

УДК 617.586

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЛАНТОГРАФИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ СТОП

М.И. Игнатовский, В.А. Косарев

Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси

Предложена оптическая и механическая диагностика биомеханических параметров, основанная на принципе определения сфер контактных поверхностей. Даются экспозиции оптического и механического компонента метода, также предлагается компьютерное обеспечение для клинической интерпретации данных, полученных с помощью этого метода.

Ключевые слова: стопа, биомеханические параметры, диагностика.

The optical and mechanical diagnostics of foot biomechanical parameters based on the principle of contact surfaces squares definition are presented. Expositions of optical and mechanical components of the method are given and computer maintenance for clinical interpretation of the data received by means of this method is proposed.

Key words: foot, biomechanical parameters, diagnostics.

Введение

Для получения статических данных о контакте подошвы с поверхностью и диагностики физиологических изменений стопы применяются фотоплантографические методики диагностики (рис. 1). Важнейшей особенностью разрабатываемого метода является применимость его в рамках существующих в настоящее время и хорошо зарекомендовавших себя в клинической практике плантографических исследований при существенном расширении функциональных возможностей диагностирования.



Рис. 1. Фотоплантограмма

Методика измерений

За основу устройства взят принцип определения площадей контактных поверхностей жесткоупругих тел. При приложении силы к основанию упругого сферического элемента, опирающегося на жесткостабильную плоскость, происходит увеличение площади контактной поверхности. Использование сферических элементов с одинаковыми физико-механическими свойствами позволяет тарировать зависимость размеров контактной поверхности от величины приложенной силы (рис. 2а) [1]. Полусферы закреплены на упругой основе.

Жёсткоупругий контакт сферы и плоскости описывается в рамках теории Герца уравнениями:

$$\sigma = \sqrt{\frac{9\eta^2 F^2}{16R}}$$

$$r_c = \sqrt{\frac{6}{8}\eta FR}$$

где σ – деформация сферы, r_c – радиус контактной площадки, R – радиус сферы, F – прилагаемая сила, а η – эффективный модуль упругости.

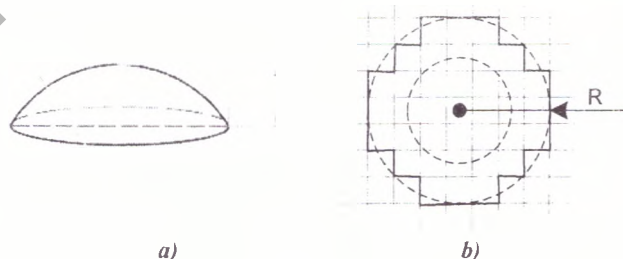


Рис. 2. а) чувствительный элемент;
б) модель пятки контакта

Размещение измерительных элементов производится в соответствии с локализацией на подошвенной поверхности основных биомеханических зон стопы. Таким образом, получаемая картина распределения давления позволяет с достаточной объективностью определить функциональное состояние стоп.

Для регистрации изменения размеров контактной площадки используется цифровой фотоаппарат. Контрастное изображение контактной площадки достигается за счёт эффекта полного внутреннего отражения света на границе раздела сред. На полученном цифровом изображении «пятна», обладающие максимальной яркостью, рассматриваются

в качестве «пятна контакта». На рис. 2b представлена модель пятна контакта. Изображение строится из прямоугольных площадок. Искажение квадрата до прямоугольника передаётся экспериментально установленным коэффициентом. На основе сегментации изображения может быть получена информация о координатах центра пятна и его площади. Фигура пятна может отличаться от правильного круга в результате:

- оптических эффектов, при фотографировании;
- передачи гладкой кривой на цифровом изображении при помощи ломаной линии.

Разработано программное обеспечение для обработки клинических данных, получаемых при помощи оптико-механической фотоплантографической установки. Программа выполняет обработку цифрового изображения на основе алгоритмов сегментации и распознавания образов. Задача сегментации изображения в общем виде включает в себя разработку процедур, позволяющих разбить множество объектов на классы [2, 3]. Множество характеристик, описывающих объект, может быть бесконечно большим. Из этого следует необходимость описать некоторое ограниченное количество характеристик объекта, т.е. требуется рассмотреть только проекцию множества характеристик на пространство выбранных характеристик. Пусть $\{F\}$ – множество объектов, а X – n -мерное пространство характеристик:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\};$$

Разбиение на классы можно считать полностью завершённым, если для всех X_i ($i = 1, 2, \dots$) выполняется

$$X_i \cap X_j = 0 (\forall i, j);$$

Совокупность X_i представляет собою результат разделения $\Pi(X)$ множества X , и задача заключается в отыскании такой функции f , которая обеспечивает это разделение:

$$f: X \rightarrow \Pi(X).$$

В результате программа позволяет интерпретировать цифровое изображение в терминах двумерного статического распределения давления в границах контура стоп.

Заключение

Комплексные биомеханические исследования с применением электронных средств диагностики, стандартных фотоплантографических и разрабатываемых оптико-механических методик, выполняемые в 2004 – 2005 гг. в рамках задания РНТП на базе общеобразовательных школ г. Гродно, позволили собрать значительный материал. Сформированная база данных, позволяющая вести мониторинг возникновения и развития биомеханических и ортопедических патологий детей школьного возраста, обеспечивает репрезентативный массив для совершенствования предлагаемого метода и дифференциации полученных данных по классификационным группам.

Предложенный метод измерения контактного давления подошвы стопы хорошо сочетается с применяемым набором методик биомеханических измерений, позволяет однозначно интерпретировать плантограммы и анализировать получаемые результаты статистическими методами. В сравнении с обычным, традиционно используемым вариантом плантографии, разрабатываемый метод имеет значительно более широкие информативные возможности. Прежде всего, происходит регистрация параметров конкретных функциональных зон на стопе. Проведенные эксперименты показали, что практически исключается компенсаторное искажение плантографического отображения, особенно характерное при исследовании детей. Значительно упрощается сравнительный анализ результатов, полученных при начальном обследовании и при динамическом наблюдении в реабилитационный период. Метод позволяет объективно оценить эффективность и качество индивидуальной коррекции выявленных нарушений стопы.

Литература

1. Ihnatouski M.I., Sviridenok A.I. The contact problem on a metal indenter penetration into a strongly Rough polymer surface. // Proc. of the Second Int. Conf. On Engineering Rheology, Zielona Gora, Poland, 24-27.08.2003. International Journal of Applied Mechanics and Engineering. - 2003. - V.8.
2. Вапник В.Н., Дженкинс Г. Теория распознавания образов. М.: Наука. - 1974/- с. 415.
3. Игнатовский М.И. Сегментация и описание структур на микроскопических изображениях технических поверхностей // Тез. докл. науч. -промышл. междунар. конф. «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях», – Киев: УИЦ «Наука, Техника, Технология». - 2003. – С. 157
4. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. анализ походки. - М.-1996. -344с.
5. Orlin MN, McPoil TG Plantar pressure assessment.// Physical Therapy - vol.80.