DOI: 10.17117/na.2016.03.03.368

<http://ucom.ru/doc/na.2016.03.03.368.pdf>

Поступила (Received): 22.03.2016

Яцун С.М., Соколова И.А., Лунева Н.В., Чжо Пью Вэй Мехатронное устройство для обеспечения вертикализации больного

Yatsun S.M., Sokolova I.A., Luneva N.V., Cho Pio Vej
Mechatronic device for verticalization of the patient

В статье рассмотрены вопросы исследования опытного образца биомехатронного устройства для вертикализации человека. Поставленные задачи решаются с применением методов механики, математического моделирования и систем управления. Предлагаемое механотерапевтическое устройство обеспечивает заданную биомеханику движений. Данное устройство может быть использовано для изучения характера движения отдельных звеньев опорно-двигательного аппарата, необходимого при создании активных аппаратов, улучшающих качество жизни постинсультных и спинальных больных

Ключевые слова: механотерапия, биомехатронное устройство, реабилитация, нижние конечности человека

In the article the questions of the research prototype biomechatronic device for verticalization of a person. The tasks are solved using the methods of mechanics, mathematical modeling and control systems. Proposed device provides the desired biomechanics motions. This unit can be used to study the movement of specific parts of the musculoskeletal system necessary for creation of active devices that improve the quality of life post-stroke and spinal patients

Key words: mechanotreatment, biomechatronic device, rehabilitation, human lower limbs

Яцун Светлана Михайловна

Доктор медицинских наук, профессор
Курский государственный университет
г. Курск, ул. Радищева, 33

Yatsun Svetlana Mikhailovna

Doctor of Medical Sciences, Professor
Kursk state university
Kursk, Radishchev st., 33

Соколова Ирина Александровна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Курский государственный университет
г. Курск, ул. Радищева, 33

Sokolova Irina Aleksandrovna

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Kursk state university
Kursk, Radishchev st., 33

Лунева Наталья Васильевна

Кандидат медицинских наук, доцент
Курский государственный университет
г. Курск, ул. Радищева, 33

Luneva Natalia Vasilievna

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Kursk state university
Kursk, Radishchev st., 33

Чжо Пью Вэй

Кандидат технических наук, младший научный сотрудник
Юго-западный государственный университет
г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Cho Pio Vej

Candidate of Engineering Sciences, Jr. Researcher
South-West state university
Kursk, 50 let Otyabrya, 94

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ.
Соглашение № 14-39-00008 от 09.09.2014г.*

На современном этапе развития цивилизации сосудистая патология стала одной из основных проблем здравоохранения. Каждый год в мире страдает около 16 млн. человек, из них 5,7 млн. умирают и еще примерно столько же становятся инвалидами. По данным регистра мозгового инсульта НИИ неврологии РАМН, к концу острого периода двигательные нарушения наблюдаются у 81,2% из 100 выживших больных. Практически всегда страдает функция передвижения, что и является основной жалобой у пациентов. Вынужденная гиподинамия вызывает многочисленные соматические нарушения, способствует прогрессированию урологических, трофических, сердечно-сосудистых и иных расстройств [1].

В связи с этим актуальной представляется задача по созданию технических средств, помогающих больным на этапе реабилитации осуществлять сложные виды движения, такие как вертикализация, приседания, ходьба и другие. В Японии, США, Южной Корее, Германии, и России ведутся работы по созданию устройств, позволяющих человеку передвигаться в пространстве при повреждении нижних конечностей [2,3].

На кафедре мехатроники и робототехники ЮЗГУ (г. Курск) разработан прототип экзоскелета, представляющий собой двуногий механизм, приводимый в движение линейными актюаторами (рисунок 1) [4,5].

Экзоскелет, состоящий из четырех звеньев 1-4 установлен на опорной поверхности 5. Звенья последовательно соединены электроприводами и шарнирами. Будем называть эти звенья корпусом, бедром, голенью и стопой. Контакт с поверхностью, по которой происходит перемещение, осуществляется через контактные поверхности стоп. Всего на устройстве установлено шесть линейных приводов, два из них шарнирно закреплены на корпусе, на каждом из бедер и голеней установлены еще четыре привода. Шток привода шарнирно соединен с одним из звеньев ноги экзоскелета. Пациент закреплен в экзоскелете с помощью специальных манжет, исключающих движение пациента относительно экзоскелета.

Прототип рассматриваемого устройства был спроектирован с использованием линейных приводов LEY40C-200BM-R16N1 компании SMC (Япония). Данные актюаторы являются мотор-редукторами с электродвигателем постоянного тока и шарико-винтовой передачей. Прототип устройства снабжен сенсорной системой, включающей в себя энкодеры для определения относительных углов поворота звеньев, каждая ступня дополнительно снабжена двумя датчиками давления, определяющими нормальные реакции в точках контакта ступни с опорной поверхностью.

С использованием прототипа экзоскелета проведены испытания, показавшие уверенный подъем пациента из различных начальных положений. Определены задающие воздействия в виде зависимостей $y_c^*(t)$ и угла $\varphi_4^*(t)$. Кроме этого, получены зависимости всех углов, определяющих положение экзоскелета

и угловых скоростей от времени. По этим данным с помощью системы уравнений (5) найдены значения управляющих моментов, обеспечивающих движение пациента.

а)

б)

Рис. 1. Структурная схема экзоскелета (а) и общий вид экзоскелета (б): 1 – бедро; 2 – голень; 3 – ступня; 4 – корпус; 5 – поверхность, по которой происходит движение

Математическое моделирование движения пациента в экзоскелете показало существенную зависимость траектории движения центра масс системы от параметров PI регулятора. Поэтому для получения заданных показателей качества управляемой механической системы, решена задача об определении оптимальных параметров регулятора, обеспечивающих минимальную «колебательность» устройства и минимальные отклонения от заданной траектории.

Расчеты выполнены для различных начальных условий, в том числе при вставании из позиции "на корточках" показали, что пациент устойчиво встает из положения "сидя" для любых начальных условий (рисунок 2).

Рис. 2. Промежуточные положения механизма (положение центра масс устройства обозначено крестом)

Разработана система автоматического управления, обеспечивающая движение звеньев экзоскелета по заданным траекториям под действием управляющих моментов, на основе полученной зависимости изменения углов поворота

системы, при которых происходит устойчивый подъем пациента. Проведено математическое моделирование движения звеньев экзоскелета в режиме вертикализации для определения оптимальных параметров системы управления.

Список используемых источников:

1. Леонтьев М.А. Лечение и реабилитация пациентов с травматической болезнью спинного мозга // Реабилитация инвалидов с нарушением функций опоры и движения. Новосибирск, 2003.
2. Саврасов Г.В. Медицинская робототехника: Условия, проблемы и основные принципы проектирования // Биомедицинская инженерия и технология. №2. 1998. С. 35-50.
3. Турлапов Р.Н., Яцун С.М. Разработка и исследование реабилитационного устройства для механотерапии нижних конечностей // Фундаментальные исследования. 2014. № 12. Ч. 9. С. 1909-1911.
4. Яцун С.М., Турлапов Р.Н. Разработка и исследование реабилитационного устройства для механотерапии нижних конечностей // Фундаментальные исследования 2014. № 12. Ч. 9. С. 1909-1911.
5. Jatsun S., Savin S., Yatsun A., Turlapov R. Adaptive control system for exoskeleton performing sit-to-stand motion // Proceeding of 10th International Symposium on Mechatronics and its Application (ISMA 2015), Sharjah, United Arab Emirates, 2015. P. 280-286.

© 2016, Яцун С.М., Соколова И.А., Лунева Н.В.,
Чжо Пью Вэй
Мехатронное устройство для обеспечения
вертикализации больного

© 2016, Yatsun S.M., Sokolova I.A., Luneva N.V.,
Cho Pio Vej
Mechatronic device for verticalization of the
patient