



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00867**

(22) Data de depozit: **25/10/2017**

(41) Data publicării cererii:
30/03/2018 BOPI nr. **3/2018**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "TRANSILVANIA" DIN
BRAȘOV, BD.EROILOR NR.29, BRAȘOV,
BV, RO;
• UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI
FARMACIE "CAROL DAVILA" DIN
BUCUREȘTI, STR. DIONISIE LUPU NR.37,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• BUTNARIU SILVIU LUIS, STR. CEAHLĂU
NR.11, BRAȘOV, BV, RO;
• COVALEOV ANATOLI-EUGEN,
ALEEA LUPENI NR.6, BL.E3, SC.A, ET.1,
AP.8, CONSTANȚA, CT, RO

(54) **SISTEM PORTABIL DE DIAGNOSTICARE ȘI TERAPIE
A AFECȚIUNILOR COLOANEI VERTEBRALE, BAZAT
PE SENZORI INERȚIALI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem portabil pentru diagnosticarea și urmărirea posturii coloanei vertebrale, destinat a fi utilizat în domeniul medical. Sistemul conform invenției cuprinde un subsistem achiziție date (1) dotat cu un exoschelet flexibil, cu senzori (2) inerțiali, poziționat de-a lungul coloanei vertebrale, pe un articol vestimentar, un subsistem mobil de calcul, format dintr-un controler bazat pe o placă de dezvoltare (3), un subsistem de calcul și comunicație (4), capabil de conexiune prin Bluetooth și Internet, un subsistem de avertizare (5) și un subsistem de calcul fix (6), format dintr-un server la care au acces medicul specialist și pacientul utilizator al sistemului inventiv, și în care sunt stocate date referitoare la dimensiunile geometrice ale coloanei vertebrale, precum și caracteristicile geometrice impuse pacientului, în vederea monitorizării continue a poziției critice a coloanei vertebrale, a alertării utilizatorului, precum și a corecției poziției coloanei vertebrale.

Revendicări: 2
Figuri: 5

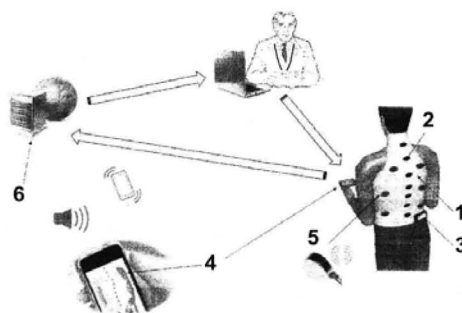


Fig. 5

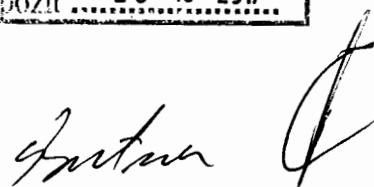


SISTEM PORTABIL DE DIAGNOSTICARE ȘI TERAPIE A AFECȚIUNILOR COLOANEI VERTEBRALE BAZAT PE SENZORI INERȚIALI

Invenția se referă la un sistem pentru diagnosticarea și tratamentul afecțiunilor coloanei vertebrale ce constă dintr-un dispozitiv mecatronic capabil să măsoare în timp real poziția instantanee a coloanei vertebrale umane, facilitând un diagnostic precis, precum și monitorizarea continuă în vederea prevenirii și/sau tratarea afecțiunilor acesteia.

O mare parte a afecțiunilor coloanei vertebrale sunt datorate pozițiilor necorespunzătoare din timpul activităților zilnice. Odată instalate, pentru aceste afecțiuni, medicația este prescrisă doar cu scop de calmare a durerilor, în timp ce pentru vindecare singurele remedii se bazează pe corecția terapeutică a posturii și educația privind controlul permanent al acesteia. Majoritatea terapiilor prescrise vizează corectarea poziției coloanei pe perioade lungi de timp, luni sau chiar ani. Dacă în perioada de spitalizare bolnavul se află sub supraveghere medicală, în perioadele mult mai lungi de tratament ambulatoriu, în care bolnavii își reiau inclusiv activitățile profesionale, s-a constatat că există mari dificultăți de implementare a terapiei și, în realitate, în puține cazuri se înregistrează o îmbunătățire – și aceasta aproape exclusiv datorită nerespectării indicațiilor terapeutice.

Analiza pieței a evidențiat faptul că nu există comercializate produse similare, ci doar dispozitive pasive care nu sunt proiectate pentru urmărirea tratamentelor prescrise de medicii specialiști. Conform studiilor din domeniul medical de specialitate, peste 60% din populația cu vârstă până în 80 ani suferă cel puțin un episod de afecțiune a coloanei vertebrale a cărui tratament principal constă în controlul și evitarea unor poziții ale coloanei pentru o perioadă îndelungată de timp. S-a demonstrat că afecțiunile coloanei lombare (scolioza, lordoza, cifoza) sunt cu deosebire răspândite în anumite sectoare de activitate și în cadrul anumitor profesii. Se pare că, în UE, răspândirea afecțiunilor coloanei lombare este similară atât pentru bărbați, cât și pentru femei. Strategiile de prevenire a afecțiunilor coloanei lombare cuprind atât intervenții la nivelul locului de muncă cât și măsuri de ordin medical. Se manifestă o recunoaștere din ce în ce mai largă a faptului că rezolvarea eficientă a problemei necesită o abordare integrată, înglobând ambele tipuri de intervenții.



Există mai multe metode de apreciere a diverselor aspecte ale bolilor coloanei vertebrale: metode de laborator, metode radiologice, metode metrologice, indici funcționali, indici de activitate a bolii, indici globali, indici clinici (Bolosiu H.D., *Spondilita anchilozanta*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1989, p. 52 – 60; Sbenghe T., *Kinetologie profilactica, terapeutica și de recuperare*, Editura Medicala, București, 1987, p. 54; Suta M., Suteanu S., *Actualități în spondilita anchilozanta și artritele reactive*, Editura Comandor, Constanta, 2000, p. 137-138). Metodele de laborator implică utilizarea unor echipamente fixe și pretențioase. Prin aceste metode se obțin rezultate care sunt utilizate doar pentru diagnosticare. Acestea măsurători pot avea precizii de 2...4 mm, și sunt obținute prin măsurarea cu diferite dispozitive - triflexometru, medimouse sau prin scanare - achiziția de imagini cu un scanner 3D, măsurare cu ajutorul ultrasunetelor (Folsch, C., Schlogel, S., Lakemeier, S., Wolf, U., Timmesfeld, N., and Skwara, A.: 'Test-retest reliability of 3D ultrasound measurements of the thoracic spine', *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 2012, 4, {5}, pp. 335-341), metoda optică cu 3 camere foto (Gruescu, C.M., Lovasz, E-C., Garaimana, A., Carabas, I., and Bodea, R., *Scanning System Integrated within Biometric Measurement*, Springer, 2013; Legaye, J.: 'Follow-up of the sagittal spine by optical technique', *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 2012, 55, {2}, pp. 76-92) dar și echipamente de măsurare a cinematicii coloanei vertebrale în zona toracică și cervicală (Murans, G., Gutierrez-Farewik, E.M., and Saraste, H.: 'Kinematic and kinetic analysis of static sitting of patients with neuropathic spine deformity', *Gait & posture*, 2011, 34, (4), pp. 533-538; Sbenghe T., *Kinetologie profilactica, terapeutica și de recuperare*, Editura Medicala, Bucuresti, 1987, p. 54). Forma coloanei este obținută utilizând o serie de calcule matematice pe bază măsurărilor efectuate. În ultimii ani, se utilizează din ce în ce mai mult analiza folosind metode radiologice, bazându-se pe procedeul de segmentare a imaginii și măsurarea unghiurilor (Humbert, L., De Guise, J.A., Aubert, B., Godbout, B., Parent, S., Mitton, D., and Skalli, W.: '3d Reconstruction of the Spine from Biplanar X-Rays Using Longitudinal and Transversal Inferences', *Journal of Biomechanics*, 2007, 40, pp. S160; Lecron, F., Benjelloun, M., and Mahmoudi, S.: 'Cervical spine mobility analysis on radiographs: a fully automatic approach', *Computerized medical imaging and graphics : the official journal of the Computerized Medical Imaging Society*, 2012, 36, (8), pp. 634-642; Milenkovic SM, Kocijancic RI, Belojevic GA., *Left handedness and spine deformities in early adolescence*, *Eur J Epidemiol.* 2004, 19(10):969-72) sau, pe de altă parte, reconstrucția modelelor 3D utilizând fișierele de tip DICOM obținute cu ajutorul computerului tomograf (CT) (Alexa O., Stratan L. *Notiuni de bază în ortopedie și traumatologie, sub coordonarea Prof. Dr. Georgescu*, 1999, 80-90; Kadoury, S., Labelle, H., and Paragios, N.: 'Automatic



inference of articulated spine models in CT images using high-order Markov Random Fields, *Medical image analysis*, 2011, 15, (4), pp. 426-437; Laurent, C.P., Jolivet, E., Hodel, J., Decq, P., and Skalli, W.: 'New method for 3D reconstruction of the human cranial vault from CT-scan data', *Medical engineering & physics*, 2011, 33, (10), pp. 1270-1275; Reutlinger, C., Gedet, P., Buchler, P., Kowal, J., Rudolph, T., Burger, J., Scheffler, K., and Hasler, C.: 'Combining 3D tracking and surgical instrumentation to determine the stiffness of spinal motion segments: a validation study', *Medical engineering & physics*, 2011, 33, (3), pp. 340-346; Yamauchi, T., Yamazaki, M., Okawa, A., Furuya, T., Hayashi, K., Sakuma, T., Takahashi, H., Yanagawa, N., and Koda, M.: 'Efficacy and reliability of highly functional open source DICOM software (OsiriX) in spine surgery', *Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, 2010, 17, (6), pp. 756-759).

În urma studiului efectuat asupra dispozitivelor utilizate pentru diagnoză și terapie s-au identificat unele echipamente fixe, după cum urmează:

- Brevet WO 2004/043257 A1 – Device for the diagnosis and/or therapy of functional disorders of the cervical spine; US4586515A - Device for measuring the position and/or motion of a body part; LT6235B - Vertical human positioning support device - pacient în repaus, pe scaun, caruia i se urmărește poziția capului cu un sistem de urmărire mecanic de tip braț robotic.
- Brevet DE 4439803 A1 - Device for rotational measurement of spine; US5647375A - Method and apparatus for assessing the lumbar spine – dispozitiv fixe pentru măsurarea posturii și rotației coloanei vertebrale a persoanelor în mod mecanic.
- Brevet DE10104512A1 - Orthopedic body measurements for detection of curvature of e.g. spine - dispozitiv de măsurare pe baza echipamentelor optice (camere) a formei corpului uman și / sau o parte deformată a corpului unui pacient în ortopedie.
- Brevet GB2450472A – Evaluating muscular strength and injuries associated with the neck and spinal column – sistem ce poate evalua capacitatea musculară a gâtului și coloanei vertebrale.
- Brevet US3815247A - Device for the measurement of the angle of kyphosis - dispozitiv pentru măsurarea unghiului coloanei vertebrale umane în cazul cifozelor. Aparatul este prevăzut cu o scală calibrată unghiular și un indicator pivotant conectat la scală.



- Brevet US2002049393A1 - Posture analyzer - dispozitiv fix de măsurare a coloanei vertebrale, cu pacientul în picioare. US2016008203A1 - Device for spine correction and measurement system - sistem de măsurare a formei coloanei vertebrale, în poziția culcat.
- Brevet US2006015042A1 - Method and apparatus for detection and measurement of scoliosis of the spine - dispozitiv mobil de tip mouse cu care se urmărește și înregistrează prin palpare forma coloanei vertebrale.

Aceste produse se aseamănă cu produsul propus prin scopul urmărit – cel de a urmări și măsura postura corpului uman în general și a coloanei vertebrale, în particular. Totodată, acestea sunt dispozitive imobile, ce implică fixarea pacientului într-o anumită poziție și măsurarea posturii corpului acestuia.

Din punct de vedere al sistemelor mobile de urmărire în timp real, au fost identificate unele brevete:

- Brevet CN2619581Y - Mobile Phone / Mobile ECG monitoring device - reprezintă un sistem portabil, mobil, care monitorizează activitatea cardiacă prin înregistrare și transmitere date.
- Brevet IES86477B2 – Mobile measuring device for the range of motion of the cervical spine – sistem mobil, format din două elemente, situate unul pe spatele pacientului, altul pe capul acestuia și care poate urmări și înregistra poziția relativă între senzori, determinând mișcarea din zona cervicală.
- Brevet KR20160010929A - Method and system for determining spine disease using inertial sensor - sistem ce folosește 4 senzori inerțiali, montați 2 pe umeri, 2 pe șolduri, ce pot înregistra o postură a pacientului în poziția șezut.
- Brevet US5772610A - Method and apparatus for dynamic and direct measurement of lumbar lordosis - dispozitiv pentru măsurarea unghiului de curbură a coloanei vertebrale lombare a pacientului.
- Brevet US2014156218A1 - Method of motion tracking - sistem de urmărire a mișcării membrelor și corpului uman pe baza de senzori inerțiali.

dar care nu ajung la complexitatea produsului prezentat.

Referitor la sistemele ce folosesc senzori inerțiali, au fost identificate câteva echipamente:



- Brevet CN102859388A - Multi-user interactive motion tracking using sensors - sistem de senzori inerțiali, montați pe diverse platforme ce își modifică poziția unele față de celelalte. Se poate determina poziția relativă a platformelor în timp real.
- Brevet US2009204031A1 - Joint angle tracking with inertial sensors – o metodă pentru estimarea unghiurilor comune ale membrelor mai multor segmente ale brațului cu senzori inerțiali.

care folosesc aproximativ același principiu de funcționare, mai puțin algoritmul matematic de calcul al posturii.

În ceea ce urmează, sunt prezentate o parte din produsele identificate ce au o anumită relevanță în raport cu echipamentul propus:

- Dispozitiv tip "Kosmodisk" (<http://www.kosmodisk.ro>) și Brevet TW201534234A - Suspenders with functions of hot compress, vibration massage and far-infrared - exercită, prin intermediul unor forme speciale, o forță / vibrație pe coloana vertebrală. Principiul de lucru este de a crea o presiune permanentă asupra pielii, îmbunătățind circulația sanguină la suprafață. Nu ține cont de poziția coloanei vertebrale, de postura utilizatorului.
- Dispozitiv de urmărire / monitorizare a poziției corpului tip Virtual Corset (<https://www.microstrain.com>). Acest dispozitiv are rolul de a aminti purtătorului să stea drept, reducând sarcinile suportate de coloana vertebrală. Echipamentul este constituit dintr-un senzor de înclinare, un data logger și o alarmă silențioasă cu vibrație și înregistrează înclinarea trunchiului și avertizează purtătorul atunci când a fost atinsă o limită prescrisă a unghiului de înclinare. Medicul terapeut stabilește limitele unghiului de înclinare, frecvența de achiziție date, precum și intervalele de logare prin portul serial al unui calculator personal (PC). Acest echipament, având un singur senzor de înclinare montat într-o anumită poziție pe corpul uman (de regulă, pe centură sau pe piept), este destinat doar pentru măsurarea înclinării corpului, nu și pentru urmărirea curburii coloanei vertebrale sau a posturii pacientului.
- Dispozitiv pentru corecția off-line a poziției coloanei vertebrale Vertebrate Orthosis (<http://www.orteze.ro/orteze-torace-abdomen.html>). Aceste orteze, numite uneori și hamuri de memorie, sunt indicate pentru corectarea pozițiilor vicioase ale coloanei sau în cazul fracturilor claviculare. Fiind doar niște elemente elastice ce creează o forță permanentă într-o singură direcție, ortezele pot asigura un control al posturii doar prin limitarea fizică a mișcărilor pacientului.



- **Vertetrac** (<http://meditrac.co.il/products/vertetrac/>) Tratamentul cu Vertetrac se bazează pe combinarea mișcării de tracțiune cu micșorarea simultană a presiunii, permite schimbul de fluide, crescând gama de mișcări (Range of Motion) și promovează recuperarea. Este indicat pentru utilizarea pentru tratamentul scoliozei idiopatice (juvenilă, adolescent sau adult). Nu poate fi folosit pentru urmărirea posturii corpului, funcția principală fiind de realizare a unei forțe verticale care să micșoreze presiunea dintre vertebre.
- **Decompression Spinal Air Traction Belt** (<http://www.amazon.com/Spinal-Traction-Belt-Health-Care/dp/B00DVMTTA6>) – suport pentru decompresie vertebre lombare; aceste bretele acționează în scopul generării unei forțe între partea de jos a cutiei toracice și partea superioară a soldului. Același rol ca și dispozitivul Vertetrac, nu poate urmări poziția coloanei vertebrale.
- **Natural Curve Deluxe Full Spine Tractor** - Dispozitiv de tratament de decompresie a coloanei.

O parte dintre dispozitivele de mai sus vizează, în principiu, aplicarea unei forțe pentru corectarea curbării coloanei, care însă este totdeauna aceeași indiferent de afecțiune și pacient. Altele vizează doar efectuarea unui masaj punctual sau zonal, prin presare. Pe piață se regăsesc și alte dispozitive, bazate pe identificarea înclinării sau chiar a posturii corpului uman, dar fără a fi dispozitive medicale, acestea având doar un rol minor, de a atenționa utilizatorul în momentul înclinării toracelui sau a capului.

- **TRUPOSTURE smart-shirt**, (www.truposture.com) - este un accesoriu de îmbrăcăminte inteligent proiectat pentru a îmbunătăți postura coloanei și pentru a reduce durerile de spate. Tehnologia multi-senzor urmărește alinierea întregii coloanei vertebrale și ajută la menținerea unei posturi ideale prin intermediul feedback-ului vizual și a vibrațiilor. Dispozitivul încă nu este disponibil pe piață. Acest echipament nu are o conexiune on-line cu un server, postura pacientului nu poate fi urmărită de către medicul specialist.
- **Alex Namu** (<http://alexposture.com/>) și **Portuspine Wear** (<http://portuspine.com/>) - sunt dispozitive poziționate la nivelul gâtului prin intermediul căruia se poate măsura înclinarea capului și gâtului în scopul estimării posturilor incorecte. Informațiile sunt trimise către smartphone prin Bluetooth care rulează o aplicație ce alertează utilizatorul când o postura incorectă este detectată. Utilizatorul are posibilitatea de personaliza modul de alertare (intensitate, frecvența alertelor). Fiind un echipament ce conține doar un singur senzor ce sesizează înclinările, acesta nu este capabil să urmărească postura coloanei vertebrale ci doar poziția capului.

- Upright (<http://www.uprightpose.com>) - este un senzor poziționat la spate, în zona lombară, care conține un algoritm inteligent de estimare a posturii coloanei vertebrale utilizat pentru a evita durerile de spate datorate posturilor incorecte la locul de munca. Aceleași observații ca la dispozitivul Alex Namu, cu deosebirea că senzorul este poziționat la spate.
- Prana (<http://prana.co/>) - ajută la îmbunătățirea posturii la locul de munca analizând frecvența respirației diafragmatică identificată prin intermediul unui senzor. Datele sunt transmise către un smartphone care rulează o aplicație ce permite estimarea și corectarea posturii și frecvenței respirației. Senzorul este aplicat direct pe piele și se măsoară înclinarea corpului, fără a avea intenția de a identifica postura coloanei vertebrale.
- Lumo Lift (<http://www.lumobodytech.com/lumo-lift/>) - este un mic dispozitiv care poate fi atașat unui accesoriu de îmbrăcăminte și care permite atenționarea utilizatorului prin vibrații de intensitate scăzută în momentul în care nu este păstrată o postură corectă a coloanei (postura dreaptă). Deoarece senzorul este atașat la un produs vestimentar (de ex. gulerul sau buzunarul cămășii), informația citită de acesta este puternic afectată de modul în care produsul vestimentar se mișcă pe corp.

Obiectivul principal al dezvoltării acestui echipament este de a îmbunătăți tratamentul afecțiunilor coloanei vertebrale prin dezvoltarea de dispozitive mecatronice care ajută echipa medicală și pacientul în stabilirea unui diagnostic corect și în urmărirea protocoalelor de terapie. În acest scop, se va dezvolta un dispozitiv portabil care urmărește și corectează permanent poziția coloanei vertebrale, fiind astfel util în diagnosticarea, prevenirea și / sau tratamentul bolilor coloanei vertebrale.

Sistemul este compus, în esență, dintr-un obiect vestimentar (de exemplu vestă, tricou, cămașă) dotat cu senzori, elemente de acționare, controler și un sistem de calcul portabil (smartphone sau tabletă). Sistemul poate identifica în timp real postura corpului uman, având o utilitate dublă:

- Diagnosticare - măsurarea cât mai exactă a mobilității spinale și reprezentarea grafică a coloanei vertebrale în raport cu planul de referință sagital, urmat de o comparație cu modelul de referință stocat în bază de cunoștințe. Sistemul folosește o aplicație software instalată pe un calculator, având o interfață utilizator 3D precisă; se utilizează de către echipa medicală, atât pentru interpretarea rezultatelor cât și pentru simularea unor tratamente posibile.



- Terapie – sistemul este coordonat de o aplicație software de pe smartphone, având funcții de monitorizare permanentă a poziției coloanei vertebrale și de comparare cu referința prescrisă în tratament. Dacă postura prescrisă nu este respectată, pacientul primește un stimul delicat de avertizare aplicat local, în zona vizată, avertizându-l să-și corecteze postura. În plus, aplicația instalată pe smartphone se va putea reconfigura și adapta în funcție de evoluția tratamentului.

Avantajul dezvoltării unui dispozitiv portabil constă în obținerea unui suport interactiv pentru pacient în ambulatoriu și corecția activă a afecțiunilor statice și dinamice ale coloanei vertebrale.

Este bine cunoscut faptul că cele mai frecvente terapii prescrise pentru tratamentul afecțiunilor lombare vizează corectarea poziției coloanei vertebrale pentru perioade lungi de timp (luni sau chiar ani). Tratamentul acestor afecțiuni este, de obicei, realizat cu succes în timpul perioadei de spitalizare, deoarece pacienții sunt sub supraveghere medicală. Cu toate acestea, în cazul unui tratament ambulatoriu desfășurat pe o perioadă lungă de timp, atunci când pacienții își reiau activitățile profesionale, apar numeroase dificultăți în aplicarea terapiei. În realitate, foarte puține cazuri au ca rezultat o îmbunătățire a afecțiunilor, datorate în principiu nerespectării instrucțiunilor terapeutice.

Echipamentul propus include un produs vestimentar (vestă, tricou, body) dotat cu o serie de senzori de tip inerțial (IMU: accelerometru, magnetometru și giroscop) și un controller care poate comunica wireless cu o aplicație pe smartphone sau tabletă. Totodată, pe produsul vestimentar există câteva mici actuatoare - buzzere care pot produce vibrații similare celor de la telefoanele mobile. Sistemul astfel construit este complet determinat din punct de vedere mecanic, înclinațiile sesizate de senzori fiind suficiente pentru definirea posturii coloanei vertebrale.

Funcția terapeutică a dispozitivului constă în monitorizarea continuă a poziției critice a coloanei vertebrale și alertarea utilizatorului atunci când este necesar printr-un semnal de avertizare (de exemplu: semnale acustice, luminoase sau vibrații produse de mici actuatori plasați în zona în care a avut loc abaterea de la postură) pentru corecția poziției coloanei vertebrale.

Computerul (smartphone / tabletă) recepționează informațiile sub formă de unghiuri în cele trei direcții, de la senzorii montați pe obiectul de îmbrăcăminte și reconstruiește un model virtual parametric al posturii coloanei vertebrale a pacientului, la un anumit moment. Această postură este comparată cu postura de referință extrasă din bază de cunoștințe reprezentate de



anumite caracteristici geometrice impuse de medic. Dacă diferențele dintre posturi depășesc o toleranță prestabilită, punctul deviat este identificat și sistemul avertizează utilizatorului prin vibrații delicate astfel încât acesta să își corecteze poziția.

Pentru a facilita măsurătorile prin intermediul senzorilor, obiectul vestimentar va fi prevăzut cu un dispozitiv mulat pe zona coloanei vertebrale pentru a copia mișcarea acesteia. Cinematica modelului virtual al coloanei vertebrale este reprodusă pe baza datelor primite de la senzori, prin crearea de elemente virtuale care reprezintă vertebrele legate între ele prin cuple cinematice. Postura coloanei nu va fi identificată punct cu punct, ci utilizând funcții de interpolare de tip Bezier sau arce de cerc care integrează forma pe baza întregului set de puncte achiziționat de senzori. În acest fel, eventualele erori ale unor senzori care suferă deplasări temporare în diverse posturi vor putea fi corectate prin corelarea cu valorile celorlalți senzori. Acest algoritm va fi inclus în modulul de calibrare al sistemului.

Etapele utilizării echipamentului se desfășoară în următoarea succesiune:

- I. Măsurarea datelor antropometrice ale pacientului de către un medic specialist, utilizând echipamente medicale dedicate.
- II. Parametrizarea modelului CAD generic în funcție de datele pacientului.
- III. Identificarea formei coloanei vertebrale, diagnosticarea pacientului și prescripția unui tratament optim constând în adoptarea și menținerea unor posturi spinale specifice, cu rol terapeutic.
- IV. Transferul datelor corespunzătoare tratamentului către echipamentul portabil și calibrarea senzorilor în funcție de caracteristicile pacientului.
- V. Instruirea pacientului.

Echipamentul prezintă următoarele avantaje:

- portabil, calibrare în funcție de caracteristicile utilizatorului, poate memora diverse metode de tratare / prevenire a disfuncționalităților cinematice ale coloanei vertebrale;
- funcționare fără riscuri; pacientul este doar avertizat asupra unei poziții greșite a coloanei (pe cale sonoră sau prin semnalul de vibrație al smartphone-ului aferent)
- calitate ridicată (se utilizează materiale și componente de înaltă tehnologie existente pe piață, componentele adăugate sunt doar integrate în hardware și software-ul aferent);
- dispozitivul va fi programat doar cu suportul medicilor specialiști, prevenind astfel riscul unor utilizări greșite;

- preț competitiv;
- garanție ridicată și servicii post-vânzare.

Se dă în continuare un exemplu de realizare și funcționare a invenției, în legătură și cu figurile 1, 2, 3, 4, 5 care reprezintă:

Fig.1 – schemă de funcționare pentru faza de calibrare;

Fig.2 – schemă de funcționare pentru faza de diagnosticare;

Fig.3 - schemă de funcționare pentru faza de implementare tratament;

Fig. 4 - schemă bloc de funcționare a sistemului portabil;

Fig. 5 – componente sistem.

În fig. 1, 2 și 3 este prezentată întreaga procedură de diagnosticare și tratament, după cum este descris în continuare. Echipamentul propus presupune două componente principale: sistemul portabil (vesta cu senzori) și sistemul fix (server și calculator medic), conectate între ele prin rețele wireless.

Pacientul se prezintă la medicul specialist pentru consult de specialitate. Pentru a evita expunerea repetată la raze X în procesul de diagnosticare și tratament, se va realiza o singură scanare (Fig.1) pentru determinarea dimensiunilor geometrice ale coloanei vertebrale. Cu aceste date, tehnicianul sau medicul va realiza modelul 3D a coloanei vertebrale pe o aplicație CAD de pe un PC și va calibra echipamentul portabil, personalizându-l pentru fiecare pacient în parte. Calibrarea constă în selectarea unui produs vestimentar pe măsură, ajustarea și poziționarea corectă a senzorilor, instalarea controllerului și a bateriei, urmărindu-se confortul pacientului și corectitudinea datelor înregistrate.

Echipamentul de tip vesta, astfel calibrat, va fi purtat de către pacient o perioadă stabilită de medicul specialist, necesară pentru a înregistra postura coloanei în diverse momente ale activității și / sau repausului pacientului. Pe baza acestor înregistrări, medicul poate stabili un diagnostic (Fig. 2) și, implicit un tratament ce constă într-un set de caracteristici geometrice (unghiuri și lungimi) impuse pacientului. Aceste date se vor salva pe server, cu ajutorul unei aplicații software dedicate, sub forma unor fișiere txt ce conțin date numerice reprezentând caracteristicile geometrice impuse pacientului.

Software-ul dedicat de pe dispozitivul mobil (smartphone sau tabletă) aflat la pacient, se va conecta la server printr-o rețea wireless și va prelua datele introduse de medic (Fig. 3). Sistemul va intra în faza de **tratament**: senzorii inerțiali vor culege date și le vor transfera unui controllerul, care le va prelucra și trimite către smartphone, unde acestea se vor compara cu

Signature

datele impuse de medic în vederea tratamentului. În cazul în care se vor constata diferențe mari, pacientul va fi avertizat acustic și vizual prin intermediul smartphone-ului și prin mici vibrații realizate de buzerele poziționate pe vestă, în diverse zone pentru a sugera direcția de modificare a posturii.

Funcționarea echipamentului este prezentată schematic în Fig.4.

În Fig.5 este detaliat sistemul portabil, ce conține următoarele elemente: vestă (1), senzori IMU (2), controller (3), unitate de calcul mobilă (4) și buzzere (5).

REVENDICĂRI

1. **Sistem portabil de diagnosticare și urmărire a posturii coloanei vertebrale bazat pe senzori inerțiali** caracterizat prin aceea că se compune din șase părți principale (Fig.5): subsistem achiziție date - obiect vestimentar de tip vestă / tricou (1) dotat cu un exoschelet flexibil cu senzori inerțiali (2) poziționat de-a lungul coloanei vertebrale, subsistem mobil de calcul - controller bazat pe o placă de dezvoltare de tip Arduino (3) și modul Bluetooth, subsistem de calcul și comunicație mobil - smartphone sau tabletă (4) capabil de conexiune prin Bluetooth și Internet, subsistem de avertizare - microactuatoare de vibrații – buzere (5) și un subsistem de calcul fix – server (6) aflat la dispoziția atât a medicului specialist cât și a pacientului prin conexiune la Internet, caracterizat prin aceea că pot funcționa în timp real în vederea urmăririi și avertizării pacientului cu privire la postura coloanei vertebrale pe care o adoptă la un moment dat, indiferent de locul în care se află.
2. **Sistem conform revendicării 1**, caracterizat prin aceea că în funcționare sunt parcurse următoarele etape: (i) Măsurarea datele antropometrice ale pacientului de către un medic, utilizând echipamente dedicate și parametrizarea modelului CAD generic. (ii) Identificarea formei coloanei vertebrale, diagnosticarea pacientului și prescripția unui tratament optim de către medicul specialist, constând în adoptarea și menținerea unor posturi spinale specifice, cu rol terapeutic. (iii) Transferul datelor corespunzătoare tratamentului către echipamentul portabil și calibrarea senzorilor în funcție de caracteristicile pacientului. (iv) Instruirea pacientului și utilizarea echipamentului, având un feedback haptic, vizual și / sau sonor în timp real.
 - 2.1. **Sistem conform revendicării 1**, caracterizat prin aceea că se utilizează un modul software ce rulează pe o platformă mobilă, un smartphone sau o tabletă, capabil să compare informațiile privind geometria coloanei vertebrale la un moment dat cu o geometrie impusă de medicul specialist, conform tratamentului individualizat și să emită semnale de avertizare haptice în momentul nerespectării tratamentului.
 - 2.2. **Sistem conform revendicării 1**, caracterizat prin aceea că se utilizează un modul software ce rulează pe o platformă PC fixă, server conectat la Internet, apelabil pe bază de înregistrare cu parolă de către medicul specialist și de pacienți, ce conține aplicații software de gestionare a bazei de date a pacienților, de parametrizare a coloanei vertebrale în funcție de rezultatele investigațiilor medicale clasice de măsurare a pacienților, de vizualizare 3D a posturii coloanei vertebrale la diagnosticare și în timpul tratamentului.



h5

2.3. Sistem conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că se bazează pe o tehnologie bio-feedback de tip self-training pentru pacient, având ca scop corectarea și stabilizarea noilor poziții ale coloanei vertebrale, prin utilizarea în timp real a unor prescripții medicale, sub formă de caracteristici geometrice ale posturii coloanei vertebrale, impuse de medicul specialist și respectarea acestora de către pacient.



DESENE

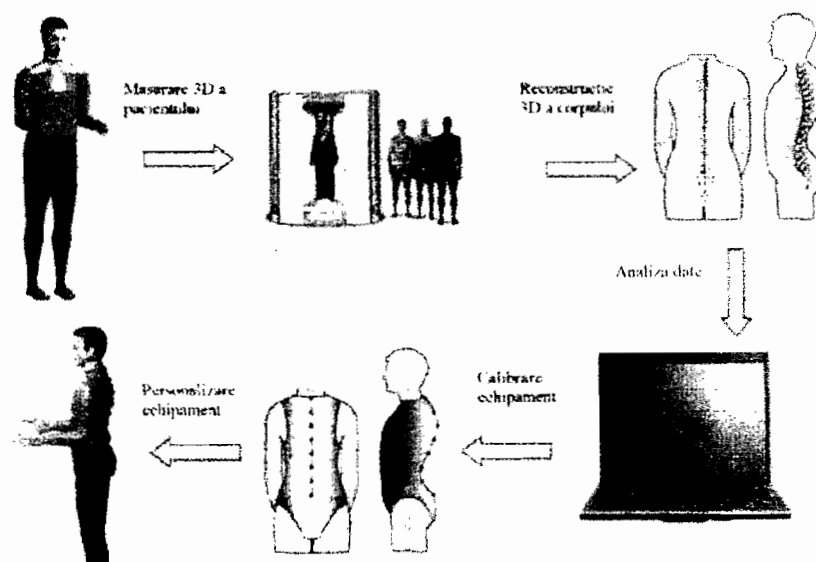


Fig. 1

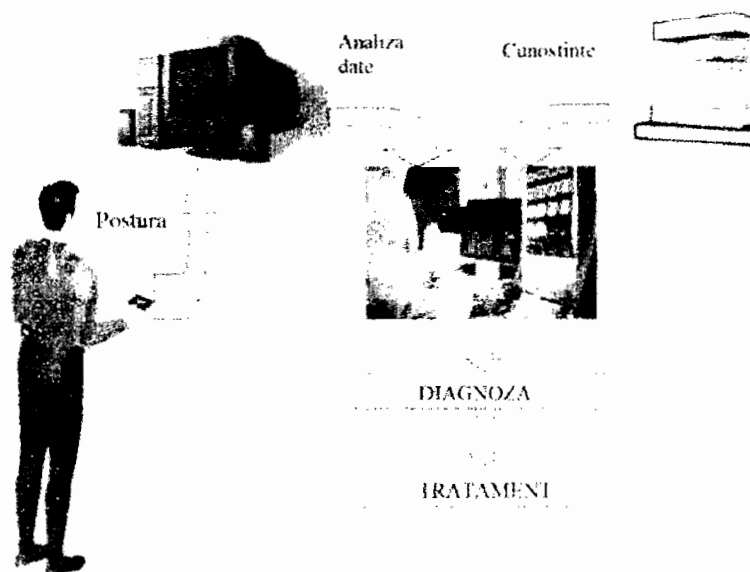


Fig. 2

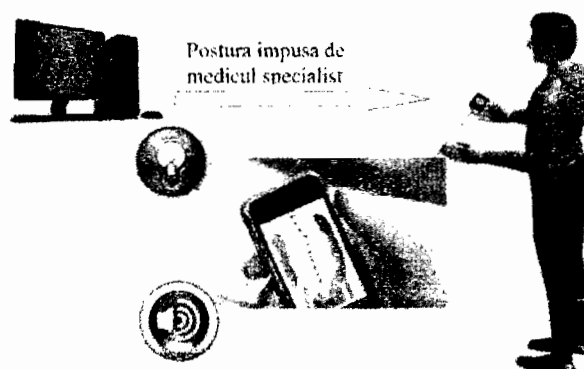


Fig. 3

Signature

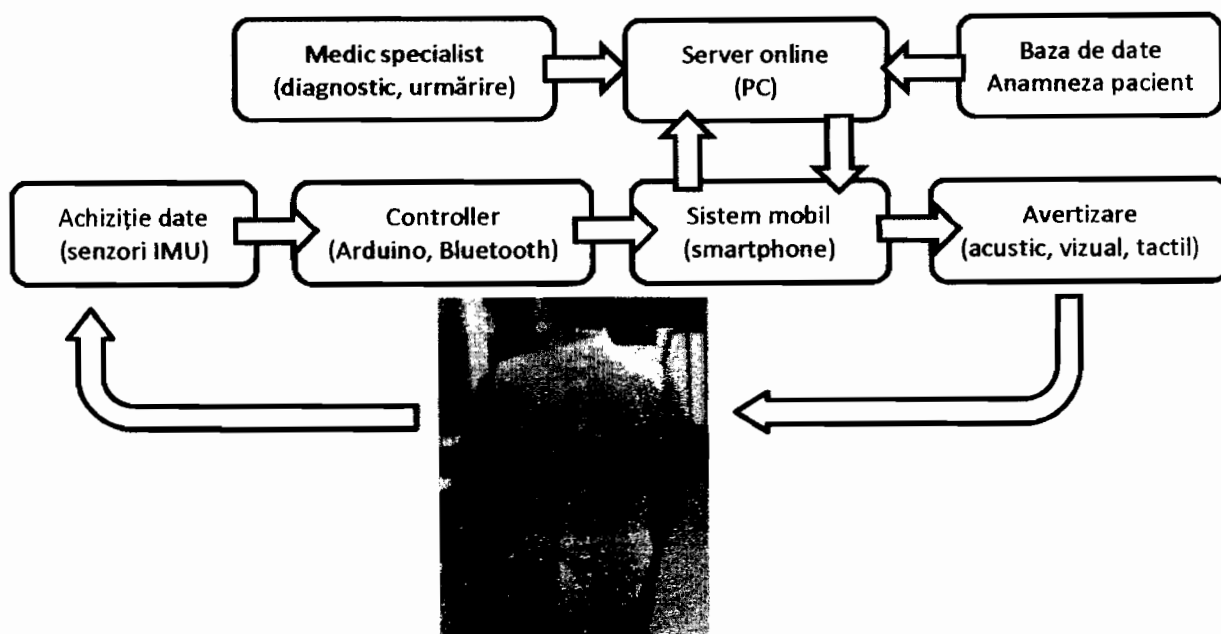


Fig. 4

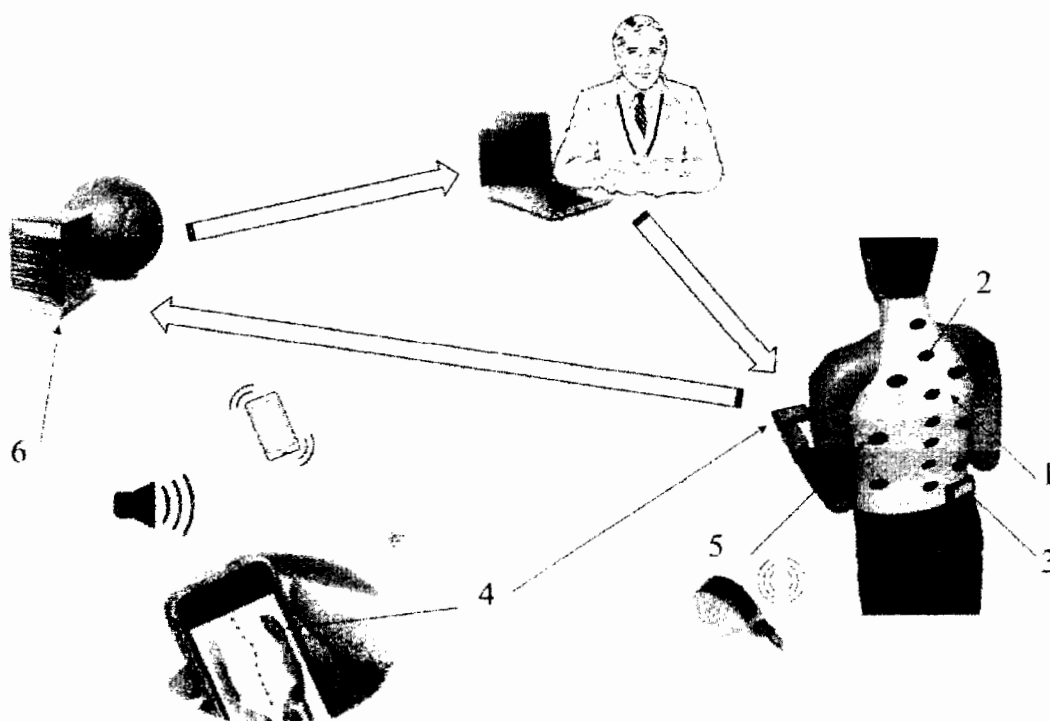


Fig.5