

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00693

(22) Data de depozit: 15/09/2014

(41) Data publicării cererii:  
30/03/2016 BOPI nr. 3/2016

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI,  
BD. PROF. D. MANGERON NR.67, IAȘI, IS,  
RO

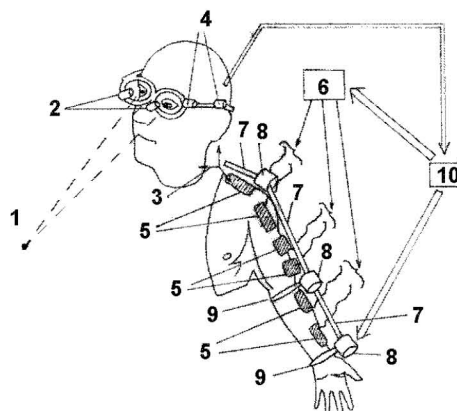
(72) Inventatori:  
• POBORONIUC MARIAN-SILVIU,  
STR. FUNDAC CĂLCĂI NR. 3A,  
SAT URICANI, MIROSLAVA, IS, RO;

• BULBOACĂ CORNELIU- ANGELO,  
STR. EMIL ISAC NR. 24, AP. 9,  
CLUJ- NAPOCA, CJ, RO;  
• IRIMIA DĂNUȚ-CONSTANTIN,  
STR. ANTON PANN, BL. 13, SC. C, ET. 1,  
AP. 27, ROMAN, NT, RO;  
• BULBOACĂ ADRIANA-ELENA,  
STR. EMIL ISAC NR. 24, AP. 9,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• OLARU RADU, STR.SF.LAZĂR NR.49,  
BL.A 1-3, SC.A3, ET.1, AP.1, IAȘI, IS, RO

(54) SISTEM HIBRID MECATRONIC-NEUROPROTEZĂ EXOSLIM  
PENTRU RECUPERAREA BRAȚULUI LA PERSOANELE CU  
HANDICAP NEUROMOTOR

(57) Rezumat:

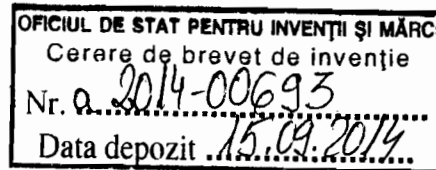
Invenția se referă la un sistem hibrid mecatronic-neuroproteză, util în facilitarea recuperării brațului unei persoane cu handicap neuromotor, datorat unor leziuni la nivelul sistemului nervos central. Sistemul conform invenției integrează o neuroproteză constituită din electrozi (5) de suprafață plasați pe grupele musculare, cu rol determinant în mișcarea brațului, un aparat (6) de electrostimulare, programabil, care furnizează un stimul electric necesar producerii contracției tetanice a mușchilor, și un sistem mecatronic tip exoschelet, format din elemente (7) rigide, unite prin articulații (8) prevăzute cu motoare și senzori, pliat pe brațul paralizat, controlate de un sistem (10) inteligent, care primește informații despre o țintă (1) aleasă voluntar de către pacient, prin fixarea vizuală a acesteia, și detectată în spațiu de către un sistem tip ochelari, suport a două camere (2) miniaturale, despre mișcările capului, prin intermediul unor senzori (4) de mișcare, și despre deplasarea elementelor exoscheletului, prin intermediul senzorilor din articulațiile (8) exoscheletului, și comandă aparatul (6) de electrostimulare și motoarele exoscheletului, pentru evoluția mâinii brațului paralizat către ținta (1) fixată vizual de către pacient.



Revendicări: 1  
Figuri: 1

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).





## **SISTEM HIBRID MECATRONIC-NEUROPROTEZĂ EXOSLIM PENTRU RECUPERAREA BRAȚULUI LA PERSOANELE CU HANDICAP NEUROMOTOR**

Invenția se referă la un sistem hibrid mecatronic-neuroproteză, denumit EXOSLIM de către autori, util în facilitarea recuperării brațului persoanelor cu handicap neuromotor datorat unor leziuni la nivelul sistemului nervos central. Sistemul se va utiliza de către pacienți cu diagnostic stabilit și va presupune plasarea electrozilor aparatului de electrostimulare pe suprafața pielii în vecinătatea nervilor mușchilor brațului care se doresc a fi activați, montarea facilă a unui exoschelet pentru braț realizat din elemente rigide unite prin articulații cu motoare și senzori și legat de braț prin structuri flexibile, de exemplu de tip curea. Sistemul EXOSLIM presupune montarea pe capul pacientului a unui echipament cu camere miniaturale pentru detectarea spațială a punctului țintă dorit de acesta și a mișcărilor capului, și cuplarea acestora la sistemul de control inteligent cu calculator sau microcontroller. Considerăm că sistemul EXOSLIM permite un control balansat între mișcarea inițiată prin electrostimularea musculaturii brațului și cea ghidată fin prin intermediul sistemului mecatronic tip exoschelet montat pe braț, cu potențial major în recuperarea neuromotorie a brațului, idee susținută de cercetări recente care au demonstrat că executarea unor mișcări ale membrelor prin intermediul electrostimulării funcționale poate conduce la reorganizare corticală [Ignat B.E et al., 2011].

Stimularea electrică funcțională constă în producerea contracțiilor mușchilor paralizați prin intermediul stimulării electrice a nervilor, cu electrozi de suprafață sau implantați. Prin activarea secvențială a grupelor de mușchi, de exemplu la nivelul membrelor, se poate produce o mișcare complexă mimînd activități care anterior afectării sistemului nervos central erau efectuate voluntar. O condiție necesară este ca nervul mușchiului care se dorește a fi activat să fie încă funcțional.

Stimulul electric de forma unor pulsuri, tip undă asimetrică bifazică sau simetrică bifazică, este furnizat nervilor care deservește mușchii de către un aparat numit aparat de electrostimulare sau neurostimulator, prin intermediul unor electrozi de suprafață sau implantați.

În momentul actual, există numeroase afecțiuni care generează deficit motor total sau parțial, cum ar fi: patologie cerebro-vasculară, traumatisme cranio-cerebrale, traumatisme vertebro-medulare, scleroza multiplă etc. Toți acești pacienți necesită procedee de kinetoterapie laborioase, de stimulare electrică funcțională sau alte exerciții necesare tonifierii musculaturii. Toate acestea necesită timp acordat unui singur pacient, costuri de spitalizare, prezența permanentă a pacientului într-o unitate de tratament și recuperarea îndelungată. Cercetările actuale au relevat un impact major în recuperarea neuromotorie prin utilizarea stimulării electrice funcționale pentru exerciții care implică participarea pacientului, de exemplu facilitând reorganizarea corticală la pacienții cu accident vascular cerebral. Dar exercițiile trebuie efectuate corect, repetitiv, timp îndelungat și cu posibilitate de evaluare a îmbunătățirilor pe parcursul recuperării neuromotorii.

Însă, deficiența majoră a unor proceduri actuale este obținerea unor mișcări lipsite de finețe și de coordonare. Pentru o bună desfășurare spațio-temporală, o mișcare trebuie să aibă coordonare, care implică: start precis, traiectorie și viteză adecvată și un final precis al mișcării. Mișcările orientate spre o țintă, efectuate de membrul superior necesită un număr mare de mecanisme de control neuronal, dar acestea pot să fie afectate în leziuni ale sistemului nervos central. Datorită organizării sale, sistemul vizual le poate suplini și poate conduce extremitatea distală a membrului superior spre o țintă aleasă în spațiul

tridimensional. Astfel, performanțele membrului superior depind ferm de mișcările în orbită ale globilor oculari, dar și de poziția capului față de torace. Tandemul sistem oculomotor-mână este asamblat în structuri neuronale implicate în planificarea și coordonarea ochi-mână.

Sistemul vizual este capabil să detecteze și să localizeze o țintă staționară sau mobilă în spațiul tridimensional. Când un subiect deplasează mâna către o țintă, globii oculari se deplasează rapid, în mod reflex, spre a urmări această țintă, iar la finalul mișcării, atât globii oculari, cât și mâna își încetinesc mișcarea. Este demonstrat că în aceste condiții comanda motorie pentru globii oculari și mâna este inițiată simultan, dar sistemul ocular se mișcă mai rapid față de mâna, care are o inerție mai mare. Considerăm că tocmai această combinație între răspunsul sistemului ocular și mâna poate contribui fundamental la îmbunătățirea performanțelor sistemului format din brațul robotic și stimularea electrică funcțională, prin creșterea preciziei și coordonării membrului cu deficit motor. Este esențială și integrarea în acest sistem a mișcărilor capului față de trunchi. În cazul urmăririi mișcării unui obiect care se deplasează rapid, sistemul ocular este ajutat și de o mișcare rapidă a extremității.

Problema practică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în propunerea unui sistem mecatronic-neuroproteză inteligent pentru recuperarea brațului persoanelor cu handicap neuromotor datorat unor leziuni la nivelul sistemului nervos central, care îmbină caracteristicile de precizie în efectuarea unor mișcări la nivelul brațului ale unui sistem mecatronic tip exoschelet cu facilitarea participării musculaturii brațului la mișcare prin stimulare electrică funcțională a grupelor musculare utile în susținerea mișcării către o țintă aleasă voluntar de către pacient. Sistemul EXOSLIM propus poate fi utilizat atât în ambulatoriu cât și în unitățile de tratament recuperatoriu, ar conduce la tonifierea musculaturii brațului, îmbunătățirea coordonării acestuia, putând aduce beneficii atât pacienților cât și sistemului de sănătate publică prin reducerea costurilor spitalizărilor și recuperării neuromotorii a diverselor categorii de pacienți. Unii pacienți, de exemplu cei hemiplegici datorită unui accident vascular cerebral, ar putea să își monteze singuri aparatul și să pornească exercițiile, după ce în prealabil specialistul bioinginer, kinetoterapeut sau medic neurolog a prescris parametrii de electrostimulare, pe când alții, de exemplu paralizați în urma unor leziuni medulare la nivel cervical, vor avea nevoie de suport și la montare.

În urma aplicării invenției se obțin următoarele avantaje:

- Reducerea dependenței persoanelor cu handicap neuromotor de personalul de îngrijire;
- Efectuarea cu ușurință în ambulatoriu a exercițiilor de recuperare neuromotorie a brațului sau tonifiere musculară. Pacientul poate să-și desfășoare, astfel, exercițiile de recuperare și la domiciliu, după ce, în prealabil, a urmat un instructaj;
- Reducerea costurilor necesare îngrijirii și recuperării unui pacient cu handicap neuromotor datorat unei leziuni la nivelul sistemului nervos central;
- Creșterea calității vieții pacienților cu handicap neuromotor prin facilitarea efectuării unor mișcări precise ale brațului, și apucarea unor obiecte necesare pentru cei cu potențial restant.
- Sistemul de control al electrostimulării presupune prescrierea unui număr mic de parametri și aplicarea practică a sistemului inteligent EXOSLIM necesită doar adaptarea suportului pentru senzorii de la nivelul ochilor și capului, plasarea electrozilor și conectarea pe brat a exoscheletului, și pornirea sistemului, toate calculele necesare mișcării pe traiectorie căzând în sarcina sistemului de calcul.

În continuare se prezintă sistemul EXOSLIM propus, prin raportare la figura 1.

Sistemul EXOSLIM, conform invenției, integrează o neuroproteză constituită din electrozi de suprafață plasați pe grupele musculare cu rol determinant în mișcarea brațului și un aparat de electrostimulare sau neurostimulator care furnizează stimulul electric necesar producerii contracției tetanice a mușchilor, și un sistem mecatronic tip exoschelet format din

elemente rigide unite prin articulații cu motoare și senzori, pliat pe brațul paralizat, controlate de un sistem inteligent care primește informația despre ținta aleasă voluntar de către pacient prin intermediul unor camere miniaturale, a mișcărilor capului prin intermediul unor senzori de mișcare și a deplasărilor elementelor exoscheletului prin intermediul senzorilor din articulații.

Pacientul alege voluntar ținta 1 în spațiu, cele două camere miniaturale 2 care urmăresc pupilele ochilor acestuia furnizând sistemului inteligent de calcul informația utilă în monitorizarea acestei ținte față de un sistem de referință 3 prin intermediul unor matrici de transformare calculate simplu pe baza unor măsurători anatomice ale capului pacientului. La această monitorizare a punctului țintă contribuie și senzorii de deplasare 4 care furnizează informații relevante utile în recalcularea matricilor de transformare legate în special de rotirea capului în jurul gâtului. Mișcarea brațului, susținută de către sistemul EXOSLIM, va fi raportată la același sistem de referință 3.

Fiecare grupă musculară stimulată electric presupune existența unui canal de stimulare al aparatului de electrostimulare 6. Un canal de stimulare va închide un circuit electric între un electrod activ (catod) și unul indiferent (anod) plasați în vecinătatea nervilor mușchilor care se doresc a fi activați. Electrozii pentru electrostimulare pot fi de suprafață sau implantați. Astfel, pentru extensia brațului, un canal de stimulare poate activa musculatura umărului (un electrod plasat pe mușchii supraspinatus și un altul pe deltoid median; primii doi electrozi plasați la nivelul umărului și notati 5 în figură), un al doilea canal de stimulare poate activa mușchiul triceps (plasare electrozi deasupra mușchiului la o distanță de 1-2 cm unul față de celălalt) și un al treilea canal de stimulare poate activa mușchii extensori ai mâinii. Literatura de specialitate oferă lămuriri în legătură cu aceste plasări ale electrozilor la nivelul brațului pentru extensie și flexie. La pacienții cu accident cerebral de cele mai multe ori se preferă realizarea corectă a extensiei brațului, flexia acestuia realizându-se prin acțiunea voluntară a pacientului, dacă există potențial restant.

Modularea contracției grupelor musculare se realizează prin modificarea curentului, duratei pulsurilor sau frecvenței stimulului electric furnizat pe fiecare canal de stimulare de către neurostimulatorul 6, în concordanță cu strategia de control implementată în sistemul inteligent de control 10. Există posibilitatea ca, pentru fiecare dintre canalele de stimulare, doi dintre acești parametri să fie menținuți constanți și un al treilea (de exemplu durata pulsurilor) să fie modificat pentru a modula contracția grupei musculare vizată. Domeniul de variație al parametrului/parametrilor de control se deduce printr-o testare inițială împreună cu subiectul.

Sistemul mecatronic tip exoschelet este format din elementele pasive, rigide, de legătură 7, legate între ele prin articulațiile 8 în care se află motoare și senzori, tot ansamblul fiind legat de braț prin niște elementele flexibile 9, de exemplu de tipul unor curele reglabile. Acesta presupune câteva adaptări simple la dimensiunile brațului pacientului, prin scurtarea/alungirea elementelor 7, și va fi de asemenea modelat matematic relativ la sistemul de referință 3. Pe baza datelor furnizate de camerele miniaturale 2, și a dimensiunilor actuale ale exoscheletului, sistemul inteligent de calcul va calcula traiectoriile necesare în spațiul articulațiilor pentru suprapunerea mâinii pacientului peste punctul țintă 1.

Balansul între mișcarea generată prin contracție controlată a musculaturii brațului și motoarele 8 ale sistemului mecatronic este asigurat printr-o programare adecvată a sistemului de calcul și control 10. De exemplu, la pacienții cu accident vascular cerebral, se va acorda o importanță majoră controlului musculaturii prin stimulare electrică, sistemul exoschelet fiind util în finețea reglării pe traiectorie, deoarece la aceștia există premise mari în stimularea reorganizării corticale și recuperare neuromotorie prin acest mod de efectuare a exercițiilor. Sistemul se poate realiza în oglindă pentru brațul stâng sau brațul drept.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Ignat E.B., Bohotin V., Dobrin R., Chirita R., Poboroniuc M., Popescu C.D., 2011, *The effect of functional electrical stimulation on cortical excitability and clinical parameters of gait in chronic stroke survivors*, Buletin de Psihiatrie Integrativa, nr.2/2011 (49), 2011, ISBN: 973-9375-08-1.

## REVENDICĂRI

Sistem hibrid mecatronic-neuroproteză *EXOSLIM* pentru recuperarea brațului la persoanele cu handicap neuromotor, **este caracterizat prin aceea că** realizează coordonarea unor mișcări ale brațului paralizat, mișcare inițiată voluntar de către mușchii pacientului sau automat de către sistemul mecatronic dacă nu există potențial de mișcare restant, prin alegerea de către pacient a unui punct țintă [1], fixarea vizuală a acestuia, detectarea acestuia în spațiu de către un sistem tip ochelari suport a două camere miniaturale [2] care detectează mișcarea pupilelor ochilor pacientului, sesizarea poziției capului pacientului față de un sistem de referință [3] plasat la nivelul umărului acestuia prin intermediul senzorilor de mișcare [4], raportarea punctului țintă față de sistemul de referință [3] plasat la nivelul umărului pacientului, și controlul inteligent al unui sistem hibrid format din neuroproteza constituită din perechile de electrozi [5], care activează prin stimulare electrică diversele grupe musculare ale brațului paralizat, și aparatul de electrostimulare programabil [6], și sistemul mecatronic tip exoschelet format din elementele pasive, rigide și de legătură [7], legate prin articulațiile [8] în care se află motoare și senzori, legat de braț prin elementele flexibile [9], controlul inteligent fiind implementat într-un calculator [10] sau microcontroller [10] care primește informații de la senzorii [2], [4] și cei aflați în articulațiile [8] ale exoscheletului, și comandă aparatul de electrostimulare programabil [6] și motoarele exoscheletului constituit din elementele [7], [8], [9] pentru evoluția mâinii brațului paralizat către punctul țintă [1] fixat vizual de către pacient.

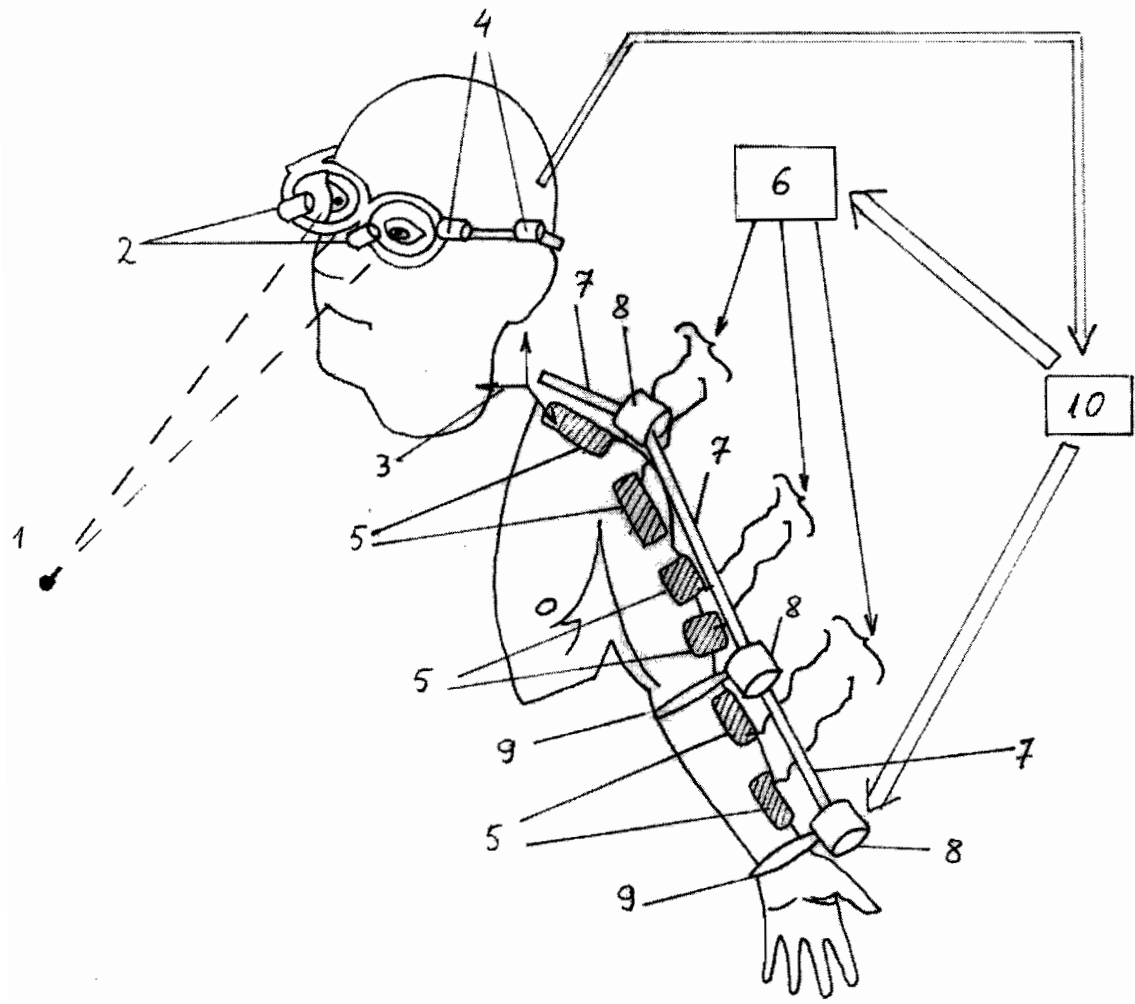


Figura 1.