

УДК 617.546:004.92

П.С. Носов, д-р техн. наук, О.Є. Яковенко, канд. техн. наук,
В.М. Тонконогий, д-р техн. наук, Одеса, Україна

ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЬНОГО КОРСЕТУ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ СКОЛІОЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

Запропоновано конструкцію модульного корсету для лікування сколіозу, що містить основу, виконану з еластичного матеріалу, лікувальні елементи, утримуючий елемент і фіксуєючий засіб, який відрізняється тим, що утримуючий елемент виконаний у вигляді жорсткої рами, на якій зафіксовані модульні лікувальні елементи і плата управління

Ключові слова: ортопедичний корсет, сколіоз, 3D моделювання, медичні пристосування

Предложена конструкция модульного корсета для лечения сколиоза, содержащая основу, выполненную из эластичного материала, лечебные элементы, крепежный элемент и фиксирующее средство, которая отличается тем, что крепежный элемент выполнен в виде жесткой рамы, на которой зафиксированы модульные лечебные элементы и плата управления

Ключевые слова: ортопедический корсет, сколиоз, 3D моделирование, медицинские приспособления

The construction of a modular corset for the treatment of scoliosis is proposed, comprising a base, which is made of an elastic material, medical elements, a fastening member and a fixing device, which differs in that its fixing element is made in the form of a rigid frame, on which the modular medical elements and the control board are fixed

Keywords: orthopedic corset, scoliosis, 3D modeling, medical devices

Вступ. В наш час, незважаючи на тривале вивчення питань лікування сколіозу, не існує доведеного методу здатного усувати деформацію хребта або гарантовано зупиняти її прогресію у дітей та підлітків [1]. Консервативне лікування сколіозу ефективно лише при початкових стадіях хвороби, при важких і швидко прогресуючих формах сколіозу ефективна лише хірургічна корекція [2]. До традиційного лікування сколіозу відносяться: лікувальна фізкультура, лікувальний масаж, міостимуляція м'язів і корсетування.

Аналіз літературних джерел. Найбільш складною формою лікування сколіозу є запобігання прогресії хвороби при ефективній корсетотерапії, що дозволяє зменшити кут деформації хребта та больовий синдром. У світовій практиці корсетування ось уже понад 30 років є основним науково доведеним способом лікування проміжних форм (II-III ст) сколіозу, а решта вищеназвані методики - його доповненням. Сучасні корсети з доведеною клінічною ефективністю є активними ортопедичними виробами, які забезпечують виправлення існуючої деформації, перешкоджаючи подальшу прогресію сколіозу [3]. Ефективне використання коригуючих корсетів при лікуванні дис-пластичного сколіозу можливо за умови тривалого росту пацієнта.

Діапазон кута викривлення, при якому призначається коригуючий корсет, за даними різних авторів коливається від 20 до 60 градусів за Коббом.

Милуоки (Milwaukee)-корсет має стабілізуючу (що не дозволяє розвиватися викривленню) дію на хребет, а не коригуючу (що впливає на викривлення). Має кільце на шії поєднане штангами з тазовим корсетом. Хворий повинен активно випрямлятися при опорі на потиличний пелот.

Бостонський коригуючий корсет сколіозу з готових модулів виготовлено за профілем здорової людини. На передній і задній вертикальних шинах прикріплена роз'ємна тазова гільза з кріпленнями на тулубі. Залежно від виду сколіозу на шини прикріплюються поперековий і грудний пелоти.

Корсет Шено (Cheneau brace) - конструкція корсета враховує всі основні відділи скелета, що залучені у процесі деформації хребта людини. Корекція здійснюється створеною системою дії сил в трьох точках. Сила тиску, діюча на опуклості поверхні тіла створює ефект трансформації увігнутих ділянок у створені в корсеті вільні.

На сьогоднішній день більшість корсетів в Європі виготовляють не за гіпсовим зліпком фігури, а за допомогою комп'ютерного моделювання тіла пацієнта під майбутній корсет, що спрощує виготовлення ортеза [4]. Відомі ортопедичні корсети, що містять також лікувальні засоби з магнітним, тепловим та електричним впливом, мають спинку з розташованими на відстанях один до одного кишнями, в яких закріплені ребра, виконані жорсткими у напрямку, що є перпендикулярним до площині спинці та з'єднаним зі спинкою фіксуючим засобом для закріплення корсета на відповідному відділі тулуба людини, причому або спинка або фіксуючий засіб виконані з можливістю регулювання обхвату корсетом відділу тулубу людини [патенти UA №29610, UA №48641, UA №69579, RU 100719 U1]. Недоліком усіх цих технічних рішень є відсутність засобів регульованого механічного корегувального впливу безпосередньо на кожний хребець людини за індивідуальною лікувальною програмою, що спричинює недостатньо сильний лікувальний або оздоровчий ефект та обумовлює значну тривалість окремих лікувальних або оздоровчих процедур.

Відомий аналогічний пристрій [патент UA №29610] для запобігання викривленню постави також кріпиться на тулубі людини використовуючи міцний корсет із тканини. Але даний аналог не має рухомих елементів для поступової зміни положень хребців людини по лікувальній траєкторії, він є жорстким, що викликає атрофування м'язів відповідальних за підтримку постави, не дозволяє динамічно ідентифікувати положення хребта людини у просторі як засіб комп'ютерної сигналізації відхилень у режимі реального часу.

Найбільш близькою є конструкція, наведена в патенті [UA 29610]. Корсет містить спинку з розташованими на відстанях одна від одної кишнями, в яких закріплені ребра, виконані жорсткими або еластичними у

напрямку, перпендикулярному площині спинки, та з'єднаний зі спинкою фіксуєчий засіб для закріплення корсета на відповідному відділі тулуба людини, додаткові лікувально-оздоровчі елементи у вигляді голок, закріплених у спинці, при чому частина голок виконана з частковим покриттям із хрому, нікелю, міді або срібла таким чином, щоб зони поблизу вістер голок були утворені щонайменше з двох матеріалів з різними електрохімічними потенціалами та має додаткові лікувально-оздоровчі елементи виконані у вигляді гумових смужок - магнітофорів, закріплених з проміжками на ребрах.

Але даний ортопедичний корсет має наступні недоліки:

- не щільне прилягання до поверхні тіла;
- не має прямого безпосереднього впливу на зміну положення кожного хребця людини траєкторії при сколіозі;
- не можливо програмовано подавати через лікувальні елементи вібраційні та теплові впливи;
- не можливо ідентифікувати положення лікувальних елементів у просторі і динаміку їх переміщення;

Отже, не дивлячись на широкий діапазон конструкцій корсетів і сучасних засобів виготовлення залишається проблема в тому, що відсутня можливість підстроювання корсета в режимі on-line. Існуючі засоби індивідуального підстроювання мають досить жорстку конструкцію з великим кроком кріплень у вигляді ременів і т.п. Крім того корсети статичні і не мають пересувних частин для точкової корекції хребців пацієнта [5-9].

Матеріал та результати дослідження. Все вище зазначене дає підстави вважати, що розробка корсету із застосуванням сучасних 3D технологій [10] та можливістю гнучкого підстроювання в режимі реального часу засобами керуючої комп'ютерної програми є актуальним завданням дослідження.

В основу розроблюваної моделі поставлено задачу створити модульний корсет для лікування сколіозу, в якому шляхом об'єднання декількох модульних лікувальних елементів і особливості конструкційного виконання модульного лікувального елемента, забезпечити підвищення ефективності лікування сколіозу за рахунок діагностування відхилень відносно кожного хребця людини у реальному часі, а також зменшити вагу, підвищити надійність конструкції.

Поставлена задача вирішена конструкцією модульного корсету для лікування сколіозу, що містить, основу, виконану з еластичного матеріалу, лікувальні елементи, утримуючий елемент і фіксуєчий засіб, тим, що на відміну від аналогів, утримуючий елемент виконаний у вигляді жорсткої рами, на якій зафіксовані модульні лікувальні елементи і плата управління. Окрім того, кожен модульний лікувальний елемент виконаний у вигляді корпусу, всередині якого установлений кроковий двигун, патронний керований нагрівач, вібромотор, та електронний модуль визначення

координат, при цьому кроковий двигун сполучений з ходовим валом для переміщення модульного лікувального елемента, на верхній частині корпусу виконані вушка для закріплення балансувальних джугтів, а в нижній частині корпусу виконана заглибина для хребця, при цьому кроковий двигун, патронний керований нагрівач, вібромотор та електронний модуль визначення координат сполучені з платою управління.

Модульний корсет для лікування сколіозу зображений на рис. 1-4:

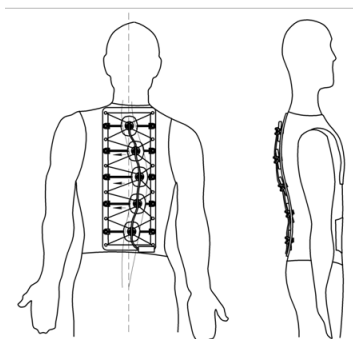


Рисунок 1 – вид корсету на тілі людини

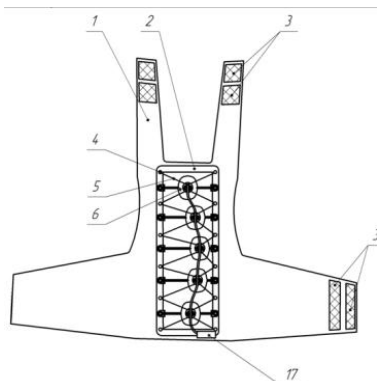


Рисунок 2 – вигляд корсету у розгорнутому виді

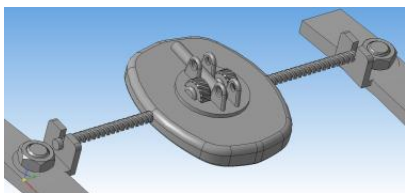
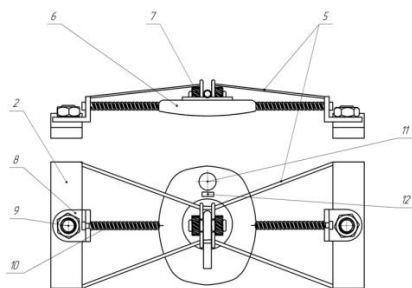


Рисунок 3 – фрагмент кріплення модулю відносно рами корсету

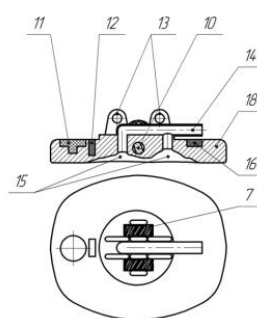


Рисунок 4 – конструкція модуля у розрізі та горизонтального виду

Модульний корсет для лікування сколіозу виконаний у вигляді набору модульних лікувальних елементів 6, що прикріплені до металевій прямокутній рамі 2 кронштейнами 8 з'єднанням гвинт-гайка 9. Рама 2 сполучена із основою корсету 1 через отвори 4. Основа корсету 1 виконана із міцної тканини має застіжки 3 для його зручного використання та забезпечує можливість регулювання обхвату корсетом всіх відділів хребта людини. Модульні лікувальні елементи 6 сполучаються між собою трубками для відкачування повітря 14, наприклад, за допомогою мікрокомпресора магнітоелектричного МКМ -7 (на кресленні не показано) та електричними і інформаційними проводами. Кожен модульний лікувальний елемент 6 містить корпус 18, виконаний з полімерного матеріалу (ABS). В корпусі 18 встановлено кроковий двигун 7 (наприклад, PM20L-020-CTD3), що передає рух до ходового валу 10 для переміщення модульного лікувального елемента 6. Корпус 18 також оснащено патронним керованим нагрівачем 12 (наприклад, M1020 Pt6,8 32208172), вібромотором 11 (наприклад, Apple iPhone 5) та електронним модулем визначення координат 16 (наприклад, акселерометр для мобільних телефонів GY-298 ADXL346Z, SPI / I2C). Сигнали від електронних модулів надходять до плати управління 17, що розташована у нижній частині корсету і захищена корпусом із полімеру ABS. На корпусі 18 виконані вушка 13 для закріплення гумових балансувальних джгутів 5, у нижній частині є заглибина для хребця 15 (отримано шляхом сканування 3D Systems Sense, фрагментів тіла людини та 3D друку).

Модульний корсет використовується в наступному порядку.

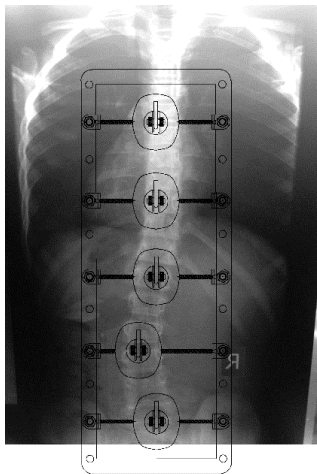


Рисунок 5 – Фіксація корсету відповідно до розташування хребців

Спочатку визначаються положення та кількість модульних лікувальних елементів 6 (від п'яти до семи) в залежності від амплітуди викривлення хребта людини, при цьому перший і останній модульний лікувальний елемент 6 повинні бути розташовані над хребцями, що не мають викривлень відносно еталонної траєкторії хребта, а інші модульні лікувальні елементи розташовуються між ними уздовж хребта, утворюючи таким чином замкнену криву для більш ефективного лікувального впливу (Рис. 5).

Коли модульні лікувальні елементи 6 виставлені шляхом пересування по ходових валах 10, вони прикріплюються до рами 2 гвинтами 9 через кронштейни 8, які також утримують ходові вали 10.

Далі натягуються гумові джгути 5 утворюючи навантаження на модульні лікувальні елементи 6 і більше притискання до хребців. Утримуючи конструкцію, остаточно прикріплюється рама 2 до основи корсету 1 через отвори 4 і стягується на тілі для забезпечення достатньої надійності функціонування без обмежень у пересуванні і базових рухів людини. До всіх трубок для відкачування повітря 14 модульних лікувальних елементів 6 приєднуються шланги. На внутрішні модульні лікувальні елементи 6, що мають змінювати положення хребців, встановлюються електронні модулі визначення координат 16, патронні керовані нагрівачі 12, вібромотори 11 та підключається живлення до крокових двигунів 7. Всі дроти та шланги сполучаються з платою управління 17, що розташована у нижній частині корсету, де також розташовано акумулятор живлення.

Спочатку налаштування модульних лікувальних елементів 6 і виконання необхідних підключень має робити тільки медичний працівник. Він також встановлює програму і визначає сеанси, від трьох до семи, самостійного використання корсету у певні проміжки часу, визначає додаткові особливості експлуатації корсету. Запропоновані наступні сеанси людина може пройти без участі медичного працівника не завжди знаходячись вдома. Під час використання корсету не слід піднімати навантаження, що перевищують 8-10 кг, робити різких рухів та змінювати запропоновану програму. Пацієнт може виконувати нескладну роботу, що не передбачає нахили та повороти з великою амплітудою.

Під час експлуатації корсету модульні лікувальні елементи 6 переміщуються з різною амплітудою від 0,06 до 0,24 мм. Кількість рухів за сеанс не перевищує трьох-чотирьох, змінюючи положення хребця лише до 1 мм.

Таким чином виконується поступова нетравматична процедура повільного ліку-вального впливу.

За рахунок вібрації та нагрівання забезпечується ефект масажу що позитивно впливає на перебіг ортопедичного сеансу лікування. В окремих випадках для більш щільного притискання модулів до хребців можна застосовувати спеціальні медичні пасти та клеї (ВербаФарм БФ-6). Після завершення першого циклу сеансів пацієнт повинен прийти до лікаря для встановлення нової програми лікування.



Рисунок 6 – Патент на корисну модель

Експериментально встановлено, що корсет доцільно використовувати у випадках I та II ступенів сколіозу самостійно і III ступеню під наглядом

лікаря ортопеда. За результатами розробки отримано патент на корисну модель України №115015 (Рис. 6).

Висновок. Модульний корсет для лікування сколіозу буде використано у безпосередній лікарській практиці для лікування дітей із вадами опорно-рухового апарату у закладах діагностики та реабілітації. Подальші дослідження буде спрямовано на розробку програмно-апаратних засобів для більш дієвої діагностичної та корегуючої дії розробленого модульного корсету.

Список літератури: 1. *Young Hong J-Y.* Evaluation of the three-dimensional deformities in scoliosis surgery with computed tomography: efficacy and relationship with clinical outcomes / *J. Young Hong, S. Seung-Woo, T. R. Easwar et al.* // *Spine (Impact Factor: 2.16).* – 02/2011. – Vol. 36 (19). – P. E1259-E1265. 2. *Ran B.* Comparison of the sagittal profiles among thoracic idiopathic scoliosis patients with different Cobb angles and growth potentials / *B. Ran, G. Y. Zhang, F. Shen et al.* // *J Orthop Surg Res.* – 2014. – Vol. 17; 9 (1). – P. 19. 3. *Бодян О.П.* Профілактика та корекція порушень постави у молодших школярів в умовах недостатньої функціональної спроможності опорно-рухового апарату / *О.П. Бодян, Д.Д. Совтисік* // *Сучасні проблеми фізичного виховання, спорту та здоров'я людини: зб. наук. пр. – Кам'янець-Подільський: К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2012. – Вип. 3. – С. 43-46.* 4. *Berryman F.* A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis / *F. Berryman, P. Pynsent, J. Fairbank, S. Disney* // *Eur Spine J.* – 2008. – Vol. 17 (5). – P. 663–672. 5. *Носов П.С., Яланський А.Д., Яковенко В.А.* Проектування 3D моделі реабілітаційного корсету як засобу комп'ютерної діагностики постави // *Східно-Європейський журнал передових технологій.* — Харків: Технол. центр, 2013. — № 3/2 (63). — С. 30-33. 6. *Носов П.С.* 3D Моделирование конструкции ортопедического корсета в Delcam PowerShape-FeatureCam. Науковий вісник ХДМА. Науковий журнал. — Херсон: ХДМА, 2013. — № 1(8) — С. 241-247. 7. *Тонконогий В.М., Савельева Е.В., Беца А.В.* Информационные технологии проектирования в ортопедии // *Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві».* — Одеса: ОНПУ, АО «Бахва», 2013. — Випуск 1 (2). — С. 182-188. 8. *Носов П.С., Яковенко В.Д., Тонконогий В.М.* Устройство для компьютерной коррекции отклонений осанки // *Збірник наукових праць НТУ «ХП» «Високі технології в машинобудуванні».* — 2013. — № 1. — С. 132 – 140.

Bibliography (transliterated): 1. *Young Hong J-Y.* Evaluation of the three-dimensional deformities in scoliosis surgery with computed tomography: efficacy and relationship with clinical outcomes / *J. Young Hong, S. Seung-Woo, T. R. Easwar et al.* // *Spine (Impact Factor: 2.16).* – 02/2011. – Vol. 36 (19). – P. E1259-E1265. 2. *Ran B.* Comparison of the sagittal profiles among thoracic idiopathic scoliosis patients with different Cobb angles and growth potentials / *B. Ran, G. Y. Zhang, F. Shen et al.* // *J Orthop Surg Res.* – 2014. – Vol. 17; 9 (1). – P. 19. 3. *Bodjan O.P.* Profilaktika ta korekcija porushen' postav u molodshih shkoljariv v umovah nedostatn'oi funkcional'noi spromozhnosti opornoruhovogo aparatu / *O.P. Bodjan, D.D. Sovtisik* // *Suchasni problemi fizichnoho vihovannja, sportu ta zdorov'ja ljudini: zb. nauk. pr. – Kam'janec'-Podil'skij: K-PNU imeni Ivana Ogiienka, 2012. – Vip. 3. – S. 43-46.* 4. *Berryman F.* A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis / *F. Berryman, P. Pynsent, J. Fairbank, S. Disney* // *Eur Spine J.* – 2008. – Vol. 17 (5). – P. 663–672. 5. *Nosov P.S., Jalanskij A.D., Jakovenko V.A.* Proektuvannja 3D modeli reabilitacijnogo korsestu jak zasobu komp'juternoї diagnostiki postavı // *Shidno-Єvropejs'kij zhurnalпередових tehnologij.* — Harkiv: Tehnol. centr, 2013. — № 3/2 (63). — S. 30-33. 6. *Nosov P.S.* 3D Modelirovanie konstrukcii ortopedicheskogo korsestu v Delcam PowerShape-FeatureCam. Naukovij visnik HDMA. Naukovij zhurnal. — Herson: HDMA, 2013. — № 1(8) — S. 241-247. 7. *Tonkonogij V.M., Savel'eva E.V., Bec A.V.* Informacionnye tehnologii proektirovanija v ortopedii // *Zbirnik naukovih prac' «Informacijni tehnologij v osviti, nauki ta virobniictvi».* — Odesa: ONPU, AO «Bahva», 2013. — Vipusk 1 (2). — S. 182-188. 8. *Nosov P.S., Jakovenko V.D., Tonkonogij V.M.* Ustrojstvo dlja komp'juternoї korekcii otklonenij osanki // *Zbirnik naukovih prac' NTU «HP» «Visoki tehnologij v mashinobuduvanni».* — 2013. —No 1. — S. 132-140.