



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00525**

(22) Data de depozit: **07.07.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.12.2012** BOPI nr. **12/2012**

(41) Data publicării cererii:
30.05.2011 BOPI nr. **5/2011**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA,**
*STR.CONSTANTIN DAICOVICIU NR.15,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO*

(72) Inventatori:
• **PLITEA NICOLAE,** *STR.MOISE NICOARĂ
NR.18, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*
• **PISLĂ DOINA LIANA,** *STR.HAȚEG
NR.26/7, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*
• **VAIDA LIVIU CĂLIN,**
*STR.ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL.LAMA A,
AP.25, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;*

• **GHERMAN BOGDAN- GEORGE,**
*STR.HOREA NR.59 A, BL.45 E, AP.6,
CÂMPENI, AB, RO*

(74) Mandatar:
**CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,**
*STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E,
AP. 2, CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ*

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**KR 100778387 B1; JP 2007289675 A;
JP 2004180781 A; JP 2010172604 A;
EP 2329790 A2; WO 2007092682 A1**

(54) **ROBOT CHIRURGICAL**



1 Invenția se referă la un robot conceput pentru aplicații medicale, cum ar fi chirurgia laparoscopică.

3 Chirurgia robotizată prezintă câteva avantaje în comparație cu chirurgia laparoscopică clasică: mișcări mai ample ale instrumentului chirurgical, eliminarea tremurului mâinii chirurgului, scalarea spațiului de lucru sau chiar o vizualizare 3D.

5 La ora actuală, există, pe plan mondial, câteva sisteme robotizate, brevetate, pentru chirurgia laparoscopică, două exemple fiind prezentate mai jos.

7 Un robot utilizat în chirurgia laparoscopică [WO 2007088208] este alcătuit dintr-un modul de poziționare, care lucrează în coordonate cilindrice și asigură o rotație a bazei robotului, o translație pe verticală și o translație a brațului. Un antebraț, cu rolul de mecanism de orientare, furnizează două grade de libertate, prin două mișcări de rotație. Laparoscopul este fixat într-un dispozitiv montat la partea terminală a mecanismului de orientare. Efectorul final realizează și el o mișcare de rotație, întregul robot având șase grade de libertate.

9 Dezavantajul principal al acestei invenții este dat de faptul că, în timpul procesului de operare, se solicită zona de incizie, prin mișcările de poziționare și orientare ale instrumentului laparoscopic. Un alt dezavantaj este spațiul mic de lucru al instrumentului laparoscopic, restricție dată de sistemul de orientare al acestuia. Din aceste considerente, acest sistem este recomandat pentru operații în spații mici, cum sunt operațiile pe cord.

11 De asemenea, este cunoscut un sistem robotizat pentru chirurgie laparoscopică, care permite exploatarea, la distanță, a unor instrumente chirurgicale, printr-o mică incizie practică în zona câmpului de operare. Acest sistem [JP 2007325960] se compune dintr-un modul de control cu două unități stânga/dreapta, care comandă două manipuloare, ce acționează în câmpul operator. Cele două manipuloare, având cinci sau șase grade de libertate, sunt echipate cu surse de iluminare și fibră optică, pentru vizualizarea tridimensională a spațiului de lucru. Comanda celor două brațe se face de către operator, prin intermediul a două manete.

13 Dezavantajele acestui sistem sunt legate de solicitarea laterală a zonei de incizie în timpul procesului de operare și de complexitatea sistemului.

15 Se cunoaște un alt document din stadiul tehnicii, și anume, brevetul KR 100778387, care se referă la un robot chirurgical pentru laparoscop, având mai multe grade de libertate, și la o metodă de manipulare a acestuia. Robotul chirurgical pentru laparoscop, având multiple grade de libertate, este manevrabil liber în domeniul laparoscopic. Un robot chirurgical pentru laparoscop, având multiple grade de libertate, include un prim și un al doilea instrument chirurgical, o unitate de tip încheietură rotativă, o celulă de încărcare, o unitate cot și o unitate braț. Primul și al doilea instrument chirurgical sunt rotite în jurul unei axe de rotație a instrumentului chirurgical. Unitatea încheietură rotativă are o axă de rotație a instrumentului chirurgical și este rotită în jurul axei de rotație a încheieturii. În final, celula de încărcare este conectată la axa de rotație a încheieturii. Unitatea cot este conectată la o altă celulă de încărcare și este rotită în lungul unei direcții liniare axiale. Unitatea braț este conectată la capătul unității cot, având o axă de rotație a unității cot. Robotul chirurgical are o unitate de conducere a primului instrument chirurgical, o unitate de conducere a celui de-al doilea instrument chirurgical, o unitate de conducere pe axa de rotație a instrumentului chirurgical, o unitate de rotație pe direcția liniară, axială, a unității cot și o unitate de conducere pe axa de rotație a unității cot.

17 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este realizarea unui robot chirurgical, destinat intervențiilor laparoscopice, având trei sau cinci grade de libertate, asigurând un punct fix în spațiu, corespunzător punctului de intrare în abdomen.

Robotul chirurgical, conform invenției, este alcătuit dintr-un modul de poziționare cu trei sau cu cinci grade de libertate, care realizează poziționarea unui instrument chirurgical activ, având funcții de prindere/tăiere/cauterizare, sau a unei camere video sau a altui instrument, în jurul unui punct fix în spațiu, corespunzător punctului de intrare în abdomen.	1
Prin aplicarea invenției, rezultă următoarele avantaje:	5
- evitarea solicitărilor în zona de incizie;	
- structură simplă, ieftină și fiabilă;	7
- facilități în manipularea instrumentului medical.	
Se dau, în continuare, trei exemple de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...9, care reprezintă:	9
- fig. 1, schema cinematică a modului de poziționare cu trei grade de mobilitate;	11
- fig. 2, modulul de poziționare din fig. 1, în varianta cu motoare rotative, reprezentare axonometrică;	13
- fig. 3, modulul de poziționare din fig. 1, în varianta cu motoare liniare, reprezentare axonometrică;	15
- fig. 4, modulul de poziționare cu cinci grade de mobilitate, reprezentare axonometrică;	17
- fig. 5, modulul de poziționare cu cinci grade de mobilitate, vedere de detaliu;	
- fig. 6, schema cinematică a instrumentului chirurgical;	19
- fig. 7, instrumentul chirurgical, vedere de detaliu;	
- fig. 8, mecanismul de orientare al instrumentului chirurgical, vedere de detaliu;	21
- fig. 9, sistem roboți, format dintr-un modul de poziționare cu trei grade de mobilitate și două module cu cinci grade de mobilitate.	23
Robotul chirurgical, conform invenției, este alcătuit dintr-un modul de poziționare 1, de care se leagă, printr-o cuplă cardanică 2, un efector 3, cu rol de fixare a instrumentului laparoscopic 4.	25
Modulul de poziționare 1 are trei grade de mobilitate și se compune dintr-un modul de rotație 5, care rotește, printr-o cuplă de rotație 6, un suport vertical 7, sub forma unui ax canelat. Pe suportul vertical 7, culisează o cuplă de translație 8 cu o cuplă de rotație 9 și o cuplă de translație 10 cu o cuplă de rotație 11, de care se leagă un braț 12 ce susține efectorul 3, prin crucea cardanică 2. Brațul 12, susținut printr-o bară 13, cu ajutorul cuplelor de rotație 9 și 14, efectuează o mișcare plană, dată de poziția cuplelor de translație 8 și 10, pe suportul vertical 7.	27
Poziționarea efectorului 3 și a instrumentului medical 4 în spațiul de lucru se realizează prin acțiunea corelată a cuplelor de translație 8, 10 și a cuplei de rotație 6.	29
Poziționarea efectorului 3 în plan vertical se face prin deplasarea cuplelor de translație 8, 10. Astfel, apropierea efectorului 3 față de suportul 7 se face prin depărtarea cuplelor 8 și 10, prin mărirea distanței dintre acestea. Apropierea celor două cuple 8 și 10 duce la depărtarea efectorului față de suportul 7. Poziționarea efectorului pe direcția axei Z se face prin ridicarea sau coborârea cuplelor 8 și 10 pe suportul 7.	31
Modificarea unei coordonate motoare q_1 , a cuplei de translație 8, se face cu ajutorul unui motor 15, al unei legături cinematice 16, având un raport de transfer corespunzător aplicației, și a unui mecanism de transformare 17, cu rol de transformare a mișcării de translație în mișcare de rotație. În mod similar, a doua coordonată motoare q_2 , a cuplei de translație 10, se modifică cu ajutorul unui motor 18, printr-o legătură cinematică 19 și un mecanism de transformare 20.	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45

Modificarea coordonatelor motoare q_1 și q_2 se poate face și prin utilizarea unor motoare liniare, cu acțiune directă asupra cuplelor de translație **8** și **10**, așa cum se va arăta într-un exemplu de realizare a robotului (fig. 3).

Mișcarea de rotație a întregului sistem în jurul axului suportului **7**, prin modificarea unei coordonate motoare q_3 , se realizează cu ajutorul unui motor **21**, care acționează printr-o legătură cinematică **22** asupra suportului **7**, imprimând o mișcare aferentă cuplei de rotație **6**.

Un sistem coerent de relații matematice, care ia în considerare elementele constructive ale robotului și coordonatele cuplelor motoare, permite determinarea precisă a coordonatelor unui punct $A(X_A, Y_A, Z_A)$ și, implicit, determinarea coordonatelor unui punct $C(X_C, Y_C, Z_C)$ aparținând vârfului instrumentului laparoscopic **4**.

Scopul utilizării robotului este de realiza o poziționare precisă a vârfului instrumentului **4**, determinat de punctul $C(X_C, Y_C, Z_C)$, în orice punct al câmpului operator **23**, pentru a oferi medicului cele mai bune informații. Prezența cuplei cardanice **2**, amplasată înaintea punctului de fixare a instrumentului **4**, de efectorul **3**, permite mișcarea instrumentului medical în jurul unui punct fix $B(X_B, Y_B, Z_B)$. Faptul că instrumentul medical se va mișca întotdeauna în jurul unui punct fix **B**, corespunzător zonei de incizie, constituie o particularitate și un avantaj al acestei invenții. Mai mult, datorită cuplei cardanice **2**, pasive, robotul nu poate controla vârful instrumentului medical **4**, dacă acesta nu are un punct fix de-a lungul său. Acest lucru permite utilizarea unui dispozitiv de ghidare **24**, de forma unei cuple cu patru grade de libertate, amplasată la locul inciziei. Astfel, instrumentul poate fi poziționat în orice punct al câmpului operator, utilizând o structură simplificată a unui robot paralel, cu trei grade de libertate.

Un prim exemplu de realizare a robotului, conform schemei cinematice din fig. 1, se prezintă în fig. 2. O platformă **25**, amplasată la partea superioară a suportului **7**, rigidizează ansamblul format din suportul **7**, mecanismele de transformare de tip șurub-piuliță **17** și **20**, și o tijă **26**, de blocare a rotirii cuplelor **8** și **10** în jurul suportului **7**.

În fig. 3 se prezintă al doilea exemplu de realizare a robotului. În acest exemplu, deplasarea cuplelor de translație **8** și **10** se realizează cu două motoare liniare **27** și **28**, hidraulice sau electrice, care glisează pe suporturile **29** și **30**. În mod similar cu exemplul din fig. 2, platforma **25**, amplasată la partea superioară a suportului **7**, rigidizează ansamblul format din suportul **7**, suporturile **29** și **30**, ale motoarelor liniare **27** și **28**, și o tijă **26**, cu rol de blocare a rotirii cuplelor **8** și **10** față de suportul **7**.

Fig. 4 reprezintă al treilea exemplu de realizare a robotului, cu un modul de poziționare **31**, cu cinci grade de mobilitate, care susține un instrument chirurgical **32**, cu trei grade de mobilitate și o mișcare activă, de prindere/tăiere/cauterizare. Modulul de poziționare **31**, cu cinci grade de mobilitate, corespunzător acestui exemplu, se obține din modulul de orientare cu trei grade de libertate din fig. 2 sau 3, prin transformarea crucii cardanice **2**, dintr-o cuplă pasivă într-o cuplă activă, cu ajutorul motoarelor **33** și **34**. Prezența motoarelor **33** și **34** permite mișcarea instrumentului medical în jurul unui punct fix $B(X_B, Y_B, Z_B)$, fără exercitarea unei presiuni asupra peretelui abdominal. Astfel, instrumentul poate fi poziționat în orice punct al câmpului operator, utilizând o structură simplificată a unui robot paralel, cu cinci grade de mobilitate, fără a fi necesară utilizarea unui dispozitiv de ghidare **24**.

Instrumentul chirurgical **32**, care înlocuiește instrumentul chirurgical cu acționare manuală sau laparoscopul, se compune dintr-o carcasă **35**, care susține un efector **36**, cu un instrument **37**, cu rol de prindere/tăiere. Acționarea instrumentului **37** se face cu ajutorul unui element motor **38**, printr-o tijă **39** și o cruce cardanică **40**. Elementul motor **38** poate fi un electromagnet, un motor pneumatic liniar sau un motor electric cu un mecanism de transformare a mișcării de rotație în mișcare de translație.

Orientarea efectorului 36 se face prin intermediul unei cuple sferice 41 , materializată de trei brațe articulate 42 , 43 și 44 . Fiecare braț articulat se compune dintr-un element 45 , care se leagă de efectorul 36 , dintr-un element motor 46 , care se leagă la una dintre tijele de acționare, și din câte două elemente 47 , prevăzute la ambele capete cu cuple de rotație. Brațul articulat 42 este acționat de către motorul 48 prin transmisia cu curele 49 și axul tubular 50 . În mod similar cu brațul 42 , brațele 43 și 44 sunt acționate de la motoarele 51 , respectiv, 52 , prin transmisiile cu curele 53 și 54 , și prin axele tubulare 55 și 56 .	1 3 5 7
Un sistem complex de roboți, care poate realiza operații chirurgicale (fig. 9) se compune dintr-un robot central 57 , având un modul de orientare 1 , cu trei grade de mobilitate și din doi roboți 58 , respectiv, 59 , prevăzuți cu module de orientare 31 , cu cinci grade de libertate și cu câte un instrument chirurgical 29 . În funcție de tipul și complexitatea operației, robotul central are rolul de conducere a laparoscopului, în timp ce roboții 58 și 59 realizează funcții specifice mâinilor chirurgului. Întregul sistem este coordonat de către chirurg, printr-un sistem de comandă adecvat, cu ajutorul căruia chirurgul poate opera de la distanță, manipulând de la o consolă toate brațele robotului.	9 11 13 15

Revendicări

1. Robot chirurgical, alcătuit dintr-un modul de poziționare (1) cu trei grade de mobilitate, un efector (3) cu rol de fixare a unui instrument laparoscopic (4), **caracterizat prin aceea că** utilizează o cuplă cardanică (2), pasivă, în orice punct al unui câmp operator (23), cupla cardanică fiind amplasată înaintea punctului de fixare a instrumentului (4) de efectorul (3) care permite mișcarea instrumentului medical în jurul unui punct fix (B), corespunzător zonei de incizie, unde poate fi amplasat un dispozitiv de ghidare (24), de forma unei cuple cu patru grade de libertate.

2. Robot chirurgical, conform revendicării 1, cu modul de poziționare cu trei grade de mobilitate, acționat cu motoare rotative, **caracterizat prin aceea că** modulul de poziționare (1) este prevăzut cu un suport vertical (7), de forma unui ax canelat, fixat pe un modul de rotație (5), pe care culisează o cuplă de translație (8) cu o cuplă de rotație (9) și o cuplă de translație (10) cu o cuplă de rotație (11), de care se leagă un braț (12) susținut printr-o bară (13), cu ajutorul unor cuple de rotație (9 și 14), o platformă (25) de formă triunghiulară, amplasată la partea superioară a suportului (7), rigidizează ansamblul format din suportul (7), mecanismele de transformare de tip șurub-piuliță (17 și 20), și o tijă (26) de blocare a rotirii cuplelor (8 și 10 în jurul suportului (7).

3. Robot chirurgical, conform revendicării 2, cu modul de poziționare cu trei grade de mobilitate, acționat cu motoare liniare, **caracterizat prin aceea că** niște motoare liniare (27 și 28), hidraulice sau electrice, realizează deplasarea cuplelor de translație (8 și 10), care glisează pe niște suporturi (29 și 30), iar o platformă (25) de formă triunghiulară, amplasată la partea superioară a suportului (7), rigidizează ansamblul format din modulul de rotație (5), suportul (7), suporturile (29 și 30) și o tijă (26).

4. Robot chirurgical, conform revendicării 1, alcătuit dintr-un modul de poziționare (31) cu cinci grade de mobilitate, cu un instrument chirurgical (32), **caracterizat prin aceea că**, în vederea automatizării complete a mișcărilor specifice actului chirurgical, utilizează un modul de poziționare (1), prevăzut cu o cuplă cardanică (2), activă, acționată de niște motoare (33 și 34) care fac posibilă mișcarea instrumentului medical în jurul unui punct fix (B), fără exercitarea unei presiuni asupra peretelui abdominal și fără a fi necesară prezența unui dispozitiv de ghidare (24).

5. Robot chirurgical, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** este prevăzut cu un instrument chirurgical (32), care se compune dintr-o carcasă (35) ce susține un efector (36), cu un instrument (37) acționat cu un element motor (38), printr-o tijă (39) și o cruce cardanică (40), orientarea efectorului (36) realizându-se prin intermediul unei cuple sferice (41), materializată de niște brațe articulate (42, 43 și 44), acționate, la rândul lor, de niște motoare (48, 51 și 52), câte unul pentru fiecare braț articulat, respectiv, prin niște transmisii cu curele (49, 53 și 54) și prin niște arbori tubulari (50, 55 și 56).

6. Sistem de roboți chirurgicali, conform revendicărilor 1, 2, ..., 5, **caracterizat prin aceea că**, în scopul realizării unor operații complexe, se compune dintr-un robot central (57), având un modul de orientare (1) cu trei grade de mobilitate, și din niște roboți (58, respectiv, 59), prevăzuți cu niște module de orientare (31), având cinci grade de libertate și cu câte un instrument chirurgical (29), robotul central (57) având rolul de conducere a laparoscopului sau a unei camere video, în timp ce roboții (52 și 53) realizează funcții specifice mâinilor chirurgului, sistemul fiind coordonat de către chirurg, de la o consolă, printr-un sistem de comandă adecvat.

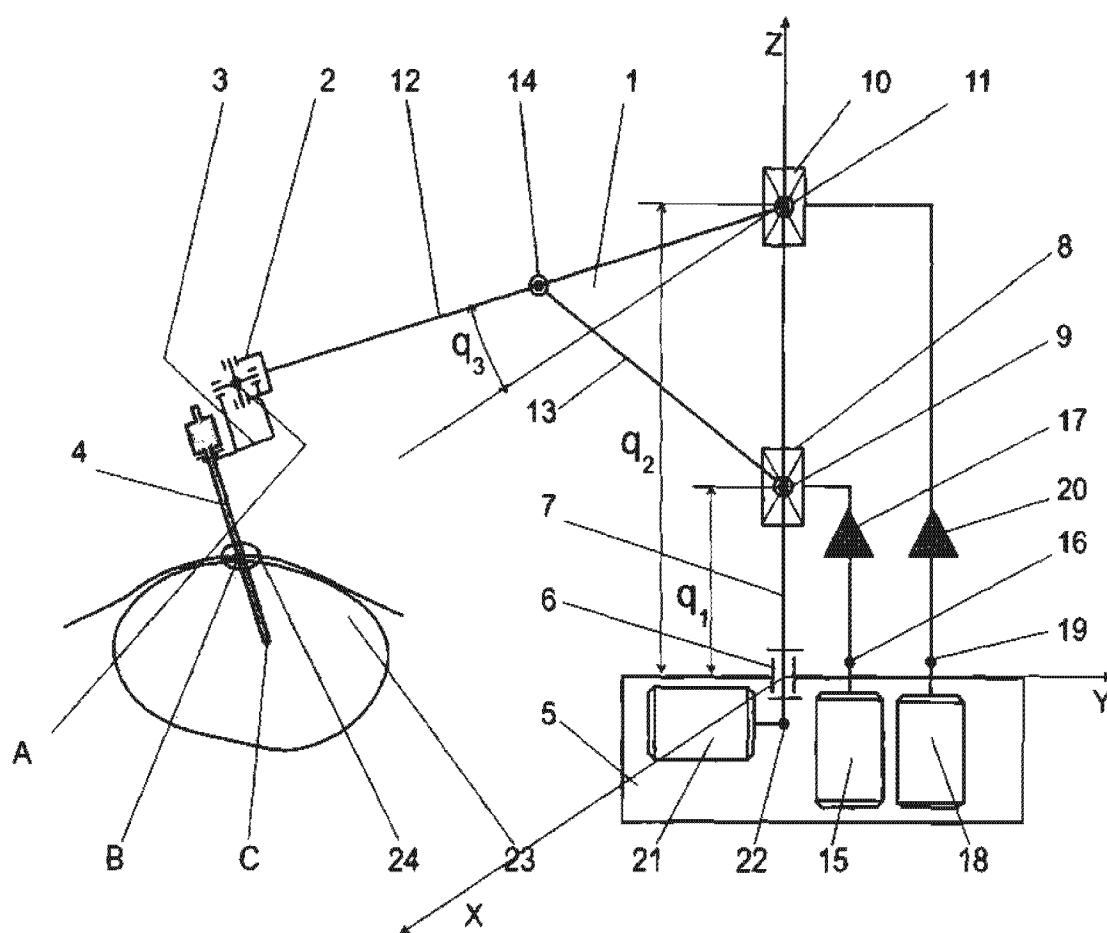


Fig. 1

(51) Int.Cl.

A61B 19/00 (2006.01).

B25J 9/02 (2006.01)

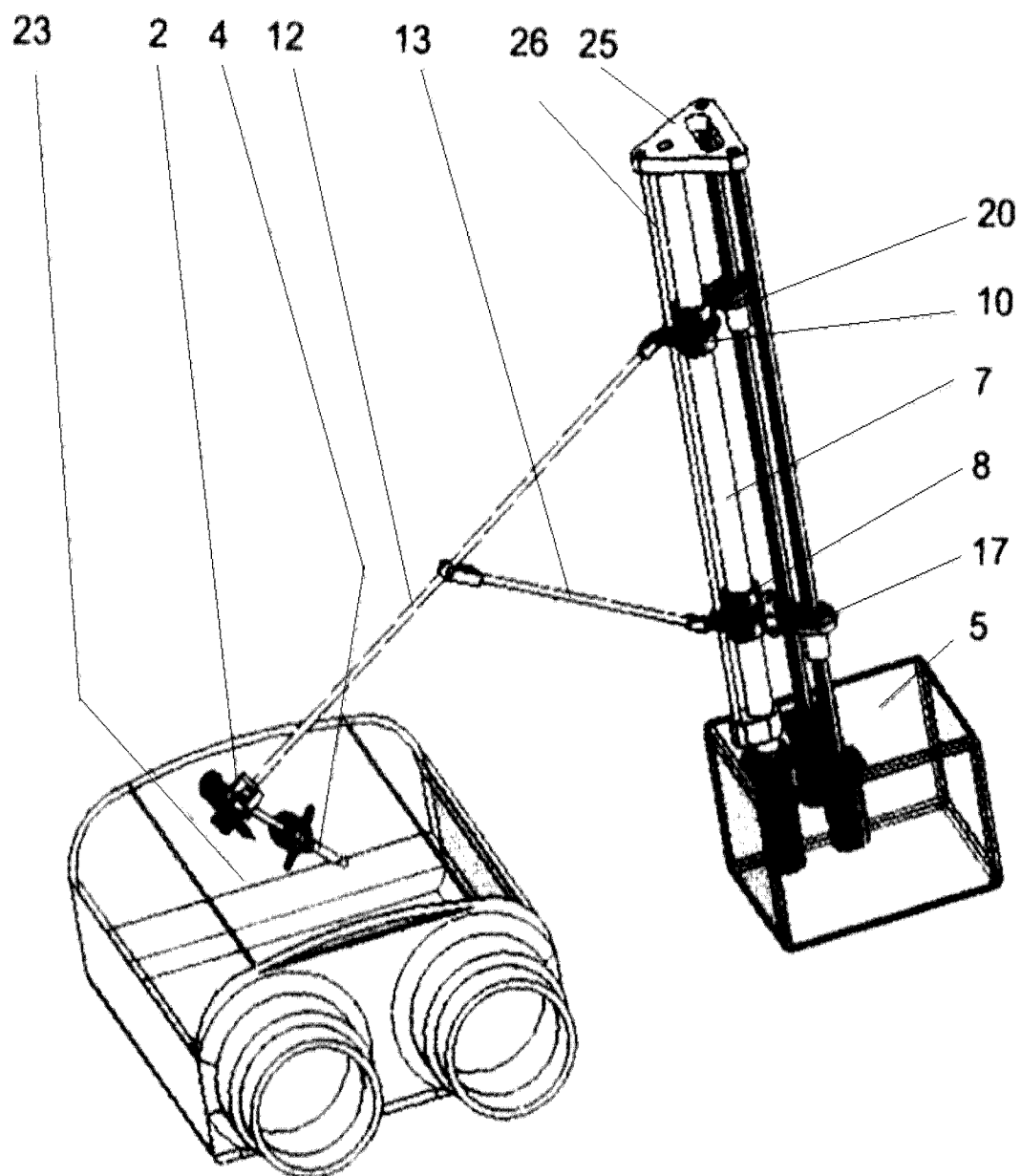


Fig. 2

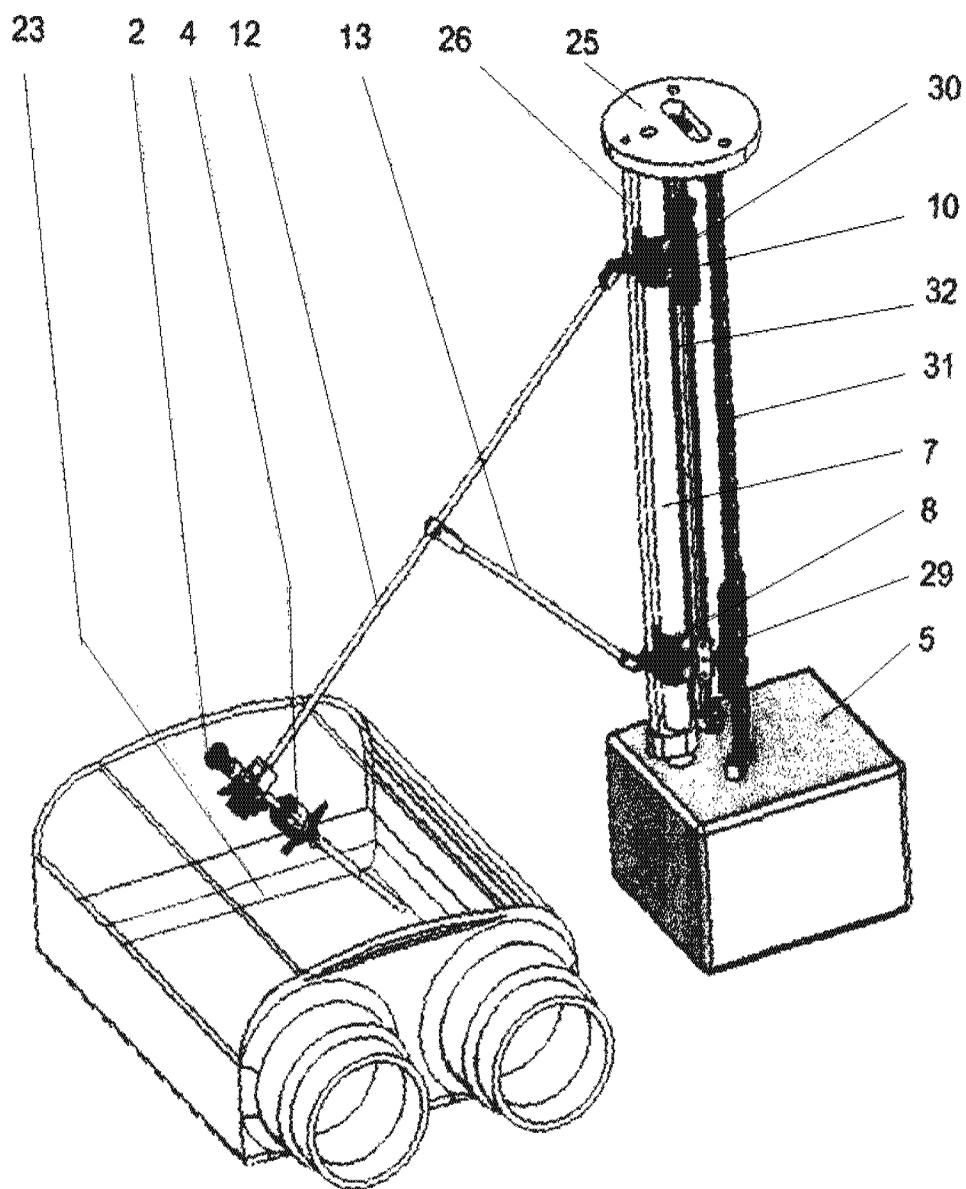


Fig. 3

(51) Int.Cl.

A61B 19/00 (2006.01),

B25J 9/02 (2006.01)

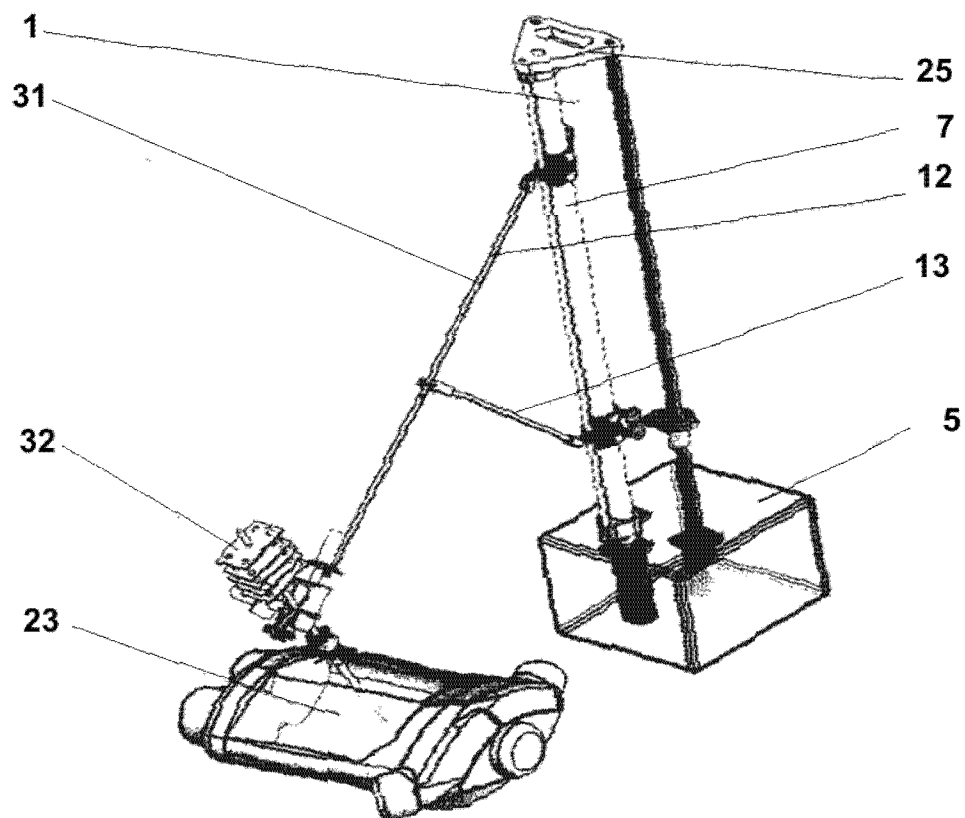


Fig. 4

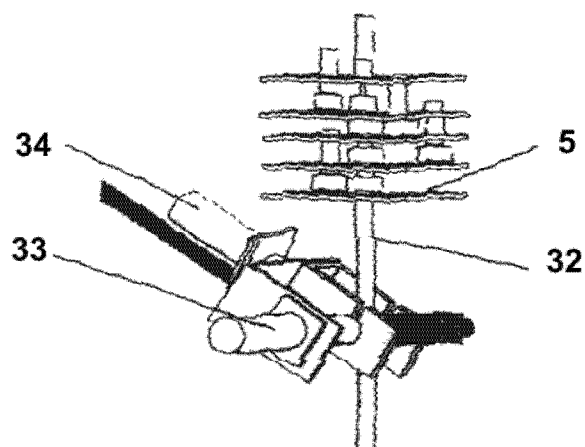


Fig. 5

(51) Int.Cl.

A61B 19/00 (2006.01),

B25J 9/02 (2006.01)

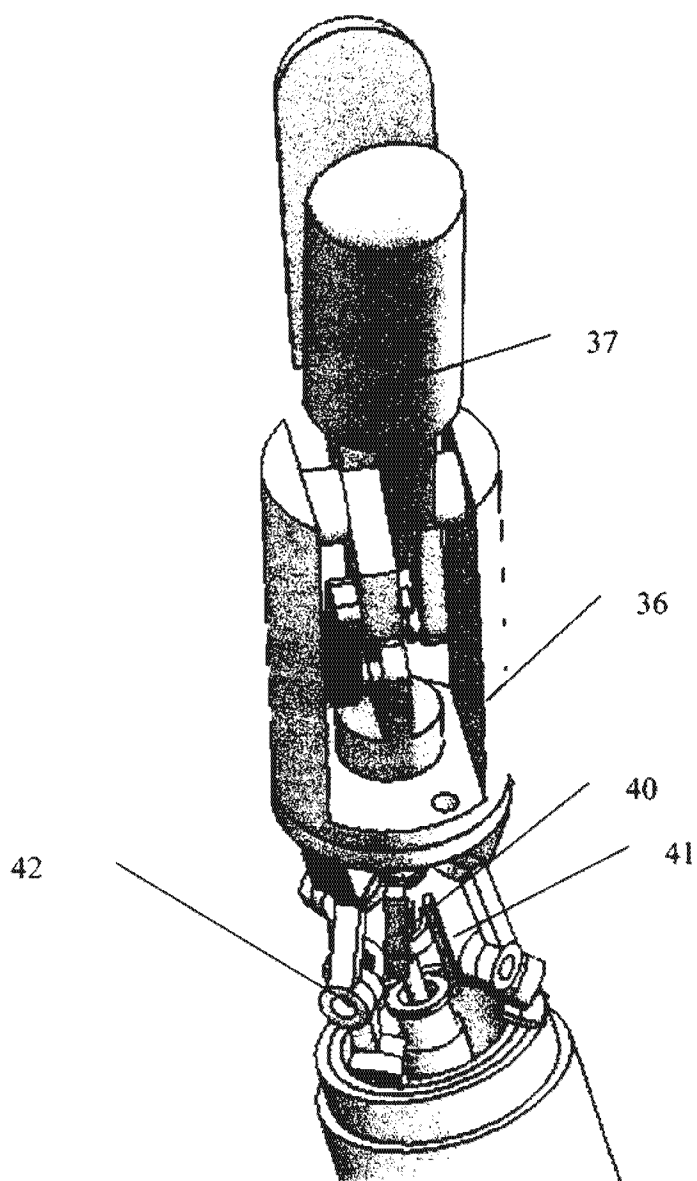


Fig. 7

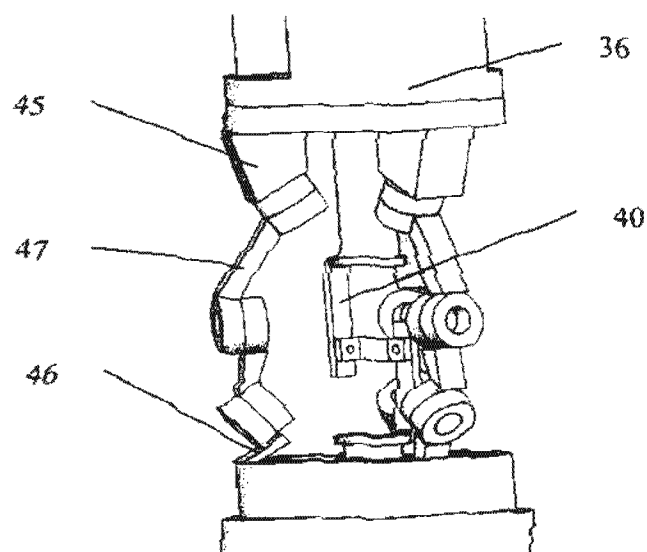


Fig. 8

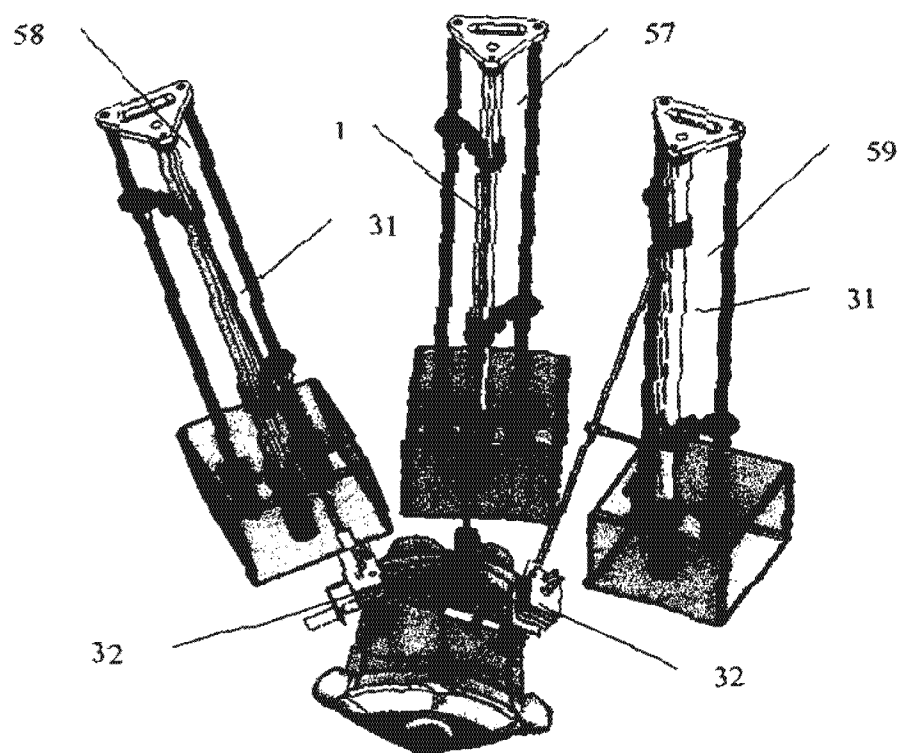


Fig. 9