

2. *Sameni R., Shamsollahi M. B., Jutten C., Clifford G. D.* A Nonlinear Bayesian Filtering Framework for ECG Denoising // IEEE Transactions On Biomedical Engineering – Vol. 54. – 2007. – № 12. – P. 2172–2185.
3. *Reza Sameni, Gari D. Clifford, Christian Jutten, Mohammad B. Shamsollahi* Multichannel ECG and noise modeling: application to maternal and fetal ECG signals // EURASIP Journal on Applied Signal Processing. – Vol. 2007. – 2007. – № 1. – P. 94–110.

УДК 681.2(61):338:617.68

А. С. Веденина, Л. М. Смирнова

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТОПЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАНТОГРАФИИ

Статистика свидетельствует, что 80 % населения нашей страны в той или иной степени страдают плоскостопием [1]. Это не просто косметическая проблема, связанная с изменением внешнего вида стопы: развитие плоскостопия сопровождается нарушением опорно-двигательной функции, болевыми ощущениями в нижних конечностях.

Проблема ранней диагностики повреждений и заболеваний стоп является актуальной при выборе способов профилактики, лечения и оценки их эффективности.

В традиционном варианте исполнения плантография заключается в получении опорного отпечатка плантарной поверхности на фотобумаге или на обычной бумаге с помощью штампельной краски. Подометрия до недавнего времени выполнялась с помощью обычной сантиметровой ленты, угломеров, линеек, циркулей. Визуальные методы считаются наиболее простыми и распространенными. Однако они не позволяют количественно оценить состояние стопы и не позволяют сохранить результаты обследования в информативном и удобном для анализа виде для дальнейшей оценки динамики состояния стопы.

Современный уровень развития технических средств диагностики открывает новые возможности в оценке состояния стопы. Указанное касается методов компьютерной плантографии и подометрии.

Появление программно-аппаратных комплексов («Скан», «ДиаСлед-Скан» и др.) для регистрации плантарного отпечатка и стопы сбоку и сзади посредством оптического сканирования позволяет регистрировать плантарную поверхность и изображения стоп сбоку и сзади под нагрузкой, с большей точностью определять плантографические и подометрические индексы, характеризующие форму стопы, и оценивать те изменения, измерение которых ранее было недоступно.

Однако в настоящее время эти методы используют для обследования пациента только в положении стоя на обеих нижних конечностях. Функциональные возможности программно-аппаратных комплексов диагностики состояния стоп при помощи плантографии и подометрии могут быть расширены путем использования в процессе обследования биомеханических тестов с различной весовой нагрузкой на стопу.

Обследование человека в положении стоя позволяет оценить форму, размер стопы и распределение давления под стопой в статике. Проведение же различных тестов может позволить оценить функционирование стопы в динамике.

С данной целью было проведено плантографическое обследование стоп на программно-аппаратном функциональном модуле «ПлантоСкан» комплекса «ДиаСлед-Скан», включающего 3-координатное сканирующее устройство, объединяющее 2 сканера, расположенных под углом 90 градусов друг к другу, и специализированное программное обеспечение.

Для обеспечения дозируемой весовой нагрузки на стопы при регистрации данных выполнялись следующие биомеханические тесты и соблюдались условия проведения эксперимента:

1. минимальная нагрузка – в положении сидя только с касанием опоры плантарной поверхностью обеих стоп;
2. нагрузка менее половины веса тела – в положении стоя на обеих нижних конечностях, но с вынужденным предпочтением опоры на одну из них без сгибания другой; рассматривается менее нагруженная конечность;
3. примерно половина веса тела – в положении стоя с опорой на обе нижние конечности (руки по швам, без поворота головы в сторону для исключения случайного смещения центра масс тела);
4. нагрузка более половины веса тела – тот же тест, что и в п. 2, но с рассмотрением опоропреобладающей конечности;
5. нагрузка весом всего тела – в положении стоя с опорой на одну (левую/правую) конечность.

На полученных при данных тестах плантограммах были расставлены идентификационные точки, по координатам которых рассчитаны плантографические индексы по методике ФГУ СПбНЦЕР им. Альбрехта Росздрава. При сравнении результатов для различных тестов были получены объективные данные о зависимости плантографических индексов, отражающих форму опорного отпечатка стопы, от воздействия на нее нагрузки различной степени выраженности (табл. 1).

Были рассчитаны следующие плантографические индексы для правой и левой нижних конечностей:

- a1 – угол Шопарова сустава, град.;
- a2 – угол отклонения первого пальца, град.;
- k1 – коэффициент переднего отдела стопы;
- k2 – коэффициент распластанности переднего отдела стопы;
- k3 – линейный показатель высоты свода.

Таблица 1

Значения плантографических индексов, полученных для правой и левой нижних конечностей при воздействии различной весовой нагрузки на стопы

	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
a1	162	166	158	152	162	169	165	166	169	170
a2	14	21	8	19	11	9	10	9	7	8
k1	0.39	3	0.8	0.42	0.56	0.5	0.44	0.44	0.92	0.51
k2	0.37	0.36	0.34	0.37	0.36	0.38	0.35	0.37	0.37	0.38
k3	0.21	0.32	0.26	0.34	0.3	0.22	0.38	0.36	0.44	0.44

Л – левая нижняя конечность; П – правая нижняя конечность; 1–5 – биомеханические тесты с определенной весовой нагрузкой, описанные выше.

На основании данной таблицы были рассчитаны усредненные значения индексов по формуле

$$И = \frac{\text{индексЛ} + \text{индексП}}{2},$$

где И – усредненное значение индекса; индексЛ – значение индекса для левой нижней конечности; индексП – значение индекса для правой нижней конечности.

Были построены зависимости плантографических индексов (их усредненных значений) от воздействия на стопу нагрузки различной степени выраженности.

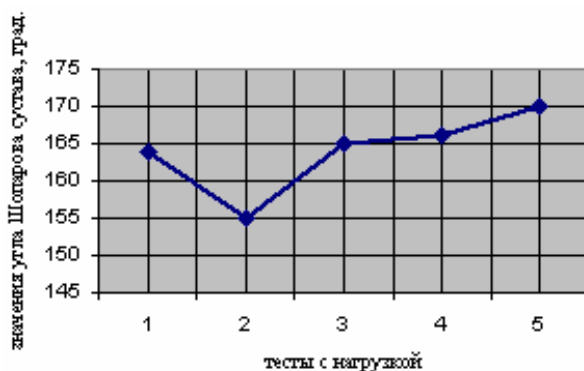


Рис. 1. Значение угла Шопарова сустава при воздействии на стопу нагрузки различной степени выраженности

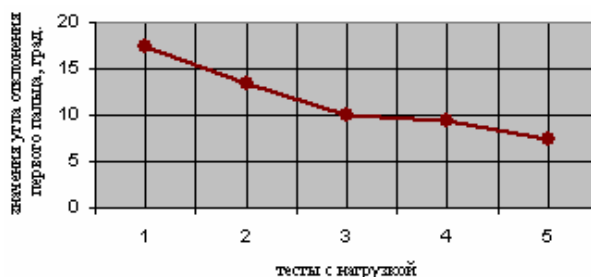


Рис. 2. Значение угла отклонения первого пальца при воздействии на стопу нагрузки различной степени выраженности

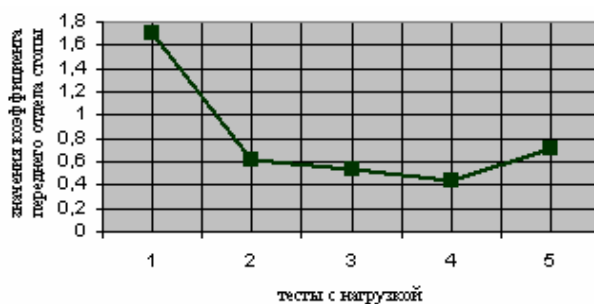


Рис. 3. Значение коэффициента переднего отдела стопы при воздействии на стопу нагрузки различной степени выраженности

Наиболее чувствительным к изменению весовой нагрузки на стопу явился коэффициент переднего отдела стопы. В данном случае наблюдается резкое уменьшение его значения при изменении положения обследуемого из положения сидя в положение стоя. Такие показатели, как угол Шопарова сустава, коэффициент распластанности переднего отдела стопы и линейный показатель высоты свода, имеют тенденцию увеличиваться с увеличением нагрузки на стопу. Однако на графиках показателей угла Шопарова сустава и коэффициента распластанности переднего отдела стопы наблюдается скачок вниз их значений,

а на графике линейного показателя высоты свода – скачок вверх при проведении второго теста. Значение показателя угла отклонения первого пальца изменяется обратно пропорционально увеличению нагрузки на стопу.

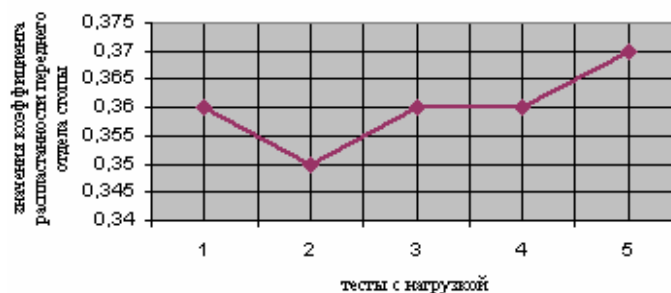


Рис. 4. Значение коэффициента расплывчатости переднего отдела стопы при воздействии на стопу нагрузки различной степени выраженности

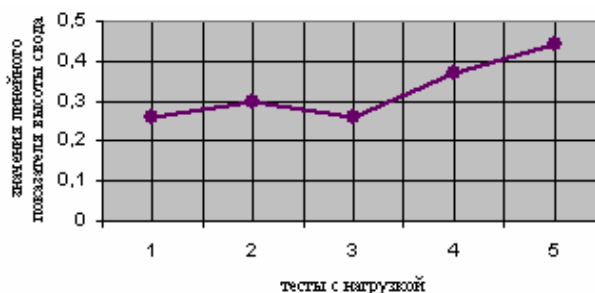


Рис. 5. Значение линейного показателя высоты свода при воздействии на стопу нагрузки различной степени выраженности

Данные результаты позволяют надеяться на перспективность разработки методического обеспечения с использованием подобных биомеханических тестов для оценки не только параметров формы стопы (в т.ч. высоты свода), но и ее функционального состояния. Особое значение данные показатели имеют для диагностики состояния стопы, когда ее деформации еще не наблюдается, а нарушения проявляются на функциональном уровне, например, при таком заболевании, как статическая недостаточность стопы.

Использование этих несложных функциональных тестов может быть реализовано в любых условиях проведения компьютерной плантографии и подометрии (оптическим сканированием). Они не требуют дополнительного к указанному оборудованию и могут быть проведены всего за несколько минут.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.newizv.ru/print/53548>
2. <http://lib.sportedu.ru/books/xxpi/2002n7/p26-31.htm>
3. http://www.mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec01_12.html
4. <http://diaserv.ru>
5. Вестник всероссийской гильдии протезистов-ортопедов. – СПб. – 2004. – № 2(16) – С. 36–41.