

ПЕДОБАРОГРАФИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПЛОСКОСТОПИЯ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

А.Г. Мармыш

Кафедра травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии
УО «Гродненский государственный медицинский университет»

В статье приведены данные педобарографического обследования здоровых детей, а также пациентов с продольным и поперечным плоскостопием. В результате анализа полученных показателей определены диагностические критерии данной патологии при педобарографии.

Ключевые слова: продольное и поперечное плоскостопие, диагностика, педобарография.

Results of pedobarographic examination of healthy children and patients with flat foot and Hallux valgus deformity are discussed in this article. Diagnostic criteria of this pathology using pedobarography are suggested based on the analysis of received data.

Key words: flat foot, Hallux valgus, diagnostics, pedobarography.

Актуальность

Деформации стопы у детей являются наиболее часто встречаемой ортопедической патологией, основную часть которой составляют продольное и поперечное плоскостопие. Уплотнение сводов стопы приводит к перераспределению нагрузки на нее в фазу опоры, смещению точек максимальных давлений на подошвенной поверхности. В этой связи правильная интерпретация данных распределения подошвенного давления по мере роста и развития стопы, понимание функциональных нарушений, вызванных ее деформациями, имеет существенное значение в выявлении ее патологии. Наиболее перспективным методом оценки биомеханики стопы является педобарография, позволяющая выявлять нарушения распределения нагрузки на стопу не только при статической нагрузке, но и при ходьбе, устанавливая области ее перегрузки [1,3,4]. Важно подчеркнуть, что в положении стоя пациент обладает большей свободой для выбора варианта нагружения стопы и обычно смещает нагрузку с болезненных участков стопы на другие области или даже на другую конечность. Из этого вытекает, что для определения перегрузок подошвенной поверхности стопы распределение давления под стопами необходимо анализировать во время ходьбы [2]. Изучение функционально-динамических компонентов шагового цикла является весьма актуальным, так как биомеханика ходьбы, функция стопы оказывает формирующее воздействие на ее анатомическую структуру.

Цель исследования – определение нормальных показателей, а также диагностических критериев продольного и поперечного плоскостопия при педобарографии на разработанном комплексе электронно-механическом (КЭМ).

Материал и методы

Объектом исследования явились 189 детей (378 стоп) в возрасте от 6 до 16 лет, из них 74 здоровых ребенка (148 стоп), 98 детей (196 стоп) с двусторонним продольным и 17 (34 стопы) с поперечным плоскостопием. Исследование проводилось на базе детского ортопедо-травматологического отделения УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», г. Гродно, БПОВЦ Гродненский филиал, г. Гродно, СШ №32 г. Гродно, за период с 2006 по 2010 годы. Отбор детей с патологией стоп осуществлялся сплошным методом. Дети были разделены на следующие группы:

1 группа – здоровые дети (контрольная), 74 ребенка (148 стоп):

- 1 а – дети в возрасте 6-9 лет – 38 человек (76 стоп);
- 1 б – дети в возрасте 10-16 лет – 36 человек (72 стопы);
- 2 группа – дети с двусторонним продольным плоскостопием, 98 человек (196 стоп):
- 2 а – дети в возрасте 6-9 лет – 18 человек (36 стоп);
- 2 б – дети в возрасте 10-16 лет – 40 человек (80 стоп);
- 3 группа – дети с поперечным плоскостопием в возрасте 10-16 лет, 17 человек (34 стопы).

При обследовании использовались клинические, фотоплантографический и педобарографический методы исследования. При клиническом обследовании пациентов выяснялись возраст, жалобы на момент осмотра, сведения о проводившемся лечении, оценивались состояние продольного и поперечного сводов, мобильность деформации. Фотоплантографическое обследование проводилось в положении обследуемого стоя на двух ногах с равномерным распределением веса на обе стопы. При этом определялись следующие параметры: угол Кларка, индекс Годунова, индексы передней (ИПО) и задней (ИЗО) опоры. Из методов биомеханического обследования применялась оценка распределения давления по подошвенной поверхности стопы с помощью разработанного комплекса электронно-механического для диагностики патологии стоп (КЭМ – ТУ РБ 500032863.001-2004). Оценивали структуру графиков интегральной нагрузки, траекторию перемещения общего центра массы (ОЦМ), распределение нагрузки по подошвенной поверхности стопы.

Оценку структуры графиков интегральной нагрузки проводили в баллах от 1 до 3 согласно следующим критериям:

- 1 – хорошо выраженные передний и задний толчки, а также главный минимум нагрузки;
- 2 – нарушение плавности графиков, снижение амплитуды одного из пиков нагрузки;
- 3 – нарушение плавности графиков, снижение амплитуды, вплоть до полного отсутствия, главных минимумов нагрузки.

Оценку траектории перемещения вектора ОЦМ проводили в баллах от 0 до 1 согласно следующим критериям:

- 0 – нормальное положение вектора ОЦМ;
- 1 – смещение траектории перемещения вектора ОЦМ в сторону ее медиального края.

При педобарографическом исследовании вальгусная деформация выявляется на основании смещения давления под стопой к ее внутренней стороне, увеличения нагрузки в области продольного свода, медиальной по-

верхности пятки. Однако качественный анализ является субъективным и в большей степени зависит от личного опыта специалиста. Нами предложен фронтальный динамический индекс (ФДИ) для количественной оценки выраженности вальгусной деформации. Для его расчета стопу разделяли на равные по ширине медиальную и латеральную зоны, с последующим расчетом соотношения давления в латеральной зоне к сумме давлений в латеральной и медиальной зонах.

$$\text{ФДИ} = \frac{P_l}{P_l + P_m} \times 100\%$$

где P_l – давление в латеральной зоне стопы (Па);
 P_m – давление в медиальной зоне стопы (Па).

Одним из основных методов диагностики поперечного плоскостопия является рентгенологический путем определения углов расхождения плюсневых костей и вальгусного отклонения большого пальца. Однако этим методом проводится оценка лишь анатомического компонента патологии, кроме этого не следует забывать, что ионизирующее излучение небезвредно для детского организма. При барографическом исследовании врач ставит диагноз поперечного плоскостопия по качественным признакам: появление зон перегрузки под головками 2-3 плюсневых костей (с более красным цветом), снижение нагрузки на 1 палец стопы, выключение его из опоры. С целью количественной оценки избыточного давления в области головок 2-3 плюсневых костей, а также исключения влияния веса исследуемого, имеющегося разброса параметров нагрузки нами предложен индекс поперечного свода (ИПС), который рассчитывался по формуле:

$$\text{ИПС} = \frac{P_{1+2,3}}{P_n}$$

где P_1 – давление в области головки I плюсневой кости (Па);

$P_{2,3}$ – давление в области головок II, III плюсневых костей (Па); P_n – давление в области I пальца (Па).

Ходьба человека в норме характеризуется симметричностью, равномерностью распределения давления на обе стопы. При деформации стопы, развитии болевого синдрома пациент начинает щадить данную конечность, что приводит к снижению нагрузки на нее. С целью количественной оценки равномерности распределения давления на обе стопы нами рассчитывался индекс симметрии (ИС) ходьбы по формуле:

$$\text{ИС} = \frac{1}{2} \times \left| \frac{P_l - P_n}{P_l + P_n} \right| \times 100$$

где P_l – давление под левой стопой (Па);

P_n – давление под правой стопой (Па).

Учитывая, что опорная поверхность стопы имеет выраженную дифференциацию, для количественной оценки распределения подошвенного давления нами были выделены 5 биомеханических зон с различными функционально-диагностическими критериями (рис. 1): А – пальцевая зона, В – метатарзальная зона, С, D – зоны срединной области, разделенные на медиальную или рессорную (С) и латеральную – опорную (D) части, Е – пяточная зона, являющаяся основной осевой опорой. Изучение показателей, полученных у разных испытуемых, показало, что данные давления зависят от таких факторов, как вес, возраст, скорость ходьбы. Учитывая, что по данным Мицкевича В.А. [3], а также других авторов

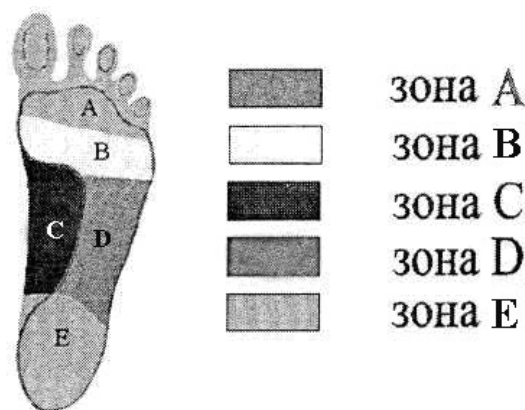


Рисунок 1 – Биомеханические зоны подошвенной поверхности стопы

[1, 6] даже в недеформированной стопе распределение нагрузки характеризуется большим разбросом параметров, для унификации расчетов, объективизации полученных данных, а также с целью исключения влияния веса исследуемого на результаты педобарографии нами предложено рассчитывать удельную нагрузку (процентное распределение давления) по зонам стопы по отношению ко всей стопе.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы STATISTICA for Windows (версия 6.0). При нормальном распределении изучаемого признака данные описательной статистики представляли с определением среднего арифметического значения (M) и среднего квадратического отклонения (s); если гипотеза о нормальном распределении отклонена, то в данных указывали медиану (Me), верхний и нижний квартили (LQ/UQ). Достоверность различий между средними значениями двух групп (нормальное распределение) оценивали по t-критерию Стьюдента с вариантами для зависимых и независимых переменных.

При ненормальном распределении, при небольшой выборке для сравнения порядковых переменных использовались методы непараметрической статистики: тест Манна-Уитни, критерий Вилкоксона. Статистический анализ качественных параметров, представленных в виде таблиц частот, в случае независимых подгрупп осуществлялся при помощи точного критерия Фишера (двусторонний тест). Сравнение частот бинарного признака в двух связанных (зависимых) группах наблюдений проводилось с помощью критерия Мак-Немара.

Для определения диагностической эффективности (ДЭфф) метода педобарографии проведен ROC-анализ исследуемых показателей. ROC-кривая (ROC-curve) – характеризует соотношение чувствительности и специфичности в зависимости от точки деления.

Результаты исследования и обсуждение

Стопа растущего ребенка проходит определенные этапы формирования, которые нужно учитывать при определении понятий «норма» и «патология». Специфика анатомических перемен позволяет предположить аналогичные изменения и биомеханики стопы в процессе роста, которая изучена недостаточно.

В связи с этим, с целью определения нормальных показателей распределения подошвенного давления была обследована группа детей, у которых при клиническом и фотоплантографическом обследовании не выявлено патологии стоп. Дети были разделены на две возрастные подгруппы с учетом возрастных особенностей строения стопы.

Таблица 1 – Распределение давления по зонам подошвенной поверхности стопы у здоровых детей

Показатель	Возрастные подгруппы		р-критерий Манна-Уитни
	Младшая Ме (25%/75%) n=38 детей (76 стоп)	Старшая Ме (25%/75%) n=36 детей (72 стопы)	
Зона А, %	17 (16/18)	17 (16/18)	P = 0,065
Зона В, %	30,5 (30/31,5)	31 (30/32)	P = 0,0003
Зона С, %	1 (1/2)	1 (0/2)	P = 0,009
Зона D, %	16 (15/16)	15 (14/15)	P = 0,00002
Зона Е, %	35 (34/36)	36 (35/37)	P = 0,00002
ФДИ, %	53,16 (51,94/54,16)	53,33 (52,34/54,3)	P = 0,68
ИПС	1,73 (1,63/1,88)	1,63 (1,51/2,2)	P = 0,061

При анализе распределения давления по зонам подошвенной поверхности стопы у здоровых детей (табл. 1) установлено, что в обеих возрастных подгруппах максимальная нагрузка наблюдалась в области пятки (зона Е) и переднего отдела стопы (зоны А, В), анатомическое строение которых приспособлено для таких нагрузок. Меньшая нагрузка была выявлена в области наружного продольного свода (зона D) и минимальная – в области медиального продольного свода (зона С). Из представленных данных видно, что в младшей возрастной подгруппе нагрузка в среднем отделе стопы, в области продольного свода (зоны С и D) достоверно выше, чем у детей старшей подгруппы. Это указывает на увеличение с возрастом высоты продольного свода, а также снижение эластичности сухожильно-связочных структур, обеспечивающих жесткость свода.

Наблюдалась симметрия распределения давления на обе стопы. ИС в младшей и старшей возрастных подгруппах был равен, соответственно: $0,43 \pm 0,54$ и $0,57 \pm 0,35$.

Анализ графиков интегральной нагрузки носил качественный характер. В 68 случаях из 76 (89,5%) в младшей возрастной подгруппе и в 63 случаях из 72 (87,5%) в старшей возрастной подгруппе они были представлены плавными кривыми, с хорошо выраженными передним и задним толчками, а также главным минимумом нагрузки. В 8 (10,5%) и в 9 случаях (12,5%) в соответствующих подгруппах наблюдалось нарушение плавности графиков или снижение амплитуды основных пиков нагрузки. Качественная оценка графиков интегральной нагрузки на всю стопу является важным методом оценки функции стопы при скрининговых обследованиях, так как базируется на вербальном описании признаков патологии, отличается наглядностью и высокой скоростью анализа.

Траектория перемещения вектора ОЦМ при ходьбе в 70 (92%) случаях из 76 в младшей и в 67 (93%) случаях из 72 в старшей возрастных подгруппах была представлена незначительно выпуклой в латеральную сторону линии, проходящей вдоль продольной оси стопы от центра пятки до середины переднего отдела стопы. В 4 случаях из 38 (8%) и в 5 случаях из 72 (7%) соответствующих возрастных групп наблюдалось смещение траектории перемещения вектора ОЦМ в сторону ее медиального края.

Результаты распределения давления по функциональным зонам стопы при ходьбе у пациентов с продольным плоскостопием в сравнении с данными обследования здоровых детей (контрольная группа) представлены в таблицах 2, 3.

Исходя из данных таблиц 2 и 3, можно констатировать, что у детей с продольным плоскостопием отмечается достоверное увеличение нагрузки в среднем отделе стопы, в области продольного свода (зонах С и D) по срав-

Таблица 2 – Данные педобарографического обследования здоровых детей и детей с продольным плоскостопием в младшей возрастной подгруппе (6-9 лет)

Показатель	Здоровые дети Ме (25%/75%) n= 38 детей (76 стоп)	Дети с продольным плоскостопием Ме (25%/75%) n=18 детей (36 стоп)	р критерий Манна-Уитни
Зона А, %	17(16/18)	16 (15/ 17)	p=0,0004
Зона В, %	30,5 (30/31,5)	27 (26/ 29)	p < 0,0001
Зона С, %	1 (1/2)	6 (3,5/ 8)	p < 0,0001
Зона D, %	16 (15/16)	19 (18/ 19)	p < 0,0001
Зона Е, %	35 (34/36)	33 (31/ 34)	p < 0,0001
ФДИ, %	53,16 (51,94/54,16)	50,01 (46,11/ 53,07)	p < 0,0001

Таблица 3 – Данные педобарографического обследования здоровых детей и детей с продольным плоскостопием в старшей возрастной подгруппе (10 лет и старше)

Показатель	Здоровые дети Ме (25%/75%) n= 36 детей (72 стопы)	Дети с продольным плоскостопием Ме (25%/75%) n= 40 детей (80 стоп)	р критерий Манна-Уитни
Зона А, %	17(16/18)	16 (15/ 18)	p=0,024
Зона В, %	31(30/32)	28 (26/ 29,5)	p < 0,0001
Зона С, %	1(0/2)	4,5 (3/ 7)	p < 0,0001
Зона D, %	15 (14/15)	18 (17/ 19)	p < 0,0001
Зона Е, %	(35/37)	33 (31/ 35,5)	p < 0,0001
ФДИ	53,33 (52,34/54,3)	52,18 (49,5/54,28)	p = 0,0012

нению с детьми контрольной группы. Кроме этого, из приведенных в таблицах данных видно, что у детей обеих возрастных групп с продольным плоскостопием имеет место достоверное снижение давления в переднем отделе стопы (зоны А, В). Приведенные данные указывают на нарушение толчковой функции у детей обеих возрастных групп с продольным плоскостопием, что связано с сохранением пронированного положения стопы в момент отталкивания от опоры при данном виде патологии. В обеих возрастных подгруппах выявлено достоверное снижение ФДИ, что свидетельствует о медиальном смещении давления под стопой, особенно в среднем отделе стопы.

Наблюдалась асимметрия нагрузки на стопы: в младшей возрастной подгруппе ИС равен $1,4 \pm 1,03$, в старшей – $1,4 \pm 0,97$. При этом выявлена достоверная разница в обеих возрастных подгруппах по сравнению с детьми контрольной группы ($p < 0,001$ t-критерий Стьюдента).

Произведена оценка диагностической эффективности показателей давления в зонах С и D, а также показателей ФДИ и ИС с использованием ROC-анализа и построением характеристической кривой (ROC-кривой), которая отражает зависимость чувствительности (Se) и специфичности (Sp) от точки разделения.

Оценив площади под ROC-кривыми изучаемых показателей давления в зонах С и D стоп, а также ФДИ у пациентов младшей возрастной подгруппы, можно констатировать, что определение уровня нагрузки на подошвенную поверхность в указанных зонах имеет наибольшую диагностическую ценность. Площадь под характеристической кривой для показателей давления в зонах С и D равна, соответственно, С – 0,927 (95% ДИ: от 0,872 – 0,963), D – 0,922 (95% ДИ: от 0,866 – 0,959). Площадь под характеристической кривой для ФДИ равна 0,759 (95% ДИ: от 0,681 – 0,825), для ИС – 0,818 (95% ДИ: от 0,711 – 0,898). В старшей возрастной подгруппе (10 лет и старше) наибольшая диагностическая эффективность также отмечена у показателей давления в зонах С и D. Площадь под

характеристической кривой для показателей давления в зонах С и D, ФДИ и ИС равна соответственно: С – 0,941 (95% ДИ: от 0,898 – 0,97), D – 0,943 (95% ДИ: от 0,9 – 0,971), ФДИ – 0,639 (95% ДИ: от 0,567 – 0,706), ИС – 0,803 (95% ДИ: от 0,711 – 0,877). Следующий этап статистического анализа – определение оптимальных точек разделения, обеспечивающих четкое отграничение пациентов с нарушениями от здоровых, при которых диагностическая ценность метода является максимальной. В младшей возрастной подгруппе (6-9 лет) анализ ROC-кривой показателя давления в зоне D показал, что оптимальной точкой разделения, обеспечивающей четкое отграничение пациентов с нарушениями от здоровых, является значение показателя, равное 17%. При этом значении чувствительность равна 77,78% (95% ДИ: от 66,4 – 86,7), специфичность – 88,16% (95% ДИ: от 78,7 – 94,4). Оптимальной точкой разделения для показателя давления в зоне С является значение 3%. При этом чувствительность равна 75% (95% ДИ: от 63,4-84,5), специфичность – 94,74% (95% ДИ: от 87,1 – 98,5). Оптимальной точкой разделения, обеспечивающий максимум чувствительности и специфичности для показателя ФДИ является значение 50,08%. При этом значении чувствительность равна 51,39% (95% ДИ: от 39,3-63,3), специфичность – 92,11% (95% ДИ: от 83,6 – 97). Оптимальной точкой разделения для показателя ИС является значение >0,92. При этом значении чувствительность равна 63,89% (95% ДИ: от 46,2 – 79,2), специфичность – 86,84% (95% ДИ: от 71,9 – 95,6).

В старшей возрастной подгруппе (10 лет и старше) анализ ROC-кривой показателя давления в зоне D показал, что оптимальной точкой разделения является значение показателя, равное 15%. При этом значении чувствительность равна 91,13% (95% ДИ: от 84,7 – 95,5), специфичность – 83,33% (95% ДИ: от 72,7 – 91,1). Оптимальной точкой разделения для показателя давления в зоне С является значение 2%. При этом значении чувствительность равна 79,84% (95% ДИ: от 71,7-86,5), специфичность – 94,44% (95% ДИ: от 86,4 – 98,5). Оптимальной точкой разделения, обеспечивающей максимум чувствительности и специфичности для показателя ФДИ, является значение 51,44%. При этом значении чувствительность равна 45,16% (95% ДИ: от 36,2- 54,3), специфичность – 88,89% (95% ДИ: от 79,3 – 95,1). Оптимальной точкой разделения для показателя ИС является значение >0,78. При этом значении чувствительность равна 74,19% (95% ДИ: от 61,5-84,5), специфичность – 77,78% (95% ДИ: от 60,8 – 89,9). Следовательно, данные тесты могут быть рекомендованы для диагностики продольного плоскостопия.

При изучении траектории перемещения ОЦМ оценивались форма кривой и ее положение по отношению к продольной оси стопы. При сравнении со здоровыми детьми контрольной группы этот показатель анализировался с помощью таблиц сопряженности точным критерием Фишера. В младшей возрастной подгруппе (6-9 лет) в 62 случаях из 72 (86%) с продольным плоскостопием наблюдалось смещение траектории перемещения вектора ОЦМ в сторону ее медиального края, причем форма ее приближалась к прямой линии ($p < 0,0001$). В старшей возрастной подгруппе в 102 случаях из 124 (82%) с продольным плоскостопием выявлено отклонение траектории перемещения вектора ОЦМ медиально, при этом имеется статистически достоверное отличие с пациентами контрольной группы ($p < 0,0001$).

При анализе графиков интегральной нагрузки в 43 (60%) случаях в младшей возрастной подгруппе и в 83 (67%) случаях в старшей возрастной подгруппе было выявлено нарушение плавности графиков, снижение зад-

него (носком) толчка, что свидетельствует о нарушении рессорной функции стопы, а также о снижении жесткости стопы как рычага в момент отталкивания от опоры и снижении толчковой функции (рис. 3.8). В 17 (24%) и в 20 (16%) случаях в соответствующих возрастных группах отмечено снижение амплитуды, вплоть до полного отсутствия, главных минимумов нагрузки, что характеризует нарушение структуры переката через стопу. Имеются статистически значимые различия в структуре графиков в группе здоровых детей (контрольная) и детей с продольным плоскостопием согласно критерию Манна-Уитни ($p < 0,0001$ для обеих возрастных групп).

Уплотнение поперечного свода стопы приводит к нарушению его рессорной функции. Одним из объективных методов диагностики поперечного плоскостопия является рентгенологический. Однако этим методом проводится оценка лишь анатомического компонента патологии. В связи с этим ценность приобретает барографический метод исследования, позволяющий оценить функцию стопы не только при статической, но и, что особенно важно, динамической нагрузке.

Было обследовано 17 пациентов с поперечным плоскостопием в возрасте от 10 до 16 лет (11 девочек, 6 мальчиков), контрольную группу составили 36 здоровых детей в возрасте от 10 до 17 лет (табл. 4).

Таблица 4 – Данные педобарографического обследования здоровых детей (контрольная группа) и детей с поперечным плоскостопием

Показатель	Здоровые дети Me (25%/75%) n=36 детей (72 стопы)	Дети с поперечным плоскостопием Me (25%/75%) n=17 детей (34 стопы)	P критерий Манна- Уитни
Зона А, %	17 (16/18)	14,5 (13/15)	$P < 0,0001$
Зона В, %	31 (30./ 32)	35 (34/36)	$P < 0,0001$
Зона С, %	1 (0/2)	1,5 (0/2)	$P = 0,05$
Зона D, %	15 (14/15)	15 (15/16)	$P = 0,03$
Зона E, %	36 (35/37)	34 (32/36)	$P < 0,0001$

Анализ результатов биомеханических исследований в данной группе показал, что наиболее характерной особенностью для этой патологии явилось достоверное увеличение нагрузки в области головок средних плюсневых костей (зона В) и ее снижение в области пальцев (зона А). Кроме того, в 26 случаях (76%) наблюдалось снижение нагрузки на I палец, снижение его участия в отталкивании от опоры, что приводит к концентрации максимального давления под головками плюсневых костей. Это согласуется с результатами, полученными В.А. Мицкевичем [3].

Нарушение процессов отталкивания стопой от опоры проявлялось характерными изменениями со стороны графиков интегральной нагрузки. В 10 случаях (29%) наблюдалось снижение амплитуды, вплоть до полного отсутствия заднего толчка графика, в 21 случае (62%) отмечалось нарушение плавности графиков.

Полученные данные свидетельствуют о нарушении рессорной, толчковой функций, снижении способности стопы противодействовать ударным нагрузкам, что клинически проявлялось в виде атрофии подкожно-жировой клетчатки, появлении натоптышей в области головок II-III плюсневых костей в группе детей с поперечным плоскостопием.

С целью объективной количественной оценки подошвенного давления в метатарзальной области, исключения влияния веса пациента нами предложен ИПС. В контрольной группе (здоровые дети) индекс был равен 1.63

(1.51; 2.2), в основной он составил 2.5 (2.33; 2.85). Таким образом, имеется достоверное повышение ИПС у детей с поперечным плоскостопием ($p < 0,0001$).

Произведена оценка диагностической эффективности показателей давления в зоне В и ИПС стопы с использованием ROC-анализа. В результате оценки площади под характеристической кривой изучаемых показателей были получены следующие данные: площадь под характеристической кривой для показателей давления в зоне В и ИПС равна, соответственно, $V = 0,908$ (95% ДИ: от 0,836 – 0,955), $IПC = 0,924$ (95% ДИ: от 0,856 – 0,966).

Анализ ROC-кривой показателя давления в зоне В показал, что оптимальной точкой разделения, обеспечивающей четкое отграничение пациентов с нарушениями от здоровых, является значение показателя, равное $>32\%$. При этом значении чувствительность равна 85,29% (95% ДИ: от 68,9 – 95,0), специфичность – 81,94% (95% ДИ: от 71,1 – 90,0). Оптимальный порог классификации нормальных показателей от патологических, обеспечивающий максимум чувствительности и специфичности для ИПС, значение 2,32. При этом значении чувствительность равна 88,24% (95% ДИ: от 72,5 – 96,7). Специфичность – 84,72% (95% ДИ: от 74,3 – 92,1). Таким образом, показатель давления в зоне В, а также предложенный ИПС стопы по своей чувствительности и специфичности могут быть рекомендованы в виде теста для диагностики поперечного плоскостопия.

Таким образом, проведенный анализ биомеханических характеристик ходьбы позволил нам выделить объективные диагностические критерии продольного и поперечного плоскостопия у детей и подростков в возрасте 6-16 лет. Так, для продольного плоскостопия наиболее характерно: 1) увеличение удельной нагрузки в зоне С более 3% в младшей и более 2% в старшей возрастных подгруппах, в зоне D более 17% и 15% в младшей и старшей подгруппах, соответственно; 2) снижение ФДИ менее 50,19% в младшей и 51,32% в старшей возрастных подгруппах; 3) снижение давления в переднем отделе стопы (зоны А, В); 4) медиальное смещение траектории общего центра массы; 5) нарушение плавности графиков интегральной нагрузки, снижение амплитуды заднего толчка; 6) нарушение симметрии ходьбы, проявляющееся в изменении индекса симметрии более 0,92 в младшей и более 0,78 в старшей возрастных подгруппах. Диагностические критерии поперечного плоскостопия: 1) увеличение удельной нагрузки в зоне В более 32% от давления на всю стопу; 2) рост показателя ИПС выше 2,32; 3) нарушение плавности графиков интегральной нагрузки, снижение амплитуды заднего толчка.

Выводы

1. Анализ топологических особенностей подошвенного давления с использованием современных диагностических систем является наиболее перспективным методом функциональной диагностики патологии стоп на ранней стадии.

2. Программное обеспечение КЭМа позволяет получать широкий спектр объективной биомеханической информации, определяющей индивидуальный диагностический алгоритм. Регистрация динамических показателей обеспечивает определение функциональной составляющей и оценку фактического состояния стопы с учетом компенсаторных механизмов, скрывающих клиническую симптоматику, что особенно характерно для пациентов детского возраста.

3. Модифицированный метод педобарографии на разработанном КЭМе, включающий выделение 5 функциональных биомеханических зон с определением в них удельной нагрузки в процентах к суммарной нагрузке на стопу, расчет фронтального динамического индекса, индекса поперечного свода, индекса симметрии может использоваться в ортопедической практике для оценки особенностей биомеханики и распределения давления по подошвенной поверхности стопы у пациентов с продольным и поперечным плоскостопием в возрасте 6-16 лет.

Литература

1. Биомеханика и коррекция дисфункций стоп / М. Дерлятка [и др.]; под науч. ред. А.И. Свириденка, В.В. Лашковского. – Гродно: ГрГУ, 2009. – 279 с.
2. Руководство по протезированию и ортезированию/ под ред. А.Н. Кейра и А.В. Рожкова. – Санкт-Петербург, 1999. – 624 с.
3. Мицкевич, В.А. Значение нарушения распределения нагрузки по стопе в оценке состояния и диагностики заболеваний и деформаций стопы и голеностопного сустава: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.22 / В.А. Мицкевич; ЦНИИ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – М., 1994. – 28 с.
4. Новый способ ранней функциональной диагностики и контроля ортопедической коррекции патологии стоп / С.И. Болтрукевич [и др.] // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2005. – №4. – С. 115-121.
5. Jacer, L. Pedobarography in diagnostics of the foot with hallux valgus / L. Jacer, D. Zarzycki. // 6th Congress of the European Federation of National Associations of Orthopedics and Traumatology: abstract book, Helsinki, 4 – 10 June, 2003. – Helsinki, Finland, 2003. – P. 127.
6. Walczak, M. The variability of plantar pressure pattern distribution in healthy children and its relation to flexible flatfoot / M. Walczak, M. Napiontek // The journal of orthopedics trauma surgery and related research. – 2007. – Vol.1, №5. – P. 13-26.

Поступила 15.04.2011