

СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПЛОСКОЙ СТОПЫ У ПАЦИЕНТОВ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

Сертакова А.В.¹, Рубашкин С.А.¹, Тимаев М.Х.¹, Дохов М.М.¹, Коршунова Г.А.¹, Агафонова Н.Ю.²

¹НИИТОН ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского», Саратов, e-mail: bib@sarniito.com;

²ФБГОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов

Разработана система принятия врачебных решений при лечении статической деформации стопы детского возраста (плоской стопы – ПС). Для оценки значимости диагностических критериев и создания алгоритмической системы принятия решения о выборе метода лечения ПС проведено одномоментное исследование «случай – контроль» пациентов детского возраста с диагнозом ПС и пациентов с нейтральной стопой. Обследование включало в себя совокупность методов: клинические функциональные пробы, метод опросника Oxford Ankle Foot Questionnaire (OAFQPro) по качеству жизни, рентгенологический метод и компьютерную томографию (при подозрении на аномалии развития костей стопы), исследования биомеханических параметров пациентов и электронейромиографию. По результатам проведенного исследования был создан программный продукт «Система поддержки принятия решений при лечении статической деформации стоп у детей», алгоритм которого базируется на статистически значимых инструментальных критериях диагностики ПС с дополнительной оценкой качества жизни пациентов, а также состояния нейромышечного сегмента нижних конечностей. Были выделены легкие, умеренные и тяжелые формы ПС детского возраста, определены соответствующие тактики лечения: консервативные мероприятия, артролизис и сухожильно-мышечная пластика, малоинвазивные остеотомии пяточной кости и артродез.

Ключевые слова: плоская стопа, детский возраст, тактика лечения, программный продукт.

CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR TREATMENT FLAT FOOT IN PEDIATRIC PATIENTS

Sertakova A.V.¹, Rubashkin S.A.¹, Timaev M.Kh.¹, Dokhov M.M.¹, Korshunova G.A.¹, Agafonova N.Yu.²

¹Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, FSBEI HE «V.I. Razumovsky Saratov State Medical University», the Russian Federation Ministry of Healthcare, Saratov, e-mail: bib@sarniito.com;

²Saratov State University, Saratov

We designed the clinical decision support system for treatment static foot deformation in pediatric patients (flat foot/FF). A cross-sectional case-control study in children with FF as well as patients with neutral gait was performed to assess the diagnostic criteria and design the algorithm system of clinical decision support for the method of FF management. The examination of patients included a set of methods: clinical performance tests, the method of Oxford Ankle Foot Questionnaire (OAFQPro) for quality of life, X-ray imaging, and CT-scanning (if the abnormal development of foot bones was suspected), biomechanical parameters analysis, electroneuromyography. Based on the findings of this research, *The Clinical Decision Support System for Treatment Static Foot Deformations in Pediatric Patients* software was designed. Its algorithm is based on the statistically significant instrumental diagnostic criteria supplemented with quality of life estimation as well as the condition of neuromuscular lower limb segment. We defined mild, moderate, and severe FF types in pediatric patients and corresponding management strategies: non-surgical therapy, arthrorisis, tendomuscular plasty, minimally invasive heel bone osteotomies, and arthrodesis.

Keywords: flat foot, pediatric patients, management strategy, software.

Плоская стопа (ПС) детского возраста является не только доминирующей жалобой при обращении к детскому ортопеду, но и распространенным патологическим состоянием у детей в возрасте 3–16 лет [1, 2]. Несмотря на вышеизложенное, в мировом сообществе все аспекты ПС постоянно подвергаются полемике. Так, разногласия в отношении определения

привели к тому, что большинство ортопедов выделяют ПС как заболевание стопы без единых классификационных критериев [1–3]. Эпидемиологические данные неточны ввиду умеренного количества исследований только в формате «случай – контроль» и диагностики на уровне графической плантоскопии без оценки качества жизни, физической активности и других параметров [4, 5]. Частота встречаемости ПС среди детской популяции составляет около 28% [4]. Однако главным вопросом остается решение о тактике ведения пациентов с определением показаний к консервативному или хирургическому лечению [5, 6]. В большинстве случаев имеется тактика единоличного принятия решений в отношении лечения патологии в зависимости от личностных предпочтений, умений и квалификации ортопеда [6]. С нашей точки зрения, данный подход обладает значительным количеством недостатков, что ограничивает его использование и стимулирует к детализации рекомендаций в лечении плоской стопы детского возраста.

Цель исследования: разработать систему принятия врачебных решений при лечении статической деформации стопы детского возраста (плоской стопы), основанную на результатах комплексного обследования пациентов и базирующуюся на статистически значимых инструментальных критериях диагностики с дополнительной оценкой качества жизни, а также состояния нейромышечного сегмента нижних конечностей пациентов.

Материалы и методы исследования

Для оценки значимости диагностических критериев и создания алгоритмической системы принятия решения о выборе метода лечения ПС выполнено одномоментное исследование «случай – контроль», включавшее детей (средний возраст $9,5 \pm 0,8$ года) с диагнозом ПС (группа наблюдения) и пациентов с нейтральной стопой (группа сравнения). Обследование включало совокупность методов: клинические функциональные пробы, метод опросника OxfordAnkleFootQuestionnaire (OAFQPro) по качеству жизни (КЖ), рентгенологический метод и компьютерную томографию (при подозрении на аномалии развития костей стопы), исследования биомеханических параметров и электрофизиологические исследования (электронейромиографию (ЭНМГ), электромиографию (ЭМГ)). В качестве специальных функциональных проб применяли тест одномоментной пассивной коррекции, пробы Штритер 1-2-3, тест Jack, тест Thompson, тест уплощения свода при нагрузке. Рентгенологически были измерены угловые стандартные параметры стопы при нагрузке в прямой и боковой проекциях: таранно-пяточный угол (ТПУ) в прямой (ПП) и боковой проекциях (БП); таранно-1-метатарзальный угол (Т1МУ) в ПП/БП; таранно-горизонтальный угол (ТГУ) в БП; таранно-тибиальный угол (ТТУ) в БП; угол продольного медиального свода (УПМС) и пяточной инклинации (УПИ) в БП; высота медиального продольного свода (ПМС) (в миллиметрах). Биомеханическое исследование

включало измерение временных характеристик шага (подометрии): цикл шага (в секундах); период опоры – период переноса – период одиночной и двойной опоры (в процентах); определение коэффициента ритмичности ходьбы (в у.е.); стабиллометрии: среднее положение ЦД (центра давления) относительно фронтальной (X) и сагиттальной (Y) плоскости, мм (L, mm), площадь стадиокинезиограммы ЦД (S, mm²), средней скорости колебания ЦД, V мм/с или mm/s., параметр LFS, 1/mm. При ЭНМГ-исследованиях периферических нервов нижних конечностей (малоберцового, большеберцового) с регистрацией мышечных ответов (M-ответ) со стопы и голени оценивали показатели латентного периода (ЛП) и амплитуд M-ответов, поздних нейрональных ответов (F-волн). Определяли уровень и соотношение показателей функциональной активности мышц голени по данным суммарной ЭМГ и коэффициентам активации (КА) и реципрокности (КР). Исследование проведено на базе клинко-диагностического и детского травматолого-ортопедического отделения НИИТОН СГМУ. В обследование включили выборку из 150 детей с ПС и 50 детей с нейтральной стопой.

Для статистической обработки данных были использованы пакеты статистического анализа Statistica 10.0 (StatSoft-Dell, USA) и Gretl (A.Cotrell, USA, free software). Данные, подлежащие анализу, были классифицированы на группы «больной»/«здоровый» и представляли собой матрицу 150 на 49, где каждая строка содержала данные о пациенте в абсолютных единицах измерения, а столбцы соответствовали измеренным показателям. Целью анализа являлось построение весового правила для группировки пациентов по степени тяжести заболевания. Предварительный анализ данных заключался в расчете описательных статистик, в частности медианы (Me), стандартного отклонения (σ), интерквартильного размаха [Q1; Q3], минимумов и максимумов (min; max). Тесты на нормальность хи-квадрат Пирсона, Шапиро–Уилка, Колмогорова дали отрицательный результат по всем показателям при уровне $p < 0,05$. С целью сокращения количества переменных был изучен вопрос о различии показателей по левой и правой нижним конечностям. Гипотеза об отсутствии различий в медианах была подтверждена тестом Вилкоксона при $p < 0,05$ по всем парным измерениям. Также была установлена высокая ($> 0,7$) коррелированность между парными показателями и корреляция различной степени между непарными. Использовались коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена, тау-Кендалла.

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам обследования был создан программный продукт «Система поддержки принятия решений при лечении статической деформации стоп у детей» (заявка на регистрацию программы для ЭВМ с приоритетом ЕА-27384 от 22.05.2020 г.). Алгоритм базировался на статистически значимых

инструментальных критериях диагностики с дополнительной оценкой качества жизни, а также состояния нейромышечного сегмента нижних конечностей. В итоге были выделены формы тяжести патологии с дифференцировкой метода лечения. Обратимость родителей с детьми в 85–93% случаев была связана с изменением формы стопы и сложностью при подборе обуви. В то же время дети указывали на трудность в подборе обуви в 60% случаев. Визуально при пальпации выявляли болезненность в проекции таранно-ладьевидного сустава (подошвенная поверхность среднего отдела стопы) у 76%, омокленность и супинацию переднего отдела у 18%, вальгусное положение пяточной кости у 67% детей. Среди скрининговых функциональных тестов наиболее показательными оказались пробы Шриттер (91%), тест уплощения свода при нагрузке (73%), одномоментная пассивная коррекция (даже частичная) и тест Jack (47%). Дети с ПС при оценке качества жизни (КЖ) демонстрировали значимые отличия по подшкалам «физическое развитие» и «подбор обуви» (79,4 [59,5; 84,2], $p < 0,05$), в отличие от здоровых детей (90,3 [73,5; 96,1]). В целом разница составила до 17% по OAFQPro. Результаты в аспектах «эмоциональное развитие», «школа и активность», «отношения в семье/с друзьями» у пациентов с ПС не различались и были сравнимы с показателями здоровых.

Таким образом, наличие плоскостопия практически не отражается на эмоциональном развитии ребенка, а также социальной функции и, как правило, не формирует комплекс внешнего недостатка. Это обеспечивает благоприятное течение заболевания с минимальными нарушениями КЖ на этапе различных периодов детства, отсутствие беспокойности ребенка и его родителей, однако в этом и заключается опасность: наличие малосимптомной патологии без значимых нарушений качества жизни снижает шансы ребенка получить полноценное лечение плоской стопы. Во взрослом возрасте, когда симптомы заболевания проявляются отчетливо, травматолог-ортопед уже не может предложить высокоэффективные методы лечения, лишь симптоматические. Кроме того, упущенная форма ригидной плоской стопы не позволяет применить во взрослом возрасте мини-инвазивную хирургическую коррекцию, которая возможна в детстве. Несмотря на неоднозначность статических выводов, игнорировать анкетирование по качеству жизни нельзя. Результаты опроса позволяют зафиксировать начальные проявления заболевания и отследить динамику. Поиск статистических факторов, значимых для группировки по степени тяжести ПС у детей, был выполнен методом главных компонент среди 18 рентгенологических и 13 биомеханических показателей для стоп. Отдельно проведен анализ значимости электронейромиографических показателей, данных клинико-функционального метода и анкетирования. Были выделены следующие факторы: фактор 1 «Рентгенологический показатель стопы» (УПМС, высота ПМС, УПИ – все измерения в

боковой проекции); фактор 2 «Динамометрический показатель» (период общей опоры – период переноса, в секундах); фактор 3 «Стабилометрический показатель» (L, mm; V, mm/s); фактор 4 «Рентгенологический угловые показатели стопы» (ТПУ, ТГУ в боковой проекции); фактор 5 (период одиночной опоры); фактор 6 (ТТУ в боковой проекции).

Повторная факторизация данных привела к выводу о том, что наиболее значимы только первые четыре фактора (табл. 1), которые обеспечивают 91% объясненной дисперсии.

Таблица 1

Номер фактора	Собственное значение	% совокупности дисперсии	Совокупное значение	Значение накопленной дисперсии %
1	3,056	33,962	3,056	33,962
2	2,229	24,776	5,286	58,739
3	1,654	18,383	6,941	77,122
4	1,250	13,897	8,191	91,020

Примечание. Собственные значения по методу главных компонент.

Характер поставленной задачи о выявлении классов пациентов по степени тяжести заболевания привел к проведению кластеризации пациентов методом k-средних по 8 показателям, вошедшим в факторы (рис. 1).

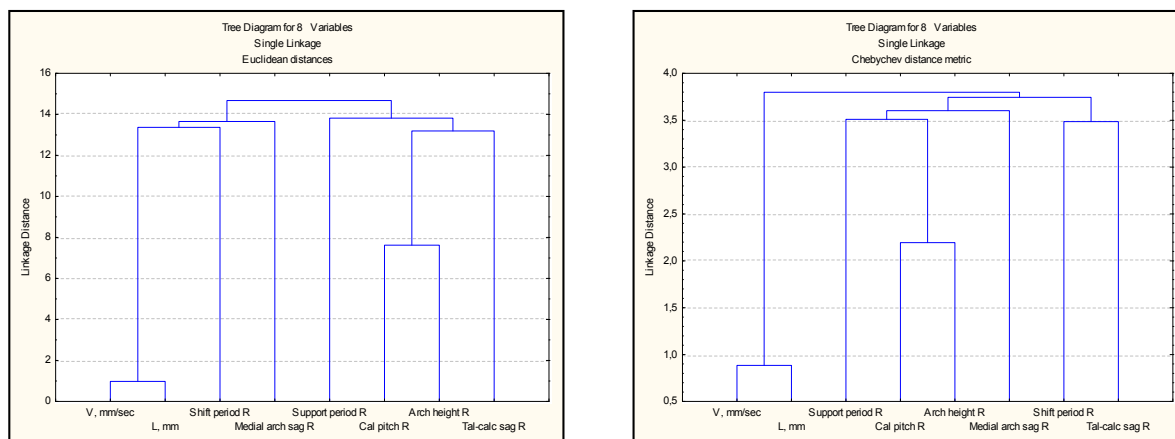


Рис. 1. Результаты кластеризации в разных метриках (Евклидово расстояние, метрика Чебышёва)

Наиболее статистически значимым оказалось разбиение совокупности пациентов на 4 кластера с помощью последовательного отсечения групп согласно кластерам среди факторов, выделенных Евклидовой метрикой. На этом этапе было завершено решение задачи о показателях, позволяющих устанавливать степень тяжести заболевания. На завершающем этапе анализа был построен критерий отбора в каждую из выделенных групп с помощью модели упорядоченной logit-регрессии, где в качестве зависимой порядковой переменной была выбрана переменная «номер кластера». В заключительном logit-анализе, проведенном в программном пакете Gretl, было построено уравнение упорядоченной logit-регрессии на

выделенные выше переменные для переменной CLUSTER, принимающей значения из множества {1,2,3,4}, где 1 – «здоровые», 4 – «тяжелая форма». Кроме того, были определены границы отсечения показателей для диагностики каждой группы пациентов по типу ПС. Количество «корректно предсказанных» случаев для исследованных данных составило 116 из 150 (77,3%). При увеличении объема данных и настройке модели данный показатель может быть улучшен.

Анализ электрофизиологических данных демонстрировал следующие закономерности у детей с ПС: независимо от симптоматики и возраста практически в 100% случаев фиксировали сниженные по амплитуде М-ответы ($2,3 \pm 0,5$ мВ, в норме $7,5 \pm 2,3$ мВ) с нерегулярными F-волнами (не более 35 мкВ при норме 140 мВ) с короткого разгибателя пальцев стопы малоберцового нерва с двух сторон. Но более значимыми были отклонения от нормы данных мышечных и нейрональных ответов при отведении М-ответов с мышц голени, особенно икроножной, в сторону повышения: амплитуды М-ответов с 11,6 до 17,8 мВ (при норме не более $8,3 \pm 1,5$ мВ), F-волн с 1,4 мВ до 2,3 мВ (при норме не более 0,5 мВ). Увеличение показателя соотношения F/М с 11% до 14% (при норме не более 5%) – показателя, характеризующего уровень активности мотонейронов, отмечено у большинства детей, но у пациентов с умеренной симптоматикой и рентгенологической картиной показатель был выше и достигал $18 \pm 1,1\%$. У детей с тяжелым поражением уровень активности мотонейронов парадоксально снижается, но остается высоким. Изучение взаимоотношений мышц антагонистов голени путем подсчета КА и КР демонстрировало повышение показателей практически во всех случаях, но в разной степени выраженности. Нарушение реципрокных взаимоотношений мышц антагонистов голени и повышенный уровень активации мышц проявлялись по данным икроножных мышц. КР составил $73 \pm 13,1\%$, КА – $106 \pm 25,2\%$, что существенно превышало показатели нормы (не более 15%) и здоровых детей (КР – $19 \pm 1,5$, КА – $11 \pm 2,5\%$).

Таким образом, наиболее чувствительными критериями среди регистрируемых ЭНМГ-данных являлись амплитуда М-ответа и F-волны икроножной мышцы (мкВ); соотношение F/М в процентах; КР передней большеберцовой мышцы в процентах; КР икроножной мышцы в процентах, которые позволили с точностью 87% при статистическом анализе диагностировать легкие, умеренные и тяжелые нарушения у детей с ПС. Клинические данные и функциональные тесты дали возможность провести первичную диагностику в отношении ПС, подтверждали качественные нарушения у ребенка. Это демонстрирует необходимость их применения в практике любого специалиста: как педиатра, так и детского ортопеда [7]. В нашем исследовании КЖ у детей с ПС отличалось от такового у детей с нейтральной стопой в пределах 10–14% по параметрам физического развития и

трудности подбора обуви. В настоящий момент единой рентгенологической классификации педиатрической стопы не существует, однако предложены различные методы анализа рентгенограмм с измерением угловых и линейных параметров взаиморасположения костно-суставных образований во всех отделах стопы [8, 9]. Наиболее значимые рентгенологические показатели получили широкое использование во многих современных работах, но их статистическая достоверность и валидность не указаны, кроме того, многие определяют слишком широкий диапазон значений, что противоречит статистическим законам. В нашей работе из 18 проанализированных параметров выделены 4 значимых критерия (таранно-горизонтальный угол, угол продольного медиального свода, высота свода и угол пяточной инклинации), совокупность подсчета которых подтверждают свыше 75% случаев ПС. В ходе исследования выявлены некоторые интересные факты. Так, часто используемые в оценке ПС значения таранно-пяточного угла не могут быть интерпретированы в практике клинициста, поскольку необходимо точно знать анатомическое положение пяточной кости по отношению к горизонтальной поверхности нагрузки стопы. УПИ статистически не обладает высокой точностью, но его суммирование с другими параметрами увеличивает точность определения отклонений в стопе. По биомеханическим параметрам наибольшие изменения демонстрировали временные, стабилметрические характеристики. Полученные данные соответствуют опыту других исследований [10–13], где отмечали измененные хаотичные движения стоп в поперечной поверхности в статике, замедление шага, а также нарушения гониометрии в тазобедренном, коленном и голеностопных суставах. ЭНМГ фиксировала значимые нарушения тонусного контроля и работы мышц голени, в частности передней большеберцовой, икроножной, что выражалось в увеличении амплитуд М-ответов, F-волн и соотношения F/M, коэффициента реципрокности. Полученные нами результаты свидетельствуют об изменениях, характерных для нарушений в руброспинальном пути, отвечающем за регуляцию взаимных позных движений, их целенаправленность и корректировку. Возможно, ЭНМГ-особенности, полученные у детей, могут коренным образом повлиять на выбор хирургической тактики лечения ПС, поскольку выявленные изменения в возрасте 7–14 лет практически не поддаются коррекции. К сожалению, мы встретили лишь единичные работы, посвященные состоянию нейромышечного аппарата нижних конечностей при плоскостопии у детей, что не позволяет составить целостную картину [14, 15].

В программу был включен алгоритм анализа степени нарушений при статических деформациях стоп у детей, в частности плоской стопы, основанный на оценке кластерных данных со статистической значимостью:

- фактор 1 «Рентгенологический показатель стопы» (угол продольного медиального свода, высота продольного медиального свода, угол пяточной инклинации – все измерения в боковой проекции);
- фактор 2 «Динамометрический показатель» (период общей опоры – период – фактор 3 «Стабилометрический показатель» (L, mm; V, mm/s));
- фактор 4 «Рентгенологические угловые показатели стопы» (таранно-горизонтальный угол в боковой проекции).

Введение опросника КЖ, данных функциональных тестов и электронейромиографических показателей предназначено для скрининга патологии стоп у детей. В результате обработки введенных данных программа позволяет диагностировать у детей с ПС следующие результаты:

- **легкие нарушения** при диагнозе «плоская стопа у детей»: тактика лечения консервативная, однако, если по данным электронейромиографии диагностируются умеренные или тяжелые нарушения (остальные показатели в пределах легких сдвигов), предложить лечение в виде артроэрезиса и пластики на сухожильно-мышечном аппарате стопы;
- **умеренные нарушения** при диагнозе «плоская стопа у детей»: тактика лечения хирургическая. Объем оперативного вмешательства: пластика сухожильно-мышечного аппарата стопы, однако, если по данным рентгенографии диагностированы тяжелые нарушения (остальные показатели в пределах умеренных сдвигов), предложить лечение в виде малоинвазивных остеотомий костей стопы;
- **тяжелые нарушения** при диагнозе «плоская стопа у детей»: тактика лечения хирургическая. Объем оперативного вмешательства: малоинвазивные остеотомии костей стопы, артродез подтаранного сустава. В программе заложен простой пользовательский интерфейс с внесением параметров в виде анкетирования (рис. 2).

Программа анализа степени нарушений анатомо-функциональных параметров стопы детского и подросткового возраста

Пациент

Анкета

Испытываешь ли ты трудности при ходьбе из-за проблем со стопами и голенями

Испытываешь ли ты трудности при беге из-за проблем со стопами и голенями

Испытываешь ли ты трудности при подъеме из положения сидя

Испытываешь ли ты боль в стопах или лодыжках

Болят ли твои ноги после ходьбы или бега

Устаешь ли быстрее из-за неприятных ощущений в стопе или лодыжках

Мешают ли тебе неприятные ощущения в стопах и лодыжках при активных играх

Неприятные ощущения в стопах и лодыжках заставляют тебя бросать игры на улице

Неприятные ощущения в стопах и лодыжках заставляют тебя пропускать уроки физической культуры

Неприятные ощущения в стопах и лодыжках заставляют тебя пропускать обычные уроки

Беспокоит ли тебя как выглядят твои стопы и лодыжки

Стысяешься ли ты своей походки

Огорчают ли тебя неприятные ощущения в стопах и лодыжках

Кто-нибудь обижал тебя из-за твоих проблем со стопами и лодыжками

Ограничивают ли твой выбор в одежде и обуви проблемы со стопами и лодыжками

Тесты

Одномоментная пассивная коррекция медиального продольного свода стопы

Проба Шпрингер (1,2,3) или тест "вставания на цыпочки"

Тест Jack (рычажный тест)

Тест "уплощение свода при нагрузке"

Тест Томпсона

Параметры рентгенографии и биомеханики

Таранно-горизонтальный угол, боковая проекция

Угол продольного медиального свода, боковая проекция

Высота продольного медиального свода, мм

Период опоры, с

Период переноса, с

Параметры компьютерной томографии

Аномальное строение костей стопы (коалиция, вертикальный таран)

Артроз суставов стопы

Рис. 2. Фрагмент пользовательской программы принятия решений в отношении лечения ПС

Заключение. Таким образом, данная программа позволяет определиться с объемом диагностических и лечебных мероприятий, предложить пациентам вариант лечения плоской стопы с учетом как клинических, так и инструментальных диагностических критериев заболевания. Указанная система принятия врачебных решений дает возможность комплексно оценить степень тяжести ПС у детей, тем самым оптимизировать тактику лечения.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России «Разработка системы поддержки принятия решений при лечении статической деформации стоп у детей» (номер государственной регистрации НИОКТР АААА-А18-118020290180-6).

Список литературы

1. Федоров М.А. Современное состояние вопроса хирургического лечения плоско-вальгусной деформации стоп у детей // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2016. Т. 3, № 58. С. 26-35. DOI: 10.17223/1814147/58/03.
2. Sheikh A.M., Feldman D.S. Painful Flexible Flatfoot. Foot Ankle Clin. 2015. Vol. 20, no. 4. P. 693-704. DOI: 10.1016/j.fcl.2015.07.011.

3. Hösl M., Bohm H., Multerer C., Doderlein L. Does excessive flatfoot deformity affect function? A comparison between symptomatic and asymptomatic flatfeet using the oxford foot model. *Gait Posture*. 2014. Vol. 39, no. 1. P. 23-28. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.05.017.
4. Bourdet C., Seringe R., Adamsbaum C., Glorion C., Wicart P. Flatfoot in children and adolescents Analysis of imaging findings and therapeutic implications. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013. Vol. 99, no. 1. P. 80-87. DOI: 10.1016/j.otsr.2012.10.008.
5. The Pediatric Foot and Ankle. Butterworth, M.L., Marcoux, J.T. (Eds.). Springer Nature Switzerland AG 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-29788-6_1.
6. Kerr C.M., Zavatsky A.B., Theologis T., Stebbins J. Kinematic differences between neutral and flat feet with and without symptoms as measured by the Oxford foot model. *Gait Posture*. 2019. No. 67. P. 213-218. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.10.015.
7. Banwell H.A., Paris M.E., Mackintosh S., Williams C.M. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2018. No. 11: 21. DOI: 10.1186/s13047-018-0264-3.
8. Damayanti Y., Hadisoemarto P.F., Defi I.R. Flatfoot decreases school functioning among children < 11 years of age. *Univ Med*. 2018. Vol. 37, no. 1. P. 50-56. DOI: 10.18051/UnivMed.2018.v37.50-56.
9. 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. No. 8. P. 489-96. DOI: 10.1007/s11832-014-0621-0.
10. Kerr C.M., Stebbins J., Theologis T., Zavatsky A.B. Static postural differences between neutral and flat feet in children with and without symptoms. *Clin. Biomech*. 2015. Vol. 30; no. 3. P. 314-317. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2015.02.007.
11. Лашковский В.В., Игнатовский М.И. Количественная оценка педобарографических данных при плоско-вальгусной деформации стопы у детей // *Медицинские новости*. 2012. №7. С. 60-65.
12. Kim H.Y., Shin H.S., Ko J., Cha Y.H., Ahn J.H., Hwang J.Y. Gait Analysis of Symptomatic Flatfoot in Children: An Observational Study. *Clinics in Orthopedic Surgery*. 2017. No. 9. P. 363-373. DOI: 10.4055/cios.2017.9.3.363
13. Saraswat P., MacWilliams B.A., Davis R.B., D'Astous J.L. Kinematics and kinetics of normal and planovalgus feet during walking. *Gait Posture*. 2014. Vol. 39, no. 1. P. 339-45. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.08.003.
14. Готовцева Г.Н. Сравнительный анализ параметров F-волны у детей в норме и с деформациями стоп: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2010. 16 с.

15. Kim M.K., Lee C.-R. Muscle activation analysis of flatfoot according to the slope of a treadmill. *J. Phys. Ther. Sci.* 2013. No. 25. P. 225-227. DOI: 10.1589/jpts.25.225.