопа» (эквиноварусная деформация стопы), варусные и вальгусные деформации большеберцовой кости являются факторами риска нарушения нормального развития стопы.

Другими способствующими факторами могут быть укорочение ахиллова сухожилия или дисфункция заднего отдела большеберцовой кости [6].

Harris [24] сообщил, что мобильное плоскостопие может существовать как изолированная патология и как часть более распространенных клинических патологий, таких как генерализованная слабость связок, неврологические и мышечные аномалии, генетические состояния и синдромы, а также коллагеновые нарушения.

Несмотря на достаточно обширный список провоцирующих факторов, общепринятым объяснением мобильного плоскостопия является наличие **гипермобильности суставов** у ребенка [33]. Повышенная гибкость (соединительно-тканная эластичность) может привести к нарушению статической стабилизации суставов капсуло-связочными структурами, что приводит к увеличению и потенциально патологическому движению сустава. Это особенно важно для подтаранного сустава и поперечного сустава предплюсны [20].

Гипермобильность *подтаранного сустава* может напрямую провоцировать мобильное плоскостопие. В основополагающей статье Harris and Beath [34] предположили, что существует два типа подтаранного сустава; один - «прочный», он поддерживает таранную кость, а другой - «слабый», он позволяет стопе принимать положение мобильного плоскостопия. Последующие исследования показали важность стабильности *таранно-предплюсневом* сустава, образованного сочленением таранной кости с пяточной и ладьевидной костями. Баланс сил, действующих в таранно-предплюсневом суставе, отвечает за биомеханическую эффективность заднего аппарата стопы, выполняя важную функцию преобразования вертикальной нагрузочной силы в горизонтальную [26].

Таранно-предплюсневый сустав обеспечивает блокировку и разблокировку суставов медиального отдела стопы во время ходьбы, тем самым обеспечивает поддержание нормального свода стопы (рисунок 1).

Баланс сил, действующих в таранно-предплюсневом суставе, отвечает за эффективный задний аппарат стопы, выполняя важную функцию преобразования вертикальной силы в горизонтальную (Bresnahan PJ, et al., 2021). Таранно-предплюсневый сустав обеспечивает блокировку и разбло-

кировку суставов в медиальном отделе стопы во время нагрузки. Пронация таранно-предплюсневой сустава разблокирует суставы, что обеспечивает адаптивность неровной поверхности опоры в начале фазы полного контакта (опоры) стопы в цикле ходьбы. Таранно-предплюсневый сустав должен ресупинировать примерно на 1/4 - 1/3 части полной опоры/контакта стопы (рис. 2). Это обеспечивает стабильность структуры стопы, поскольку она готовится к подъему пятки и движению стопы вперед (Bresnahan PJ, et al., 2021).

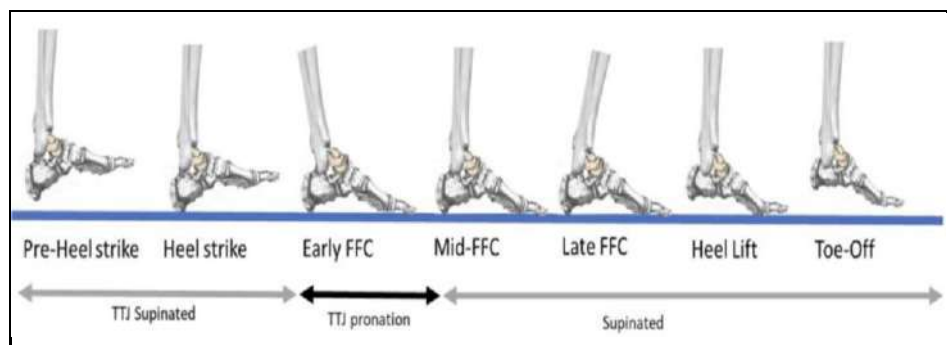


Рис. 1. Схема цикла ходьбы с нормальным стабильным таранно-предплюсневым суставом. Где Pre-Heel strike – подготовка к постановке пятки, Heel strike – постановка пятки, Early FFC – ранний полный контакт стопы с поверхностью пола, Mid FFC – промежуточный полный контакт стопы с поверхностью пола, Late FFC – завершающий полный контакт стопы с поверхностью пола, Heel Lift – подъем пятки, Toe-Off – отрыв носка. Цит. по [26].

Нестабильность таранно-предплюсневой сустава приводит к патологическому перераспределению сил, действующих на заднюю, среднюю и переднюю части стопы (Рис. 2) [35]. Эти силы отсутствуют во время фазы переноса конечности и чрезмерны во время фазы опоры с нагрузкой веса тела на стопу в цикле походки. Смещение таранно-предплюсневой сустава приводит к смещению костной ткани, увеличению нагрузки на связки и сокращению мышц и сухожилий до тех пор, пока стопа не покинет опорную поверхность [36]. Этот каскад чрезмерных нагрузок и разгрузок тканей происходит при каждом шаге. Видимым признаком смещения таранно-предплюсневой сустава является опущение медиального свода стопы, способствующее возникновению плоскостопия. Это происходит потому, что суставы медиального свода разблокируются дольше, чем положено во время нагрузки на стопу, что приводит к чрезмерной пронации (Рис. 3) [37].



Рис. 2. Рентгенограмма стопы в боковой проекции с нагрузкой; подвывих голеностопного сустава; силы напряжения в суставе. Нарушение соотношения таранно-предплюсневого сустава происходит на начальной стадии полного подошвенного контакта стопы с опорной поверхностью. Sinus tarsi сглажен. Повышенные силы (перегрузка) направлены к середине стопы. Цит. по [26].

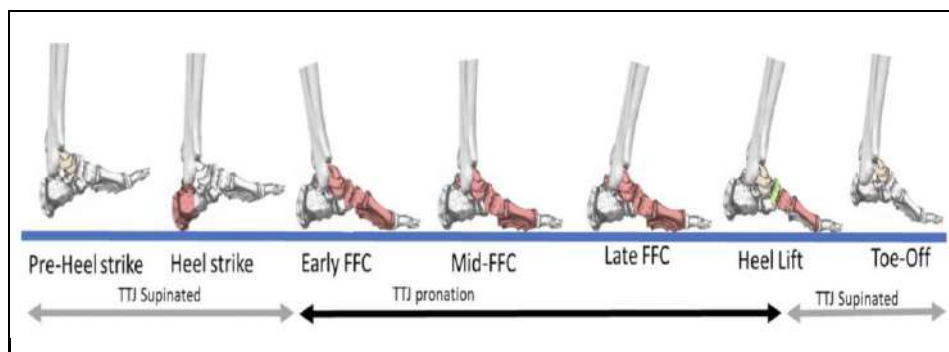


Рис. 3. Схема цикла ходьбы с нестабильным таранно-предплюсневым суставом. Цит. по [26].

У некоторых обследуемых может также наблюдаться вальгус пяточной кости, но он не всегда присутствует при нестабильности таранно-предплюсневой сустава [38]. Вальгус пяточной кости возникает как форма компенсации чрезмерной внутренней ротации таранной кости и подошвенной флексии (Рис. 5) [39].

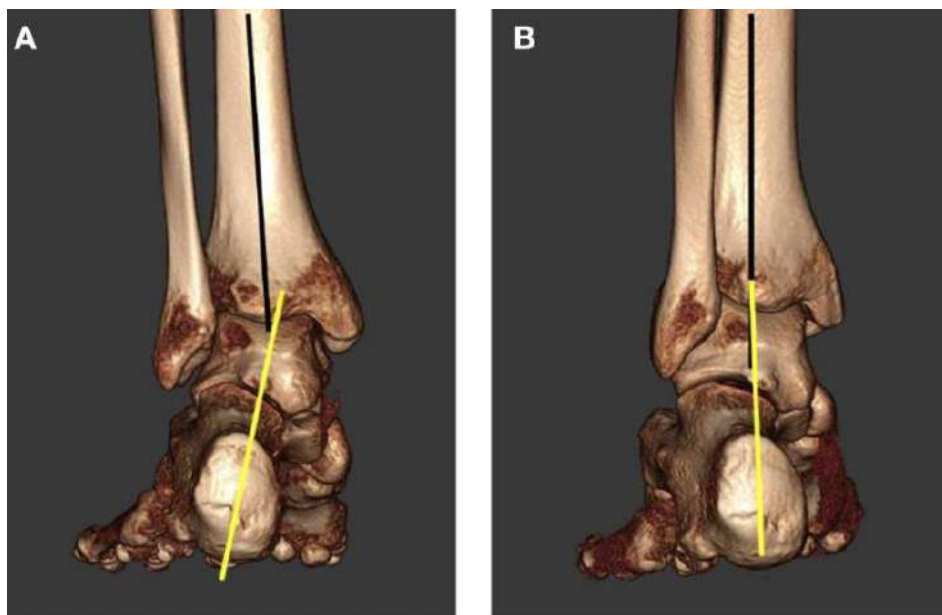


Рис. 4. 3-х мерная компьютерная томографическая реконструкция голеностопного сустава (вид сзади) под нагрузкой: (А) вальгусная деформация голеностопного сустава (желтая линия), (В) та же нога с подтаранным суставом, расположенным в нейтральном положении, обратите внимание на соосность пяточной кости [26].

Диагностика плоскостопия

Диагноз «плоскостопие» является слишком обобщенным. Он не дает точного представления о том, что именно «нарушено». Для каждого обследуемого ребенка следует указывать конкретные «нарушения», наблюдаемые при «плоскостопии» [26].

Под *установкой стоп* мы будем понимать всю совокупность костного, суставного и сухожильно-мышечно-связочного аппарата, обеспечивающего функционирование стопы. Чтобы правильно определить нарушения в установке стоп, необходимо четко определить характеристики «типичного» положения стопы. В настоящее время не существует золотого стандарта метода оценки положения стопы, при этом используется широкий спектр измерений [9; 30].

Плоскостопие диагностируется с помощью различных методов, включая рентгенографию, статические измерения положения стопы и анализ отпечатка стопы [2]. Несмотря на то, что рентгенография является золотым стандартом для оценки высоты медиального продольного свода и плоскостопия; этот метод является дорогостоящим, связан с риском облу-

чения и не используется в скрининговой практике оценки плоскостопия [2; 45].

Для определения характера установки стопы и плоскостопия (исключая патологические деформации стопы) проводится *нединамическая оценка* стоп [12; 40]. Это включает четыре основных метода оценки:

(а) визуальная оценка (осмотр),

(б) антропометрические измерения – оценка положения пяточной кости в расслабленной позе стоя (RCSP – resting calcaneal stance position), тест опущения ладьевидной кости (ND – navicular drop) – угол медиального продольного свода,

(в) антропометрические исследования на основе отпечатков стоп: индекс Chipraux–Smirak (CSI– Chipraux–Smirak index), индекс свода стопы Staheli (SI – Staheli arch index) и т.д. и

(г) инструментальные методы визуализации: рентгенологические исследования, МРТ, УЗИ, лазерные сканеры и др. [40].

Осмотр ребенка на наличие плоскостопия должен начинаться с исследования характера износа подошвы обуви (при условии, что это не новая обувь и ее носят достаточно часто; школьная обувь обычно является хорошим вариантом). Физиологический рисунок износа должен обнаруживаться вокруг заднебоковой пятки (в области каблука), так как это представляет собой место первоначального контакта обуви с землей при опоре пяткой во время нормального цикла ходьбы. Однако у ребенка с плоскостопием может наблюдаться заднемедиальный характер износа пятки.

Также следует осмотреть стопы в поисках вальгусной деформации, вторичной по отношению к пронации стопы и исследовать наличие хронических зон давления, о чем свидетельствуют мозоли. Затем следует проанализировать позу и походку, сначала в обуви, а затем босиком. Важно, чтобы осмотр включал осмотр спереди, сзади и сбоку; как стоя, так и во время ходьбы [6]. Особое внимание следует уделить оценке вальгусной установке или деформации пятки [7].

Нарушение установки стоп по типу *гиперпронации* можно заподозрить с помощью теста, известного под названием «Слишком много пальцев». В норме, при осмотре стопы сзади, обычно видны пятый палец и часть четвертого пальца стопы; видимость большего количества пальцев указывает на отведение и внешнее вращение стопы, что происходит при плоскостопии [7].

Диагностировать наличие или отсутствие гиперпронации очень важно, так как она (гиперпронация) является ведущим этиологическим фактором многих хронических патологий стопы: *плантарная фасциопатия*, недостаточность и/или дисфункция *заднего большеберцового сухожилия*, деформация *hallux limitus*, тарзальный туннельный синдром и др. [41- 44].

Индекс положения стопы-6 (FPI-6 – foot posture index 6) позволяет стандартизировать в баллах положения стопы в положении стоя по трем

отдельным областям стопы (задний, средний и передний отдел стопы), оценить характер установки передней, средней и задней частей стопы и классифицировать её: пронированная, супинированная или нейтрально (нормально) установленная стопа [40; 45, 46; 47; 48].

Индекс положения стопы-6 (FPI-6) не требует использования специализированного оборудования и проводится по следующему алгоритму [49, 30]:

- 1) пальпация головки таранной кости;
- 2) оценка симметричности установки латеральной лодыжки;
- 3) инверсия/эверсия пяточной кости;
- 4) состояние области таранно-ладьевидного сустава;
- 5) высота и характер медиального продольного свода;
- 6) абдукция/аддукция передней части стопы.

При проведении тестирования по FPI-6 рекомендуется пользоваться таблицей 1, визуальное пояснение к которой приведено в таблице 2 [48; 50; 51].

Таблица 1

Бальная оценка при тестировании по FPI-6

Баллы по FPI-6	-2	-1	0	+1	+2
Положение/установка стопы	Супинация		Нейтральное положение	Пронация	
Пальпация головки таранной кости	Головка таранной кости пальпируется только с <i>латеральной</i> стороны	Головка таранной кости пальпируется с латеральной стороны и немного с медиальной стороны	Головка таранной кости одинаково пальпируется с обеих сторон	Головка таранной кости пальпируется с медиальной стороны и немного с латеральной стороны	Головка таранной кости пальпируется только с <i>медиальной</i> стороны

Баллы по FPI-6	-2	-1	0	+1	+2
Положение/установка стопы	Супинация		Нейтральное положение	Пронация	
Кривизна верхней и нижней латеральной лодыжки (при осмотре сзади)	Кривизна ниже лодыжки спрямлена или выпуклая	Кривизна ниже лодыжки менее вогнута, чем выше лодыжки	Кривизны над и под латеральной лодыжкой примерно равные	Кривизна ниже лодыжки более вогнутая, чем выше лодыжки	Кривизна ниже лодыжки значительно более вогнутая , чем выше лодыжки
Положение пяточной кости во фронтальной плоскости (при осмотре сзади)	Более чем на 5° инверсии и (<i>varus</i>)	Между вертикальным и примерно на 5° инверсии и (<i>varus</i>)	Вертикальное	Между вертикальным и примерно на 5° эверсии (<i>valgus</i>)	Более чем на 5° эверсии (<i>valgus</i>)
Кривизна в области таранно-ладьевидного сустава (если смотреть под углом изнутри)	Область таранно-ладьевидного сустава заметно вогнута	Область таранно-ладьевидного сустава слегка вогнута	Область таранно-ладьевидного сустава плоская	Область таранно-ладьевидного сустава слегка выпукла	Область таранно-ладьевидного сустава заметно выпукла
Высота и конгруэнтность медиального свода (если смотреть изнутри)	Свод высокий, под острым углом к заднему концу	Свод умеренно высокий и слегка заострен сзади	Высота свода нормальная и свод концентрически изогнут	Свод опущен с некоторым уплощением в центральном положении	Свод очень низкий с сильным уплощением в центральной части - может соприкасаться с землей







Баллы по FPI-6	-2	-1	0	+1	+2
Положение/установка стопы	Сушинация		Нейтральное положение	Пронация	
Отведение/приведение передней части стопы (вид сзади); тест «Слишком много пальцев»	Медиально – хорошо видны, латерально пальцы ног не видны,	Медиально пальцы видны более, чем латерально	Медиально и латерально пальцы ног одинаково видны	Латерально пальцы видны более, чем медиально	Латерально – хорошо видны, медиально пальцы ног не видны,

Таблица 2

Пояснения к тестированию по FPI-6. (Цит. с адаптацией по [52])

Баллы по FPI-6	-2	0	+2
Положение/установка стоп	Сушинация	Нейтральное положение	Пронация
Пальпация головки таранной кости			

Баллы по FPI-6	-2	0	+2
Положение/установка стоп	Сушинация	Нейтральное положение	Пронация
Кривизна верхней и нижней латеральной лодыжки (при осмотре сзади)			
Положение пяточной кости в фронтальной плоскости (при осмотре сзади)			
Кривизна в области таранно-ладьевидного сустава (если смотреть под углом изнутри)			

Баллы по FPI-6	-2	0	+2
Положение/установка стоп	Сушинация	Нейтральное положение	Пронация
Высота и конгруэнтность медиального продольного свода (если смотреть изнутри)			
Отведение/приведение передней части стопы (вид сзади); тест «Слишком много пальцев»			

Для определения характера установки стопы каждый критерий теста FPI-6 оценивается по 5-балльной шкале (в диапазоне от -2 до +2), и полученные баллы суммируются для получения общего балла (в диапазоне от -12 до +12) [12, 53]. Установка стопы может быть гиперпронированной (от +9 до +12), пронированной (от +6 до +8), нейтральной=нормальной (от 0 до +5), супинированной (от -1 до -4) и гиперсупинированной (от -5 до -12) [48].

Заключение о наличии плоскостопия у детей дается при сумме баллов по FPI $\geq +6$ [9].

Метод FPI-6 является надежным тестом для определения установки стопы [12,40] и является методом выбора определения характера установки детской стопы [2], о чем свидетельствует его включение в инструмент наблюдения за походкой и нижними конечностями в педиатрии (GALLOP - Gait and Lower Limb Observation of Paediatrics), который был основан на консенсусе экспертов среди детских физиотерапевтов и педиатров [54]. Тем не менее, любые выводы на основе FPI-6 следует делать с осторожно-

стью, поскольку положения стопы у детей раннего возраста динамически развивается [9]. Это может свидетельствовать о несоответствии между тем, как плоскостопие у детей оценивается в литературе, и тем, как оно оценивается в клинической практике [9].

Gijon-Nogueron G. et al. [30] проанализировали данные теста FPI среди 3217 практически здоровых детей, преимущественно, европеоидной расы (Испания, Австралия, Великобритания), обоих полов (1699 мальчиков и 1518 девочек) в возрасте от 3 до 15 лет (средний возраст исследуемой группы из 3217 детей составил 8,67 лет, SD 2,02). Средний ИМТ составил 19,08 кг/м² (SD 4,05), в диапазоне от 10,57 до 39,14 кг/м².

Положение стопы оценивали у всех испытуемых босиком, в расслабленной позе стоя по стандартному протоколу FPI [49]. Средний балл FPI составил 4,11 (SD 2,92) и 4,20 (3,00) для левой и правой стопы, соответственно, с целыми баллами от -4 до +12 (слева и справа). В исследуемой популяции из 3217 детей плоскостопие или пронация (FPI \geq +6) были выявлены у 960 (29,8 %) детей, нормальная стопа (FPI <+6) - у 1776 (55,2 %) детей, при FPI \geq +10 плоскостопие было выявлено в 127 (3,9 %) случаях, а супинированная стопа - у 354 (11 %) детей.

На основании проведенного исследования Gijon-Nogueron G. et al. [30] получили следующий возрастной диапазон по FPI положения стопы в детском возрасте (Таблица 3).

Таблица 3

Возрастной диапазон FPI, по типам состояния стоп. Цит. по [30].

Age (years)	FPI-6 total score—foot posture category cut-offs					Mean FPI	SD	Range
	No/age (years)	Supinated	Normal	Pronated	High pronated			
3	21	2	4	14	1	6.38	3.03	11
4	20	1	5	12	2	6.7	2.60	11
5	55	5	34	13	3	4.15	2.81	12
6	388	29	213	132	14	4.45	2.80	15
7	536	51	296	164	25	4.3	2.93	16
8	473	48	271	131	23	4.01	2.95	16
9	625	74	362	175	14	3.82	2.77	16
10	497	62	291	123	21	3.69	2.86	15
11	377	50	194	119	14	4.24	3.02	16
12	144	24	65	48	7	4.22	3.23	14
13	33	1	17	12	3	5.18	2.98	10
14	22	4	12	6	0	3.14	3.40	12
15	26	3	12	11	0	4.19	3.31	12
Total	3217	354 (11%)	1776 (55.2%)	960 (29.84%)	127 (3.95%)	4.2	3	16

Исследование Gijon-Nogueron G. et al. [30] подтверждает, что пронация стопы является распространенным положением стопы в детском возрасте, со средним FPI +4, и SD (среднее значение) 3 балла, таким образом, средний нормальный диапазон FPI для детей в возрасте 3-15 лет находился между диапазоном FPI от +1 до +7.

Авторы обнаружили, что средние показатели FPI снижаются с возрастом, причем нелинейно и в широком диапазоне. SD приближался к 75 % от среднего значения FPI в каждом возрасте, что подтверждает значительную и нормальную вариативность положения стопы в детском возрасте. Наибольшее количество детей всех возрастов демонстрировали FPI в диапазоне от 0 до +5 FPI, то есть нормальное положение стопы. Следующими по частоте встречаемости были дети с пронируемыми стопами. Наименее распространенными категориями FPI были супинированные или сильно пронируемые стопы, что указывает на типы стоп, которые должны привлекать внимание врачей как менее обычные. Было установлено, что плоскостопие или пронация стопы в целом уменьшается с возрастом, но среднее снижение было нелинейным: от +6 в возрасте 3 лет до +3 в 14 лет. Важно отметить, что нормальный диапазон изменения FPI был широким: от -1 до +11 в возрасте 3 лет и от +3 до +9 в возрасте 14 лет. Взаимосвязь между увеличением ИМТ и плоскостопием опровергается результатами данного исследования.

Важно отметить, что оценка установки стопы по подоскопии может отражать распространение жировой ткани при нагружении весовой нагрузкой, а не анатомическую морфологию стопы, более непосредственно оцениваемую с помощью FPI [48, 55, 56-57]. Хотя вызывает беспокойство тот факт, что 21 % детей в исследовании Gijon-Nogueron G. et al. [30], имели избыточный вес или ожирение, связь у них с плоскостопием не была обнаружена.

Исследование Gijon-Nogueron G. et al [30], подтверждает, что «плоская» или пронируемая стопа является типичным положением стопы в детском возрасте, а средний балл FPI составляет +4 [57]. Авторы вводят более широкий диапазон нормального положения стопы в детском возрасте (FPI, т.е. от -2 до +12).

Подоскопическое исследование подошвенной стороны стопы является развитием и усовершенствованием метода плантографии (исследование отпечатков стоп). Подоскопические индексы отпечатка стопы являются стандартным инструментом для измерения целостности сводов стопы, но они не являются инструментом для классификации стоп по степени подъема [10].

Выделяют следующие подоскопические индексы:

Индекс угол стопы (AA) – это угол между медиальной линией отпечатка стопы (a) и линией, соединяющей наиболее медиальный аспект

плюсневой кости и наиболее латеральную точку медиальной части стопы (b) (Рис. 5А).

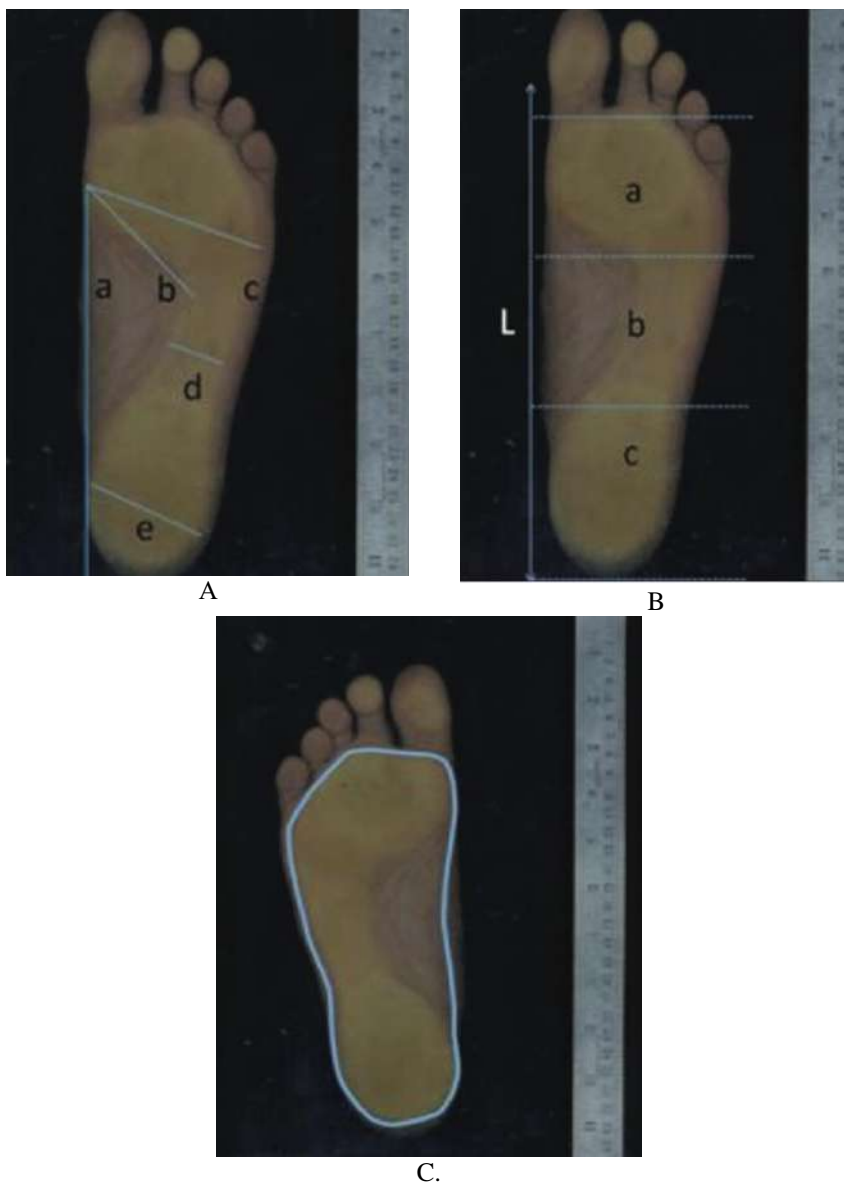


Рис. 5. Измерение подоскопических индексов: А – измерение индексов Chippaux-Smirak (CSI – Chippaux-Smirak Index) и Staheli (SI - Staheli index); В – измерение индекса свода стопы (AI - Arch index); С – измерение общей площади подошвенной поверхности (TPSA). Цит. по [10].

Индекс Chippaux-Smirak (CSI - Chippaux-Smirak Index) измеряется путем деления минимального расстояния (d) средней части стопы на максимальное расстояние (c) передней части стопы в области головок плюсневых костей (Рис. 5А). Согласно этому индексу выделяют пять категорий: 0 %: стопа с возвышенным сводом; 0,1-29,9 %: стопа с морфологически нормальным сводом; 30-39,9 %: промежуточная (intermediate) стопа; 40-44,9 %: стопа с опущенным сводом; 45 % и выше - плоскостопие [58-61].

Индекс свода Staheli (SI – Staheli Index) измеряется путем деления минимальной ширины средней части стопы (d) на наибольшую ширину заднего отдела стопы (e) (Рис. 5А.) [60-62, 63]. Нормальными считаются значения от 0,44 до 0,89 [59].

В исследовании Vanwell H.A. et al. [2] среди практически здоровых детей индекс Chippaux-Smirak линейно уменьшался с возрастом: 62,7 % у детей от 3 до 6 лет, до ≥ 40 % у детей в возрасте от 9 до 16 лет. Однако индекс свода Staheli не снизился, как ожидалось ($> 1,07$ у детей от 3 до 6 лет и $\geq 1,28$ у детей от 6 до 9 лет). Существуют опасения, что двумерные индексы ограничены в их способности оценивать трехмерную конструкцию [64]. Предполагается, что категоризация положения стопы на основе данных отпечатка не учитывает сложность и многоплоскостное движение стопы [9].

Индекс свода стопы (AI – Arc Index) – это длина отпечатка стопы без учета пальцев ног (L) делится на равные трети. Затем рассчитывается AI как площадь средней трети отпечатка стопы, деленная на площадь всего отпечатка ($AI = B/A + B + C$) (Рис. 5В) [65-68].

Общая площадь подошвенной поверхности (TPSA - total plantar surface area) (Рисунок 5С.) состоит из *площади контакта подошвенной поверхности* (PSCA - plantar surface contact area) (Рисунок 6А.) и *площади подошвенной поверхности, не контактирующей с полом* (PSNCA - plantar surface non-contact area) (Рис. 6В), находящейся под медиальным продольным сводом, который не соприкасается с землей [10].

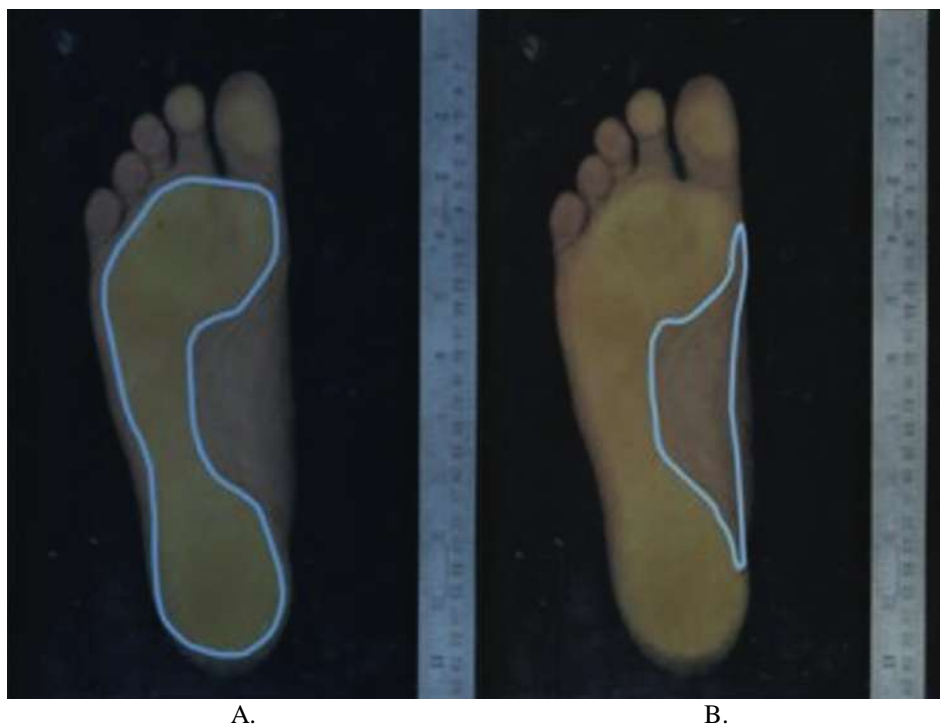


Рис. 6. Площадные характеристики подоскопии: А. Площадь контакта подошвенной поверхности (PSCA); В. Площадь подошвенной поверхности, не контактирующей с полом (PSNCA). Цит. по [10].

Степени уплощения свода стопы по Vijayakumar K. et al. [10]

При 1-й степени *уплощения свода стопы* ширина средней части стопы увеличена, нормальная структура медиального продольного свода изменена, средняя часть стопы составляет 1/3 или более от общей площади стопы, площадь контакта подошвенной поверхности (PSCA) составляет около 80 %-90 % (Рис. 7А.).

При 2-й степени *уплощения свода стопы* ширина средней части стопы достигает уровня ширины переднего отдела стопы, медиальный продольный свод исчезает, площадь контакта подошвенной поверхности PSCA составляет около 91 %-100 %, а площадь подошвенной поверхности, не контактирующей с полом (PSNCA) – 0 %-10 % (Рис. 7В.).

При 3-ей степени Pesplanus медиальный продольный свод полностью опускается на пол, доминирующий медиальный выступ (protuberance) был виден, ширина тыла стопы уменьшалась, область контакта подошвенной поверхности составляла 100 %, а площадь подошвенной поверхности, не контактирующей с полом (PSNCA) - 0 % (Рис. 7С.).



A

B

C

Рис. 7. Степени уплощения свода стопы: А. – первая степень, В. – вторая степень, С. – третья степень. Цит. по [10].

Степени выраженности полой стопы по Vijayakumar K. et al. [10]

При 1-й степени pescavus ширина средней части стопы уменьшена, вогнутость медиального продольного свода увеличивается, площадь контакта подошвенной поверхности (PSCA) составляет около 51 %-60 %.

При 2-й степени pescavus структура медиального продольного свода прервана и полностью отсутствует контакт средней части стопы с землей, основная область контакта с полом - пятка и плюсневая кость, площадь контакта подошвенной поверхности (PSCA) составляла около 41 %-50 %.

При 3-й степени pescavus общая площадь контакта подошвенной поверхности с полом уменьшена; площадь контакта подошвенной поверхности (PSCA) составляет всего 21 %-40 %, как показано на рисунке 8.



A

B

C

Рис. 8. Степени выраженности полой стопы: А. – первая степень, В. – вторая степень, С. – третья степень. Цит. по [10].

Использование показателей, основанных на отпечатке стопы, для оценки установки стопы положило начало дебатам «Плоская или толстая?» [69]. Простое классифицирование свода по дихотомическим патологиям - плоский, нормальный или высокий - рассматривает свод как простую одноплоскостную структуру и при этом игнорирует сложность и многоплоскостное движение самой стопы [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ставить заключение о наличии мобильного плоскостопия у детей следует только с учетом возраста, а не просто «плоские» или «нормальные», как эти показатели стопы рудиментарно классифицируются. Уплотнение свода стопы уменьшается с увеличением возраста [9]. Использование термина «нормальная» по отношению к состоянию стопы вводит в заблуждение при классификации детской стопы, так как действительно плоское положение стопы является типичным признаком в определенном возрасте и заключение «плоская стопа» может характеризовать нормальную по развитию стопу [9]. Более того, нельзя сделать однозначный вывод о том, в каком возрасте прекращается дальнейшее развитие постурального аппарата стопы у детей, в частности, медиального продольного свода, поскольку ни одно из двумерных оценок установки стопы не является сопоставимым [9].

Некоторые врачи считают стопу «нормальной», если нет полной потери медиального свода [70]. Рецидивирующее смещение таранно-предплюсневой сустава может существовать с «нормальным» сводом, благодаря нормальному углу наклона пяточной кости и неопущенной ладьевидной кости, но это все равно считается патологическим явлением.

Достоверность индексов и параметров определения установки стопы у детей также остается спорной [71], и нет единого мнения о том, как следует измерять, определять или оценивать установку стоп. Систематический анализ Vanwell H.A. et al. [2] показали, что в существующей литературе нет общепринятого критерия для диагностики мобильного плоскостопия у детей. Только три показателя мобильного плоскостопия (индекс Chirraux-Smirak, индекс свода Staheli и FPI-6) имели какие-либо опубликованные данные, подтверждающие валидность и надежность оценки состояния стопы у детей, при этом, каждый со своими ограничениями [2].

Исследования показали значительную разницу между статической структурой и динамической функцией стопы [72], и тем самым все больше исследователей склоняются к необходимости оценки стопы ребенка в движении (например, походки детей) [73].

Принимая во внимание трудности, связанные со статическим анализом отпечатков стопы, исследователям и клиницистам может потребоваться рассмотреть FPI-6 или динамические измерения, чтобы лучше понять

структуру стоп у детей. Оценка веса, роста, окружности головы и основных двигательных навыков детей легко сопоставляется со значениями процентилей. При этом важен не только процентильный балл в любой момент времени, но и последовательная траектория этого показателя во времени, которая предлагает четкую и подтвержденную меру изменения [9].

Все это возвращает нас к призыву 10-летней давности ведущего педиатра А. М. Evans, что необходим единый подход к описанию *установки* стопы детей, необходим и единый метод оценки стопы [74].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lovett H.W., Dane J. The affections of the arch of the foot commonly classified as flatfoot. // *J Bone Joint Surg.* – 1896. – 8:7892.

2. Banwell H.A., Paris M.E., Mackintosh S. et al. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. // *J Foot Ankle Res.* – 2018.–11.

3. Buldt A.K., Murley G.S., Butterworth P., Levinger P., Menz H.B., Landorf K.B. The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: a systematic review. // *Gait Posture.* – 2014. – 38:363–72.

4. Khamis S., Dar G., Peretz C., Yizhar Z. The relationship between foot and pelvic alignment while standing. // *J Hum Kinet.* – 2015. – 46:85–97.

5. Winkelmann Z.K., Anderson D., Games K.E., Eberman L.E. Risk factors for medial tibial stress syndrome in active individuals: an evidence-based review. // *J Athl Train.* – 2016. – 51:1049–52.

6. Turner C., Gardiner M.D., Midgley A., Stefanis A. A guide to the management of paediatric pes planus. // *Aust J Gen Pract.* – 2020. – 49(5):245-249.

7. Carr J.B. 2nd, Yang S, Lather LA. Pediatric pes planus: A state-of-the-art review. // *Pediatrics.* – 2016. –137(3):e20151230.

8. Pfeiffer M., Hohmann A. Applications of neural networks in training science. // *Hum Mov Sci.* – 2012. – 31(2):344–359. PubMed doi:10.1016/j.humov.2010.11.004

9. Uden H., Scharfbillig R., Causby R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. // *J Foot Ankle Res.* – 2017. – 10:37.

10. Vijayakumar K., Senthilkumar S., Chandratre S.G., Bharambe V. An analysis of arches of the foot: Grading the severity of pesplanus and pescavus using a newly designed podoscope and parameters. // *J Anat Soc India.* – 2021. – 70:85-92.

11. Alfageme-García P., Calderón-García J.F., Martínez-Nova A., Hidalgo-Ruiz S., Basilio-Fernández B., Rico-Martín S. Association between the Use of Backpack and Static Foot Posture in Schoolchildren with Static Pronated Foot Posture: A 36-Month Cohort Study. // *Children (Basel).* – 2021. – Sep. 11, 8(9):800.

12. Cho Y., Park J.W., Nam K. The relationship between foot posture index and resting calcaneal stance position in elementary school students. // *Gait Posture.* – 2019. – 74:142–7.
13. Böhm H., Oestreich C., Rethwilm R., Federolf P., Döderlein L., Fujak A. Cluster analysis to identify foot motion patterns in children with flexible flatfeet using gait analysis – a statistical approach to detect decompensated pathology? // *Gait Posture.* – 2019. – 71:151–6.
14. Leung A.K.L., Cheng J.C.Y., Mak A.F.T. A cross-sectional study on the development of foot arch function of 2715 Chinese children. // *Prosthetics Orthot Int.* – 2005. – 29(3):241–53.
15. Liu K., Shinoda K., Akioishi T., Watanabe H. Longitudinal analysis of adolescent growth of foot length and stature of children living in Ogi area of Japan: a 12 years data. // *Z Morphol Anthropol.* – 1998. – 82:87–101.
16. Tax H. *Podopediatrics.* 2nd ed. // USA: Waverly Press Inc. – 1980.
17. Thomson P. *Introduction to Podopediatrics.* 2nd ed. // Philadelphia: Churchill Livingstone. – 2001. – 408p.
18. Onodera A., Sacco I., Morioka E., Souza P., De S.M., Amadio A. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? // *Foot.* – 2008. – 18(3):142–9.
19. Sadeghi-Demneh E., Azadinia F., Jafarian F. Flatfoot and obesity in school-age children: a cross-sectional study. // *Clin Obes.* – 2016. – 6:42–50.
20. Kothari A., Dixon P.C., Stebbins J., Zavatsky A.B., Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children. // *Gait Posture.* – 2016. – 45:204–10.
- 21a. Kothari A., Dixon P.C., Stebbins J. The relationship between n in children with flexible flatfeet. // *Gait Posture.* – 2015. – 41:786–90.
- 21b. Kothari A., Dixon P.C., Stebbins J., Zavatsky A.B., Theologis T. The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet. // *Gait Posture.* – 2015. – 41:786–90.
22. Kosashvili Y., Fridman T., Backstein D., Safir O., Bar Ziv Y. The correlation between pes planus and anterior knee or intermittent low back pain. // *Foot Ankle Int.* – 2008. – 29:910–3.
23. Evans AM. The flat-footed child - to treat or not to treat - what is the clinician to do? // *J Am Podiatr Med Assoc.* – 2008. – 98(5):386–93.
24. Harris E.J., Vanore J.V., Thomas J.L., Kravitz S.R., Mendelson S.A., Mendicino R.W. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. // *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* – 2004. – 43:341–73.
25. Kothari A., Stebbins J., Zavatsky A.B., Theologis T. Health-related quality of life in children with flexible flatfeet: a cross-sectional study. // *J Child Orthop.* – 2014. – 8:489– 496.
26. Bresnahan P.J., Juanto M.A. Pediatric Flatfeet-A Disease Entity That Demands Greater Attention and Treatment. *Front Pediatr.* – 2020. – Feb 11, 8:19.

27. Kanatli U., Aktas E., Yetkin H. Do corrective shoes improve the development of the medial longitudinal arch in children with flexible flat feet? // *J Orthop Sci.* – 2016. – 21:662–6.

28. Wong D.W., Wang Y., Leung A.K., Yang M., Zhang M. Finite element simulation on posterior tibial tendinopathy: load transfer alteration and implications to the onset of pes planus. // *Clin Biomech.* – 2018. – 51:10–6.

29. Gijon-Nogueron G., Sanchez-Rodriguez R., Lopezosa-Reca E. Normal values of the Foot Posture Index in a young adult Spanish population: a cross-sectional study. // *J Am Podiatr Med Assoc.* – 2015. – 105:42–6.

30. Gijon-Nogueron G., Martinez-Nova A., Alfageme-Garcia P., Montes-Alguacil J., Evans A.M. International normative data for paediatric foot posture assessment: a cross-sectional investigation. // *BMJ Open.* – 2019. – 14,9(4):e023341.

31. Sinha S., Song H.R., Kim H.J., Park M.S., Yoon Y.C., Song S.H. Medial arch orthosis for paediatric flatfoot. // *J Orthop Surg (Hong Kong).* – 2013. – 21:37–43.

32. Napolitano C., Walsh S., Mahoney L., McCrea J. Risk factors that adversely modify the natural history of the pediatric pronated foot. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery.* – 2000. – 17:397–417.

33. Ueki Y., Sakuma E., Wada I. Pathology and management of flexible flat foot in children. // *J Orthop Sci.* – 2019. – 24(1):9-13.

34. Harris R.I., Beath T. Hypermobility flat-foot with short tendo achillis. // *J Bone Joint Surg [Am].* – 1948. – 30-A:116–140.

35. Graham M.E. Congenital talotarsal joint displacement and pes planovalgus: evaluation, conservative management, and surgical management. // *Clin Podiatr Med Surg.* – 2013. – 30:567–81.

36. Resende R.A., Pinheiro L.S.P., Ocarino J.M. Effects of foot pronation on the lower limb sagittal plane biomechanics during gait. // *Gait Posture.* – 2019. – 68:130–5.

37. Prachgosin T., Chong D.Y., Leelasamran W., Smithmaitrie P., Chatpun S. Medial longitudinal arch biomechanics evaluation during gait in subjects with flexible flatfoot. // *Acta Bioeng Biomech.* – 2015. – 17:121–30.

38. Cody E.A., Williamson E.R., Burket J.C., Deland J.T., Ellis S.J. Correlation of talar anatomy and subtalar joint alignment on weightbearing computed tomography with radiographic flatfoot parameters. // *Foot Ankle Int.* – 2016. – 37:874–81.

39. Tarissi N., Vallée A., Dujardin F., Duparc F., Roussignol X. Reducible valgus flatfoot: assessment of posterior subtalar joint surface displacement by posterior arthroscopy during sinus tarsi expansion screwing. // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2014. – 100(8 Suppl.):S395–9.

40. Langley B., Cramp M., Morrison S.C. Clinical measures of static foot posture do not agree. // *J Foot Ankle Res.* – 2016. – 9:45.

41. Wearing S.C., Hills A.P., Byrne N.M., Hennig E.M., McDonald M. The arch index: A measure of flat or fat feet? // *Foot Ankle Int.* – 2004. – 25, 575–581.
42. Vallotton J. Functional hallux limitus (Fhl): a new explanation for over-use pathologies. // *Rev Mew Suisse.* – 2014. – 10:2333–7.
43. Zhang T.J., Wang Y., Lin S.J., Ma X. Correlation between hindfoot joint three- dimensional kinematics and the changes of the medial arch angle in stage II posterior tibial tendon dysfunction flatfoot. *Clin Biomech.* – 2015. – 30:153–8.
44. Blackwood S., Gossett L. Hallux valgus/medial column instability and their relationship with posterior tibial tendon dysfunction. // *Foot Ankle Clin.* – 2018 – 23:297–313.
45. Zuñil-Escobar J.C., Martínez-Cepa C.B., Martín-Urrialde J.A., Gómez-Conesa A. Evaluating the medial longitudinal arch of the foot: correlations, reliability, and accuracy in people with a low arch. // *Phys Ther.* – 2019. – 99:364–72.
46. Bok S.K., Lee H., Kim B.O., Ahn S., Song Y., Park I. The effect of different foot orthosis inverted angles on plantar pressure in children with flexible flatfeet. // *PLoS One.* – 2016. – 11:e0159831.
47. Evans A.M., Copper A.W., Scharfbillig R.W., Scutter S.D., Williams M.T. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. // *J Am Podiatr Med Assoc.* – 2003. – 93(3):203–13.
48. Redmond A.C., Crane Y.Z., Menz H.B. Normative values for the Foot Posture Index. // *J Foot Ankle Res.* – 2008. – 1:6.
49. Keenan A.M., Redmond A.C., Horton M. The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. // *Arch Phys Med Rehabil.* – 2007. – 88:88–93.
50. Menz H. Alternative techniques for the clinical assessment of foot posture. // *JAPMA.* – 1998. – 88(3):119-129.
51. Evans A., Scutter S., Iasiello H. Measuring the paediatric foot - a criterion validity and reliability study of navicular height in 4-year-old children. // *Foot.* – 2003. – 13(2):76–82.
52. Reamod F. The foot posture index. // *User guide and manual.* – 2005.
53. Hsieh R.L., Peng H.L., Lee W.C. Short-term effects of customized arch support insoles on symptomatic flexible flatfoot in children. *Medicine (US).* – 2018. – May 1;97:e10655.
54. Cranage S, Banwell H, Williams C. Gait and Lower Limb Observation of Paediatrics (GALLOP): development of a consensus based paediatric podiatry and physiotherapy standardised recording proforma. // *J Foot Ankle Res.* – 2016. – 9(8).
55. Evans A.M., Karimi L. The relationship between paediatric foot posture and body mass index: do heavier children really have flatter feet? // *J Foot Ankle Res.* – 2015. – 8:46.

56. Gijon-Nogueron G., Montes-Alguacil J., Martinez-Nova A., Alfageme-Garcia P., Cervera-Marin J.A., Morales-Asencio J.M. Overweight, obesity and foot posture in children: a cross-sectional study. // *J Paediatr Child Health*. – 2017. – 53:33–7.

57. Drefus L.C., Kedem P., Mangan S.M. Reliability of the Arch Height Index as a Measure of Foot Structure in Children. // *Pediatr Phys Ther*. – 2017. – 29:83–8.

58. Vijayakumar K., Senthilkumar S. Morphometric analysis of ankle and foot in classical bharathanatyam dancers using foot posture index (FPI) and plantar scan images (PSI). // *IOSR J Dent Med Sci*. – 2019. – 15:205.

59. Žukauskas S, Barauskas V, Čekanauskas E. Comparison of multiple flatfoot indicators in 5-8-year-old children. *Open Med (Wars)*. – 2021. – 1; 16(1):246-256.

60. Staheli L.T., Chew D.E., Corbett M. The longitudinal arch: A survey of 802 feet in normal children and adults. // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. – 1987. – 69:426–8.

61. Staheli L. Planovalgus foot deformity. Current Status. // *J Am Podiatr Med Assoc*. – 1999. – 89:94–9.

62. Hu A., Arnold J.B., Causby R., Jones S. The identification and reliability of static and dynamic barefoot impression measurements: A systematic review. // *Forensic Sci Int*. – 2018. – 289:15664.

63. Vijayakumar K., Senthilkumar S., Bharambe V., Bokan R. A comparison of self-designed scanner device and AutoCAD image calibration method with gold standard classical ink foot print method: An analysis of arches of foot. // *IJMSIR*. – 2020. – 5:1718.

64. Lee Y.C., Lin G., Wang M.J.J. Comparing 3D foot scanning with conventional measurement methods. // *J Foot Ankle Res*. – 2014. – 7:44.

65. Zuil-Escobar J., Martínez-Cepa C., Martín-Urrialde J., Gómez-Conesa A. Medial longitudinal arch: Accuracy, reliability, and correlation between navicular drop test and footprint parameters. // *J Manip Physiol Ther*. – 2018. – 41:6729.

66. Clarke H.H. An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. // *Res. Q*. – 1933. – 4, 99–107.

67. Wejsflog G. Postawa—jej badania i dokumentacja kliniczna [Posture—its research and clinical documentation]. // *Pol. Orthop. Traumatol*. – 1956. – 21, 113–120.

68. Wyszńska J., Leszczak J., Podgórska-Bednarz J., Czenczek-Lewandowska E., Rachwał M., Dereń K., Baran J., Drzał-Grabiec J. Body Fat and Muscle Mass in Association with Foot Structure in Adolescents: A Cross-Sectional Study. // *Int J Environ Res Public Health*. – 2020. – 28;17(3):811.

69. Mickle K.J., Steele J.R. Munro B.J. The feet of overweight and obese young children: are they flat or fat? *Obesity*. // – 2006. – 14(11):1949–53.

70. Elmoatasem E.M., Eid M.A. Assessment of the medial longitudinal arch in children with flexible pes planus by plantar pressure mapping. // *Acta Orthop Belg.* – 2016. – 82:737–44.

71. Morrison S.C., McClymont J., Price C., Nester C. Time to revise our dialogue: how flat is the paediatric flatfoot? // *J Foot Ankle Res.* – 2017. – 10:50.

72. Barisch-Fritz B., Schmeltzpfenning T., Plank C., Grau S. Foot deformation during walking: differences between static and dynamic 3D foot morphology in developing feet. *Ergonomics.* // – 2013. – 56:921–33. - 913p.

73. Evans A.M. Mitigating clinician and community concerns about children's flatfeet, in-toeing gait, knock knees or bow legs. // *J Paediatr Child Health.* – 2017. – 53:1050–3.

74. Evans A., Rome K. A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. // *Eur J Phys Rehabil Med.* – 2011. – 47(1):69–89.