

УДК 681.518

Н.И. Чичикало (д-р техн. наук, проф.), Е.С. Нестругина (асп.)
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
Кафедра электронной техники, кафедра радиотехники и защиты информации
E-mail: Chichikalo@rambler.ru, tec4@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНОЙ СТРУКТУРЫ ЧЕЛОВЕКА

Учитывая актуальность проблемы диагностики функциональных и двигательных нарушений позвоночника, предложен метод контроля состояния опорной системы человека. Обоснованы места установки датчиков для проведения исследований в среде LabVIEW.

Ключевые слова: опорная система человека, реабилитация после травматизма, датчики контроля состояния позвоночника, информационно-измерительная система.

Постановка проблемы в общем виде

Оценка функционального состояния опорно-двигательной системы при различных ее патологических состояниях является сложной задачей. Позвоночник является главной опорной структурой нашего тела. Без позвоночника человек не мог бы ходить и даже стоять. Позвоночник человека служит остовом, к которому крепятся кости и мышцы верхних и нижних конечностей. Кроме того, позвоночник является составной частью задних стенок грудной, брюшной и тазовой полостей, участвует в движении головы и туловища. Важной функцией позвоночника является защита спинного мозга [1].

Большая частота заболеваний позвоночника у современного человека обусловлена его прямохождением, а также высоким уровнем травматизма. Также люди большую часть времени проводят сидя, тем самым, нагружая позвоночные мышцы больше, чем они могут выдержать. Испытывающий значительную нагрузку позвоночник, может стать причиной заболевания организма [1].

Контроль состояния двигательных функций человека в процессе реабилитации после травматизма является актуальной задачей. Имеющиеся в распоряжении врача клинические средства определения нарушений двигательных функций человека не позволяют получить точную количественную и качественную информацию [2].

Анализ известных решений

Существует много способов и методов контроля состояния позвоночника человека в процессе реабилитации после травматизма. Известен метод регистрации относительных движений частей тела (гониометрия), где в качестве датчиков угловых перемещений в суставах используются потенциометры или угломеры. Наиболее широкое применение находит циркуль-гониометр В. А. Гамбурцева. При помощи гониометрического метода осуществляется комплексное измерение кривизны и движений позвоночника, углов наклона таза, амплитуды движений суставов конечностей, деформации конечностей. Однако, данный метод не позволяет оценивать специфические характеристики двигательной функции позвоночника и отличается низкой достоверностью [3].

Также известен способ регистрации движений человека, в котором последовательные позы движущегося человека регистрируются на одной и той же фотографической пленке (циклография). Для этого исследуемый надевает костюм из черной неблестящей ткани. На местах соответствующих суставов закрепляют небольшие электрические лампочки. При этом каждой светящейся лампочке на пленке соответствует своя световая траектория в виде линии. Обработывая циклограмму по методу Н.А. Бернштейна, можно подробно

анализировать движения тела человека и его отдельных звеньев в пространстве и во времени, а также определять скорости и ускорения этих перемещений, как по продольной, так и по вертикальной составляющим. Циклограммы позволяют видеть целостное пространственное движение тела [3]. Недостатком данного метода является относительная громоздкость оборудования, которое должно крепиться непосредственно к телу пациента.

Известен метод бесконтактного воспроизведения и регистрации формы туловища человека, так называемый метод муаровой топографии. Этот метод позволяет практически мгновенно зарегистрировать графическое представление формы обследуемой поверхности в целом в виде линий равного уровня, подобно топографическим картам [3]. Однако использование этого метода при диагностике заболеваний позвоночника связано с большой трудоемкостью обработки муаровых топограмм.

Существует метод сканирования обследуемой поверхности светлой линией, при котором обследуемый пациент устанавливается на определенной дистанции спиной к проектору и на него проецируется изображение светлой прямой линии, форма которой принимает вид профиля горизонтального сечения поверхности спины. Полученная картинка фиксируется телевизионной камерой. Изображение деформированной линии вводится в компьютер, который выделяет эту линию и по координатам ее точек с учетом известной ориентации сканера рассчитывает трехмерные координаты соответствующих точек поверхности [4].

Известен также способ, основанный на проецировании светлых и темных вертикально ориентированных полос одинаковой ширины на тело человека и эталонную плоскость. Далее телевизионной камерой фиксируется полученная на теле человека топограмма [4].

Способ воссоздания трехмерной поверхности тела человека основан на проецировании регулярной геометрической структуры на спину человека и фиксации картины ее искажений [5].

Недостатками этих способов является необходимость пространственного сканирования обследуемой поверхности, что требует усложнения оборудования и приводит к значительному увеличению времени съемки пациентов.

Способ отслеживания и отображения положения и ориентации положения тела в пространстве позволяет определить параметры перемещения частей тела человека. Для этого у каждого из основных сочленений сегментов опорно-двигательной системы человека помещают датчики определения угла между сегментами и датчики определения ориентации сегмента относительно опорных направлений. К недостаткам этого способа можно отнести сложность в исполнении, наличие большого количества датчиков, громоздкость оборудования, которое должно крепиться непосредственно к телу пациента. [6].

Целью данной работы является анализ существующих методов контроля двигательных функций человека и обоснование структуры ИИС текущего состояния опорной структуры человека.

Задача исследований — разработка метода автоматизированного сбора, обработки и отображения данных о положении позвоночника и нижних конечностей в процессе реабилитации после травматизма.

Изложение основного материала

Скелет взрослого человека состоит из 208 костей. Основной частью является позвоночник, который тянется от основания черепа до копчикового рога. Позвоночник служит опорой тела человека, поддерживает голову и верхнюю часть туловища. Кости позвоночного столба окружают и защищают спинной мозг. Позвоночник обеспечивает равновесие и компенсирует нагрузки, возникающие при движении [7].

Позвоночник человека состоит из 32...34 позвонков, соединённых между собой хрящами, суставами и связками (рис. 1). Позвонки являются составляющим элементом (костью) позвоночного столба. У человека позвоночник состоит из 7 шейных, 12 грудных, 5

поясничных, 5 крестцовых и 3...5 копчиковых позвонков. Позвонки имеют разную форму в зависимости от назначения и функций, специфичных для каждого отдела позвоночника. В соответствии с расположением, размером, формой и выполняемыми функциями позвонки делят на пять типов. Семь позвонков небольшого размера образуют гибкую шею. Самый верхний из них, атлант, связан с черепом и обеспечивает кивательные движения головы вперед. Атлант связан цилиндрическим суставом с соседним, вторым — осевым шейным позвонком, что обеспечивает повороты головы из стороны в сторону. Двенадцать грудных позвонков формируют середину позвоночного столба. Каждый из них соединен с ребрами. Пять поясничных позвонков несут на себе основную массу верхней части туловища и головы. Треугольной формы крестец образован пятью сросшимися и прочно соединенными с костями таза позвонками. Копчик, или хвостовая кость, образован тремя-пятью сросшимися позвонками и заканчивается копчиковым рогом. Позвонки шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника называются истинными позвонками. Крестцовые и копчиковые позвонки называются ложными, так как они срослись в крестцовую и копчиковую кость соответственно [7].

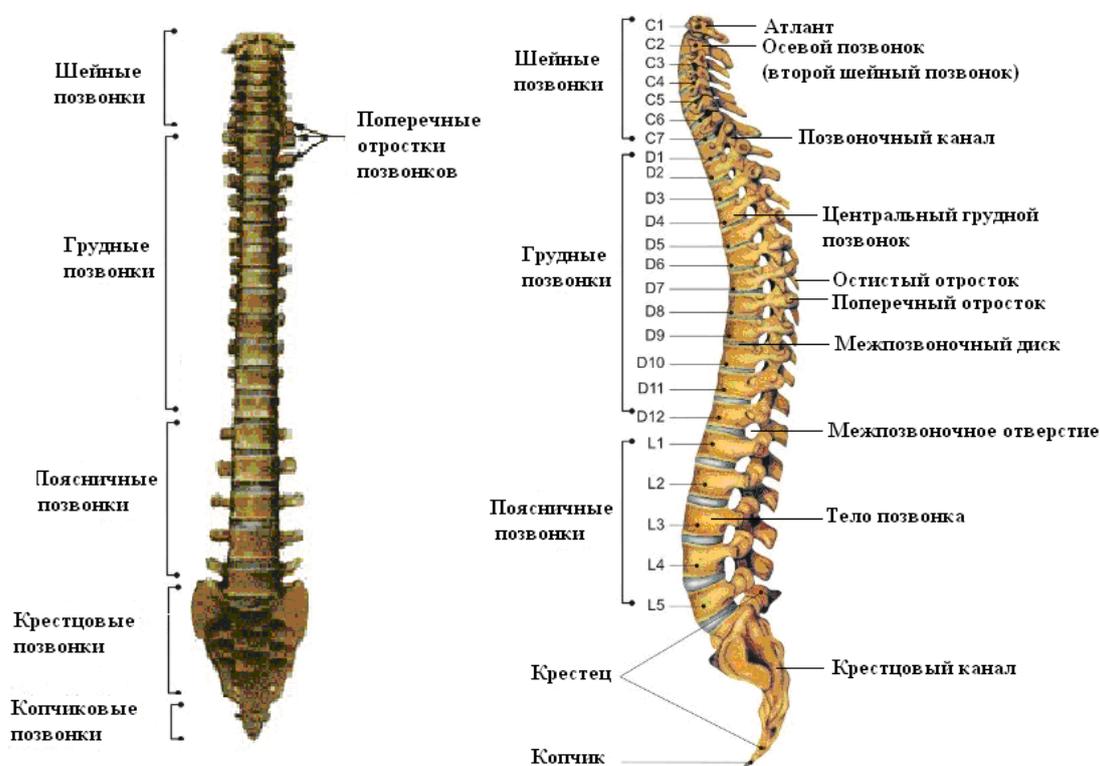


Рисунок 1 — Строение позвоночника человека

Вдоль позвоночника находится много точек акупунктуры, воздействуя на которые можно лечить заболевания позвоночника и внутренних органов:

C1 — гипофиз, внутреннее ухо, мозг, симпатическая нервная система: головные боли, нервозность, повышенное артериальное давление, мигрени, проблемы со сном;

C2 — глаза, зрительный и слуховой нервы, височные кости: заболевания глаз, аллергии, снижение слуха, обмороки;

C3 — щеки, внешнее ухо, лицевой нерв, зубы: невралгии, невриты, угри;

C4 — нос, рот, евстахиева труба: нарушение слуха, увеличенные аденоиды;

C5 — голосовые связки: боль в горле, тонзиллит, ларингит;

C6 — мышцы шеи, надплечья: боли в шее, в плечах, в затылке;

C7 — щитовидная железа, плечевой и локтевой сустав: гипотиреоз, нарушение подвижности в плечах и локте;

D1 — руки, запястья, ладони, пищевод, трахея: астма, кашель, боли в руках и ладонях;

D2 — сердце, перикард, коронарные артерии: аритмии, боли за грудиной, ишемическая болезнь;

D3 — бронхи, легкие, плевра, грудь и соски — бронхиты, астма, плевриты, пневмонии;

D4 — желчный пузырь, общий желчный проток: камни в желчном пузыре, желтуха, нарушение усвоения жиров;

D5 — печень, солнечное сплетение: расстройства работы печени, желтуха, нарушения свертываемости крови;

D6 — желудок: гастриты, язвы, нарушения пищеварения;

D7 — поджелудочная железа, двенадцатиперстная кишка: диабет, язвы, расстройства пищеварения и стула;

D8 — селезенка, диафрагма: расстройства пищеварения, икота, нарушение дыхания;

D9 — надпочечники: аллергические реакции, слабость иммунной системы;

D10 — почки; болезни почек, усталость, слабость;

D11 — почки, мочеточники: расстройства мочеиспускания, хронические заболевания почек;

D12 — тонкая и толстая кишки, паховые кольца, фаллопиевы трубы: нарушения пищеварения, заболевания женских половых органов, бесплодие;

L1 — аппендикс, брюшная полость, слепая кишка, верх бедра: грыжи, запоры, колит, диарея;

L2 — аппендикс, брюшная полость, слепая кишка, верх бедра: аппендицит, кишечные колики, боли в бедре и паху;

L3 — половые органы, мочевой пузырь, колено: расстройство мочевого пузыря, импотенция, боли в коленях;

L4 — предстательная железа, голени, стопы: боли в голени, стопах, ишиас, люмбагия, нарушения мочеиспускания;

L5 — голени, стопы, пальцы ног: отеки, боли в лодыжках, плоскостопие;

крестец — бедренные кости, ягодицы: боли в крестце;

копчик — прямая кишка, задний проход: геморрой, нарушение функции тазовых органов [8].

Метод точечного массажа заключается в надавливании на точки акупунктуры, которые в свою очередь связаны со всеми органами нашего организма. Под влиянием массажных действий происходит растяжение позвоночника, исправление имеющихся искривлений, и, как следствие, исчезает сдавливание нервных окончаний, расположенных возле позвоночника, нормализуется функция многих внутренних органов. Благодаря массажу, происходит выпрямление и соответствующее выравнивание позвоночника, восстанавливается его подвижность, а вместе с ней и регулирующая функция на различные системы организма [8].

Для контроля процесса реабилитации двигательных функций человека необходимо собрать достаточное количество данных о состоянии позвоночника и нижних конечностей в пространстве в реальном времени. От правильности установки датчиков на 95% зависит работоспособность измерительных технических средств.

Предлагаемый способ основан на исследовании изменений формы позвоночника, в том числе отклонений от нормы физиологических изгибов. Для этого предлагается на теле человека закрепить 17 датчиков (рис. 2). Первый датчик закрепляется у основания шеи на уровне позвонка C5. Второй — на уровне позвонка C7. Третий — на уровне солнечного сплетения со стороны спины на уровне позвонка D8. Четвертый — на поясе со стороны спины на уровне первого поясничного позвонка L1. Пятый, шестой, седьмой и восьмой — на каждом из последующих поясничных позвонков: L2, L3, L4, L5. Девятый — на крестце. Десятый и одиннадцатый — на каждой ноге, на верхних концах бедренной кости.

Двенадцатый и тринадцатый — на нижних концах бедренной кости, на 10 см выше колена. Четырнадцатый и пятнадцатый — на каждой ноге, на 10 см ниже колена. Шестнадцатый и семнадцатый — на каждой ноге, на голенях на 10 см выше сустава.

С помощью этих датчиков обеспечивается контроль двигательных функций человека в процессе реабилитации после травматизма. во времени и в пространстве. Все данные являются объективными, что позволяет проводить глубокий анализ функциональных изменений со стороны опорно-двигательной системы. Данный способ позволяет производить автоматизацию процесса сбора информации о состоянии позвоночника человека в процессе реабилитации после травматизма в реальном времени, передачу, обработку и визуализацию для принятия решений.

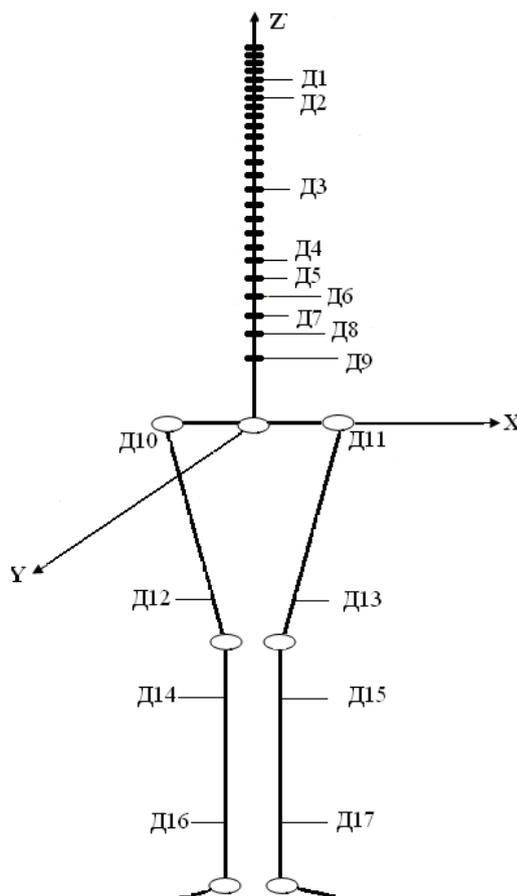


Рисунок 2 — Расположение датчиков опорной структуры

Разработка измерительной схемы опорной структуры человека. ИС ОСЧ должна выполнять следующие функции:

- измерение угла наклона и направления наклона от вертикальной оси в контролируемых точках;
- вывод на индикацию измеряемых данных;
- передачу измеряемых данных в микропроцессорный анализатор состояния (МАС);
- обработка данных в МАС.

Для контроля процесса реабилитации двигательных функций человека необходимо собрать достаточное количество данных о состоянии нижних конечностей и позвоночника в пространстве в реальном времени. Для этого на теле человека закрепляются 17 датчиков (рис. 2). Датчики закрепляются специальным способом. Таким образом, получена многоточечная измерительная система контроля текущего состояния опорной структуры человека (ИС ОСЧ). Она включает в себя семнадцать измерительных точек опорной структуры (ИТОС). Данные со всех измерительных точек поступают в устройство сбора и

передачи информации (УСПИ). Далее данные передаются в микропроцессорный анализатор состояния (МАС). На основании вышеизложенного, структурная схема МАС опорной структуры человека имеет вид, представленный на рис. 3.

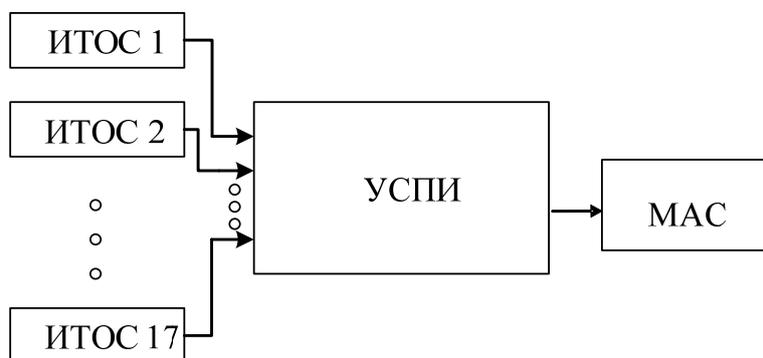


Рисунок 3 — Структура анализатора МАС

ИТОС измеряют угол и направление наклона от вертикальной оси. Измерение данных параметров производится датчиком ориентированного положения (ДОП). Далее по шине данных с чувствительного элемента данные вводятся в устройство кодирования местоположения подвижного ЧЭ на матрице (УКММ). Микропроцессорный модуль входного канала (ММВК), управляя УКММ, получает данные от датчиков. Он также управляет блоком индикации состояния датчика (БИС). Далее данные передаются в устройство сбора и передачи информации (УСПИ) посредством встроенного в микропроцессор последовательного интерфейса USART (рис. 4).

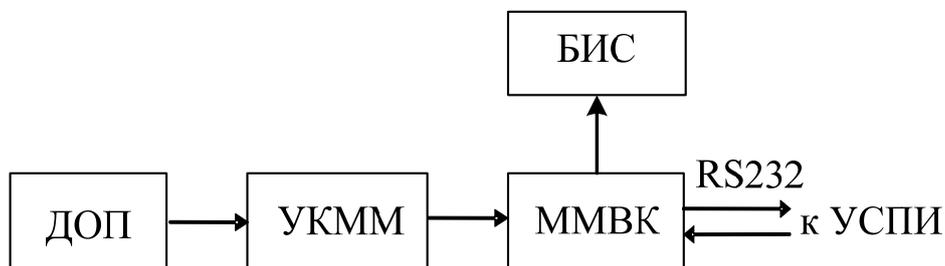


Рисунок 4 — Структурная схема ИТОС

Напряжение от датчиков подаётся, через нормирующий делитель на фильтр, который предназначен для устранения помех и выделения первой гармоники измеряемого сигнала. Далее напряжение поступает на АЦП и компаратор, встроенные в микроконтроллер ATMEGA8. Микроконтроллер обрабатывает поступившие данные и выдает информацию на БИС. Для того, чтобы синхронизировать сбор данных, УСПИ вырабатывает синхросигнал частотой 50 Гц, который подается на все ИТОС. Чтобы получить данные от датчиков, УСПИ выдает разрешающий сигнал. Устройство сбора и передачи информации получает данные от измерительных каналов посредством мультиплексора, управляемого микропроцессором.

Таким образом, УСПИ включает в себя мультиплексор, дешифратор и микропроцессорный блок.

Далее данные с УСПИ передаются в ПЭВМ посредством встроенного в микропроцессор последовательного интерфейса USART. В ПЭВМ производится дальнейшая обработка и анализ поступивших данных.

Выводы

1. Обоснован метод оценки элементов опорной структуры человека для создания виртуальной модели и проведения теоретических исследований в инженерно-вычислительном комплексе LabVIEW с целью оптимизации структуры ИИС контроля текущего состояния опорной структуры человека.

2. Разработана структурная схема микропроцессорного анализатора ИИС контроля текущего состояния опорной структуры человека.

Список использованной литературы

1. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. Учение о костях, суставах, связках и мышцах / Р.Д. Синельников. — М.: Медицина, 1978. — Т.1. — 472 с.
2. Нестругина Е.С. Концепция определения состояния двигательных функций человека в процессе реабилитации после травматизма / Е.С. Нестругина, Н.И. Чичикало // Искусственный интеллект. — 2011. — №2. — 194 с.
3. Дубровский В.И. Биомеханика: учеб. для средн. и высш. учебн. заведений / В.И. Дубровский, В.Н. Федорова. — М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. — 672 с.
4. Травматология и ортопедия. — 1994. — №3. — С. 43–51.
5. RU 2189174C17 A61B5/103, A61B5/107 17.09.2001 / Вовченко Д.Г.; опубликовано 20.09.2002.
6. № 96116414, МПК G09B19/10: а. с. / Латыпов Н.Н.; дата публикации заявки 10.11.1998.
7. Новый атлас анатомии человека / под ред. Т. Маккрекена и Р. Уолкера; пер. с англ. Е. Незлобиной. — М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2002. — 339 с.
8. Здоровье позвоночника [Электронный ресурс]. — Режим доступа к ресурсу: <http://massazhist.kiev.ua/articles/ar10/>. — Дата доступа: 12.12.11.

Надійшла до редакції:
22.03.2012 р.

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Скобцов Ю.О.

N.I. Chichikalo, E.S. Nestrugina. Information and measuring control system of a current musculoskeletal human structure state. Taking into consideration the actuality of functional and motive spinal disorders problem diagnostics, the method of human supporting system state control is offered. The sensor seatings for research executing in LABVIEW programming environment are reasoned.

Keywords: *musculoskeletal human system, after-traumatic rehabilitation, sensors of spinal state control, information and measuring control system.*

Н.І. Чичикало, Е.С. Нестругіна. Інформаційно-вимірвальна система контролю поточного стану опорної структури людини. Враховуючи актуальність проблеми діагностики функціональних і рухових порушень хребта, запропоновано метод контролю стану опорної системи людини. Обґрунтовані місця установки датчиків для проведення досліджень в середовищі LABVIEW.

Ключові слова: *опорна система людини, реабілітація після травматизму, датчики контролю стану хребта, інформаційно-вимірвальна система.*

© Чичикало Н.И., Нестругина Е.С., 2012