

УДК 617.586-053.5-073.97-089.23

НОВЫЙ СПОСОБ РАННЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ПАТОЛОГИИ СТОП

С.И. Болтрукевич, А.И. Свириденко, Э.И. Точицкий,
В.В. Кочергин, В.В. Лашковский, Л.З. Сычевский, Б.А. Карев,
А.А. Замилацкий, В.С. Аносов

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения

НАН Беларуси

Научно-инженерный центр «Плазмотег» физико-технического института

НАН Беларуси

Нами, учеными и специалистами различных отраслей медицины, физики, материаловедения и информатики, разработан и внедряется в практическое здравоохранение новый способ ранней компьютерно-функциональной диагностики и контроля ортопедической коррекции патологии стоп преимущественно в детском возрасте и при начальных проявлениях «диабетической стопы». Функциональная диагностика возможной патологии стоп с помощью измерительных стелек и размещенных в них тензодатчиков, а также программно-компьютерного обеспечения и визуализации трехмерного изображения даёт возможность рано выявить патологию, осуществлять индивидуальную коррекцию и получить оптимальный клинический результат.

Ключевые слова: способ ранней функциональной диагностики, контроль ортопедической коррекции патологии стоп, комплекс электронно-механический.

The purpose of the study was to develop a new method of early functional diagnostics and control of orthopedic foot pathology correctin in children with early manifestations of a "diabetic foot". The pressure sensors placed on the insole surface were to measure the surplus pressure upon certain areas of the foot; all numerical data were accumulated in memory blocks and analyzed by specially created program. The computer was to produce the three-dimensional picture with graphic and digital records, on the basis of which the degree of the breach in amortization function of the foot would be revealed. Thus the critical pressure could be evaluated and it could become possible to correct dysfunctions by means of individual orthopedic insoles. The method allows to reveal pathology of the foot on functional level before clinical manifestations, to make an orthopedic correction and to get an optimal clinical result.

Key words: early functional diagnostics method, control of orthopedic foot pathology correction, electro-mechanical complex.

Введение

Деформации стопы относятся к наиболее распространенной патологии костно-мышечной системы, особенно среди детей, и выявляются, как правило, при целевых ортопедических осмотрах в 30-45 % случаев [1, 2, 3, 4, 8, 9].

Лабильность костно-мышечных структур стопы в этом возрасте позволяет при своевременном выявлении, правильном и последовательном лечении добиться в большинстве случаев восстановления функционального состояния. В то же время отсутствие эффективного ортопедического лечения и динамического контроля за развитием патологического процесса неизбежно приводит к появлению в зрелом возрасте серьезных нарушений как со стороны стопы, так и всей опорно-двигательной системы. При этом чрезвычайно важно также учитывать и то обстоятельство, что в большинстве случаев нарушения осанки у детей непосредственно связаны с деформациями стоп и снижением их амортизационной способности. Своевременная же ортопедическая коррекция указанной пато-

логии способствует нормализации нефиксированной деформации позвоночника [3, 4, 6, 10].

Принятая в настоящее время рутинная система диспансеризации детей и подростков не обеспечивает в должной мере контроля за состоянием стоп у детей, преемственности диагностического и лечебно-оздоровительного процесса, объективизации полученных данных.

Внедрение в клиническую практику ранней и активной функциональной диагностики патологии стоп и рациональной ортопедической коррекции позволит осуществлять полноценную профилактику, не прибегая к длительным и сложным вариантам хирургической коррекции и лечения [2, 11].

В этой связи биомеханические исследования стоп, по данным собственных наблюдений и литературных источников, дают возможность на доклинической стадии выявить функциональные изменения стоп, устранить их и получить оптимальный клинический эффект [4, 7, 8, 10]. С этой целью нами, сотрудниками ГрГМУ (С.И. Болтрукевич с соавт.), А.И. Свириденком (НИЦ ПР НАН Беларуси),

Э.И. Точицким (ИЦ НАН Беларуси «Плазмотег») разработана система ранней функциональной диагностики возможной патологии стоп с помощью измерительных стелек, размещаемых в обуви пациента, и программно-компьютерного обеспечения. Полученные данные являются результатом выполненного инновационного проекта по теме: «Разработать комплексную систему для функциональной диагностики, профилактики и лечения патологии стоп» (договор № 6/01-П от 20.11.2001 г., доп. согл. № 6 от 19.04.2004 г.) и в последующем уточнены и конкретизированы в ходе выполнения РНТП: «Разработать и внедрить методику отбора детей и подростков с патологией стопы и оптимизации вариантов консервативного и хирургического лечения с применением новых технологий на примере общеобразовательных школ г. Гродно» согласно договора подряда № 2004/3 от 14.12.2004г.

Материал и методы

Предложенный нами компьютерный функционально-диагностический комплекс (далее - комплекс) предназначен для функциональной диагностики различных видов патологии стоп в статике и динамике. Комплекс состоит из измерительной системы (стельки для стандартной обуви с распределенными по поверхности сенсорными датчиками), блока обработки и хранения данных, программного обеспечения (рис. 1).



Рис.1. Общий вид компьютерного функционально-диагностического комплекса

Для работы комплекса необходим IBM PC-совместимый персональный компьютер, имеющий Com порт для подключения измерительной системы. На компьютер устанавливается программа, работающая под управлением операционной системы Windows. Минимальные аппаратные требования к PC компьютеру - Pentium III 366 MMX, 64 MB ОЗУ, 4 GB HDD.

Для полного обследования и выполнения контрольных экспресс-диагностических барографических измерений, наряду с комплексом, целесообразно использование специальной контрольно-вспомогательной установки, которая может использоваться как дополнительный элемент комплекса, так и отдельно, для объективизации диагностики различных видов патологии стоп и проверки эффективности реабилитационных и ортопедических мероприятий (рис. 2).



Рис.2. Общий вид контрольно-вспомогательной фотоплантографической установки

Технические характеристики комплекса

Максимальное измеряемое давление, МПа	1,0
Основная погрешность измерения, %	2,0
Нелинейность характеристики преобразования, %	1,0
Минимальная рабочая температура, °С	+18°
Максимальная рабочая температура, °С	+40°
Температура хранения, °С	-60° - +80°
Температурная погрешность выходного сигнала из-за дрейфа нуля,	Не более ±0,05
Количество тензопреобразователей в одной измерительной стельке, шт	16-24
Напряжение питания, В	9,0
Время преобразования, мксек	160
Максимальная частота опроса, Гц	Не менее 250
Точность преобразования (двоичных разрядов)	11,5
Количество опрашиваемых датчиков, шт	До 48
Интерфейс	RS232

Комплекс обеспечивает измерение и аналитическую обработку биомеханических характеристик стопы пациента для изучения функционального состояния и определения вариантов оптимальной ортопедической коррекции; позволяет осуществлять диагностику патологии опорно-двигательной системы до развития клинических проявлений, что даёт возможность проводить эффективные профилактические мероприятия.

Наиболее перспективно использование комплекса во время диспансеризации и медицинских осмотров детей и подростков, а также лиц, состоящих на учете по поводу сахарного диабета. Методика обеспечивает надёжный контроль развития нарушений, приводящих к деформации стоп у детей и хирургических осложнений диабетической стопы. Комплекс позволяет оптимизировать реабилитационные мероприятия при операциях и травмах опорно-двигательной системы. Применение комплекса в спортивной медицине даёт возможность оценить состояние нижних конечностей спортсмена при максимальных напряжениях и подобрать эффективный режим для профилактики травматизма и контроля результативности лечения. Программное обеспечение комплекса позволяет разрабатывать конструкционное решение ортопедической коррекции выявленной патологии.

Завершающим этапом является изготовление по биомеханической модели разработанных нами и внедренных в производство индивидуальных специальных ортопедических стелек из полимерного

композита и проверка их эффективности на комплексе, а также, параллельно, экспресс-контроль на вспомогательной фотоплантографической установке.

Измерительные стельки, подключаемые к системе преобразования, содержат размещенные по поверхности тензочувствительные элементы. Предусмотрено 3 размера стелек:

1. 35-36-37 размеры обуви, по 16 измерительных элементов в каждой стельке;
2. 38-39-40 размеры обуви, по 20 измерительных элементов;
3. 41-44 размеры обуви, с 24 измерительными элементами в каждой стельке.

Измерительные стельки покрыты сменной текстильной оболочкой, обеспечивающей надлежащие гигиенические требования.

Блок обработки и хранения данных включает следующие конструктивные узлы: модули преобразования и первичной обработки информации (А1, А2), конструктивно размещенные рядом с матрицами датчиков давления на каждой стельке; модуль накопления данных и сопряжения с ПЭВМ (А3), размещаемый на поясе испытуемого во время проведения измерений. Модуль преобразования и первичной обработки данных содержит входной мультиплексор сигналов датчиков MS, масштабирующий усилитель, двенадцатиразрядный аналого-цифровой преобразователь А#D и встроенный микроконтроллер на базе однокристалльной микроЭВМ PIC16F628. Цикл измерений инициируется командой «Начало измерений», выдаваемой процессором модуля накопления данных по последовательному каналу связи. Входной мультиплексор поочередно подает сигналы с датчиков через масштабирующий усилитель на аналого-цифровой преобразователь. Оцифрованные значения, поступающие в микроконтроллер, подвергаются цифровой коррекции для устранения конструктивного разброса начальных смещений и крутизны преобразования датчиков давления. Таблица коэффициентов коррекции хранится во внутренней энергонезависимой памяти микроконтроллера и формируется в специально предусмотренном режиме начальной калибровки датчиков. Откорректированные значения по последовательному каналу связи поступают в модуль накопления данных.

Модуль накопления данных и сопряжения с ПЭВМ (А3), содержит мультиплексор приемника MS и демультимплексор DS передатчика последовательного канала связи, адаптер интерфейса RS232, встроенный микроконтроллер PIC16F628, накопитель данных на базе мультимедийной флэш-карты (Multi Media Card), представляющей собой энергонезависимый сменный блок памяти большой емкости (от 8Мбайт до 2Гбайт) с возможностью перезаписи, кнопку «Пуск/Стоп» S1, индикатор «Измерение» H1 и индикатор переполнения накопителя данных H2.

В автономном режиме нажатие на кнопку «Пуск/Стоп» инициирует цикл измерений, при этом

модулям преобразования и первичной обработки данных по последовательному каналу связи выдается команда «Начало измерений». Данные, получаемые от модулей преобразования, поступают на накопитель. Повторное нажатие на кнопку «Пуск/Стоп» останавливает процесс измерений. Подключение кабеля связи с ПЭВМ к адаптеру интерфейса RS232 переводит блок сбора и накопления данных из автономного режима в режим сопряжения с ПЭВМ. В указанном режиме обеспечивается полный доступ (чтение/запись) к накопителю данных блока сбора и накопления, обеспечивается возможность калибровки датчиков тензосистемы.

Блок обработки и хранения информации адаптирован к тензосистеме, имеющей значительный разброс параметров тензодатчиков, дополнительно самостоятельно производит диагностику исправности тензопреобразователей, имеет визуальную индикацию процессов измерения, калибровки, контроля исправности измерительных стелек и прохождения функций обмена данными.

Компьютерная программа комплекса предназначена для трансформации сигналов, собираемых методом опроса с тензодатчиков измерительных стелек для получения максимальной диагностической информации в доступной форме и работает под управлением графического интерфейса современных популярных 32 разрядных операционных систем Microsoft Windows 9x, Windows NT 4, Windows 2000, Windows ME для визуализации и обработки полученных данных (рис. 3). Программный комплекс решает следующие задачи:

- 1) обеспечение программно-аппаратного интерфейса измерительного комплекса и РС-компьютера;
- 2) получение, преобразование, хранение и анализ данных, полученных от измерительного комплекса;
- 3) обеспечение удобного графического интерфейса пользователя для визуализации полученных данных, их анализа и проведения медицинских измерений;
- 4) проведение динамического анализа биосигналов по шаблонам, характеризующим ортопедические показатели;
- 5) сохранение персональных результатов в общей базе данных;
- 6) статистическая обработка накопленных данных.

Показания сенсорных датчиков преобразуются при помощи аналогово-цифрового преобразователя и накапливаются в мультимедийной флэш-памяти в формате, адаптированном для передачи в программный комплекс. Во флэш-памяти могут быть сохранены и накапливаться данные обследования как одного, так и нескольких пациентов. Подключение кабеля связи с ПЭВМ к адаптеру интерфейса RS232 переводит блок сбора и накопления данных из автономного режима в режим сопряжения с ПЭВМ. В этом режиме осуществляется полный доступ (чтение/запись) к накопителю

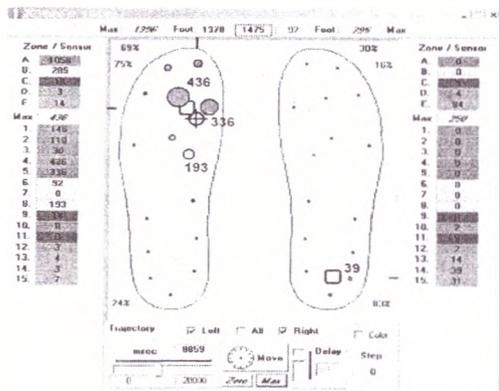


Рис.3. Компьютерное изображение биомеханических параметров стопы (статика)

данных блока сбора и накопления, считывание информации с мультимедийной флеш карты в файл данных. При подключении к ПЭВМ, в файле данных фиксируется исходная информация о пациенте, время и место обследования.

Контрольно-вспомогательная фотоплантографическая установка (рис. 4) состоит из металлической стойки со встроенной оптической системой и предназначена для первичной и экспресс-диагностики различных вариантов патологии стопы. Горизонтальная стеклянная площадка с торцевой подсветкой щелевыми лампами поднята над основанием на 60 см и предназначена для размещения пациента. Изображение подошвенных отпечатков проецируется через зеркальный экран на объектив цифровой WEB-видеокамеры. Размеры опорной площадки позволяют исследовать плантограммы в статичном и динамическом режиме в различных фазах шагового цикла.



Рис. 4. Исследование на контрольно-вспомогательной фотоплантографической установке

Программное обеспечение дает возможность оценить площадь и интенсивность опорных зон стопы и определить локализацию и характер патологии. Установка снабжена ступеньками и перилами для пациента.

Для проведения исследования функционального состояния стопы необходимо подготовить помещение с открытым участком пола не менее 5,5х1,5м, персональный компьютер, компьютерно-функциональный диагностический комплекс.

При подключении блока преобразования и записи сигналов к ПЭВМ в файл данных заносится исходные данные пациента: фамилия и инициалы, полный возраст, вес и рост, дата и место исследования. Запись регистрационных данных может осуществляться при помощи ПЭВМ по окончании измерений.

Исследования проводятся в автономном режиме с размещением измерительных и регистрирующих устройств на теле пациента. Питание осуществляется от встроенного автономного источника (9 В).

Перед началом измерений рекомендуется ознакомить пациента с программой и целью исследований, при необходимости провести предварительную тренировку без записи. Это условие позволит избежать скованности и нарушения привычной естественности ходьбы, что имеет существенное значение для получения объективной биомеханической информации. Особенно важно проводить такую предварительную подготовку при исследовании детей.

В обычную обувь пациента вставляются соответствующие по размеру измерительные стельки (± 1 размер), выводы от которых вместе с регистрирующими модулями закрепляются на голени ремешками (рис. 5).



Рис.5. Пациент, подготовленный к компьютерно-функциональному исследованию

На талию пациента надевается пояс с блоком преобразования и записи сигналов, к которому подключаются провода регистрирующих блоков. После этого пациент встает на горизонтальной ровной поверхности в физиологическую позу (выпрямленная спина, подбородок приподнят, плечевой пояс развернут) с равномерной нагрузкой на обе нижние конечности. Производится включение блока записи сигналов для контрольной регистрации статической нагрузки и определения локализации общего центра массы. При включении режима записи на панели блока загорается индикатор зеленого цвета. Затем пациент делает от 5 до 10 шагов в обычном спокойном темпе, выполняет дополнительные упражнения (приседание, опора на одну ногу и т.д.) по назначению диагноста. Цикл регистрации сигналов составляет 20 секунд, после чего

автоматически блок отключается (загорается красный индикатор на панели блока). В обратной последовательности производится отключение и снятие устройств с пациента.

Полученные данные, записанные на флеш карту, проходят программную обработку на персональном компьютере для составления индивидуальной таблицы биомеханических параметров стоп. Таблица содержит отобранные при просмотре на мониторе ПЭВМ схемы с наиболее информативной индивидуальной информацией. В распечатанную таблицу, при необходимости, вносятся дополнительные данные, полученные при исследовании (особенности анамнеза, диагноз, степень разношенности обуви пациента, субъективные жалобы и т.д.). Таблица является объективным документом, содержащим информацию для диагностики имеющейся патологии, а также для обоснования лечебно-профилактического и реабилитационного решения. Зарегистрированные биомеханические показатели имеют строго индивидуальный характер, поэтому необходимо обеспечение их сохранности для динамического контроля и диспансерного наблюдения.

Таким образом, осуществляется полный цикл, начиная от функциональной клинической диагностики и заканчивая конкретными лечебно-профилактическими мероприятиями. Характерной особенностью предлагаемой ортопедической коррекции является её индивидуальность и специальная биомеханическая конструкция, основанная на результатах динамического измерения нагрузочных напряжений стопы.

Основные измеряемые параметры комплекса:

- распределение давления по подошвенной поверхности;
- расположение общего центра массы пациента (ОЦМ);
- определение давления по фазам шага;
- изучение циклических характеристик ходьбы;
- определение положения вектора ОЦМ при ходьбе.

Полученные данные позволяют оценить функциональное состояние стоп, определить компенсаторные зоны чрезмерного подошвенного давления, локализацию скрытой патологии и составить объективную схему ортопедической коррекции с определением расположения и размеров разгружающих, амортизирующих и рессорно-поддерживающих элементов ортопедической стельки. Изготовленная по биомеханической модели полимерная ортопедическая стелька подгоняется к стандартной обуви пациента, после чего производится контроль качества и эффективности коррекции на комплексе.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования стоп у детей основаны на изучении распределения давления по подошвенной поверхности её с определением динамики костно-мышечного потенциала нижней конечности, в особенности стопы, выявлением критичес-

ких зон и обработке этой информации с помощью программного обеспечения комплекса.

В связи с функционально-динамическим характером исследования результаты в настоящее время имеют прежде всего индивидуальный характер, однако, по мере накопления созданного информационно-ортопедического банка данных, открывается возможность для определения общих оценочных критериев для различных видов патологии.

Для максимальной детализации биомеханических параметров стоп подготовлены дополнительные программные формы, позволяющие регистрировать частотно-фазовые характеристики походки пациента, компоненты динамического давления по различным функциональным зонам стопы и временным параметрам, и другие специальные методики.

Интерпретация полученных компьютерно-диагностических данных обрабатывается по ниже приведённым вариантам разработанных программных форм.

Форма «Trajectory Graph» является одним из основных показателей при исследовании подошвенного давления и, в основном, определяет вектор перемещения общего центра массы пациента. В норме основная нагрузка распространяется по подошвенной поверхности стопы от пяточного бугра по наружному краю до основания 4 плюсневой кости с последующим распределением вектора в направлении головок 1-й и 5-й плюсневых костей. В графическом варианте суммарный вектор представлен петлеобразной кривой смещенной кнаружи по отношению к большому диаметру стопы.

На диаграмме отображаются траектории движения «вектора давления» для каждого из выбранных шагов левой или правой измерительной стельки. На оси абсцисс указывается порядковый номер шага. По оси ординат линейные единицы (мм) вдоль направления большего диаметра ступни. Штрихпунктирной линией на диаграмме указана большая диагональ стопы (рис. 6).

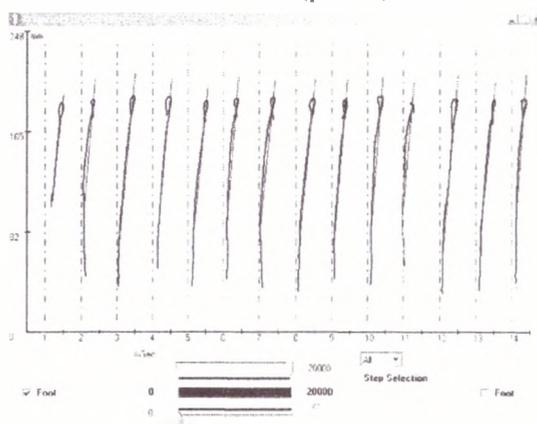


Рис. 6. Форма «Trajectory Graph»

Форма «2 D Plane» (рис. 7) предназначена для визуализации двухмерной картины силовых и пространственных параметров движения.

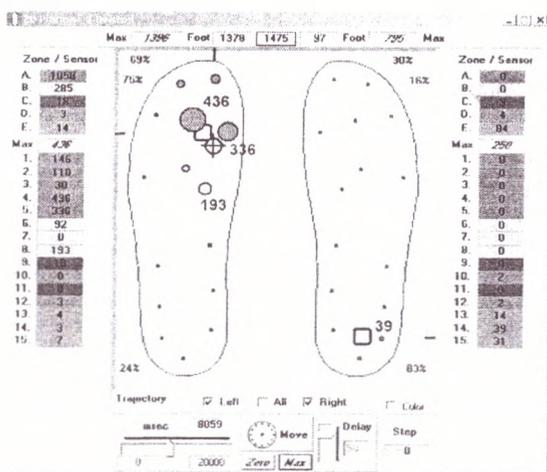


Рис. 7. Форма «2 D Plane»

На верхней панели приведены значения (слева направо):

- максимальное значение давления на левой и правой и обоих измерительных стельках;
- суммарное значение давления на левой и правой отдельно и обоих измерительных стельках в данный момент.

Левая и правая панель отображают (сверху вниз):

- суммарное значение давления в каждой из 5 зон;
- Max – максимальное значение на одном из датчиков измерительной стельки за весь цикл измерения;
- значения давления на датчиках в данный момент времени.

На диаграмме отображаются две измерительные стельки. Изображения датчиков на них меняют свой размер в зависимости от значения давления в данный момент времени (повышение давления сопровождается увеличением размера изображения датчика). Цветовая окантовка датчиков - синий для левой и красный для правой измерительных стелек. Цвет датчика совпадает с цветом зоны, отображаемой на левой и правой панелях. Номер датчика определяется при перемещении к нему указателя мышки. При этом определяются центры давления для каждой стельки, а также указатель общего центра. На верхней и боковых стенках диаграммы расположены указатель и цифровые значения, связанные с местом расположения центров давления для каждой стельки.

Если центры расположены точно посередине, то на верхней и боковых стенках будут выведены значения 50%.

На представленной диаграмме указатель суммарного центра давления смещён влево (на верхней панели значения 71% — 28%). Левый центр

давления смещён к носку — 70%, а правый к пятке — 29%.
 — 12%
 — 87%

На диаграмме прорисовываются траектории вектора центров давления для каждой стельки и суммарного.

На верхней части нижней панели расположены (слева направо):

- Left — выключатель прорисовки левой траектории;
- All — выключатель прорисовки общей траектории;
- Right — выключатель прорисовки правой траектории;
- Color — выключатель цвета для прорисовки правой и левой траектории.

На нижней части нижней панели расположены (слева на право):

- выбор отображаемого момента времени в мСек;
- Move/Stop — кнопка запуска/остановки автоматического отображения;
- Zero — кнопка выбора начального момента;
- Max — отображение момента, при котором на одном из датчиков регистрируется максимальное давление.

Если переключатели Left и Right включены — отображается максимальное давление для обеих измерительных стелек, либо для левой или правой соответственно, если задействован только один из выключателей;

- Delay — задержка времени, управляющая скоростью визуализации;
- окно, отображающее номер прорисовываемого шага;
- ниспадающее меню, управляющее номером отображаемого шага

Форма «3D Plane» (рис. 8) предназначена для визуализации трёхмерной картины силовых параметров движения). Элементы управления, расположенные на нижней панели аналогичны одноимённым на форме «2D Plane». Элемент управления Scale – масштабирует изображение диаграммы.

Элементы управления, расположенные на 3 страницах правой панели, управляют визуализацией. Цифры в нижних углах диаграммы отображают максимальные значения давления для датчиков правой и левой измерительных стелек.

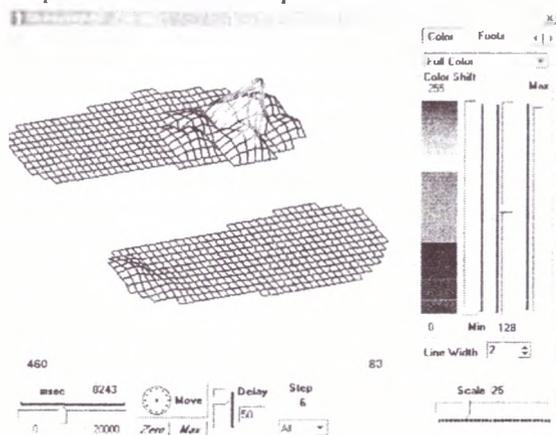


Рис. 8. Форма «3D Plane»

Ортопедическая коррекция

Важнейшим лечебно-профилактическим и реабилитационным элементом является сконструированная на основе компьютерного анализа биомеханических показателей ортопедическая корригирующая подошвенная стелька. При изготовлении стельки учитываются локализация зон чрезмерного давления, расположение пассивных участков подошвенной поверхности, не задействованных в опорной функции, вектор циклического перемещения центра тяжести на стопе. С учетом этих и других полученных данных, сравнительного анализа статического и динамического распределения давления формируются разгружающие и опорные зоны коррекции, определяется локализация на стельке рессорно-амортизирующих элементов. При примерке и подгонке к обуви пациента изготовленной ортопедической стельки с помощью комплекса осуществляется контроль качества полученной коррекции и, при необходимости, доработка и адаптация ее элементов до достижения оптимальной компьютерной картины. Через месяц целесообразно произвести проверку эффективности коррекции для стабилизации полученного результата (рис. 9).

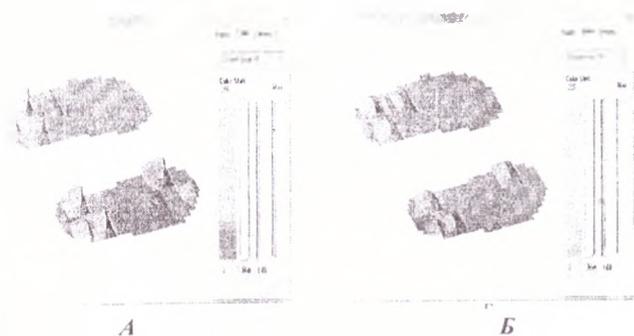


Рис. 9. Показатели распределения подошвенного давления А - до коррекции, Б - с изготовленной ортопедической стелькой (снижены пики нагрузки, улучшено распределение давления)

Заключение

Компьютерный функционально-диагностический комплекс является оригинальной совместной разработкой ученых и специалистов различных областей медицины, физики, материаловедения и информатики. При создании комплекса был изучен опыт аналогичных зарубежных диагностических систем. Основная цель проекта - создание со-

временной функционально-диагностической установки, доступной для практической медицины, обеспечивающей научное обоснование и конкретное использование системы лечебно-профилактических ортопедических мероприятий (динамический диспансерный контроль, коррекция с помощью специальных ортопедических подошвенных стелек). В дальнейшем при накоплении опыта будут осуществляться целесообразные конструктивные изменения элементов комплекса, направленные на улучшение характеристик и упрощение эксплуатации. Программное обеспечение предусматривает постоянную доработку и расширение возможностей по компьютерному анализу биомеханических параметров и дальнейшее развитие ортопедических лечебно-профилактических решений.

Техническая конструкция комплекса не требует создания особых условий эксплуатации. Контрольно-вспомогательная фотоплантографическая установка должна иметь стандартные электрозащитные контуры.

Литература

1. Андрианов В.А., Веселов Н.Г., Мирзоева И.И. Организация ортопедической и травматологической помощи детям - Л. Медицина, - 1988 - 236 с.
2. Болтрукевич С.И., Кочергин В.В., Лашковский В.В., Сидун Я., Замилацкий А.А., Аносов В.С. Новый метод ранней диагностики патологии стоп// Сб. маг. 7-го съезда травм.-ортопедов Беларуси. - Гомель., - 2002. - С. 258-262
3. Болтрукевич С.И., Тишковский В.И., Карев Г.А., Лашковский В.В. и др. Комплексная диагностики и ортопедическая коррекция патологии стоп: Инструкция по применению - Рег. № 165-1202 МЗ РБ от 24.03.2003 г. Гродно., - 2003 - 23 с.
4. 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.
5. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений, анализ походки М., - 1996. - С. 176
6. V.V. Lachkowski, S.I. Boltrukewich, L.Z. Sychewski Surgical Treatment of Flexible Flatfoot in Children and Adolescence// Journal of the Japanese Society for Surgery of the Foot.-2004.- NO 1, Vol 25 -P. 108.
7. Gould J.S. Operative foot surgery. - USA - 1994 - P. 834-857
8. Levy A. Principles and Practice of Podiatric Medicine - 1990. - P. 39-105.
9. Kochergin V., Maksimenko A., Shashura I. The plantar pressure biomechanical aspect. Diagnostic device analyze //Journal of Vibroengineering.- 2004 - Vol. 6, № 1.-P. 11-13.
10. Pazian M.A., Pepper M.G. Triaxial and uni-axial in shoe pressure measurements. Are uni-axials measurements adequate // Proceedings of the 13th conference of the European Society of Biomechanics.- 2002.- 4, suppl. 1.P. 357-358. 11. Reability of measurement of pressures applied on the foot during walking by a computerized insole sensor system// Arch. Phis. Med Rehabil - 2000 - 81(5).- P. 573-578