

УДК 617.586-007.58-073-053.2

ДИНАМИЧЕСКАЯ ФОТОПЛАНТОГРАФИЯ С КОМПЬЮТЕРНЫМ АНАЛИЗОМ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ПРОДОЛЬНОГО ПЛОСКОСТОПИЯ У ДЕТЕЙ

В.С. Аносов**, аспирант; С.И. Болтрукевич*, профессор, д.м.н.;

М.С. Михович, к.м.н.; В.В. Кочергин***

УО «Гродненский государственный медицинский университет»*

Областное детское ортопедо-травматологическое отделение, городская
больница скорой медицинской помощи, г. Могилев*

Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения

НАН Беларуси***

Представлен новый подход к диагностике детского плоскостопия. Методика, основанная на биомеханических особенностях, позволяет объективно оценить состояние опорных зон стопы. Предлагаемый способ доступен широкому кругу ортопедов и открывает новые возможности в диагностике и лечении патологии стопы. Статья дает современное представление о развитии плоскостопия у детей.

The computer-assisted dynamic plantography in the children longitudinal platipodia diagnostics and treatment.

A new approach to the children's flat-foot diagnostics is presented. The technique based on biomechanical peculiarities allows to get an objective estimation of the foot supporting zones condition. The suggested method is available to the majority of orthopedists and provides with new opportunities of pathology treatment and rehabilitation. The paper gives a contemporary conception of children's platipodia onset.

Введение

Уплотнение сводов стопы, или плоскостопие, является наиболее часто встречающейся деформацией стопы в детском возрасте. Его частота значительно варьирует в различных возрастных группах детей. Развитие знаний о биомеханике стопы и понимание функциональных изменений, вызванных её деформациями, ещё раз доказывает важность раннего выявления заболеваний стоп. Метод динамической фотоплантографии расширяет возможности специалиста в диагностике причины патологии стоп и в ряде случаев предопределяет характер лечения, компьютерный анализ ещё более объективно визуализирует данные исследования и лечения. Мы измеряли индексы в положении сидя и стоя и по динамике их изменений судили о ригидности деформации [2, 5]. Для обоснованного выбора тактики лечения и четкого понимания взаимодействий анатомических структур стопы при ходьбе специалисту важно представлять основные элементы биомеханики стопы.

Динамическая фотоплантография расширяет наши возможности в диагностике деформаций стопы. Выполнение плантограмм в динамике позволяет разделять продольное плоскостопие на мобильную и ригидную формы. При мобильной деформации сформированный в покое свод стопы под нагрузкой весом тела исчезает (рис. 1а). Если продольный свод уплощен в покое (на плантограмме в положении сидя), то деформацию называли ригидной или стабильной (рис. 1б).

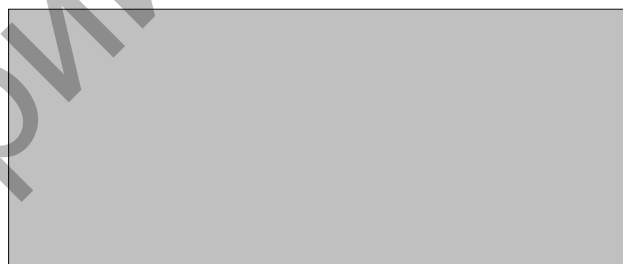


Рис.1а. В - положение сидя, продольный свод сформирован; С - положение стоя, продольный свод исчезает

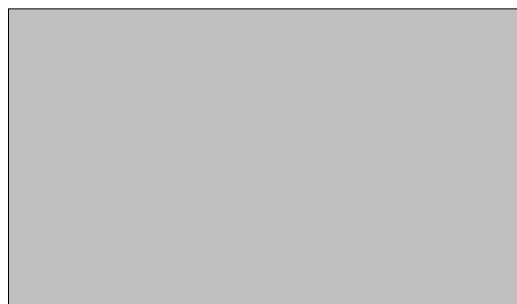


Рис.1б. А - положение сидя, высота продольного свода резко снижена; В - положение стоя, высота продольного свода не изменилась

Материалы и методы

Нами обследовано 534 ребенка в возрасте от 2 до 14 лет. Исследование проводилось среди здоровых детей на базе детских дошкольных учреждений, школ и в отделении детской ортопедии г. Могилева и г. Гродно. Для уточнения характера и степени плоскостопия мы использовали метод динамической фотоплантографии. Суть динамической

фотоплантографии заключается в регистрации фотоплантограмм с помощью компьютера. Прямое изображение стоп на стеклянном плантографе наблюдали на мониторе в режиме реального времени. Свечение опорной поверхности получали при использовании специальной лампы в торцевой части стекла плантографа. Плантограммы выполняли сидя, стоя на двух и на одной ноге. В положении сидя стопа образует с голенью угол 90° , коленный сустав находится над стопой. Значение индексов исследовали в динамике изменения нагрузки стопы (размеры и индексы стопы сидя с минимальной нагрузкой и их изменение при переходе в положение стоя). Для анализа использовалось среднее значение индексов правой и левой стопы. Продольное плоскостопие по степеням разделялось на три группы. Первая степень плоскостопия (рис. 2) - уплощение продольного свода до линии первого луча стопы. Вторая степень - уплощение свода до линии внутреннего края отпечатка стопы (касательная BD к внутреннему краю отпечатка). Третья степень - внутренний край стопы приобретает выпуклый характер, появляется опора в проекции головки таранной кости. Для количественной оценки продольного свода стопы использовался индекс свода стопы - ИСС (рис. 3) - отношение длины узкого участка отпечатка (отрезок а) к самому широкому в области заднего отдела стопы (отрезок А). Аналитическая обработка плантограмм производилась с применением компьютера [2].



Рис. 2. Описание в тексте



Рис. 3. Описание в тексте

Результаты и обсуждение: в трехлетнем возрасте плоскостопие встречается в 53% случаев с выраженным преобладанием мобильных форм из-за слабости мышц и связок. К 7 годам частота его уменьшилась до 15%, а в 14 лет составила 5%. Такая высокая вариабельность плоскостопия в возрастном плане предполагает применение термина

развивающейся патологии. В 2 года ИСС принимает значение 0,83 и при нагрузке незначительно увеличивается на 5%, что связано с наличием жировой подушки, скрывающей свод. С ростом ребенка индекс свода стопы принимает значение 0,6, при этом на нагрузку стопы реагирует 20% увеличением ИСС, что свидетельствует о повышенной эластичности структур стопы. В 14 лет ИСС равен 0,54 с его увеличением под нагрузкой на 13%, к этому времени своды стопы становятся стабильными.

Установлено, что наиболее интенсивно формирование сводов стопы протекает у детей в течение первых семи лет. До трехлетнего возраста в области продольного свода имеется жировая ткань, образующая подушку, которая скрывает продольный свод стопы [2,7]. Вследствие этого стопа кажется плоской, и в ряде случаев ошибочно осуществляется лечение. В положении сидя нагрузка на стопы минимальна. В положении стоя на двух ногах нагрузка на стопы равна половине максимальной. В положении стоя на одной ноге получаем плантограмму с максимальной нагрузкой на стопу (моделируется средняя фаза опоры цикла шага, когда центр тяжести тела проходит над стопой).

Среди патологических причин мобильной деформации выделяют врожденные причины (синдром мезенхимальной недостаточности, укорочение ахиллова сухожилия, пяточновальгусная деформация стопы, патологическая торсия бедренной и берцовых костей, серповидная деформация стопы, добавочная ладьевидная кость) и приобретенные причины (повреждения сухожилий, артриты, травмы, миелодисплазия, полиомиелит, ДЦП). Ригидная деформация врожденного генеза чаще всего встречается при вертикальном стоянии таранной кости. К приобретенным её причинам относят артриты суставов стопы и последствия травм. Часто встречающаяся Х-образная деформация нижних конечностей у детей приводит к увеличению медиального смещения центра тяжести нижней конечности и, как следствие, увеличивает эверсию пяточной кости, способствуя пронираванию стопы и уплощению продольного свода. Чрезмерная торсия костей нижних конечностей способствует развитию плоскостопия. Внутренняя торсия костей голени и антеторсия шейки бедренной кости, часто встречающиеся у детей, приводят к аддукции оси таранной кости. Аддукционное смещение оси таранной кости вызовет в фазу опоры усиление пронирующего момента подтаранного сустава, что усилит эверсию пяточной кости, способствуя чрезмерной пронации стопы.

При исследовании и интерпретации плантограмм видно, что снижение высоты продольного свода стопы происходит либо равномерно в двух

отдела, либо преимущественно в его проксимальной, либо дистальной части [3]. Это четко визуализируется при анализе динамических фотоплантограмм (рис.4).

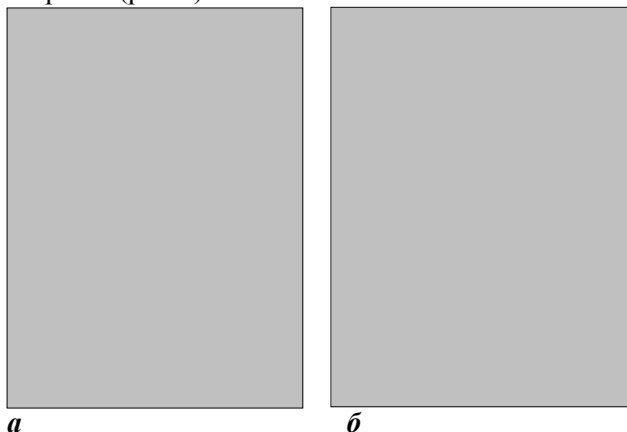


Рис. 4. а - уплощение дистального отдела продольного свода в положении стоя, б - уплощение проксимального отдела продольного свода

В случае уплощения проксимальной части свода отмечается снижение его высоты на уровне Шопарова сустава. При уплощении дистальной части снижение высоты происходит на уровне клино-ладьевидного сустава, т.к. клино-первоплюсневый сустав жесткий и имеет очень ограниченный объем движений. Возможность дифференцированного определения изменений позволяет нам правильно планировать оперативное лечение и проводить коррекцию ортопедическими стельками.

Снижение высоты продольного свода (рис. 5) стопы при синдроме мезенхимальной недостаточности (незрелость соединительной ткани и снижение её адаптации к механическим нагрузкам) сопровождается увеличением ИСС при переходе из положения сидя в положение стоя более чем на 30%. Следует произвести генетические исследования для исключения синдромов Дауна, Морфана или несовершенного остеогенеза.



Рис. 5. Фотоплантограмма при синдроме мезенхимальной недостаточности: в положении сидя (1) продольный свод сформирован, в положении стоя (2) полностью исчезает

При плосковальгусной деформации (рис. 6) уплощение продольного свода сопровождается выраженным вальгусным отклонением пяточной кости, превышающим 10° [4]. Пронационная установка стопы на плантограммах проявляется смещени-

ем нагружаемой области пятки ближе к внутренней лодыжке (признак эверсии пяточной кости), абдукции и эверсии переднего отдела стопы (перегрузка первого луча стопы и отсутствие опоры в области пятого луча). Плосковальгусная деформация, как правило, тяжелее продольного плоскостопия. Она вызывает снижение площади опорной поверхности, перенапряжение связочных структур и сопровождается выраженным болевым синдромом.



Рис. 6. Плосковальгусная деформация левой стопы: ось переднего отдела стопы отведена относительно заднего отдела стопы, смещение опорной поверхности стопы медиально

Уплощение сводов стопы при сращениях в области заднего отдела стопы имеет ряд характерных симптомов. Ребенок жалуется на боли в области тыла стопы над коалицией как после нагрузок, так и в покое. С течением времени развивается спазм мышц малоберцовой группы. Попытка пассивно супинировать передний отдел стопы относительно заднего отдела вызывает резкое усиление болей. Не определяется инверсия пяточных костей при ходьбе на носочках, ребенок не может ходить на наружном крае стопы. Деформация носит ригидный характер и наблюдается на всех этапах нагрузки. При костных коалициях подтвердить диагноз легко с помощью рентгенограмм. Состояние требует оперативного лечения.

Врожденное плоскостопие, обусловленное косым и вертикальным стоянием таранной кости относится к наиболее тяжелым врожденным деформациям стопы. Эта патология требует раннего оперативного лечения и имеет неблагоприятный прогноз для больного. Обычно при данной патологии деформация связана с вертикальным стоянием таранной кости (в сагиттальной плоскости). Наши наблюдения позволяют выделить отдельную форму врожденного плоскостопия (рис.7), обусловленную нарушением стояния таранной кости в горизонтальной плоскости (аддукционное стояние таранной кости). На рис. 6 представлена рентгенограмма и фотоплантограмма ребенка с примером такой деформации.



Рис. 7. Врожденное плоскостопие, обусловленное аддукционным стоянием таранной кости справа.

В литературных источниках подходы и тактика в лечении плоскостопия противоречивы и не согласованы [3, 5, 7]. Продольное плоскостопие первой и второй степени в детском возрасте в большинстве случаев лечится консервативно. При обнаружении вальгусной деформации заднего отдела стопы, уплощении её сводов необходимо повысить функциональную адаптацию стопы ребенка, дать возможность правильно развиваться суставным поверхностям костей стопы. Назначаются упражнения для укрепления сводоформирующих мышц, их электростимуляция, массаж и т.д., что стимулирует процессы активного формирования сводов стопы. С учетом характера уплощения свода, выявленного на плантограммах, изготавливаются индивидуальные стельки-супинаторы или стабилизаторы заднего отдела стопы. Стелька должна пассивно формировать свод стопы, придавая ему нормальную высоту. Если имеется вальгусная деформация заднего отдела стопы, то она корректируется клином, расположенным под пяткой. Основание клина обращено медиально. Такая коррекция придаст возвышенное положение внутренней стороне пятки и позволит значительно снизить пронизирующий момент ПТС в фазу опоры, создаст супинированное положение подтаранного сустава.

При продольном плоскостопии третьей степени с выраженной пронацией стопы и болевым синдромом рекомендуется оперативное лечение. В детском возрасте предпочтение отдается операциям на мягкотканном компоненте.

Динамическая фотоплантография позволяет проводить оценку эффекта лечения.

Результат оперативного лечения плоскостопия по методике Джонса [5], когда с помощью внутренней части ахиллова сухожилия укрепляется продольный свод стопы, представлен на рис.8.

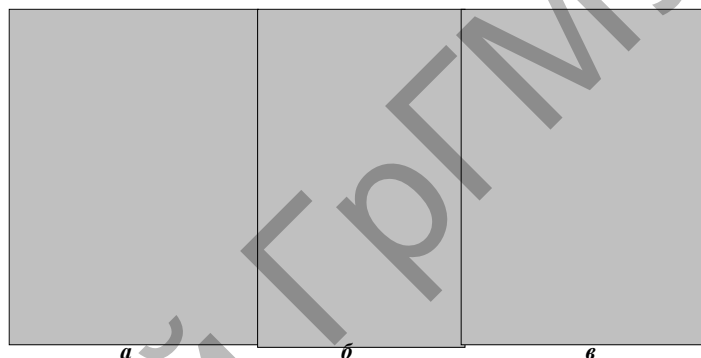
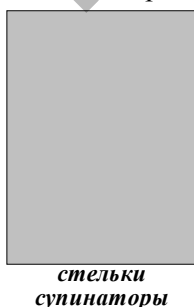


Рис. 8. Операция по Джонсу слева. Плантограммы при максимальной нагрузке:

а - до операции - перегрузка внутренней части пятки и первого луча, б - схема операции [5], в - 4 месяца после операции - пронация стопы устранена, высота продольного свода стопы увеличилась

На рис. 9 представлена схема пластической операции по Карчинову при тяжелой плосковальгусной деформации [1] и отдаленный результат.



Рис. 9. а - схема пластической операции при тяжелой плосковальгусной деформации [1], б - результат через 7 лет после операции

Обсуждение

Общеизвестно, что в цикле шага выделяют фазу опоры (от касания пятки и до отрыва пальцев) и фазу переноса (от отрыва пальцев и до касания пяткой опоры). Одна из функций стопы - перенос общего центра тяжести (ОЦТ) тела при ходьбе. Основная нагрузка на стопу ложится в фазу опоры цикла шага, когда ОЦТ перемещается с пятки на головки плюсневых костей для начала фазы переноса. Стопу сравнивают с рычагом II класса

(рис.10): точка действия силы сопротивления (2) находится между точкой опоры (1) и точкой приложения рабочей силы (3). При отрыве пятки точка опоры находится под плюсне-фаланговыми суставами, где действует сила реакции опоры, направленная вверх. Рабочая сила для отрыва пятки передается через ахиллово сухожилие. ОЦТ проецируется между плюсне-фаланговыми суставами и пяткой. Комбинация трёх сил стремится с каждым шагом прогнуть стопу (тыльно согнуть передний отдел относительно заднего). Основа жесткости этого рычага - правильное положение костей стопы. Если ПТС не принял супинированное положение перед отрывом пятки, то жесткость рычага значительно снижается. При недостаточной жесткости рычага, обусловленной положением костей стопы, происходит перенапряжение связок и мышц стопы, влекущее уплощение сводов, перегрузку суставов среднего отдела стопы и развитие их остеоартрозов.



Рис. 10. Схема нагрузки на стопу в фазу опоры цикла шага: 1 - сила реакции опоры, 2 - ОЦТ, 3 - сила трехглавой мышцы голени

В момент касания пяткой опоры снаружи оси подтаранного сустава (ПТС) возникает сила реакции опоры, создающая пронирующий момент сустава. При пронации ПТС под нагрузкой весом тела происходит движение не пяточной кости относительно таранной, а таранной кости вокруг пяточной, что связано с большой силой трения между пяткой и опорой. При этом таранная кость подошвенно смещается и приводится (ротировается внутрь в горизонтальной плоскости), а пяточная кость эвертируется (отводится во фронтальной плоскости). Центр тяжести ноги находится медиальнее оси ПТС, что придает пронирующий момент ПТС и усиливает эверсию пяточной кости. Нарастание скорости пронации ПТС сдерживает эксцентрическое напряжение мышц задней группы голени (в основном задней большеберцовой мышцы). В фазе опоры, если пяточная кость принимает положение 6 градусов эверсии, то силы мышц супинаторов не хватает для преодоления пронирующего момента ПТС, и ПТС не примет супинированное положение перед отрывом пятки. Чрезмерную силу пронации ПТС мышцы не в состоянии контролировать, при достижении положения максимальной пронации движение прекращается за счет напряжения связок ПТС. Перенапря-

жение связок ПТС с каждым шагом приведет к их перегрузке, растяжению и болям из-за асептического воспаления [6].

Заключение

Фотоплантография с использованием компьютерной обработки и анализа данных значительно расширяет возможности ранней диагностики патологических отклонений в развитии стоп. Мы получаем объективную и точную картину опорной поверхности стопы и её контура, что невозможно при выполнении отпечатков стоп на бумаге. С помощью функциональных плантограмм можно оценить рессорную функцию стопы, получить важные данные для выбора лечения, оценить его эффективность. Появляется возможность объективного динамического наблюдения за развитием стопы. Анализ опорной поверхности стопы на фотоплантограммах предоставляет новые данные для точного описания характера плоскостопия. Пронация стопы проявляется уплощением продольного свода. Пронация происходит неравномерно на уровнях подтаранного, таранноладьевидного и ладьевидно-клиновидного суставов, что можно установить с помощью плантограмм. В точке наибольшей пронации сильнее выражен болевой синдром. Точное определение характера деформации с помощью фотоплантограмм позволяет выбрать адекватное лечение. Продольное плоскостопие в раннем детском возрасте встречается очень часто, что характеризует деформацию как вариант нормы, связанный с незрелостью структур стопы. Продольное плоскостопие у детей старшего возраста требует лечения, т.к. деформация связана с нарушением формирования сводов.

Выводы

1. Динамическая фотоплантография является объективным и информативным методом в выявлении заболеваний стоп и оценкой результатов лечения, базируясь на компьютерном анализе.
2. Она вносит новые возможности в исследование функций стопы.
3. Метод позволяет достаточно быстро проводить осмотры больших коллективов детей и может использоваться как скрининг для объективной диагностики патологии стоп.

Литература

1. Карчинов К. Две модификации хирургического формирования продольного свода стопы. Ортопедия травматология и протезирование. - Москва, - 1982. - №4. - С.51-53.
2. Михович М.С., Аносов В.С., Кочергин В.В. Динамическая подометрия при фотоплантографическом исследовании стоп у детей // Травматология и ортопедия, современность и будущее: Тез. докл. науч. конф. - Москва, - 2003. - С. 371.
3. Шапошников Ю. Т. Ортопедия. - Москва, -1997. - С.329 - 340.
4. Evarts C. Surgery of the musculoskeletal system. - USA, - 1983. - P. 9:59 - 9:90.
5. Gould J.S. Operative foot surgery. - USA, - 1994. - P. 834 - 857.
6. Levy A. Principles and Practice of Podiatric Medicine. - 1990. - P. 39 - 105.
7. Tachdjian M. Pediatric orthopedics. - USA, - 1990. - P. 2717 - 2739.