

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 01017

(22) Data de depozit: 03/12/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, 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.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 86-90, BL.H2, AP.105,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(54) PROHEP-LCT-ROBOT PARALEL PENTRU TRATAMENTUL  
LAPAROSCOPIC AL CANCERULUI DE FICAT

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un robot paralel pentru tratamentul laparoscopic la tumorilor hepatice neoperabile. Robotul conform invenției este alcătuit din două module (3 și 4) robotice pentru ghidarea unei sonde ecografice hepatice și, respectiv, pentru ghidarea unui ac de tratament, fiecare modul având câte cinci grade de mobilitate și fiind dispuse pe un cadru (2) din aluminiu fixat pe patul unui pacient, primul modul (3) robotic este compus din două mecanisme (5 și 6) paralele, primul mecanism (5) are trei grade de mobilitate și prin intermediul lui este poziționată o sondă (7) ecografică hepatică, poziționarea sondei (7) în plan vertical fiind realizată prin acționarea unui moto-reductor (9), al doilea mecanism (6) reprezintă un mecanism pentru orientarea sondei (7) ecografice hepatice, acționarea fiind realizată cu ajutorul unor moto-reductoare (33 și 35), al doilea modul (4) robotic este compus din două mecanisme (48 și 49) paralele, primul mecanism (48) are trei grade de mobilitate și prin intermediul lui este poziționat un ac (50) de tratament, poziționarea acului (50) în plan vertical fiind realizată prin acționarea unui moto-reductor (77), cel de-al doilea mecanism (49) reprezintă un mecanism pentru orientarea acului (50) de livrare a tratamentului, acționarea fiind realizată cu ajutorul unor moto-reductoare (81 și 82).

Revendicări: 4  
Figuri: 5

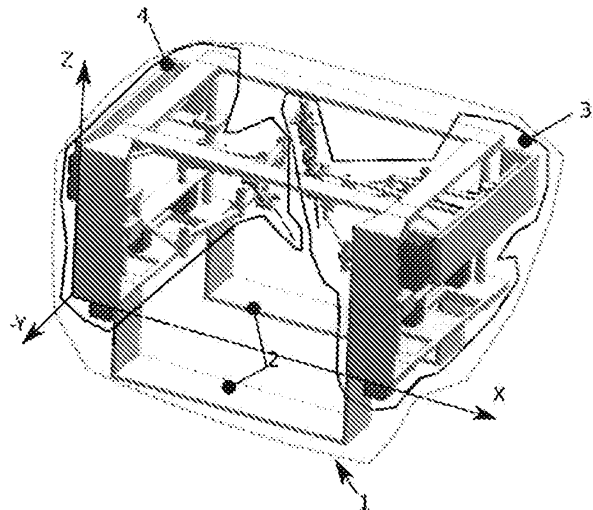


Fig. 1

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).



33

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2018 01017</u>
Data depozit <u>03-12-2018</u>

## PRoHep-LCT- ROBOT PARALEL PENTRU TRATAMENTUL LAPAROSCOPIC AL CANCERULUI DE FICAT

Prezenta invenție se referă la un sistem robotic **pentru tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile**, sistem alcătuit din două module robotice, primul modul fiind destinat poziționării sondei ecografice iar cel de al doilea modul este destinat poziționării cu precizie a acului de livrare a tratamentului. Modulul pentru ghidarea sondei ecografice hepatice are 5 grade de libertate iar cel de al doilea modul (pentru inserarea acului de livrare a tratamentului) este asemănător cu cel de ghidare al sondei având tot 5 grade de mobilitate.

În literatura de specialitate este definit sistemul robotic pentru radioterapia tumorilor, brevet CN101015723A/2006, sistem robotic care folosește pentru livrarea tratamentului un robot serial articulată cu 6 grade de libertate, cu o sarcină portantă de aproximativ 240 kg, o rază de lucru de 1 m, și o repetabilitate de 0.2 mm. Pentru tratament sistemul nu ghidează un ac sau o sondă ecografică ci o sursă de radiație cu o masă de 150 kg.

Un alt sistem robotizat folosit în tratamentul tumorilor hepatice este US20070021738A1/2005, acesta folosește de asemenea un braț robotic articulată capabil să manipuleze un instrument, fie acesta ac, sondă ecografică, lampă laparoscopică sau clema. Sistemul vine ca un ajutor pentru chirurg în timpul tratamentului, având nevoie de un operator uman pentru schimbarea ustensilelor pe parcursul procedurii.

Printre sistemele robotice de livrare a tratamentului pentru tumorile hepatice se regăsește și sistemul US20120016175A1/2007. Acest sistem robotic folosește un braț robotic generic pentru a livra o capsulă radioactivă în zona de tratament. Procedura este făcută de către chirurg, folosindu-se brațul robotic cu ustensilele adecvate de livrare a capsulei radioactive în funcție de poziția acesteia

Cu ajutorul prezentei propuneri de invenție se are în vedere rezolvarea problemei tehnice de realizare a unui sistem robotic paralel cu ajutorul căruia să se realizeze procedura de tratament laparoscopic al tumorilor hepatice. Prin lanțurile cinematice ale structurii paralele propuse se va asigura o mai bună rigiditate și o mai bună dexteritate atât în ghidarea sondei ecografice cât și în poziționarea acului de livrare a tratamentului.

Aplicația specifică a sistemului robotic propus în cadrul prezentei invenții o reprezintă realizarea tratamentului laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile prin inserarea unui ac de livrare a medicamentelor în ficat, ac monitorizat în timp real cu ajutorul unei sonde ecografice hepatice ghidată de către același sistem robotic.

Sistemul robotic propus în acest brevet prezintă o structură modulară, cu o precizie și rigiditate îmbunătățite față de cele existente (în speță cele seriale), permițând o poziționare și orientare a sondei ecografice hepatice precum și a acului de tratament astfel încât să se poată livra cu ușurință medicamentul spre zona afectată, cu evitarea riscului de lezare a organelor adiacente zonei hepatice.

Cele două module propuse au fiecare câte 5 grade de mobilitate și sunt de familia F=1, prima conținând un număr de 5 cuple active prin intermediul cărora se asigură poziționarea și orientarea sondei ecografice hepatice. Cel de al doilea modul are un număr de 5 cuple active prin intermediul cărora se asigură poziționarea și orientarea acului de tratament.



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

Figura 1 – reprezintă structura robotului PRoHep-LCT (1), cu 2 module a câte 5 grade de mobilitate fiecare, primul modul (3) are 5 grade de mobilitate pentru ghidarea sondei ecografice hepatice, iar cel de-al doilea (4), pentru ghidarea acului de tratament are de asemenea 5 grade de mobilitate, ambele module sunt asamblate pe cadrul (2);

Figura 2 – reprezintă poziționarea celor două mecanisme paralele (5 și 6) în cadrul modulului de ghidare a sondei ecografice hepatice.

Figura 3a – reprezintă mecanismul de poziționare a sondei ecografice hepatice, mecanism care are în componență 1 cuplă activă de translație ( $q_1$ ), două cuple active de rotație ( $q_2$  și  $q_3$ ), 6 cuple pasive de rotație (8, 12, 20, 25, 25a și 29) și o cuplă cardanică(31);

Figura 3b – reprezintă mecanismul de orientare al sondei ecografice hepatice, mecanism compus din 2 cuple active de translație ( $q_4$  și  $q_5$ ), 2 cuple pasive de rotație (38 și 44), o cuplă pasivă de translație compusă din elementele (46 și 45), o cuplă cardanică (47) și două cuple de translație pasive compuse din elementele (32, 34 și 42, 43).

Figura 4 – reprezintă poziționarea celor două mecanisme paralele (48 și 49) în cadrul modulului de ghidare a acului de tratament.

Figura 5a – reprezintă mecanismul de poziționare a acului de tratament, mecanism care are în componență 1 cuplă activă de translație ( $q_1'$ ), două cuple active de rotație ( $q_2'$  și  $q_3'$ ), 6 cuple pasive de rotație (53, 56, 58, 65, 73, 73a) și o cuplă cardanică(51);

Figura 5b – reprezintă mecanismul de orientare al acului de tratament, mecanism compus din 2 cuple active de translație ( $q_4'$  și  $q_5'$ ), 2 cuple pasive de rotație (85 și 92), o cuplă pasivă de translație compusă din elementele (94 și 93), o cuplă cardanică (78) și două cuple de translație pasive compuse din elementele (88, 89 și 79, 80).

Este prezentată în continuare structura robotică paralelă pentru tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice.

**Robotul paralel PRoHep-LCT** este alcătuit conform Fig.1 din două module robotice (3 și 4) care lucrează împreună cu scopul de a trata tumorile neoperabile identificate în volumul ficatului. Cele două module robotice sunt așezate pe un cadru de aluminiu (2), proiectat pentru a fi fixat de patul pacientului. Sistemul robotic este acționat cu ajutorul motoarelor rotative (9, 21, 18, 33, 35, 77, 60, 66, 81, 82) amplasate pe cadrul robotului (2).

Primul modul robotic al sistemului PRoHep-LCT este destinat ghidării controlate a sondei ecografice pentru investigații hepatice și este compus la rândul lui din 2 mecanisme paralele (5 și 6) al căror amplasament se poate observa în Fig.2.

În Fig. 3a este prezentat primul mecanism (5) din cadrul modulului de ghidare a sondei ecografice hepatice (3), acesta fiind un mecanism cu 3 grade de mobilitate prin intermediul căruia se realizează poziționarea sondei ecografice hepatice (7). Poziționarea sondei ecografice în plan vertical se face prin acționarea moto-reductorului (9) care este conectat la tija filetată (13) care formează un mecanism șurub- piuliță cu piulița incastată în cadrul plăcii portante (14). Poziționarea sondei ecografice hepatice în planul XOY se face cu ajutorul moto-reductorilor (21) și (18). Moto-reductorul (21) este conectat la cupla de rotație activă (19- $q_2$ ) care împreună cu cupla de rotație pasivă (20), elementele (19a) și (20a), formează un prim mecanism paralelogram care se închide pe placa de legătură (30a) prin intermediul a două cuple pasive de rotație (25) și (25a) care la rândul lor formează cel de al doilea mecanism paralelogram prin intermediul elementelor (26) și (27) care închid mecanismul paralelogram prin intermediul cuplelor pasive de rotație (8) și (29) situate pe placa (30). Moto-reductorul (18) este conectat la cupla de rotație activă (17- $q_3$ ) care acționează elementul (28) care la rândul lui transmite mai departe mișcarea prin intermediul cuplei



pasive de rotație (12), elementului (10) care la rândul lui este conectat plăcii de legătură (30) prin cupla de rotație (8). Sonda ecografică hepatică (7) este atașată plăcii de legătură (30) prin intermediul cuplei cardanice (31).

Cel de al doilea mecanism (6) este prezentat în Fig.3b și reprezintă mecanismul de orientare a sondei ecografice hepatice. Prin acționarea moto-reductorului (33) conectat la tija filetată (36) care prin rotație declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (piuliță) (37-q<sub>4</sub>), țeava (45) este atașată rigid cuplei de translație (37). Moto-reductorul (35) acționează tija filetată (40) care declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (39-q<sub>5</sub>). Elementul (41) este atașat cuplei de translație (39) prin intermediul cuplei de rotație pasivă (38) și prin intermediul cuplei de rotație (44) este atașată barei (46) care translatează în interiorul țevii (45), la capătul barei (46) se află cupla cardanică (47) se leagă de modulul cu 3 grade de mobilitate(11) care ghidează sonda ecografică. Prin acționarea moto-reductorului (33) rezultă o mișcare de rotație a sondei ecografice hepatice în jurul unei axe paralele cu OX în timp ce prin acționarea moto-reductorului (35) rezultă rotația sondei în jurul unei axe paralele cu axa OY. Prin intermediul cuplelor de translație pasive formate din barele de alunecare (34) și (42) și rulmenții de alunecare (32) și (43) are loc deplasarea în plan vertical a întregului modul de orientare a sondei ecografice.

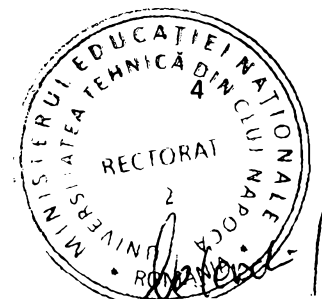
Cel de al doilea modul robotic al sistemului PRoHep-LCT este destinat ghidării controlate a acului pentru tratament și este compus la rândul lui din 2 mecanisme paralele (48 și 49) al căror amplasament se poate observa în Fig.4.

În Fig. 5a este prezentat primul mecanism (48) din cadrul modului de ghidare a acului de livrare a tratamentului (4), acesta fiind un mecanism cu 3 grade de mobilitate prin intermediul căruia se realizează poziționarea acului de tratament (50). Poziționarea acului în plan vertical se face prin acționarea moto-reductorului (77) care este conectat la tija filetată (70) care formează un mecanism șurub- piuliță cu piulița incastată în cadrul plăcii portante (72). Poziționarea acului în planul XOY se face cu ajutorul moto-reductoarelor (60) și (66). Moto-reductorul (60) este conectat la cupla de rotație activă (61-q<sub>2</sub>) care împreună cu cupla de rotație pasivă (65), elementele (59) și (62), formează un prim mecanism paralelogram care se închide pe placa de legătură (57) prin intermediul a două cuple pasive de rotație (56) și (58) care la rândul lor formează cel de al doilea mecanism paralelogram prin intermediul elementelor (54) și (55) care închid mecanismul paralelogram prin intermediul cuplelor pasive de rotație (53) și (73a) situate pe placa (52). Moto-reductorul (66) este conectat la cupla de rotație activă (67-q<sub>3</sub>) care acționează elementul (68) care la rândul lui transmite mai departe mișcarea prin intermediul cuplei pasive de rotație (73), elementului (74) care la rândul lui este conectat plăcii de legătură (52) prin cupla de rotație (73a). Acul de tratament (50) este atașată plăcii de legătură (52) prin intermediul cuplei cardanice (51).

Cel de al doilea mecanism (49) este prezentat în Fig.5b și reprezintă mecanismul de orientare al acului de livrare a tratamentului. Prin acționarea moto-reductorului (81) conectat la tija filetată (90) care prin rotație declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (piuliță) (91-q<sub>4</sub>), țeava (93) este atașată rigid cuplei de translație (92). Moto-reductorul (82) acționează tija filetată (87) care declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (84-q<sub>5</sub>). Elementul (86) este atașat cuplei de translație (84) prin intermediul cuplei de rotație pasivă (85) și prin intermediul cuplei de rotație (92) este atașată barei (94) care translatează în interiorul țevii (93), la capătul barei (94) se află cupla cardanică (78) care face legătura cu suportul acului de tratament (50). Prin acționarea moto-reductorului (81) rezultă o mișcare de rotație a sondei ecografice hepatice în jurul unei axe paralele



cu OX în timp ce prin acționarea moto-reductorului (82) rezultă rotația acului în jurul unei axe paralelă cu axa OY. Prin intermediul cuplelor de translație pasive formate din barele de alunecare (79) și (89) și rulmenții de alunecare (80) și (88) are loc deplasarea în plan vertical a întregului modul de orientare a acului de tratament.



## REVENDICĂRI

**Revendicare 1.** Structura robotică paralelă pentru tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile, **caracterizată prin aceea că** sistemul robotic paralel prezentat (Fig.1) permite manipularea sondei ecografice hepatice și a acului de livrare pentru tratarea laparoscopică a tumorilor hepatice neoperabile.

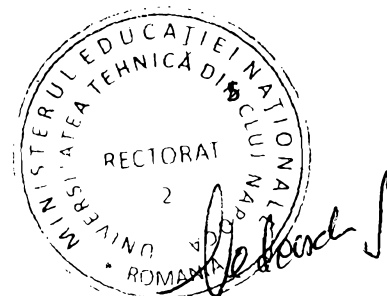
**Revendicare 2.** Structură robotică paralelă pentru tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** sistemul robotic paralel este format din două module, fiecare modul (pentru poziționarea sondei, respectiv a acului) având 5 grade de mobilitate, permițând poziționarea în spațiu a efectorului final – sonda ecografică, respectiv acul și orientarea acestora în jurul a două axe, suprimând doar mișcarea de rotație proprie a sondei și a acului care nu sunt necesare în cadrul acestei aplicații.

**Revendicare 3.** Structură robotică paralelă pentru tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizată prin aceea că** robotul destinat tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile, numit de acum **PRoHep-LCT**, conform invenției este alcătuit (conform Fig.1) din două module (structuri robotice care lucrează împreună, având un sistem comun de coordonate și fiind montate pe același batiu): modulul (3) pentru ghidarea sondei ecografice hepatice (7) și modulul (4) pentru ghidarea acului de livrare a tratamentului (50), ambele structuri cinematice (4 și 5) fiind montate pe un suport (batiul 2).

**Revendicare 4.** Familie de roboți paraleli pentru tratamentul laparoscopic al tumorilor hepatice neoperabile conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că** robotul denumit de acum **PRoHep-LCT** este alcătuit conform Fig.1 din două module robotice (3 și 4) care lucrează împreună cu scopul de a trata tumorile neoperabile identificate în volumul ficatului. Cele două module robotice sunt așezate pe un cadru de aluminiu (2), proiectat pentru a fi fixat de patul pacientului. Sistemul robotic este acționat cu ajutorul motoarelor rotative (9, 21, 18, 33, 35, 77, 60, 66, 81, 82) amplasate pe cadrul robotului (2).

Primul modul robotic al sistemului PRoHep-LCT este destinat ghidării controlate a sondei ecografice pentru investigații hepatice și este compus la rândul lui din 2 mecanisme paralele (5 și 6) al căror amplasament se poate observa în Fig.2.

În Fig. 3a este prezentat primul mecanism (5) din cadrul modului de ghidare a sondei ecografice hepatice (3), acesta fiind un mecanism cu 3 grade de mobilitate prin intermediul căruia se realizează poziționarea sondei ecografice hepatice (7). Poziționarea sondei ecografice în plan vertical se face prin acționarea moto-reductorului (9) care este conectat la tija filetată (13) care formează un mecanism șurub- piuliță cu piulița incastrată în cadrul plăcii portante (14). Poziționarea sondei ecografice hepatice în planul XOY se face cu ajutorul moto-reductoarelor (21) și (18). Moto-reductorul (21) este conectat la cupla de rotație activă (19-q<sub>2</sub>) care împreună cu cupla de rotație pasivă (20), elementele (19a) și (20a), formează un prim mecanism paralelogram care se închide pe placa de legătură (30a) prin intermediul a două cuple pasive de rotație (25) și (25a) care la rândul lor formează cel de al doilea mecanism paralelogram prin intermediul elementelor (26) și (27) care închid mecanismul paralelogram prin intermediul cuplelor pasive de rotație (8) și (29) situate pe placa (30). Moto-reductorul (18) este conectat la cupla de rotație activă (17-q<sub>3</sub>) care acționează elementul (28) care la rândul lui transmite mai departe mișcarea prin intermediul cuplei pasive de rotație (12), elementului (10) care la rândul lui este conectat plăcii de legătură (30) prin cupla de rotație (8). Sonda ecografică hepatică (7) este atașată plăcii de legătură (30) prin intermediul cuplei cardanice (31).



Cel de al doilea mecanism (6) este prezentat în Fig.3b și reprezintă mecanismul de orientare a sondei ecografice hepatice. Prin acționarea moto-reductorului (33) conectat la tija filetată (36) care prin rotație declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (piuliță) (37-q<sub>4</sub>), țeava (45) este atașată rigid cuplei de translație (37). Moto-reductorul (35) acționează tija filetată (40) care declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (39-q<sub>5</sub>). Elementul (41) este atașat cuplei de translație (39) prin intermediul cuplei de rotație pasivă (38) și prin intermediul cuplei de rotație (44) este atașată barei (46) care translatează în interiorul țevii (45), la capătul barei (46) se află cupla cardanică (47) se leagă de modulul cu 3 grade de mobilitate(11) care ghidează sonda ecografică. Prin acționarea moto-reductorului (33) rezultă o mișcare de rotație a sondei ecografice hepatice în jurul unei axe paralele cu OX în timp ce prin acționarea moto-reductorului (35) rezultă rotația sondei în jurul unei axe paralel cu axa OY. Prin intermediul cuplelor de translație pasive formate din barele de alunecare (34) și (42) și rulmenții de alunecare (32) și (43) are loc deplasarea în plan vertical a întregului modul de orientare a sondei ecografice.

Cel de al doilea modul robotic al sistemului PProHep-LCT este destinat ghidării controlate a acului pentru tratament și este compus la rândul lui din 2 mecanisme paralele (48 și 49) al căror amplasament se poate observa în Fig.4.

În Fig. 5a este prezentat primul mecanism (48) din cadrul modului de ghidare a acului de livrare a tratamentului (4), acesta fiind un mecanism cu 3 grade de mobilitate prin intermediul căruia se realizează poziționarea acului de tratament (50). Poziționarea acului în plan vertical se face prin acționarea moto-reductorului (77) care este conectat la tija filetată (70) care formează un mecanism șurub- piuliță cu piulița incastată în cadrul plăcii portante (72). Poziționarea acului în planul XOY se face cu ajutorul moto-reductoarelor (60) și (66). Moto-reductorul (60) este conectat la cupla de rotație activă (61-q<sub>2'</sub>) care împreună cu cupla de rotație pasivă (65), elementele (59) și (62), formează un prim mecanism paralelogram care se închide pe placa de legătură (57) prin intermediul a două cuple pasive de rotație (56) și (58) care la rândul lor formează cel de al doilea mecanism paralelogram prin intermediul elementelor (54) și (55) care închid mecanismul paralelogram prin intermediul cuplelor pasive de rotație (53) și (73a) situate pe placa (52). Moto-reductorul (66) este conectat la cupla de rotație activă (67-q<sub>3</sub>) care acționează elementul (68) care la rândul lui transmite mai departe mișcarea prin intermediul cuplei pasive de rotație (73), elementului (74) care la rândul lui este conectat plăcii de legătură (52) prin cupla de rotație (73a). Acul de tratament (50) este atașată plăcii de legătură (52) prin intermediul cuplei cardanice (51).

Cel de al doilea mecanism (49) este prezentat în Fig.5b și reprezintă mecanismul de orientare al acului de livrare a tratamentului. Prin acționarea moto-reductorului (81) conectat la tija filetată (90) care prin rotație declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (piuliță) (91-q<sub>4'</sub>), țeava (93) este atașată rigid cuplei de translație (92). Moto-reductorul (82) acționează tija filetată (87) care declanșează deplasarea liniară a cuplei de translație (84-q<sub>5'</sub>). Elementul (86) este atașat cuplei de translație (84) prin intermediul cuplei de rotație pasivă (85) și prin intermediul cuplei de rotație (92) este atașată barei (94) care translatează în interiorul țevii (93), la capătul barei (94) se află cupla cardanică (78) care face legătura cu suportul acului de tratament (50). Prin acționarea moto-reductorului (81) rezultă o mișcare de rotație a sondei ecografice hepatice în jurul unei axe paralele cu OX în timp ce prin acționarea moto-reductorului (82) rezultă rotația acului în jurul unei axe paralelă cu axa OY. Prin intermediul cuplelor de translație pasive formate din barele de alunecare (79) și (89) și rulmenții de alunecare (80) și (88) are loc deplasarea în plan vertical a întregului modul de orientare a acului de tratament.



94

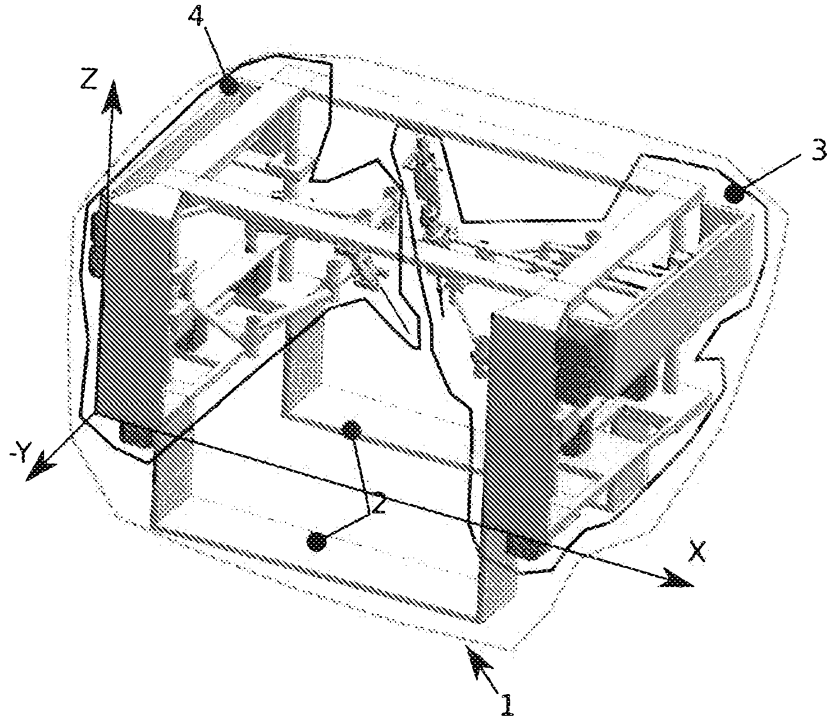


Figura 1

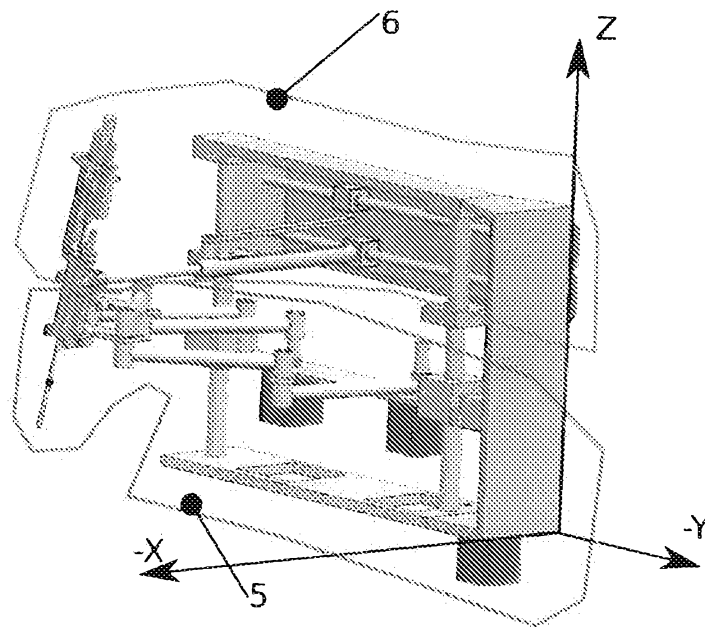
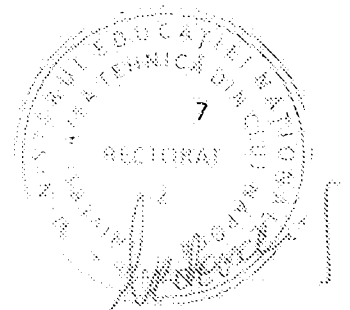


Figura 2



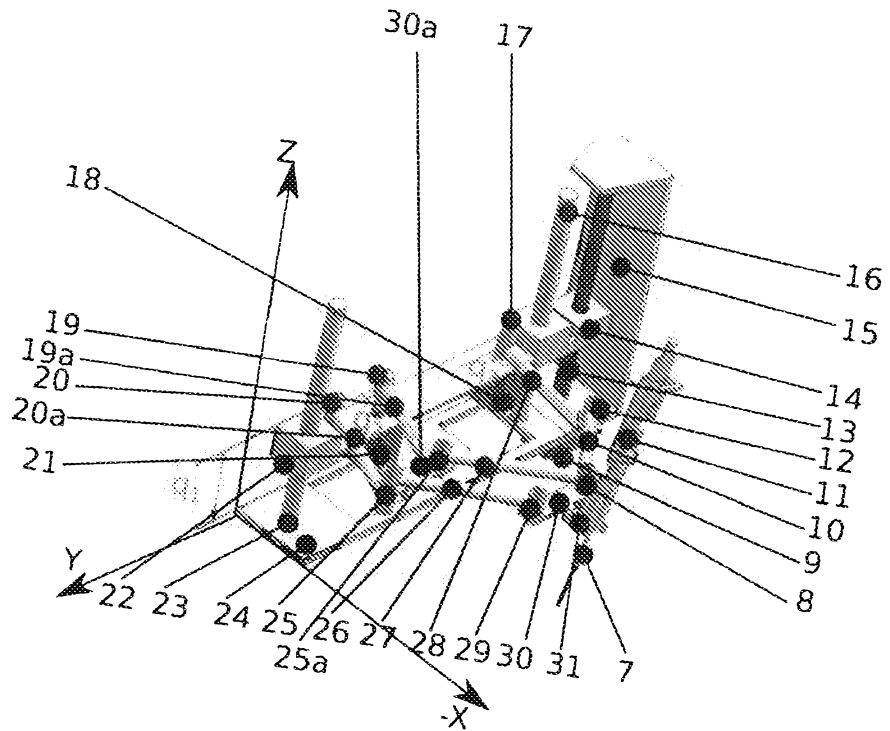


Figura 3a

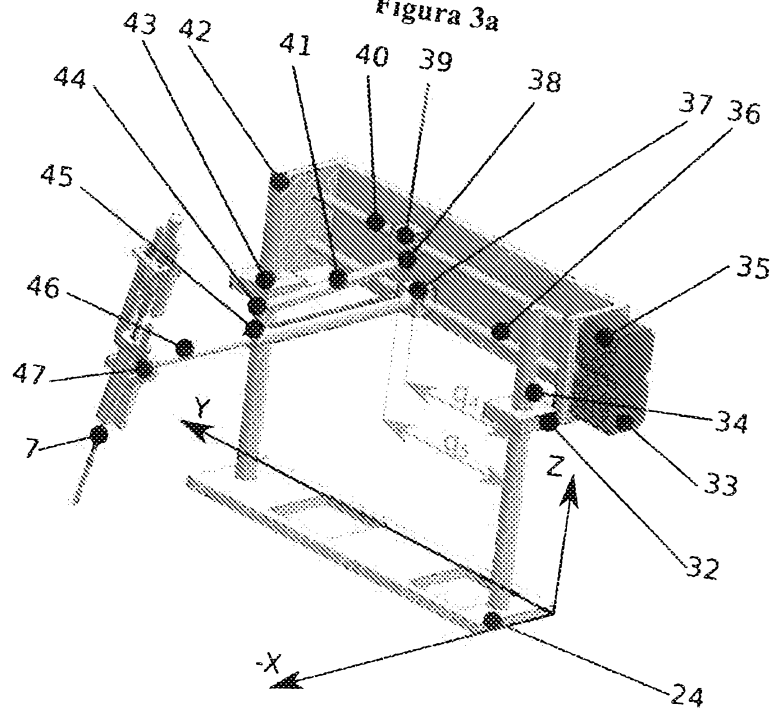
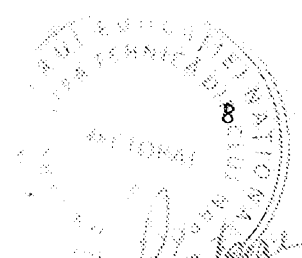


Figura 3b



25

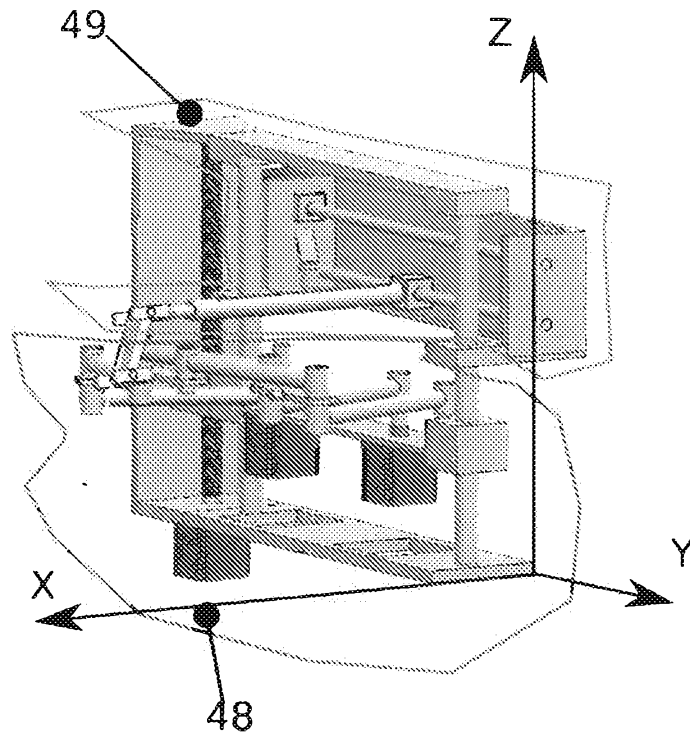


Figura 4

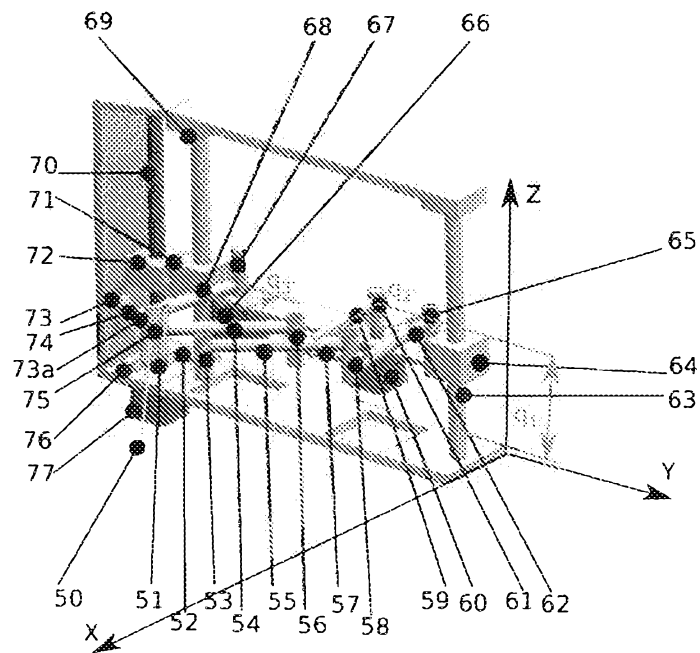


Figura 5a



24

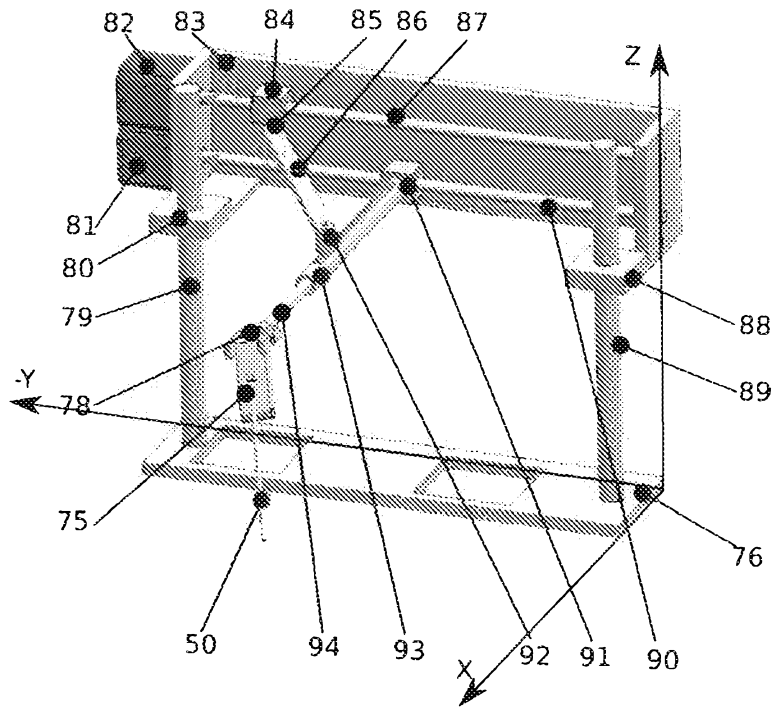


Figura 5b

