



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00375**

(22) Data de depozit: **14/06/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/03/2020** BOPI nr. **3/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2017 BOPI nr. **11/2017**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:
• **GHERMAN BOGDAN GEORGE,
STR. HELTAI GAȘPAR NR. 70,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **PÎSLĂ DOINA LIANA, STR. HAȚEG
NR.26/7, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **PLITEA NICOLAE, STR. MOISE NICOARĂ
NR.18, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**

• **VAIDA LIVIU CĂLIN, STR. TEILOR, NR.10,
SC.2, AP.21, COMUNA FLOREȘTI, CJ, RO;**
• **CARBONE GIUSEPPE,
STR.PUBLIO OVIDIO, NR.48/2, VENAFRO,
IT;**
• **PÎSLĂ ADRIAN, STR. HAȚEG NR. 26/7,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **BĂNICĂ ALEXANDRU VLAD,
STR.DIMITRIE CANTEMIR, NR.1, AP.9,
BAIA MARE, MM, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 2004/0082885 A1; US 2013/0060171 A1;
EP 2613753 B1**

(54) **SISTEM ROBOTIC PARALEL PENTRU RECUPERAREA
MEDICALĂ A MEMBRULUI SUPERIOR**



Invenția se referă la o familie de roboți pentru recuperarea medicală a membrului superior, în speță recuperarea următoarelor mișcări: flexia antebrăului (din cot), pronația/supinația, flexia/extensia și abducția/adducția mâinii (palmei). Prima variantă de implementare a acestei familii este bazată pe o structură serială, de tip exoschelet, care se atașează brațului uman, având patru grade de mobilitate. Cea de-a doua variantă de implementare are o structură modulară, fiind alcătuit din două module paralele, unul servind mobilizării antebrăului (flexia din cot) și realizării pronației/supinației, celălalt modul paralel fiind destinat mobilizării încheieturii mâinii (flexie/extensie și abducție/adducție).

Avantajul îl constituie o amplitudine mare a mișcărilor, rigiditate sporită și modularitate.

Este cunoscut sistemul robotic pentru reabilitarea umărului, brevet **US 20070225620/US 7862524 B2**, reprezentând un sistem de tip exoscheleton serial portabil cu 3 GDL, destinat reabilitării umărului.

Dezavantajul sistemului constă în faptul că structura de tip exoschelet a acestuia folosește corpul pacientului ca platformă de susținere, ceea ce poate fi dăunător în cazul persoanelor vârstnice, care constituie majoritatea pacienților suferinzi de dizabilități motorii în urma unui atac vascular cerebral.

Un alt sistem robotizat destinat reabilitării post AVC a membrilor superioare este prezentat în brevetul **CA 2581587 A1/US 7252644 B2**. Acesta reprezintă un sistem de tip efector final compus dintr-un element care interacționează cu corpul uman sau o parte a acestuia, un senzor de forță, un generator de forță, cel puțin o legătură neoconformă mobilă și o bază, senzorul de forță fiind conectat la generatorul de forță, elementul de legătură dintre acestea având cel puțin trei grade de libertate.

Dezavantajul acestui dispozitiv este că prezintă un singur punct de interacțiune (efectorul final) cu pacientul și mișcările articulare ale acestor dispozitive nu corespund mișcărilor umane. Prin urmare, fără restricții externe aplicate pentru constrângerea pacientului, terapiile specifice articulare nu pot fi furnizate de astfel de mecanisme.

Un alt sistem robotizat destinat reabilitării post AVC a membrilor superioare este în brevetul **EP 2723536 A1/US 20120330198 A1**, și este compus dintr-o cuplă motorie, care interacționează direct sau indirect cu o articulație umană prin intermediul unui efector final montat pe brațul pacientului, suportul/efectorul final este aranjat în așa fel încât să realizeze o mișcare paralelă plană arbitrară, permițând mișcări de translație și rotație suprapuse ale efectoarelor finale montate în raport cu corpul elementului de îmbinare.

Se mai cunoaște un dispozitiv terapeutic de îmbunătățire a mobilității cotului (**US 2004/0082885 A1**), care promovează mișcări de pronație/supinație și de flexie, care include un suport pentru braț 22, un ansamblu de flexie 24 și un ansamblu de pronație/supinație 26, având posibilitatea de montare pe o bază 100, în care ansamblul de flexie 24 include un prim și un al doilea ansamblu de acționare 40 și 42 având axele de rotație coliniare, montate culisabil pe părțile laterale ale unor tije de ortează 44, 46, ansamblurile de acționare având rolul de a realiza mișcarea de flexie a cotului, respectiv de extensie, și ai căror arbori de rotație 60 și 62 sunt conectați la o articulație valgus, și în care ansamblul de pronație/supinație 26 include o carcasă 70 prevăzută cu un dispozitiv de acționare 86, un ansamblu inel pentru prindere de încheietura pacientului și un dispozitiv de fixare 76, carcasa 70 putând culisa de-a lungul a două tije paralele 73, al căror capăt opus este atașat articulației valgus 68.

Din stadiul tehnicii este cunoscut un aparat de reabilitare și antrenament pentru membrele superioare (**US 2013/0060171 A**), care include un braț robotic multi-ax având de la 1 la 8 segmente de braț, un sistem de comandă pentru controlul mișcărilor brațului robotic,

un mecanism de reglare a poziției și o bază mobilă. Brațul robotic multi-ax conferă 8 grade de libertate, iar segmentele de braț care îl alcătuiesc sunt prevăzute cu un potențiometrul pentru măsurarea unghiurilor la nivelul articulațiilor, cu un senzor de forță și cu un dispozitiv pentru acționarea segmentelor de braț.	1 3
Dezavantajul acestei structuri constă în precizia limitată datorită structurii seriale de poziționare.	5
Problema tehnică rezolvată cu ajutorul prezentei propunerii de invenție constă în realizarea unei familii de roboți cu ajutorul cărora să se realizeze recuperarea medicală a membrului superior, în special flexia cotului, pronția/supinația, precum și flexia/extensia și adducția/abducția mâinii. Structurile propuse asigură un spațiu de lucru generos, dexteritate crescută, dar și o rigiditate sporită datorită sistemului robotic paralel modular, aducând avantaje însemnate față de sistemele robotice existente și prezentate anterior în domeniul recuperării medicale a membrului superior.	7 9 11 13
Sistemul robotic paralel pentru recuperarea medicală a membrului superior destinat mișcărilor de flexie/extensie a cotului și de pronție/supinație a antebrăului, conform invenției, cu două grade de mobilitate și două cuple active de rotație, care include două motoare de acționare, unde mișcarea de flexie/extensie este realizată de o cuplă de rotație activă, acționată de un motor, adică o rotație în jurul axei OY, cupla fiind fixată pe un batui, iar cupla de rotație activă acționează mai departe un element de legătură, care se rotește în jurul axei OY, fixat rigid de un alt element de legătură, rezolvă problema tehnică și înlătură dezavantajele menționate prin aceea că mișcarea de pronție/supinație a antebrăului este realizată de o cuplă cardanică acționată de cel de-al doilea motor fixat pe un alt batui, realizând o rotație în jurul unei axe paralele cu OX, care antrenează, prin intermediul unui arbore care se rotește în interiorul elementului de legătură, un angrenaj de roți dințate, la încheietura mâinii pacientului atașându-se rigid un element de priză aflat în legătură cu angrenajul de roți dințate.	15 17 19 21 23 25
Aplicația specifică a sistemului propus în cadrul prezentei invenții o reprezintă reproducerea mișcărilor membrului superior, și anume: flexia cotului, pronția/supinația, adducția/abducția și flexia/extensia mâinii (palmei) cu ajutorul unui sistem robotic de tip exoschelet realizat în două variante: varianta clasică de mecanism serial/antropomorfic și o variantă modulară, realizată din două module paralele destinată aceleiași aplicații.	27 29 31
Fig. 1...3, prezentate în continuare, exemplifică modul de realizare a invenției.	
Fig. 1 reprezintă varianta 1 de implementare a robotului cu patru grade de mobilitate (reprezentate prin cuplele active de rotație q_1, q_2, q_3, q_4) pentru recuperarea medicală a membrului superior.	33 35
Fig. 2 și 3 prezintă a doua modalitate de implementare a robotului cu patru grade de mobilitate realizat din două module (structuri robotice paralele), astfel:	37
- fig. 2, reprezintă primul modul al robotului pentru recuperarea medicală a antebrăului (flexia cotului și pronția/supinația), având două grade de mobilitate (reprezentate prin cuplele active de rotație q'_1, q'_2);	39
- fig. 3, reprezintă al doilea modul al robotului pentru recuperarea medicală a mâinii (flexie/extensie și adducție/abducție), având două grade de mobilitate (reprezentate prin cuplele active de rotație q'_3, q'_4).	41 43
Sunt prezentate, în continuare, cele două variante de implementare ale familiei de structuri robotice făcând parte din familia de roboți pentru recuperarea medicală a membrului superior.	45

Prima variantă de implementare a robotului destinat recuperării medicale a membrului superior, conform invenției (fig. 1) este realizat pe baza unei structuri seriale, antropomorfe, destinat mobilizării antebrăului și mâinii, deci a realizării flexiei cotului, pronației/supinației și a flexiei/extensiei și abducției/adducției mâinii. Întregul mecanism este așezat pe batiul 1 care susține cupla activă de rotație 2, unde este plasat și sistemul de coordonate fix al robotului (OXYZ). Cupla 2 are axa de rotație de-a lungul axei OY a sistemului de coordonate, iar acționarea se face cu ajutorul motorului rotativ 3, realizându-se deplasarea q_1 (rotație în jurul axei OY) și în final flexia antebrăului. Elementul de legătură 4 este poziționat și fixat de-a lungul antebrăului până la cupla de rotație activă 5 (plasată în treimea distală a antebrăului pacientului) acționată de motorul rotativ 6, astfel realizându-se mișcarea de pronație/supinație (rotație în jurul axei O_{x1} reprezentată prin cupla activă q_2). Aceeași cuplă de rotație 5 poziționează elementul de legătură 7 care susține cupla activă de rotație 8 al cărei rol este de a realiza mișcarea de adducție/abducție a mâinii, realizată prin cupla q_3 (rotație în jurul axei O_{2z2}), fiind acționată cu ajutorul motorului 9. Elementul 10 susține cupla activă de rotație 11, care cu ajutorul elementului 13 și a prizei 14 și acționată de motorul rotativ 12 realizează mișcarea de flexie/extensie a mâinii (cupla q_4 , rotație în jurul axei O_{3z3}).

A doua variantă de implementare a robotului pentru recuperarea medicală a membrului superior conform invenției, este alcătuită din două module, primul destinat recuperării antebrăului (flexia cotului și pronația/supinația), conform fig. 2 și al doilea, conform fig. 3 pentru recuperarea mișcărilor din încheietura mâinii, adică adducția/abducția și flexia/extensia mâinii, fiecare având propriul sistem de coordonate. Primul modul, conform invenției (fig. 2) are la bază o structură paralelă cu 2 grade de mobilitate și două cuple active de rotație q'_1 , q'_2 , fiind destinat reproducerii mișcărilor de flexie a cotului, respectiv pronația/supinația antebrăului. În cadrul primului lanț cinematic al mecanismului paralel, cupla de rotație activă 15, acționată de motorul 16 este cea care realizează mișcarea de flexie din cot, adică o rotație în jurul axei OY (materializând cupla activă q'_1). Aceasta este fixată utilizând batiul 17. Cupla activă 15 acționează mai departe elementul 18 (care se rotește în jurul axei OY), acesta fiind rigid fixat de elementul 19. În cadrul celui de-al doilea lanț cinematic paralel, motorul 20, fixat cu ajutorul batiului 21 acționează cupla cardanică 22 (materializând cupla activă q'_2 , realizând o rotație în jurul unei axe paralele cu OX). Cupla cardanică 22 antrenează, prin intermediul elementului 23 care se rotește în interiorul elementului 19, angrenajul de roți dințate 24-25. Priza 26 se atașează rigid încheieturii mâinii pacientului, pentru a realiza în final cele două mișcări propuse: flexia cotului și pronația/supinația.

Al doilea modul, conform invenției (fig. 3), are la bază o structură sferică paralelă cu 2 grade de mobilitate, având două cuple active de rotație (q'_3 , q'_4), fiind destinat reproducerii mișcărilor de adducție/abducție, respectiv flexie/extensie a încheieturii mâinii. Astfel, elementul 27 a cărui rotație se realizează în jurul axei OY (materializând cupla q'_3) este acționat prin intermediul motorului 28 care este susținut de lagărele de mișcare 29 și 30, fixate între elementele batiului 31 și 32. Elementul 27 este prevăzut cu un canal în care este plasat și se poate roti în jurul axei OZ elementul 33, care se mișcă (se rotește în jurul axei OY) odată cu elementul 27. Pe elementul 33, care este de tip șină este poziționată sania 34 pe care este fixat elementul suport al mâinii pacientului 35. Așadar, prin intermediul lanțului cinematic de cuple și elemente: 27-28-29-30-33-34-35 se mobilizează încheietura mâinii pentru obținerea mișcării de adducție/abducție a mâinii. Cupla de rotație 36, acționată prin intermediul motorului 37 susținut de elementul 38, realizează mișcarea de flexie/extensie a mâinii, tot prin intermediul elementului 33 (materializând cupla activă q'_4).

Șina 33 și sania 34 sunt necesare deoarece cupla de rotație 36 este plasată sub încheietura mâinii pacientului, 39, astfel încât centrele de rotație ale cuplei 36 și încheieturii mâinii 39 sunt distanțate, ceea ce duce la o rază diferită a mișcării circulare în jurul axei OY.

Sistem robotic paralel pentru recuperarea medicală a membrului superior destinat	3
mișcărilor de flexie/extensie a cotului și de pronatie/supinație a antebrățului, cu două grade	
de mobilitate și două cuple active de rotație, care include două motoare de acționare, unde	5
mișcarea de flexie/extensie este realizată de o cuplă de rotație activă (15), acționată de un	
motor (16), adică o rotație în jurul axei OY, cupla fiind fixată pe un batiu (17), iar cupla de	7
rotație activă (15) acționează mai departe un element de legătură (18), care se rotește în	
jurul axei OY, fixat rigid de un alt element de legătură (19), caracterizat prin aceea că	9
mișcarea de pronatie/supinație a antebrățului este realizată de o cuplă cardanică (22)	
acționată de cel de-al doilea motor (20) fixat pe un alt batiu (21), realizând o rotație în jurul	11
unei axe paralele cu OX, care antrenează, prin intermediul unui arbore (23) care se rotește	
în interiorul elementului de legătură (19), un angrenaj de roți dințate (24, 25), la încheietura	13
mâinii pacientului atașându-se rigid un element de priză (26) aflat în legătură cu angrenajul	
de roți dințate.	15

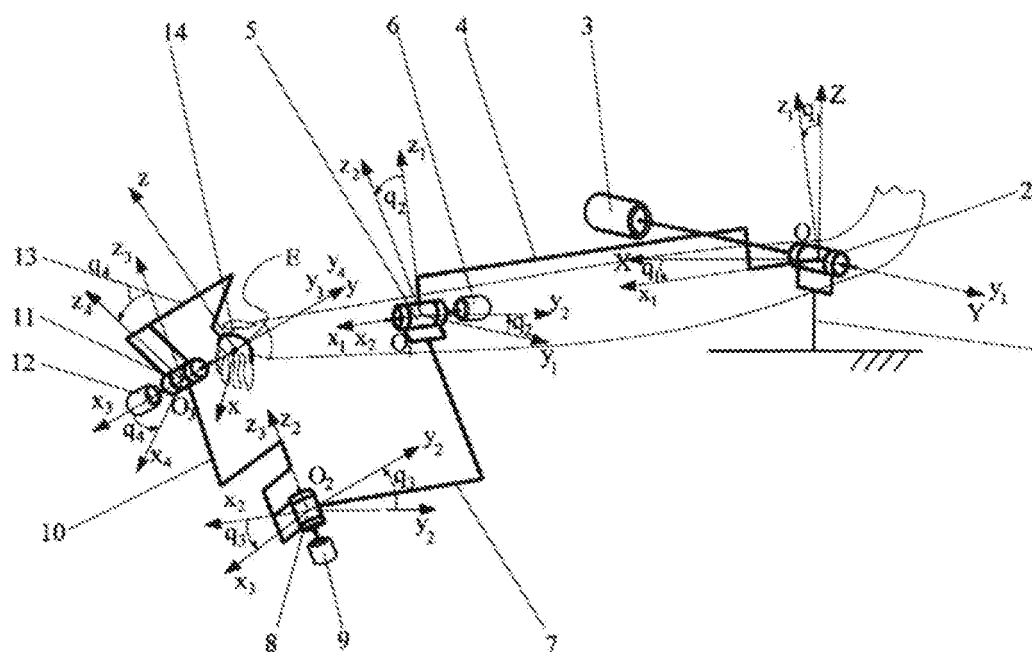


Fig. 1

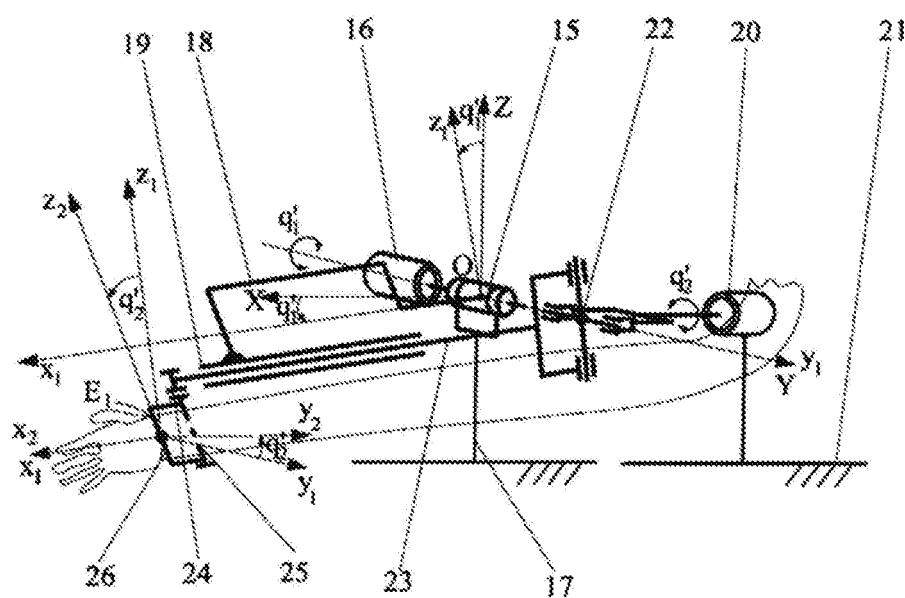


Fig. 2

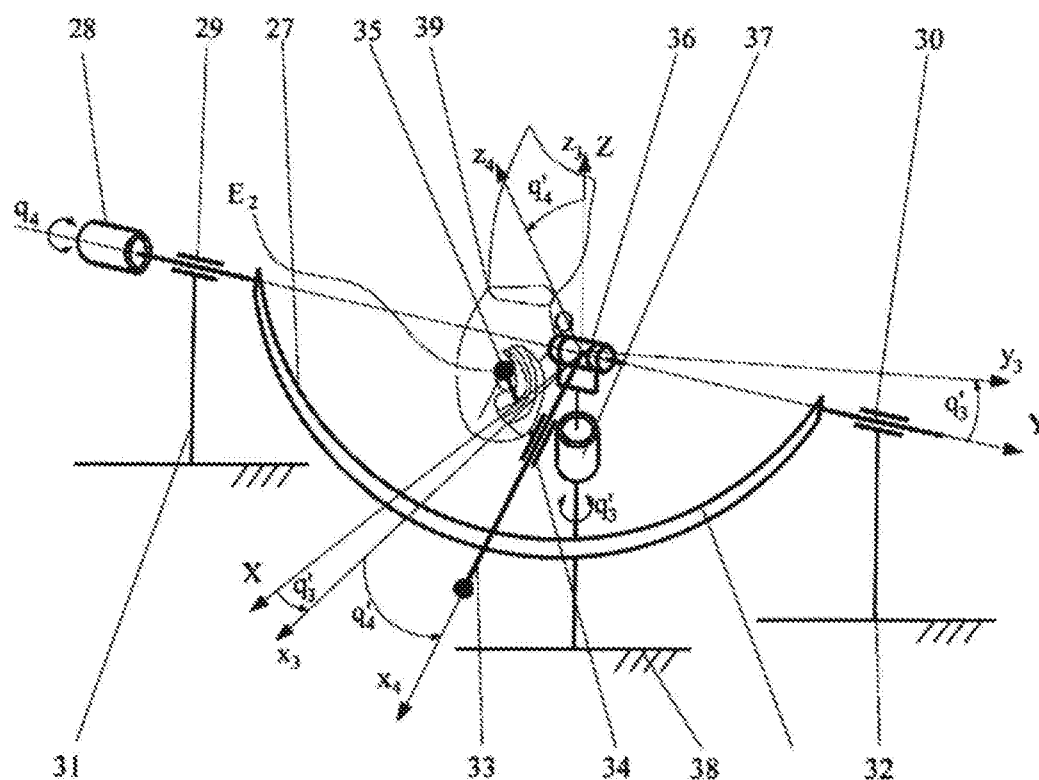


Fig. 3