

Biomedicīniskais apģērbs stājas korigēšanai

Viktorija Mecnika¹, Annija Kesele², Inese Ziemele³, Ivars Krievins⁴, ¹⁻⁴Riga Technical University

Kopsavilkums. Mugurkaula deformācija un ar to saistītās saslimšanas tiek uzskatītas par dažāda vecuma pacientu fiziskām un sociālām problēmām. Mugurkaula izliekumu deformācijas samazināšana un stājas uzlabošana ir samērā ilgstošs terapeitiskās un fizioterapeitiskās ārstēšanas process, piemēram, ar ortopēdiskām korsetēm, ar ārstniecisko un korigējošo vingrošanu. Tomēr dažos gadījumos pēc terapeitiskās vai fizioterapeitiskās ārstēšanas pacientam varētu palīdzēt palīgpasākumi, ar kuriem uzlabot pacienta stāju sadzīves apstākļos. Viens no pacienta ķermeņa pozas noteikšanas un korigēšanas iespējamajiem veidiem ir apģērbā integrētas elektroniskās sistēmas. Te apkopota informācija par biomedicīniskajiem apģērbiem stājas korigēšanai un par meklējumpētījumu, kurā izstrādāts apakšģērbs ar biometriskām funkcijām.

Atslēgas vārdi: biomedicīniskais apģērbs, valkājamā elektronika, stājas korigēšana, mugurkaula deformācija.

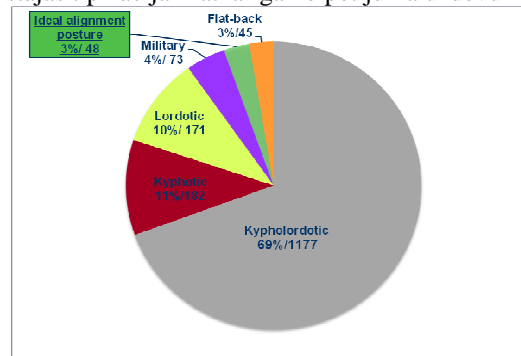
I.IEVADS

Cilvēka balsta un kustību sistēmas anatomija un ar to saistīto fizioloģisko un kinētisko procesu izpratne ir nepieciešama ne tikai medicīnas zinātņu nozarē. Stājas korigēšana un kustību biomehāniskā analīze varētu nodert veselības aprūpes sfērā (piem., bērnu fiziskās attīstības uzraudzībai) un sporta fizioloģijā, piemēram, sportistu kustību biomehāniskai analīzei [1][2].

Mugurkaula deformācijas iemeslus parasti saista ar stājas un ķermeņa mehāniku. Šīs deformācijas var izraisīt priekšlaicīgas mugurkaula segmentu strukturālās izmaiņas, muskuļu, skrimšļaudu, saistaudu un citus traucējumus [3]. Kaut gan gadījumi ar galēji patoloģiskām izmaiņām, kad pacientam ir nepieciešama ortopēdiskās korsetes valkāšana, nav bieža parādība, turpretim mērenas deviācijas no normālās stājas nav retums (1.att.) [4]. Stājas korigēšana ir sevišķi svarīga bērnu augšanas periodā, kad mugurkaula izliekumu forma un stājas apveids vēl var mainīties. Viens no biežāk sastopamākajiem mugurkaula deformācijas veidiem ir posturālā skolioze, kas parasti rodas skolas vecumā (2.a att.). Neārstēšanas gadījumā tā var izraisīt arī citas ar veselību saistītas problēmas, kā, piemēram, paaugstinātu muskuļu tonusu, galvassāpes un nogurumu [6].

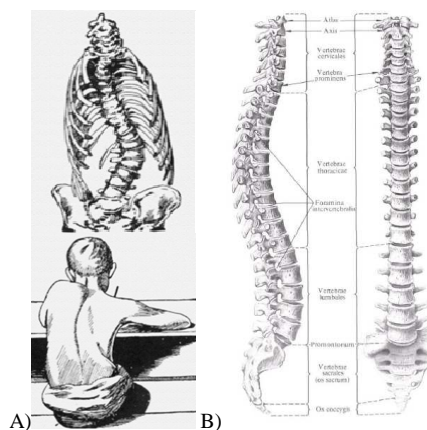
Stāju var definēt kā dinamisko stereotipu, kas veidojas indivīda augšanas un fiziskās attīstības procesā. No muskuļu līdzsvara pētniecības viedokļa stāju var raksturot kā cilvēka ķermeņa dabisko vai ierasto konfigurāciju, kas rodas, līdzsvarojoties ķermeņa muskuļu un gravitācijas spēkiem [2]. Antropoloģijā, medicīnā, sportzinībās u.tml. nozarēs galvenie stājas raksturotāji ir mugurkaula anatomisko konfigurāciju (apveida) rādītāji, piemēram, kakla un jostas (josmas) lordozes dziļumi. Apģērbzinībās stāju izvērtē pēc torsa apveida

sānskatā, kuru mugurpusē ietekmē lāpstiņu izvirkājums [3]. Tātad stājas tipizācija ir atkarīga no pētījuma uzdevumiem.



1.att.. 7-19 gadu vecu skolnieku stājas tipi [4]

Galvenais stājas raksturotājs ir mugurkaula forma mediālajā plaknē. Mugurkaulam ir četri anatomiskie izliekumi: kakla un jostas lordozes, krūškurvja un krustu kifozes (2.b att.) [7]. Skoliozi nosaka mugurkaula izliekumi sānu virzienā, kombinējoties ar skriemeļu rotāciju (izņemot funkcionālās skoliozes formu). Pastāv vairāki galējo stāju tipi. Sagītālajā plaknē var izdalīt kifotisko, lordotisko, kifotiski lordotisko, stulto un militāro stāju. [4][5][10].

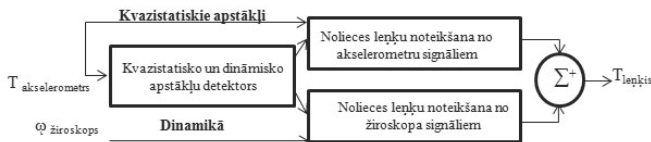


2. Att. Skolnieku skolioze (A); mugurkauls mediālajā sagītālajā un frontālajā plaknē (B).

Ar mugurkaulu saistīto slimību diagnostiku parasti veic speciālisti ar radiogrāfijas, optisko, antropometrisko un citu metožu palīdzību, piemēram, ar elektromiogrāfiju (EMG). Tradicionālie mugurkaula deformācijas preventīvie un korigējošie pasākumi ir fizioterapija, ortopēdisko korsetu valkāšana un ķirurģiskās operācijas. Arī ārpus stacionāra būtu lietderīgi pasākumi stājas un kustību pārraudzībai, piemēram, skolēnu stājas kontrolei un korigēšanai mācību laikā, arī gaitas un kustību uzraudzībai pēc apopleksijas vai līdzīgiem

un inerces spēku mērīšanai. Savukārt žiroskops nosaka ķermeņa orientācijas leņķu izmaiņas attiecībā pret koordinātu inerciālo sistēmu, balstoties uz impulsa momenta saglabāšanas likumu.

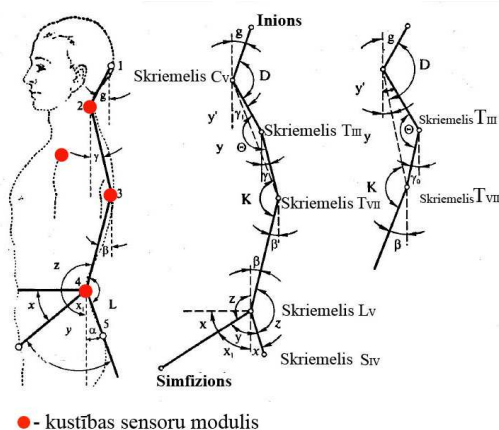
Pēc 3D akselerometra vektoru vērtībām nosaka sensoru moduļa nolieces kvazistatistiskos apstākļos. Savukārt rotācijas leņķu vērtības tiek noteiktas ar žiroskopa palīdzību, tā novēršot mērījumu traucējumus, piemēram, pēkšņa paātrinājuma gadījumus. Izmantojot abu devēju datus, iespējams noteikt ķermeņa pozu un tās izmaiņas laikā (6.att.).



6.att. Kustību sensora moduļa nolieces leņķa noteikšanas algoritms

Shēmā ir slēdzis, ar kuru īsteno ierīces ieslēgšanu un izslēgšanu. Ierīce darbojas no iebūvētā litija-jonu (Li-ion) akumulatora (3,7 V, 900 mAh), kura bezvadu uzlādēšanai apģērbā ir iebūvēta induktīvā spole. Maketierīcei ir izmantots elektronikas ražotāja „NXP Semiconductors” centrālais procesors (CPU) ARM¹ „Cortex-M3™” „LPC1759” ar darba frekvenci 120 MHz, kas nodrošina ātru digitālo signālu pārraidi un apstrādi. Sensoru moduļi savienoti ar galveno sistēmplati, izmantojot elektropavedienus, kuriem ir izolējošs pārklājums.

Sensori ir novietoti goniometriski apikālo punktu tuvumā, lai noteiktu leņķus, kas raksturo mugurkaula izliekumus mediālajā sagītālplaknē (CV, TVII, LV, SIV skriemeļu punkti - attiecībā pret iegurņa pozu) un plecu nolieces frontālajā plaknē (ar pleca punktiem) (7.att.). Nolieces leņķu (γ , β , α) vērtības mediālajā sagītālplaknē skaitliski raksturo kakla lordozi, krūškurvja kifozi un jostas (josmas) lordozi. [6][12]



● - kustības sensoru modulis

7. Att. Mugurkaula izliekumu leņķu noteikšanas shēma mediālajā sagītālplaknē: $D=180^\circ - (\gamma + g)$; $K=180^\circ - (\beta + y)$; $L=180^\circ - (\alpha + \beta)$; $z=180^\circ - (\alpha + \beta)$; $\Theta=180^\circ - (y - \gamma)$; $\Theta=180^\circ - (y + \gamma)$.

Kakla lordozes leņķis D tiek noteikts kā

$$D=180^\circ - (\gamma + g), \quad (1)$$

kur $(\gamma + g)$ kakla lordozes rādītājs; g leņķa vērtība tiek aprēķināta attiecīgi kakla segmenta līnijai no punkta 1 līdz punktam 2 (5.att.); $\angle g$ vērtības parasti nav sevišķi mainīgas, līdz ar to kakla lordozes indeksu lielākā mērā nosaka $\angle \gamma$.

Krūškurvja kifozi raksturo K leņķis, kuru nosaka kā

$$K=180^\circ - (\beta + y), \quad (2)$$

kur $(\beta + y)$ ir krūškurvja kifoze rādītājs. Lielākas rādītāja skaitliskās vērtības var liecināt par izteiktāku kifozi, bet mazākas vērtības var liecināt par staltu stāju.

Jostas (josmas) lordozes leņķis tiek aprēķināts kā

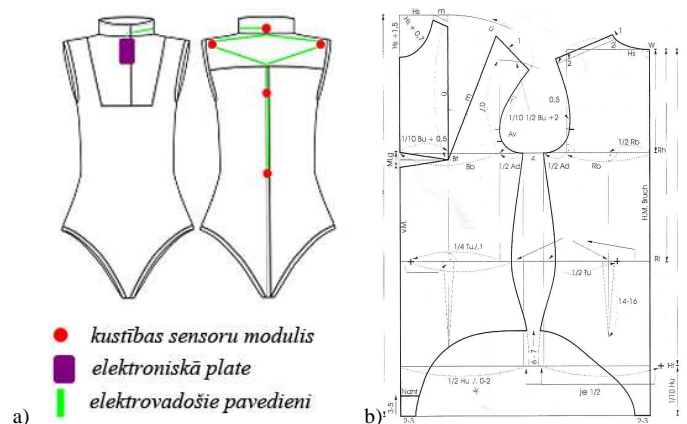
$$L=180^\circ - (\alpha + \beta) \quad (3)$$

kur $(\alpha + \beta)$ ir jostas (josmas) lordozes rādītājs. Jo lielāks ir šis rādītājs, jo izteiktāka ir jostas (josmas) lordoze. Atkarībā no leņķu savstarpējās attiecības, kas ir jostas (josmas) lordozes rādītājs $L=\alpha/p-100\%$, izdala vairākus josmas lordozes veidus.[6]

Ņemot vērā stāju koriģējošās sistēmas īpatnības, par piemērotāko ģērba veidu jāatzīst apakšdrēbju bodijas, kas nodrošina ciešu drānas piegulumu valkātāja ķermenim. Bodiju konstrukcija dod iespēju pilnveidot tekstilizstrādājuma tehnoloģiskos mezglus tādā veidā, lai iestrādātu elektronikas elementus, kas nepasliktinātu psihofizioloģisko komfortu, kopjamību un estētiskās īpašības. Par nākamo meklējumpētījuma posmu jāizvirza tehnoloģiskā izstrāde, ar kuru jāpanāk pēc iespējas zemāka pašizmaksa, lai bez liekiem tehnoloģiskiem sarežģījumiem varētu izgatavot bodijas trikotāžas apģērbu ražošanas plūsmās.

III.REZULTĀTI

Meklējumpētījuma rezultātā tika izstrādāts bodiju makets, kurā iestrādāta piecu kustības sensoru moduļu sistēma. (8.att. un 9.att.). Kustības sensoru moduļi izvietoti indivīda mugurkaula goniometriski apikālo punktu tuvumā.

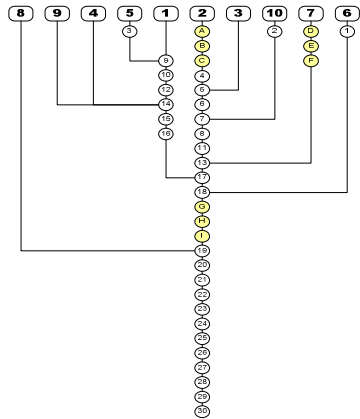


● - kustības sensoru modulis
■ - elektroniskā plate
— - elektrovadošie pavedieni

8. att. Bodiju priekšdaļas un mugurdaļas tehniskais zīmējums (a) un to balstpiegrieztnes algoritms pēc „Miller&Sohn” metodes

¹ ARM (abreviatūra no angļu val.) ir 32 bitu RISC (angļu val. 'Reduced Instruction Set Computer' - procesoru uzbūve, kas tiek plaši lietota iegultajās sistēmās, kas, pateicoties savām enerģijas taupīšanas īpašībām, dominē mobilo iekārtu tirgū, kur zems enerģijas patēriņš ir ļoti svarīgs. Burtiski tas ir procesora uzbūves trīs profilu akronīms: 'A' - 'application' (no angļu val. 'pielietojums, izmantošana'), 'R' - 'real time' (no angļu val. 'reālajā laikā'), 'M' - 'microcontroller' (no angļu val. 'mikrokontroleris').

Bodijas sastāv no 12 detaļām: priekšdaļa, kreisā un labā muguras daļa, divas priekšdaļas krūšu atdaļas, divas krūšu zematdaļas, mugurdaļas atdaļa, mugurdaļas plecu zematdaļa, virsapkakle, priekšdaļas stakles odere un mugurdaļas stakles odere. Elektronisko komponentu savienošanai tika izmantoti elektropavedieni 234/34 4ply. Katra kustības sensoru moduļa savienojumam ir nepieciešamas piecas paralēlas šuves (10.att.).



9. att. Tehnoloģiskais grafs, kur 1 – priekšdaļa, 2 – kreisā mugurdaļa, 3 – labā mugurdaļa, 4 – priekšdaļas krūšu atdaļa, 5 – priekšdaļas krūšu zematdaļa, 6 – mugurdaļas plecu atdaļa, 7 – mugurdaļas plecu zematdaļa, 8 – virsapkakle, 9 – priekšdaļas stakles odere, 10 – mugurdaļas stakles odere

Elektropavedienu un citu elektronisko komponentu nesaskaršanās ar valkātāja ķermeņi panākta ar drānas dubultkārtām. Piemēram, elektroniskās plates, kas ir izvietotas uz priekšdaļas atdaļas, un sensoru moduļi, kas atrodas pie antropometriskajiem punktiem 3 un 4 (7.att.), tika iestrādāti dubultā uzlikumvīlē ar slēgto griezummalu. Citos gadījumos, kad elektronikas komponentus vai to savienojumus nav iespējams konstruktīvi iestrādāt tehnoloģiskajos mezglos, tika izmantotas dubult detaļas, piemēram, priekšdaļas krūšu dubultatdaļas un mugurdaļas plecāja dubultatdaļas. Atbilstoši tekstilizstrādājuma sērijražošanas procesa īpatnībām tika izstrādāta tehnoloģiskā secība, kurā iekļautas arī elektronisko komponentu iestrādes operācijas (9.att.).



10. Att. Bodiju makets ar tajā iestrādāto stājas korektoru un kustības sensoru moduļiem

IV. SECINĀJUMI UN DISKUSIJA

Valkājamās elektroniskās sistēmas var izmantot cilvēka biokinemātisko rādītāju novērošanai, piemēram, stājas, pozas un gaitas uzraudzībai skolas vecuma bērnu vidū. Tās noder rehabilitācijas programmās pacientiem ar mugurkaula deformāciju u.tml. veselības traucējumiem. Biokinemātisko rādītāju novērošanas sistēmu realizācijas lētākais paņēmieni ir kustības sensorika, kas piemērota elektronisko moduļu izvietošanai (te-goniometriski) vajadzīgo punktu tuvumā. Aplūkojamās sistēmas galvenais trūkums ir punktu lokalizējamības neprecīzums un reģistrēto datu pārraides un apstrādes nekvalitatīvums.

Šādu izstrādņu ietvaros tekstilnieku uzdevums ir izvēlēties piemērotāko tekstilizstrādājuma veidu, ar kuru ņemt vērā valkātāja anatomiskās un fizioloģiskās īpatnības, izraudzīties elektronisko komponentu integrēšanas paņēmienus, kas nodrošinātu, pirmkārt, no elektronikas un programmnodrošinājuma neatkarīgas sistēmas bezatzeicīgo valkājamību un kopjamību, un otrkārt, tā nodrošinātu valkātājam pietiekamu psihofizioloģisko komfortu, ņemot vērā arī apģērbam izvirzāmās ergonomiskās un estētiskās prasības.

Meklējumpētījuma ietvaros tika izstrādāts goniometriskais algoritms, ar kuru noteikt mugurkaula deformācijas mediālajā sagītālpaknē un plecu nolieci frontālajā plaknē, izmantojot tam trīsasu akcelerometrus un žiroskopus. Tika izstrādāta maketierīces shēma un kustību sensoru moduļi, kas savienojami ar sistēmplati, izmantojot elektropavedienu. Par meklējumpētījuma tekstilzinisko rezultātu varētu uzskatīt apakšģērba (bodiju) darināšanas secības izstrādi, lai paredzētu elektronisko elementu integrējamību sērijražošanas plūsmā. Maketierīces darbības pārbaudēs tika atklāts, ka nepieciešama elektropavedienu ekranēšana, lai mazinātu signālu trokšņus.

APLIECINĀJUMS

Šī publikācija izstrādāta un sagatavota Eiropas Sociālā fonda līdzfinansētā projekta „Starpnozaru zinātniskās grupas izveidošana viedo tekstiliju jaunu funkcionālo īpašību attīstīšanai un integrēšanai inovatīvos izstrādājumos“. Līguma Nr.2009/0198/1DP/1.1.1.2.0./09/APIA/VIAA/148 ietvaros.



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] I.Krieviņš.. Stāja. In. I.Krieviņš, Tērpzinību antropoloģijas pamati. Rīga: RTU, 2010
- [2] Fusion motion capture: a prototype system using inertial measurement units and GPS for the biomechanical analysis of ski racing. Matthew Brodie, Alan Walmsley, Wyatt Page. 1, Wiley Online Library : Sports Technology, John Wiley and Sons Asia Pte Ltd, 2008, Vol. 1. ISSN: 1934-6190.
- [3] Umbrāško, Silvija. Skolēnu stājas un pēdas parametru vērtējums kā fiziskās attīstības rādītājs gadsimtu mijā. Rīga : RSU, 2005.

- [4] A. A. Потапчук, М. Д. Дидур. Осанка и физическое развитие детей. Программа диагностики и коррекции нарушений. Санкт-Петербург : Речь, 2001. ISBN 5-9268-0040-4.
- [5] В.А.Кашуба. Биомеханика осанки. Киев : Олимпийская литература, 2003. ISBN 966-7133-58-3.
- [6] Body Gesture and Posture Classification by Smart Clothes. Danilo De Rossi, Raphael Bartalesi, Federico Lorussi, Alessandro Tognetti, Giuseppe Zupone. Pisa : Interdepartmental Res. Center, Pisa Univ. , 2006. Proceedings of the first IEEE / RAS-EMBS international conference on biomedical robotics and biomechanics. pp. 1189 - 1193
- [7] H.R., Mattila. Intelligent textiles and clothing. Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2006. 978-1-85573-546-6.
- [8] Pu Xue, Xiaoming Tao, Mei-Yi Leung, Hui Zhang. Electromechanical Properties of Conductive Fibres, Yarns and fabrics. Xiaoming Tao. Wearable Electronics and Photonics. Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2005, pp. 81-103.
- [9] Body Posture Identification using Hidden Markov Model. Muhannad Quwaider, Subir Biswas. Brussels : ACM, 2008. 3rd International ICST Conference on Body Area Networks. 978-963-9799-17-2 .
- [10] G.Van Herp, P.Rowe, P.Salter, J.P.Paul. Three-dimensional Lumbar Spinal Kinematics: a Study of Range of Movement in 100 Healthy Subjects Aged 20 to 60+Years. Reunematology. Oxford Journals, 2000, Vol. 39, 12.
- [11] A System for Wearable Monitoring of Seated Posture. L.E.Dunne, P.Walsh, B.Smyth, B.Caulfield. Aachen : Springer, 2007. 4th International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Network. Vol. 13, pp. 203-208. 1680-0737.
- [12] Kun-chan Lan, Chien-Ming Chou, Tzu-nung Wang, and Mei-Wen Li. On the Efficiency of Cluster-based Approaches for Motion Detection using Body Sensor Networks. Compuare Science and Information Systems. ComSIS Consortium, 2011, Vol. 8, 4.
- [13] Real-time Posture Detection using Body Area Sensor. Muhannad Quwaider, Anthony Plummer Jr., Jayanthi Rao, Mahmoud Taghizadeh. Linz : ISWC, 2009. Proceedings of the 13th International Symposium on Wearable Computers.
- [14] **Smart textiles for Medicine Application and Healthcare** L.Van Langenhove. - Cornwall : Woodhead Publishing, 2007. - 978-1-84569-027-4.

Viktorija Mečnika, Mg.sc.ing. Master grade in Clothing Technology was conferred in June, 2010 in the Institute of Textile Technologies and Design, Riga Technical university. Currently continues doctoral studies in Riga Technical university (November 2010- August 2011); currently works as a scientific assistant in the "Biophotonic Research Group", Institute of Atomic Physics and Spectroscopy, Latvia University; since September, 2010 assists in the course "Basics of Anthropology for Clothing Studies" for Textile and Clothing Technology bachelor programme. The main field of research is development, improvement and evaluation of biomedical garments for remote monitoring of physiological parameters. Work experience in apparel and textile retailing in the segment of High Street Fashion and luxury brands. Contact information: viktorija.mecnika@rtu.lv

Annija Kesele, Bc.sc.ing. Bachelor grade in Clothing Technology was conferred in June, 2011 at the Riga Technical University (RTU). Currently continues Master studies at the Textile Technology and Design Institute, RTU.

Inese Ziemele, Dr.sc.ing. Fields of study: optimization of sewing parameters, selective method of sewing machines for assurance of guaranteed quality in the garments production layout.

Senior technologist in LLC „Solutions”, Riga, Latvia (1998-2007); since 2007 researcher and assistant professor in the Institute of Textile Materials Technologies and Design, Riga Technical University, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga, Latvia. The main research fields are apparel production technologies, design of production processes in sewing companies, apparel logistic.

Contact information: e-mail inese.ziemele@rtu.lv, tel. number +371 67089173, Riga Technical university, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Āzenes str. 14, Riga LV-1048.

Ivars Krieviņš, Dr.sc.ing. Currently Associate Professor at the Riga Technical university (RTU), Institute of Textile Materials Technologies and Design, Department of Clothing and Textile Technologies, Āzenes 14, Riga, Latvia. Chairman of the Textile Terminology Commission at the Latvian Academy of Sciences; (1992 to present); Chairman of the Technical Committee for National Standardization Body LVS/STK/41 "Textiles and Leather" (1997 - 2002); Textile Expert of the Ministry of Economics for the EU Textile Labelling Committee (2000 to present); Member of the RTU Promotion Council RTU-P-11 (1998-2005); Contact information: e-mail ivars.krievins@rtu.lv

Viktorija Mečnika, Annija Kesele, Inese Ziemele, Ivars Krieviņš. Biomedical Garments for Posture Control

Deviations of spinal curvatures and related diseases might be concerned with both physical and social problems of patients of different age, e.g. discomfort due to pains caused by spinal deformities and contorted posture. Assessments of the spinal cord are commonly implemented by radiography, ultrasonography and other methods that require to be carried out by professionals in clinical or laboratory environments. Reduction of spinal deformities and improvement of posture requires generally long-lasting therapeutic and physiotherapeutic treatments, e.g. orthotic intervention and therapeutic physical training. Still some extra arrangements might be appropriate during or after therapeutic and physiotherapeutic treatments to control and improve patient's posture in everyday life. One of the options to control patient body position for a long-lasting period is application of wearable electronic system integrated into a garment. The paper presents information on biomedical garments for posture control, methods used and the development of an undergarment with biomedical performance. The pre-study focuses on a design concept of a wireless on-body sensor network, which consists of five inertial sensor modules. The wearable system is supposed to provide trunk posture in real-time and biofeedback with the wear.

Виктория Мечника, Анниа Кеселе, Инесе Зиемэле, Иварс Криевиньш. Биомедицинская одежда для коррекции осанки.

Деформация позвоночного столба и связанные с этим патологии могут считаться как нарушением физического развития, так и социальной проблемой для пациентов разных возрастов, например, дискомфорт, причиной которого являются болевые синдромы, вызванные деформацией позвоночника и неправильной осанкой. Оценка позвоночного столба обычно проводится в клинических условиях при помощи медицинского персонала посредством рентгенографии, ультразвукографии и других методов. Коррекция искривлений позвоночного столба и осанки обычно длительный процесс, требующий терапевтического и физиотерапевтического лечения, например, ортопедические корсеты и лечебная физкультура. В некоторых случаях во время или после терапевтического лечения или курса физиотерапии могли бы быть уместны дополнительные меры для слежения за осанкой пациента в повседневной жизни. Один из способов наблюдения и относительного контроля положения тела пациента - применение миниатюризованных электронных систем, встроенных в одежду. В статье представлена обобщенная информация о разработках и используемых методах технической реализации систем для наблюдения и коррекции осанки, встроенных в одежду, и приведены результаты пилотажного исследования по проектированию боди со встроенной системой модулей инерционных сенсоров для контроля осанки.

