



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00505

(22) Data de depozit: 14/07/2015

(41) Data publicării cererii:  
30/01/2017 BOPi nr. 1/2017

(71) Solicitant:  
• DUMITRU VIOLETA CRISTINA,  
STR. GEORGE FOTINO, BL. B12, SC. 1,  
AP. 3, CRAIOVA, DJ, RO

(72) Inventatori:

• DUMITRU VIOLETA CRISTINA,  
STR. GEORGE FOTINO, BL. B12, SC. 1,  
AP. 3, CRAIOVA, DJ, RO;  
• DUMITRU CONSTANTIN,  
STR. GEORGE FOTINO, BL. B12, SC. 1,  
AP. 3, CRAIOVA, DJ, RO

## (54) ROBOT ASISTENT MODULAR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un robot asistent modular, pentru explorări și intervenții în spații limitate, utilizat în aplicațiile medicale, pentru manipularea instrumentelor chirurgicale. Robotul asistent modular, conform invenției, are un braț (A) poliarticulat, constituit din două mecanisme (1 și 2) spațiale, un mecanism (1) exterior, care cuprinde o vertebră (3) exterioară proximală, 20 de vertebre (4) exterioare intermediare, o vertebră (5) exterioară distală, și un mecanism (2) interior, care cuprinde o vertebră (6) interioară proximală, 34 de vertebre (7) interioare intermediare și o vertebră (8) interioară distală, fiecare vertebră fiind realizată cu segmente simple sau dublu curbate, suprafețe sferice, și menținute în contact prin intermediul unor cabluri (9, 10 și 11), fire, și anume, trei cabluri pentru mecanismul (1) exterior, dispuse la 120° între ele, și un cablu (12) central, pentru mecanismul (2) interior, iar pentru asigurarea unei succesiuni a secvențelor de mișcare, are un sistem (B) de acționare și comandă compus din următoarele secțiuni, un suport (13) placă de bază, o structură (14) de înaintare-retragere, o sanie lineară, un mecanism (1) șurub-piuliță, niște actuatori (16, 17 și 18) liniari digitali cu encoder, în număr de trei, pentru mecanismul (1) exterior, o structură de înaintare-retragere, o sanie (19) lineară, un mecanism (20) șurub-piuliță, un actuator (21) liniar digital cu encoder

pentru mecanismul (2) interior, iar în vederea prevenirii răsucirii vertebrelor în timpul funcționării, într-o variantă constructivă, vertebrele (3, 4 și 5) exterioare prezintă pe suprafețele cilindrice două canale (a) diametral opuse, la unul dintre capete, respectiv, două bolțuri (b), la celălalt capăt.

Revendicări: 3

Figuri: 5

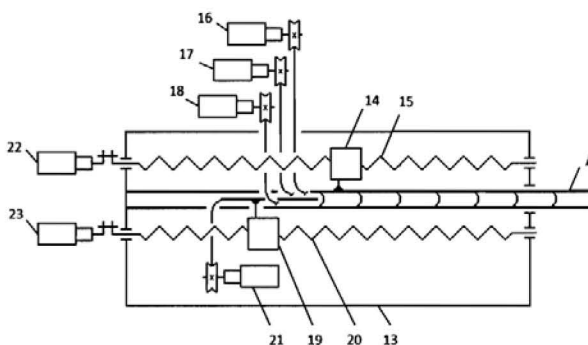


Fig. 3

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).



## ROBOT ASISTENT MODULAR

Inventia se refera la un robot asistent, în construcție modulară, pentru explorări și intervenții în spații limitate, utilizat în aplicațiile medicale pentru manipularea instrumentelor chirurgicale.

În prezent, există sisteme robotizate, brevetate, pentru chirurgia minim invazivă, câteva exemple fiind prezentate mai jos.

În brevetul **WO 2007088208 A1** este prezentat un sistem chirurgical robotic pentru efectuarea procedurilor medicale minim invazive ce cuprinde un robot manipulator pentru un instrument laparoscopic. Bratul manipulator oferă trei grade de libertate pentru poziționarea încheieturii mâinii. Încheietura mâinii oferă două grade de libertate. Unitatea efector cuprinde un instrument laparoscopic și oferă un grad de libertate prin intermediul unei articulații revoluate pentru stabilirea unghiului de rulare al instrumentului laparoscopic LIA. LIA are un loc pentru montarea unui adaptorului stem la unitate, și un mecanism de acționare ce cooperează cu adaptorul pentru acționarea unui instrument laparoscopic. Dezavantajul acestei invenții este dat de faptul că spațiul de lucru al instrumentului este mic.

Un alt brevet **00126271** se referă la un robot chirurgical alcătuit dintr-un modul de poziționare cu trei grade de mobilitate, un modul de poziționare cu cinci grade de mobilitate, care susține, printr-o cuplă cardanică, activă sau pasivă, un instrument chirurgical cu trei grade de mobilitate și mișcare activă, existând și varianta ca pentru intervenții complexe să se poată utiliza un sistem de roboți chirurgicali, alcătuit dintr-un robot central cu un modul de orientare cu trei grade de mobilitate și doi roboți prevăzuți cu module de orientare cu cinci grade de mobilitate și cu câte un instrument chirurgical, în care robotul central are rol de conducere a unui laparoscop sau a unei camere video și roboții îndeplinesc funcții specifice mâinilor chirurgului. Dezavantajul acestui robot este legat de adaptabilitatea la mediul de funcționare.

De asemenea, este cunoscut un alt sistem **JP2007289675** ce include un dispozitiv de acționare și un corp robotic. Acest corp include două brațe: primul și al doilea care operează într-o direcție orizontală. Al doilea braț include: un mecanism cardan prevăzut pe partea distală a capatului; un cursor care este susținut de mecanismul cardanic, și un manipulator M care este deplasabil în direcția axei. Mecanismul cardanic variază atitudinea manipulatorului M prin cursor, în funcție de operația brațelor. Dezavantajul acestui sistem se referă la restricțiile avute în spațiile minim invazive.

Un alt dispozitiv studiat **WO 2009146171 A1** include doua mecanisme, cu mai multe legaturi. Cel de al doilea mecanism poate include un prim element, o multitudine de elemente intermediare și un al doilea element mobil cuplat cu unul din elementele intermediare. Dispozitivul articulat poate include o camera video și un scut protector conectat la un capatul distal. Scutul de protecție poate înconjura cel puțin o porțiune a camerei. Dezavantajul acestui sistem se refera la posibilitatea rasucirii elementelor între ele.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui robot asistent compact, în construcție modulară, cu mișcări generate în spatiul 3D, luând în considerare adaptabilitatea și siguranța în funcționare.

Robotul asistent modular, conform inventiei, inlatura dezavantajele de mai sus prin aceea ca este alcatuit din două mecanisme spațiale, unul exterior și altul interior, cu miscare relativa între ele si un sistem de actionare si comanda. Fiecare mecanism este compus din 22 vertebre exterioare adiacente, respective 36 vertebre interioare adiacente din polimeri termoplastici, cu suprafețe conjugate sferic, montate in serie, menținute în contact prin intermediul unor cabluri (fire); 3 cabluri pentru mecanismul exterior, dispuse la  $120^\circ$  între ele, și unul central pentru mecanismul interior. Ansamblul sistem de acționare, se compune din următoarele secțiuni: suport (placa de bază), structura de înaintare-retragere (sanie liniară, mecanism șurub-piulită, motor pas cu pas) si actuatori liniari digitali.

Prin acționarea a două cabluri ale mecanismului exterior, vertebra exterioară distală poate fi manevrată cu un grad de libertate, cu un unghi de  $\pm 20^\circ$ , in vederea orientarii în direcția dorită. Astfel, prin combinarea configurațiilor unice ale vertebrelor celor doua mecanisme exterior/interior, se oferă brațului robotic poliarticulat abilitatea să parcurgă orice traseu definit în spatiul 3D.

Robotul asistent modular, conform inventiei, prezinta urmatoarele avantaje:

- soluție simplă, comodă de exploatare care asigura obținerea parametrilor cinematici și dinamici necesari pentru realizarea curbei 3D în spațiu;
- greutate redusa (confectionat din materiale plastice);
- permite menținerea curbei spațiale datorita alegerii bratului cu articulații sferice;
- permite obținerea diferitelor lungimi ale brațului robotic poliarticulat datorita vertebrelor intermediare interschimbabile;
- bratul poate fi indoit in asa fel incat sa realizeze actiuni in spatele obstacolelor sau in spatii greu accesibile;
- asigura succesiunea secvențelor de mișcare datorita sistemului de actionare si comandă, pe baza unui program stabilit inițial;

- accesibilitate ușoară datorită sistemului de acționare și comandă, control și reglare a parametrilor sistemului mecanic.

Se da, în continuare, un exemplu de realizare al invenției, în legătură și cu fig. 1... fig. 5, care reprezintă:

- Fig. 1 Schema structurală a brațului robotic poliarticulat **A**;
- Fig. 2 Vedere parțială a unei verigi intermediare cu detaliu bolt și două canale diametral opuse pe suprafața cilindrică exterioară;
- Fig. 3 Vedere schematică a designului de bază **B**;
- Fig. 4 Secțiune transversală în planul  $Oxy$  a suprafețelor ce rezultă printr-o succesiune de translații și rotații ale originii;
- Fig. 5 Curba care prin rotație în jurul axei  $Oy$  mărginește la exterior volumul de lucru al brațului robotic.

Robotul asistent, în construcție modulară, conform invenției, este alcătuit din următoarele componente: un braț robotic poliarticulat **A** și un sistem de acționare și comandă **B**.

Constructiv, **brațul robotic poliarticulat A** constă în două mecanisme spațiale, un mecanism exterior **1** și un mecanism interior **2**. Mecanismul exterior **1** cuprinde o vertebra exterioară proximală **3**, niste vertebre exterioare intermediare **4**, în număr de 20, și o vertebra exterioară distală **5**. Mecanismul interior **2** cuprinde o vertebra interioară proximală **6**, niste vertebre exterioare intermediare **7**, în număr de 34, o vertebra interioară distală **8**. Fiecare vertebra este realizată cu segmente simplu sau dublu curbate (suprafețe sferice). Vertebrelor sunt menținute în contact prin intermediul unor cabluri (fire), și anume niste cabluri **9, 10, 11** pentru mecanismul exterior **1**, dispuse la  $120^\circ$  între ele, și un cablu central **12** pentru mecanismul interior **2**.

Pentru un ciclu de lucru, succesiunea secvențelor de mișcare se realizează pas cu pas:

- Pasul 1. Ambele mecanisme **1, 2** cuplate pe modul rigid;
- Pasul 2. Avansare **I** vertebra distală **5**;
- Pasul 3. Orientare **II** vertebra distală **5**;
- Pasul 4. Avansare **III** mecanism interior **2**;
- Pasul 5. Păstrarea configurației anterioare.

Prin acționarea a două cabluri din cele trei **9, 10, 11** ale mecanismului exterior **1** este posibilă orientarea **II** a vertebrei distale **5** cu un unghi de  $\pm 20^\circ$  în orice direcție. Prin combinarea configurațiilor unice a vertebrelor exterioare **3, 4, 5**/interioare **6, 7, 8** se oferă brațului robotic poliarticulat **A** abilitatea să parcurgă orice traseu definit în spațiul 3D.

Forma pe care o poate lua în baza traiectoriei parcurse este menținută prin cuplarea mecanismului interior **2** pe modul rigid. Acest lucru se poate realiza prin actionarea cablului central **12**.

Cablurile **9, 10, 11, 12**, delimitate la cele două capete pentru a preveni orice posibilă alunecare, sunt ghidate prin tuburi cu insertie de teflon (reduce frecarea) în interiorul vertebrelor proximale **3, 6**, precum și, la nivelul sistemului de acționare și comanda **B**.

Pentru a preveni răsucirea vertebrelor **3, 4, 5** în timpul funcționării, pe suprafețele exterioare ale vertebrelor adiacente ale bratului robotic poliarticulat **A** sunt practicate două canale **a** diametral opuse, la unul din capete, respectiv niste bolturi **b**, în număr de două, diametral opuse, la celalalt capăt.

Ansamblul **sistem de acționare și comanda B** se compune din următoarele secțiuni: un suport (placa de bază) **13**, o structură de înaintare-retragere (o sanie liniară **14**, un mecanism șurub-piuliță **15**, niste actuatori liniari digitali cu encoder **16, 17, 18**, în număr de 3) pentru mecanismul exterior **1**, o structură de înaintare-retragere (o sanie liniară **19**, un mecanism șurub-piuliță **20**, un actuator liniar digital cu encoder **21**) pentru mecanismul interior **2**. Acest ansamblu oferă atât infrastructură cât și suportul operațional pentru brațul robotic **A**. Fiecare dimensiune a componentelor mecanismului de acționare și comanda **B** este minimală, menținând în același timp suficient spațiu pentru a monta alte subsisteme.

Săniile liniare **14, 19** sunt antrenate de cele două mecanisme șurub piuliță **15, 20** care permit o deplasare liniară în ambele sensuri. Fiecare mecanism **1, 2** este acționat de un motor pas cu pas **22** pentru mecanismul exterior **1** și de un motor pas cu pas **23** pentru mecanismul interior **2**, care permit o anumită viteză de avansare/retragere a brațului robotic poliarticulat **A**. Atunci când șurubul conducător al unui actuator liniar **16, 17, 18** atasat mecanismului exterior **1** se deplasează, unul din firele **9, 10, 11** din set se retrage în timp ce celălalte două fire din setul **9, 10, 11** se extind. Astfel, se creează o forță de compresiune ce provoacă mișcarea de îndoire într-o anumită direcție, fără să provoace flexarea excesivă a vreunui din firele **9, 10, 11**. Schimbând lungimea a două din cele trei fire **9, 10, 11**, vertebra exterioară distală **5** poate fi manevrată cu un grad de libertate pentru a fi orientată **II** în direcția dorită.

Scopul utilizării invenției este de a susține și manipula instrumente și camere video, precum și de a realiza o poziționare precisă a vârfului bratului robotic. Intervalul de mișcare al bratului robotic poliarticulat este un volum, și anume, un corp cu vârful în punctul de incizie (spațiul necesar fără a muta baza de susținere a bratului robotic).

Astfel, fiecare punct din domeniul ce poate fi atins de brațul articulat se poate scrie ca o transformare printr-o succesiune de translații și rotații ale originii. Pentru a exemplifica este reprezentată o secțiune transversală în planul  $Oxy$  a suprafețelor ce rezultă prin aceste rotații (figura 4).

Pentru robotul asistent modular proiectat, s-au utilizat structuri poliarticulate capabile să poziționeze, cu precizie ridicată, brațul robotic A într-un spațiu de operare limitat, sub controlul direct al operatorului. Astfel, sunt controlate trei grade de orientare spațială a vertebrei exterioare distale 5 (de capăt), precum și, adâncimea de inserție (avansare/retragere).

Fiecare din curbele punctate reprezintă pozițiile care pot fi atinse pentru un anumit număr de vertebre  $k$ , unde  $k = 2..21$ . Suprafața ce conține pozițiile care pot fi atinse cu  $k$  vertebre se obține rotind curba corespunzătoare în jurul axei verticale, respectiv axa  $Oy$ , considerând ca axa  $Oz$  este cea care "înțeapă" planul desenului de mai sus. Volumul total ce poate fi atins de brațul robotic este mărginit la interior de corpul obținut prin rotația unui cerc în jurul axei  $Oy$ . La exterior acest volum este mărginit de rotația curbei din figura 5 în jurul aceleiași axe.

## REVEDICARI

1. Robot asistent modular, **caracterizat prin aceea ca**, in scopul menținerii curbei spațiale si a realizării acțiunilor in spatele obstacolelor sau in spatii greu accesibile, are un braț robotic poliarticulat (A) constituit din două mecanisme spațiale, un mecanism exterior (1) ce cuprinde o vertebra exterioara proximala (3), 20 vertebre exterioare intermediare (4), o vertebra exterioara distala (5) și un mecanism interior (2) ce cuprinde o vertebra interioara proximala (6), 34 vertebre interioare intermediare (7) si o vertebra interioara distala (8), fiecare vertebra fiind realizată cu segmente simplu sau dublu curbate (suprafețe sferice) si menținute în contact prin intermediul unor cabluri (fire), si anume 3 cabluri (9), (10), (11) pentru mecanismul exterior (1), dispuse la  $120^{\circ}$  între ele, și un cablu central (12) pentru mecanismul interior (2).

2. Robot asistent modular, **caracterizat prin aceea ca**, in scopul asigurării unei succesiuni a secvențelor de mișcare, are un sistem de acționare si comanda (B) compus din următoarele secțiuni: un suport - placa de bază - (13), o structură de înaintare-retragere (o sanie liniară (14), un mecanism șurub-piulită (1), niste actuatori liniari digitali cu encoder (16), (17), (18), in numar de 3), pentru mecanismul exterior (1), o structură de înaintare-retragere (o sanie liniară (19), un mecanism șurub-piulită (20), un actuator liniar digital cu encoder (21) pentru mecanismul interior (2).

3. Robot asistent modular, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea ca**, in scopul prevenirii rasucirii vertebrelor in timpul functionării, intr-o varianta constructiva, vertebrele exterioare (3), (4), (5), prezinta pe suprafetele cilindrice exterioare doua canale (a) diametral opuse, la unul din capete, respectiv doua bolturi (b) la celalat capat.

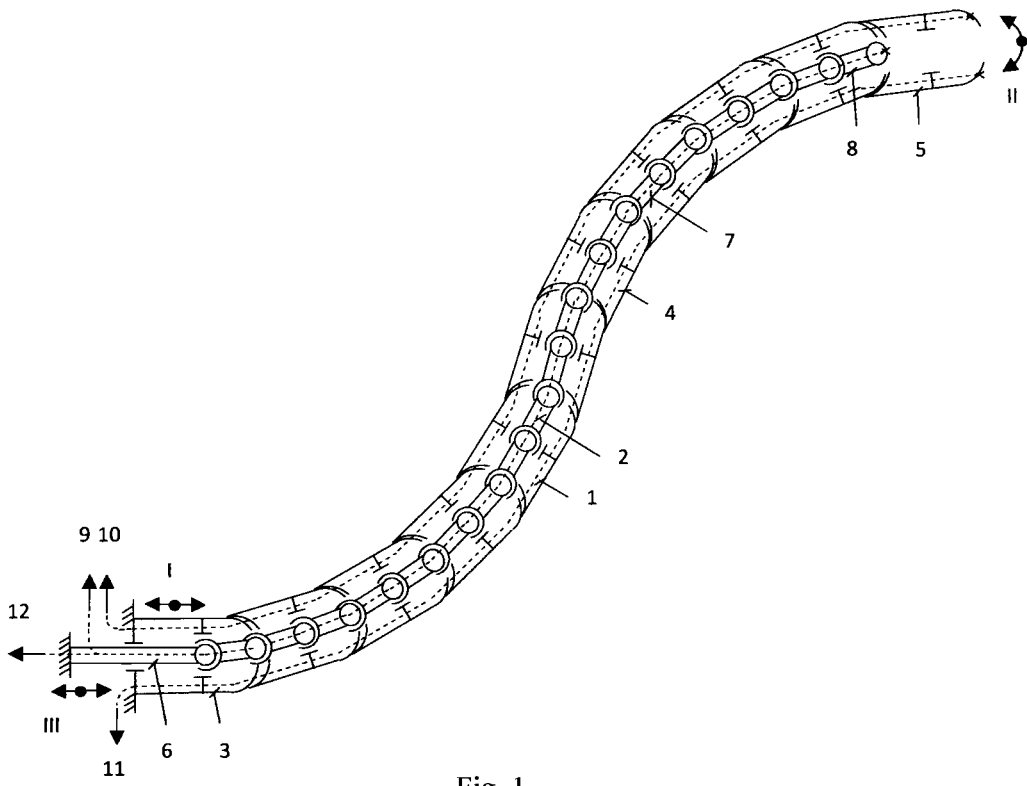


Fig. 1

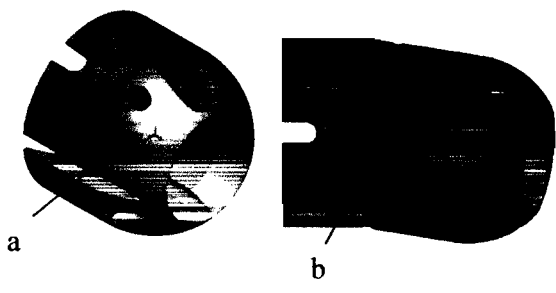


Fig. 2

*Handwritten signature*



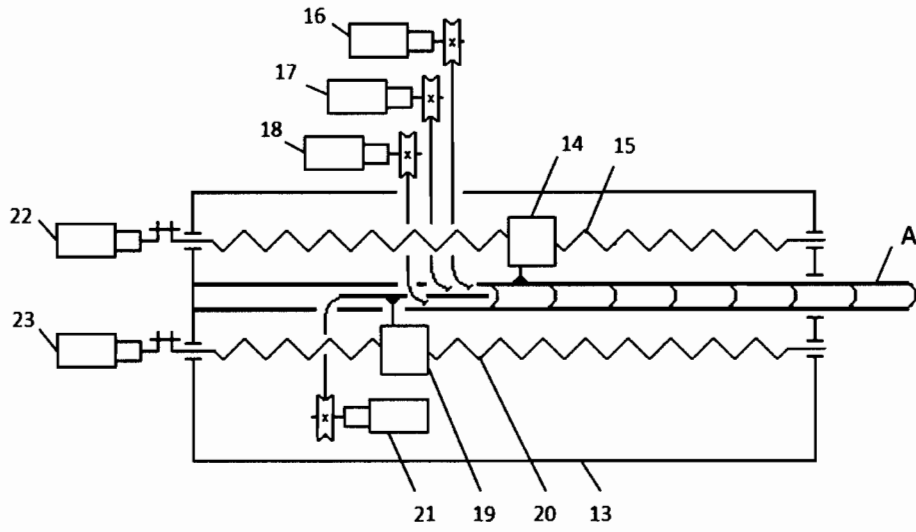


Fig. 3

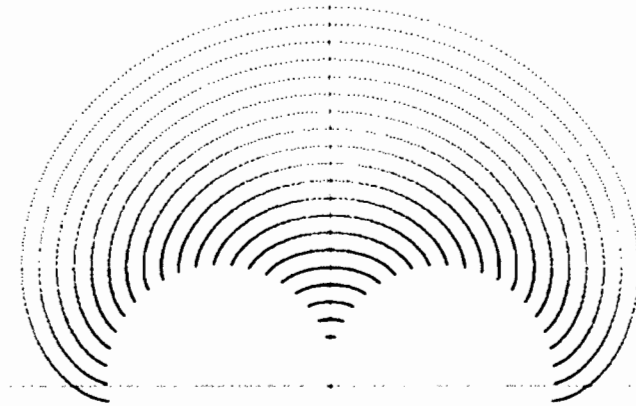


Fig. 4

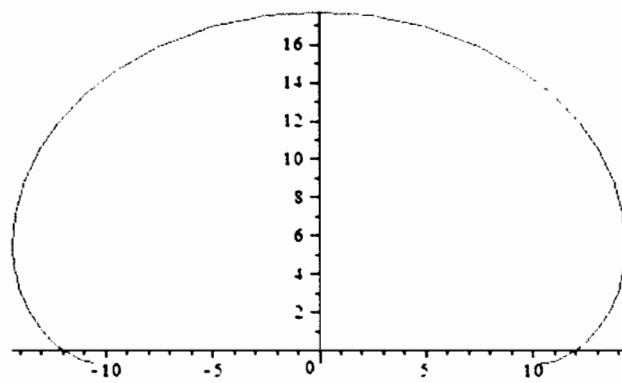


Fig. 5

*Handwritten signature*