



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00334**

(22) Data de depozit: **04/06/2019**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/10/2021** BOPI nr. **10/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/01/2020 BOPI nr. **1/2020**

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

(72) Inventatori:
• **PÎSLĂ DOINA LIANA, STR.HAȚEG
NR.26/7, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **BÎRLESCU IOSIF,
STR. METALURGIȘTILOR NR. 10, BL.6,
AP. 12, BRAȘOV, BV, RO;**
• **VAIDA LIVIU CĂLIN, STR.TEILOR, NR.10,
SC.2, AP.21, COMUNA FLOREȘTI, CJ, RO;**

• **GHERMAN BOGDAN GEORGE,
STR. HELTAI GAȘPAR NR. 70,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **TUCAN PAUL GEORGE MIHAI,
STR.OAȘULUI, NR.86-90, BL.H2, AP.105,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **CARBONE GIUSEPPE,
STR. PUBLIO OVIDIO, NR.48/2, VENA FRO,
IT;**
• **PLITEA NICOLAE, STR.MOISE NICOARĂ
NR.18, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 2019/0001493 A1; CN 108056898 A;
CN 105167965 A**

(54) **ROBOT PARALEL PENTRU RECUPERAREA MOBILITĂȚII
MEMBRULUI INFERIOR**



RO 133814 B1

1 Prezenta invenție se referă la un sistem robotic pentru recuperarea mobilității
2 membrului inferior, sistem alcătuit din două module robotice care sunt cuplate pentru
3 îndeplinirea procesului de recuperare medicală. Primul modul este destinat recuperării arti-
4 culațiilor șoldului și a genunchiului iar cel de al doilea modul este destinat recuperării arti-
5 culației gleznei. Modulul pentru recuperarea șoldului și a genunchiului are 3 grade de liber-
6 tate iar cel de al doilea modul (pentru recuperarea gleznei) are 2 grade de mobilitate.

7 În literatura de specialitate este definit sistemul robotic pentru recuperarea membrului
8 inferior, brevet **US 5169363 A**/1992, sistem robotic de recuperare care utilizează o platforma
9 înclinată pe care este acționat (de-a lungul pantei) un suport care susține trunchiul pacien-
10 tului, iar la extremitatea inferioară a platformei se regăsesc accesorii care permit rotația
11 gleznei într-un mod controlat.

12 Un alt sistem robotizat folosit în recuperarea mobilității membrului inferior este
13 **US5901581 A**/1999, acesta utilizează un mecanism pentru suportul și mobilizarea coapsei
14 și un mecanism pentru suportul de mobilizarea piciorului (cu punct de susținere la nivelul
15 tălpii). Acest sistem de recuperare permite adaptarea lungimii mecanismului de suport a
16 coapsei în intervalul de 20-60 cm.

17 Un concept simplificat, cu mai puține grade de libertate, al sistemul robotic care este
18 subiectul prezentei propunerii de invenție, a fost prezentat de către autorii acestei propunerii
19 la conferința internațională **MESROB 2018 în lucrarea: „RAISE - An innovative parallel
20 robotic system for lower limb rehabilitation”, New Trends in Medical and Service
21 Robotics. Mechanisms and Machine Science, vol 65. pp. 293-302. Springer, Cham.**

22 Documentul **US 2019/0001493 A1** face referire la un robot pentru recuperarea
23 mobilității membrului inferior alcătuit din lanțuri cinematice cu mai multe tije, având o unitate
24 de acționare configurată să furnizeze momentul de torsiune la un arbore de antrenare dispus
25 pe o primă porțiune a unei prime tije. Un braț de antrenare are un prim capăt fixat la arborele
26 de antrenare, un capăt opus fiind deplasabil ca urmare a rotației arborelui de antrenare. Un
27 prim lanț cinematic auxiliar are un capăt pivotabil conectat la capătul opus al brațului de
28 antrenare. Un al doilea lanț cinematic auxiliar este conectat pivotabil într-un prim punct de
29 pe o a doua porțiune a primului lanț cinematic și la un capăt opus al primului lanț cinematic
30 auxiliar. Un al doilea lanț cinematic este prevăzut între primul lanț cinematic și conectat
31 pivotabil la cel de-al doilea lanț cinematic auxiliar.

32 Documentul **CN 108056898 A** dezvăluie un robot pentru recuperarea mobilității
33 membrului inferior având la bază un lanț cinematic format din trei elemente, care simulează
34 cele trei elemente ale unui membru inferior uman, care este prevăzut cu un senzor de forță.

35 Cu ajutorul prezentei propunerii de invenție se are în vedere rezolvarea problemei
36 tehnice de realizare a unui sistem robotic paralel cu ajutorul căruia să se realizeze
37 recuperarea mobilității celor 3 articulații principale ale membrului inferior (șold, genunchi și
38 gleznă) într-un mod controlat. Prin lanțurile cinematice ale structurii paralele propuse se va
39 asigura o mai bună rigiditate care crește siguranța pacientului în timpul procedurii medicale
40 de recuperare motorie.

41 Aplicația specifică a sistemului robotic propus în cadrul prezentei invenții o reprezintă
42 recuperarea mobilității membrului inferior prin antrenarea în mișcare a articulațiilor anatomice
43 de către sistemul robotic care suportă și mișcă fiecare segment a membrului inferior într-un
44 mod controlat.

45 Noutatea adusă de sistemul robotic propus în acest brevet prezintă o structură
46 modulară, cu o rigiditate îmbunătățite față de cele existente (în speță cele seriale), permițând
47 mobilizarea articulațiilor membrului inferior într-un mod controlat care oferă avantajul

RO 133814 B1

terapeutic de a permite o gamă mai largă de exerciții de recuperare față de sistemele existente. Sistemul de recuperare propus are în alcătuire două module care sunt cuplate: primul modul este destinat recuperării mișcărilor de flexie/extensie și abducție/adducție a șoldului și mișcării de flexie/extensie a genunchiului; al doilea module este atașat primului modul și este destinat recuperării mișcărilor de dorsiflexie/flexie și inversie/eversie a gleznei.

Robotul paralel pentru recuperarea mobilității membrului inferior conform invenției depășește dezavantajele cunoscute relativ la aceste dispozitive și rezolvă problema tehnică menționată prin aceea că este format din două module, un prim modul având 3 grade de mobilitate și fiind destinat recuperării mișcărilor de flexie/extensie ale articulațiilor șoldului și genunchiului și mișcării de abducție/adducție a articulației șoldului, este conectat un cadru și este cuplat cu cel de-al doilea modul având 2 grade de mobilitate, destinat mișcărilor de dorsiflexie/flexie și inversie/eversie ale articulației gleznei, primul modul fiind alcătuit din 4 lanțuri cinematice, respectiv un prim lanț cinematic constituit dintr-un mecanism cu trei cuple de rotație care susține membrul inferior prin intermediul unor mecanisme de suport, legăturile mecanice dintre cuplurile de rotație fiind adaptate la anatomia pacientului prin intermediul unor șine cu sănii, primul lanț cinematic fiind cuplat cu restul de lanțuri cinematice conducătoare, care sunt acționate de câte un motor rotativ, prin niște cuple de rotație, iar cel de-al doilea modul fiind constituit dintr-un mecanism cu două rotații active acționate direct de niște motoare.

Se prezintă în continuare mai multe figuri care exemplifică modul de realizare al invenției:

- fig. 1, reprezintă structura robotului paralel de recuperare a membrului inferior, cu două module de recuperare, primul modul 1 cu 3 grade de mobilitate, iar al doilea 2 cu 2 grade de mobilitate. Modulul 1 este destinat mișcărilor de flexie/extensie și abducție/adducție a șoldului și flexie/extensie a genunchiului, iar modulul 2 este destinat mișcărilor de dorsiflexie/flexie și inversie/eversie a gleznei;

- fig. 2, reprezintă primul modul de recuperare motorie 1 cu cele 4 lanțuri cinematice componente 5, 15, 19 și 23;

- fig. 3a, reprezintă primul lanț cinematic 5 al primului modul de recuperare 1. Mecanismul are trei grade de libertate libere definite de trei cuple de rotație 6, 7 și 8;

- fig. 3b, reprezintă al doilea lanț cinematic 15 al primului modul de recuperare 1. Mecanismul are două grade de libertate libere definite de o cuplă de rotație 13 și o cuplă de translație 16 și o cuplă activă de translație q_1 ;

- fig. 3c, reprezintă al treilea lanț cinematic 19 al primului modul de recuperare 1. Mecanismul are două grade de libertate libere definite de o cuplă de rotație 14 și o cuplă de translație 20 și o cuplă activă de translație q_2 ;

- fig. 3d, reprezintă al patrulea lanț cinematic 23 al primului modul de recuperare 1. Mecanismul are două grade de libertate libere definite de două cuple de rotație 24 și 25 și o cuplă activă de translație q_3 ;

- fig. 4, reprezintă al doilea modul de recuperare motorie 2 în două vederi. Mecanismul este definit de două cuple active de rotație q_4 și q_5 și are în plus o translație liberă a suporturi piciorului.

Este prezentată în continuare structura robotică pentru recuperarea mobilității membrului inferior.

Robotul paralel pentru recuperarea mobilității membrului inferior este alcătuit conform fig. 1 din două module robotice **1** și **2** care lucrează împreună pentru recuperarea articulațiilor membrului inferior. Primul modul **1** este așezat pe un cadru **3** iar modulul **2** este prins de modulul **1**. Sistemul robotic este plasat în fața unui pat **4** pe care pacientul este întins pe

RO 133814 B1

1 spate, astfel sistemul robotic susține integral greutatea membrului inferior. Primul modul al
sistemului robotic este destinat mișcării controlate a articulațiilor șoldului și a genunchiului
3 și este alcătuit (conform fig. 2) din patru lanțuri cinematice. Primul lanț cinematic **5** este (con-
form fig. 3a) un mecanism cu trei cuple de rotație libere **6**, **7** și **8** care susține membrul
5 inferior prin intermediul mecanismelor de suport **9** și **10**. Legăturile mecanice dintre arti-
culațiile de rotație ale mecanismului pot fi variate prin intermediul șinelor cu sănii **11** și **12**
7 pentru a adapta sistemul robotic la anatomia pacientului. Lanțul cinematic **5** este cuplat de
celelalte lanțuri cinematice prin intermediu cuplelor de rotație **13** și **14**. Al doilea lanț
9 cinematic **15** este un mecanism cu o cuplă de translație liberă **16** (pe direcție orizontală), o
cuplă de rotație liberă **13** care conectează lanțul cinematic **15** de lanțul cinematic **5** și o cuplă
11 activă de translație q_1 (pe direcție verticală) acționată de un motor rotativ **17** care creează
mișcare lineară prin intermediul unui mecanism șurub/piuliță **18**. Al treilea lanț cinematic **19**
13 este similar cu cel de-al doilea prin faptul că este compus dintr-o cupla de translație liberă
20 (pe direcție orizontală), o cuplă de rotație liberă **14** (prin care lanțul cinematic **19** este
15 conectat de lanțul cinematic **5** și o cuplă activă de translație q_2 (pe direcție verticală)
acționată de un motor rotativ **21** care transmite mișcarea de translație prin intermediu unui
17 mecanism șurub/piuliță **22**. Al patrulea lanț cinematic **23** este un mecanism cu două cuple
de rotație libere **24** și **25**, care prin acționarea cuplei active de translație q_1 , permite
19 deplasarea elementului **26** care implicit variază unghiul dintre cadrul **3** și elementul **27**. Cupla
de translație activa q_3 este acționată prin intermediul unui motor rotativ **28** care produce
21 mișcare lineară datorită mecanismului șurub/piuliță **29**.

Cel de al doilea modul de recuperare **2** este montat pe modulul **1** (conform fig. 1) și
23 este destinat antrenării mișcării articulației gleznei. Modulul **2** (conform fig. 4) este un
mecanism cu două rotații active q_4 și q_5 acționate direct de motoarele rotative **30** și **31**. Axele
25 de rotație a celor două cuple active sunt ortogonale și se intersectează (în cazul ideal) cu
centrul de rotație a articulației gleznei. Elementul **32** este montat pe modulul **1** făcând astfel
27 cuplarea celor două module de recuperare. Rotorul motorului **31** este conectat cu elementul
33 pe care este fixat și motorul **30**. Astfel motorul **31** rotește motorul **30** care la rândul său
29 rotește elementul **34** pe care este cuplat suportul pentru picior **35**. Cuplajul dintre suportul
piciorului **35** și elementul **34** este realizat prin intermediul unei sănii cu șină **36**, care creează
31 o cupla de translație liberă și are ca scop complianța mișcării mecanismului cu mișcarea
articulației gleznei.

RO 133814 B1

Revendicări

1. Robot paralel pentru recuperarea mobilității membrului inferior, **caracterizat prin aceea că** este format din două module, (**1** și **2**), un prim modul (**1**) având 3 grade de mobilitate și fiind destinat recuperării mișcărilor de flexie/extensie ale articulațiilor șoldului și genunchiului și mișcării de abducție/adducție a articulației șoldului, este conectat un cadru (**3**) și este cuplat cu cel de-al doilea modul (**2**) având 2 grade de mobilitate, destinat mișcărilor de dorsiflexie/flexie și inversie/eversie ale articulației gleznei, primul modul (**1**) fiind alcătuit din 4 lanțuri cinematice, respectiv un prim lanț cinematic (**5**) constituit dintr-un mecanism cu trei cuple de rotație (**6, 7, 8**) care susține membrul inferior prin intermediul unor mecanisme de suport (**9, 10**), legăturile mecanice dintre cuplele de rotație (**6, 7, 8**) fiind adaptate la anatomia pacientului prin intermediul unor șine cu sănii (**11, 12**), primul lanț cinematic (**5**) fiind cuplat cu restul de lanțuri cinematice conducătoare (**15, 19 și 23**), care sunt acționate de câte un motor rotativ (**17, 21, 28**), prin niște cuple de rotație (**13, 14**), iar cel de-al doilea modul (**2**) fiind constituit dintr-un mecanism cu două rotații active acționate direct de niște motoare (**30, 31**). 3
5
7
9
11
13
15
2. Robot paralel conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** două lanțuri cinematice conducătoare (**15, 19**) sunt de tip PPR, unde translația pe orizontală este liberă și translația pe verticală este acționată, și un lanț cinematic conducător (**23**) este de tip PRR, care variază unghiul dintre cadrul robotului (**3**) și elementul care definește mișcarea de translație a cuplelor libere din componența lanțurilor cinematice (**15 și 19**). 17
19
21

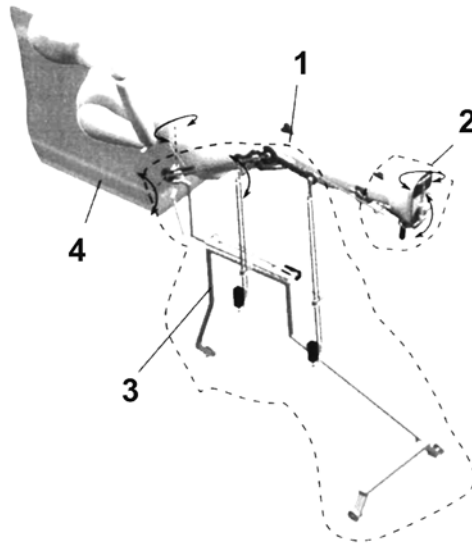


Fig. 1

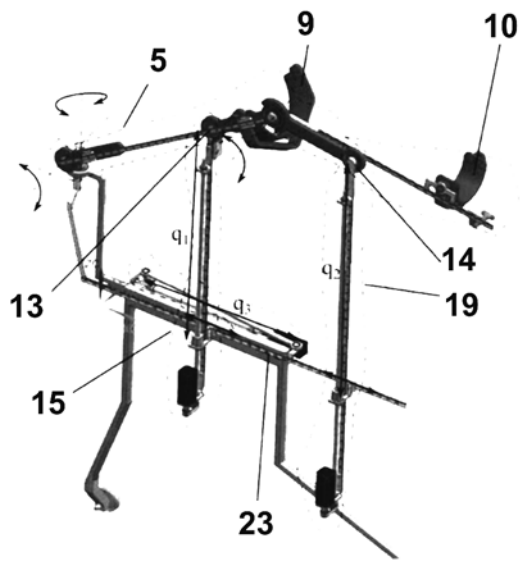


Fig. 2

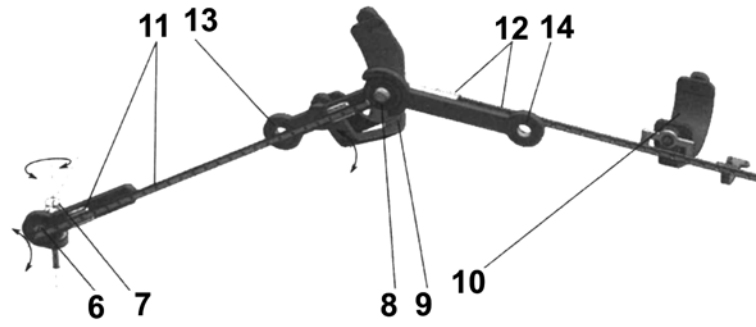


Fig. 3a

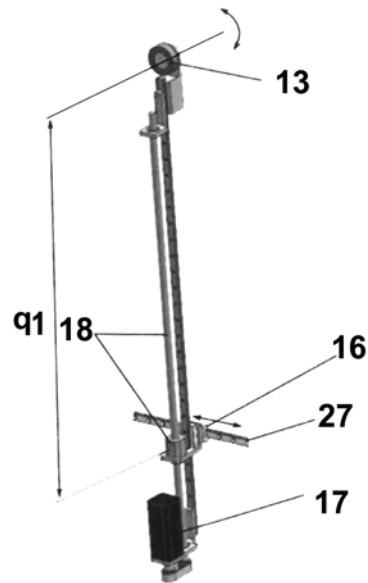


Fig. 3b

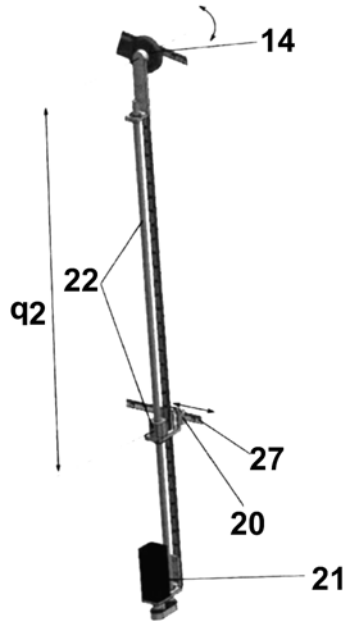


Fig. 3c

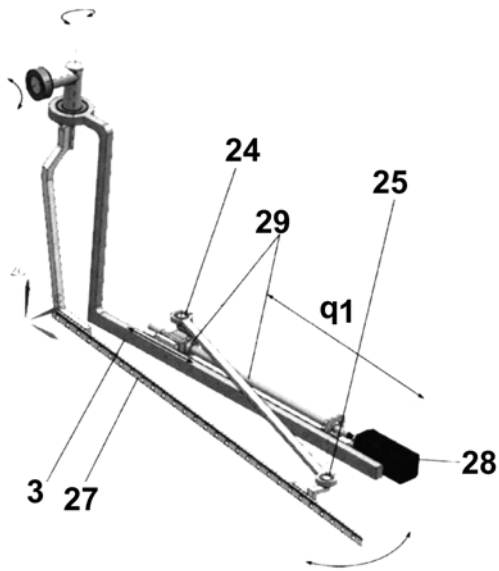


Fig. 3d

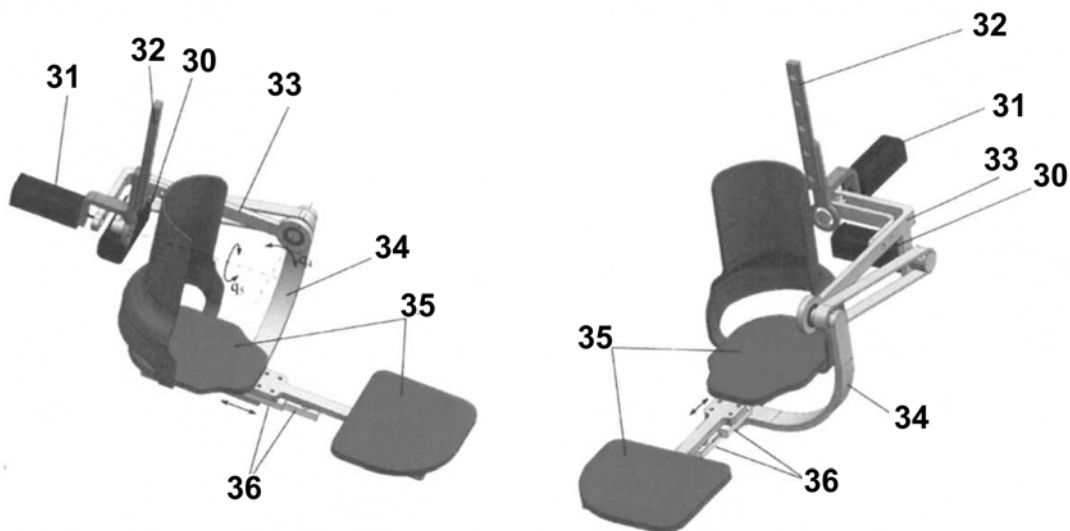


Fig. 4