

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00476

(22) Data de depozit: 28/06/2018

(41) Data publicării cererii:
29/03/2019 BOPI nr. 3/2019

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TRANSILVANIA
DIN BRAȘOV, B-DUL EROILOR NR. 29,
BRAȘOV, BV, RO

(72) Inventatori:
• BUTNARIU SILVIU LUIS, STR. CEAHLĂU
NR. 11, BRAȘOV, BV, RO

(54) SISTEM DE URMĂRIRE A MIȘCĂRII ÎN TIMP REAL
PENTRU EXERCIȚII DE KINETOTERAPIE, ȘI METODĂ
DE URMĂRIRE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem pentru urmărirea desfășurării unui tratament kinetoterapeutic recomandat de un medic specialist unui pacient, cuprinzând un dispozitiv mecatronic capabil să măsoare în timp real poziția instantanee a membrilor inferioare ale corpului uman, facilitând o monitorizare continuă a posturii pacientului, în vederea realizării corecte a exercițiilor. Sistemul conform invenției cuprinde un subsistem de înregistrare a mișcării, care include un set de cinci senzori (2) de tip inerțial, atașați de corpul pacientului cu benzi de tip Velcro, sau fixați pe un obiect de îmbrăcăminte de tip pantalon, după o schemă controlată, și conectați la un controler (3) care poate comunica fără fir cu o aplicație software instalată pe un telefon inteligent sau pe o tabletă (4), și niște actuatoare/buzere (5) care pot genera mici vibrații, un subsistem de reproducere a mișcării prin intermediul unui avatar, care cuprinde un stand dotat cu un calculator prevăzut cu monitor și un senzor RGB-D (7), pe calculator rulând un software dedicat, capabil să preia înregistrările de la senzorul RGB-D (7) și să le transfere către avatar, care va avea același comportament cinematic cu pacientul, precum și un subsistem de calcul (6), fix, de tip server, aflat atât la dispoziția medicului, cât și a pacientului, prin conexiune Internet.

Revendicări: 6
Figuri: 2

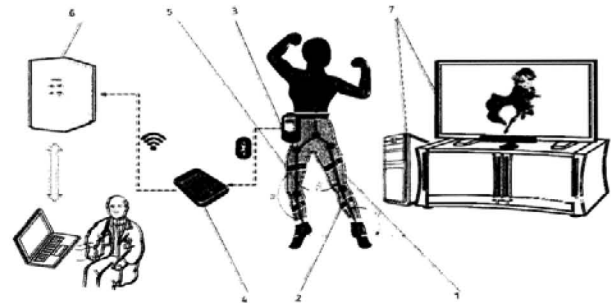
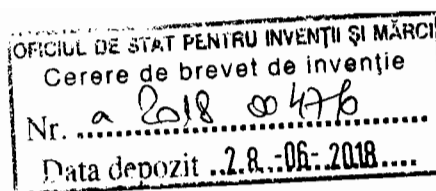


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Nr. act. RP D: 122/02.06.12



Sistem de urmărire a mișcării în timp real pentru exerciții de kinetoterapie și metoda de urmărire

Invenția se referă la un sistem pentru urmărirea desfășurării tratamentului kinetoterapeutic recomandat de medicul specialist pacienților, ce constă dintr-un dispozitiv mecatronic capabil să măsoare în timp real poziția instantanee a membrilor inferioare ale corpului uman, facilitând o monitorizare continuă a posturii pacientului în vederea realizării corecte a exercițiilor din planul de tratament.

Un obiectiv al activității de recuperare medicală este dezvoltarea de sisteme și aplicații bazate pe tehnologii de urmărire a mișcării (tracking) corpului uman care pot fi utilizate fie în cabinetul medical, fie la domiciliul pacientului. Acest concept presupune urmarea unui plan de tratament pentru anumite afecțiuni, cu/fără supravegherea directă a cadrului medical. Exercițiile pot fi realizate la domiciliul pacientului sau în orice altă locație, existând posibilitatea unui autocontrol strict (datorat tehnologiilor moderne implementate), înregistrarea tuturor mișcărilor pentru a putea fi analizate ulterior de către medic (imagini video sau date înregistrate și prelucrate de unitățile de calcul).

Sistemul conține două echipamente bazate pe tehnologii diferite dar care funcționează concomitent: primul echipament este destinat urmăririi cu ajutorul unui senzor de tip RGB-D (senzor complex ce include o cameră video Red Green Blue - RGB și un senzor pentru adâncime, Depth-D), care va genera o mișcare a personajului avatar (avatar - termen din domeniul Realității Virtuale ce desemnează o imagine utilizată pentru a reprezenta o persoană în mediul virtual de pe Internet sau computere personale) din imaginea de pe monitorul/TV în oglindă cu mișcarea efectuată de pacient, iar al doilea echipament este destinat înregistrării caracteristicilor mișcărilor efectuate de pacient, vizualizarea acestora pe smartphone și trimiterea, totodată, a datelor către server pentru stocare / distribuire către personalul medical, în vederea verificării corectitudinii efectuării exercițiilor.

Invenția se poate aplica în activitățile de recuperare / reabilitare, având ca grup țintă principal pacienții ale căror tratamente includ exerciții de kinetoterapie pentru membrele inferioare / sistem locomotor. Mijloacele specifice kinetoterapiei sunt reprezentate de: (i) exercițiul fizic, (ii) posturarea, (iii) ergoterapia și (iv) masajul, mijloace ce vor ajuta

individul să își mențină o stare optimă de sănătate sau să trateze diferitele afecțiuni ce apar în timpul vieții.

Posturarea reprezintă un mijloc prin care corpul sau anumite segmente ale corpului sunt poziționate prin impunere sau menținute voluntar pentru anumite perioade de timp având scop terapeutic sau profilactic (Mijloacele Kinetoterapiei moderne, <https://kinetogym.wordpress.com/2011/02/18/mijloacele-kinetoterapiei-moderne/>).

Recuperarea medicală se definește ca fiind procesul de soluționare a problemelor și educare, în cursul căruia o persoană cu dizabilitate este ajutată să ajungă la cel mai bun nivel de viață posibil, pe plan fizic, funcțional, social și emoțional, cu cea mai redusă restricție (Recuperarea medicală, <http://www.recuperaremedicala.com/Page-10.html>). Recuperarea medicală și procedurile kinetoterapeutice au loc în cabinete specializate, cu ajutorul unor echipamente dedicate, sub supravegherea unui cadru de specialitate, care urmează o procedură de tratament impusă de medic. Activitatea implică alocarea unei durate de timp mari, deplasarea la cabinet unde au loc reprize de exerciții limitate în timp, implică și un cost al asistenței medicale. Pentru o serie de exerciții, se poate folosi goniometrul sau alte aparate/echipamente statice ce măsoară unghiurile dintre segmentele corpului uman, valori ce pot fi comparate cu alte înregistrări (mai ales în cazul în care există o parte afectată și una sănătoasă); totodată, nu există o soluție ce implică analiza traiectoriei mișcării. Evaluarea diferă în funcție de articulație și de patologie (de ex., pe lipsa de control neuromotor, mișcarea poate să fie realizată fragmentat, cu traiectorie diferită și ritm diferit, ceea ce nu indică calitate în comanda neuromotorie).

Recuperarea pentru anumite afecțiuni implică exerciții fizice, conform planului de tratament impus de medicul specialist, de o mai lungă durată de timp, ce depășește timpul acordat ședințelor din cabinetele specializate.

În cabinetele specializate există o serie de echipamente complexe, moderne:

- sistemul ERIGO – robot pentru recuperarea membrilor inferioare (<https://www.hocoma.com/solutions/erigo/>);
- robot ARMEO SPRING – pentru membrele superioare (<https://www.hocoma.com/solutions/armeo-spring/>);
- ACTIV-K – pentru recuperarea patologiei genunchiului (<http://www.axone-med.com/mobilisation-/326-artromot-activ-k-.html>).

dar care sunt dispozitive mecanice, complexe, greoaie, care pot afecta emoțional pacienții cu nevoi speciale, unele dintre ele necesitând fixări, imobilizări ale membrilor (Recuperarea medicală, <http://www.recuperaremedicala.com/Page-10.html>). De aceea, se

urmărește ca o parte din exerciții să se efectueze într-un mediu familiar, cu care pacientul este obișnuit.

Există unele tratamente făcute la domiciliul pacientului, de obicei exerciții fizice, bazate pe un plan de recuperare, executate după tutoriale, ce pot conține și o latură de control și verificare a corectitudinii efectuării mișcărilor.

Analiza stadiului actual a evidențiat faptul ca nu există comercializate produse similare cu cel propus, ci doar sisteme în parte asemănătoare: fie folosesc tracking video, fie tracking pe bază de senzori inerțiali.

Astfel, s-au identificat unele sisteme dezvoltate pe baza de tracking video, cu camere RGB-D (tip Kinect), care nu implică un contact direct între pacient și sistemul de urmărire și care pot avea interfețe foarte prietenoase, dedicate de obicei copiilor, fiind concepute chiar ca un joc / desen animat.

- Start-up YuGo - BioGaming's Microsoft Kinect, (<http://www.mobihealthnews.com/tag/yugo>; <http://www.mobihealthnews.com/content/fda-clears-biogamings-microsoft-kinect-based-physiotherapy-software>),
- Proiectul MIRA Rehab, (<http://www.mirarehab.com/>)
- Software OAK (Observation and Access with Kinect), (<http://robohub.org/oak-a-kinect-based-active-support-system-for-the-severely-disabled/>).
- Sistem pentru recuperarea pacienților cu afecțiuni neuro-motorii prin stimulare multisenzorială Nirvana, <http://physiomed.ro/betatest2/produse/realitate-virtuala/nirvana/>

Aceste echipamente pot fi foarte utile în cazul unor exerciții, mai ales în cazul în care pacientul se poziționează în fața senzorului Kinect, în postură frontală. Totuși, luând în considerare un studiu de caz cu o procedură standard de exerciții în cazul unei afecțiuni de parapareză spastică, s-a identificat o deficiență a acestora. În momentul în care corpul pacientului se rotește în jurul axei verticale, scheletul virtual reconstruit de senzorul de tip RGB-D își pierde setările obținute din postura frontală, unele elemente suprapunându-se, fiind în imposibilitatea de a reveni în procesul corect de urmărire a posturii decât după o nouă calibrare, activitate ce necesită un timp suplimentar și poziționări impuse în fața senzorului. Acest dezavantaj este eliminat prin introducerea în sistemul de control al posturii a unei componente de urmărire cu ajutorul sistemului bazat pe senzori inerțiali, capabil de a înregistra și salva datele.

În vederea urmării mișcărilor corpului uman, cu posibilitatea de a înregistra datele privind traiectoriile segmentelor corporale, s-au întreprins cercetări și spre alte tipuri de senzori. Astfel, în ultima decadă, diverși cercetători au avut abordări în cercetarea sistemelor folosite pentru urmărirea mișcării corpului uman în diverse aplicații: sport, medicină (G. Ciuti, L. Ricotti, A. Menciassi, and P. Dario, "MEMS sensor technologies for human centred applications in healthcare, physical activities, safety and environmental sensing: a review on research activities in Italy," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp. 6441-68, 2015), (J.-N. Kim, M.-H. Ryu, H.-R. Choi, Y.-S. Yang, and T.-K. Kim, "Development and Functional Evaluation of an Upper Extremity Rehabilitation System Based on Inertial Sensors and Virtual Reality," *Intl. Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 2013, pp. 1-7, 2013), (A. Leardini, G. Lullini, S. Giannini, L. Berti, M. Ortolani, and P. Caravaggi, "Validation of the angular measurements of a new inertial-measurement-unit based rehabilitation system: comparison with state-of-the-art gait analysis," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 11, pp. 2-7, 2014), (H. T. Li, J. J. Huang, C. W. Pan, H. I. Chi, and M. C. Pan, "Inertial Sensing Based Assessment Methods to Quantify the Effectiveness of Post-Stroke Rehabilitation," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp. 196-209, 2015), (Mohamed, J. Baba, J. Beyea, J. Landry, A. Sexton, and C. A. McGibbon, "Comparison of strain-gage and fiber-optic goniometry for measuring knee kinematics during activities of daily living and exercise," *J Biomech Eng*, vol. 134, p. 084502, Aug 2012), (R. Nerino, L. Contin, A. Tirri, G. Massazza, A. Chimienti, G. Pettiti, et al., "An improved solution for knee rehabilitation at home," in *9th International Conference on Body Area Networks, London, UK, 2014*, pp. 62-68), poziția în anumite activități (Moncada-Torres, K. Leuenberger, R. Gonzenbach, A. Luft, and R. Gassert, "Activity classification based on inertial and barometric pressure sensors at different anatomical locations," *Physiol Meas*, vol. 35, pp. 1245-63, Jul 2014).

S-au identificat mai multe tipuri de senzori utilizați în body tracking (urmărirea mișcării corpului uman): mecanici, optici, inerțiali, electromagnetici, ultrasonici (Y. Qi, C. B. Soh, E. Gunawan, K. S. Low, and R. Thomas, "Lower Extremity Joint Angle Tracking with Wireless Ultrasonic Sensors during a Squat Exercise," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp. 9610-27, 2015).

Totuși, senzorii inerțiali au o serie de avantaje: dimensiuni mici, consum mic de energie, precizie ridicată, posibilitatea de a face parte din echipamente portabile (F. Attal, S. Mohammed, M. Dedabrishvili, F. Chamroukhi, L. Oukhellou, and Y. Amirat, "Physical Human Activity Recognition Using Wearable Sensors," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp.

31314-38, 2015), (E. Papi, D. Osei-Kuffour, Y. M. Chen, and A. H. McGregor, "Use of wearable technology for performance assessment: a validation study," *Med Eng Phys*, vol. 37, pp. 698-704, Jul 2015), (S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, and M. Rodgers, "A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 9, pp. 2-17, 2012). Acest tip de senzori pot fi utilizați în echipamente comerciale folosite la diverse activități:

- sportive (fitness, ciclism, alergare) (<http://www.bestfitnesstrackerreviews.com/comparison-chart.html>),
- medicale, recuperare (<http://healthtechinsider.com/tag/exercise/>, <http://nextbigfuture.com/2015/07/exosuit-soft-exoskeleton-update.html>, <http://www.apdm.com/wearable-sensors/>)
- jocuri (optic - Kinect, LeapMotion, inerțial - Wii) – (<http://www.fitness-gaming.com/news/markets/home-fitness/perception-neuron-brings-motion-capture-technology-to-average-consumer.html>).

A fost identificat și un sistem bazat pe senzori inerțiali, folosit la exerciții de recuperare medicală: sistemul Re.Flex, <http://reflex.help/>. Acesta este format dintr-o pereche de senzori ce se aplică pe membrele corpului uman, fie pe mână (antebraț + braț), fie pe picior (coapsă + pulpă), având posibilitatea de a măsura unghiul dintre cei doi senzori. Aplicația software rulează pe un smartphone și conține diverse exerciții presetate, care pot fi realizate și urmărite de pacient. Totuși, se poate remarca simplitatea acestui sistem, prin care se poate înregistra un singur parametru – unghiul dintre cei doi senzori.

Prin urmare, în domeniul kinetoterapiei există o serie de exerciții ce pot completa planul de tratament și se pot executa în afara cabinetului medical dar care trebuie executate corect, deci controlate. Soluția constă în sisteme de urmărire a mișcărilor corpului uman, cu posibilitate de înregistrare și control în timp real.

Impactul estimat urmare a implementării sistemului:

- Se va îmbunătăți calitatea recuperării medicale prin extinderea timpului de tratament, înregistrarea caracteristicilor cinematice ale membrilor vizate din timpul ședințelor efectuate.
- Pacientul nu se mai deplasează la cabinet la toate ședințele, evitând problemele aferente (mobilitate redusă, timp, costuri).
- Vor exista costuri de implementare (echipamente, pregătire cadre medicale, instructaj pacienți), limitate prin implicarea în acest proiect.

În urma studiului efectuat asupra dispozitivelor utilizate pentru identificarea posturii corpului uman, s-au identificat unele brevete ce propun echipamente imobile, după cum urmează:

- US4586515A - Device for measuring the position and/or motion of a body part; - pacient în repaus, căruia i se urmărește poziția capului cu un sistem de urmărire mecanic de tip braț robotic.
- US7843429B2 - Interactive video based games using objects sensed by TV cameras – sisteme de urmărire cu senzori video RGB-D, cu utilizare în jocuri pe calculator.

Aceste produse urmăresc postura corpului uman, dar implică fie fixarea pacientului într-o anumită poziție și măsurarea posturii corpului acestuia fie desfășurarea activităților într-o zonă limitată, în fața senzorilor video.

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

- US2014156218A1 - Method of motion tracking - sistem de urmărire a mișcării membrelor și corpului uman pe baza de senzori inerțiali.
- 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.
- US2009204031A1 - Joint angle tracking with inertial sensors – o metodă pentru estimarea unghiurilor comune a segmentelor brațului cu senzori inerțiali.
- US2011028865-A1 - Inertial sensor kinematic coupling - Metodă pentru estimarea mișcării elementelor corpului uman pe baza senzorilor inerțiali.
- EP2808760A1 - Body posture tracking - Invenția se referă la domeniul programelor și sistemelor de calculator și, mai precis, la metodele, programele, mijloacele de stocare a datelor și sistemele implementate de calculator, pentru urmărirea posturii corpului.
- US4375674 – Kinesimetric method and apparatus – metode și aparate pentru măsurarea posibilităților cinematice ale corpului uman.
- US20060166737A1 - Method and system for athletic motion analysis and instruction - un sistem și o metodă de analiză și îmbunătățire a performanței unei mișcări atletice (lovitura în jocul de golf).
- US20080285805A1 - Motion tracking system – un sistem ce poate captura mișcările unor segmente ale corpului uman prin intermediul senzorilor inerțiali,

care folosesc aproximativ același principiu de funcționare, mai puțin algoritmul matematic de calcul al posturii sau prezintă doar o secțiune a sistemului propus în această cerere.

Cel mai apropiat model de cel propus în această cerere este reprezentat în brevetul US20130222565A1 – System and method for sensor fusion of single range camera data and inertial measurement for motion capture – se propune un sistem ce folosește aceleași tehnologii de identificare postură (senzor video și senzori inerțiali montați doar pe membrele superioare), dar fără componentele de măsurare și urmărire pe smartphone în timp real a mișcării, înregistrare caracteristici cinematice ale mișcării, transmitere date către server, posibilitate vizualizare înregistrări cu animație.

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

- Re.Flex – cu senzori inerțiali (*Sistem RE.FLEX bazat pe senzori inerțiali - <http://reflex.help/>*) – înregistrează un singur unghi între doi senzori.
- Mira Rehab – cu Kinect (*Aplicație de recuperare: MIRA Rehab, <http://www.mirarehab.com/>*) - are limitări în utilizare datorate senzorului Kinect.

Obiectivul principal al dezvoltării acestui echipament este îmbunătățirea activității de recuperare medicală prin dezvoltarea de sisteme și aplicații bazate pe tehnologii de urmărire a mișcării (tracking) utilizate în cabinetul medical sau la domiciliul pacientului. În acest scop, se va dezvolta un echipament portabil, fixat pe corpul pacientului, care urmărește și măsoară permanent poziția membrelor pacientului, fiind astfel util în diagnosticarea și / sau efectuarea tratamentului prin kinetoterapie.

Echipamentul este compus, în esență, din două subsisteme: (1) subsistemul de reproducere a mișcării prin avatar și (2) subsistemul de înregistrare a mișcării cu senzori inerțiali și are capacitatea de a identifica în timp real postura membrelor corpului uman, prin intermediul a celor două subsisteme, cu două tehnologii diferite de tracking, având o utilitate dublă:

- Sesizarea mișcărilor pacientului și transferul caracteristicilor cinematice către un avatar în vederea creării unei animații cu ajutorul unei aplicații software dedicată, instalată pe un calculatorul fix.
- Terapie – sistemul este coordonat de o aplicație software de pe smartphone, având funcții de monitorizare permanentă a poziției membrelor pacientului și de comparare cu referința prescrisă în tratament. Dacă postura prescrisă nu este respectată, pacientul

primește un semnal, 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 echipament ce se poate folosi la domiciliu constă în obținerea unui suport interactiv pentru pacient în ambulatoriu și corecția activă a afecțiunilor statice și dinamice ale sistemului locomotor.

Este bine cunoscut faptul că cele mai frecvente terapii prescrise pentru tratamentul afecțiunilor sistemului locomotor vizează corectarea poziției membrilor 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.

Subsistemul de reproducere a mișcării prin avatar cuprinde un stand ce conține un calculator cu monitor de dimensiuni generoase și un senzor RGB-D (tip Kinect). Pe calculator rulează un software dedicat, capabil să preia înregistrările de la senzorul RGB-D și să le transfere către un avatar, ce va avea același comportament cinematic cu pacientul. În plus, pachetul software permite personalizarea avatarului, în funcție de preferințele pacientului (personaje umane reale sau de desene animate etc).

Subsistemul de înregistrare a mișcării include un set de cinci senzori de tip inerțial (IMU: accelerometru, magnetometru și giroscop) atașați de corp cu benzi tip Velcro sau pe un obiect de îmbrăcăminte – pantalon, după o schemă controlată și conectați la un controller care poate comunica wireless cu o aplicație software pe smartphone sau tabletă. Totodată, în apropierea senzorilor se montează actuatori / buzzere, ce pot genera mici vibrații. Sistemul astfel construit este complet determinat din punct de vedere mecanic, înclinațiile sesizate de senzori, împreună cu datele antropometrice ale pacientului fiind suficiente pentru definirea posturii sistemului locomotor. Prin intermediul unei rețele WiFi, smartphone-ul poate descărca datele pe un server, cu o anumită periodicitate.

Funcția terapeutică a dispozitivului constă în monitorizarea continuă a exercițiilor efectuate de pacient și alertarea utilizatorului atunci când este necesar printr-un semnal de avertizare (de exemplu: semnale acustice sau luminoase emise de smartphone). Pe de altă parte, un factor important este salvarea datelor pe un server, existând astfel posibilitatea accesării și studierii de către medic / kinetoterapeut de-a lungul întregii perioade de implementare a tratamentului.

Computerul portabil (smartphone / tabletă) recepționează informațiile sub formă de mărimi unghiulare în cele trei direcții, de la senzorii montați pe corpul uman și reconstruiește un model virtual parametric al posturii pacientului, la un anumit moment. Această postură este comparată cu postura de referință extrasă din bază de cunoștințe reprezentate de anumite caracteristici geometrice, respectiv exercițiile impuse de medic / kinetoterapeut. Dacă diferențele dintre posturi depășesc o toleranță prestabilită, sistemul avertizează utilizatorul pentru a-și corecta exercițiile.

Pentru a facilita măsurătorile prin intermediul senzorilor, aceștia se vor fixa atent pe membrele pacientului și se vor calibra la fiecare utilizare. Cinematica modelului virtual al sistemului locomotor este reprodusă pe baza datelor primite de la senzori, prin crearea de elemente virtuale care reprezintă segmentele sistemului locomotor legate între ele prin cuple cinematice. Postura pacientului nu va fi identificată punct cu punct, ci utilizând un model matematic, pe baza întregului set de puncte achiziționat de 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 (înălțime totală, înălțime până la talie, lungime femur, lungime tibie) de către un specialist (medic sau kinetoterapeut), utilizând echipamente dedicate pentru lungimi.
- II. Parametrizarea modelului CAD generic în funcție de datele pacientului.
- III. Transferul datelor corespunzătoare tratamentului către echipamentul portabil (smartphone) și calibrarea senzorilor în funcție de caracteristicile antropometrice ale pacientului.
- IV. Crearea unui avatar pentru aplicația software instalată pe computerul staționar (ce permite o serie de personalizări ale avatarurilor), în funcție de preferințele pacientului.
- V. Instruirea pacientului și aparținătorilor.
- VI. Atașarea echipamentului cu senzori pe pacient și poziționarea în fața standului cu senzorul RGB-D.
- VII. Pornirea aplicațiilor pe PC și pe smartphone, selectarea unor anumite exerciții preinstalate, derularea acestora sub controlul automat al sistemului de senzori. Datele înregistrate în timpul exercițiilor sunt trimise pentru salvare pe server.
- VIII. Analiza înregistrărilor de pe server de către medicul specialist sau kinetoterapeut. Echipamentul prezintă următoarele avantaje:

- portabil, calibrare în funcție de caracteristicile antropometrice ale utilizatorului, poate memora diverse metode de tratare / prevenire a disfuncționalităților cinematice ale sistemului locomotor;
- funcționare fără riscuri; pacientul este doar avertizat asupra unei poziții greșite a exercițiului (pe cale sonoră sau prin semnalul de vibrație al smartphone-ului aferent sau prin intermediul unor micro-actuatore de tip buzzer, montate în apropierea senzorilor);
- calitate ridicată (se utilizează materiale și componente de înaltă tehnologie existente pe piață, componentele adăugate sunt doar integrate în hardware-ul și software-ul aferent);
- dispozitivul va fi programat doar cu suportul medicilor specialiști sau kinetoterapeuților, 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 care reprezintă:

Fig. 1 - schemă bloc de funcționare a sistemului;

Fig. 2 – componente sistem.

În fig. 1 este prezentat modul de funcționare a sistemului în timpul procedurii de tratament. Se face distincție între cele două subsisteme componente, care pot funcționa fie împreună, fie separat. Subsistemul de urmărire cu senzor RGB-D poate fi folosit doar ca instrument de vizualizare a posturilor și a mișcărilor, fără a controla și corectitudinea acestora. Subsistemul de urmărire cu senzori IMU poate fi utilizat în vederea înregistrării datelor privind corectitudinea posturilor și mișcărilor.

În fig. 2 sunt prezentate componentele sistemului, ce presupune două seturi de echipamente: primul set, cel al pacientului (compus din elementul de îmbrăcăminte cu senzori inerțiali și calculator fix + senzor RGB-D) și al doilea set, corespunzător medicului (server și calculator medic specialist / kinetoterapeut), conectate între ele prin rețele wireless.

Pacientul se prezintă la medicul specialist pentru consult de specialitate, unde se vor determina dimensiunile antropometrice, respectiv caracteristicile geometrice ale sistemului locomotor. Cu aceste date, tehnicianul sau medicul va parametriza modelul 3D

al sistemului locomotor pe o aplicație de tip 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 – pantalon (1) (v. Fig.2). ajustarea și poziționarea corectă a senzorilor (2), instalarea controllerului (3) și a bateriei, urmărindu-se confortul pacientului și corectitudinea datelor înregistrate.

Echipamentul astfel calibrat va fi purtat de către pacient pe perioada derulării exercițiilor stabilite de medicul specialist / kinetoterapeut. Software-ul dedicat de pe dispozitivul mobil - smartphone (4) aflat la pacient, se va conecta la serverul (6) printr-o rețea wireless și va prelua datele introduse de medic. Sistemul va intra în faza de urmărire exerciției, astfel: senzorii inerțiali (2) vor culege date și le vor transfera controller-ului (3), care le va prelucra și trimite către smartphone-ului (4), unde acestea se vor compara cu 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 (4) și prin mici vibrații realizate de buzz-erele (5) poziționate pe echipament. Aceste date se vor salva pe serverul (6), cu ajutorul unei aplicații software dedicate, sub forma unor fișiere „.txt” ce conțin date numerice reprezentând caracteristicile geometrice impuse pacientului.

Funcționarea echipamentului este prezentată schematic în Fig. 2, ce conține următoarele elemente: pantalon (1), senzori IMU (2), controller (3), unitate de calcul mobilă (4) și buzzere (5), server (6) și computer personal dotat cu senzor RGB-D (7).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mijloacele Kinetoterapieii moderne,
<https://kinetogym.wordpress.com/2011/02/18/mijloacele-kinetoterapieii-moderne/>,
Accesat 01.01.2018.
- [2] Recuperarea medicală, <http://www.recuperaremedicala.com/Page-10.html>, Accesat
01.01.2018.
- [3] Start-up YuGo - BioGaming's Microsoft Kinect,
(<http://www.mobihealthnews.com/tag/yugo>), Accesat 26.02.2018
- [4] Aplicație de recuperare: MIRA Rehab, (<http://www.mirarehab.com/>), Accesat
26.02.2018
- [5] OAK, a Kinect-based active support system for the severely disabled,
[http://robohub.org/oak-a-kinect-based-active-support-system-for-the-severely-
disabled/](http://robohub.org/oak-a-kinect-based-active-support-system-for-the-severely-disabled/), Accesat 24.12.2017
- [6] G. Ciuti, L. Ricotti, A. Menciassi, and P. Dario, "MEMS sensor technologies for
human centred applications in healthcare, physical activities, safety and
environmental sensing: a review on research activities in Italy," Sensors (Basel), vol.
15, pp. 6441-68, 2015.
- [7] J-N. Kim, M.-H. Ryu, H.-R. Choi, Y.-S. Yang, and T.-K. Kim, "Development and
Functional Evaluation of an Upper Extremity Rehabilitation System Based on
Inertial Sensors and Virtual Reality," Intl. Journal of Distributed Sensor Networks,
vol. 2013, pp. 1-7, 2013.
- [8] A. Leardini, G. Lullini, S. Giannini, L. Berti, M. Ortolani, and P. Caravaggi,
"Validation of the angular measurements of a new inertial-measurement-unit based
rehabilitation system: comparison with state-of-the-art gait analysis," Journal of
NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 11, pp. 2-7, 2014.
- [9] H. T. Li, J. J. Huang, C. W. Pan, H. I. Chi, and M. C. Pan, "Inertial Sensing Based
Assessment Methods to Quantify the Effectiveness of Post-Stroke Rehabilitation,"
Sensors (Basel), vol. 15, pp. 196-209, 2015.
- [10] Mohamed, J. Baba, J. Beyea, J. Landry, A. Sexton, and C. A. McGibbon,
"Comparison of strain-gage and fiber-optic goniometry for measuring knee
kinematics during activities of daily living and exercise," J Biomech Eng, vol. 134, p.
084502, Aug 2012.

- [11] R. Nerino, L. Contin, A. Tirri, G. Massazza, A. Chimienti, G. Pettiti, et al., "An improved solution for knee rehabilitation at home," in 9th International Conference on Body Area Networks, London, UK, 2014, pp. 62-68.
- [12] Moncada-Torres, K. Leuenberger, R. Gonzenbach, A. Luft, and R. Gassert, "Activity classification based on inertial and barometric pressure sensors at different anatomical locations," *Physiol Meas*, vol. 35, pp. 1245-63, Jul 2014.
- [13] Y. Qi, C. B. Soh, E. Gunawan, K. S. Low, and R. Thomas, "Lower Extremity Joint Angle Tracking with Wireless Ultrasonic Sensors during a Squat Exercise," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp. 9610-27, 2015.
- [14] F. Attal, S. Mohammed, M. Dedabrishvili, F. Chamroukhi, L. Oukhellou, and Y. Amirat, "Physical Human Activity Recognition Using Wearable Sensors," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp. 31314-38, 2015.
- [15] E. Papi, D. Osei-Kuffour, Y. M. Chen, and A. H. McGregor, "Use of wearable technology for performance assessment: a validation study," *Med Eng Phys*, vol. 37, pp. 698-704, Jul 2015.
- [16] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, and M. Rodgers, "A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 9, pp. 2-17, 2012.
- [17] Activity Tracker Comparison Chart, <http://www.bestfitnesstrackerreviews.com/comparison-chart.html>, Accesat 01.01.2018.
- [18] Wearable Motivates Physical Activity, <http://healthtechinsider.com/tag/exercise/>, Accesat 01.01.2018.
- [19] Exosuit soft exoskeleton update, <http://nextbigfuture.com/2015/07/exosuit-soft-exoskeleton-update.html>, Accesat 01.01.2018.
- [20] Weareable sensors, <http://www.apdm.com/wearable-sensors/>, Accesat 01.01.2018.
- [21] Perception Neuron Sensor, <http://www.fitness-gaming.com/news/markets/home-fitness/perception-neuron-brings-motion-capture-technology-to-average-consumer.html>, Accesat 01.01.2018.

Brevete

- [22] EP2808760-A1 - Computer-implemented method for performing body posture tracking used for surgical assistance, involves determining posture of body as

- function of depth measurements and inertial measurements
(<https://patents.google.com/patent/EP2808760A1/en?q=EP2808760-A1+>)
- [23] US2006166737-A1 - Athletic motion performance improvement method e.g. for golf swing, involves analyzing data output by sensor monitoring execution of athletic motion and reporting analyzed data
(<https://patents.google.com/patent/US20060166737>)
- [24] US2008285805-A1 - Motion capturing method for object, involves calculating three dimensional orientations and three dimensional positions of each segment with sensor, and updating calculation via constraints based on predetermined characteristics of segments -
(<https://patents.google.com/patent/US20080285805A1/en?q=US2008285805-A1>)
- [25] US2011028865-A1 - Inertial Sensor Kinematic Coupling
(<https://patents.google.com/patent/US20110028865A1/en?q=US2011028865-A1>)
- [26] US2013222565-A1 - System for e.g. capturing motion of teacher to generate joint position data during yoga, has inertial sensors positioned to collect inertial motion data, where medium analyzes data from camera and motion data to determine position of user
(<https://patents.google.com/patent/US20130222565A1/en?q=US2013222565-A1>)
- [27] CN102859388A - Multi-user interactive motion tracking using sensors
(<https://patents.google.com/patent/CN102859388A/en?q=CN102859388A>)
- [28] US2009204031A1 - Joint angle tracking with inertial sensors
(<https://patents.google.com/patent/US20090204031A1/en?q=US2009204031A1>)
- [29] US4586515A - Device for measuring the position and/or motion of a body part,
<https://patents.google.com/patent/US4586515A/en?q=US4586515A>
- [30] US7843429B2 - Interactive video based games using objects sensed by TV cameras
(<https://patents.google.com/patent/US7843429B2/en?q=US7843429B2>)
- [31] US2014156218A1 - Method of motion tracking
(<https://patents.google.com/patent/US20140156218A1/en?q=US2014156218A1>)

Web

- [32] Sistem ERIGO PRO – robot pentru recuperare membrelor inferioare
(<https://www.hocoma.com/solutions/erigo/>)
- [33] Robot ARMEO SPRING – pentru membrele superioare
(<https://www.hocoma.com/solutions/armeo-spring/>)

- [34] ACTIV-K – pentru recuperarea patologiei genunchiului (<http://www.axone-med.com/mobilisation-/326-artromot-activ-k-.html>)
- [35] Sistem pentru recuperarea pacientilor cu afectiuni neuro-motorii prin stimulare multisenzoriala Nirvana, <http://physiomed.ro/betatest2/produse/realitate-virtuala/nirvana/>
- [36] Sistem RE.FLEX bazat pe senzori inerțiali - <http://reflex.help/> , Accesat 2.03.2018

REVENDICĂRI

1. Sistem de urmărire a mișcării în timp real pentru exerciții de kinetoterapie și metoda de urmărire **caracterizat prin aceea că** se compune dintr-un subsistem de achiziție date - obiect vestimentar de tip pantalon (1) dotat cu un număr de cinci senzori inerțiali (2), un subsistem mobil de calcul - controller (3) bazat pe o placă de dezvoltare de tip Arduino și modul Bluetooth, subsistemul de calcul și comunicație mobil – smartphone sau tabletă (4) capabil de conexiune prin Bluetooth și Internet, un subsistem de avertizare - microactuatoare de vibrații – buzere (5), subsistemul de calcul fix – server (6) aflat la dispoziția atât a medicului specialist cât și a pacientului prin conexiune la Internet și un subsistem de calcul fix aflat la dispoziția pacientului – un PC dotat cu senzor RGB-D (7), cu posibilitatea de a funcționa în timp real în vederea urmării și avertizării pacientului cu privire la postura sistemului locomotor pe care o adoptă la un moment dat, indiferent de locul în care se află.
2. 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 sistemului locomotor 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.
3. 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 modelului CAD 3D al sistemului locomotor în funcție de rezultatele investigațiilor medicale clasice de măsurare a pacienților, de vizualizare a modelului 3D a sistemului locomotor la diagnosticare și în timpul tratamentului.
4. Sistem conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** se utilizează o aplicație software ce rulează pe un PC fix, dotat cu un senzor RGB-D, cu posibilități de personalizare a avatarului în funcție de preferințele utilizatorului / pacientului prin intermediul căreia se pot vizualiza mișcările ce compun exercițiile de kinetoterapie.
5. Sistem conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** se sistemul se poate utiliza și în afara cabinetelor sau domiciliului pacientului, având posibilitatea urmării în

timp real a mișcărilor și înregistrarea acestora pe server în vederea studierii ulterioare de către medicul specialist.

6. Metoda de urmărire a mișcării în timp real pentru exerciții de kinetoterapie, **caracterizată prin aceea că** în funcționare sunt parcurse următoarele etape: (i) Măsurarea datelor antropometrice ale pacientului de către un medic / kinetoterapeut și parametrizarea modelului CAD generic. (ii) Diagnosticarea pacientului și prescripția unui set de exerciții de către medicul specialist, 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.

DESENE

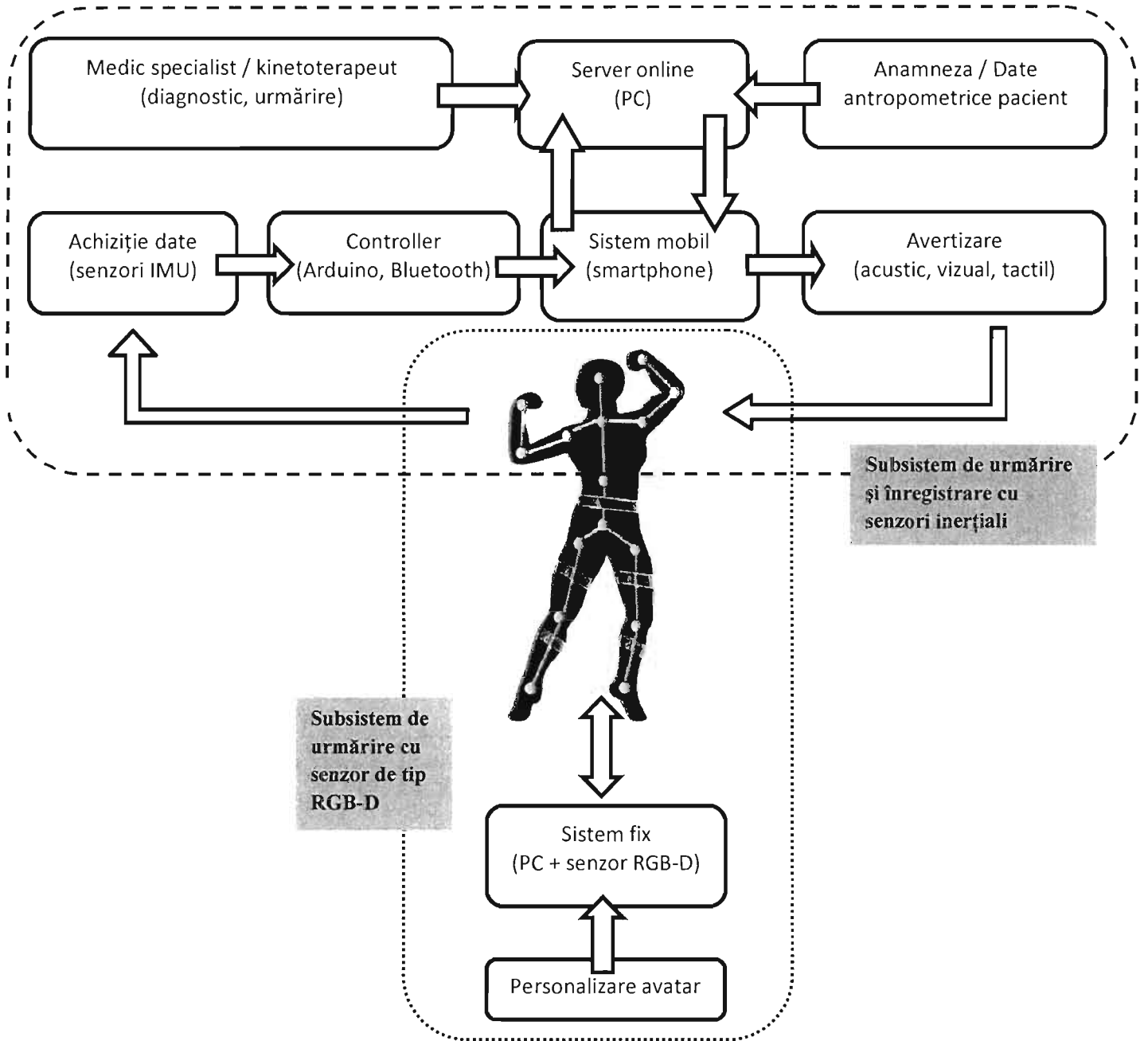


Fig. 1

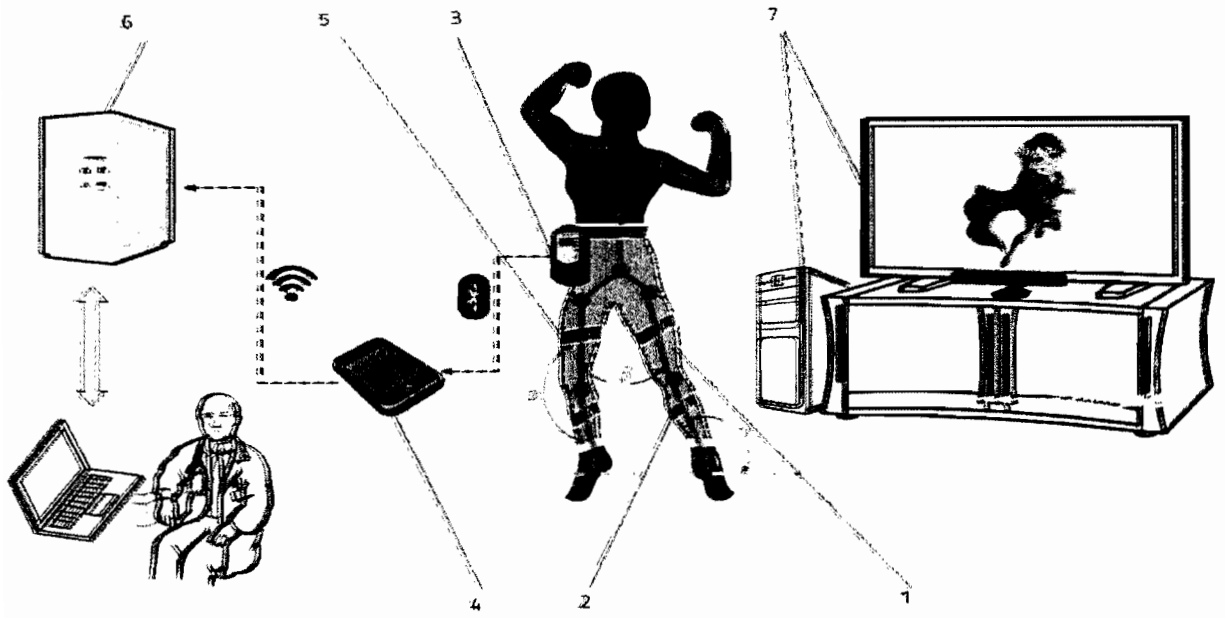


Fig. 2