

УДК 004.92

ПРОЕКТУВАННЯ 3D МОДЕЛІ РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО КОРСЕТУ ЯК ЗАСОБУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПОСТАВИ

П. С. Носов

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра природничо-наукової підготовки
Одеський національний політехнічний університет
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044
E-mail: popas@bk.ru

А. Д. Яланський

Херсонський політехнічний коледж
Одеський національний політехнічний університет
вул.40 років Жовтня, 23, м. Херсон, Україна, 73013
E-mail: lixe@mail.ru

В. О. Яковенко

Університет Ліннеус
Школа бізнесу та економіки
Гротвсваген 19, 391 82 Келмер, Швеція
E-mail: vayak38@mail.ru

Побудовано 3D модель корсету для діагностики відхилень постави людини. Запропоновано систему дослідження, моніторингу і пошуку нових форм реабілітології за рахунок комп'ютерної діагностики стану постави. Запропоновано конструкцію та алгоритм збору та обробки даних під час лікування. Проектом передбачено комплекс мікропроцесорних пристроїв, що встановлюються у конструкцію сегментів штучного хребта пацієнта та дозволяє визначити ступінь відхилення постави для формування корегувальних сигналів

Ключові слова: корсет, 3D моделювання, лікування постави, реабілітологія, акселерометр, штучний хребет, експертна система

Построена 3D модель корсета для диагностирования отклонений осанки человека. Предложена система исследования, мониторинга и поиска новых форм реабилитологии за счет компьютерной диагностики состояния осанки. Предложена конструкция и алгоритм сбора и обработки данных во время лечения. Проектом предусмотрен комплекс микропроцессорных устройств, встраиваемых в конструкцию сегментов искусственного позвоночника пациента и позволяет определить степень отклонения осанки для формирования корректирующих сигналов

Ключевые слова: корсет, 3D моделирование, лечение осанки, реабилитология, акселерометр, искусственный позвоночник, экспертная система

1. Вступ

Швидкий розвиток сучасної медицини і науки дозволив покращити і підвищити якість лікування при порушенні постави - сколіозу. Сучасна дитина все більше часу проводить у сидячому стані, а контроль за нею протягом дня неможливий. Тому непомітне порушення постави зростає, посилюючи шкоду (рис. 1).

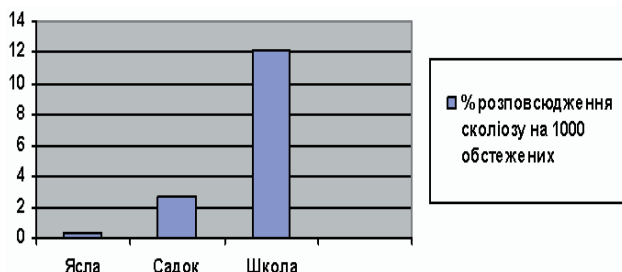


Рис. 1. Відсоток розповсюдження сколіозу в Україні

Викривлення постави - це проблема, у слідстві якої організм людини може отримати майже невилправну шкоду. Викривлення хребта являє собою зміну правильної конфігурації хребта. З протягом часу, відхилення хребта викликає зовсім мало напруги, і відхи-

лення вже не зникає при відпочинку. Постава людини може стати нестійкою через відхилення лінії навантаження. На рівні підсвідомості людина буде шукати стійку позу для підтримки рівноваги, і при цьому буде розвивати викривлення хребта в інших його відділах.

Протягом багатьох років виправлення постави обмежувалось носінням корсетів [1-3].

Для підвищення ефективності лікування потрібні нові методи та сформульована основа для майбутніх методів, які зменшать час виправлення хребта.

2. Матеріал і результати дослідження

Сколіоз починається у дитячому віці або в ранньому підлітковому віці і розвивається поступово по мірі зростання організму. Після завершення росту кривизна хребетного стовпа залишається. Розрізняють декілька типів викривлення хребта. Викривлення хребта прийнято вимірювати в градусах: до 30 градусів вважається незначним викривленням, вище 60 градусів – серйозним [4]. Лікування вибирають залежно від тяжкості та віку пацієнта [5-7]. Існує чимало методів, проте лише небагато з них здатні дійсно виправити ситуацію і не допустити подальшого розвитку хвороби. Одним з найбільш вірних способів боротьби з недуги

гою є коригувальний корсет. Для запобігання прогресування хвороби даний метод вважається найбільш ефективним. Якщо носити корсет понад 16 годин на день, це дозволить не допустити подальшого розвитку сколіозу на 90%. Однак ефективним даний метод вважається лише в тому випадку, якщо викривлення складає 20 - 35 градусів, але при більше 60 градусів цей метод вважається малоефективним. Це відбувається тому, що під час носіння корсету м'язи людини не розвиваються і згодом вже не можуть утримувати поставу у нормальному стані.

За багато років корсети перетерпіли декілька змін: змінювали форми та розміри, будувались з різних матеріалів і т.д. Але принцип дії залишався без змін. Основні недоліки сучасних корсетів:

1. Діє тільки фізично. Сучасні корсети як правило не мають сторонніх модифікацій для підвищення ефективності.
2. Корсети призначаються лікарем. Самолікування може бути шкідливим для здоров'я.
3. Корсети створюються за стандартними розмірами. На ринку майже немає універсальних моделей.
4. Якість закріплених частин корсету можуть бути недостатніми, час експлуатації може бути недостатньо великий.
5. Корсети можуть подразнити шкіру і «натирати» частини тіла.
6. Корсети не задовольняють вимоги зростаючої дитини. Швидкий зріст дитини може збільшити час лікування, або навіть нашкодити.

Сучасні корсети зручні і не заважають повсякденному життю людини, хоча частково обмежують рух тіла. Для підвищення результатів профілактики і лікування корсети мають розширити свої можливості, створити нове покоління комп'ютеризованих корсетів, які максимально підвищать ефективність і універсальність, доступність та дадуть можливість впливу на індивідуальну модель пацієнта [8].

Сучасні корсети не використовують усі доступні ресурси, отже на базі корсету можна встановити модифікації і доповнення, які зможуть підвищити ефективність лікувального процесу і полегшити стан пацієнта, наприклад:

- комп'ютеризовані системи моніторингу,
- модулі активної взаємодії з тілом пацієнта,
- можливість точного налаштування корсету,
- синхронізація і обмін даними з іншими пристроями (смартфон, комп'ютер, та ін.)

Постає мета створити новий засіб для корекції стану хребта пацієнта. Засіб, який може бути основою для нових методів лікування.

Першим етапом у створенні конструкції корсету є створення 3D моделі сегменту у програмі автоматизованого проектування *Delcam Powershape*. Конструкція має відповідати усім вище перерахованим вимогам:

1. *Невеликий розмір.* Зменшення розміру конструкції дозволить збільшити кількість сегментів, що у свою чергу підвищить об'єм отриманих даних і точність координат.
2. *Міцність і великий внутрішній об'єм.* Кожен сегмент виступає носієм для модулю вимірювання координат та інших можливих модулів, тому чим більше внутрішній об'єм сегмента, тим більші і

складніші модулі можуть бути встановлені всередину. За рахунок зменшення зайнятого об'єму самого сегмента, можна збільшити об'єм для модулів. Сегмент повинен витримувати закріпленні на нього інші сегменти і модулі, а також можливі навантаження під час експлуатації.

3. *Модифікування.* Можливість модифікації конструкції є важливим критерієм, яка робить пристрій універсальною основою для сторонніх модифікацій. Установка і заміна внутрішніх модулів розширює функціональність і можливості конструкції. А для легкої заміни цих модулів, у конструкції передбачена легка доступність у внутрішню частину корпусу, майже уся верхня частина корпусу сегменту відкрита. Міцність і захист внутрішніх модулів виконується зовнішніми елементами сегменту, які разом формують невеликий скелет. У число модифікацій входить і легке вилучення і підключення окремих сегментів.

4. *Кріплення до тіла.* Не менш важлива вимога. Кріплення до тіла носія може бути як за допомогою ремінців чи корсету, так і за допомогою фіксації під низьким тиском. Мається на увазі створення низького тиску у спеціальних порожнин, які контактують з тілом, при якому сегмент не втратить контакт із тілом, поки підтримується потрібний тиск. Також можлива фіксація за допомогою липкого матеріалу.

Згідно з усіма критеріями і вимогами, сегмент конструкції придбав оптимальні форми (рис. 2).

Основою майбутнього корсету є суцільна металева конструкція (1), у яку встановлені усі сенсори та модулі. Конструкція складається з скріплених сегментів, маючи можливість рухатись в усіх трьох площинах простору за допомогою шарнірних кріплень (3).

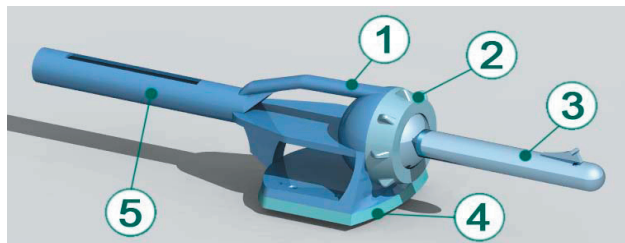


Рис. 2. Загальний вигляд сегменту конструкції

Відстань між сегментами регулюється вручну шарнірними гніздами (5) при потребі. Відділення одного сегменту від іншого можлива при знятті кришки шарніра (2), таким чином можна змінювати кількість сегментів і довжину конструкції в цілому, або швидко замінити сегмент.

Для створення області низького тиску під кожним сегментом перший за порядковим номером сегмент оснащений системою виводу повітря (8) (рис. 3). Отвір у сегменті (7) і система виводу повітря з'єднані трубками, також сегменти з'єднані трубками, відтворюючи цілісну систему. Ця конструкція достатньо проста: система може працювати на конкретних сегментах, підвищуючи тривалість роботи системи у автономному режимі. Основу ж функцію будуть виконувати інші кріплення або корсет, а фіксація підвищить точність і надійність отриманих даних.

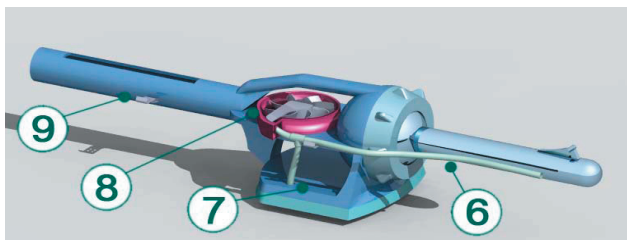


Рис. 3. Загальний вигляд сегменту конструкції

Сегмент оснащений закріпленням дном (4), яке виконує функцію фіксації і не дозволяє сегменту ковзати по тілу носія. Матеріал деталі – пружний полімер - резина. Дно має порожній внутрішній простір (11), а з нього на нижню частину виходять отвори з присосками (10). Деталь кріпиться до основного тіла за допомогою кріплень у отворах основного тіла і дна. На момент, коли дно прикручене до основного тіла (1), повітря може циркулювати через верхній отвір (7) і через нижні отвори-присоски (12). Створення області низького тиску у внутрішньому просторі дна, присоски під різницею тисків притискаються до тіла людини, тим самим фіксуючи сегмент на даній області тіла (рис. 4).

Конструкція передбачає відокремлення сегментів, щоб зробити конструкцію меншою, чи акцентувати увагу на деякій ділянці хребта. Повторна фіксація конструкції потребує при необхідності нанесення на місця попередніх кріплень міток чи знаків. Точність подальших досліджень підвищиться.

Для визначення координат сегментів було вирішено застосувати 3-х осьові акселерометри (рис. 4) [9]. Ці пристрої які активно використовуються у смартфонах і планшетах, мають широкий вибір і багато класів точності, доступні і з маленьким геометричним об'ємом. Кожен сегмент містить в собі один 3-х осьовий акселерометр, який передає дані положення у просторі через спільну шину даних до мікроконтролера. Акселерометр встановлений у внутрішній простір на перший чи другий рівень. За допомогою спеціального алгоритму і відомим порядковим номерам сегментів можна побудувати схему положення усієї конструкції у реальному часі.

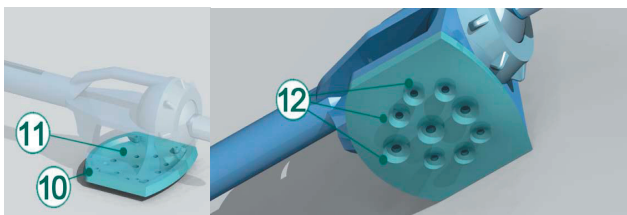


Рис. 4. Сегмент фіксації до тіла

Отримані дані використовуються для виявлення змін стану хребта як у час активного використання, так і у своєчасному огляду у лікаря. Окрім зміни стану хребта, дані можуть показати рівень навантажень у день, чи під час роботи. Орієнтуючись на отримані дані, система має можливість звернути увагу носія на положення його хребта за допомогою невеликого вібраційного пристрою в одному з сегментів. Допустимі і недопустимі положення постави устанавлюються

лікарем, при порушенні яких носій отримає повідомлення і змінить положення постави. Це дозволить побудувати 3D модель оцінювання траєкторії рухів пацієнта [10].

Кожен акселерометр конструкції під час роботи буде надавати вихідні дані у вигляді сили прискорення (у нашому випадку гравітації) G на кожен вісь. За допомогою алгоритму і отриманих даних можливо визначити положення сегменту у просторі з похибкою до 1 градуса (залежно від точності акселерометра) (рис. 5). При ходьбі людини виникають поштовхи, які будуть заважати пристрою отримувати вірні дані, тому акселерометр має бути відповідного класу і мати оптимальну чутливість (наприклад як у автомобільних датчиках руху), у іншому випадку пристрій буде використовуватись як діагностичний, коли людина не рухається.

Через шину даних кожен акселерометр посилає вихідні дані, які поступають у портативне сховище чи на комп'ютер, ноутбук чи смартфон. Для розрізнення і коректної роботи алгоритму кожний сегмент отримує свій порядковий номер. Вихідні дані, отримані з конкретного сегменту, отримують мітку з порядковим номером.

Час отриманих даних буде присвоювати вже комп'ютер. Сигнал з міткою має наступний вигляд:

$$[N][x:0.000; y:0.000; z:0.000];$$

де N – це порядковий номер сегменту; x, y, z – значення прискорення по кожній з осей.

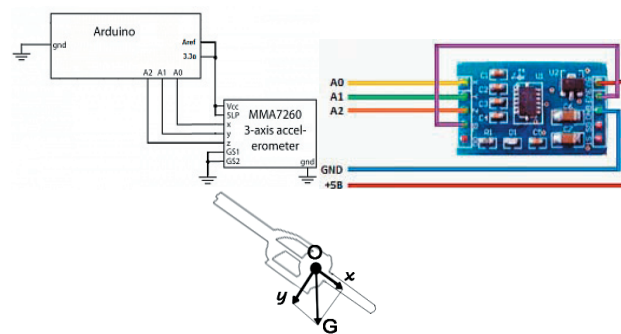


Рис. 5. 3-х Осьовий акселерометр MMA7260

Алгоритм виконується у програмному інтерфейсі. За допомогою порядкових номерів можливо отримати схематичне відображення положення кожного сегменту.

Якщо відоме положення першого сегменту, то відомо радіальне знаходження і наступного сегменту, і так по порядку.

Алгоритм полягає у знаходженні кута площини за допомогою вихідних даних акселерометра. Отриманий кут відобразить положення кожного окремого сегменту, які далі будуть відображені у програмі, формуючи малюнок-схему. Зокрема положення сегменту у просторі, зв'язок між ними і правильне положення обумовлюється математичною моделлю: сегменти розділені один від одного відстанню. Якщо провести між сегментами лінії, то зміна положення у просторі дорівнює куту повороту відрізка лінії. Координати наступного сегменту орієнтуються на попередній сег-

мент (рис. 6). Отримання даних відбувається у реальному часі.

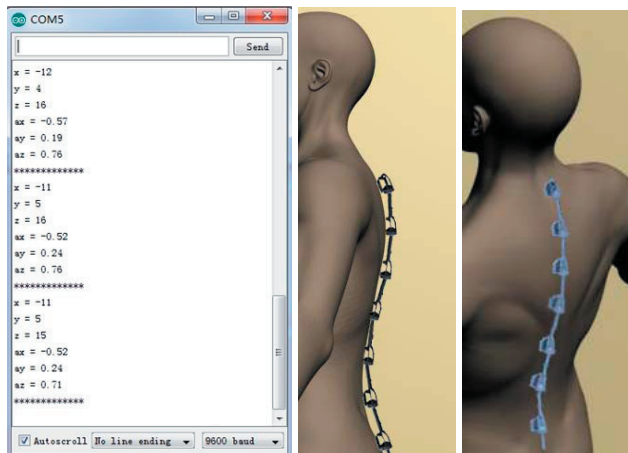


Рис. 6. Видяг вхідних даних та 3D модель корсету

При роботі пристрою у автономному режимі отриманні дані поступають на мікроконтролер і блок

пам'яті, які знаходяться у першому сегменті. Елемент живлення 5В~1000 мА·год забезпечить роботу пристрою на цілий день.

При необхідності доступна зміна частоти роботи пристрою.

Ємкість пам'яті до 2 Мб буде достатньою для невинної роботи системи.

3. Висновки

Дана модель пропонує новий підхід для діагностики та лікуванню постави людини. Універсальність і легкість експлуатації робить її доступною, а можливість модифікування і покращення дозволяють створювати нові методи і інноваційні курси лікування.

Наступні дослідження планується зосередити на побудові алгоритмів обробки та ідентифікації даних електронних елементів конструкції, розпізнавання відхилень постави та створенню системи підтримки прийняття рішень для результативної діагностики та лікуванню пацієнтів.

Література

1. Rowe, D. A meta-Analysis of the Efficacy of Non-Operative Treatments for Idiopathic Scoliosis. [Текст] / Rowe D., Bernstein S., Riddick M. // J Bone Joint Surg 1997.
2. Marc, A., Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects [Текст] / Marc, A., Douglas, C. // Department of Orthopedic Surgery, University of Kansas Medical Center, Kansas City, KS, USA. – 2003.
3. Griffet et al. Relationship between gibbosity and cobb angle during treatment of idiopathic scoliosis with the spinecor brace. [Текст] // Eur Spine J (2000).
4. Сколіоз [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kiparis.ua/>.
5. SPINECOR: a new therapeutic approach for idiopathic scoliosis. [Текст] // Coillard C, Leroux MA, Badeaux J, Rivard CH. Research Center, Sainte Justine Hospital, 3175 Côte Ste Catherine, Montreal, Canada. Stud Health Technol Inform. 2002.
6. Focarile, F. Effectiveness of nonsurgical treatment for Idiopathic Scoliosis. [Текст] / Focarile, F.;Bonaldi, A.; Giarolo, M.;Ferrari, U.; Zilioli,E.; and Ottaviani, C. // Overview of Available Evidence. Spine 1991.
7. Morningstar, M.W. Scoliosis treatment using a combination of manipulative and rehabilitative therapy: a retrospective case series. [Текст] / Morningstar M.W., Woggon D., Lawrence G. // BMC Musculoskelet Disord. 2004.
8. Носов, П.С. Застосування адаптивних функцій для впливу на модель знань студента [Текст] / П.С. Носов, В.М. Тонконогий, О.Є. Яковенко // Тр. Одес. политехн. ун-та. Одеса: ОНПУ. Вып.1(25). 2006.– С. 118–122.
9. Трьох осьовий акселерометр MMA7260 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://compar.ru/forum/showthread.php?t=7830>.
10. Носов, П.С. 3D оценивание траектории обучения студента [Текст] / П.С. Носов, В.М. Тонконогий // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одеса: ОНПУ, 2007. – Вып. 2(28).– С. 129-131.