



ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ ПЛОСКОСТОПИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРИТЕРИЕВ ДИАГНОСТИКИ И СПОСОБА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

© В.М. Кенис¹, А.Ю. Димитриева², А.В. Сапоговский¹

¹ ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера»
Минздрава России, Санкт-Петербург;

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Минздрава России, Санкт-Петербург

Поступила: 27.03.2019

Одобрена: 27.05.2019

Принята: 06.06.2019

Обоснование. Частота плоскостопия у детей, по данным литературы, варьирует от 0,6 до 77,9 %. Такой широкий диапазон данных связан с отсутствием единых критериев диагностики и способа статистической обработки.

Цель — продемонстрировать вариабельность частоты плоскостопия на примере одной и той же популяции при использовании различных плантографических индексов и способов статистической обработки данных.

Материал и методы. В исследование были включены 317 детей школьного возраста. Критерием невключения было наличие у ребенка ортопедической патологии, помимо патологии стоп. Применяли следующие методы — клинический осмотр, компьютерную плантографию с расчетом индексов по подошвенной поверхности (индекс свода Staheli, индекс Chirraux-Smirak, угол Clarke's) и по медиальной поверхности стоп (подометрический индекс, индекс высоты свода (arch height index)) и статистический (методы описательной статистики с определением критериев Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка, определение принадлежности данных закону нормального распределения с расчетом стандартного отклонения, квартильный способ оценки).

Результаты. Как показало наше исследование, частота плоскостопия согласно закону нормального распределения (с удвоенным стандартным отклонением) по данным индексов, рассчитываемых по подошвенной поверхности стоп, варьирует от 1,6 до 4,8 % во всех возрастных группах (7–17 лет); на основании оценки медиальной поверхности стоп — от 1,28 до 2,8 % в том же возрасте. Согласно квартильному способу оценки у тех же детей данный показатель составлял 5,85–28,33 % в соответствии с индексами, рассчитываемыми по подошвенной поверхности, и 5,7–15,43 % — в соответствии с индексами, рассчитываемыми по медиальной поверхности стоп.

Заключение. При использовании различных плантографических индексов и способов статистической обработки данных показатель частоты уплощенного продольного свода стоп в популяции может значительно отличаться. Так, частота плоскостопия, определяемая на основании индексов, рассчитанных по медиальной поверхности стоп, в 1,7–1,8 раза ниже по сравнению с частотой плоскостопия, определяемой по подошвенной поверхности стоп. Помимо этого, частота плоскостопия, рассчитанная согласно закону нормального распределения (с удвоенным стандартным отклонением), в 5,5–5,9 раза ниже частоты плоскостопия, определяемой с помощью квартильного способа оценки.

Ключевые слова: дети; плоскостопие; диагностика; плантография; статистика.

THE VARIABILITY OF THE FLATFOOT FREQUENCY DEPENDING ON THE DIAGNOSTIC CRITERIA AND THE METHOD OF STATISTICAL ANALYSIS

© V.M. Kenis¹, A.Ju. Dimitrieva², A.V. Sapogovskiy¹

¹ The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

For citation: *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2019;7(2):41-50

Received: 27.03.2019

Revised: 27.05.2019

Accepted: 06.06.2019

Background. Flatfoot frequency in children varies from 0.6% to 77.9%. This wide-range data is associated with lack of uniform diagnostic criteria and method of statistical analysis.

Aim. This study aimed to demonstrate the variability in flatfoot frequency in the same population using different indices of footprint and methods of statistical analysis.

Material and methods. This study included 317 school-age children. Children with orthopedic and foot pathology were excluded. The main evaluation methods were clinical examination, computer plantography with footprint index calculation (Staheli index, Chippaux-Smirak index, Clarke's angle, podometric index, arch height index), and statistical analysis (descriptive statistics methods with Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk criteria, data definition according to the law of normal distribution with standard deviation and quartile assessment).

Results. According to the law of normal distribution (with a double standard deviation), our study demonstrated that the flatfoot frequency using the plantar footprint indices varies from 1.6% to 4.8% in 7–17-year-old children and using the medial footprint indices, from 1.28% to 2.8% in the same age. Quartile assessment method showed a flatfoot frequency of 5.85%–28.33% with plantar foot indices and 5.7%–15.43% with medial footprint indices.

Conclusion. The different plantographic indices and methods of statistical analysis demonstrated that the frequency of a flattened longitudinal arch of the feet in a population may differ significantly. Thus, the frequency of flatfoot determined on the basis of indices calculated on the medial footprint is 1.7–1.8 times lower than that determined on the plantar footprint. In addition, the frequency of flatfoot is 5.5–5.9 times lower than that determined by the quartile assessment.

Keywords: children; flatfoot; diagnostics; plantography; statistics.

Введение

Плоскостопие у детей — одна из самых частых причин обращений к детскому ортопеду и характеризуется снижением высоты продольного свода стоп (как с вальгусным отклонением заднего отдела стопы, так и без него) [1, 2]. Наличие плоскостопия у большинства детей до 8–9 лет является физиологической нормой и обусловлено повышенной растяжимостью связочного аппарата, наличием жировой ткани в области подошвенной поверхности стопы и незрелостью нервно-мышечного аппарата. В первое десятилетие жизни в преобладающем числе случаев происходит постепенное увеличение высоты продольного свода [3–6]. На сегодняшний день вопрос, по каким критериям следует определять наличие плоскостопия, остается дискуссионным. Например, по данным литературы, частота плоскостопия у детей колеблется от 0,6 до 77,9 % [6–8]. Такой широкий разброс данных связан как с изменчивостью анатомии стопы ребенка в процессе роста, так и с несовершенством критериев диагностики [6, 9]. Так, Н.А. Vanwell et al. (2018) в своем системном обзоре с анализом литературы, посвященном диагностике плоскостопия у детей, указывают на необходимость проведения дальнейших исследований из-за недостаточной надежности и валидности методов, используемых в настоящее время [6].

Несмотря на объективность рентгенологического метода диагностики, он имеет существенный недостаток в виде лучевой нагрузки [10]. Другим широко используемым методом диагностики плоскостопия является плантографический. При анализе сканированного изображения стоп

(компьютерная плантография) рассчитывают специальные индексы. В настоящее время наиболее известными и имеющими диагностическую ценность критериями служат: индекс свода Staheli (отношение длин линии, проведенной в самой узкой части отпечатка среднего отдела стопы, и линии, проведенной в самой широкой части пяточной области) [11–13]; индекс Chippaux-Smirak (отношение длин линии, проведенной в самой узкой части отпечатка среднего отдела стопы, и линии, проведенной в самой широкой части отпечатка стопы, на уровне головок плюсневых костей) [11, 14]; угол Clarke's (угол между касательными, проведенными из наиболее медиально расположенной точки в области плюсны к вогнутой части дуги продольного свода и к медиальной поверхности пяточной области) [14, 15]; индекс свода (arch index) (индекс свода определяют как отношение среднего отдела стопы к длине стопы, исключая пальцы) [16, 17]; подометрический индекс (отношение высоты бугристости ладьевидной кости к длине стопы) [18]; индекс высоты свода (arch height index) (соотношение высоты продольного свода и длины стопы (без пальцев), выраженное в процентах) [19]. В литературе описаны также индексы, которые не часто используют при оценке плантографического отпечатка. Это К-индекс Мартиросова [20], индекс оценки отпечатка стопы (footprint evaluation index) [21], instep-индекс [22], индекс подошвенного отпечатка стопы (plantar footprint index) [23].

При анализе способов статистической обработки данных по определению частоты плоскостопия наблюдается значительная вариабельность. Из статистических методов оценки

наиболее популярны метод определения частоты плоскостопия по закону нормального распределения (при этом для расчета средних значений учитывают от одного до двух стандартных отклонений) [18, 24] и квартильный, или центильный, способ [25].

На основании изложенного можно сформулировать гипотезу исследования: диагностика снижения высоты свода стоп, то есть плоскостопия, и определение частоты плоскостопия в популяции напрямую зависят от используемых плантографических индексов и способа статистической обработки данных.

Цель исследования — продемонстрировать вариабельность частоты плоскостопия на примере одной и той же популяции при использовании различных плантографических индексов и способов статистической обработки данных.

Материалы и методы

Все исследования были осуществлены в соответствии с принципами Хельсинской декларации о правах человека с получением письменного согласия родителей/опекунов на проведение исследования. Было выполнено компьютерное сканирование 634 стоп детей школьного возраста: 298 стоп (149 детей) — 7–10 лет; 210 стоп (105 детей) — 11–13 лет; 126 стоп (63 человека) — 14–17 лет. Обследование проводили в одной из школ Пушкинского района Санкт-Петербурга.

Основными критериями включения в исследование являлись возраст 7–17 лет и отсутствие диагностированной ортопедической, неврологической патологии, кроме наличия плоскостопия.

Компьютерную плантографию выполняли на приборно-аппаратном комплексе «ДиаследСкан» (ООО «ДиаСервис», Россия). По отсканированным изображениям стоп по подошвенной поверхности рассчитывали индекс свода Staheli (отношение длины линии 2 к длине линии 3), индекс Chipraux-Smirak (отношение длины линии 2 к длине линии 1), угол Clarke's (4) (рис. 1). Параметры свода, определяемые по медиальной поверхности стопы, включали подометрический индекс (отношение линии 1 к линии 2) и индекс высоты свода (отношение длины линии 4 к длине линии 3) (arch height index) (рис. 2).

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью программы Statistica фирмы Statsoft. Нормальность распределения данных определяли с применением критериев Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка.

Результаты

Для вычисления средних значений и стандартных отклонений (от -2σ до $+2\sigma$) основных плантографических индексов были проанализированы 634 стопы у детей 7–17 лет (табл. 1).

Как показывают представленные в табл. 1 данные, прослеживается тенденция к возрастной динамике индексов в изученных группах. Так, средние показатели индексов изменяются в сторону, количественно соответствующую увеличению высоты продольного свода стопы. Например, среднее значение такого параметра, как индекс Staheli, в 7–10 лет находится в пределах $0,53 \pm 0,115$, в 11–13 лет — в пределах $0,49 \pm 0,12$, а в 14–17 лет — в пределах $0,46 \pm 0,09$. Это свидетельствует о постепенном формировании свода стопы у детей. Та же тенденция отмечается и в отношении других индексов.

Для определения частоты плоскостопия у детей обследованной группы данный показатель был рассчитан по всем изученным индексам согласно параметрам, полученным при статистическом анализе и указанным в табл. 1. Критерием плоскостопия в данном случае служило значение каждого из индексов, лежащее за пределами двух стандартных отклонений, соответствующее снижению высоты свода стопы. Результаты этой оценки представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, процент детей с плоскостопием зависит от используемого индекса, но в целом наблюдается тенденция к снижению частоты встречаемости уплощенного свода с возрастом. Например, частота плоскостопия по данным индекса Staheli варьирует от 3,79 % в 7–10 лет до 1,6 % в 14–17 лет. По данным индекса Chipraux-Smirak данный показатель находится в пределах

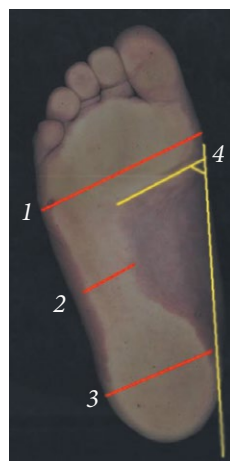


Рис. 1. Анализ подошвенного отпечатка стопы (объяснения в тексте)



Рис. 2. Анализ медиальной поверхности стопы (объяснения в тексте)

Таблица 1

Средние значения и стандартные отклонения основных плантографических индексов согласно закону нормального распределения

Индекс	7–10 лет			11–13 лет			14–17 лет		
	<i>M</i>	σ	$-2\sigma...+2\sigma$	<i>M</i>	σ	$-2\sigma...+2\sigma$	<i>M</i>	σ	$-2\sigma...+2\sigma$
SI R	0,53	0,115	0,3–0,76	0,49	0,12	0,25–0,73	0,46	0,09	0,28–0,64
SI L	0,54	0,13	0,28–0,8	0,5	0,11	0,28–0,72	0,46	0,09	0,28–0,64
CSI R	0,34	0,08	0,18–0,5	0,32	0,09	0,14–0,5	0,29	0,06	0,17–0,41
CSI L	0,34	0,08	0,18–0,5	0,32	0,08	0,16–0,48	0,3	0,05	0,2–0,4
PI R	12,67	3,48	5,71–19,63	13,13	3,58	5,97–20,29	14,18	3,19	7,8–20,56
PI L	12,52	3,41	5,7–19,34	13,18	3,64	5,9–20,46	13,66	3,73	6,2–21,12
CA R	52,2	7,58	37,0–67,4	53,4	7,75	37,9–68,9	58,4	5,25	47,9–68,9
CA L	52,7	6,8	39,1–66,3	53,4	6,63	40,14–66,7	56,9	3,7	49,5–64,3
AHI R	0,29	0,02	0,25–0,33	0,3	0,03	0,24–0,36	0,31	0,02	0,27–0,35
AHI L	0,29	0,02	0,25–0,33	0,3	0,03	0,24–0,36	0,31	0,03	0,25–0,37

Примечание. SI — индекс Staheli (Staheli index); CSI — индекс Chipraux-Smirak (Chipraux-Smirak index); PI — подометрический индекс (podometric index); CA — угол Clarke's (Clarke's angle); AHI — индекс высоты свода (arch height index); R/L — правая стопа/левая стопа (right/ left); *M* — среднее арифметическое значение; σ — стандартное отклонение.

Таблица 2

Частота плоскостопия (%) согласно критерию удвоенного стандартного отклонения

Индекс	Частота плоскостопия (%)		
	7–10 лет	11–13 лет	14–17 лет
SI R	3,03	2,0	1,6
SI L	3,79	3,0	2,1
CSI R	3,27	3,0	1,9
CSI L	3,79	3,0	2,7
PI R	2,08	1,7	1,4
PI L	2,08	1,8	1,5
CA R	4,0	4,0	3,22
CA L	4,8	3,8	3,22
AHI R	2,8	2,7	1,28
AHI L	2,8	2,7	1,28

Примечание. См. обозначения в примечании к табл. 1.

1,9–3,79 %, также с преобладанием в младшем школьном возрасте. Согласно углу Clarke's частота уплощенного свода стоп варьирует от 3,22 до 4,8 %. По данным подометрического индекса частота плоскостопия находится в пределах 1,4–2,08 % с преобладанием в возрасте 7–10 лет. По данным индекса высоты свода плоскостопие

диагностируют в 1,28–2,8 % случаев. В целом значения высоты продольного свода, рассчитанные на основании отпечатка медиальной поверхности стопы, ниже по сравнению со значениями, рассчитанными по подошвенной поверхности. Тем не менее и в данном случае отмечается возрастная динамика.

Таблица 3

Средние значения и квартильные отклонения основных плантографических индексов

Индекс	7–10 лет		11–13 лет		14–17 лет	
	М	IQR	М	IQR	М	IQR
SI R	0,53	0,41–0,58	0,49	0,4–0,56	0,46	0,41–0,58
SI L	0,54	0,4–0,56	0,5	0,42–0,59	0,46	0,41–0,58
CSI R	0,34	0,26–0,37	0,32	0,27–0,38	0,29	0,29–0,4
CSI L	0,34	0,26–0,37	0,32	0,29–0,4	0,3	0,3–0,42
PI R	12,67	8,11–11,36	13,13	8,9–12,46	14,18	10,2–14,3
PI L	12,52	7,67–10,74	13,18	9,16–12,83	13,66	9,8–13,72
CA R	52,2	36,5–51,1	53,4	30,2–42,2	58,4	58,2–81,5
CA L	52,7	33,8–47,27	53,4	32,3–45,2	56,9	62,2–87,2
AHI R	0,29	0,27–0,38	0,3	0,29–0,4	0,31	0,32–0,45
AHI L	0,29	0,27–0,38	0,3	0,29–0,4	0,31	0,31–0,44

Примечание. IQR (interquartile rang) — межквартильный размах (диапазон значений между 25-м и 75-м центилями). Другие обозначения см. в примечании к табл. 1.

Полученные данные частоты плоскостопия отражают методологический подход, согласно которому в качестве заведомой патологии принимают отклонение количественного признака (значение индекса) от среднего значения на величину двух стандартных отклонений, поскольку данный способ наиболее часто используется в медико-биологических исследованиях. Однако в литературе встречаются и другие критерии определения нормативных значений индексов при плоскостопии. Для сравнения результатов диагностики плоскостопия по изученным индексам, полученным с помощью различных методов статистической оценки, были определены средние значения рассчитанных плантографических показателей согласно квартильному способу (табл. 3).

Как показывают представленные в табл. 3 данные, для большинства индексов также наблюдается тенденция к возрастной динамике в изученных группах. Средние значения индексов и межквартильный размах изменяются в сторону, соответствующую увеличению высоты продольного свода стопы.

Нами проведен расчет частоты плоскостопия в исследованной группе по всем изученным индексам согласно квартильному распределению (табл. 4).

Как следует из табл. 4, частота уплощенного продольного свода стопы по данным индекса Staheli находится в пределах 9–28 % с преобладанием в возрасте 7–10 лет. По данным индекса

Chippaux-Smirak дети с уплощенным сводом составляют от 5,75 до 25,76 %, при этом число случаев с уплощенным сводом больше в младшем школьном возрасте. Однако согласно углу Clarke's этот показатель равен 2,27–3,82 % в возрасте 7–10 лет и 21,3–21,51 % в возрасте 14–17 лет. Индексы медиальной поверхности стопы также демонстрируют меньшую частоту плоскостопия по сравнению с индексами, рассчитанными по подошвенной поверхности. По данным подометрического индекса частота плоскостопия составляет 14,76 % в 7–10 лет, 13,28 % — в 11–13 лет и 12,24 % — в 14–17 лет. Согласно индексу высоты свода частота уплощенного свода стопы варьирует от 5,7 до 14,49 % с преобладанием в младшем школьном возрасте. Достоверных различий по частоте уплощенного свода между правой и левой стопой получено не было. Однако согласно всем представленным индексам, за исключением индекса Clarke's, существует возрастная динамика со снижением частоты плоскостопия у детей старшего возраста.

Таким образом, в соответствии с представленными данными частота уплощенного свода стопы зависит от используемого индекса и в значительной степени от способа статистической обработки данных.

В качестве примера приведена столбчатая диаграмма, иллюстрирующая вариабельность частоты плоскостопия, определяемой по индексу Staheli и углу Clarke's в различных воз-

Частота плоскостопия (%) согласно квантильному распределению

Индекс	Частота плоскостопия (%)		
	7–10 лет	11–13 лет	14–17 лет
SI R	25,76	21,0	16,13
SI L	28,33	14,0	9,68
CSI R	24,24	11,0	6,45
CSI L	25,76	9,0	5,75
PI R	15,43	14,28	13,79
PI L	14,76	13,28	12,24
CA R	3,82	3,0	21,51
CA L	2,27	2,0	21,3
AHI R	14,49	12,38	7,7
AHI L	13,15	11,7	5,7

Примечание. См. обозначения в примечании к табл. 1.

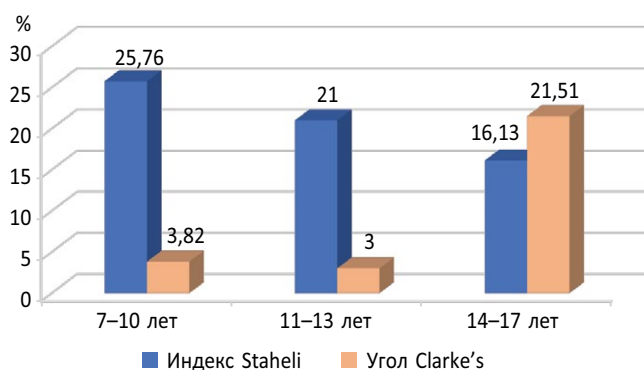


Рис. 3. Частота плоскостопия (%) по данным индекса Staheli и угла Clarke's в различных возрастных группах согласно квантильному способу оценки

растных группах согласно квантильному способу оценки: у одних и тех же детей возрастных групп 7–10 лет и 11–13 лет частота плоскостопия по данным индекса Staheli в среднем в 7 раз выше частоты, рассчитанной по данным угла Clarke's. В то же время для возрастной группы 14–17 лет ситуация обратная — частота плоскостопия по данным угла Clarke's в 1,3 раза выше (рис. 3).

Обсуждение

До настоящего времени вопрос о частоте встречаемости плоскостопия у детей остается открытым. Многообразие существующих способов оценки формы и положения стопы приводит к значительной вариабельности представленных

в литературе данных. Так, частота плоскостопия, по данным различных авторов, колеблется от 2,7 [23] до 40 % [26] у детей одного возраста. В первую очередь данная разница может быть объяснена методом, применявшимся для оценки высоты продольного свода (клинический, плантографический, рентгенологический). Наиболее часто прибегают к клиническому методу, при котором визуально оценивают форму и положение стопы. Так, например, данный метод использовали Pfeiffer et al. в исследовании, посвященном оценке частоты плоскостопия у детей дошкольного возраста. Частота плоскостопия, по данным авторов, варьировала от 54 % в 3 года до 24 % в 6 лет [27].

Помимо визуальной оценки высоты медиального продольного свода используют плантографический способ оценки, который подразумевает расчет многочисленных индексов.

García-Rodríguez et al. (1999) изучали высоту продольного свода стопы 1180 детей в возрасте от 4 до 13 лет при помощи плантографического метода и выявили, что только у 2,7 % детей подошвенный отпечаток стопы соответствует критерию плоскостопия [23]. В похожем по дизайну исследовании J.J. Echarri et al. (2003) проанализировали стопы 1851 ребенка Республики Конго. Частоту плоскостопия авторы оценивали с помощью индексов Staheli, Chipraux-Smirak и угла Clarke's. Частота уплощенного свода составляла 40–70 % для детей 3–8 лет [26].

Помимо многообразия методов оценки высоты медиального продольного свода стопы существует также несколько способов статистической обработки данных. Подход к определению границ статистической нормы (например, при нормальном распределении — кратность стандартных отклонений) у различных исследователей также отличается. Так, Hernandez et al. (2007) при исследовании частоты встречаемости плоскостопия у детей 5–9-летнего возраста считали свод стопы уплощенным, если среднее значение по индексу Staheli превышало два стандартных отклонения [24]. Д.А. Яременко в работе «Диагностика и классификация статических деформаций стоп» (1985) для констатации уплощенного свода придерживался $1/2$ значения стандартного отклонения [18].

Кроме определения частоты встречаемости заданного признака по закону нормального распределения возможны и другие способы статистического анализа.

Например, Cavanagh et al. (1987) при оценке частоты встречаемости уплощенного свода стопы применяли квартильный способ, обосновывая это тем, что определение среднего значения и стандартного отклонения (при условии нормального распределения данных) предполагает 15 % частоту плоскостопия в популяции (так как значение $M \pm 1\sigma$ охватывает примерно 70 % популяции, то на плоскостопие и высокий свод приходится по 15 %), что, по мнению авторов, не соответствует реалиям клинической практики [25].

Как показало наше исследование, при использовании различных плантографических индексов и способов статистической обработки данных показатель частоты уплощенного продольного свода стопы в популяции может значительно отличаться.

Для анализа имеющихся данных мы использовали пять различных плантографических индексов и два способа статистической обработки. При этом данные о частоте плоскостопия, полученные нами при анализе одной и той же группы детей, существенно различались. Так, например, частота плоскостопия согласно закону нормального распределения (с удвоенным стандартным отклонением) по данным индексов, оцениваемым по подошвенной поверхности стопы, варьирует от 1,6 до 4,8 % во всех возрастных группах (7–17 лет); на основании оценки медиальной поверхности стопы — от 1,28 до 2,8 % в том же возрасте. Согласно квартильному способу оценки у тех же детей данный показатель составлял 5,85–28,33 % в соответствии с индексами, рассчитанными по подошвенной поверхности, и 5,7–15,43 % в соот-

ветствии с индексами, рассчитанными по медиальной поверхности стопы.

Таким образом, индексы, рассчитанные по медиальной поверхности стопы, в целом демонстрировали более низкие значения частоты плоскостопия в группе изучаемых детей. Однако в отношении всех индексов, кроме угла Clarke's при квартильном способе оценки, прослеживалась тенденция к увеличению высоты продольного свода стопы с увеличением возраста. По нашему мнению, это связано с шириной референтного интервала. Согласно нашим данным диапазон рассчитанных средних на основании закона нормального распределения смещен в сторону более низких значений (47,9–68,9°) по сравнению с межквартильным размахом (58,2–87,2°). Clarke (1933) в своей работе указывал на погрешность индекса в связи с трудностью его определения при угле более 40°. Таким образом, данный параметр оказался несостоятельным в случае детей старшей возрастной группы [28].

На наш взгляд, каждый из способов статистической обработки обладает своими достоинствами и недостатками. Так, преимущество закона нормального распределения с удвоенным стандартным отклонением заключается в том, что точность оценки среднего значения рассчитываемого показателя составляет 95 %. Недостатком является зависимость частоты встречаемости уплощенного свода стопы от величины стандартного отклонения, а также то, что рассчитываемая популяционная частота плоскостопия ниже определяемой клинически.

Достоинство квартильного способа оценки состоит в том, что частота плоскостопия, рассчитанная данным способом, близка к наблюдаемой у пациентов в практической работе. Недостатком его является подверженность колебаниям в зависимости от возможной погрешности измерений, вариабельность которых может быть высокой ввиду ограниченной выборки.

Заключение

Согласно нашим данным частота плоскостопия, определенная на основании суммарного показателя индексов, рассчитанных по медиальной поверхности стопы, в 1,7–1,8 раза ниже по сравнению с частотой плоскостопия, определенной по суммарному показателю индексов подошвенной поверхности стопы. Помимо этого, частота плоскостопия, рассчитанная согласно закону нормального распределения (с удвоенным стандартным отклонением), в 5,5–5,9 раза ниже частоты плоскостопия, рассчитанной по квартильному способу оценки.

Таким образом, мы продемонстрировали вариабельность частоты плоскостопия на примере одной и той же выборки при использовании различных плантографических индексов и способов статистической обработки данных, что подтверждает нашу гипотезу, выдвинутую в начале исследования. Следовательно, как при оценке данных, полученных при массовых исследованиях, так и при диагностике плоскостопия в клинической практике у конкретного ребенка необходимо соотносить полученные показатели с имеющимися в литературе референтными данными с учетом методологии их получения. Все вышесказанное еще раз подчеркивает важность разработки унифицированной системы оценки высоты медиального продольного свода стопы при диагностике плоскостопия у детей во избежание неоправданных консервативных и оперативных вмешательств, а также пропуска очевидной патологии под маской возрастной нормы. Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что для количественной оценки высоты свода стопы и определения частоты плоскостопия в популяции в первую очередь необходимо выработать единые критерии диагностики и способ статистической обработки данных.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке программы УМНИК Фонда содействия инновациям.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации и одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России (протокол № 11 от 01.11.2017).

Законные представители пациентов дали добровольное согласие на участие в исследовании и публикацию данных.

Вклад авторов

В.М. Кенис — руководство и участие в разработке дизайна и методологии исследования, редактирование текста статьи.

А.Ю. Димитриева — сбор и обработка данных, анализ литературных источников, написание текста статьи.

А.В. Сапоговский — редактирование текста статьи.

Литература

1. Evans AM. The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7–10 years. *J Foot Ankle Res.* 2011;4(1):12. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-4-12>.
2. Кенис В.М., Лапкин Ю.А., Хусаинов Р.Х., Сапоговский А.В. Мобильное плоскостопие у детей (обзор литературы) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2014. – Т. 2. – № 2. – С. 44–54. [Kenis VM, Lapkin YA, Khusainov RKh, Sapogovskiy AV. Mobil'noe ploskostopie u detey (obzor literatury). *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery.* 2014;2(2):44-54. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/ptors2244-54>.
3. Nemeth B. The diagnosis and management of common childhood orthopedic disorders. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2011;41(1):2-28. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2010.10.004>.
4. Перепелкин А.И., Мандриков В.Б., Краюшкин А.И., Атрощенко Е.С. К вопросу о формировании продольного свода стопы у детей // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2016. – № 1. – С. 32–36. [Perepelkin AI, Mandrikov VB, Krayushkin AI, Atroshchenko ES. To the question of the formation of the longitudinal arch of the foot in children. *Volgogradskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal.* 2016;(1):32-36. (In Russ.)]
5. Sadeghi-Demneh E, Azadinia F, Jafarian F, et al. Flat-foot and obesity in school-age children: a cross-sectional study. *Clin Obes.* 2016;6(1):42-50. <https://doi.org/10.1111/cob.12125>.
6. Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *J Foot Ankle Res.* 2018;11:21. <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0264-3>.
7. Didia BC, Omu ET, Obuoforibo AA. The use of footprint contact index ii for classification of flat feet in a Nigerian population. *Foot Ankle.* 2016;7(5):285-289. <https://doi.org/10.1177/107110078700700504>.
8. Gould N, Moreland M, Alvarez R, et al. Development of the child's arch. *Foot Ankle.* 2016;9(5):241-245. <https://doi.org/10.1177/107110078900900506>.
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(1). <https://doi.org/10.1186/s13047-017-0218-1>.
10. Weimar WH, Shroyer JF. Arch height index normative values of college-aged women using the arch height index measurement system. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013;103(3):213-217. <https://doi.org/10.7547/1030213>.
11. 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115808>.

12. Ezema CI, Abaraogu UO, Okafor GO. Flat foot and associated factors among primary school children: A cross-sectional study. *Hong Kong Physio J.* 2014;32(1):13-20. <https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2013.05.001>.
13. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg.* 1987;69(3):426-428. <https://doi.org/10.2106/00004623-198769030-00014>.
14. Chen KC, Yeh CJ, Kuo JF, et al. Footprint analysis of flatfoot in preschool-aged children. *Eur J Pediatr.* 2011;170(5):611-617. <https://doi.org/10.1007/s00431-010-1330-4>.
15. Pauk J, Szymul J. Differences in pediatric vertical ground reaction force between planovalgus and neutral-aligned feet. *Acta Bioeng Biomech.* 2014;16(2):95-101.
16. Galli M, Cimolin V, Rigoldi C, et al. The effects of low arched feet on foot rotation during gait in children with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res.* 2014;58(8):758-764. <https://doi.org/10.1111/jir.12087>.
17. Galli M, Cimolin V, Pau M, et al. Foot pressure distribution in children with cerebral palsy while standing. *Res Dev Disabil.* 2015;41-42:52-57. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.05.006>.
18. Яременко Д.А. Диагностика и классификация статических деформаций стоп // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1985. – № 11. – С. 59–67. [Yaremenko DA. Diagnostika i klassifikatsiya sticheskih deformatsiy stop. *Ortop Travmatol Protez.* 1985;(11):59-67. (In Russ.)]
19. Drefus LC, Kedem P, Mangan SM, et al. Reliability of the arch height index as a measure of foot structure in children. *Pediatr Phys Ther.* 2017;29(1):83-88. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000337>.
20. Nikolaidou ME, Boudolos KD. A footprint-based approach for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *Foot.* 2006;16(2):82-90. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2006.02.001>.
21. Stavlas P, Grivas TB, Michas C, et al. The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44(6):424-428. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2005.07.023>.
22. Abolarin T, Aiyegbusi A, Tella A, Akinbo 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):188-192. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2011.07.002>.
23. García-Rodríguez A, Martín-Jiménez F, Carnero-Varro M, et al. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics.* 1999;103(6):e84-e84. <https://doi.org/10.1542/peds.103.6.e84>.
24. Hernandez AJ, Kimura LK, Laraya MHF, Fávoro E. Cálculo do índice do arco plantar de staheli e a prevalência de pés planos: estudo em 100 crianças entre 5 e 9 anos de idade. *Acta Ortop Bras.* 2007;15(2):68-71. <https://doi.org/10.1590/s1413-78522007000200001>.
25. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints. *J Biomech.* 1987; 20(5):547-51. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(87\)90255-7](https://doi.org/10.1016/0021-9290(87)90255-7).
26. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop B.* 2003;12(2):141-146. <https://doi.org/10.1097/00009957-200303000-00012>.
27. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, et al. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics.* 2006;118(2):634-639. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2126>.
28. Clarke HH. An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Res Q Am Phys Educ Assoc.* 1933;4(3):99-107.

Сведения об авторах

Владимир Маркович Кенис — д-р мед. наук, заместитель директора по развитию и внешним связям, руководитель отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7651-8485>. E-mail: kenis@mail.ru.

Vladimir M. Kenis — MD, PhD, D.Sc., Deputy Director for Development and International Relations, Head of the Department of Foot Pathology, Neuroorthopedics and Systemic Diseases. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7651-8485>. E-mail: kenis@mail.ru.

Алена Юрьевна Дмитриева — очный аспирант кафедры детской травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-3610-7788>. E-mail: aloyna17@mail.ru.

Андрей Викторович Сапоговский — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-5762-4477>. E-mail: sapogovskiy@gmail.com.

Alyona J. Dimitrieva — PhD Student of Chair of Traumatology and Orthopedics for Children. North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3610-7788>. E-mail: aloyna17@mail.ru.

Andrei V. Sapogovskiy — MD, PhD, Senior Research Associate of the Department of Foot Pathology, Neuroorthopedics and Systemic Diseases. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-5762-4477>. E-mail: sapogovskiy@gmail.com.