



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00693**

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2021** BOPI nr. **8/2021**

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

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI,**  
*BD. PROF. DIMITRIE 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*

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 2012310303 A1; US 7862524;**  
**US 2010069796 A1**

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



# RO 130961 B1

1           Invenția se referă la un sistem hibrid mecatronic-neuroproteză, util în facilitarea  
recuperării brațului persoanelor cu handicap neuromotor datorat unor leziuni la nivelul siste-  
3           mului nervos central. Sistemul hibrid mecatronic-neuroproteză se va utiliza de către pacienți  
cu diagnostic stabilit și va presupune plasarea electrozilor aparatului de electrostimulare pe  
5           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  
7           motoare și senzori și legat de braț prin structuri flexibile, de exemplu de tip curea. Sistemul  
hibrid mecatronic-neuroproteză presupune montarea pe capul pacientului a unui echipament  
9           cu camere miniaturale pentru detectarea spațială a punctului țintă dorit a fi atins de acesta,  
și a mișcărilor capului, și cuplarea acestora la sistemul de control inteligent cu calculator sau  
11          microcontroller.

          Considerăm că sistemul hibrid mecatronic-neuroproteză permite un control balansat  
13          între mișcarea inițiată prin electrostimularea musculaturii brațului și cea ghidată fin prin  
intermediul sistemului mecatronic tip exoschelet montat pe braț, cu potențial major în  
15          recuperarea neuromotorie a brațului, idee susținută de cercetări recente care au demonstrat  
că executarea unor mișcări ale membrelor prin intermediul electrostimulării funcționale poate  
17          conduce la reorganizare corticală [1].

          Stimularea electrică funcțională constă în producerea contracțiilor mușchilor paralizați  
19          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  
21          produce o mișcare complexă mimând activități care anterior afectării sistemului nervos  
central erau efectuate voluntar. O condiție necesară este ca nervul mușchiului care se se  
23          dorește a fi activat să fie încă funcțional.

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

          La momentul actual se cunosc aparate pentru activarea externă a părților paralizate  
27          ale corpului uman prin electrostimularea nervilor periferici [2], cuprinzând un obiect de  
vestimentație flexibil prevăzut cu electrozi multi-pad pe o parte și un mijloc de activare pe  
29          cealaltă parte, mijloacele de activare fiind adaptate pentru a permite activarea și controlul  
unui impuls electric livrat către fiecare electrod multi-pad, care este prevăzut cu un activator  
31          corespunzător, într-o poziție orientată spre electrod, cu materialul obiectului de vestimentație  
între aceștia, activatorii fiind acționați prin presiune. De asemenea, se cunoaște un sistem  
33          funcțional de stimulare electrică pentru deplasarea cel puțin a unei porțiuni a corpului unui  
utilizator, cum ar fi picioarele [3]. Sistemul este adaptat pentru a monitoriza performanța  
35          și/sau rezultatul stimulării subiectului și pentru a evalua oboseala musculară. Sistemul  
cuprinde un stimulator care poate oferi o multitudine de configurații de stimulare electrică  
37          funcțională a picioarelor, unul sau mai multe traductoare care emit semnale reprezentative  
ale mișcării făcute de picioare ca răspuns la stimularea electrică funcțională a acestora și  
39          mijloace de control care recepționează și procesează semnalele emise de traductoare.

          La nivelul coordonării brațului uman prin intermediul unor sisteme tip exoschelet, se  
41          cunoaște propunerea unui aparat de interfață exoschelet cu posibilitatea de mișcare în  
43          terapia fizică a umărului [4]. Aparatul este alcătuit dintr-un ansamblu serial de cinci legături  
rigide și articulații, bazat pe o structură rigidă de suport atașată trunchiului subiectului uman.  
45          Un astfel de aparat generează rotația umărului utilizând trei articulații ortogonale montate pe  
un lanț cinematic serial care înconjoară și se intersectează la nivelul articulației glenohu-  
47          merale. Ridicarea articulației umărului se realizează cu un element de legătură acționat de  
o singură articulație rotativă montată pe structura trunchiului. Legăturile pasive reglabile sunt  
49          utilizate pentru a se potrivi cu variația lungimii anatomice a antebrățului, a lungimii brațului  
superior și a razei scapulo-glenohumerale.

# RO 130961 B1

În momentul actual, există numeroase afecțiuni care generează deficit motor total sau parțial, cum ar fi: patologii 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 posede 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 mână este inițiată simultan, dar sistemul ocular se mișcă mai rapid față de mână, care are o inerție mai mare. Considerăm că tocmai această combinație între răspunsul sistemului ocular și mână 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 hibrid mecatronic-neuroproteză 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.

# RO 130961 B1

- 1 În urma aplicării invenției se obțin următoarele avantaje:
- 3 - reducerea dependenței persoanelor cu handicap neuromotor de personalul de îngrijire;
  - 5 - 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;
  - 7 - reducerea costurilor necesare îngrijirii și recuperării unui pacient cu handicap neuromotor datorat unei leziuni la nivelul sistemului nervos central;
  - 9 - 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;
  - 11 - sistemul de control al electrostimulării presupune prescrierea unui număr mic de parametri și aplicarea practică a sistemului hibrid mecatronic-neuroproteză necesită doar adaptarea suportului pentru senzorii de la nivelul ochilor și capului, plasarea electrozilor și conectarea pe braț a exoscheletului, și pornirea sistemului, toate calculele necesare mișcării pe traiectorie căzând în sarcina sistemului de calcul.

17 În continuare se prezintă sistemul hibrid mecatronic-neuroproteză propus, prin raportare la fig. 1.

19 Sistemul hibrid mecatronic-neuroproteză, 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 de calcul 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.

29 Pacientul alege voluntar ținta **1** în spațiu, cele două camere miniaturale **2** care urmăresc pupilele ochilor acestuia furnizând sistemului 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 hibrid mecatronic-neuroproteză, va fi raportată la același sistem de referință **3**.

37 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 **5** plasați la nivelul umărului), 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 [5]. La pacienții cu accident vascular 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.

# RO 130961 B1

Modularea contracției grupelor musculare se realizează prin modificarea curentului, duratei pulsurilor sau frecvenței stimulului electric furnizat pe fiecare canal de stimulare de către aparatul de electrostimulare **6**, în concordanță cu strategia de control implementată în sistemul de calcul și 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 **7**, rigide, de legătură, 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 pasive **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 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 cea generată de articulațiile **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 CD., 2011, "The effect of functional electrical stimulation on cortical excitability and clinical parameters of gait in chronic stroke survivors", Buletin de Psihiatrie Integrativă, nr.2/2011 (49), 2011, ISBN: 973-9375-08-1.

[2] Patent US 2012310303 A1, "Apparatus for external activation of paralyzed body parts by stimulation of peripheral nerves", 6.12.2012.

[3] Patent US 2010069796 A1, "Muscle fatigue meter", 18.02.2010.

[4] Patent US 7862524, "Portable arm exoskeleton for shoulder rehabilitation", 4.01.2011.

[5] M. Poboroniuc, "Elemente de programare și control a neuroprotezelor", Editura VENUS, Iași, pp.180, 2006, ISBN 978-973-756-036-0.

# RO 130961 B1

## Revendicare

1

3

5

7

9

11

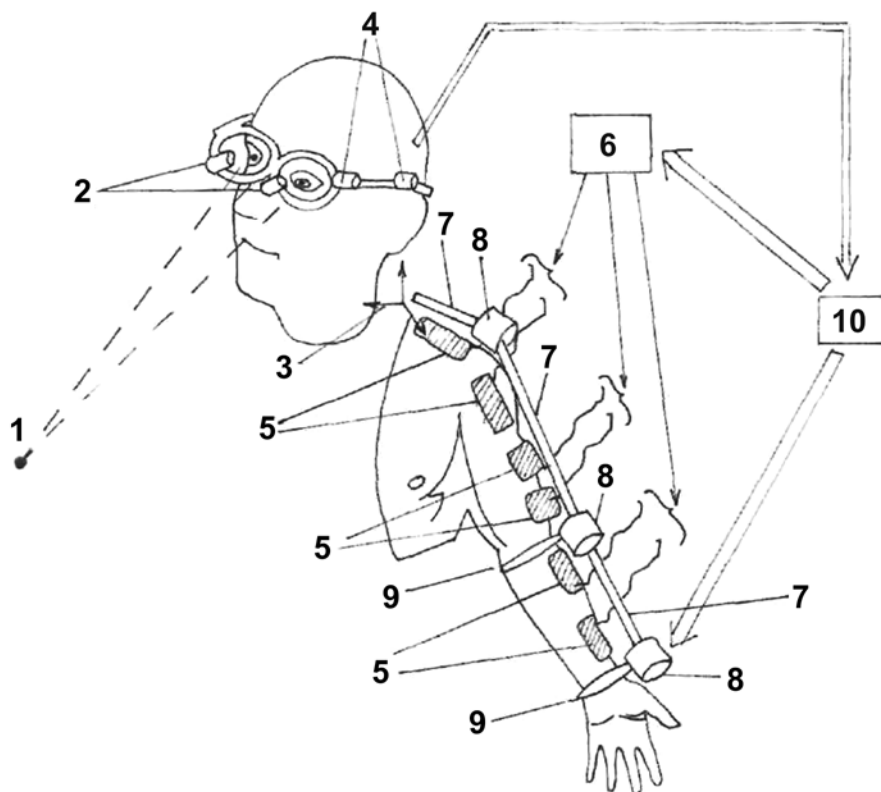
13

Sistem hibrid mecatronic-neuroproteză pentru recuperarea brațului la persoanele cu handicap neuromotor, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit, dintr-un sistem tip ochelari suport a două camere miniaturale (2) care detectează mișcarea pupilelor ochilor pacientului, senzori (4) pentru sesizarea poziției capului în raport cu un sistem de referință (3) plasat la nivelul umărului, o neuroproteză constituită din perechi de electrozi (5) care activează prin stimulare electrică diverse grupe musculare ale brațului paralizat, un aparat de electrostimulare (6) programabil și un sistem mecatronic tip exoschelet format din elemente pasive (7), rigide și de legătură, legate prin articulații (8) în care se află motoare și senzori, legat de braț prin elemente flexibile (9) și un sistem de calcul și control (10) care prelucrează informațiile primite, și comandă aparatul de electrostimulare (6) programabil și motoarele exoscheletului pentru evoluția mâinii brațului paralizat către un punct țintă (1) fixat vizual de către pacient.

(51) Int.Cl.

A61F 2/54 (2006.01);

A61F 2/70 (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 352/2021