

Петухова Людмила Николаевна✉, Маргарян Артур Ванушович, Ткачук Анна Анатольевна

Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

✉ lydmila.petuhova2312@yandex.ru

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К АНАТОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ СВОДОВ СТОПЫ У ДЕТЕЙ

Аннотация. В современной медицине для анатомической оценки сводов стопы у детей используются разнообразные методы исследования и диагностики. Это позволяет более точно выявлять деформации и разрабатывать персонализированные программы коррекции. Ранняя диагностика и профилактика заболеваний стоп являются важными аспектами общего физического развития ребёнка. При выявлении плоскостопия у детей важно учитывать индивидуальные особенности развития стопы. До определённого возраста плоскостопие может быть физиологическим и не требовать специального лечения. В настоящее время наблюдается высокая распространённость плоскостопия среди детей первого периода детства. Однако эффективность лечения этого состояния остаётся неоднозначной из-за отсутствия чётких критериев для определения нормы. На сегодняшний день отсутствие единого подхода к оценке анатомических особенностей сводов стоп у детей делает измерения важным инструментом для проведения скрининговых исследований. Высокая степень надёжности и точности этих измерений позволяет своевременно выявлять и корректировать патологии, связанные со здоровьем стоп.

Ключевые слова: плоская стопа, период первого детства, антропометрия, оценка физического развития

Для цитирования: Петухова Л. Н., Маргарян А. В., Ткачук А. А. Современный подход к анатомической оценке сводов стопы у детей // Национальный вестник медицинских ассоциаций. 2025. Т. 2, № 3. С. 42-45

Введение. Стопа человека представляет собой комплексный анатомический элемент с развитой биомеханикой, выполняющий несколько ключевых функций: опорную, рессорную, балансирующую, а также толчковую. Структурные особенности стопы позволяют ей функционировать как рессорной системе, поддерживающей массу тела человека. Основными точками опоры служат головки плюсневых костей, первой и пятой и пяточная кость [1]. Повреждения пяточной кости, являющейся ключевой опорной структурой стопы, могут привести к деформации сводов и развитию травматического плоскостопия. Это, в свою очередь, вызывает перегрузку вышележащих суставов (голеностопных, коленных, тазобедренных) и мышечно-связочного аппарата, что проявляется болевыми синдромами [2, 3]. Плоскостопие (pes planus) и высокий свод стопы (pes cavus) представляют собой деформации стопы, способные приводить к травматическим повреждениям стопы и голеностопного сустава [2]. При плоскостопии наблюдается снижение высоты медиального продольного свода стопы, отведение в таранно-ладьевидном суставе и вальгусная деформация заднего отдела стопы. Для высокого свода стопы характерна полая деформация средней части стопы, выступающая латеральная середина, приведение передней части и варусная деформация задней части стопы. Клиническая картина при данных патологиях включает боль в области стопы или голеностопа, деформации стопы, нестабильность походки и склонность к падениям [3].

Современные исследования в области мониторинга здоровья и физического состояния детей включают

определение параметров физического развития и типов телосложения. Эти исследования проводятся в сочетании с другими физиологическими методами и подходами. Антропометрические параметры и их взаимосвязи формируют методологическую основу понятия «физическое развитие». Общепринятыми индикаторами физического развития популяций являются длина и масса тела, а также индекс массы тела. Антропометрические данные часто дополняются функциональными показателями, релевантными для конкретных задач исследования [4].

Гибкое плоскостопие, часто встречающееся у детей, не имеет ярко выраженных симптомов и не требует специфического лечения, поскольку обычно проходит самопроизвольно. Однако со временем это состояние может прогрессировать и усугубляться, что в конечном итоге приводит к развитию серьёзных нарушений, таких как подошвенный фасциит и пателлофеморальный болевой синдром [5].

Степень уплощения сводов стопы коррелирует с массой тела, чем выше масса тела и, следовательно, возрастает нагрузка на стопы, тем более выражено уплощение [7]. Возрастные изменения также оказывают значительное влияние на анатомо-физиологические характеристики стопы. До трёхлетнего возраста стопа характеризуется высокой эластичностью и гибкостью. Формирование свода стопы начинается с увеличением нагрузки на нижние конечности примерно к семи годам. Окончательное формирование структуры стопы завершается к двенадцати-четырнадцати годам [7, 8].

Petukhova Lyudmila N. [✉], Margaryan Artur V., Tkachuk Anna A.

Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia
[✉] lydmila.petuhova2312@yandex.ru

A MODERN APPROACH TO ANATOMICAL ASSESSMENT OF CHILDREN'S FOOT ARCHES

Abstract. *In modern medicine there are various diagnostic methods and research for the anatomical assessment of children's foot arches among. It allows more accurate detection of deformities and the development of personalized correction programs. Early diagnosis and prevention of foot diseases are important aspects of a child's overall physical development. When identifying flat feet in children, it is important to take into account the individual characteristics of foot development. Up to a certain age, flat feet can be physiological and there is no need for special treatment. Currently, there is a high prevalence of flat feet among children of the first period in childhood. However, the effectiveness of treatment for this condition remains ambiguous due to the lack of clear criteria for determining the norm. Nowadays the lack of a unified approach to assessing the anatomical features of the arches of the feet in children makes measurements an important tool for screening studies. The high degree of reliability and accuracy of these measurements allows timely detection and correction of pathologies related to foot health.*

Keywords: *flat foot, the period of early childhood, anthropometry, assessment of physical development*

儿童足弓解剖学评估的现代方法

注释。现代医学中，有各种诊断方法和研究用于儿童足弓的解剖学评估。这有助于更准确地发现畸形并制定个性化的矫正方案。足部疾病的早期诊断和预防是儿童整体身体发育的重要方面。在识别儿童扁平足时，重要的是要考虑到足部发育的个体特征。在一定年龄之前，扁平足可能是生理性的，无需特殊治疗。目前，扁平足在幼儿早期患病率较高。然而，由于缺乏明确的标准，这种疾病的治疗效果仍然不明确。目前，由于缺乏统一的方法来评估儿童足弓的解剖特征，测量成为筛查研究的重要工具。这些测量的高度可靠性和准确性使得及时发现和纠正与足部健康相关的病变成为可能。
 关键词：扁平足、幼儿期、体格测量、身体发育评估

Наиболее часто встречающейся ортопедической патологией является плоскостопие. Благодаря современным методам диагностики появилась возможность наглядно визуализировать степень уплощения сводов стопы, выявить функциональные изменения в цикле шага. Это способствует раннему выявлению плоскостопия и, как следствие, повышению эффективности лечения и профилактики осложнений [9].

Среди методов диагностики плоскостопия используются разнообразные методы, которые включают сбор анамнеза, клинический осмотр, в том числе и инструментальные исследования, такие как R-графия, компьютерная плантография, компьютерная оптическая топография, педобарография, УЗИ, КТ, МРТ и другие. Комплексный подход к диагностике имеет ключевое значение для проведения всесторонней оценки состояния стопы и выбора наиболее эффективных методов профилактики и лечения данной патологии [10, 11, 12].

В процессе визуального осмотра производится оценка состояния стоп, вид стоп, признаки продольного и поперечного плоскостопия, степень инверсии и эверсии стоп, для оценки мобильности применяются следующие тесты: тест «Шриттера» – нормальным (отрицательным) результатом считается изменение положения заднего отдела стопы из вальгусного в варусное при подъёме на носки; тест «Jack» – данный метод предназначен для оценки состояния сухожилия длинного сгибателя первого пальца стопы. Во время выполнения теста при сгибании первого пальца стопы, в случае отрицательного результата, наблюдается увеличение продольного свода стопы и уменьшение угла отклонения пяточной кости. При положительном тесте указанные параметры остаются

неизменными. Гипермобильный синдром устанавливается на основании результатов оценки по шкале Бейтона [9, 12, 13]. Несмотря на важность визуального осмотра, существуют данные, свидетельствующие о том, что при традиционном обследовании стоп не обнаруживается до 30% патологий по сравнению с более высокотехнологичными методами, такими как плантография.

Плантография представляет собой достаточно простой, но информативный метод диагностики плоскостопия, позволяющий оценить распределение давления, оказываемого стопой на поверхность. Этот метод широко используется для выявления нарушений статической функции стопы [13]. Плантографическое исследование обладает рядом преимуществ, включая доступность, неинвазивность, точность оценки, а также возможность мониторинга динамики изменений и сопоставления результатов через определённые временные интервалы. Полученные данные позволяют визуализировать и количественно оценить деформации стоп у пациентов различных возрастных групп. В соответствии с методикой Шриттера, стопа классифицируется следующим образом: полая стопа (0-40%); нормальная стопа (40,1-50%); уплощённая стопа (50,1-60%); плоскостопие (60,1-100%). Индекс Чижина также позволяет охарактеризовать стопу как нормальную (не уплощённую) при значениях от 0 до 1,0; уплощённую от 1,0 до 2,0; если же индекс превышает значение 2,0, то стопа классифицируется как плоская [9, 14].

В настоящее время в антропометрии широко применяются индексы, характеризующие продольный свод стопы. Одним из таких индексов является индекс продольного свода Staheli – отношение самой узкой ширины средней части стопы (линия а) к самой широкой части пяточной

области (линия b) Индекс Staheli = a/b ; $\leq 0,4$ классифицируется как высокосводчатая стопа, $0,5-0,7$ – нормально-сводчатая стопа и $\geq 0,8$ – как плоская [15, 16].

Также для оценки состояния стопы используется индекс отпечатка Harris – измеряется расстояние от начала двух перпендикулярных линий в сантиметрах. Ось y – это средняя линия стопы от кончика 2-го пальца до середины задней поверхности стопы, а ось x – это перпендикулярная линия, проведённая медиально и латерально в самой широкой и самой узкой точке свода стопы. Оценка основывается на измерении расстояния от начальной точки оси X. Латеральная сторона дуги имеет отрицательное значение, в то время как медиальная сторона дуги – положительное. Шкала Harris классифицирует следующие состояния: полая стопа при значениях (-4, -3, -2), нормальный свод стопы при значениях (-1, 0, +1) и плоская стопа при значениях (+2, +3, +4) [3].

Индекс Chippaux-Smirak – это отношение самой узкой ширины средней части стопы (b) к самой широкой ширине передней части стопы (a). Индекс Chippaux-Smirak = $b/a \times 100$; $\leq 24\%$ классифицируется как высокий свод, от 25% до 45% – как стопа с нормальным сводом и $\geq 46\%$ – как плоская [3, 17].

Угол Кларка (Clarke) измеряется между касательной к медиальному краю отпечатка стопы и линией, проходящей через наиболее выпуклую точку медиального края плюсны и пересекающейся с указанной касательной. Угол Кларка представляет собой практичный, надёжный и чувствительный количественный показатель для оценки высоты медиального свода стопы у детей. Этот метод может быть рекомендован как для научных исследований, так и для клинического применения [9, 14, 18, 19, 20, 21].

Для вычисления подометрического индекса измеряют высоту стопы от вершины свода до поверхности пола, а также её длину от края пятки до конца первого пальца. Далее умножают высоту стопы на 100 и делят полученный результат на длину стопы. Нормальное значение данного индекса составляет 29-31. Если индекс находится в диапазоне 27-29, это может свидетельствовать о начальных стадиях плоскостопия. При значении индекса около 25 можно говорить о выраженном дефекте [22].

Индексы свода стопы (arch index) и высоты свода стопы (arch height index) являются количественными показателями, отражающими морфологические и структурные характеристики стопы. Индекс свода стопы рассчитывается как отношение длины средней части стопы к её общей длине и характеризует выраженность продольного свода. Индекс высоты свода стопы определяется как отношение высоты продольного свода стопы к её длине и выражается в процентах, что позволяет оценить влияние высоты свода на общую форму стопы [9, 14, 22].

В медицинской практике рентгенологический метод диагностики считается золотым стандартом и незаменимым инструментом для экспертной оценки анатомических параметров стопы. Он позволяет всесторонне анализировать высоту и угол продольного свода, угловые характеристики среднего и переднего отделов стопы и другие параметры. Однако при всём своём преимуществе данный метод сопряжён с лучевой нагрузкой,

что ограничивает его применение в диагностике у детей и подростков. Исследование, проведённое Nameed N. et al. (2020) показало, что диагностическая точность рентгенографии выше, чем у подометрии [11].

Компьютерная томография (КТ) является высокоинформативным методом визуализации структурных изменений костной ткани, суставов, мышц и связочного аппарата [23]. Тем не менее, использование данного метода также имеет ограничения в детской практике в связи с лучевой нагрузкой. Магнитно-резонансная томография (МРТ) – современный метод диагностики, не несёт лучевой нагрузки, обладает широким полем изображения и возможностью получения снимков в различных плоскостях, позволяет детально охарактеризовать патологические изменения в тканях, что делает её эффективным инструментом для диагностики заболеваний стоп. В отдельных клинических ситуациях КТ и МРТ могут предоставить дополнительную диагностическую информацию. КТ является предпочтительным методом для оценки тарзальной коалиции костей предплюсны, позволяя определить её степень и выявить возможные вторичные дегенеративные изменения. Этот метод может дифференцировать костные и не костные коалиции. МРТ предоставляет более детальную информацию о природе не костных коалиций, позволяя различать фиброзные и хрящевые варианты. МРТ может проводиться при подозрении на патологические изменения связок и сухожилий, особенно в отношении малоберцовой и задней большеберцовой мышц [23, 24].

Заключение. В процессе индивидуального развития ребёнка стопа претерпевает значительные изменения в своих размерах и форме, что затрудняет определение нормативных показателей высоты её сводов. Отсутствие чётких критериев оценки делает диагностику и выбор оптимальной тактики лечения сложными и затруднительными. Однако объективная оценка высоты сводов стопы у детей разных возрастных групп позволяет своевременно выявить плоскостопие, отслеживать динамику заболевания и оценивать эффективность применяемых методов лечения. Антропометрические параметры сводов стопы у детей являются важным инструментом для оценки их анатомического состояния, а также служат инструментом для выявления потенциальных патологий. Эти параметры включают длину и ширину стопы, высоту свода, угол продольного и поперечного сводов, а также другие показатели, которые отражают состояние костно-мышечной системы. Регулярное обследование детей с использованием различных методов измерения, таких как плантография, подометрия и компьютерная томография, позволяет специалистам своевременно диагностировать отклонения от нормы. Это особенно важно, поскольку в детском возрасте костно-мышечная система находится в стадии активного формирования, и любые отклонения могут привести к серьёзным проблемам в будущем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCE

1. Ficke J., Byerly D. W. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Foot. 2023 Aug 7. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. PMID: 31536304.
2. Современные методы диагностики плоскостопия у спортсменов / И. А. Малеваная [и др.] // Прикладная спортивная наука. 2023. № 2(18). С. 94-102. [Modern methods of diagnosing flat feet in

- athletes / I. A. Malevanaya [et al.] // Applied sports science. 2023. No. 2 (18). P. 94-102. (In Russ)].
3. Paecharoen S., Arunakul M., Tantivangphaisal N. Diagnostic Accuracy of Harris Imprint Index, Chippaux-Smirak Index, Staheli Index Compared With Talar-First Metatarsal Angle for Screening Arch of Foot. *Ann Rehabil Med.* 2023;47(3):222-227. DOI: 10.5535/arm.23015.
 4. Гайворонский И. В., Семенов А. А., Криштоп В. В. Антропометрическая оценка физического развития лиц молодого возраста // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 6-2. С. 24. [Gaivoronsky I. V., Semenov A. A., Krishtop V. V. Anthropometric assessment of physical development of young people // Modern problems of science and education. 2022. No. 6-2. P. 24. (In Russ)]. DOI: 10.17513/spno.32235.
 5. Clinical and radiological outcomes of corrective exercises and neuromuscular electrical stimulation in children with flexible flatfeet: A randomized controlled trial/ A. M. Abd-Elmonem [et al.] // *Gait Posture.* 2021; 88:297-303. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.06.008. Epub 2021 Jun 12. PMID: 34153808.
 6. Helping Children with Obesity “Move Well” To Move More: An Applied Clinical Review/ M.Tsiros [et al.] // *Current Sports Medicine Reports.* 2021; 20(7): 374-383. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000861.
 7. Шевелева Н. И., Дубовихин А. А., Минбаева Л. С. Проблема плоскостопия на современном этапе // Вопросы практической педиатрии. 2020. Т. 15. № 2. С. 68-74. [Sheveleva N. I., Dubovihin A. A., Minbaeva L. S. The problem of flat feet at the present stage // *Issues of Practical Pediatrics.* 2020. Vol. 15. No. 2. P. 68-74. (In Russ)]. DOI 10.20953/1817-7646-2020-2-68-74.
 8. A guide to the management of paediatric pes planus/C. Turner [et al.] // *Aust J. Gen. Pract.* 2020 May; 49(5):245-249. DOI: 10.31128/AJGP-09-19-5089.
 9. Возможности визуализации закономерностей биомеханических аспектов формирования плоскостопия у спортсменов / И. А. Малеваная [и др.] // Прикладная спортивная наука. 2023. № 1(17). С. 97-103. [Possibilities of visualization of patterns of biomechanical aspects of flatfoot formation in athletes / I. A. Malevanaya, T. N. Lukyanenko, [et al.] // *Applied sports science.* 2023. No. 1 (17). P. 97-103.
 10. Оценка антропометрических показателей у детей и подростков с низкой двигательной активностью // П.О.Акимова [и др.] // Тихоокеанский медицинский журнал. 2025. № 2 (100). С. 68-72. [Assessment of anthropometric indicators in children and adolescents with low physical activity // P.O. Akimova [et al.] // *Pacific Medical Journal.* 2025. No. 2 (100). P. 68-72. (In Russ)]. DOI: 10.34215/1609-1175-2025-2-68-72.
 11. Anthropometric Assessment Of Paediatric Flat Foot: A Diagnostic Accuracy Study/ N. Hameed [et al.] // *J. Ayub Med Coll Abbottabad.* 2020; 32(3):359-367. PMID: 32829552.
 12. Сапоговский А. В., Кенис В. М. Клиническая диагностика ригидных форм plano valgus деформаций стоп у детей // Травматология и ортопедия России. 2015. № 4. С. 46-51. [Sapogovskiy A. V., Kenis V. M. Clinical diagnostics of rigid forms of plano valgus foot deformities in children // *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2015. No. 4. P. 46-51. (In Russ)].
 13. Проблемы мобильного плоскостопия в спорте (обзор литературы) / К. А. Самушия [и др.] // Прикладная спортивная наука. 2021. № 2(14). С. 106-118. [Problems of mobile flatfoot in sports (literature review) / K. A. Samushiya [et al.] // *Applied sports science.* 2021. No. 2 (14). P. 106-118. (In Russ)].
 14. Самушия К. А., Петрова О. В., Попова Г. В. Алгоритм оценки мобильных деформаций стоп спортсменов: учеб.метод. пособие. Минск: БелМАПО, 2022. 37 с. [Samushia K. A., Petrova O. V., Popova G. V. Algorithm for assessing mobile deformities of athletes' feet: training manual. Minsk: BelMAPO, 2022. 37 p. (In Russ)].
 15. Joint hypermobility and preschool-age flexible flatfoot/ C. C. Tsai [et al.] // *Medicine (Baltimore).* 2022; 5;101(31): e29608. DOI: 10.1097/MD.00000000000029608.
 16. An evaluation of subtalar titanium screw arthroereisis for the treatment of symptomatic paediatric flatfeet – early results/A. Szesz [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1):825. DOI: 10.1186/s12891-023-06937-2.
 17. Žukauskas S., Barauskas V., Čekanauskas E. Comparison of multiple flatfoot indicators in 5-8-year-old children. *Open Med (Wars).* 2021;16(1):246-256. DOI: 10.1515/med-2021-0227.
 18. Fallon Verbruggen F., Marenčáková J., Zahálka, F. The relationship of three-dimensional foot morphology to clinical assessments and postural stability in adolescent male footballers // *J. Foot Ankle Res* 16, 50 (2023). DOI: 10.1186/s13047-023-00636-w.
 19. Comparing Validity and Diagnostic Accuracy of Clarke’s Angle and Foot Posture Index-6 to Determine Flexible Flatfoot in Adolescents: A Cross-Sectional Investigation/ F. Hegazy [et al.] // *J. Multidiscip Healthc.* 2021;14:2705-2717. DOI: 10.2147/JMDH.S317439.
 20. Современные представления о влиянии двигательной активности на состояние костно-мышечной системы у детей / Л.Н.Петухова [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. 2024. Т. 25. № 2 (118). С. 76-81. [Modern concepts of the influence of physical activity on the state of the musculoskeletal system in children / L. N. Petukhova [et al.] // *Medical Science and Education of the Urals.* 2024. Vol. 25. No. 2 (118). P. 76-81. (In Russ)].
 21. Validity and Diagnostic Accuracy of the Clarke’s Angle in Determining Pediatric Flexible Flatfoot Using Radiographic Findings as a Criterion Standard Measure: A Cross-sectional Study // F. Hegazy [et al.] // *J. Am Podiatr Med Assoc.* 2022; 112(1):20-133. DOI: 10.7547/20-133.
 22. Никитюк И. Е., Савина М. В. Плантаграфия как метод диагностики нарушения функции опорно-двигательной системы у пациентов с последствиями родового повреждения плечевого сплетения // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 6. С. 91. DOI 10.17513/spno.33057. [Nikityuk I. E., Savina M. V. Plantography as a method for diagnosing dysfunction of the musculoskeletal system in patients with consequences of birth injury to the brachial plexus // *Modern problems of science and education.* 2023. No. 6. P. 91. (In Russ)]. DOI 10.17513/spno.33057.
 23. Кенис В.М., Димитриева А. Ю., Сапоговский А. В. Вариабельность частоты плоскостопия в зависимости от критериев диагностики и способа статистической обработки // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2019. Т. 7, № 2. С. 41-50. [Kenis V. M., Dimitrieva A.Yu., Sapogovskiy A. V. Variability of flatfoot frequency depending on diagnostic criteria and statistical processing method // *Pediatric Orthopedics, Traumatology and Reconstructive Surgery.* 2019. Vol. 7, No. 2. P. 41-50. (In Russ)]. DOI: 10.17816/PTORS72.
 24. Morphological changes in flatfoot: a 3D analysis using weight-bearing CT scans/ Y. Cai [et al.] // *BMC Med Imaging* 24, 219 (2024). DOI: 10.1186/s12880-024-01396-0.
 25. MRI for paediatric flatfoot: is it necessary?/ C.Bagley et al.] // *Br J Radiol.* 2022 Apr 1;95 (1132):20210784. DOI: 10.1259/bjr.20210784.

Сведения об авторах и дополнительная информация

Петухова Людмила Николаевна – старший преподаватель кафедры теории и практики сестринского дела Института общественного здоровья и цифровой медицины ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень.

Маргарян Артур Ванушович – профессор кафедры топографической анатомии и оперативной хирургии Института фундаментальной медицины ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет, д. м. н., доцент, г. Тюмень.

Ткачук Анна Анатольевна – доцент кафедры нормальной физиологии Института фундаментальной медицины ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет, к. м. н., доцент, г. Тюмень.

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

Сведения о соблюдении этических требований и отсутствии использования ИИ при написании статьи. Авторы заявляют, что этические требования соблюдены, текст не сгенерирован нейросетью.