

УДК 615.471:616.71/74-008.1-07

В. С. ФЕТИСОВ, Д. Р. ХАКОВА, Е. П. АРТЕМЕНКО, Б. Г. ЛУКЬЯНОВ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА MDS-03 ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ТРАВМАТОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Описываются структура и базовые характеристики аппаратно-программного комплекса MDS-03, предназначенного для проведения комплексного обследования больных с травмами конечностей, проходящих курс реабилитации. Информационно-измерительные системы медицинского назначения, переломы трубчатых костей конечностей, оценка реабилитационных мероприятий

В результате различных заболеваний и травм у больных часто развиваются тяжелые функциональные нарушения, приводящие к инвалидности. Они выражаются в уменьшении амплитуды движений в суставах, скоростно-силовых возможностей нервно-мышечного аппарата, утрате способности к передвижению, снижении выносливости к физическим нагрузкам, что в конечном итоге приводит к ограничению трудоспособности и инвалидности. В связи с этим в системе медицинской и социально-бытовой реабилитации травматологических больных физические средства реабилитации играют одну из ведущих ролей.

Помимо субъективных оценок, основанных на ощущениях пациентов во время реабилитационных мероприятий и используемых при этом физических средств восстановления, необходимы объективные оценки, дающие числовые показатели изменения состояния различных систем человека.

Для использования в процессе реабилитации зачастую неприемлемыми являются методики, в которых применяются биопсии, инвазивные и другие манипуляции, связанные с нарушением кожного покрова. Необходимы методики с использованием малогабаритных и автономных приборов, дающих информацию оперативно.

Бурное развитие технических средств автоматизированного сбора данных, основанных на современных высокопроизводительных микропроцессорах, позволяет строить информационно-измерительные системы медицинского назначения, отличающиеся гибкостью структуры, которую можно без больших затрат адаптировать под различные конкретные применения. Авторами решалась задача создания компьютеризованной системы приборов для комплексной оценки двигательных функций человека. Такая оценка требуется обычно при реабилитации пациентов, утративших данные функции в результате травмы или болезни.

Существуют различные способы оценки функционального состояния мышечных тканей и опорно-двигательного аппарата в целом [1]. Обычно оценивается выносливость к динамической работе и статическая выносливость конечностей или групп мышц. Традиционно используемые для этих целей приборы представляют собой динамометры различных конструкций и принципов действия.

Для измерения углов поворота конечностей используют гониометры, а для определения тонуса мышц и порога их болевой чувствительности — соответственно миотонометры и долориметры [2].

Многоплановость задачи контроля и учет возможности изменения номенклатуры включаемых в комплекс измерительных средств привели к необходимости выбора такой идеологии построения системы, при которой в структуре заранее предусматриваются:

- некоторая избыточность числа измерительных каналов;
- аналоговые входы, легко адаптируемые под различные датчики;
- вывод собираемой информации для обработки и представления в любой внешний компьютер посредством стандартного последовательного интерфейса;
- сочетание в программном обеспечении (ПО) универсальности обрабатывающих алгоритмов с модульностью подпрограмм, ориентированных на конкретное оборудование.

В результате был разработан аппаратно-программный комплекс MDS-03, конкретная комплектация и версия ПО которого предназначены для оценки функционального состояния травматологических больных с переломами костей конечностей. Однако его возможности гораздо шире.

Практически комплекс может использоваться в любой области медицины при комплектовании его соответствующим набором датчиков и доработке отдельных модулей ПО.

Наибольший эффект применения комплекса достигается при наличии в составе ПО специальных модулей для диагностики и прогнозирования, которые предлагается строить на базе нейросетевых технологий.

Структурная схема комплекса приведена на рис. Его ядром является блок первичной обработки данных, построенный на базе встраиваемой микропроцессорной платы ICOP 6052Y (с процессором, аналогичным 386SX), а также дополнительные платы: платы аналого-цифрового преобразователя, платы дискретного ввода-вывода и пла-

ты блока питания. Все названные устройства выполнены в формате PC-104, который отличается малым энергопотреблением, малыми габаритами и удобным способом их соединения: все 4 платы просто стыкуются с помощью разъемов в один компактный шкет размером 95×90×80 мм. Блок первичной обработки данных соединяется с внешним компьютером с помощью кабеля интерфейса RS-232.



Рис. Структура системы MDS-03

На корпусе блока размещены разъемы для подключения следующих измерительных устройств:

- киноциклографа,
- становой динамометра,
- кистевого динамометра,
- миотонометра,
- долориметра,
- пульсометрического оптоэлектронного датчика.

Из названных устройств наиболее известными являются становой и кистевой динамометры, основу которых составляют тензометрические измерители усилий. Пульсометрический датчик также является широко распространенным устройством и представляет собой зажим-клипсу с размещенной в ней оптопарой.

Оригинальным по своей конструкции является киноциклограф — устройство для записи кинетотраграмм движения конечностей при выполнении определенных физических упражнений. При этом фиксируются временные отсчеты, соответствующие прохождению исследуемой части тела вблизи каждого из датчиков, равномерно распределенных по траектории движения. Полученный массив данных используется затем для расчетов мгновенных скоростей, ускорений, сил и мощностей, их анализ позволяет делать выводы о ходе процесса реабилитации. В качестве датчиков использованы 32 фотодиода, распределенные по полуокружности радиусом 30 см на плоскости прямоугольного корпуса. Для функционирования устройства необходим источник освещения, располагаемый от него на расстоянии 1–2 м. В зависимости от положения корпуса киноциклографа относительно пациента он может использоваться для исследования сгибания-разгибания

в локтевом, плечевом, коленном и тазобедренном суставах. При этом пациент располагается между киноциклографом (в непосредственной близости с ним) и источником света. При выполнении упражнений (которые могут выполняться с отягощением или без) датчики отслеживают перемещение тени конечности. Из полученного массива данных выделяется также информация о максимальном угле отклонения конечности (гониометрия).

Миотонометр, специально разработанный для данного комплекса, представляет собой устройство, устанавливаемое на поверхности мышцы и обеспечивающее надавливание на нее с помощью перемещаемого штока. Длина выпуска штока отслеживается с помощью резистивного датчика перемещений. Шток снабжен также миниатюрным датчиком усилия FSL05N2C фирмы «Holtewell» (США). Оба параметра передаются в блок первичной обработки информации. При достижении определенного порога усилия (обычно 20 Н) производится считывание длины выпуска штока (глубины продавливания мышечной ткани). Такая процедура выполняется дважды — для полностью расслабленной и максимально напряженной мышцы. Затем по специальной формуле рассчитывается значение тонуса мышцы.

Долориметр также имеет шток с датчиком усилия, но этот шток перемещается в очень ограниченном диапазоне. Производится надавливание торцом штока на исследуемую точку с нарастающим усилием и регистрация болевого порога. Это делается по субъективным ощущениям пациента, который нажимает на специальную кнопку (XB1) в момент возникновения болевого ощущения.

Вся собираемая информация помещается в специальную базу данных, которая ведется по каждому пациенту. ПО комплекса позволяет также:

- получать временную развертку сигналов по каждому тесту;
- выполнять статистическую обработку результатов тестов (по нескольким попыткам);
- наглядно представить полученные характеристики, а также сравнивать их между собой;
- выполнять прогнозирование и диагностику.

Последнее реализуется с помощью подключаемого нейросетевого пакета STATISTICA Neural Networks и специальной подпрограммы, подготавливающей данные для него. Обучаемые искусственные нейросети с успехом используются для задач прогнозирования временных рядов и диагностики в медицине [3]. Диагностические возможности комплекса в полной мере реализуются после накопления достаточного статистического материала и соответствующего обучения нейросети.

#### Краткая техническая характеристика системы MDS-03

Система работает с любой ПЭВМ IBM PC (от 486 и выше), на которой установлена операционная система Windows 95, 98, 2000 и выше.

**Киноциклограф.** Устройство содержит набор из 32 фотоэлектрических датчиков, расположенных по полукругности радиусом 30 см, и обеспечивает бесконтактное мгновенное отслеживание траектории движения конечности в диапазоне  $0..180^\circ$  с дискретностью  $5,6^\circ$  для последующей обработки накапливаемого массива данных в ПЭВМ и получения графиков временных разверток угла отклонения, угловой скорости и мгновенной мощности. Расстояние от внешнего источника света (лампа накаливания 100 Вт): 1–2 м.

**Приборы для статической динамометрии.** Становой динамометр содержит датчик усилия, работающий в диапазоне  $0..200$  кгс. Кистевой динамометр содержит датчик усилия, работающий в диапазоне  $0..100$  кгс.

**Миотонометр.** Прибор обеспечивает измерение тонуса мышц как разницы между двумя специальными отсчетами перемещений штока, вдавливаемого в мышечную ткань. Оба отсчета производятся при достижении стандартного порогового усилия 2 кгс, но один отсчет выполняется для максимально напряженной мышцы, а другой — для полностью расслабленной. Максимально допустимое усилие на шток 4,5 кгс. Радиус закругления торца штока 5 мм. Максимальный выход штока 40 мм.

**Долориметр.** Прибор обеспечивает измерение болевого порога при надавливании на участок мышечной ткани торцом штока со стандартным радиусом закругления 5 мм. Фиксация момента достижения болевого порога и измерение созданного при этом усилия происходят посредством нажатия пациентом специальной выносной кнопки. Рабочий диапазон усилий:  $0..10$  кгс. Максимально допустимое усилие на шток: 25 кгс.

**Пульсометрическое устройство.** Датчик представляет собой оптопару, размещенную в зажиме-клипсе, которая крепится на мочке уха пациента. В блоке первичной обработки данных непрерывно измеряется период следования сигналов пульса и производится преобразование в частоту (количество ударов/мин). Диапазон измерения:  $0..300$  уд./мин.

**Блок первичной обработки данных.** Блок обеспечивает питание датчиков, первичную обработку их сигналов и интерфейс с компьютером (RS-232); для этого блок содержит 8 различных отдельных разъемов для подключения соответствующих кабелей; питающее напряжение:  $220\text{В} \pm 10\%$ , 50 Гц; потребляемая мощность: не более 50 ВА.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Думанин, С. А. Самоконтроль физического состояния / С. А. Думанин, Е. А. Истрова, Л. Я. Иващенко.

Киев : Здоровья, 1980.

2. Уткин, В. Л. Измерения в спорте (введение в спортивную метрологию) / В. Л. Уткин. М. : Физкультура и спорт, 1978.
3. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks / Пер. с англ. М., 2000.

#### ОБ АВТОРАХ



**Фетисов Владимир Станиславович**, доц., каф. информ.-измерит. техники. Дипл. инж.-электр. (УАИ, 1986). Д-р техн. наук по элем. и устройствам выч. техн. и систем управления (УГАТУ, 2005). Иссл. в обл. измерительных систем.



**Хакова Дина Рамилевна**, аспирантка той же каф. Дипл. инж. по биотехн. и мед. системам и аппаратам (УГАТУ, 2005). Готовит дис. о получ. информ. о биомеханич. параметрах пациента.



**Артеменко Елена Павловна**, доц., зав. каф. физич. средств реабилитации Баш. ин-та физкультуры. Канд. пед. наук. Иссл. в обл. двигательн. реабилитации травматол. больных.



**Лукьянов Борис Георгиевич**, доц., каф. физвоспит. УГАТУ. Дипл. ЛГИФК им. П. Ф. Лесгафта, 1980. Канд. техн. наук по управл. в социальн. и экон. системах (УГАТУ, 2002). Иссл. в обл. управл. тренир. процессом, автоматиз. оценки психофиз. состояния.