



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000062512
Data Deposito	16/10/2015
Data Pubblicazione	16/04/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	17	29

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	25	J	9	10

Titolo

Strumento medicale e metodo di fabbricazione di detto strumento medicale

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Strumento medicale e metodo di fabbricazione di detto strumento medicale"

5 Di: MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.r.l., via del Paduletto 10/A, 56011
CALCI (PISA)

Inventori designati: SIMI, MASSIMILIANO; PRISCO, GIUSEPPE MARIA;
presso MEDICAL MICROINSTRUMENTS S.r.l.

Classi cooperative: A61B 17/00; A61B 19/00; B25J 17/02; B23H 7/00.

10

DESCRIZIONE

[0001]. Campo dell'invenzione

[0002]. Forma oggetto della presente invenzione uno strumento
medicale, nonché un metodo di fabbricazione di detto strumento
15 medicale.

[0003]. In particolare, la presente invenzione si riferisce ad uno
strumento medicale comprendente un dispositivo articolare.

[0004]. Stato della tecnica

[0005]. Sono noti apparati robotici per chirurgia o microchirurgia
comprendenti bracci robotici snodati adatti a terminare con uno
strumento chirurgico. Ad esempio, il documento **US-7155316-B2** mostra
un apparato robotico per microchirurgia al cervello sotto risonanza
magnetica comprendente un sistema di acquisizione di immagini a
risonanza magnetica e due bracci mobili, ognuno con tre assi di
giunto verticali per evitare il carico della gravità (come mostrato
ad esempio nella Fig.7 di detto documento **US-7155316-B2**), collegati

a rispettivi effettori dotati un grado di libertà interno per la presa.

[0006]. Le soluzioni della tecnica nota, seppur parzialmente vantaggiose, impongono anche per piccoli movimenti dello strumento chirurgico all'interno del campo operatorio, una strategia di movimentazione che coinvolge al contempo una pluralità di movimenti differenti, risultando sia in un difficile controllo della accuratezza cinematica che in un grande ingombro del campo operatorio che di fatto diventa non più accessibile dal chirurgo. Infatti, il campo di applicazione della maggioranza degli apparati robotici per chirurgia che seguono il paradigma master-slave sono dedicati all'impiego in chirurgia minimamente invasiva (acronimo inglese "MIS" cioè "minimally invasive surgery"), come per esempio chirurgia laparoscopica o chirurgia endoscopica. In entrambi i casi la cinematica dell'apparato robotico è specializzata per ottimizzare la capacità di accesso degli strumenti chirurgici al campo operatorio attraverso delle porte chirurgiche o degli orifizi, cosa che richiede appunto la coordinazione di una pluralità di movimenti differenti. Le applicazioni di chirurgia, e microchirurgia, a campo aperto richiedono invece un controllo cinematico accurato delle traslazioni, su uno volume di lavoro limitato dal campo di vista del microscopio operativo, senza la presenza degli stringenti vincoli cinematici costituiti dalle porte chirurgiche o dagli orifizi naturali, e beneficiano grandemente della possibilità del chirurgo di accedere direttamente al campo operatorio.

[0007]. E altresì da notare che per l'esecuzione delle principali

primitive chirurgiche, quali per esempio il tensionamento del tessuto e l'esecuzione di punti di sutura in una anastomosi, è richiesta la capacità di orientare la punta dello strumento chirurgico in un ampio cono di direzioni spaziali e di ruotarlo intorno al suo asse longitudinale (o asse di "roll"), per esempio per il movimento di guida dell'ago attraverso il tessuto con la punta di uno strumento portaaghi, in una maniera simile a come la mano umana è articolata dal polso e dall'avanbraccio.

[0008]. Sono generalmente noti apparati robotici per chirurgia o microchirurgia comprendenti un sistema tele-operato di tipo master-slave, come mostrato, ad esempio, dal documento **US-6963792-A** e più specificamente per l'applicazione microchirurgica da **US-6385509-B2**, nonché **US-2014-0135794-A1**, che mostrano soluzioni cinematiche per la movimentazione della punta dello strumento chirurgico che richiedono la coordinazione di una pluralità di giunti di una catena cinematica che ingombrano il campo operatorio. Questo effetto di ingombro è tanto più pronunciato quanto più i giunti per la movimentazione della punta dello strumento sono distanti dalla punta stessa. Inoltre tali sistemi per microchirurgia non permettono di movimentare adeguatamente la punta dello strumento in un sito operatorio alla base di una lesione, profonda anche solo 10cm.

[0009]. Generalmente, acquisire padronanza nel manipolare strumenti di comando (master) noti richiede un lungo addestramento, anche per operatori specializzati. Infatti, strumenti di comando noti richiedono una lunga curva di apprendimento, in primo luogo perché generalmente vincolati meccanicamente a stazioni di

registrazione del movimento, che ne limitano necessariamente il movimento in modi non intuitivi e spesso presentano ingombranti dimensioni. Pertanto, strumenti di comando noti sono intrinsecamente inadatti a replicare la funzionalità di strumenti chirurgici tradizionali nonché la libertà di effettuare un ampio spettro di movimenti lineari ed angolari nelle tre dimensioni dello spazio.

[0010]. Ad esempio, il documento **US-8521331-B2** mostra un apparato robotico per chirurgia laparoscopica, in cui lo strumento di comando ha una forma che lo rende adatto ad essere calzato come un guanto, sulle dita del chirurgo. Secondo un'ulteriore forma realizzativa mostrata nella figura 2B del medesimo brevetto, lo strumento di comando è sotto forma di un joystick, assicurato in una sua porzione al polso del chirurgo che si estende in modo da essere tenuto in una sola mano, comprendente uno stelo cilindrico avente una coppia di lamelle laterali adatte a registrare un movimento di presa. Un chirurgo sfrutta un visore laparoscopico integrato a detto strumento di comando.

[0011]. Questa soluzione, seppur parzialmente vantaggiosa nell'ambito della chirurgia laparoscopica, anche immaginando di adattarla alla procedura microchirurgica, non risolve appieno il problema, rendendo comunque necessario un lungo addestramento affinché il chirurgo sia in grado di maneggiare ciascuno di detti strumenti di comando al posto dei consueti strumenti per chirurgia aperta.

[0012]. Come è noto, nell'ambito della microchirurgia, che richiede l'impiego di almeno un microscopio ottico o occhialini

ingranditori (in inglese: "loupes"), è richiesta una alta destrezza ed esperienza al chirurgo che è limitato dal tremore fisiologico e dalla accuratezza dei movimenti umani su questa scala.

[0013]. L'applicazione delle tecnologie robotiche può apportare grandi vantaggi, permettendo una spinta alla miniaturizzazione della strumentazione nonché a ridurre l'ampiezza dei movimenti nel campo operatorio e quindi eliminare l'effetto del tremore fisiologico e facilitare il compito manuale. Ad esempio, procedure microchirurgiche sono impiegate in varie fasi della ricostruzione di tessuti biologici, come ad esempio per eseguire anastomosi di vasi sanguigni, anche vasi di piccolo diametro, e di fibre nervose. Tali procedure sono eseguiti per ricostruire l'anatomia dopo lesioni traumatiche o lesioni causate da asportazioni chirurgiche, per riattaccare membra nonché rivascolazizzare tessuti con procedure chirurgiche a campo aperto, data la presenza di una lesione che già' presenta una apertura superficiale.

Altri esempi di applicazioni della microchirurgia si riscontrano nel settore dei trapianti, della neurochirurgia o della chirurgia vascolare, nonché della chirurgia all'occhio esterno ed interno, nonché della chirurgia all'interno dell'orecchio, come per
 5 esempio negli impianti di coclea. Anche la importante procedura di bypass cardiaco include il delicato passo della anastomosi delle coronarie. Esigenze di miniaturizzazione della strumentazione sono sentite anche nell'ambito di differenti tecniche chirurgiche, ad esempio tecniche chirurgiche mininvasive, come laparoscopia ed
 10 endoscopia, che si propongono invece di mitigare l'invasività degli

strumenti chirurgici sui tessuti biologici. Con riferimento alla laparoscopia, le soluzioni note non permettono una soddisfacente miniaturizzazione del diametro degli strumenti laparoscopici utilizzati per accesso da singola porta (in inglese: "Single
5 Incision Laparoscopic Surgery" o "Single Port Laparoscopy"). Inoltre, è da considerare che gli endoscopi utilizzati in tecniche miniminvasive hanno un canale per la strumentazione chirurgica il cui diametro è tipicamente compreso tra 1mm e 3.2mm. Tali dimensioni limitano la funzionalità della strumentazione chirurgica nota, che è
10 correntemente utilizzata tipicamente solo per capacità di presa.

[0014]. Sono generalmente noti strumenti medicali che comprendono un dispositivo articolare, adatto ad operare su un paziente. Ad esempio, il documento **WO-2010-009221-A2** mostra uno strumento per chirurgia robotica comprendente un dispositivo articolare distale, adatto a fornire tre gradi di libertà di movimento, rispettivamente beccheggio, imbardata e presa (in inglese: "pitch", "yaw" e "grip"), utilizzando soltanto quattro cavi di attuazione. Detti cavi scorrono all'interno di canali di guida, o guaine, ricavati nel corpo del dispositivo articolare.

[0015]. Questa soluzione limita la miniaturizzazione dello strumento articolare robotico, in quanto l'attrito che si sviluppa tra le superfici dei canali di guida ed i cavi che vi scorrono all'interno impone un limite alla precisione di posizionamento della articolazione. Come è noto, muovendosi in direzione di ridurre le dimensioni di uno strumento medicale, si incontrano difficoltà, prevalentemente correlate al fatto che le forze di superficie, come

ad esempio l'attrito, crescono di importanza diventando dominanti sulle forze di volume. Questo rende necessari accorgimenti volti a minimizzare l'entità delle forze di attrito, nonché adatti a ridurre al minimo i giochi all'interno dei meccanismi. Il crollo della precisione di posizionamento della articolazione è un ostacolo tecnologico fondamentale alla miniaturizzazione di strumenti articolari, in quanto, con la miniaturizzazione, anche la rigidità dei cavi diminuisce secondo il quadrato del diametro, rendendo ancora più difficile superare l'attrito per posizionare con precisione la punta dello strumento. Inoltre tale soluzione richiede un sistema di guida per i cavi composto di gole e pareti di guida che avvolgono gli stessi che rendono i membri adatti a fornire i gradi di libertà di beccheggio ed imbardata, nonché l'asta dello strumento, molto difficili da miniaturizzare con le procedure di fabbricazione oggi note, quali per esempio lo stampaggio, la tornitura, e comunque con molti punti di fragilità meccanica.

[0016]. Allo scopo di favorire la miniaturizzazione dello strumento chirurgico, il sopracitato documento anteriore **WO-2010-009221-A2** suggerisce la vantaggiosa possibilità di ridurre il numero di terminazioni di cavi di attuazione, per tre gradi di libertà, da sei a quattro, sfruttando la coppia di attuazione che i cavi terminati sui membri adatti a fornire il grado di libertà di imbardata esercitano sul giunto di Pitch (si veda la Figura 4-A del documento anteriore citato) e che prevede a tal scopo di tirare e rilasciare selettivamente detti cavi, grazie alla previsione di una catena cinematica comprendente una serie di ingranaggi. Inoltre, il

sistema di movimentazione mostrato prevede che ciascun capo di cavo sia assicurato ad un argano, che determina selettivamente l'avvolgimento di detto cavo su di sé tirando il cavo di attuazione. La previsione di particolari costruttivi come detto argano e detti ingranaggi, che sono notoriamente soggetti a gioco meccanico, comporta una difficoltà nel movimentare una articolazione miniaturizzata, dato che un gioco meccanico nel sistema di movimentazione risulta in un gioco angolare al giunto, che è tanto maggiore quanto più è miniaturizzato il dispositivo articolare. Il sistema di movimentazione sopra descritto è altresì inadatto a mantenere un basso precarico sui cavi stessi al fine di limitare attrito ed usura.

[0017]. Inoltre, le soluzioni mostrate di terminazione dei cavi comprendono la previsione di percorsi tortuosi adatti a strozzare tratte di cavo. Questo tipo di soluzione impone di realizzare cavi sufficientemente resistenti da non danneggiarsi quando strozzati, ad esempio rigidi cavi in acciaio o cavi dal diametro superiore allo standard.

[0018]. Ulteriori esempi di cavi di attuazione per strumenti chirurgici adatti a scorrere, quando tirati ed eventualmente spinti, all'interno di guaine o canali di guida, ad esempio ricavati sulle superfici laterali di pulegge, sono mostrati nei documenti **US-6371952-B1**, **US-6394998-B1** e **WO-2010-005657-A2**. In particolare, quest'ultimo documento mostra una soluzione in cui i cavi di attuazione percorrono traiettorie che si incrociano avvolgendosi su pulegge che prevedono canali di guida per evitare che detti cavi

interferiscano l'uno con l'altro compromettendo l'efficacia di trasmissione del movimento al dispositivo articolare, ad esempio annodandosi tra loro oppure strisciando l'uno sull'altro. La previsione di pulegge folli, necessariamente di un diametro pari a meno della metà del diametro dello strumento (come mostrato in figura 4 del citato documento **WO-2010-005657-A2**) e montate sui membri, ad esempio membri solidali con l'asta o membri adatti a fornire il grado di libertà di beccheggio, per guidare l'incrocio dei cavi è di grave ostacolo alla miniaturizzazione. Inoltre, la previsione di scanalature o pareti di canali per cavi di attuazione rappresenta anche qui un ulteriore ostacolo alla miniaturizzazione del diametro dell'asta, o della cannula, di uno strumento medicale o di uno strumento chirurgico.

[0019]. Il documento **US-2003-0034748-A** mostra una soluzione adatta a ridurre il diametro dello strumento chirurgico fino a 5,1mm. Questo strumento prevede l'impiego di una serie di dischi impilati che funzionando come vertebre garantiscono un certo grado di flessibilità.

[0020]. Tuttavia, questa soluzione risulta inadatta a produrre una articolazione compatta, che si estende, ad esempio, per circa un diametro dello strumento, in altre parole che raggiunge un raggio di curvatura simile al suo diametro, come invece è possibile per le articolazioni mostrate nei documenti citati precedentemente e basate su un giunto di tipo pivot, comprendente un asse di rotazione puro.

[0021]. Un ulteriore ostacolo alla miniaturizzazione di dispositivi articolari, consiste nella difficoltà di fabbricare,

nonché di assemblare, particolari micromeccanici tridimensionali con soddisfacente precisione e ad un costo di processo contenuto. L'esigenza di sviluppare relativamente elevate forze puntuali in dispositivi con caratteristiche di taglia inferiore al millimetro, suggerisce di realizzare i componenti in metallo ad elevata rigidezza, come ad esempio acciaio per utensili.

[0022]. Come è noto, sono generalmente impiegate nella realizzazione di strumenti biomedicali tecniche di fabbricazione derivate dall'industria microelettronica. Ad esempio, tecniche di taglio laser o taglio ad acqua sono inadatte ad effettuare rapidamente lavorazioni nelle tre dimensioni. Oppure, le tecniche di stampaggio ad iniezione non consentono raggiungere la necessaria risoluzione. Invece, tecniche di elettroerosione sono in grado di garantire soddisfacenti prestazioni in termini di finitura superficiale e rispetto delle tolleranze geometriche stabilite in fase di progetto. Tuttavia, tali tecniche impongono generalmente un processo di taglio lento e costoso. Ad esempio, nel documento **US-6768076-B2** è mostrata un'attrezzatura per elettroerosione, adatta a supportare pezzi da lavorare in un piano di taglio.

[0023]. Tuttavia, tale attrezzatura risulta inadatta ad essere utilizzata per ripetuti piazzamenti del pezzo, ad esempio non permette di essere ruotata quando è in macchina, per consentire alla macchina di elettroerosione di lavorare su più piani di taglio, imponendo un processo di fabbricazione laborioso che comporta necessariamente complesse operazioni di calibrazione ogniquale volta si effettuino tagli anche su ulteriori piani di taglio ed ad una

inevitabile perdita di precisione quindi meno precise tolleranze dimensionali e geometriche.

[0024]. È dunque sentita l'esigenza di provvedere uno strumento medicale articolato, o comprendente un dispositivo articolare, strutturalmente e funzionalmente adatto ad essere soggetto ad una spinta miniaturizzazione, senza per questo comprometterne l'affidabilità e la sicurezza di esercizio. È altresì sentita l'esigenza di provvedere uno strumento medicale articolato, o comprendente un dispositivo articolare, adatto ad eseguire varie tipologie di terapie medico-chirurgiche. Inoltre, è sentita l'esigenza di provvedere uno strumento medicale articolato, o comprendente un dispositivo articolare, che sia durevole ed adatto ad essere soggetto ad una manutenzione periodica, senza per questo comprometterne la sterilità e l'affidabilità.

[0025]. È altresì sentita l'esigenza di provvedere strumento medicale articolato, o comprendente un dispositivo articolare che richieda per la sua fabbricazione una lavorazione semplificata rispetto a soluzioni note.

[0026]. È inoltre sentita l'esigenza di provvedere un metodo di fabbricazione di detto strumento medicale più efficiente rispetto all'arte nota e che garantisca il richiesto grado di precisione per l'assemblaggio.

[0027]. Soluzione

[0028]. Uno scopo della presente invenzione è quello di ovviare agli inconvenienti dell'arte nota citati in precedenza.

[0029]. Questo ed altri scopi vengono raggiunti con uno strumento

medicale secondo la rivendicazione 1, nonché un metodo secondo la rivendicazione 10.

[0030]. Alcune forme di realizzazione vantaggiose sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

[0031]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un assieme robotico di chirurgia comprende:

- almeno un dispositivo di micro-posizionamento avente una pluralità di gradi di libertà almeno di traslazione,
- almeno uno strumento medicale, comprendente un dispositivo articolare avente una pluralità di gradi di libertà rotazionali.

5

Detto strumento medicale è connesso in cascata, o in serie, a detto dispositivo di micro-posizionamento in modo che detto dispositivo articolare raggiunge con una sua porzione terminale una predefinita posizione in un volume di lavoro.

[0032]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un dispositivo di comando di microchirurgia per un assieme robotico di microchirurgia, in cui detto dispositivo di comando è adatto a formare almeno parzialmente l'interfaccia master di un accoppiamento master-slave per un assieme robotico di microchirurgia, comprende:

- almeno uno strumento di comando, mobile nello spazio, di forma tale da renderlo adatto ad essere maneggiato come uno strumento microchirurgico tradizionale,
- almeno un dispositivo di rilevamento, adatto a rilevare la posizione di detto strumento di comando in almeno una porzione dello spazio.

Detto strumento di comando comprende almeno un sensore di posizione, che coopera con detto dispositivo di rilevamento, per rilevare almeno la posizione di detto strumento di comando.

[0033]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, uno strumento medicale comprende almeno un telaio ed almeno un dispositivo articolare. Detto dispositivo articolare 70comprende almeno un primo membro articolare, o primo link, adatto a collegarsi ad almeno una porzione di detto telaio, ed almeno un secondo membro articolare, o secondo link. Detto primo membro articolare è connesso mediante un giunto rotazionale a detto secondo membro articolare. Detto strumento medicale comprendendo inoltre almeno un tendine, adatto a muovere almeno detto secondo membro rispetto a detto primo membro, tirandolo. Almeno uno tra detto primo membro articolare, detto secondo membro articolare comprende almeno una superficie di scorrimento, adatta a permettere su di sé lo scorrimento di almeno una porzione di detto tendine. Detta superficie di scorrimento è una superficie rigata, o una superficie formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto.

[0034]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un metodo di fabbricazione di un dispositivo articolare, comprende le seguenti fasi, elencate secondo un ordine preferito:

- A) provvedere una attrezzatura di fabbricazione di dispositivo articolare su una macchina per elettroerosione e disporre una pluralità di pezzi da lavorare su detta attrezzatura di fabbricazione di dispositivo articolare;

- B) tagliare la geometria desiderata su detta pluralità pezzi da lavorare con linee di taglio parallele tra loro.

[0035]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un dispositivo di movimentazione di tendine per uno strumento medicale comprende almeno un sistema di spinta. Detto strumento medicale comprende un telaio ed almeno un tendine, esclusivamente adatto a lavorare a trazione, in cui si definisce una direzione di tendine, o percorso di tendine, sostanzialmente coincidente alla direzione di sviluppo longitudinale di detto tendine, ed in cui detto tendine è vincolato in una sua prima terminazione, o terminazione prossimale di tendine, a detto telaio. Detto sistema di spinta è adatto a spingere su almeno una porzione di appoggio di detto tendine in una direzione di spinta trasversale al percorso di tendine in modo da deflettere il percorso di tendine e sollecitare a trazione almeno una porzione di detto tendine.

[0036]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un tendine per strumento medicale detto strumento medicale comprendendo almeno un dispositivo articolare ed un telaio, è adatto a muovere almeno una porzione di detto dispositivo articolare. Detto dispositivo articolare ha almeno un grado di libertà di movimento rispetto a detto telaio. Detto tendine è esclusivamente adatto a lavorare a trazione.

[0037]. Figure

[0038]. Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione appariranno dalla descrizione di seguito riportata di suoi esempi preferiti di realizzazione, dati a titolo indicativo e non

limitativo, con riferimento alle annesse figure, nelle quali:

[0039]. ~ la figura 1A è una vista in prospettiva che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0040]. ~ la figura 1B è una vista in prospettiva che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0041]. ~ la figura 1C è una vista in prospettiva che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0042]. ~ la figura 2A è uno schema in vista frontale che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione associato ad ulteriori elementi di sala operatoria;

[0043]. ~ la figura 2B è uno schema in vista frontale che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione associato ad ulteriori elementi di sala operatoria;

[0044]. ~ le figure 3A è una vista in prospettiva che mostra una porzione di una coppia di dispositivi articolari, in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0045]. ~ la figura 4A è una vista dall'alto che mostra una porzione di un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione associato ad ulteriori elementi di sala operatoria e ad un paziente;

[0046]. ~ la figura 4B è una vista dall'alto che mostra una porzione di un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione associato ad ulteriori elementi di sala

operatoria e ad un paziente;

[0047]. ~ la figura 5 è una vista in prospettiva che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione associato ad ulteriori elementi di sala operatoria e ad un paziente;

[0048]. ~ la figura 6 è una vista in prospettiva che mostra un assieme robotico di chirurgia in accordo con un aspetto dell'invenzione associato ad ulteriori elementi di sala operatoria, ad un chirurgo e ad un paziente;

[0049]. ~ la figura 7 è una vista in prospettiva che mostra un dispositivo di comando in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0050]. ~ la figura 8 è una vista in prospettiva che mostra un braccio di macro-posizionamento in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0051]. ~ la figura 9A è una vista in prospettiva che mostra una porzione di un assieme robotico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0052]. ~ la figura 9B è una vista in prospettiva che mostra una porzione di un assieme robotico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0053]. la figura 9C è una vista in prospettiva che mostra una porzione di un assieme robotico in accordo con un aspetto dell'invenzione, associato ad un microscopio;

[0054]. ~ la figura 10 è una vista in prospettiva che mostra una porzione di un assieme robotico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0055]. ~ la figura 11 è una vista in prospettiva che mostra uno strumento medico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0056]. ~ la figura 12 è una vista in prospettiva ed a parti separate che mostra uno strumento medico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0057]. ~ le figure 13A e 13B mostrano in prospettiva porzioni di un dispositivo di movimentazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0058]. ~ la figura 14A è una vista in sezione schematizzata di una porzione di un dispositivo di movimentazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0059]. ~ la figura 14B è una vista in sezione schematizzata di una porzione di un dispositivo di movimentazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0060]. ~ la figura 15A è una vista in prospettiva che mostra uno strumento medico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0061]. ~ la figura 15B è una vista in prospettiva che mostra uno strumento medico in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0062]. ~ la figura 16 è uno schema in vista dall'alto e a parti parzialmente trasparenti che mostra il percorso di tendine di due tendini in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0063]. ~ la figura 17 è una vista in prospettiva di un dispositivo articolare in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0064]. ~ le figure da 18 a 20 sono viste in prospettiva ed a parti separate di alcune forme realizzative di un dispositivo articolare, in accordo con alcuni aspetti dell'invenzione;

[0065]. ~ la figura 21 mostra il profilo di un dispositivo articolare in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0066]. ~ le figure da 22 a 24 mostrano alcuni movimenti di alcune forme realizzative di un dispositivo articolare in accordo con alcuni aspetti dell'invenzione;

[0067]. ~ le figure da 25 a 27 mostrano alcune forme realizzative di un dispositivo terminale in accordo con alcuni aspetti dell'invenzione;

[0068]. ~ la figura 28 mostra in prospettiva un dettaglio di un tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0069]. ~ la figura 29 mostra in prospettiva un dettaglio di un tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0070]. ~ la figura 30 mostra in prospettiva un dettaglio di un tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0071]. ~ le figure da 31 a 36 sono schemi che mostrano il percorso di tendine in accordo con alcuni aspetti dell'invenzione;

[0072]. ~ la figura 37 è uno schema in prospettiva che mostra una attrezzatura di fabbricazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0073]. ~ la figura 38 è uno schema che mostra un profilo di taglio in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0074]. ~ la figura 39 è uno schema in prospettiva che mostra una fase di un metodo di fabbricazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0075]. ~ la figura 40A è una vista in pianta che mostra un dettaglio di una attrezzatura in accordo con un aspetto

dell'invenzione;

[0076]. - la figura 40B è una vista in prospettiva che mostra un dettaglio di una attrezzatura di fabbricazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

[0077]. - la figura 41 è uno schema in prospettiva che mostra una fase di un metodo di fabbricazione in accordo con un aspetto dell'invenzione;

- la figura 42 è una vista frontale di una attrezzatura in accordo con un aspetto dell'invenzione.

[0078]. Descrizione di alcuni esempi realizzativi preferiti

[0079]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "tendine", o "cavo di attuazione", si intende un elemento che presenta una estensione prevalentemente longitudinale ed è adatto a
5 lavorare a trazione. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "contrapposto tendine", o "contrapposto cavo di attuazione", si intende un ulteriore tendine adatto a lavorare in modo antagonista a detto tendine. In accordo con una forma di realizzazione, nelle allegate figure, detto tendine sarà indicato
10 generalmente con il riferimento numerico "90" e detto contrapposto tendine sarà indicato con il riferimento numerico incrementato di un centinaio, cioè "190", tuttavia nelle figure in cui sarà irrilevante distinguere detto tendine da detto contrapposto tendine, detto tendine e detto contrapposto tendine potranno essere indicati
15 entrambi con il riferimento numerico 90. In accordo con una forma di realizzazione, si estenda ad una pluralità di elementi e/o parti di elementi il concetto di "contrapposto", come sopra riportato

riferito al "tendine".

[0080]. In accordo con una forma di realizzazione, con i termini "master-slave", "master" e "slave" si intende fare riferimento al ben noto sistema di teleoperazione.

5 [0081]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "terminale", si intende una porzione adatta ad eseguire un compito assegnato, come ad esempio a formare l'interfaccia con almeno una porzione di un paziente. Ad esempio, in un sistema di teleoperazione di tipo master-slave, detto dispositivo terminale, o porzione
10 terminale, o membro terminale, è almeno una porzione di un "end-effector".

[0082]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "dispositivo articolare" si intende il polso o il gomito o la spalla, di una struttura robotica o meccatronica, in altre parole, un insieme interconnesso di membri ed articolazioni adatte a supportare e/o orientare e/o posizionare e/o influenzare la posizione di detto dispositivo terminale.

[0083]. In accordo con una forma di realizzazione, i membri di un dispositivo articolare, saranno indicati con la notazione progressiva "primo membro", "secondo membro", e così via, per indicare la loro posizione all'interno della catena cinematica, in cui con "primo membro" si indica il membro più prossimale; in altre parole con "primo membro" si indica il membro più lontano dall'organo terminale. In accordo con una forma di realizzazione, i membri di un dispositivo articolare saranno indicati con i termini "membro di polso", "membro di gomito" o "membro terminale" per

indicare la funzione svolta da detti membri. Ad esempio, uno stesso membro potrà essere al contempo un "secondo membro" ed un "membro di polso".

[0084]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "volume di lavoro", o "spazio di lavoro", o "campo di lavoro", si intende l'insieme delle pose accessibili da una porzione terminale di un dispositivo articolare. In accordo con una forma di
5 realizzazione, detto volume di lavoro è di forma sostanzialmente di un parallelepipedo. In accordo con una forma di realizzazione, detto volume di lavoro è di forma sostanzialmente sferica. In accordo con una forma di realizzazione detto volume di lavoro è di forma sostanzialmente cilindrica.

[0085]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "macro-posizionamento" si intende una operazione iniziale di posizionamento di almeno una porzione di uno strumento medicale da una posizione qualsiasi ad una posizione di lavoro collocata all'interno o nelle immediate vicinanze del campo operatorio; in altre parole, con "macro-posizionamento" si intende la operazione di fare coincidere il volume di lavoro con il campo operatorio.

[0086]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "micro-posizionamento" si intende una operazione di posizionamento di almeno una porzione di uno strumento medicale più fine rispetto a detto "macro-posizionamento". In accordo con una forma di realizzazione il micro-posizionamento avviene in uno spazio di lavoro meno esteso e sotto il controllo diretto ed in tempo reale del dispositivo di comando (master).

[0087]. In accordo con una forma di realizzazione, con il prefisso "micro-" legato ad un determinato oggetto si intende indicare che detto determinato oggetto è prevalentemente, ma non esclusivamente, adatto ad operare ad una scala dimensionale sub-millimetrica.

[0088]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "giunto rotazionale" si intende una giunzione tra due elementi adatta a permettere un movimento relativo almeno di rotazione tra detti due elementi attorno ad un asse di movimento di giunto.

[0089]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "strumento medicale" si intende uno strumento adatto ad essere impiegato generalmente in almeno una fase di una terapia medico-chirurgica e/o cosmetica. In accordo con una forma di realizzazione,

5 con il termine "strumento chirurgico" si intende uno strumento medicale specificamente adatto ad essere impiegato generalmente in almeno una fase di una terapia chirurgica. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "strumento micro-chirurgico" o "micro-strumento chirurgico" si intende uno strumento medicale
10 specificamente adatto ad essere impiegato in almeno una fase di una terapia micro-chirurgica.

[0090]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "telaio" si intende una porzione di strumento medicale prevalentemente adatta ad assolvere una funzione strutturale. In
15 accordo con una forma di realizzazione, il "telaio" può comprendere almeno una asta, cioè un elemento allungato rigido o flessibile che presenta un'estensione prevalentemente longitudinale. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta, ad esempio, può essere di

forma cava e/o tubolare.

[0091]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "superficie rigata" si intende una superficie ottenuta dall'unione di una pluralità di rette. In accordo con una forma di
5 realizzazione, se non esplicitamente indicato altrimenti, con il termine "superficie rigata" si intende una superficie ottenuta dall'unione di un pluralità di rette tra loro sostanzialmente parallele, in altre parole, una superficie rigata a generatrici sostanzialmente parallele.

10 **[0092].** Nel seguito, laddove si faccia riferimento ad un dispositivo, o un assieme, o un metodo, per microchirurgia, si intende un dispositivo, o un assieme, o un metodo, adatto ad applicazioni in microchirurgia, con l'impiego simultaneo di mezzi di ingrandimento ottico quali occhialini ingranditori e/o microscopio,
15 ed al contempo adatto ad applicazioni in altre terapie chirurgiche, come ad esempio la chirurgia generale, la chirurgia laparoscopica o la chirurgia endoscopica.

[0093]. Per non appesantire il testo o le figure, quando si farà riferimento ad un "primo" ed un "secondo" elemento (ad esempio un
20 primo dispositivo di micro-posizionamento" ed un "secondo dispositivo di micro-posizionamento"), saranno indicati con il medesimo riferimento numerico, qualora siano funzionalmente indistinguibili (nell'esempio precedente "41"); talvolta, per esigenze di chiarezza, il riferimento numerico sarà invece specifico
25 ed incrementato di centinaia (nell'esempio precedente "141" e

"241"); pertanto, ad esempio, con il riferimento numerico "41" si intenderà comprendere sia detto "primo dispositivo di micro-posizionamento", sia detto "secondo dispositivo di micro-posizionamento" sia un "terzo" dispositivo di micro-posizionamento, invece, quando sarà utilizzato il riferimento specifico, ad esempio "141" si intenderà l'elemento specifico, in questo esempio il "primo dispositivo di micro-posizionamento". Analogamente, per non appesantire eccessivamente il testo, il riferimento numerico specifico relativo ad un "contrapposto" elemento sarà omesso, qualora un elemento sarà funzionalmente indistinguibile dal suo contrapposto.

[0094]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un assieme robotico di chirurgia 100 comprende:

- almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241, 341 avente una pluralità di gradi di libertà almeno di traslazione,
- almeno uno strumento medicale 60, comprendente un dispositivo articolare 70 avente una pluralità di gradi di libertà rotazionali.

Detto strumento medicale 60 è connesso in cascata, o in serie, a detto dispositivo di micro-posizionamento 41 in modo che detto dispositivo articolare 70 raggiunge con una sua porzione terminale 77 una predefinita posizione in un volume di lavoro 7.

[0095]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico 100 comprende un supporto 104 ed almeno un braccio di macro-posizionamento 30, connesso a detto supporto 104, in cui detto

braccio di macro-posizionamento 30 ha una pluralità di gradi di libertà.

[0096]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 ,341 è connesso in cascata, o in serie, a detto braccio di macro-posizionamento 30.

[0097]. La previsione di una catena cinematica comprendente un braccio di macro-posizionamento 30 collegato in serie con un almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41 comprendente una pluralità di gradi di libertà almeno di traslazione, collegato in serie con uno strumento medicale 60, permette di disaccoppiare i movimenti di posizionamento della porzione terminale 77 di detto strumento medicale 60 verso detto volume di lavoro 7, ed i movimenti di posizionamento della porzione terminale 77 di detto strumento medicale 60 all'interno di detto volume di lavoro 7.

[0098]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende esclusivamente gradi di libertà di traslazione.

[0099]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 è un cinematismo cartesiano, adatto a determinare movimenti di traslazione lungo almeno due direzioni mutualmente ortogonali.

[00100]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende un cinematismo cartesiano ed un ulteriore grado di libertà rotazionale, attorno ad un asse di rotazione coincidente o parallelo con la direzione di sviluppo longitudinale dello strumento medicale.

[00101]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno uno strumento medicale 60 comprendente un dispositivo articolare 70 ha una pluralità di gradi di libertà esclusivamente rotazionali.

[00102]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme robotico di chirurgia 100 comprende un ulteriore dispositivo di micro-posizionamento 41 in modo da comprendere almeno un primo dispositivo di micro-posizionamento 141 ed un secondo dispositivo di micro-posizionamento 241.

[00103]. In accordo con una forma di realizzazione, detti almeno due dispositivi di micro-posizionamento 141, 241 sono disposti in parallelo tra loro. In accordo con una forma di realizzazione, detti almeno due dispositivi di micro-posizionamento sono disposti affiancati tra loro per movimentare uno strumento medicale destro ed uno strumento medicale sinistro.

[00104]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme robotico di chirurgia 100 comprende un ulteriore strumento medicale 60 in modo da comprendere almeno un primo strumento medicale 160, connesso in cascata, o in serie, a detto primo dispositivo di micro-posizionamento 141, ed almeno un secondo strumento medicale 260, connesso in cascata, o in serie, a detto secondo dispositivo di micro-posizionamento 241.

[00105]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo strumento medicale 160 comprende un primo dispositivo articolare 170 e detto secondo strumento medicale comprendendo un secondo dispositivo articolare 270.

[00106]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo

dispositivo di micro-posizionamento 141 e detto secondo dispositivo di micro-posizionamento 241 sono collocati in modo tale che le rispettive porzioni terminali 77 di ciascun dispositivo articolare 70 raggiungono rispettivi volumi di lavoro 7 almeno parzialmente compenetrati.

[00107]. La previsione di volumi di lavoro 7 almeno parzialmente compenetrati permette di operare contestualmente mediante almeno due strumenti medicali su una unica porzione di paziente.

[00108]. In accordo con una forma di realizzazione, detti almeno due strumenti medicali 160, 260 sono disposti in parallelo tra loro.

[00109]. In accordo con una forma di realizzazione, detti rispettivi volumi di lavoro 7 sono coincidenti.

[00110]. In accordo con una forma di realizzazione detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende un membro di supporto 38, comprendente almeno una sede di fissaggio 39, adatta ad accogliere almeno una porzione di almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41.

[00111]. In accordo con una forma di realizzazione, detta sede di fissaggio 39 è adatta ad accogliere simultaneamente almeno una porzione di detto primo dispositivo di micro-posizionamento 141 ed almeno una porzione di detto secondo dispositivo di micro-posizionamento 241.

[00112]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro di supporto 38 comprende una ulteriore sede di fissaggio 39, in modo da comprendere almeno due sedi di fissaggio 39, detta ulteriore sede di fissaggio 39 essendo adatta ad accogliere almeno una porzione di un

ulteriore dispositivo di micro-posizionamento 41.

[00113]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico 100 comprende almeno tre dispositivi di micro-posizionamento 41, 141, 241, 341.

[00114]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico 100 comprende almeno tre strumenti medicali 60, 160, 260, 360.

[00115]. In accordo con una forma di realizzazione, detti almeno tre strumenti medicali 60, 160, 260, 360 sono posti in cascata, o in serie, con un corrispettivo dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241, 341 di detti almeno tre dispositivi di micro-posizionamento 41, 141, 241, 341.

[00116]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo dispositivo di micro-posizionamento 141, detto secondo dispositivo di micro-posizionamento 241 e detto terzo dispositivo di micro-posizionamento 341 essendo collocati in modo tale che le rispettive porzioni terminali 77 di ciascun dispositivo articolare 70 raggiungono rispettivi volumi di lavoro almeno parzialmente compenetrati.

[00117]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro di supporto 38 comprende almeno tre sedi di fissaggio 39, ciascuna adatta ad accogliere almeno una porzione di un dispositivo di micro-posizionamento 41.

[00118]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 ha tre gradi di libertà.

[00119]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio

di macro-posizionamento 30 ha cinque gradi di libertà, ed in cui detti cinque gradi di libertà sono sia di rotazione sia di traslazione.

[00120]. In accordo con una forma di realizzazione, detti cinque gradi di libertà di detto braccio di macro-posizionamento 30 sono un movimento di traslazione sostanzialmente verticale, tre movimenti sostanzialmente rotazionali attorno a detti primo, secondo e terzo assi di movimento di braccio a-a, b-b, c-c ed almeno un movimento di rotazione attorno a detto quarto asse di movimento di braccio d-d.

[00121]. In accordo con una forma di realizzazione, detti assi di movimento di braccio possono essere fissi o mobili rispetto ad un sistema di riferimento comune.

[00122]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 è un robot passivo. In altre parole, in accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 è adatto ad essere mosso manualmente da un operatore.

[00123]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 ha sei gradi di libertà, di cui almeno uno di rotazione. La previsione di questa caratteristica permette di formare un robot antropomorfo attivo o passivo, come mostrato ad esempio non limitativo in figura 1C. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 è un robot antropomorfo attivo. In altre parole, in accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento è mosso da un sistema motorizzato comprendente un motore passo-passo o un

servomotore.

[00124]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 è un robot antropomorfo passivo.

[00125]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 ha un raggio di estensione di movimento di 650mm.

[00126]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende:

- un primo membro di braccio 31, connesso detto supporto 104 e mobile rispetto a detto supporto 104 lungo una guida di scorrimento lineare 36,
- un secondo membro di braccio 32, connesso a detto primo
5 membro di braccio 31 e mobile rispetto a detto primo membro di braccio 31 attorno ad un primo asse di movimento di braccio a-a.

[00127]. La previsione di detto primo membro di braccio 31 mobile rispetto a detto supporto 104 lungo una guida di scorrimento lineare 36, permette un movimento di avvicinamento o di allontanamento dal campo operatorio.

[00128]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende inoltre un terzo membro di braccio 33 connesso a detto secondo membro di braccio 32 e mobile rispetto a detto secondo membro di braccio 32 attorno ad un secondo asse di movimento di braccio b-b.

[00129]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende inoltre un quarto membro di

braccio 34 connesso a detto terzo membro di braccio 35 e mobile rispetto a detto terzo membro di braccio 33 attorno ad un terzo asse di movimento di braccio c-c.

[00130]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende inoltre almeno una ghiera di orientazione 43, mobile attorno ad un quarto asse di movimento di braccio d-d, ed adatta ad essere manipolata per muovere detto membro di supporto 38 attorno a detto quarto asse di movimento di braccio d-d.

[00131]. In accordo con una forma di realizzazione, detti sei gradi di libertà di detto braccio di macro-posizionamento 30 sono un movimento di traslazione sostanzialmente verticale, un movimento di rotazione di una porzione di base 47 attorno ad un suo asse longitudinale e-e, tre movimenti sostanzialmente rotazionali attorno a detti primo, secondo e terzo assi di movimento di braccio a-a, b-b, c-c ed almeno un movimento di rotazione attorno a detto quarto asse di movimento di braccio d-d.

[00132]. In accordo con una forma di realizzazione, detta ghiera di orientazione 43 comprende un meccanismo di movimentazione a scatti definente spostamenti prestabiliti.

[00133]. In accordo con una forma di realizzazione, tra detta ghiera di orientazione 43 e detto membro di supporto 38 vi è una riduzione nella trasmissione del movimento di rotazione. In altre parole, a grandi movimenti angolari di detta ghiera corrispondono piccoli movimenti angolari di detto membro di supporto 38, a guisa di un obiettivo di una macchina fotografica.

[00134]. La previsione di detto membro di supporto 38 mobile di un movimento di rotazione attorno a detto quarto asse di movimento di braccio d-d permette di posizionare detto dispositivo terminale 77 di detto almeno uno strumento medicale 60 associabile a detto braccio di posizionamento 30 in prossimità di una predeterminata porzione di paziente 201.

[00135]. In accordo con una forma di realizzazione, detta ghiera di orientazione 43 comprende almeno una porzione di manipolazione zigrinata. Questo permette un migliore controllo di manipolazione.

[00136]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende almeno una ulteriore ghiera di orientazione 43, mobile attorno a detto primo asse di movimento di braccio a-a, ed adatta a muovere detto secondo membro di braccio 32 rispetto a detto primo membro di braccio 31. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende almeno una ulteriore ghiera di orientazione 43, mobile attorno a detto secondo asse di movimento di braccio b-b, ed adatta a muovere detto terzo membro di braccio 33 rispetto a detto secondo membro di braccio 32. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende almeno una ulteriore ghiera di orientazione 43, mobile attorno a detto terzo asse di movimento di braccio c-c, ed adatta a muovere detto quarto membro di braccio 34 rispetto a detto terzo membro di braccio 33.

[00137]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo asse di movimento di braccio a-a, detto secondo asse di movimento di braccio b-b e detto terzo asse di movimento di braccio c-c, sono

sostanzialmente paralleli tra loro.

[00138]. In accordo con una forma di realizzazione, detto quarto asse di movimento di braccio d-d è sostanzialmente ortogonale a detto terzo asse di movimento di braccio c-c.

[00139]. In accordo con una forma di realizzazione, una ghiera di controllo di spostamento lineare 37, mediante il suo moto rotazionale, comanda in moto di detto primo membro di braccio 31 in detta guida di scorrimento lineare 36.

[00140]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende almeno un sistema di blocco, adatto ad impedire il movimento relativo di almeno due tra detto supporto 104, detto primo membro di braccio 31, detto secondo membro di braccio 32, detto terzo membro di braccio 33, detto quarto membro di braccio 34.

[00141]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di blocco comprende almeno un dispositivo di freno elettromagnetico.

[00142]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende almeno un pulsante di sblocco 35, mobile entro una posizione di sblocco ed una posizione di blocco.

[00143]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di blocco è sbloccabile mediante un pulsante di sblocco 35.

[00144]. In accordo con una forma di realizzazione, detto pulsante di sblocco 35 è mobile entro una posizione di sblocco ed una posizione di blocco.

[00145]. In accordo con una forma di realizzazione, detto pulsante

di sblocco 35, quando è in posizione di sblocco, permette ad un operatore di muovere, mediante trascinamento, almeno uno dei gradi di libertà di detto braccio di macro-posizionamento 30.

[00146]. In accordo con una forma di realizzazione, quando è in posizione di sblocco, detto pulsante di sblocco 35 è adatto a disattivare detto sistema di blocco, in modo da permettere contemporaneamente il movimento relativo di almeno due tra detto supporto 104 detto primo membro di braccio 31, detto secondo membro di braccio 32, detto terzo membro di braccio 33 e detto quarto membro di braccio 34.

[00147]. In accordo con una forma di realizzazione, quando è in posizione di sblocco, detto pulsante di sblocco 35 è adatto a disattivare detto sistema di blocco, in modo da permettere contemporaneamente il movimento relativo di detto primo membro di braccio 31, detto secondo membro di braccio 32, detto terzo membro di braccio 33 e detto quarto membro di braccio 34.

[00148]. In accordo con una forma di realizzazione, quando è in posizione di blocco, detto pulsante di sblocco 35 è adatto ad attivare detto sistema di blocco, in modo da impedire il movimento relativo tra almeno due tra detto primo membro di braccio 31, detto secondo membro di braccio 32, detto terzo membro di braccio 33 e detto quarto membro di braccio 34.

[00149]. In accordo con una forma di realizzazione, detto pulsante di sblocco 35 è adatto a funzionare a pressione, ed in cui quando viene premuto si trova in detta posizione di sblocco, ed in cui quando viene rilasciato si trova in detta posizione di blocco.

[00150]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico 100 comprende:

- detto braccio di macro-posizionamento 30, passivamente mobile sbloccando detto sistema di sblocco,
 - detto almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41 e detto almeno un dispositivo articolare 70, attivamente mobili come
- 5 movimento slave, durante la manipolazione di detto strumento di comando 21 da parte del chirurgo 200.

[00151]. In accordo con una forma di realizzazione, una ghiera di controllo di spostamento lineare 37, mediante il suo moto rotazionale, determina il moto di detto primo membro di braccio 31 in detta guida di scorrimento lineare 36.

[00152]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 ha tre gradi di libertà di traslazione.

[00153]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 ha quattro gradi di libertà, di cui tre di traslazione.

[00154]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascun dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende un giunto sferico 173, detto giunto sferico 173 è posto in cascata, o in serie, a monte di ciascun dispositivo di micro-posizionamento 41.

[00155]. In accordo con una forma di realizzazione, ad esempio mostrata in figura 2B, ciascun dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 comprende un giunto sferico 173, adatto a cambiare orientazione dello strumento medicale 60, 160, 260 muovendo il

dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241, dalla sua porzione più prossimale. In accordo con una forma di realizzazione, detto giunto sferico 173 è un giunto cardanico bloccabile.

[00156]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende una prima slitta motorizzata 51, mobile in una prima guida di slitta 54 lungo una prima direzione di slitta f-f.

[00157]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende una seconda slitta motorizzata 52, mobile in una seconda guida di slitta 55 lungo una seconda direzione di slitta g-g.

[00158]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende una terza slitta motorizzata 53, mobile in una terza guida di slitta 56 lungo una terza direzione di slitta h-h.

[00159]. In accordo con una forma di realizzazione, detta prima direzione di slitta f-f è sostanzialmente rettilinea.

[00160]. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda direzione di slitta g-g è sostanzialmente rettilinea.

[00161]. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda direzione di slitta g-g è sostanzialmente ortogonale rispetto a detta prima direzione di slitta f-f.

[00162]. In accordo con una forma di realizzazione, detta terza direzione di slitta h-h è sostanzialmente rettilinea.

[00163]. In accordo con una forma di realizzazione, detta terza direzione di slitta h-h è sostanzialmente ortogonale sia rispetto a

detta prima direzione di slitta f-f, sia rispetto a detta seconda direzione di slitta g-g.

[00164]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 è adatto a cooperare con un motore passo-passo o con un servomotore. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 è adatto a cooperare con un motore un motore piezoelettrico o un motore ultrasonico.

[00165]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno una slitta motorizzata 51, 52, 53 di dette prima seconda e terza slitte motorizzate comprende almeno un pattino, adatto a strisciare su una porzione reciprocamente sagomata della relativa guida di slitta 54, 55, 56.

[00166]. In accordo con una forma di realizzazione, detto pattino comprende un rivestimento asettico. In accordo con una forma di realizzazione, detto rivestimento è realizzato in teflon. La previsione di un rivestimento asettico conferisce a ciascuna slitta motorizzata una migliorata fruibilità in ambienti sterili, come ad esempio la sala operatoria.

[00167]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno una slitta motorizzata 51, 52, 53 di dette prima seconda e terza slitte motorizzate, è collegata ad un motore mediante una catena cinematica comprendente una vite a ricircolo di sfere liberamente girevole in un supporto solidale alla rispettiva guida di slitta 54, 55, 56 ed impegnata in una chiocciola. In accordo con una forma di realizzazione, detta chiocciola è solidale con almeno una slitta

motorizzata 51, 52, 53 di dette prima seconda e terza slitte motorizzate.

[00168]. La previsione di una catena cinematica comprendente un accoppiamento del tipo chiocciola-vite a ricircolo di sfere precaricato conferisce alla slitta motorizzata una migliorato controllo di movimento nonché una ridotta presenza di giochi meccanici.

[00169]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno una slitta motorizzata 51, 52, 53 di dette prima seconda e terza slitte motorizzate, è collegata ad un motore mediante una catena cinematica comprendente una cinghia dentata.

[00170]. In accordo con una forma di realizzazione, detto slitte motorizzate 51, 52, 53 sono micro-slitte di precisione aventi una corsa compresa tra 1cm e 10cm, ed aventi precisione tra 0.1micrometri e 5micrometri.

[00171]. In accordo con una forma di realizzazione, detto motore è un servomotore. In accordo con una forma di realizzazione, detto motore è un motore passo-passo.

[00172]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende inoltre un sistema motorizzato di rotazione 46, adatto a muovere detto strumento medicale 60 attorno ad un asse di rotazione longitudinale r-r.

[00173]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41comprende inoltre un sistema motorizzato di rotazione 46, adatto a muovere detto strumento medicale 60 attorno ad un asse di rotazione longitudinale r-r.

[00174]. In accordo con una forma di realizzazione, detto asse di rotazione longitudinale r-r è sostanzialmente coincidente con un asse di sviluppo longitudinale, o asse dello strumento X-X, o asse longitudinale di asta X-X, di detto strumento medicale 60.

[00175]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende un dispositivo articolare 70 avente due gradi di libertà di rotazione. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende un dispositivo articolare 70 avente due gradi di libertà di rotazione ortogonali fra loro a formare una articolazione di polso.

[00176]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende un dispositivo articolare 70 avente almeno tre gradi di libertà.

In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 ha tre gradi di libertà di rotazione, di cui due gradi di libertà di rotazione attorno ad assi tra loro paralleli, ed un terzo grado di libertà di rotazione attorno a detto asse di rotazione longitudinale r-r.

[00177]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 ha tre gradi di libertà di rotazione, di cui un primo grado di libertà di rotazione, attorno ad un primo asse di rotazione ortogonale all'asse dello strumento X-X, un secondo grado di libertà di rotazione attorno ad un asse parallelo al primo asse di rotazione ed un terzo grado di libertà di rotazione ortogonale al secondo asse di rotazione, tale che detti secondo e terzo grado di libertà di rotazione sono tra loro ravvicinati, a

formare una sotto-articolazione di polso.

[00178]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende un dispositivo articolare 70 avente un ulteriore grado di libertà in una sua porzione terminale 77, detto ulteriore grado di libertà è adatto a permettere un movimento di apertura e/o chiusura di detta porzione terminale 77. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 comprende in detta sua porzione distale un dispositivo terminale 77, in cui detto dispositivo terminale 77 comprende detto ulteriore grado di libertà di apertura e/o chiusura. Ad esempio, detto ulteriore grado di libertà determina l'apertura e/o la chiusura di una pinza o di uno strumento di taglio, come una forbice.

[00179]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno uno strumento medicale 60 è collegato in modo amovibile a detto assieme robotico 100.

[00180]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende almeno una asta 65, adatta a collegare detto telaio 57 con detto dispositivo articolare 70.

[00181]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende almeno una asta 65 in modo da collocare il suo dispositivo articolare 70 ad una distanza predefinita da detto dispositivo di micro-posizionamento 41. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 è adatta ad allontanare di una distanza predefinita detto dispositivo articolare 70 da detto dispositivo di micro-posizionamento 41.

[00182]. In accordo con una forma di realizzazione, detta distanza

predefinita è un multiplo dell'estensione longitudinale di detto dispositivo articolare 70. In accordo con una forma di realizzazione, detta distanza predefinita è pari ad almeno cinque volte l'estensione longitudinale di detto dispositivo articolare 70. In accordo con una forma di realizzazione, detta distanza predefinita è pari a sostanzialmente dieci volte l'estensione longitudinale di detto dispositivo articolare 70. In accordo con una forma di realizzazione, detta distanza predefinita è pari ad almeno cinque volte l'estensione longitudinale di detto dispositivo articolare 70. In accordo con una forma di realizzazione, detta distanza predefinita è pari a sostanzialmente venti volte l'estensione longitudinale di detto dispositivo articolare 70. In accordo con una forma di realizzazione detta distanza predefinita è misurata lungo la direzione longitudinale di asta X-X.

[00183]. La previsione di detta asta 65 che allontana detto dispositivo di micro-posizionamento 41 e dispositivo articolare 70 permette la realizzazione di detto dispositivo di micro-posizionamento 41, nonché di detto dispositivo articolare 70 di dimensioni adeguate alla funzione che assolvono, quando in condizioni operative. Quando detto assieme robotico 100 comprende una pluralità di strumenti medicali 60, 160, 260, 360, la previsione di detta asta 65 in ciascuno strumento medicale 60, 160, 260, 360 che permette di allontanare i rispettivi dispositivi di micro-posizionamento 41, 141, 241, 341 dai dispositivi articolari associati, consente che le porzioni terminali 77 di ciascuno strumento medicale raggiungano il medesimo volume di lavoro, pur

essendo mobili in modo indipendente.

[00184]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 è adatta a collegare detto telaio con detto dispositivo terminale 77 ad una predeterminata distanza da detto telaio 57.

[00185]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 è rigida.

[00186]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 ha una estensione longitudinale compresa tra i 60mm ed i 150mm.

[00187]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 comprende una cavità longitudinale. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 ha una forma tubolare cava.

[00188]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende un vano motori 61 adatto ad accogliere al suo interno almeno un dispositivo di movimentazione di almeno detto dispositivo articolare 70, di detto strumento medicale 60. In questo modo, l'attuazione di detto dispositivo articolare 70 avviene internamente a detto strumento medicale 60.

[00189]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme robotico di chirurgia 100 comprende inoltre almeno un dispositivo di comando 20, adatto a determinare il movimento di almeno una porzione di detto strumento medicale 60, 160, 260, secondo una comunicazione di tipo master-slave.

[00190]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme comprende un ulteriore dispositivo di comando 20 in modo da comprendere almeno due dispositivi di comando 20. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 è adatto a

determinare l'azionamento di detto dispositivo articolare 70 di detto strumento medicale 60. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 è adatto a determinare l'azionamento di detto dispositivo di micro-posizionamento 41. La previsione di detta caratteristica permette di muovere mediante una traslazione di detto strumento di comando 21 rilevata da detto dispositivo di rilevamento 22 detto dispositivo terminale 77 di una traslazione all'interno del campo di lavoro 7, 17.

[00191]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 è adatto a determinare l'azionamento di detto dispositivo di micro-posizionamento 41 e di detto strumento medicale 60.

[00192]. La previsione di questa caratteristica permette di muovere tramite detto strumento di comando 21 almeno una porzione di detto dispositivo di micro-posizionamento 41 ed almeno una porzione di detto strumento medicale 60, in modo da determinare movimenti di rotazione e di traslazione di detto dispositivo terminale 77 in detto volume di lavoro 7.

[00193]. In accordo con una variante di realizzazione, detto dispositivo di micro-posizionamento 41 comprende una pluralità di gradi di libertà passivi bloccabili. In accordo con una forma di realizzazione, detta pluralità di gradi di libertà passivi sono collocati immediatamente a monte ed in serie, a detto dispositivo di micro-posizionamento 41.

[00194]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico 100 è adatto a cooperare con un sistema di visione 103

associabile a detto assieme robotico 100.

[00195]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di visione 103 è un microscopio 103.

[00196]. La previsione di un microscopio 103 associabile a detto assieme robotico permette di effettuare "retro-fitting" con microscopi per-esistenti, rendendo detto assieme robotico 100 versatile. Ad esempio, detto assieme robotico 100 è utilizzabile in cooperazione con microscopi che hanno una distanza di messa a fuoco variabile tra i 100mm ed i 500mm, secondo la lunghezza focale dell'obiettivo utilizzato. Inoltre, permette di diminuire l'ingombro dell'assieme robotico 100, durante l'operazione chirurgica dato che è il più possibile privo di parti a cui sono richiesti movimenti relativamente ampi durante la movimentazione della porzione terminale dello strumento.

[00197]. In accordo con una forma di realizzazione, detto microscopio 103 è un microscopio ottico 103.

[00198]. In accordo con una forma di realizzazione, detto microscopio 103 è adatto ad inquadrare detta porzione terminale 77 di detto primo strumento medicale 160 e/o detta porzione terminale 77 di detto secondo strumento medicale 260 e/o detta porzione terminale di detto terzo strumento medicale 360.

[00199]. In accordo con una forma di realizzazione, detto microscopio 103 è adatto ad inquadrare il volume di lavoro 7.

[00200]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno una videocamera 45, o telecamera 45, è connessa a detto membro di supporto 38.

[00201]. In accordo con una forma di realizzazione, detta videocamera 45 è adatta ad inquadrare detta porzione terminale 77 di detto primo strumento medicale 160 e detta porzione terminale 77 di detto secondo strumento medicale 260.

[00202]. In accordo con una forma di realizzazione, detto supporto 104 comprende almeno un display 111, adatto a formare una interfaccia di comando macchina.

[00203]. In accordo con una forma di realizzazione, detto display 111 è adatto a visualizzare le immagini acquisite da detta videocamera 45.

[00204]. In accordo con una forma di realizzazione, detta videocamera 45 è adatta a cooperare con detto braccio di macro-posizionamento 30 in modo da permettere la corretta disposizione di detto almeno uno strumento medicale 60. La previsione di questa caratteristica permette di agevolare il processo di posizionamento di almeno una porzione di detto almeno uno strumento medicale 60 all'interno del volume di lavoro 7.

[00205]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo strumento medicale 160, detto secondo strumento medicale 260 membro di supporto 38 sono disposti in modo tale che formino sostanzialmente un triangolo. La previsione di questa caratteristica consente di riprodurre su detto assieme robotico 100 la cosiddetta triangolazione tra gli occhi e le braccia del chirurgo.

[00206]. In accordo con una forma di realizzazione, detto supporto 104 è almeno uno tra: un carrello mobile, una struttura di supporto di un microscopio, un letto operatorio, un tavolo operatorio.

[00207]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un dispositivo di comando 20 di microchirurgia per un assieme robotico di microchirurgia 100, in cui detto dispositivo di comando 20 è adatto a formare almeno parzialmente l'interfaccia master di un accoppiamento master-slave per un assieme robotico di microchirurgia 100, comprende:

- almeno uno strumento di comando 21, mobile nello spazio, di forma e dimensione tale da renderlo adatto ad essere impugnato e maneggiato come uno strumento chirurgico tradizionale, o uno strumento chirurgico adatto ad intervenire direttamente su almeno una porzione di un paziente 201,

- almeno un dispositivo di rilevamento 22, adatto a rilevare la posizione di detto strumento di comando 21 in almeno una porzione dello spazio.

Detto strumento di comando 21 comprende almeno un sensore di posizione 28, che coopera con detto dispositivo di rilevamento 22, per rilevare almeno la posizione di detto strumento di comando 21.

[00208]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di rilevamento 22 genera un campo elettromagnetico in modo da rilevare almeno la posizione di detto strumento di comando 21 mediante rilevazione della posizione di detto almeno un sensore di posizione 28. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di rilevamento 22 rileva almeno la posizione di detto strumento di comando 21 mediante rilevazione della posizione di detto sensore di posizione 28 attraverso almeno la misura di accelerazioni inerziali. In accordo con una forma di realizzazione,

detto sensore di posizione 28 comprende accelerometri.

[00209]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di rilevamento 22 è collocato in una struttura base 67 di detto dispositivo di comando 20.

[00210]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è connesso a detto dispositivo di rilevamento 22 mediante almeno un sistema di comunicazione elettromagnetica.

[00211]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 comprende almeno una articolazione di forcipe 69, collocata in una porzione di punta 68 di detto strumento di comando 21, in modo da permettere a detta porzione di punta 68 un movimento di presa o un movimento di taglio.

[00212]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno un sensore di punta 29 misura l'angolo di apertura di detta articolazione di forcipe 69.

[00213]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è di forma tale da sostanzialmente replicare la forma di uno strumento chirurgico tradizionale.

[00214]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è sotto forma di una pinzetta.

[00215]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è sotto forma di un bisturi

[00216]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è sotto forma di un porta aghi.

[00217]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando (21) è sotto forma di forbici.

[00218]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è sotto forma di una lama chirurgica.

[00219]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 comprende un elemento ergonomico di appoggio operatore 27, comprendente almeno una superficie di appoggio operatore 25, adatta a permettere l'appoggio di almeno una porzione del braccio del micro-chirurgo 200, almeno quando in condizioni di esercizio, in modo da fornire un supporto ergonomico per il micro-chirurgo 200. La previsione di questa caratteristica permette un migliorato confort del micro-chirurgo, determinando una migliorata efficienza di operazione.

[00220]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento ergonomico di appoggio operatore 27 comprende almeno una porzione realizzata in materiale soffice.

[00221]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è connesso a detto dispositivo di rilevamento 22 mediante almeno un sistema di comunicazione elettromagnetica. In accordo con una forma di realizzazione, detto sensore di posizione è un sensore di posizione elettromagnetico dotato di micro-bobine, e detto dispositivo di rilevamento comprende un generatore di campo magnetico ed un circuito elettronico di lettura della corrente indotta in dette micro-bobine da detto generato campo magnetico. La previsione di questa caratteristica permette allo strumento di comando 21 di replicare la funzionalità di uno strumento chirurgico tradizionale, senza per questo ridurre i tempi di risposta di detto dispositivo di rilevamento 22.

[00222]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è connesso a detto dispositivo di rilevamento 22 mediante connessione filoguidata.

[00223]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è connesso a detto dispositivo di rilevamento 22 mediante connessione wireless.

[00224]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di rilevamento 22 è adatto ad eseguire una misura di posizione nello spazio, ed in cui detta misura di posizione è una misura di corrente indotta, oppure è una misura ottica, oppure è una misura ad ultrasuoni, oppure è una misura di radiazioni ionizzanti.

[00225]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 comprende un interruttore di tipo switch a pedale, oppure un pulsante, selettivamente adatto ad attivare o a disattivare detto dispositivo di comando 20.

[00226]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme robotico di microchirurgia 100, comprende:

- almeno un dispositivo di comando 20, secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte,
- almeno un micro-strumento chirurgico 60, 160, 260, 360 comprendente una porzione terminale 77.

[00227]. In accordo con una forma di realizzazione, detta porzione terminale 77 è adatta a operare su almeno una porzione di un paziente 201.

[00228]. In accordo con una forma di realizzazione, detta porzione terminale 7 è adatta a maneggiare un ago chirurgico 202, come ad

esempio mostrato nelle figure 3A-3B.

[00229]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando (21) ha la stessa dimensione e la stessa capacità di manipolazione di uno strumento chirurgico tradizionale, adatto ad intervenire direttamente su almeno una porzione di un paziente (201), ed in cui detto micro-strumento chirurgico (60) è adatto a replicare la stessa capacità di movimento di detto strumento di comando (21).

[00230]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico (100) è adatto a disaccoppiare i movimenti di detto strumento di comando (21) e di detto micro-strumento chirurgico (60) in modo che i movimenti di detto strumento di comando (21) sono ampi e con vibrazioni, mentre i movimenti di detto micro-strumento chirurgico (60) sono filtrati e ridotti a movimenti su scala millimetrica o micrometrica. La previsione di una scala di movimento che viene introdotta tra l'interfaccia master e l'interfaccia slave, permette di ridurre il tremore, nonché migliorare la precisione, di detto micro-strumento chirurgico senza per questo diminuire il comfort del chirurgo 200.

[00231]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è adatto a cooperare con detto micro-strumento chirurgico 60 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento di detto strumento di comando 21 rispetto a detto dispositivo di rilevamento, corrisponde un secondo movimento di detto micro-strumento chirurgico 60.

[00232]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento

di comando 21 è adatto a cooperare con detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento di traslazione di detto strumento di comando 21 corrisponda un secondo movimento di traslazione di detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260, di ampiezza pari ad una frazione dell'ampiezza di detto primo movimento di detto strumento di comando 21. In questo modo è possibile limitare la trasmissione di tremore, o vibrazioni, dallo strumento di comando 21 al micro-strumento chirurgico 60.

[00233]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è adatto a cooperare con detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento di traslazione di detto strumento di comando 21 corrisponda un secondo movimento di traslazione di detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260, di ampiezza sostanzialmente pari ad un decimo dell'ampiezza di detto primo movimento di detto strumento di comando 21.

[00234]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è adatto a cooperare con detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento di traslazione di detto strumento di comando 21 corrisponda un secondo movimento di traslazione di detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260, di ampiezza sostanzialmente pari ad un trentesimo dell'ampiezza di detto primo movimento di detto strumento di comando 21.

[00235]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento

di comando 21 è adatto a cooperare con detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento angolare di detto strumento di comando 21 corrisponde un secondo movimento angolare di detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260, detto secondo movimento angolare di micro-strumento essendo di ampiezza sostanzialmente pari all'ampiezza di detto primo movimento di strumento di comando 21. La previsione di questa caratteristica rende familiare l'utilizzo di detto strumento di comando 21 per un chirurgo 200.

[00236]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è adatto a cooperare con detto micro-strumento chirurgico 60 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento angolare di detta articolazione di forcipe 69 di detto strumento di comando 21 corrisponde un secondo movimento angolare di una articolazione, posta su detta porzione terminale 77 di detto micro-strumento chirurgico 60, detto secondo movimento essendo di ampiezza sostanzialmente pari all'ampiezza di detto primo movimento angolare di detta articolazione di forcipe 69 di detto strumento di comando 21.

[00237]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento di comando 21 è di forma tale da sostanzialmente replicare la forma di detta porzione terminale 77 di detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260.

[00238]. In accordo con una forma di realizzazione, detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 comprende almeno un dispositivo articolare 70, ed in cui detto strumento di comando 21 è adatto a

cooperare con detto dispositivo articolare 70, 170, 270 in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento di detto strumento di comando 21 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22, corrisponde un secondo movimento di detto dispositivo articolare 70, 170, 270.

[00239]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme robotico di microchirurgia 100 comprende inoltre:

- un supporto 104,
- almeno un braccio di macro-posizionamento 30, connesso a detto supporto 104, detto braccio di macro-posizionamento avendo una pluralità di gradi di libertà,
- almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241, avente una pluralità di gradi di libertà di traslazione.

[00240]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un dispositivo di comando 20 è connesso ad almeno una porzione di detto assieme robotico di microchirurgia 100.

[00241]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un dispositivo di comando 20 è liberamente posizionabile rispetto a detto supporto 104.

[00242]. In accordo con una forma di realizzazione, detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 comprende almeno un sensore di strumento, adatto a cooperare con detto dispositivo di rilevamento 22, in modo da rilevare la posizione nello spazio di almeno una porzione di detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22.

[00243]. In accordo con una forma di realizzazione, detto

dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 comprende almeno un sensore di micro-manipolatore, adatto a cooperare con detto dispositivo di rilevamento 22, in modo da rilevare la posizione nello spazio di almeno una porzione di detto dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22.

[00244]. In accordo con una forma di realizzazione, detto braccio di macro-posizionamento 30 comprende almeno un sensore di braccio, adatto a cooperare con detto dispositivo di rilevamento 22, in modo da rilevare la posizione nello spazio di almeno una porzione di detto braccio di macro-posizionamento 30 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22.

[00245]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico di microchirurgia 100 è adatto a cooperare con un rilevatore, adatto a rilevare la posizione nello spazio rispetto ad un unico sistema di riferimento di almeno uno tra: detto sensore di posizione 28, detto sensore di punta 29, detto sensore di braccio, detto sensore di micro-manipolatore, detto sensore di strumento. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico di microchirurgia 100 è adatto a cooperare con un rilevatore, adatto a rilevare la posizione nello spazio rispetto ad un unico sistema di riferimento di almeno due tra: detto sensore di posizione 28, detto sensore di punta 29, detto sensore di braccio, detto sensore di micro-manipolatore, detto sensore di strumento. La previsione di questa caratteristica permette l'adeguato funzionamento del sistema di teleoperazione master-slave in modo indipendente dal rilevamento

della esatta posizione relativa di dispositivi di rilevamento 22, del supporto 104, del braccio di macro-posizionamento 30 e del dispositivo micro-manipolatore 41. In altre parole, lo strumento medicale 60, in tal modo è in grado di seguire i movimenti dello strumento di comando 21, con riferimento ad un medesimo sistema di riferimento comune.

[00246]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno uno micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 è collegato in modo amovibile a detto assieme robotico 100.

[00247]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme robotico di microchirurgia 100 comprende inoltre:

- un ulteriore strumento di comando 21, in modo da comprendere un primo strumento di comando 121 ed un secondo strumento di comando 221;

- un ulteriore micro-strumento chirurgico 60, 160, 260, in modo da comprendere un primo micro-strumento chirurgico 160 ed un secondo micro-strumento chirurgico 260.

[00248]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo strumento di comando 121 è adatto a cooperare con detto primo micro-strumento chirurgico 160, in modo che, quando in condizioni operative, ad un primo movimento di detto primo strumento di comando 121 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22, corrisponde un secondo movimento di detto primo micro-strumento chirurgico 160.

[00249]. In accordo con una forma di realizzazione, detto secondo strumento di comando 221 è adatto a cooperare con detto secondo micro-strumento chirurgico 260, in modo che, quando in condizioni

operative, ad un primo movimento di detto secondo strumento di comando 221 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22, corrisponde un secondo movimento di detto secondo micro-strumento chirurgico 260.

[00250]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo strumento di comando 121 è adatto a formare l'interfaccia master di detto assieme robotico 100 per una prima mano del chirurgo 200.

[00251]. In accordo con una forma di realizzazione, detto secondo strumento di comando 221 è adatto a formare l'interfaccia master di detto assieme robotico 100 per una seconda mano del chirurgo 200, differente da detta prima mano.

[00252]. In accordo con una forma di realizzazione, detti primo e secondo strumenti di comando 121, 221 sono di forma sostanzialmente speculare, in modo da formare l'interfaccia master di detto assieme robotico 100 per entrambe le mani del chirurgo. In questo modo, l'interfaccia è di migliorata ergonomia e familiarità.

[00253]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 comprendente almeno due strumenti di comando 21, 121, 221.

[00254]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico di microchirurgia 100 comprende un ulteriore dispositivo di rilevamento 22 in modo da comprendere almeno due dispositivi di rilevamento.

[00255]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di comando 20 comprende almeno due dispositivi di rilevamento 22.

[00256]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico di microchirurgia 100 comprende un ulteriore dispositivo di comando 20, in modo da comprendere un primo dispositivo di comando 120 ed un secondo dispositivo di comando 220.

[00257]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo dispositivo di comando 120 è adatto a formare l'interfaccia master di detto assieme robotico 100 per una prima mano del chirurgo 200.

[00258]. In accordo con una forma di realizzazione, detto secondo dispositivo di comando 220 è adatto a formare l'interfaccia master di detto assieme robotico 100 per una seconda mano del chirurgo 200, differente da detta prima mano.

[00259]. In accordo con una forma di realizzazione, detti primo e secondo dispositivi di comando 120, 220 sono di forma sostanzialmente speculare, in modo da formare l'interfaccia master di detto assieme robotico 100 per entrambe le mani del chirurgo. In questo modo, l'interfaccia è di migliorata ergonomia.

[00260]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, uno strumento medicale 60, 160, 260, 360 comprendente almeno un telaio 57 ed almeno un dispositivo articolare 70.

[00261]. Detto dispositivo articolare 70 comprende almeno un primo membro articolare 71, o primo link 71, adatto a collegarsi ad almeno una porzione di detto telaio 57, ed almeno un secondo membro articolare 72, o secondo link 72.

[00262]. Detto primo membro articolare 71 è connesso mediante un giunto rotazionale 171 a detto secondo membro articolare 72.

[00263]. Detto strumento medicale 60 comprendendo inoltre almeno un

tendine 90, 190, adatto a muovere almeno detto secondo membro 72 rispetto a detto primo membro 71, tirandolo.

[00264]. Almeno uno tra detto primo membro articolare 71, detto secondo membro articolare 72 comprende almeno una superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180, adatta a permettere su di sé lo scorrimento di almeno una porzione di detto tendine 90, 190.

[00265]. Detta superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 è una superficie rigata 40, 80, 140, 180, o una superficie formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto P-P, Y-Y.

[00266]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 è una superficie rigata 40, 80, 140, 180, o una superficie formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto P-P, Y-Y del giunto rotazionale 171 più vicino a detta superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180. In accordo con una forma di realizzazione, il giunto rotazionale 171 più vicino si definisce misurando lungo la direzione di tendine T-T.

[00267]. In accordo con una forma di realizzazione, detti assi di movimento di giunto possono essere fissi o mobili rispetto ad un sistema di riferimento comune.

[00268]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un secondo membro articolare 72 è un membro di polso 78, ed in cui detto membro di polso 78 comprende almeno una superficie di

scorrimento 40, 80, 140, 180, formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un primo asse di movimento di giunto.

[00269]. In accordo con una forma di realizzazione, ed in cui detto membro di polso 78 comprende almeno una porzione di giunzione 172, adatta a formare almeno una porzione di un giunto rotazionale 171 avente un secondo asse di movimento di giunto, non parallelo a detto primo asse di movimento di giunto.

[00270]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo asse di movimento di giunto e detto secondo asse di movimento di giunto sono sostanzialmente mutuamente ortogonali.

[00271]. In accordo con una forma di realizzazione, detto primo asse di movimento di giunto è un asse di beccheggio P-P.

[00272]. In accordo con una forma di realizzazione, detto secondo asse di movimento di giunto è un asse di imbardata Y-Y.

[00273]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60, 160, 260 comprende almeno un membro terminale 77.

[00274]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro terminale 77 è adatto a contattare con una sua porzione almeno una porzione di un paziente 201, quando in condizioni operative.

[00275]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro terminale 77 è adatto a maneggiare un ago chirurgico 202.

[00276]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro terminale 77 comprende una superficie di taglio o lama ed è adatto ad operare come un bisturi.

[00277]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro

terminale 77 comprende almeno una superficie di avvolgimento 86, formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di avvolgimento 86 è adatta a permettere su di sé l'avvolgimento di almeno una porzione di detto tendine 90, 190.

[00278]. In accordo con una forma di realizzazione, detto secondo membro articolare 72 è un membro terminale 77.

[00279]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70, 170, 270 comprende un terzo membro articolare 73, adatto a collegarsi mediante un giunto rotazionale 171 almeno a detto secondo membro articolare 72.

[00280]. In accordo con una forma di realizzazione, detto terzo membro articolare 73 è un membro terminale 77.

[00281]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro terminale 77 è collegato a detto membro di polso 78 mediante un giunto rotazionale 171.

[00282]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un secondo membro articolare 72 è un membro di gomito 75, in cui detto membro di gomito 75 comprende una pluralità di superfici di scorrimento 40, 80, 140, 180 formate da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un unico asse di movimento di giunto.

[00283]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro di gomito 75 comprende almeno una porzione di giunzione 172, adatta a formare almeno una porzione di un giunto rotazionale 171.

[00284]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 comprende un terzo membro articolare 73, adatto a collegarsi mediante un giunto rotazionale 171 almeno a detto secondo membro articolare 72, in cui detto secondo membro articolare 72 è un membro di gomito 75 ed detto terzo membro articolare 73 è un membro di polso 78.

[00285]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro di gomito 75 è collegato mediante un giunto rotazionale 171 a detto primo membro articolare 71, ed in cui detto membro di polso 78 è collegato mediante un giunto rotazionale 171 a detto membro di gomito 75.

[00286]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 comprende un quarto membro articolare 74, adatto a collegarsi mediante un giunto rotazionale 171 almeno a detto terzo membro articolare 73.

[00287]. In accordo con una forma di realizzazione, detto quarto membro articolare 74 è un membro terminale 77.

[00288]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro terminale 77 comprende almeno una superficie di avvolgimento 86, formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto, detta superficie di avvolgimento 86 essendo adatta a permettere su di sé l'avvolgimento di almeno una porzione di detto tendine 90, 190.

[00289]. In accordo con una forma di realizzazione detto dispositivo articolare 70 comprende detto primo membro 71, collegato

mediante un giunto rotazionale 171 a detto membro di polso 78, collegato mediante un giunto rotazionale 171 a detto membro terminale 78.

[00290]. In accordo con una forma di realizzazione detto dispositivo articolare 70 comprende detto primo membro 71, collegato mediante un giunto rotazionale 171 a detto membro di gomito 75, collegato mediante un giunto rotazionale 171 a detto membro di polso 78, a sua volta collegato mediante un giunto rotazionale 171 a detto membro terminale 78.

[00291]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di avvolgimento 86 è una superficie rigata.

[00292]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di avvolgimento essendo sostanzialmente inadatta a permettere su di sé lo scorrimento di detto tendine 90, 190. Questo perché detto tendine 90, 190 è terminato nelle vicinanze di detta superficie di avvolgimento 86, sul membro articolare che la comprende.

[00293]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 che comprende almeno una coppia di tendini comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, in cui detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 essendo adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni 92 in rispettive sedi di fissaggio tendine 82, o sedi di terminazione tendine 82, di detto secondo membro articolare 72, in modo da muoverlo di movimenti di direzione opposta.

[00294]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento

medicale 60 che comprende almeno una coppia di tendini comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, in cui detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 essendo adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni 92 in rispettive sedi di fissaggio tendine 82, o sedi di terminazione tendine 82, di detto membro terminale 77, in modo da muoverlo di movimenti di direzione opposta.

[00295]. La previsione di questa caratteristica impone a detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 di lavorare antagonisti, ad esempio detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti a muovere detto membro terminale attorno all'asse di imbardata Y-Y. Pertanto nessun movimento avviene in maniera automatica ma sono solo movimenti guidati e controllati.

[00296]. In accordo con una forma di realizzazione, detti tendine 90 e contrapposto tendine 190 sono adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni 92 in rispettive sedi di fissaggio tendine 82, o sedi di terminazione tendine 82, di almeno uno tra detti primo, secondo, terzo e quarto membro articolare 71, 72, 73, 74.

[00297]. In accordo con una forma di realizzazione, detti tendine 90 e contrapposto tendine 190 sono adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni 92 in rispettive sedi di fissaggio tendine 82, o sedi di terminazione tendine 82, di almeno uno tra detti membro di gomito 75, membro di polso 78 e membro terminale 77.

[00298]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende almeno una asta 65, adatta a guidare detto almeno un tendine 90, 190. Detta asta 65 è un'asta in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente

descritte.

[00299]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 ha una sezione sostanzialmente circolare e presenta un diametro inferiore ai 4mm. Questo permette una spinta miniaturizzazione dello strumento medicale.

[00300]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 comprende una cavità longitudinale in modo da permettere il passaggio di detto almeno un tendine 90, 190 al suo interno.

[00301]. In accordo con una forma di realizzazione, detta asta 65 è realizzata solidale con detto telaio 57.

[00302]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 ha una estensione longitudinale inferiore a 10mm.

[00303]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 ha un volume inferiore a 10mm³.

[00304]. In accordo con una forma di realizzazione, detto membro terminale 77 comprende almeno una prima porzione di membro terminale 177 ed almeno una seconda porzione di membro terminale 277. In accordo con una forma di realizzazione, detta prima porzione di membro terminale 177 e detta seconda porzione di membro terminale 277, sono mobili l'una rispetto all'altra attorno ad un asse di movimento di giunto in modo da determinare un movimento di presa o un movimento di taglio. In accordo con una forma di realizzazione, detto asse di movimento di giunto è l'asse di imbardata Y-Y.

[00305]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 che comprende almeno una coppia di tendini comprendente

un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, in cui uno tra detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 è adatto a collegarsi in una sua seconda terminazione 92 in una rispettiva sede di fissaggio tendine 82, o sede di terminazione tendine 82, collocata su detta prima porzione di membro terminale 177, e l'altro è adatto a collegarsi in una sua seconda terminazione 92 in una rispettiva sede di fissaggio tendine 82, o sede di terminazione tendine 82, collocata su detta prima seconda di membro terminale 277, in modo da muovere detta prima porzione di membro terminale 177 e detta seconda porzione di membro terminale 277 di movimenti in direzione opposta.

[00306]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascuna di detta prima porzione di membro terminale 177 e detta seconda porzione di membro terminale 277 comprende almeno una superficie di avvolgimento 86.

[00307]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende almeno una coppia di tendini comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, in cui detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 essendo adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni 92 in rispettive sedi di fissaggio tendine 82, o sedi di terminazione tendine 82, di detto membro terminale 77, in modo da muovere detto terzo membro articolare 73 rispetto a detto quarto membro articolare 74 in modo da determinare un movimento di presa o di taglio.

[00308]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 si avvolgono in loro porzioni distali su almeno una porzione di detta almeno una superficie di

avvolgimento 86 di membro terminale 77

[00309]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 è una superficie di scorrimento laterale 40, 140, adatta a protendersi da detto dispositivo articolare 70, 170, 270 in modo da determinare che almeno una porzione di tendine scorra in aria, o scorra fuori dal contatto con detto dispositivo articolare 70.

[00310]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento laterale 40, 140 si raccorda con il membro articolare su cui è realizzata, mediante almeno una superficie di continuità 64. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento laterale 40, 140 forma con il membro su cui è realizzata, almeno uno spigolo vivo 63.

[00311]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento laterale 40, 140 da una parte si raccorda con il membro articolare su cui è realizzata, mediante una superficie di continuità 64 e dall'altra forma con il membro su cui è realizzata, almeno uno spigolo vivo 63.

[00312]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 è una superficie di scorrimento di giunto 80, 180, che circonda almeno parzialmente un asse di movimento di giunto. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 è una superficie di scorrimento di giunto 80, 180, che circonda almeno parzialmente almeno uno tra detto asse di beccheggio P-P e detto asse di imbardata Y-Y, ed in cui detta superficie di scorrimento di

giunto 80, 180 è orientata opposta rispetto ad almeno uno tra detto asse di beccheggio P-P e detto asse di imbardata Y-Y, in modo da permettere su di sé almeno un incrocio tra il percorso di tendine T-T di detto tendine 90 ed il percorso di tendine T-T di detto contrapposto tendine 190. In altre parole, detta superficie di scorrimento di giunto 80, 180 è inadatta ad affacciarsi verso detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino, quando in condizioni di esercizio.

[00313]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento di giunto è concava e avvolge parzialmente almeno uno tra detto asse di beccheggio P-P e detto asse di imbardata Y-Y, in modo da permettere su di sé almeno un incrocio di due tendini contrapposti.

[00314]. In accordo con una forma di realizzazione, con il termine "giunto più vicino" si intende indicare il giunto rotazionale 141 collocato maggiormente in prossimità alla superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180, lungo il percorso di tendine T-T.

[00315]. In accordo con una forma di realizzazione, su detta superficie di scorrimento di giunto 80, 180, il percorso di tendine T-T di detto tendine 90 ed il percorso di tendine T-T di detto contrapposto tendine 190, pur rimanendo distinti, si sovrappongono almeno parzialmente su un piano ortogonale alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino.

[00316]. In accordo con una forma di realizzazione, su detta superficie di scorrimento di giunto 80, 180, il percorso di tendine T-T di detto tendine 90 ed il percorso di tendine T-T di detto

contrapposto tendine 190 sono tra loro distinti e paralleli su un piano parallelo all'asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino.

[00317]. In accordo con una forma di realizzazione, il percorso di tendine T-T di detto tendine 90 si sovrappone con il percorso di tendine T-T di detto contrapposto tendine 190 almeno su un piano ortogonale alla direzione di detto asse di movimento di giunto di giunto più vicino. In accordo con una forma di realizzazione, il percorso di tendine T-T di detto tendine 90 è sostanzialmente parallelo al percorso di tendine T-T di detto contrapposto tendine 190 su un piano parallelo alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino.

[00318]. In accordo con una forma di realizzazione, i percorsi di tendine T-T di ciascun tendine 90 sono sostanzialmente paralleli tra loro, su un piano parallelo alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino.

[00319]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascun percorso di tendine T-T rimane sostanzialmente fermo rispetto al membro articolare che gli è più prossimo. In altre parole, il tendine 90 pur scorrendo, ha un percorso di tendine T-T che è collocato sostanzialmente sempre nella stessa posizione rispetto al membro articolare di detto strumento medicale 60, che gli è più prossimo. Questo è reso possibile dalla previsione di dette superfici di scorrimento 40, 140, 80, 180 e di dette superfici di avvolgimento 86 che cooperano con detta sede di terminazione di

tendine 82, opportunamente collocata su una porzione di detto strumento medicale 60.

[00320]. In accordo con una forma di realizzazione, detto percorso di tendine T-T che rimane sostanzialmente fermo rispetto al membro articolare che gli è più prossimo al tendine 90,190 determina che il movimento di movimenti opposti

[00321]. In accordo con una forma di realizzazione, il percorso di tendine T-T di ciascun tendine 90 rimane sostanzialmente fermo rispetto a detto telaio 57, tranne che per detta porzione di appoggio 93. Detta porzione di appoggio 93 infatti è adatta ad essere deflessa dall'azione di spinta di detto sistema di spinta 94, alla stregua di una corda di una chitarra.

[00322]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un tendine 90, 190 descrive, quando in condizioni operative, un percorso di tendine T-T composto dal succedersi di tratte di percorso di volo 9, fuori dal contatto con qualsiasi superficie di scorrimento 40,80, in cui dette tratte di percorso di volo 9 sono rettilinee, e tratte di percorso curvilinee in contatto con superfici di scorrimento 40,80 o superfici di avvolgimento 86 dei membri articolari 71,72,73,74,75,77,78.

[00323]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un tendine 90, 190 descrive un percorso attorno a detto primo membro articolare 71, in modo da avvolgersi almeno parzialmente su almeno una porzione di detta superficie di scorrimento di giunto 80, 180 di detto primo membro articolare 71.

[00324]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un

tendine 90, 190 descrive un percorso attorno a detto membro distale 72, in modo da avvolgersi almeno parzialmente su almeno una porzione di detta superficie di scorrimento di giunto 80, 180 di detto secondo membro articolare 72.

[00325]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 comprende una pluralità di tendini.

[00326]. In accordo con una forma di realizzazione, le proiezioni del percorso di tendine T-T di detto tendine 90 e del percorso di tendine T-T di detto contrapposto tendine 190 almeno su un piano ortogonale alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino, si sovrappongono in un punto di incrocio 16.

[00327]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno tratte di percorso di volo 9 tratte di percorso di volo 9 è sostanzialmente parallela ad almeno una tratta del percorso di tendine T-T in volo di detto contrapposto tendine 190.

[00328]. In accordo con una forma di realizzazione, i percorsi di tendine T-T di ciascun tendine 90 sono sostanzialmente paralleli tra loro, su un piano parallelo alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino.

[00329]. In accordo con una forma di realizzazione, detta sede di terminazione tendine 82 è collocata in modo tale da supportare ciascun tendine 90, 190 in modo da mantenere il suo percorso di tendine T-T sostanzialmente ortogonale all'asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino, in modo da permettere a detto tendine 90 di scorrere su detta almeno una superficie di

scorrimento 40, 80 con un percorso di tendine T-T sostanzialmente parallelo al percorso di tendine T-T di ogni altro tendine.

[00330]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascuna sede di terminazione tendine 82 è collocata in modo tale da supportare ciascun tendine 90, 190 in modo tale che il suo percorso di tendine T-T sia fermo rispetto al membro articolare che gli è più prossimo.

[00331]. In accordo con una forma di realizzazione, detta sede di terminazione tendine 82 è collocata in modo tale da mantenere il percorso di tendine T-T di ciascun tendine 90 in contatto con detta superficie di avvolgimento 86, quando in condizioni operative.

[00332]. In accordo con una forma di realizzazione, detta sede di terminazione tendine 82 è collocata in modo tale che il percorso di tendine T-T di ciascun tendine 90,190 non entri in contatto con il percorso di tendine T-T di nessun altro tendine 90,190, quando in condizioni operative.

[00333]. In accordo con una forma di realizzazione, detta sede di terminazione tendine 82 è collocata in modo tale che ciascun tendine 90, quando in condizioni operative, scorra su detta almeno una superficie di scorrimento 40, 80 descrivendo una tratta curvilinea di percorso di tendine T-T sostanzialmente parallela alla tratta curvilinea di percorso di tendine T-T descritta da ogni altro tendine 90,190, quando scorre sulla medesima superficie di scorrimento 40, 80.

[00334]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 è uno strumento chirurgico, adatto ad essere impiegato in almeno una tra microchirurgia, chirurgia minimamente invasiva e

chirurgia laparoscopica.

[00335]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 è adatto ad essere impiegato per una biopsia. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60 è adatto ad essere impiegato in una procedura endoscopica.

[00336]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 ha una sezione trasversale sostanzialmente circolare. In accordo con una forma di realizzazione, il diametro di detto tendine 90, 190 è variabile in differenti porzioni di detto tendine 90, 190. In accordo con una forma di realizzazione, le proprietà meccaniche di detto tendine 90, 190 sono variabili in differenti porzioni di detto tendine 90, 190. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è ottenuto mediante unione di porzioni di tendine aventi diverse caratteristiche. In accordo con una forma di realizzazione, la composizione di detto tendine 90, 190 è variabile in differenti porzioni di detto tendine 90, 190.

[00337]. In accordo con una forma di realizzazione, detta sede di terminazione di tendine 82 è disposta in modo tale che la forza di attrito agente tra detto tendine e detta superficie di scorrimento sia parallela con la forza di reazione che si sviluppa in detta seconda terminazione di tendine 92. In accordo con una forma di realizzazione, detto percorso di tendine T-T in almeno una porzione di tendine è sostanzialmente ortogonale alla superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 su cui scorre. In accordo con una forma di realizzazione, detto percorso di tendine T-T in almeno una porzione di tendine è sostanzialmente ortogonale alle rette

generatrici della superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 su cui scorre, in ogni condizione operativa cioè per qualsiasi angolo di rotazione di giunto rotazionale 171. Queste caratteristiche contribuiscono ad evitare che detto percorso di tendine T-T di ciascuno di detti tendini si defletta, cioè trasli in direzione parallela all'asse di movimento di giunto del giunto rotazionale 171 più vicino.

[00338]. In accordo con una forma di realizzazione, detto percorso di tendine T-T è sostanzialmente ortogonale alle rette generatrici della superficie di scorrimento 40, 80, 140, 180 su cui scorre.

[00339]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 è realizzato prevalentemente in materiale metallico.

[00340]. In accordo con una forma di realizzazione, detti membri articolari sono adatti a venire lucidati allo scopo di ridurre ulteriormente l'attrito di scorrimento di detto almeno un tendine, quando detto tendine vi scorre sopra.

[00341]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un dispositivo di movimentazione di tendine 50 per uno strumento medicale 60, 160, 260 comprende almeno un sistema di spinta 94.

[00342]. Detto strumento medicale 60, 160, 260 comprende un telaio 57 ed almeno un tendine 90, 190, esclusivamente adatto a lavorare a trazione, in cui si definisce una direzione di tendine T-T, o percorso di tendine T-T, sostanzialmente coincidente alla direzione di sviluppo longitudinale di detto tendine 90, ed in cui detto tendine 90 è vincolato in una sua prima terminazione 91, o

terminazione prossimale di tendine 91, a detto telaio 57.

[00343]. Detto sistema di spinta 94 è adatto a spingere su almeno una porzione di appoggio 93 di detto tendine 90 lungo una direzione di spinta trasversale al percorso di tendine T-T in modo da deflettere il percorso di tendine T-T e sollecitare a trazione almeno una porzione di detto tendine 90.

[00344]. Quando il sistema di spinta spingendo in detta direzione di spinta, trasversale al percorso di tendine T-T, localmente, solo localmente, ne allunga il percorso. Questo allungamento del percorso creando un'ansa localizzata via via più grande avviene regolando l'estensione del sistema di spinta. La creazione di questa ansa, all'estremità opposta del tendine, dove è vincolato in una sua seconda terminazione 92 al membro articolare su cui agisce, comporta un arretramento dell'estremità distale e quindi un comando di spostamento del membro articolare.

[00345]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 agisce come un vincolo monolatero per detto tendine 90.

[00346]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 allunga o accorcia detto percorso di tendine T-T in almeno una tratta di detto percorso di tendine T-T sostanzialmente rettilinea.

[00347]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 è adatto a recuperare una determinata lunghezza di detto tendine 90. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 è adatto a rilasciare una determinata lunghezza di detto tendine 90.

[00348]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 è adatto a recedere su almeno una porzione di appoggio 93 di detto tendine 90 trasversalmente al percorso di tendine T-T in modo da diminuire la deflessione del percorso di tendine T-T e diminuire la sollecitazione a trazione di almeno una porzione di detto tendine 90. In questo modo, si determina un movimento controllato di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70 di detto strumento medicale 60.

[00349]. Con i termini "recedere" e "recuperare" si vuole intendere che il sistema di spinta, spingendo in detta direzione di spinta, trasversale al percorso di tendine T-T, localmente, solo localmente, ne accorcia il percorso. Questo accorciamento locale del percorso creando un'ansa localizzata via via più piccola avviene regolando il ritiro del sistema di spinta, ed all'estremità opposta del tendine, dove è vincolato in una sua seconda terminazione 92 al membro articolare su cui agisce, consente un allontanamento dell'estremità distale, e quindi favorisce lo spostamento del membro articolare.

[00350]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e contrapposto tendine 190 hanno lunghezze tali che detto dispositivo articolare 70 di detto strumento medicale 60 è in una posizione di riferimento quando detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono pretensionati dai rispettivi elementi di pretensionamento 99, 199.

[00351]. In accordo con una forma di realizzazione, detto telaio 57 comprende almeno una asta 65, in cui si definisce una direzione longitudinale di asta X-X, coincidente o parallela all'asse di

sviluppo longitudinale di detta asta 65.

[00352]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 comprende almeno una porzione longitudinale di tendine 9, in cui il percorso di tendine T-T è sostanzialmente parallelo alla direzione longitudinale di asta X-X, determinando un movimento di almeno detta porzione longitudinale di tendine 9 rispetto a detta asta 65, almeno lungo la direzione longitudinale di asta X-X.

[00353]. In accordo con una forma di realizzazione, detta direzione di spinta è parallela con la direzione longitudinale di asta X-X.

[00354]. In accordo con una forma di realizzazione, detta direzione di spinta è ortogonale alla direzione longitudinale di asta X-X.

[00355]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è pretensionato. In questo modo, quando detto sistema di spinta 94 cessa di esercitare l'azione di spinta su detta porzione di appoggio di tendine 93, detto tendine 90 rimane sostanzialmente teso, o in tensione. La previsione di un tendine pretensionato permette di effettuare una semplice calibrazione di detto dispositivo di movimentazione 50, poiché rende possibile decidere in modo arbitrario in quale posa del dispositivo articolare 70 collocare lo zero.

[00356]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 applica una tensione minima positiva al tendine 90. In questo modo, quando detto sistema di spinta 94 appoggia su detta porzione di appoggio di tendine 93, detto tendine 90 rimane sostanzialmente teso, o in tensione. La previsione di un tendine pretensionato permette di controllare efficacemente il percorso del

tendine all'interno di uno strumento medicale 60, in ogni condizione operativa.

[00357]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 comprende inoltre una seconda terminazione di tendine 92, o terminazione distale di tendine 92, adatta a tirare un elemento mobile associabile a detta seconda terminazione distale di tendine 92.

[00358]. In accordo con una forma di realizzazione, percorrendo detto tendine lungo il percorso di tendine T-T si incontra prima detta prima terminazione di tendine 91, poi detta almeno una porzione di appoggio di tendine 93, e poi detta seconda terminazione di tendine 92.

[00359]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento mobile è almeno una porzione di uno strumento medicale 60, 160, 260 mobile rispetto a detto telaio 57.

[00360]. In accordo con una forma di realizzazione, quando detta porzione di appoggio di tendine 93 viene deflessa da detto sistema di spinta 94, detto tendine 90 determina il movimento di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70 rispetto a detto telaio 57.

[00361]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 comprende almeno un elemento di spinta 95, mobile rispetto a detto telaio 57 ed adatto a spingere un albero di trasmissione 96, in modo che detto albero di trasmissione 96 spinge su almeno una porzione di appoggio 93 di detto tendine 90.

[00362]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno un corpo

è interposto tra detto elemento di spinta 95 e detto albero di trasmissione 96. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di spinta 95 è in contatto con detto albero di trasmissione. In altre parole, detto almeno un elemento di spinta 95 è adatto a spingere direttamente o indirettamente detto albero di trasmissione 96.

[00363]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di spinta 95 è mobile rispetto a detto albero di trasmissione 96 entro una posizione di contatto, in cui detto elemento di spinta 95 è adatto ad esercitare una azione di spinta su detto albero di trasmissione 96, ed una posizione di distacco, in cui detto elemento di spinta 95 è staccato da detto albero di trasmissione 96 ed è inadatto ad esercitare una azione di spinta su detto albero di trasmissione 95. In accordo con una forma di realizzazione, in detta posizione di contatto non necessariamente detto elemento di spinta 95 è a contatto con detto albero di trasmissione 96. In altre parole, in accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di spinta 95 esercita una azione di spinta attraverso almeno un corpo interposto tra detto elemento di spinta 95 e detto albero di trasmissione 96.

[00364]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 comprende inoltre almeno una barriera sterile 87, adatta a sostanzialmente impedire mutua contaminazione batterica degli ambienti che separa.

[00365]. In accordo con una forma di realizzazione, detta barriera sterile 87 viene interposta tra detto elemento di spinta 95 e detto

albero di trasmissione 96.

[00366]. In accordo con una forma di realizzazione, in cui detta barriera sterile 87 essendo di forma e materiale adatti a trasmettere la spinta di detto elemento di spinta 95 a detto albero di trasmissione 95.

[00367]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di spinta 95 è mobile rispetto a detto telaio 57 lungo una traiettoria sostanzialmente lineare.

[00368]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di spinta 94 è un pistone.

[00369]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende almeno due elementi di rinvio 97, disposti lungo detta direzione di tendine T-T in modo che quando detto sistema di spinta 94 determina una deflessione di detto percorso di tendine T-T, detti almeno due elementi di rinvio 97 cooperano per confinare la deflessione di detto percorso di tendine T-T alla tratta di percorso di tendine compresa fra detti due elementi di rinvio 97.

[00370]. In accordo con una forma di realizzazione, detto albero di trasmissione 96 comprende almeno una puleggia di albero 98, adatta a spingere su detta porzione di appoggio di tendine 93, ed in cui detta puleggia di albero 98 è adatta a ruotare attorno ad un asse, in modo da ridurre l'attrito di strisciamento esercitato da detta porzione di appoggio di tendine 93 almeno quando viene spinta da detto sistema di spinta 94.

[00371]. In accordo con una forma di realizzazione, detta puleggia

di albero 98 è un cuscinetto.

[00372]. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione 92 è una bugna o un cappio o un nodo.

[00373]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è adatto a venire pretensionato.

[00374]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende almeno un elemento di pretensionamento 99, adatto a mantenere pretensionato detto tendine 90.

[00375]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di pretensionamento 99 è una molla 99, adatta ad applicare una forza tra il telaio 57 e l'albero di scorrimento 96, per imporre a detto tendine 90 un precarico sostanzialmente proporzionale allo spostamento di compressione di detta molla 99.

[00376]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 comprende un motore elettrico, adatto a muovere detto elemento di spinta 95.

[00377]. In accordo con una forma di realizzazione, detto sistema di spinta 94 comprende un attuatore di tipo vite-chiocciola. In accordo con una forma di realizzazione, detto attuatore comprende una madrevite a ricircolo di sfere.

[00378]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è realizzato almeno parzialmente in materiale più tenero del materiale delle superfici su cui scorre. In altre parole, detto tendine 90 è realizzato almeno parzialmente in materiale meno duro del materiale delle superfici su cui scorre.

[00379]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è realizzato almeno parzialmente in materiale polimerico. La previsione di un tendine realizzato almeno parzialmente in materiale polimerico permette di ridurre l'usura delle superfici su cui scorre, rispetto ad un tendine realizzato ad esempio in metallo.

[00380]. In accordo con una variante di realizzazione, detta prima terminazione di tendine 91, è vincolata a detto albero di scorrimento 96, invece che a detto telaio 57.

[00381]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione di tendine 50 comprende almeno un ulteriore tendine 190, o contrapposto tendine 190, contrapposto a detto tendine 90 e vincolato in una sua prima terminazione 91, o terminazione prossimale 91, a detto telaio 57, detto contrapposto tendine 190 estendendosi lungo la direzione di tendine T-T, o percorso di tendine T-T.

[00382]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende almeno un ulteriore sistema di spinta 194, o contrapposto sistema di spinta 194, contrapposto a detto sistema di spinta 94 ed adatto a spingere su almeno una porzione di appoggio 93 di detto contrapposto tendine 190, lungo una direzione di spinta trasversale al percorso di tendine T-T in modo da deflettere il percorso di tendine T-T e sollecitare a trazione almeno una porzione di detto contrapposto tendine 190 ed almeno una porzione di detto tendine 90. In altre parole, detto tendine e detto contrapposto tendine sono adatti a lavorare contrapposti come due muscoli antagonisti del corpo umano

che determinano cooperando il movimento di adduzione e di abduzione una articolazione.

[00383]. In accordo con una forma di realizzazione, detto contrapposto sistema di spinta 194 spingendo su detta porzione di appoggio 93 di detto contrapposto tendine 190 lungo una direzione di spinta trasversale al percorso di tendine T-T deflettendo percorso di tendine T-T, sollecita a trazione detto contrapposto tendine 190 tirandolo da una sua porzione prossimale 18 e sollecita a trazione detto tendine 90 tirandolo da una sua porzione distale 19.

[00384]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono strutturalmente connessi mediante una giunzione tra detto tendine e detto contrapposto tendine. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine e detto contrapposto tendine sono strutturalmente connessi entrambi ad un elemento comune di giunzione, in modo che sia garantita la trasmissione della forza di trazione da detto tendine a detto contrapposto tendine, o viceversa, attraverso detto elemento comune di giunzione. In altre parole, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono strutturalmente connessi in modo diretto o indiretto. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento comune di giunzione comprende una pluralità di corpi.

[00385]. In accordo con una forma di realizzazione, detto contrapposto tendine 190 comprende una seconda terminazione 92, o terminazione distale 92, adatta a tirare un elemento mobile associabile a detta seconda terminazione 92 di detto contrapposto tendine 190.

[00386]. In accordo con una forma di realizzazione, detto contrapposto tendine 190 comprendendo una seconda terminazione 92, o terminazione distale 92, adatta a tirare un comune elemento mobile, associabile sia a detta seconda terminazione 92 di detto tendine 90 sia a detta seconda terminazione 92 di detto contrapposto tendine 190. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 hanno lunghezze tali che detto comune elemento mobile è in una posizione di riferimento quando detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono pretensionati dai rispettivi detti elementi di pretensionamento.

[00387]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono due porzioni di un unico tendine 90.

[00388]. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione 92 di detto tendine 90 e detta seconda terminazione 92 di detto contrapposto tendine 190 sono coincidenti ed adatte a tirare un comune elemento mobile, associabile sia a detta seconda terminazione 92 di detto tendine 90 sia a detta seconda terminazione 92 di detto contrapposto tendine 190.

[00389]. In accordo con una forma di realizzazione, detto contrapposto tendine 190 comprende almeno una porzione longitudinale 9, in cui il percorso di tendine T-T è sostanzialmente parallelo alla direzione longitudinale di asta X-X, per muovere almeno detta porzione longitudinale 9 di detto contrapposto tendine 190 rispetto a detta asta 65, almeno lungo la direzione longitudinale di asta X-X.

[00390]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende per ogni grado di libertà una coppia di tendini 90, 190, in cui detta coppia di tendini comprende un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190.

[00391]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti ad essere tirati contemporaneamente, in modo che la forza di trazione trasmessa ad un comune elemento mobile associabile ad entrambi detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sia la somma della forza trasmessa da detto tendine 90 e da detto contrapposto tendine 190.

[00392]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti ad essere tirati contemporaneamente con sostanzialmente la stessa forza.

[00393]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti ad essere tirati contemporaneamente uno con più forza dell'altro.

[00394]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti ad essere tirati contemporaneamente recuperando da una loro porzione prossimale sostanzialmente la stessa lunghezza di tendine.

[00395]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è adatto a venire tirato, recuperando da una porzione prossimale una prima lunghezza di tendine, e contemporaneamente detto contrapposto tendine 190 è adatto a venire mollato da una porzione prossimale, rilasciando una seconda lunghezza di contrapposto tendine, sostanzialmente uguale alla prima lunghezza di tendine.

[00396]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende un contrapposto elemento di pretensionamento 199, adatto a mantenere precaricato detto contrapposto tendine 190.

[00397]. In accordo con una forma di realizzazione, detto contrapposto elemento di pretensionamento 199 è una molla 99.

[00398]. In accordo con una forma di realizzazione, detto elemento di pretensionamento 99 e detto contrapposto elemento di pretensionamento 199 sono adatti a cooperare per mantenere contemporaneamente precaricati detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190, in modo che detto sistema di spinta 94 e detto contrapposto sistema di spinta 194 lavorino in modo sincrono.

[00399]. La previsione di detto elemento di pretensionamento 99 e di detto contrapposto elemento di pretensionamento 199 permette di mantenere detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 precaricati di un precarico adatto ad eliminare il peso di detto comune elemento mobile ad essi collegato. In questo modo la forza di gravità non ha alcun ruolo nella movimentazione.

[00400]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni 92 in rispettive sedi di fissaggio tendine 82, o sedi di terminazione tendine 82, di uno tra: detto secondo membro articolare 72 e detto membro terminale 77, in modo da muoverlo di movimenti di direzione opposta. La cooperazione tra detta caratteristica con la previsione detto elemento di pretensionamento 99 e di detto contrapposto elemento di pretensionamento 199,

permette che tutti i movimenti siano controllati e guidati, evitando la presenza di movimenti automatici, ad esempio di richiamo.

[00401]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende una pluralità di tendini 90 ed una pluralità di contrapposti tendini 190.

[00402]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo di movimentazione 50 comprende una pluralità di sistemi di spinta 94 ed una pluralità di contrapposti sistemi di spinta 194.

[00403]. In accordo con una forma di realizzazione, detta pluralità di tendini 90 e detta pluralità di contrapposti tendini 190 sono disposti su una porzione di tamburo 59, o tamburo 59, di detto telaio 57 in modo che il percorso di tendine T-T di ciascun tendine 90, 190 sia separato rispetto al percorso di tutti gli altri tendini 90, 190.

[00404]. In accordo con una forma di realizzazione, detta pluralità di tendini 90 e detta pluralità di contrapposti tendini 190 sono disposti sostanzialmente a raggiera su detto tamburo 59. In accordo con una forma di realizzazione, detta pluralità di tendini 90 e detta pluralità di contrapposti tendini 190 sono configurati su detto tamburo 59 come i cilindri di un motore stellare, ed in cui i percorsi di detti tendini 90 e di detti contrapposti tendini 190 non si incrociano su detto tamburo 59.

[00405]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascun tendine 90 di detta pluralità di tendini 90 è adatto ad essere sollecitato da suo rispettivo sistema di spinta 94 in modo indipendente rispetto ad altri tendini 90.

[00406]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascun tendine 90 di detta pluralità di tendini 90 è adatto ad essere sollecitato da suo rispettivo sistema di spinta 94 in modo indipendente rispetto ad un associato contrapposto tendine 190.

[00407]. In accordo con una forma di realizzazione, un assieme di movimentazione di tendine per strumento medicale 60, 160, 260 comprende:

- almeno un dispositivo di movimentazione 50 in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte,
- almeno uno strumento medicale 60, 160, 260 comprendente
 5 almeno un dispositivo articolare 70, 170, 270, in cui detto dispositivo articolare 70, 170, 270 comprende almeno un giunto rotazionale.

[00408]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è vincolato in una sua seconda terminazione 92 ad almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 mobile rispetto a detto telaio 57, in modo che detto tendine 90, 190 è adatto a tirare almeno una porzione di un dispositivo articolare 70, 170, 270 muovendola rispetto a detto telaio 57.

In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono entrambi vincolati ad una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 mobile rispetto a detto telaio 57, in loro rispettive seconde terminazioni 92, in modo che detto contrapposto tendine 190 è adatto a tirare almeno una porzione di un dispositivo articolare 70, 170, 270 muovendola rispetto a

detto telaio 57 di un movimento opposto rispetto al movimento determinato da detto tendine 90.

[00409]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme di movimentazione comprende per ogni grado di libertà di movimento di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 una coppia di tendini 90, 190, in cui detta coppia di tendini comprende un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190.

[00410]. In accordo con una forma di realizzazione, quando detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono tirati contemporaneamente e con sostanzialmente la stessa forza, è impedito il movimento di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260.

[00411]. In accordo con una forma di realizzazione, quando detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti ad essere tirati contemporaneamente uno con più forza dell'altro, si determina un movimento controllato di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260.

[00412]. In accordo con una forma di realizzazione, detto strumento medicale 60, 160, 260 è almeno uno tra: uno strumento chirurgico, uno strumento microchirurgico, uno strumento per chirurgia laparoscopica, uno strumento per endoscopia, uno strumento per biopsia.

[00413]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un tendine 90, 190 per strumento medicale 60,, detto strumento medicale 60comprendendo almeno un dispositivo articolare 70 ed un telaio 57, è adatto a muovere almeno una porzione di detto dispositivo

articolare 70 rispetto a detto telaio 57.

[00414]. Detto dispositivo articolare 70 ha almeno un grado di libertà di movimento rispetto a detto telaio 57.

[00415]. Detto tendine 90 è esclusivamente adatto a lavorare a trazione.

[00416]. Detto tendine 90 è realizzato in un materiale di durezza inferiore al materiale di detto dispositivo articolare 70.

[00417]. La previsione di questa caratteristica permette di realizzare uno strumento medicale 60 comprendente un dispositivo articolare 70 maggiormente resistente all'usura, causata dallo scorrimento del tendine 90 su almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70. Inoltre, questa caratteristica consente di evitare l'usura e la perdita di materiale della superficie del dispositivo articolare 70 su cui il tendine scorre. In altre parole, la previsione di questa caratteristica permette di pervenire che detto dispositivo articolare 70 si segni o si scalfisca per effetto dello scorrimento di detto tendine 90, quando in condizioni di esercizio.

[00418]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 scorre su almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, quando in condizioni di esercizio.

[00419]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è di materiale inadatto a ricevere una azione di spinta.

[00420]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è realizzato in materiale più tenero del materiale in cui è realizzato detto dispositivo articolare 70.

[00421]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è realizzato in materiale polimerico. La previsione di un tendine realizzato almeno parzialmente in materiale polimerico permette di ridurre l'usura delle superfici su cui scorre, rispetto ad un tendine realizzato ad esempio in metallo, favorendo il rispetto delle tolleranze geometriche stabilite in fase di progetto e conseguentemente aumentando la vita di esercizio di detto tendine 90, 190, nonché di detto strumento medicale 60, 160, 260.

[00422]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in polietilene. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in polietilene ad elevato peso molecolare, o UHMWPE. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in Kevlar. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in Vectran. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in Zylon, o PBO. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in una combinazione delle precedenti.

[00423]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è realizzato in materiale fibroso.

[00424]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 è realizzato in materiale metallico.

[00425]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 è realizzato in almeno uno tra: acciaio INOX, o acciaio inossidabile; acciaio super-rapido; widia; acciaio bonificato, acciaio temprato; titanio.

[00426]. In accordo con una forma di realizzazione, detto dispositivo articolare 70 è realizzato in materiale ceramico conduttivo.

[00427]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 comprende almeno una prima terminazione di tendine 91, adatta ad essere incollata a detto telaio 57.

[00428]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è sfilacciato in trefoli in detta prima terminazione di tendine 91 in modo da massimizzare la superficie di incollaggio.

[00429]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 comprende almeno una seconda terminazione di tendine 92, adatta a collegarsi ad almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70.

[00430]. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione di tendine 92 è una bugna. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione di tendine 92 è un cappio. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione di tendine 92 è un nodo.

[00431]. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione di tendine 92 è incollata ad almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70.

[00432]. In accordo con una forma di realizzazione, detta prima terminazione 91 è ottenuta avvolgendo detto tendine più volte attorno ad una porzione di detto strumento medicale 60. In accordo con una forma di realizzazione, detta seconda terminazione 92 è ottenuta avvolgendo detto tendine più volte attorno ad una porzione

di detto strumento medicale 60. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine è avvolto con raggio di curvatura sostanzialmente pari al suo diametro.

[00433]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190, misura un diametro compreso tra 0,05mm e 0,3mm.

[00434]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 ha un modulo elastico compreso tra 50GPa e 100GPa.

[00435]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190, è realizzato in modo da avere un raggio di curvatura inferiore o sostanzialmente uguale a 1mm.

[00436]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è esclusivamente adatto a lavorare a trazione evitando che detto tendine 90 sia alloggiato in una sede o una guaina.

[00437]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è adatto ad essere pre-allungato con un ciclo di carico comprendente almeno due carichi di entità almeno uguale alla metà del carico di rottura di detto tendine 90, 190.

[00438]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 ha una dimensione trasversale, cioè una dimensione sostanzialmente ortogonale rispetto a detto percorso di tendine T-T, variabile in differenti porzioni di tendine.

[00439]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 ha una sezione trasversale sostanzialmente circolare.

[00440]. In accordo con una forma di realizzazione, il diametro di detto tendine 90 è variabile in differenti porzioni di detto tendine 90.

[00441]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è più sottile in detta seconda terminazione di tendine 92. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è più spesso in detta porzione longitudinale 19. In questo modo, il tendine 90, 190 è adatto ad essere più flessibile in prossimità o in corrispondenza di detta sede di fissaggio tendine 82, nonché in e più resistente in prossimità o all'interno di detta asta 65.

[00442]. In accordo con una forma di realizzazione, le proprietà meccaniche di detto tendine 90 sono variabili in differenti porzioni di detto tendine 90.

[00443]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 è ottenuto mediante unione o giustapposizione di porzioni di tendine aventi diverse caratteristiche.

[00444]. In accordo con una forma di realizzazione, la composizione di detto tendine 90, 190 è variabile in differenti porzioni di detto tendine 90, 190.

[00445]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90, 190 ha un diametro compreso tra 0.1mm e 0.3mm.

[00446]. In accordo con una forma di realizzazione, detto tendine 90 è adatto a cooperare con un contrapposto tendine 190 per muovere almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270.

[00447]. In accordo con una forma di realizzazione, quando detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono adatti ad essere tirati contemporaneamente uno con più forza dell'altro, si determina un movimento controllato di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260.

[00448]. In accordo con una forma di realizzazione, quando detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sono tirati contemporaneamente e con sostanzialmente la stessa forza, è impedito il movimento di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70 di detto strumento medicale 60.

[00449]. In accordo con una forma di realizzazione, per ogni grado di libertà di movimento di detto dispositivo articolare 70, è prevista una coppia di tendini 90, 190, in cui detta coppia di tendini comprende un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190.

[00450]. Di seguito verrà descritto un metodo di movimentazione di un assieme robotico di chirurgia 100.

[00451]. Un metodo di movimentazione di un assieme robotico di chirurgia comprende le seguenti fasi:

[00452]. -provvedere un assieme robotico 100 secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte;

[00453]. -utilizzare almeno un sistema di visione associabile a detto assieme robotico 100 per la visione di almeno una porzione del paziente 201;

[00454]. -muovere detto braccio di macro-posizionamento 30, in modo che il volume di lavoro 7, raggiunto da detta almeno una porzione terminale 77 sia all'interno del campo di visione di detto almeno un sistema di visione 103 associabile a detto assieme robotico 100;

[00455]. -muovere detto almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241, 341;

[00456]. -muovere detto almeno un dispositivo articolare 70, 170, 270 di strumento medicale 60, 160, 260, 360.

[00457]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo di movimentazione di un assieme robotico di chirurgia comprende almeno una delle seguenti ulteriori fasi, elencate secondo un ordine preferito, ma non necessario:

[00458]. -sbloccare detto braccio di macro-posizionamento 30 in modo da poterlo muovere;

[00459]. -sbloccare detto braccio di macro-posizionamento 30 in modo da poterlo muovere;

[00460]. -muovere detto braccio di macro-posizionamento 30, in modo che il volume di lavoro 7 raggiunta da detta almeno una porzione terminale 77 sia all'interno del campo di visione di detto almeno un sistema di visione 103 associabile a detto assieme robotico 100;

[00461]. -bloccare il braccio di macro posizionamento 30;

[00462]. -muovere detto almeno un dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 mediante detto almeno un dispositivo di comando 20;

[00463]. -muovere detto almeno un dispositivo articolare 70, 170, 270 di strumento medicale 60, 160, 170 mediante detto dispositivo di comando 20.

[00464]. Di seguito verrà descritto un metodo di movimentazione di un dispositivo di comando di microchirurgia per un assieme robotico di microchirurgia..

[00465]. Un metodo di movimentazione di un dispositivo di comando di microchirurgia per un assieme robotico di microchirurgia, comprende le seguenti fasi, elencate secondo un ordine preferito ma non necessario:

[00466]. -provvedere almeno un dispositivo di comando di microchirurgia 20 in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte;

[00467]. -manipolare detto strumento di comando 21;

[00468]. -muovere almeno una porzione di detto strumento di comando 21 rispetto a detto dispositivo di rilevamento 22.

[00469]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende almeno una delle seguenti ulteriori fasi:

[00470]. -provvedere un assieme robotico di microchirurgia 100 in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte;

[00471]. -muovere detto micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 mediante detto strumento di comando 21;

[00472]. -muovere detto dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 mediante detto strumento di comando 21;

[00473]. -utilizzare un microscopio 103 associabile a detto assieme robotico 100 per visualizzare almeno una porzione di un paziente 201;

[00474]. -attivare una condizione di teleoperazione, in modo che ad un movimento dello strumento di comando 21 in una direzione rispetto ad un sistema di coordinate rigidamente associato ad almeno uno tra detto dispositivo di rilevamento 22 e detto microscopio 103, corrisponde un movimento del micro-strumento chirurgico 60, 160, 260 nella medesima direzione rispetto detto sistema di coordinate.

[00475]. In accordo con una forma di realizzazione, detta porzione di paziente è compresa nel volume di lavoro 7.

[00476]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende le seguenti ulteriori fasi:

[00477]. ~ provvedere un ulteriore dispositivo di comando (20), in modo da comprendere un primo dispositivo di comando (120) ed un secondo dispositivo di comando (220);

[00478]. ~ manipolare detto primo dispositivo di comando (120) con una prima mano;

[00479]. ~ manipolare detto secondo dispositivo di comando (220) con una seconda mano.

[00480]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende le seguenti ulteriori fasi:

[00481]. ~ provvedere un ulteriore strumento di comando (21), in modo da comprendere un primo strumento di comando (121) ed un secondo strumento di comando (221);

[00482]. ~ manipolare detto primo strumento di comando (121) con una prima mano;

[00483]. ~ manipolare detto secondo strumento di comando (221) con una seconda mano.

[00484]. Di seguito verrà descritto un metodo di fabbricazione di uno strumento medicale 60, 160, 260.

[00485]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo di fabbricazione di strumento medicale 60, 160, 260 comprendente la fase di realizzare uno strumento medicale 60, 160, 260, in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte, mediante almeno una tecnica di fabbricazione additiva.

[00486]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo di

fabbricazione di strumento medicale 60, 160, 260 comprendente la fase di realizzare uno strumento medicale mediante una tecnica di fabbricazione basata sulla tecnica di iniezione in micro-stampi (in inglese: "micro-injection molding"). In altre parole, un metodo di fabbricazione di strumento medicale 60, 160, 260 comprendente la fase di realizzare uno strumento medicale mediante una tecnica di fabbricazione di microstampaggio.

[00487]. Di seguito verrà descritto un metodo di movimentazione di un tendine 90, 190 per strumento medicale 60, 160, 260.

[00488]. Un metodo di movimentazione di tendine 90 per strumento medicale 60, 160, 260 comprende le seguenti fasi, elencate secondo un ordine preferito di esecuzione:

[00489]. -A') provvedere un dispositivo di movimentazione di tendine 50 secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte;

[00490]. -B') spingere almeno una porzione di detto tendine 90, 190 in modo da deflettere il suo percorso di tendine T-T;

[00491]. -C') sollecitare a trazione almeno una porzione di detto tendine 90, 190.

[00492]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende la ulteriore fase di provvedere un assieme di movimentazione in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte.

[00493]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende almeno una delle seguenti ulteriori fasi:

[00494]. -D') prima della fase B, pretensionare detto tendine 90;

[00495]. -E') prima della fase B e dopo la fase D azionare detto sistema di spinta 94;

[00496]. -F') dopo la fase C muovere almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260;

[00497]. -G') dopo la fase F') azionare detto contrapposto sistema di spinta 194;

[00498]. -H') dopo la fase G') muovere detta almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260 di cui alla fase F') di un movimento opposto.

[00499]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende le ulteriori fasi di:

[00500]. -I') azionare contemporaneamente detto sistema di spinta 94 e detto contrapposto sistema di spinta 194.

[00501]. -J') tirare uno tra detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 con forza maggiore rispetto all'altro;

[00502]. -K') muovere almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260 di un movimento controllato.

[00503]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende le ulteriori fasi di:

[00504]. -L') al posto della fase I') tirare detto tendine 90 e detto contrapposto tendine 190 sostanzialmente con la stessa forza;

[00505]. -M') al posto della fase K') impedire il movimento di almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270 di detto strumento medicale 60, 160, 260.

[00506]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende al posto delle fasi I'), J'), K'), le seguenti fasi:

[00507]. - N') azionare contemporaneamente detto sistema di spinta (94) e detto contrapposto sistema di spinta (194);

[00508]. - O') contemporaneamente tirare detto tendine (90) recuperando da una porzione prossimale una prima lunghezza di tendine e mollare detto contrapposto tendine (190) da una porzione prossimale rilasciando una seconda lunghezza di contrapposto tendine, sostanzialmente uguale alla prima lunghezza di tendine,

[00509]. - P') muovere almeno una porzione di detto dispositivo articolare (70, 170, 270) di detto strumento medicale (60, 160, 260) di un movimento controllato in relazione con detta lunghezza di tendine e contrapposto tendine.

[00510]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende le ulteriori fasi di:

[00511]. - spingere detto contrapposto tendine 190 mediante detto contrapposto sistema di spinta 194;

[00512]. - muovere almeno una porzione di detto strumento medicale 60, 160, 260 mediante detto sistema di spinta 94.

[00513]. Di seguito verrà descritto un metodo di sostituzione di un tendine 90, 190 per strumento medicale.

[00514]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo di sostituzione di un tendine 90, 190 comprendente le seguenti fasi:

[00515]. - provvedere un tendine 90, 190 in accordo con una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte.

-A'') separare detto tendine 90, 190 da detto strumento medicale 60;

-B'') montare un ulteriore tendine 90, 190 su detto strumento medicale 60.

[00516]. In accordo con un possibile modo di operare, il tendine 90 viene rimontato prima in detta seconda terminazione 92 poi in detta prima terminazione 91.

[00517]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende la seguente ulteriore fase:

- C'') prima della fase A''), bloccare detto albero di scorrimento (96), in una posizione adatta ad eliminare il precarico sul relativo tendine 90.

[00518]. In accordo con una forma di realizzazione, detto albero di scorrimento (96) viene bloccato mediante l'impiego di un perno infilato in una sede di bloccaggio di albero 48.

[00519]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende la seguente ulteriore fase:

-D'') tra la fase A'') e la fase B''), pulire detto strumento medicale 60.

[00520]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase D'') comprende la seguente sotto-fase di immergere detto strumento medicale 60 in un bagno di solventi organici.

[00521]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase A'') comprende la sotto-fase di dissolvere detto tendine 90.

[00522]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase A'') comprende la sotto-fase di disporre detto dispositivo medicale 60 in autoclave o in un altro sistema di sterilizzazione.

[00523]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase

A'') comprende la sotto-fase di disporre detto dispositivo medicale 60 in forno a temperatura compresa tra 25°C e 150°C.

[00524]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase A'') comprende la sotto-fase di immergere detto strumento medicale 60 in solvente chimico organico.

[00525]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase B'') comprende le seguenti sotto-fasi, da prevedersi preferibilmente ma non necessariamente, in successione:

- bloccare detto dispositivo articolare 70 in una sua posizione di riferimento e/o bloccare detto albero di scorrimento 96 in una sua posizione di riferimento;
- collegare detta seconda terminazione 92 su detto dispositivo articolare 70;
- svolgere detto ulteriore tendine 90, 190 all'interno di detta asta 65;
- collegare detta prima terminazione 91 a detto telaio 57.

[00526]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende la seguente ulteriore fase:

-E'') dopo la fase B''), calibrare detto strumento medicale 60, 160, 260 individuando lo zero.

[00527]. Di seguito verrà descritto un metodo di fabbricazione di un dispositivo articolare 70, 170, 270.

[00528]. In accordo con un aspetto dell'invenzione, un metodo di fabbricazione di un dispositivo articolare 70, 170, 270 comprende almeno le seguenti fasi, previste nell'ordine qui indicato:

- (A''') provvedere una attrezzatura 112 di fabbricazione di

dispositivo articolare su una macchina per elettroerosione e disporre una pluralità di pezzi da lavorare 117 su detta attrezzatura 112 di fabbricazione di dispositivo articolare;

- (B''') tagliare la geometria desiderata su detta pluralità
5 pezzi da lavorare 117 con linee di taglio parallele tra loro.

[00529]. La previsione di un unico taglio su detta pluralità di pezzi da lavorare con linee di taglio parallele tra loro, permette di realizzare su detti pezzi da lavorare superfici tra loro parallele, con una spinta precisione di parallelismo.

[00530]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo di fabbricazione come sopra descritto permette di realizzare su detti pezzi da lavorare 117 superfici rigate a generatrici parallele.

[00531]. La previsione di un metodo di fabbricazione come sopra descritto permette di tagliare pezzi da lavorare anche di dimensioni molto piccole, ad esempio di dimensione millimetrica, o sub-millimetrica.

[00532]. In accordo con una forma di realizzazione, detto metodo di fabbricazione è adatto a realizzare almeno un dispositivo articolare 70 comprendente una pluralità di membri articolari 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78.

[00533]. In accordo con un possibile modo di operare, detto metodo di fabbricazione è adatto a realizzare tagli paralleli su detti pezzi da lavorare 117 in modo da formare membri articolari comprendenti superfici tra loro parallele.

[00534]. In accordo con un possibile modo di operare, detto metodo di fabbricazione è adatto a realizzare tagli paralleli su detti

pezzi da lavorare 117 in modo da formare membri articolari adatti ad essere assemblati in modo complementare perché comprendenti superfici tra loro parallele.

[00535]. In accordo con un possibile modo di operare, detta macchina per elettroerosione è adatta a realizzare elettroerosione a filo e comprende un filo di taglio 115.

[00536]. In accordo con una forma di realizzazione, detto filo di taglio 115 misura un diametro compreso tra 30 micrometri e 100 micrometri, e preferibilmente di 50 micrometri.

[00537]. La previsione di un metodo di fabbricazione come sopra descritto permette trasferire al pezzo da lavorare 117 esclusivamente sollecitazioni termiche, evitando di trasferire al pezzo da lavorare 117 ulteriori sollecitazioni meccaniche, ad esempio di flessione, come invece accade eseguendo tagli con ad esempio una fresatrice.

[00538]. In accordo con una forma di realizzazione, detto metodo di fabbricazione è adatto a realizzare almeno un dispositivo articolare per applicazioni nel settore medico-chirurgico.

[00539]. In accordo con una forma di realizzazione, detto metodo di fabbricazione è adatto a realizzare almeno un dispositivo articolare, adatto ad applicazioni nella meccanica di precisione, come ad esempio adatto a realizzare orologi. In accordo con una forma di realizzazione, detto metodo di fabbricazione è adatto a realizzare almeno un dispositivo articolare, adatto ad applicazioni nel settore delle gioielleria e/o bigiotteria. In accordo con una forma di realizzazione, detto metodo di fabbricazione è adatto a

realizzare almeno un dispositivo articolare, adatto ad applicazioni di assemblaggio di prodotti elettro-meccanici.

[00540]. In accordo con un possibile modo di operare, la fase (A''') comprende la seguente sotto-fase:

- montare su detta attrezzatura 112 una pluralità di pezzi da lavorare in rispettive sedi di membro 116.

[00541]. In accordo con un possibile modo di operare, in detta fase (A''') è realizzata prima la sotto-fase:

- (A1''') provvedere una attrezzatura 112 di fabbricazione di dispositivo articolare su una macchina per elettroerosione;

5 e poi la sotto-fase:

- (A2''') disporre una pluralità di pezzi da lavorare 117 su detta attrezzatura 112 di fabbricazione di dispositivo articolare.

[00542]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende tra la sotto-fase (A1''') e la sotto-fase (A2'''), la seguente ulteriore fase:

- (C''') effettuare una calibrazione.

[00543]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende tra la fase (A''') e la fase (B''') la seguente ulteriore fase:

- (C''') effettuare una calibrazione.

[00544]. In accordo con un possibile modo di operare, un metodo comprende dopo la fase (B''') le seguenti ulteriori fasi:

- 10 - (D''') ruotare detta attrezzatura 112;
- ripetere la fase (B''').

[00545]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase di

ruotare detta attrezzatura 112 comprende la ulteriore fase di servirsi di una tavola di supporto rotante per ruotare detta attrezzatura 112, evitando di smontare detta attrezzatura 112 dalla macchina di taglio per eseguire le seguenti fasi:

- ruotare detta attrezzatura 112;
- effettuare una seconda calibrazione, o calibrazione di taglio, esclusivamente su detta asta di riferimento 118;
- ripetere la fase (B''').

[00546]. In accordo con un possibile modo di operare, detta fase (C'''), effettuare una calibrazione, comprende le seguenti sotto-fasi:

- 5 - accendere la macchina per elettroerosione;
- prevedere un'asta di riferimento 118 di asse parallelo alle sedi di membro 116 dei pezzi da lavorare 117;
- portare detto filo di taglio 115 a contatto con una prima porzione di asta 122 di detta asta di riferimento 118, o porzione
- 10 affacciata verso il lato di avvicinamento filo 122;
- misurare, o registrare, la posizione di detto filo;
- e/o
- misurare, o registrare, la posizione di detto filo di taglio 115, quando si trova in contatto con una prima porzione di un primo
- 15 pezzo da lavorare , o porzione affacciata verso il lato di avvicinamento filo; eseguire la fase precedenti per ciascun pezzo da lavorare 117;
- e/o
- portare filo di taglio 115 in contatto con una seconda porzione

di asta 123 di detta asta di riferimento 118, o porzione affacciata verso il lato di allontanamento filo 123, opposta rispetto a detta prima porzione di asta 122;

~ misurare, o registrare, la posizione di detto filo di taglio
5 115;

~ definire la posizione dell'asse di detta asta di riferimento 118 come punto medio tra la posizione di detto filo a contatto con detta prima porzione di asta e la posizione di detto filo quanto si trova a contatto con detta seconda porzione di asta;

10 e/o

~ misurare, o registrare, la posizione di detto filo di taglio 115, quando si trova in contatto con una seconda porzione di detto primo pezzo da lavorare, o porzione affacciata verso il lato di allontanamento filo;

15 ~ definire la posizione di detto primo pezzo da lavorare come punto medio tra la posizione di detto filo a contatto con detta prima porzione di pezzo e la posizione di detto filo quanto si trova a contatto con detta seconda porzione di pezzo ;

e/o

20 ~ eseguire la fase precedente per ciascun pezzo da lavorare 117;

e/o

~ ripetere la procedura per tutti i piani di taglio X-Y, Y-Z, X-Z.

[00547]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 di fabbricazione di dispositivo articolare 70, 170, 270, è adatta ad essere montata su una macchina per elettroerosione.

[00548]. In accordo con una forma di realizzazione, detta

attrezzatura 112 è adatta a realizzare su una pluralità di pezzi da lavorare 117 almeno due tagli su piani di taglio differenti mediante l'impiego di un unico profilo di taglio 110.

[00549]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende una prima coppia di superfici di fissaggio 113, 114 rettificata, opposte e sostanzialmente parallele tra loro e sostanzialmente ortogonali ad un primo piano di taglio X-Y.

[00550]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende una seconda coppia di superfici di fissaggio 134, 135 rettificata, opposte e sostanzialmente parallele tra loro e sostanzialmente ortogonali ad un secondo piano di taglio Y-Z.

[00551]. In accordo con una forma di realizzazione, detta prima coppia di superfici di fissaggio 113, 114 e detta seconda coppia di superfici di fissaggio 134, 135 sono rettificata.

[00552]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascuna coppia di superfici di fissaggio comprende almeno una base di attrezzatura 113, 135 ed almeno una superficie di fissaggio di attrezzatura 114, 134.

[00553]. In accordo con una forma di realizzazione, detta pluralità di sedi di membro 116 sono disposte in successione in modo che una linea retta traslante, sostanzialmente ortogonale a detto primo piano di taglio X-Y, o sostanzialmente ortogonale a detto secondo piano di taglio Y-Z, intersechi al massimo uno solo di detti pezzi da lavorare 117, quando montati in rispettive sedi di membro 116.

[00554]. In accordo con una forma di realizzazione, dette sedi di membro 116 sono sostanzialmente parallele tra loro.

[00555]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende inoltre una terza coppia di superfici di fissaggio, opposte e sostanzialmente parallele tra loro e sostanzialmente ortogonali ad un terzo piano di taglio X-Z.

[00556]. In accordo con una forma di realizzazione, detta terza coppia di superfici di fissaggio comprende almeno un foro di guida 125, ed in cui il filo di elettroerosione 115 di detta macchina per elettroerosione viene inserito in detto almeno un foro di guida 125, per evitare che il filo di elettroerosione entri in contatto con almeno una porzione di detta attrezzatura 112, durante il taglio.

[00557]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende inoltre:

- una pluralità di sedi di membro 116, ciascuna adatta ad accogliere almeno un pezzo da lavorare 117, detto pezzo da lavorare 117 essendo adatto a realizzare almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70, 170, 270.

[00558]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende inoltre:

- 5 - almeno una asta di riferimento 118, adatta a permettere la calibrazione di taglio.

[00559]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende almeno un elemento di fissaggio, adatto a collegare saldamente detto almeno un pezzo da lavorare 117 in sua rispettiva sede di membro 116.

[00560]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un elemento di fissaggio è colla conduttiva.

[00561]. In accordo con una forma di realizzazione, detto almeno un elemento di fissaggio è un grano filettato di fissaggio.

[00562]. In accordo con una forma di realizzazione, detto grano di fissaggio adatto ad essere montato in un foro filettato provvisto in detta almeno una superficie di fissaggio.

[00563]. In accordo con una forma di realizzazione, detto grano di fissaggio essendo adatto a penetrare in detto foro filettato sostanzialmente a battuta con detta superficie di fissaggio.

[00564]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 comprende quattro sedi di membro 116 ed una asta di riferimento 118.

[00565]. In accordo con una forma di realizzazione, ciascuna sede di membro 116 è collocata sostanzialmente alla stessa distanza dalla rispettiva superficie di fissaggio.

[00566]. In accordo con una forma di realizzazione, dette superfici di fissaggio sono disposte sfalsate, a formare un profilo a scaletta. In altre parole, dette superfici di fissaggio sono disposte sfalsate, a formare un profilo a scaletta rispetto ad almeno un piano di taglio X-Y, Y-Z, X-Z.

[00567]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 ha una superficie affacciata verso un qualsiasi piano di taglio X-Y, Y-Z, X-Z minore di 10000mm^2 .

[00568]. In accordo con una forma di realizzazione, detta attrezzatura 112 ha una superficie affacciata verso un qualsiasi

piano di taglio X-Y, Y-Z, X-Z minore di 5000mm².

[00569]. In accordo con una forma di realizzazione, le procedure microchirurgiche sono eseguite manualmente dal chirurgo 200, o micro-chirurgo 200, mediante l'utilizzo di strumenti passivi quali pinze, forbici e porta aghi utilizzati nella manipolazione di tessuti molto fragili e dotti dal calibro di 1mm o inferiori. La procedura microchirurgica più comunemente eseguita è quella dell'anastomosi, in cui si esegue la sutura di due piccoli vasi interrotti, ripristinando il flusso sanguigno. Tale procedura viene eseguita bloccando, uno adiacente all'altro, i due monconi con specifici clamp e utilizzando aghi di piccolo calibro per l'esecuzione della sutura. Il micro-chirurgo 200 deve eseguire di conseguenza movimenti piccolissimi cercando di limitare il naturale tremore della mano e mantenere una grande concentrazione e sensibilità per manipolare delicatamente i fragili tessuti con cui va ad interagire con gli strumenti. La robotica può portare significativi miglioramenti nell'esecuzione di complesse procedure microchirurgiche.

[00570]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico di chirurgia 100 ha la funzione di coadiuvare il chirurgo 200 nell'esecuzione di procedure microchirurgiche attraverso l'utilizzo di dispositivi articolari e dispositivi robotizzati che garantiscano movimenti estremamente precisi, che scalino i reali movimenti manuali del micro-chirurgo 200 eliminando il tremore e riproducendo in piccolo la cinematica del polso umano.

[00571]. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme

robotico di chirurgia 100 comprende un supporto 104, un braccio di macro-posizionamento 30, snodato, ed una coppia di dispositivi di micro-posizionamento 41, 141, 241. Connesso a ciascun dispositivo di micro-posizionamento 41, 141, 241 vi è uno strumento medicale 60, 160, 260 comprendente un vano motori 61 e un dispositivo articolare 70, 170, 270 sterile. Al supporto 104 sono connessi tramite cavi di comunicazione 109, due dispositivi di comando 20 adatti al controllo robotico dei due strumenti medicali 60, 160, 260 e dei micro-manipolatori 41, 141, 241. Nel supporto 104 sono integrate tutte le schede elettroniche di controllo e gli alimentatori di potenza dell'assieme robotico di chirurgia 100, mentre sulla sua superficie è presente un dedicato pannello di controllo 108 per l'accensione, lo spegnimento e la gestione da parte dell'utente di altri avvisi da parte dell'assieme robotico di chirurgia 100. Un ingresso video-microscopio esterno dedicato permette l'utilizzo dei dati digitali provenienti da qualunque microscopio esterno tradizionale per microchirurgia 103. Un microscopio digitale è integrato nel sistema per riprendere il volume di lavoro 7 dei due dispositivi articolari 70, 170, 270 sterili.

[00572]. In accordo con una forma di realizzazione, una possibile configurazione dell'assieme robotico di chirurgia 100 è specificatamente dedicata all'esecuzione di procedure microchirurgiche all'estremità degli arti o su lembi liberi. Essa è composta da un tavolo operatorio 102 su cui disporre l'arto da operare o il lembo libero e prevede l'utilizzo di una coppia di dispositivi articolari 70, 170, 270 connessi ai dispositivi di

micro-posizionamento 41, 141, 241 e controllati remotamente in tempo reale dal micro-chirurgo 200 attraverso i rispettivi dispositivi di comando 20. Il microscopio 103 non è parte dell'assieme robotico di chirurgia 100 ma è elemento indipendente fondamentale per la visualizzazione del volume di lavoro 7 durante l'esecuzione della procedura.

[00573]. In accordo con una forma di realizzazione, una possibile configurazione dell'assieme robotico di chirurgia 100 particolarmente adatta per procedure al seno, ma anche adatta ad eseguire microchirurgie in tutte le altre parti del corpo, è composta da un supporto 104 per il sostegno dell'assieme robotico di chirurgia 100 ed il suo trasporto in sala operatoria in una posizione adiacente al tavolo operatorio orientabile 102 su cui il paziente 201 è sdraiato, un braccio snodato di macro-posizionamento 30 passivo che si estende dal supporto 104 e permette di raggiungere il sito anatomico interessato dalla procedura con una parte attiva dell'assieme robotico di chirurgia 100. Alla terminazione dell'assieme robotico di chirurgia 100 vi è una coppia di dispositivi di micro-posizionamento 41, 141, 241, o dispositivi micro-manipolatori 41, 141, 241, di precisione a quattro gradi di libertà, a cui sono connessi rispettivamente strumenti medicali 60, 160, 260 utilizzati dal chirurgo 200 per l'esecuzione della procedura microchirurgica attraverso la manipolazione del tessuto e dei piccoli aghi di sutura. L'intera procedura è eseguita sotto visione fornita da un microscopio 103 chirurgico tradizionale esterno.

[00574]. In accordo con una forma di realizzazione, il supporto 104 ha funzione strutturale e di trasporto dell'assieme robotico di chirurgia 100 mentre il braccio di macro-posizionamento 30 ad esso connesso permette di posizionare la coppia di dispositivi micro-manipolatori 41, 141, 241 e gli strumenti medicali 60, 160, 260 in prossimità del distretto anatomico su cui operare. I dispositivi micro-manipolatori 41, 141, 241 e gli strumenti medicali 60, 160, 260 sono attivamente movimentati e controllati dai dispositivi di comando 20.

[00575]. In accordo con una forma di realizzazione, ogni dispositivo di comando 20 è dotato di una staffa di supporto posizionabile indipendentemente per esempio collegandola al tavolo operatorio 102. Detti dispositivi di comando 20 sono connessi all'assieme robotico di chirurgia 100 attraverso un cavo di alimentazione 107, adatto alla trasmissione dei dati di controllo.

[00576]. In accordo con una forma di realizzazione, per facilitare il trasporto dell'assieme robotico di chirurgia 100, sono disposte su un suo lato posteriore anche una maniglia retrattile 106 ed una pedana 105. Sulla superficie posteriore il carrello 104 presenta un pannello di controllo 108 per la gestione dei parametri dell'assieme robotico di chirurgia 100 da parte dell'utente e la lettura degli avvisi della macchina stessa. Bottoni di accensione, spegnimento e stop di emergenza sono presenti sulla stessa faccia. Un cavo di alimentazione 107 fornisce corrente elettrica all'intero sistema mentre i dati video acquisiti dal microscopio digitale sono passati all'assieme robotico di chirurgia 100 attraverso un cavo di

comunicazione 109, al fine di poter integrare nel controllo anche l'utilizzo di informazioni derivanti dalla visione. In accordo con una forma di realizzazione, detto assieme robotico 100 comprende in basso e sul lato posteriore del carrello che compone il sistema robotico per microchirurgia, una pedana 105, adatta ad essere utilizzata insieme o in alternativa ad una maniglia retrattile 106, per il trasporto dell'assieme robotico 100 durante il posizionamento nella sala operatoria. Detta pedana 105 permette l'appoggio di un piede da parte di un operatore addetto alla movimentazione di detto assieme robotico 100, affinché l'assieme robotico 100 possa anche essere spinto dalla base eliminando il rischio di ribaltamento durante lo spostamento.

In accordo con una forma di realizzazione, il dispositivo di comando 20 ha la funzione di controllare la movimentazione robotizzata del dispositivo micro-manipolatore 41, 141, 241 e dello strumento medicale 60, 160, 260. Il dispositivo di comando 20 è
5 composto da uno strumento di comando 21 la cui posizione nello spazio è rilevata in tempo reale da un sensore di tracking magnetico. Il sensore di tracking magnetico è costituito da un generatore di campo magnetico e dei marker filati contenenti micro-bobine, come ad esempio non limitativo, il prodotto "NDI AURORA V3
10 tracking system" comprendente "Planar Field Generator" e sensori "Mini 6DOF" della società "NDI - Northern Digital Inc., 103 Randall Drive Waterloo, Ontario, Canada N2V1C5". Lo strumento di comando 21 integra tutti i marker necessari al rilevamento delle sei coordinate spaziali dello strumento di comando 21 rispetto ad una struttura di

base 67 e presenta in una sua porzione di punta 68 un addizionale grado di libertà di presa a pinza, il cui angolo di apertura è misurato tramite un sensore di apertura pinza 29, detto sensore di apertura pinza 29 è un sensore di posizione o un sensore di
5 prossimità. Un cavo di connessione 23 connette lo strumento di comando 21 ad una struttura di base 67 che contiene un generatore di campo magnetico, adatto sia per l'alimentazione che per la trasmissione dei dati tra detto strumento di comando 21 e detta struttura di base 67, particolarmente ma non necessariamente quando
10 comprende un dispositivo di rilevamento 22. Un cavo di comunicazione e alimentazione 24 connette il generatore di campo magnetico all'alimentazione esterna e al carrello 104 dell'assieme robotico 100 trasferendo i dati relativi alla posizione ed orientazione dello strumento di comando 21 oltre che all'angolo di apertura della pinza
15 dello strumento di comando 21. Un ulteriore marker per il rilevamento delle sei coordinate spaziali del carrello rispetto alla struttura di base 67 è presente sul supporto 104 e collegato tramite il cavo di comunicazione ed alimentazione 24 alla struttura di base 67. Luci di segnalazione 26 sono integrate nella struttura di base
20 67 e comunicano l'attività del dispositivo di comando 20 all'utente utilizzatore. Un dedicato elemento ergonomico di appoggio operatore 27, soffice, è realizzato per consentire un utilizzo ergonomico del dispositivo di comando 20, mentre lo strumento di comando 21 riproduce la geometria dei tradizionali strumenti microchirurgici
25 come la pinza o il porta aghi per rendere familiare ed intuitiva la manualità al chirurgo 200.

[00577]. In accordo con una forma di realizzazione, il braccio di macro-posizionamento 30 permette di raggiungere i distretti anatomici interessati dalla procedura chirurgica con i membri attivi dell'assieme robotico di microchirurgia 100 come, ad esempio, i dispositivi micro-manipolatori 41, 141, 241 ed i strumenti medicali 60, 160, 260. Detto braccio di macro-posizionamento 30 è costituito da quattro membri 31, 32, 33, 34 connessi tra loro uno in serie all'altro mediante giunti di rotazione passivi aventi tutti assi di movimento di braccio verticali e paralleli a-a, b-b, c-c. All'interno dei giunti di rotazione, freni elettromagnetici permettono di bloccare la posizione dei singoli membri nello spazio. Un bottone di sblocco freni 35 dedicato, posto inferiormente sul quarto membro di braccio 34 per facilitare la sua presa ed attivazione, permette di sbloccare contemporaneamente tutti i freni dei giunti e riposizionare i singoli membri nello spazio secondo volontà dell'utente. La nuova disposizione può essere congelata rilasciando il bottone di sblocco freni 35.

[00578]. In accordo con una forma di realizzazione, il primo membro 31 del braccio di macro-posizionamento 30 è connesso al carrello 104 attraverso un meccanismo attuato da una ghiera di controllo di spostamento lineare 37, manuale, che ruotando permette la movimentazione di detto braccio di macro-posizionamento 30 all'interno di una guida di scorrimento lineare 36 dedicata lungo un asse di spostamento lineare preferibilmente in direzione verticale.

[00579]. In accordo con una forma di realizzazione, il quarto membro 34 del braccio di macro-posizionamento 30 ha in punta un

giunto di rotazione attivato manualmente da una ghiera di orientazione 43 dedicata che ruota secondo un quarto asse di movimento di braccio d-d, perpendicolare al terzo asse di movimento di braccio c-c.

[00580]. In accordo con una forma di realizzazione, il braccio di macro-posizionamento 30 è connesso al membro di supporto 38 attraverso il giunto di rotazione manualmente attivato attraverso la movimentazione della ghiera di orientazione 43. Una coppia di dispositivi micro-manipolatori 41, 141, 241 è connessa alle due estremità del membro di supporto 38 che al centro integra una telecamera digitale 45 in grado di fornire immagini ingrandite del volume di lavoro 7 in cui si effettua la microchirurgia. Gli strumenti medicali 60, 160, 260 sono solidalmente connessi ai dispositivi micro-manipolatori 41, 141, 241.

[00581]. In accordo con una forma di realizzazione, il dispositivo micro-manipolatore 41, 141, 241 comprende tre slitte motorizzate 51, 52, 53, di precisione, ortogonalmente connesse tra loro e in grado di muoversi ciascuna indipendentemente lungo i rispettivi 3 assi di spostamento lineare f-f, g-g, h-h, ed un sistema motorizzato di rotazione 46.

[00582]. In accordo con una forma di realizzazione, dette slitte motorizzate 51, 52, 53 sono micro-slitte motorizzate. Lo strumento medicale 60, 160, 260 è infatti solidalmente connesso al dispositivo micro-manipolatore 41, 141, 241 mediante il sistema motorizzato di rotazione 46 che lo ruota intorno all'asse di rotazione longitudinale r-r.

[00583]. In accordo con una forma di realizzazione, lo strumento medicale 60 presenta un vano motori 61 contenente almeno un dispositivo di movimentazione 50 adibito alla movimentazione del dispositivo articolare 70 di detto strumento medicale 60 e del suo dispositivo terminale 77. In accordo con una forma di realizzazione, un meccanismo di trasmissione integrato all'interno del vano di trasmissione meccanica 62, connesso al vano motori 61, trasferisce il moto allo strumento medicale 60 attraverso l'asta 65 fino al dispositivo articolare 70 ed al dispositivo terminale 77.

[00584]. In accordo con una forma di realizzazione, lo strumento medicale 60 è costituito da un vano motori 61 contenente gli attuatori adibiti alla movimentazione dello strumento medicale 60 e le schede elettroniche di controllo e pilotaggio. Connesso a detto vano motori 61, è il vano di trasmissione meccanica 62 che contiene il meccanismo adibito alla trasmissione del moto attraverso l'asta 65 diretta lungo la direzione longitudinale di asta X-X, fino al dispositivo articolare 70 ed al dispositivo terminale 77.

[00585]. In accordo con una forma di realizzazione, il vano motori 61 contiene sei elementi di spinta 95 dei tre gradi di libertà dello strumento medicale 60. In particolare detti elementi di spinta sono mossi da almeno un sistema di spinta 94 comprendente micro motori elettrici con sistema di trasmissione lineare mediante madrevite a ricircolo di sfere. Pistoni 95 di attuazione lineare fuoriescono dalla parete del vano motori 61 rivolta verso il vano di trasmissione 92 e attivano il meccanismo di trasmissione integrato nel vano di trasmissione meccanica 62.

[00586]. In accordo con una forma di realizzazione, il vano motori 61 ed il vano di trasmissione meccanica 62 sono separati da una barriera sterile 87 e possono essere connessi solidalmente uno con l'altro attraverso dei particolari di connessione, ad esempio mediante una connessione a baionetta, come mostrato in figura 12.

[00587]. In accordo con una forma di realizzazione, l'asta 65 è realizzata cava ed in metallo e si estende lungo la direzione longitudinale di asta X-X e si inserisce nel vano di trasmissione meccanica 62. All'estremità dell'asta è inserito il dispositivo articolare 70, 170, 270 con in punta il dispositivo terminale 77.

[00588]. In accordo con una forma di realizzazione, connettendo il vano motori 61 con il vano di trasmissione meccanica 62, i sei elementi di spinta 95, sotto forma di pistoni di attuazione, connessi a motori, si accoppiano ai rispettivi alberi di scorrimento 96 del vano di trasmissione meccanica 92.

[00589]. In accordo con una forma di realizzazione, detti elementi di spinta 95 e detti alberi di scorrimento 96 sono separati dalla barriera sterile 87.

[00590]. In accordo con una forma di realizzazione, gli alberi di scorrimento 96 possono muoversi linearmente lungo l'asse di movimentazione pistone-albero e sono mantenuti allineati da fori non rappresentati nella prima porzione di telaio 58, o telaio superiore 58, e rispettive superfici di spallamento 88.

[00591]. In accordo con una forma di realizzazione, l'attuazione del dispositivo articolare 70 è affidata a sei tendini 90, o cavi di attuazione 90, indipendenti e che scorrono dal vano di trasmissione

meccanica 62, lungo la superficie di fissaggio cavi 84, fino al dispositivo terminale 77 dello strumento medicale 60 attraverso il vano di trasmissione meccanica 62, il foro di passaggio dei cavi e l'asta cava 65.

[00592]. In accordo con una forma di realizzazione, durante il passaggio all'interno del vano di trasmissione meccanica 62, ciascun tendine 90 si avvolge attorno ai rispettivi quattro successivi elementi di rinvio 97, solidali al telaio inferiore 59, così da modificare la propria direzione fino ad allinearsi parallelamente all'asse dello strumento X-X. Tali elementi di rinvio 97 possono essere sia pulegge fisse che pulegge mobili ed in una configurazione preferenziale sono pulegge mobili ad eccezione del primo elemento di rinvio 197 collocato più vicino alla prima terminazione di tendine 91 che è una puleggia fissa 197.

[00593]. In accordo con una forma di realizzazione, un ulteriore elemento di rinvio mobile 98, o puleggia di albero 98, è collocato su ciascun albero di scorrimento 96 e si muove solidalmente ad esso lungo l'asse di movimentazione lineare pistone-albero. Ciascun cavo di attuazione 90 è avvolto anche attorno al rispettivo elemento di rinvio mobile 98, fissato al rispettivo albero di scorrimento 96. Detta puleggia di albero 98 è disposta tra il primo elemento di rinvio 197 ed il secondo elemento di rinvio 297.

[00594]. In accordo con una forma di realizzazione, la movimentazione dell'albero di scorrimento 96 e quindi della puleggia di albero 98 indotta dai pistoni di attuazione 95, spinge il tendine 90 variando la sua lunghezza avvolta tra il primo elemento di rinvio

197 e il secondo elemento di rinvio 297. Tale variazione di lunghezza è trasmessa dal meccanismo di trasmissione all'articolazione dello strumento medicale 60, 160, 260, determinandone l'attuazione.

[00595]. In accordo con una forma di realizzazione, una molla 99, adatta a lavorare a compressione, è inserita tra la puleggia di albero 98 ed il telaio superiore 58 attorno all'albero di scorrimento 96.

[00596]. In accordo con una forma di realizzazione, detta molla 99 genera una forza diretta lungo l'asse di direzione di movimentazione e definisce un precarico variabile su tutti i pistoni di attuazione 95 così da mantenere i tendini 90 sempre in lieve tensione ed evitare il loro scavallamento dagli elementi di rinvio 97, 98, 197, 297 durante le fasi di carico e scarico.

[00597]. In accordo con una forma di realizzazione, un elemento guidafile 89 mantiene ciascun tendine 90 in posizione ed impedisce il suo scavallamento anche in caso di eventuale anomalie quali la mancanza di tensione nei tendini 90.

[00598]. In accordo con una forma di realizzazione, il dispositivo articolare 70 utilizza come mezzo di trasmissione del moto sei tendini 90 polimerici a basso attrito, basso raggio di curvatura e con elevata rigidità, per l'attuazione dei tre gradi di libertà di cui il dispositivo articolare 70, 170, 270 è dotato. Ciascun cavo di attuazione 90, in particolare, è incollato con colla acrilica a bassa viscosità sulla superficie di fissaggio 84 del telaio inferiore 59 e devia la sua direzione passando attraverso quattro

successivi elementi di rinvio 97, 197, 297 solidali al telaio inferiore 59 fino a raggiungere il centro del vano di trasmissione 62 e scendere attraverso il foro centrale lungo l'asta 65 dello strumento medicale 60, 160, 260 nella direzione dell'asse dello strumento X-X, fino al dispositivo articolare 70, 170, 270.

[00599]. Come illustrato in figura 13, il primo elemento di rinvio 197 di ciascun cavo di attuazione 90 è una puleggia fissa 197 su cui il tendine 90 scorre. Successivi elementi di rinvio, sono pulegge mobili attorno a cui il cavo di attuazione 90 si arrotola. Tra il primo particolare di rinvio 197 ed il secondo particolare di rinvio 297 è previsto uno spazio adibito all'inserimento ed allo scorrimento lineare dell'albero di scorrimento 96 attuato dal pistone di attuazione 95.

[00600]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno un tendine 90 si avvolge attorno ad almeno quattro elementi di rinvio 197, 297, 397, 497, in cui si definisce un terzo elemento di rinvio 397 ed un quarto elemento di rinvio 497. Tra il terzo elemento di rinvio 397 ed il quarto elemento di rinvio 497, un elemento guidafile 89 mantiene il tendine 90 nella corretta posizione ed impedisce lo scavallamento del tendine 90 anche nel caso di mancanza anomala di tensione.

[00601]. In accordo con una forma di realizzazione, i membri articolari che costituiscono il dispositivo articolare 70, 170, 270 ed il suo dispositivo terminale 77 replicano la cinematica del polso umano con uno strumento di presa in punta per un totale di tre gradi di libertà di movimento.

[00602]. In accordo con una forma di realizzazione, un primo membro articolare 71 ed un secondo membro articolare 72 sono connessi tra loro mediante un giunto rotazionale 171 attorno ad un primo asse di rotazione P-P e successivamente una prima porzione di membro terminale 177 e una seconda porzione di membro terminale 277 sono entrambe connesse al secondo membro articolare 72, liberamente girevoli attorno ad un secondo asse di movimento di giunto Y-Y, ortogonale al primo asse movimento di giunto P-P, e definendo in punta il dispositivo terminale 77.

[00603]. In accordo con una forma di realizzazione, il primo membro 71 si incastra in maniera concentrica con l'asta 65 dello strumento medicale 60 ed è solidalmente connesso ad essa attraverso delle spine di fissaggio 76.

[00604]. In accordo con una forma di realizzazione, sei cavi di attuazione 90 scorrono attraverso il dispositivo articolare disposti rispettivamente opposti a tre a tre rispetto ad un piano di sezione definito dall'asse dello strumento X-X e dal primo asse di movimento di giunto P-P.

[00605]. In accordo con una forma di realizzazione, i cavi di attuazione 90 del secondo membro articolare 72, per la sua rotazione oraria ed antioraria attorno al primo asse di movimento di giunto P-P, sono disposti opposti rispetto al piano di sezione, scorrono sulle due opposte superfici di scorrimento laterale 40 del primo membro 71, si incrociano attraversando il piano di sezione prima del primo asse di movimento di giunto P-P, poi si arrotolano attorno alla almeno una superficie di scorrimento di giunto 80 del secondo

membro 72 e si fissano al secondo membro 72.

[00606]. In accordo con una forma di realizzazione, i due cavi di attuazione 90 della prima porzione di membro terminale 177 così come i cavi di attuazione 90 della seconda porzione di membro terminale 277, sono disposti sullo stesso lato del piano di sezione, scorrono anch'essi sulle due superficie di scorrimento laterale 40, 140 del primo membro 71, si incrociano attraversando il piano di sezione prima del primo asse di movimento di giunto P-P, poi si arrotolano attorno alla almeno una superficie di scorrimento 80 del secondo membro 72 e proseguono fino ad arrotolarsi in direzioni opposte sulla superficie di avvolgimento 86 del membro terminale 77. Durante l'attuazione delle sole prima porzione di membro terminale 177 o seconda porzione di membro terminale 277, i cavi di attuazione 90 di detta prima porzione di membro terminale 177 e di detta seconda porzione di membro terminale 277 scorrono lungo la superficie di scorrimento 80 del secondo membro 72.

[00607]. In accordo con una forma di realizzazione, la movimentazione del dispositivo articolare 70 è ottenuta mediante cavi di attuazione 90 polimerici, o tendini polimerici 90. Tali tendini 90 passano dal vano di trasmissione meccanica 92, scorrono lungo tutta l'asta cava 65 e arrivano fino ad dispositivo articolare 70 ed al dispositivo terminale 77.

[00608]. In accordo con una forma di realizzazione, il trasferimento del moto ai giunti del dispositivo articolare 70 è funzione del percorso tenuto dai tendini 90 nel dispositivo articolare. Sfruttando il basso attrito, il piccolissimo raggio di curvatura dei

cavi di attuazione 90, i cavi di attuazione 90 scorrono attraverso i membri articolari che compongono il dispositivo articolare e si arrotolano attorno ai vari assi di movimento di giunto P-P, Y-Y.

[00609]. In accordo con una forma di realizzazione, i membri che compongono il dispositivo articolare 70 sono infatti rotazionalmente connessi tra loro attraverso un particolare di supporto del giunto rotazionale 171. Ciascun membro presenta delle superfici di scorrimento 80, 86 per i cavi di attuazione 90, sia intorno all'asse di di movimento di giunto P-P, Y-Y che lungo il corpo del membro del dispositivo articolare.

[00610]. In accordo con una forma di realizzazione, un primo cavo di attuazione 90 proveniente da un primo membro 71 scorre su una superficie di scorrimento laterale 40 del primo membro 71, quindi si arrotola attorno al primo asse di movimento di giunto P-P sulla superficie di scorrimento di giunto 80 del secondo membro 72. Il primo cavo di attuazione 90 prosegue scorrendo su altre superfici di scorrimento laterale 40 del secondo membro 72 disposte lateralmente su di esso fino a cambiare di nuovo direzione di avvolgimento arrotolandosi sulla superficie di avvolgimento 86 del terzo membro 73. Un secondo cavo di attuazione 190, antagonista al primo cavo di attuazione 90, proveniente da un primo membro 71 scorre su una superficie di scorrimento laterale 140 del primo membro 71 opposta alla superficie di scorrimento laterale 40 del primo membro 71 su cui scorre il primo cavo di attuazione 90, quindi si arrotola attorno al primo asse di giunto P-P sulla superficie di scorrimento 80 del secondo membro 72. Il secondo cavo di attuazione 190 prosegue

scorrendo su altre superfici di scorrimento laterale 140 del secondo membro 72 disposte lateralmente su di esso ma opposte alle superfici di scorrimento laterale 40 su cui scorre il primo cavo 90, fino a cambiare nuovamente direzione di avvolgimento arrotolandosi sulla superfici di avvolgimento 86 del terzo membro 73.

[00611]. In accordo con una forma di realizzazione, una tensione o una trazione applicata per esempio al primo cavo 90 induce una rotazione antioraria al secondo membro 72 rispetto al primo membro 71 ed una rotazione in senso orario del terzo membro 73 rispetto al secondo membro 72. La tensione applicata al secondo cavo 190 induce rotazioni opposte nei giunti.

[00612]. In accordo con una forma di realizzazione, un aggiuntivo giunto di gomito 75, posizionato prima di un giunto di polso 78, adatto a riprodurre la cinematica del polso umano, può essere ottenuta accoppiando in serie tra loro due membri caratterizzati dal fatto di comprendere due assi di movimento di giunto P-P paralleli.

[00613]. In accordo con una forma di realizzazione, il primo membro 71 è accoppiato con un membro di gomito 75 avente due differenti assi di movimento di giunto P-P paralleli, uno distale ed uno prossimale, che si accoppiano al primo giunto ed al secondo giunto rispettivamente. Tale membro di gomito 75 presenta due superfici di scorrimento 80 attorno ai due assi di movimento di giunto P-P e due coppie di superfici di scorrimento laterali 40, 140 disposte lateralmente opposte rispetto ad un secondo piano di sezione, definito come il piano che interseca il primo P-P e il secondo asse di movimento di giunto Y-Y.

[00614]. In accordo con una forma di realizzazione, i cavi di attuazione 90, 190 sono otto. Detti otto cavi di attuazione 90, 190 scorrono sulle due superfici di scorrimento laterale 40,140 del primo membro 71, disposte una opposta all'altra rispetto al primo piano di sezione, e si incrociano attraversando tale piano di sezione prima del primo asse di movimento di giunto P-P, quindi scorrono sulla prima superficie di scorrimento di giunto 80 del membro di gomito 75.

[00615]. In accordo con una forma di realizzazione, due cavi di attuazione 90, 190, adibiti alla movimentazione del giunto rotazionale 171 di gomito, terminano sul membro di gomito 75, gli altri sei cavi 90, 190 proseguono lungo le superfici di scorrimento laterale 40, 140 del giunto rotazionale 171 di gomito incrociandosi attraverso il secondo piano di sezione prima del secondo asse di giunto. La prosecuzione dei cavi attorno al secondo, terzo e quarto membro 72, 73, 74, alla prima porzione di membro terminale 177 e alla seconda porzione di membro terminale 277 è analoga a quanto presentato nella configurazione a polso precedentemente descritta.

[00616]. In accordo con una forma di realizzazione, tutti i membri che costituiscono il dispositivo articolare 70 ed il dispositivo terminale 77 sono fabbricati mediante elettroerosione a filo eseguita su due piani di lavoro ortogonali X-Y, Y-Z.

[00617]. In accordo con una forma di realizzazione, fabbricando il primo membro 71 a partire da un pezzo da lavorare 117 cilindrico, esso presenta due superfici circolari che permettono l'incastro concentrico con l'asta 65.

[00618]. In accordo con una forma di realizzazione, su tali superfici circolari sono presenti inferiormente dei particolari di accoppiamento, come ad esempio fori passanti, che permettono il fissaggio solidale del primo membro nell'asta 65 mediante perni di fissaggio 76. Il primo membro 71 presenta superiormente due particolari per il supporto del giunto rotazionale 171 ciascuno caratterizzato da una sede circolare realizzata intorno al primo asse di movimento di giunto F-P e una superficie di spallamento.

[00619]. In accordo con una forma di realizzazione, essendo fabbricati con elettroerosione a filo, tutti i fori, quali le sedi di perno 79 particolari di accoppiamento, presentano solchi di lavorazione 78 determinati dal passaggio del filo di taglio 115.

[00620]. In accordo con una forma di realizzazione, definito un piano di sezione passante dall'asse dello strumento X-X e dal primo asse di movimento di giunto P-P, il primo membro 71 presenta due opposte superfici di scorrimento dei cavi 40, 140 con forme arrotondate simmetricamente opposte rispetto il piano di sezione.

[00621]. In accordo con una forma di realizzazione, fabbricata alla macchina per elettroerosione a filo, ciascuna superficie di scorrimento 80,180,40,140 è costituita dal movimento di rette generatrici parallele che si muovono direttamente lungo il profilo di taglio 110.

[00622]. In accordo con una forma di realizzazione, i cavi di attuazione 90 scorrono a tre a tre rispettivamente lungo le due superfici di scorrimento laterale 40, 140 una opposta all'altra sul primo membro 71 e si incrociano attraverso il piano di sezione prima

del primo asse di rotazione per poi proseguire sul secondo membro 72.

[00623]. In accordo con una forma di realizzazione, il secondo membro 72 presenta inferiormente una superficie di scorrimento di giunto 80 disposta circolarmente attorno al primo asse di movimento di giunto P-P.

[00624]. In accordo con una forma di realizzazione, detta superficie di scorrimento di giunto 80 è generata da rette generatrici parallele mosse lungo il profilo di taglio ad elettroerosione a filo.

[00625]. In accordo con una forma di realizzazione, una sede di perno 76 ed una superficie di spallamento caratterizzano il giunto di accoppiamento con il primo membro 71 attorno al primo asse di movimento di giunto P-P. Due sedi di fissaggio tendine 82 sono ricavate lateralmente al secondo membro 72 permettendo la seconda terminazione di tendine 92 del secondo membro 72 tramite incollaggio o nodo. Superiormente, due particolari per il supporto del terzo e quarto giunto di rotazione sono ciascuno caratterizzato da una sede circolare realizzata intorno al secondo asse di movimento di giunto Y-Y e una superficie di spallamento.

[00626]. In accordo con una forma di realizzazione, il secondo asse di movimento di giunto Y-Y è ortogonale al primo asse di movimento di giunto P-P. Essendo fabbricati mediante elettroerosione a filo, tutti i fori di sede di perno 79 per gli assi dei giunti presentano solchi di lavorazione 49 determinati dal passaggio del filo di taglio 115.

[00627]. In accordo con una forma di realizzazione, il terzo membro 73 è caratterizzato da una sede di perno 79 lungo il secondo asse di movimento di giunto Y-Y. Il terzo membro 73 è accoppiato al secondo membro 72 attraverso una sede di asse di giunto e superficie di spallamento relativa. Una superficie di avvolgimento 86 dei cavi di attuazione 90, 190 permette l'arrotolamento dei cavi di attuazione 90, 190 attorno a tale superficie di avvolgimento 86 che risulta concentrica rispetto al secondo asse di movimento di giunto Y-Y. Lateralmente al terzo membro 73 è ricavata una sede di terminazione tendine 82 ed una sede di fissaggio tendine 82. La sede di terminazione tendine 82 è utilizzata per permettere il passaggio dei fili di terminazione, la sede di fissaggio tendine 82 è utilizzata per accogliere le seconde terminazioni di tendine 92,192 del terzo membro 73, definite da nodi.

[00628]. In accordo con una forma di realizzazione, la prima porzione di membro terminale 177 e la seconda porzione di membro terminale 277 sono accoppiate al secondo membro 72 condividendo il secondo asse di movimento di giunto Y-Y.

[00629]. In accordo con una forma di realizzazione, la prima porzione di membro terminale 177 è di forma speculare la seconda porzione di membro terminale 277.

[00630]. In accordo con una forma di realizzazione, il terzo membro 73 può essere accoppiato individualmente al secondo membro 72 solo se il dispositivo terminale 77, presente sul terzo membro 73 definisce uno strumento medicale 60 di tipo chirurgico o microchirurgico come, ad esempio, una lama di bisturi.

[00631]. In accordo con una forma di realizzazione, un membro terminale 77, indipendente, può essere accoppiato da solo al secondo membro 72, solo se il dispositivo terminale 77 in punta definisce da solo uno strumento medicale 60 di tipo chirurgico o microchirurgico come, ad esempio, una lama di bisturi o un porta fibra ottica per trattamenti con luce laser. In questo caso, il dispositivo articolare 70 definirà due soli gradi di libertà di movimento, particolarmente di beccheggio e imbardata, perdendo il grado di libertà di presa.

[00632]. In accordo con una forma di realizzazione, la prima porzione di membro terminale 177 e la seconda porzione di membro terminale 277 possono accoppiarsi tra loro definendo differenti dispositivi terminali 77 quali, ad esempio, un micro dispositivo di taglio, un micro dispositivo terminale di presa retta, un micro dispositivo di presa angolata, un porta aghi ed altri strumenti microchirurgici tradizionali, come illustrato nelle figure 25-27. I dispositivi terminali 77 riproducono la forma, le proporzioni e le funzionalità dei tradizionali strumenti microchirurgici così da facilitare al micro-chirurgo 200 il riconoscimento e l'uso dello strumento stesso.

[00633]. In accordo con una forma di realizzazione, i perni di fissaggio 76 sono inseriti nelle sedi di perno 79 dei membri del dispositivo articolare 70. I perni di fissaggio 76 sono preferibilmente realizzati in metallo duro, rettificati e lucidati per ridurre l'attrito di scorrimento.

[00634]. In accordo con una forma di realizzazione, i perni di

fissaggio 76 entrano per accoppiamento interferente con le sedi di perno 79 che si estendono in corrispondenza degli assi di movimento di giunto P-P, Y-Y nei particolari di supporto del giunto rotazionale 171.

[00635]. In accordo con una forma di realizzazione, i perni di fissaggio 76 entrano con gioco nelle sedi di perno 79 relative alle superfici di avvolgimento 86.

[00636]. In accordo con una forma di realizzazione, la connessione mediante perno di fissaggio 76 tra il primo membro 71 ed il secondo membro 72 realizza un giunto rotazionale, adatto a ruotare attorno al secondo asse di movimento di giunto P-P, con angolo di attuazione sostanzialmente compreso tra $+90^\circ$ e -90° .

[00637]. In accordo con una forma di realizzazione, la connessione mediante un unico perno di fissaggio 79 tra il secondo membro articolare 72, la prima porzione di membro terminale 177 e la seconda porzione di membro terminale 277, realizza un giunto rotazionale tra detti tre membri 72,177,277 con angolo di attuazione sostanzialmente compreso tra $+90^\circ$ e -90° . Detto giunto definisce due gradi di libertà, caratterizzando sia l'imbardata che la presa dello strumento medicale 60.

[00638]. In accordo con una forma di realizzazione, i tendini 90,190 polimerici possono essere terminati in differenti modi affinché, grazie ad una connessione solida, possano essere soggetti a tensione e sia possibile trasmettere tale tensione anche sul membro o la parte a cui sono collegati per la loro movimentazione.

[00639]. In accordo con una forma di realizzazione, i tendini 90

passano attraverso una sede di terminazione tendine 82 e sono bloccati da un nodo realizzato sul tendine 90 stesso, posizionato nella sede di fissaggio tendine 82.

[00640]. In accordo con una forma di realizzazione, un secondo metodo di fissaggio dei tendini 90, utilizzato ad esempio per l'attuazione del secondo membro 72, prevede il passaggio di una ansa del tendine 90 attraverso una sede di fissaggio tendine 82 e l'applicazione di tensione ad entrambe le estremità del tendine 90, così che i due lati del tendine 90, 190 agiscano come singolo tendine 90, dimezzando i carichi a cui esso stesso è soggetto.

[00641]. In accordo con una forma di realizzazione, un terzo metodo di fissaggio dei tendini 90 prevede l'inserimento di porzioni di tendine in sedi di terminazione 82 dedicate e l'utilizzo di colle specifiche per il polimero di cui sono costituiti i tendini 90, come ad esempio utilizzato per la prima terminazione 91 sul telaio inferiore 59 del vano di trasmissione meccanica 62 del dispositivo di movimentazione 50.

[00642]. In accordo con una forma di realizzazione, il dispositivo articolare 70 è caratterizzato da tre gradi di libertà di movimento e particolarmente un grado di libertà di beccheggio (in inglese "pitch") tra il primo membro 71 ed il secondo membro 72, un grado di libertà di imbardata (in inglese "yaw") tra il secondo membro 72 ed il terzo membro 73, un grado di libertà di presa (in inglese: "grip"), o presa a pinza, tra la prima porzione di membro terminale 177 e la seconda porzione di membro terminale 277.

[00643]. In accordo con una forma di realizzazione, il secondo

membro articolare 72, la prima porzione di membro terminale 177 e la seconda porzione di membro terminale 277 possono muoversi attorno al primo asse di movimento di giunto P-P ed al secondo asse di movimento di giunto Y-Y rispettivamente in maniera indipendente. La movimentazione dello strumento medicale 60 è affidata a cavi di attuazione 90 che passano attraverso i membri che sono accoppiati tra loro in giunti rotazionali.

[00644]. In accordo con una forma di realizzazione, una coppia di tendini 90, 190 comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, è adatta a lavorare come tendine agonista e tendine antagonista per il la prima porzione di membro terminale 177 e una ulteriore coppia di tendini 90, 190 comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, è adatta a lavorare come tendine agonista e tendine antagonista per la seconda porzione di membro terminale 277, una ancora ulteriore coppia di tendini 90, 190 comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, è adatta a lavorare come tendine agonista e tendine antagonista per il secondo membro articolare 72.

[00645]. In accordo con una forma di realizzazione, una coppia di tendini 90, 190, comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, adatti a lavorare come agonista ed antagonista, trasmettono moto di rotazione alla seconda porzione di membro terminale 277, attorno al secondo asse di movimento di giunto Y-Y, passando sulla superficie di scorrimento laterale 40 del primo membro articolare 71, incrociando il piano di sezione, passando sulla superficie di scorrimento di giunto 80 del secondo membro

articolare 72, quindi arrotolandosi rispettivamente in senso opposto sulla superficie di avvolgimento 86 della seconda porzione di membro terminale 277 e terminando con un nodo. Quando uno dei due tendini 90, 190 è tensionato o rilasciato, scorre su superfici di scorrimento 80 del primo membro articolare 71 e su superfici di scorrimento 80 del secondo membro articolare 72, mentre si svolge o si avvolge sulla superficie di avvolgimento 86 del quarto membro articolare come su una carrucola.

[00646]. In accordo con una forma di realizzazione, una ulteriore coppia di tendini 90,190 comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, attua la prima porzione di membro terminale 177 in maniera analoga alla seconda porzione di membro terminale 277.

[00647]. In accordo con una forma di realizzazione, una ancora ulteriore coppia di tendini 90, 190 comprendente un tendine 90 ed un contrapposto tendine 190, adatti a lavorare come agonista e antagonista, muove il secondo membro articolare 72 attorno al primo asse di movimento di giunto P-P, passando su superfici di scorrimento laterali 40, 140 del primo membro 71 opposte rispetto al piano di sezione dello strumento medicale 60, incrociando tale piano di sezione, arrotolandosi con verso opposto sulla superficie di scorrimento di giunto 80 del secondo membro articolare 72, quindi terminando nella sede di terminazione 82 dedicata. In particolare, ogni cavo di attuazione 90, 190 del secondo membro articolare 72 crea un'ansa che passa attraverso la rispettiva sede di fissaggio 82 e torna indietro, passando sulle superfici di avvolgimento 86 e di

scorrimento 80 e di scorrimento laterale 40 lungo un percorso analogo al tendine contrapposto.

[00648]. In accordo con una forma di realizzazione, nella movimentazione del secondo membro articolare 72 intorno al primo asse di movimento di giunto P-P, in una direzione di rotazione, sono sottoposte a tensione entrambe le estremità del tendine 90,190. Inoltre, diversamente dalle due coppie di tendini 90,190 che attuano la prima porzione di membro terminale 177 e la seconda porzione di membro terminale 277 rispettivamente, nel caso dei tendini 90 del secondo membro articolare 72, i tendini 90, durante la movimentazione, non scorrono sulla superficie di scorrimento del secondo membro articolare 72, ma si arrotolano o si srotolano su detta superficie di scorrimento di giunto 80, come fosse una carrucola.

[00649]. In accordo con una forma di realizzazione, sei tendini 90 indipendenti sono utilizzati per l'attuazione dei tre gradi di libertà di movimento del dispositivo articolare 70, ma otto cime incrociano il piano di sezione tra la superficie di scorrimento laterale 40 del primo membro articolare e la superficie di scorrimento laterale 40 del secondo membro articolare 72, poiché entrambe le cime dei cavi di attuazione 90,190 del secondo membro 72 sono tensionate nella movimentazione in una direzione attorno primo asse di movimento di giunto P-P.

[00650]. In accordo con una forma di realizzazione, le superfici di scorrimento 80,180 tra cavi di attuazione 90 e membri del dispositivo articolare 70 sono ridotte al minimo, per ridurre

l'attrito. I tendini 90,190 sono terminati alle loro seconde terminazioni di tendine 92 in modo che il loro percorso di tendine T-T rimanga il più possibile parallelo all'asse dello strumento X-X, evitando forze trasversali.

[00651]. In accordo con una forma di realizzazione, l'incrocio dei tendini 90 e l'attraversamento del piano di sezione tra la superficie di scorrimento di giunto 80 e il primo asse di rotazione P-P impedisce il distacco dei tendini 90 dalle superfici di scorrimento di giunto 80 durante la sua movimentazione e garantisce una lunghezza e un angolo costante dei tendini 90,190.

[00652]. Di seguito verrà descritto sia il metodo di fabbricazione di micro-componenti meccanici multi-dimensionali ed assemblabili tramite elettroerosioni, in particolare per la realizzazione di dispositivi articolari 70 dal diametro inferiore di 4mm per applicazioni in microchirurgia, sia le caratteristiche principali di una dedicata attrezzatura di fabbricazione 112 quale elemento fondamentale per l'esecuzione del processo produttivo in maniera economicamente sostenibile ed in grado di garantire la precisione necessaria.

[00653]. In accordo con un possibile modo di operare, la necessità di realizzare micro-parti con numerosi dettagli meccanici e un elevato grado di precisione ha determinato l'utilizzo di metalli duri come materiale strutturale e l'elettroerosione a filo come processo di fabbricazione dei componenti. Come è noto, l'elettroerosione è un processo di fabbricazione sottrattiva in cui si rimuove materiale da un pezzo conduttivo con una serie di scariche

di corrente tra il pezzo stesso e un elettrodo soggetto a tensione elettrica, separati da un liquido dielettrico acqua od olio, fino ad ottenere la forma desiderata. In particolare, nella lavorazione di elettroerosione a filo, il pezzo da lavorare 117 è fissato e immerso in una vasca di liquido dielettrico mentre un filo di taglio 115 in metallo, ad esempio ottone o rame, e dal diametro variabile tra 0,5 mm a 0,02 mm, scorre in continuo tra due bobine. Il filo di taglio 115 è sostenuto tra una guida superiore ed una guida inferiore che dotate di movimentazione a controllo numerico nel piano orizzontale eseguono profili di taglio bidimensionali. Il movimento delle guide è molto preciso, e la risoluzione complessiva della lavorazione non è lontano da 1 micrometro (μm), tuttavia il taglio planare limita notevolmente la realizzazione di componenti tridimensionali. Anche se in alcune macchine avanzate, la sola guida superiore può muoversi autonomamente sul piano orizzontale, questo non aumenta troppo la possibilità di realizzare parti complesse 3D.

[00654]. I principali vantaggi della elettroerosione a filo includono:

- possibilità di lavorare metalli duri,
- assenza di contatto diretto tra utensile e pezzo da lavorare 117,
- dettagli delicati possono essere lavorati senza
- 5 distorsione,
- può essere ottenuta una buona finitura superficiale,
- realizzazione di forme complesse, altrimenti difficili da produrre con utensili da taglio convenzionali, garantendo

tolleranze molto strette.

Tuttavia, alcuni degli svantaggi della elettroerosione includono:

- il lento tasso di rimozione del materiale,
- la difficile realizzazione di forme 3D complesse e
5 assemblabili,
- l'assenza di spigoli per angoli concavi.

[00655]. Le fasi manuali di fissaggio di ogni singolo pezzo da lavorare 117, metallico, in macchina per ciascuno dei piani di taglio e la successiva calibrazione della macchina stessa, sono fasi molto lente nella fabbricazione dei componenti e sono anche quelle da cui derivano i maggiori errori geometrici che impediscono il perfetto accoppiamento tra le micro-parti prodotte singolarmente.

[00656]. In accordo con un possibile modo di operare, al fine di ridurre notevolmente i tempi di realizzazione e garantire la precisione adeguata al corretto accoppiamento delle micro-parti fabbricate, è stata realizzata una dedicata attrezzatura di fabbricazione 112, adatta a fornire un supporto meccanico che possa permettere il fissaggio e la lavorazione contemporanea di tutti i pezzi da lavorare 117, nonché l'assemblaggio almeno una porzione di un dispositivo articolare 70 su uno o più piani differenti, con un unico profilo di taglio 110, e una unica calibrazione.

[00657]. In accordo con un possibile modo di operare, il piano frontale della attrezzatura 112 presenta fori di sede di membro 116, adatti ad accogliere con tolleranza molto stretta, almeno H6h5, i pezzi da lavorare 117.

[00658]. In accordo con un possibile modo di operare, sul piano

frontale, un profilo a "scaletta" della attrezzatura 112 è definita per permettere la realizzazione, sui relativi piani perpendicolari, di corti fori filettati passanti.

[00659]. In accordo con un possibile modo di operare, grani di fissaggio M2 assicurano i pezzi da lavorare 117 alla attrezzatura 112 e garantiscono una perfetta conduzione elettrica con detta attrezzatura 112, fondamentale per il processo di elettroerosione.

[00660]. In accordo con un possibile modo di operare, i grani di fissaggio scompaiono sotto il piano in cui vengono avvitati per non impedire l'eventuale presa, su tali piani, con la morsa della macchina per elettroerosione.

[00661]. In accordo con un possibile modo di operare, in alternativa ai grani di fissaggio ed ai fori filettati associabili ai grani di fissaggio, è possibile utilizzare colla conduttiva, per assicurare i pezzi da lavorare 117 alla attrezzatura 112 e garantire una perfetta conduzione elettrica con detta attrezzatura 112.

[00662]. In accordo con un possibile modo di operare, la disposizione dei pezzi da lavorare 117 sulla attrezzatura 112 è tale che essi non si sovrappongono nelle viste dei piani di lavoro, per esempio i piani X-Y e Y-Z, così da consentire per ogni piano la realizzazione di dettagli differenti e indipendenti su ciascun pezzo da lavorare 117, eseguiti con un profilo di taglio 110 unico e continuo.

[00663]. In accordo con un possibile modo di operare, la distanza di non sovrapposizione tra due pezzi da lavorare 117 adiacenti è minimizzata in modo da mantenere il più compatte possibile le

dimensioni dell'attrezzatura 112. In questa maniera è possibile minimizzare la distanza tra la guida superiore e quella inferiore migliorando la precisione di lavorazione.

[00664]. In accordo con un possibile modo di operare, una asta di riferimento 118, metallica, è incastrata alla attrezzatura 112 e viene utilizzata per la calibrazione della macchina per elettroerosione con la attrezzatura di fabbricazione 112 ed i pezzi da lavorare 117.

[00665]. In accordo con un possibile modo di operare, è prevista una prima calibrazione, eseguita una sola volta tra la attrezzatura 112 caricata con tutti pezzi da lavorare 117 e la macchina per elettroerosione in utilizzo per la lavorazione, detta prima calibrazione è in grado di individuare e di compensare tutti gli errori legati alla macchina e quelli geometrici della attrezzatura di fabbricazione 112, come ad esempio la posizione relativa tra l'asta di riferimento 118 e i pezzi di lavorazione 117.

[00666]. In accordo con un possibile modo di operare, una volta definite le posizioni dei pezzi da lavorare 117 rispetto all'asta di riferimento 118 nei vari piani di taglio, sono generati i profili di taglio 110 tenendo conto delle differenze di tali posizione con quelle nominali.

[00667]. In accordo con un possibile modo di operare, detta prima calibrazione sarà eseguita nuovamente solo se viene cambiata la macchina per elettroerosione o una nuova attrezzatura 112 viene utilizzata.

[00668]. In accordo con un possibile modo di operare, ogni volta

che la attrezzatura 112, caricata dei pezzi da lavorare 117, viene fissata sulla morsa della macchina per elettroerosione prima di un taglio, è prevista una seconda procedura di calibrazione, o calibrazione di taglio, effettuata sulla sola asta di calibrazione 118. Questo processo di calibrazione di taglio elimina offset geometrici ed errori dovuti al fissaggio manuale ed individua nell'asse dell'asta di riferimento l'origine del sistema di riferimento.

[00669]. In accordo con un possibile modo di operare, per consentire il corretto fissaggio della attrezzatura 112 sulla morsa della macchina per elettroerosione, detta attrezzatura 112 ha almeno una coppia di superfici di fissaggio 113,114, opposte, parallele e rettificate, destinate ad essere prese dalle ganasce della morsa, ed una superficie posteriore X-Z piana, rettificata ed ortogonale alle superfici di fissaggio 113,114, destinata ad andare in battuta con una superficie fissa della macchina, ortogonale alle ganasce della morsa.

[00670]. In accordo con un possibile modo di operare, non utilizzando morse mobili od orientabili, nella macchina per elettroerosione è necessario che la attrezzatura 112 abbia una coppia di superfici di fissaggio 113, 114 piane, parallele e rettificate opposte per ogni piano di taglio previsto nella realizzazione dei microcomponenti.

[00671]. In accordo con un possibile modo di operare, altri piani di taglio possono essere realizzati modificando adeguatamente la attrezzatura 112.

[00672]. In accordo con un possibile modo di operare, per la lavorazione di un terzo piano ortogonale è necessario per esempio prevedere dedicate geometrie che permettano l'inserimento del filo di taglio 115 all'interno della attrezzatura ed evitino così il taglio di porzioni di attrezzatura 112. Differenti profili indipendenti devono essere creati senza però richiedere ulteriori calibrazioni. Tuttavia, al termine di ogni profilo di taglio 110 sul medesimo piano, il filo di taglio 115 deve essere tagliato e re-inserito nella successiva geometria di inserimento.

[00673]. In accordo con un possibile modo di operare, il processo di fabbricazione utilizzato per la realizzazione dei componenti necessari all'assemblaggio di un dispositivo articolare 70, prevede l'inserimento di quattro pezzi da lavorare 117 sotto forma di cilindri metallici realizzati in acciaio per utensili (in inglese: "tool steel"), all'interno dei fori di sede di membro 116 frontali della attrezzatura 112 ed il loro fissaggio con i grani di tipo M2.

[00674]. In accordo con un possibile modo di operare, tutti i microcomponenti tridimensionali che costituiscono il dispositivo articolare 70 per applicazioni micro-medicali, posso essere realizzati a partire da pezzi da lavorare 117 metallici, in particolare cilindri realizzati in acciaio dal diametro di 3mm e lunghezza di 12mm, che vengono lavorati mediante elettroerosione a filo su due piani X-Y e Y-Z.

[00675]. In accordo con un possibile modo di operare, la attrezzatura 112 carica con i pezzi da lavorare 117 è bloccata alla morsa della macchina per elettroerosione utilizzando le superfici di

fissaggio 113, 114, come riferimento di appoggio per il fissaggio e viene eseguita la calibrazione sul piano X-Y utilizzando come riferimento l'asse dell'asta di riferimento 118 piantata solidalmente nella attrezzatura 112. Il primo profilo di taglio 110 viene eseguito, lavorando sul piano X-Y tutti i pezzi da lavorare 115 fissati sulla attrezzatura 112.

[00676]. In accordo con un possibile modo di operare, la attrezzatura 112 viene quindi rimossa dalla macchina e rimontata in morsa ruotata di 90° per lavorare il secondo piano Y-Z della attrezzatura 112.

[00677]. In accordo con un possibile modo di operare, viene eseguita una seconda calibrazione per secondo piano di lavoro Y-Z e viene lanciato il taglio del secondo profilo di taglio 210.

[00678]. In accordo con un possibile modo di operare, dotando la macchina per elettroerosione di una morsa rotante od orientabile è possibile eseguire una sola volta il processo di calibrazione di taglio e ruotare il piano di lavoro secondo quanto necessario tra una profilo di taglio e l'altro.

[00679]. In accordo con un possibile modo di operare, al termine del secondo profilo di taglio 210 le componenti prodotte sono completamente staccate dal pezzo di lavorazione e possono essere raccolte nella vasca.

[00680]. Grazie alla previsione di un assieme robotico secondo un aspetto dell'invenzione, è possibile controllare il posizionamento ed il movimento di almeno uno strumento medicale articolato all'interno di un volume di lavoro, in modo affidabile, preciso e

controllabile in modo semplice.

[00681]. Grazie alla previsione di un assieme robotico secondo un aspetto dell'invenzione, è possibile controllare il posizionamento ed il movimento simultaneo di almeno due strumenti medicali articolati, cioè comprendenti un dispositivo articolare, all'interno di un campo di lavoro, in modo affidabile, preciso e controllabile in modo semplice, raggiungendo potenzialmente ogni distretto anatomico del paziente con le porzioni terminali di detti strumenti medicali.

[00682]. Grazie alla previsione di un assieme robotico secondo un aspetto dell'invenzione, comprendente una unità di acquisizione immagini, ma privo di microscopio integrato, è possibile limitare il costo nonché l'ingombro di detto assieme, realizzando una piattaforma compatibile con installazioni di microscopio pre-esistenti, permettendo quindi di effettuare operazioni di retrofitting.

[00683]. Grazie alla previsione di un assieme robotico secondo un aspetto dell'invenzione, il più possibile privo di parti cui sono richiesti ampi movimenti durante la movimentazione della porzione terminale dello strumento medicale, a, è possibile realizzare un assieme robotico per microchirurgia di limitato ingombro, migliorando il comfort del micro-chirurgo, che può ad esempio tele-operare anche trovandosi nelle immediate vicinanze del tavolo operatorio e quindi vedere il campo operatorio ed accedervi direttamente, nonché migliorando complessivamente le condizioni di lavoro dell'équipe chirurgica, in quanto, ad esempio, evita

collisioni accidentali con parti mobili dell'assieme robotico durante l'accesso al campo operatorio, nonché rende più agevole il trasporto dell'assieme robotico, oppure il transito di un flusso di persone o di aria intorno all'assieme robotico. Parimenti, è reso possibile l'utilizzo contemporaneo di due o più assiemi robotici sul medesimo paziente.

[00684]. Grazie alla previsione di un dispositivo di comando secondo un aspetto dell'invenzione è possibile semplificare e rendere più intuitiva e confortevole l'interfaccia master di teleoperazione per un micro-chirurgo, senza per questo limitarne le funzionalità. Al contempo, si riduce il tempo di addestramento necessario ad un chirurgo non necessariamente specializzato in procedure micro-chirurgiche per acquisire un sufficiente grado di padronanza dello strumento.

[00685]. Grazie alla previsione di un assieme robotico microchirurgico, secondo un aspetto dell'invenzione, comprendente uno strumento di comando adatto a replicare la forma di uno strumento chirurgico o microchirurgico tradizionale, è possibile fornire ad un micro-chirurgo una interfaccia master di teleoperazione familiare, senza compromettere l'accuratezza di manipolazione.

[00686]. Al contempo, secondo un aspetto dell'invenzione, grazie alla previsione di almeno un sensore accoppiato ad un dispositivo di rilevamento e registrazione di movimenti e posizione elettromagnetico, detto strumento di comando è adatto a replicare anche la funzionalità di uno strumento chirurgico o microchirurgico

tradizionale, permettendo ampia libertà di movimento nelle tre dimensioni dello spazio e di semplice posizionamento del dispositivo di comando ,ad esempio tra il tavolo operatorio ed il microscopio, pur garantendo ottime prestazioni in termini di tempi di risposta del sistema robotico.

[00687]. Al contempo, secondo un aspetto dell'invenzione, grazie alla previsione di un dispositivo di comando di ingombro limitato e di almeno un sensore, adatto a connettere l'assieme robotico ed il dispositivo di rilevamento ad un sistema di riferimento comune, è possibile collocare liberamente detto dispositivo di comando in modo semplice, ad esempio detto dispositivo di comando può venire posizionato accanto al tavolo operatorio, ad esempio su un tavolo di supporto in prossimità del microscopio, ad esempio in una posizione ergonomica per il chirurgo, che guarda al microscopio.

[00688]. Grazie alla previsione di uno strumento di comando secondo un aspetto dell'invenzione, che replica la forma di uno strumento microchirurgico tradizionale comprendente almeno un'articolazione sulla punta, come ad esempio un forcipe o una pinzetta, munita di almeno un sensore di apertura, è possibile comandare un movimento di apertura e chiusura, nonché di presa, in modo familiare e preciso.

[00689]. La previsione di uno strumento medicale comprendente un dispositivo articolare mosso da tendini secondo un aspetto dell'invenzione, riduce la complessità dei dettagli di lavorazione, ad esempio eliminando la previsione di canali o guaine di guida di scorrimento dei tendini, rende possibile una spinta miniaturizzazione dello strumento medicale, senza per questo

diminuirne l'affidabilità di esercizio e di assemblaggio.

[00690]. Grazie alla previsione di un dispositivo articolare secondo un aspetto dell'invenzione, comprendente cavi di attuazione, o tendini, realizzati in materiale non metallico, ad esempio materiale polimerico, è possibile ridurre il raggio di curvatura di detti tendini, nonché il coefficiente di attrito di detti tendini, e conseguentemente miniaturizzare il dispositivo articolare.

[00691]. Grazie alla previsione di un dispositivo articolare secondo un aspetto dell'invenzione, comprendente superfici rigate a generatrici parallele per lo scorrimento dei tendini nonché porzioni di terminazione di tendine disposte secondo una predefinita geometria, è possibile rinunciare alla previsione di canali o guaine di scorrimento di tendini, pur garantendo il parallelismo tra i tendini permettendo pertanto una spinta miniaturizzazione del dispositivo articolare.

[00692]. Grazie alla previsione di un metodo di fabbricazione secondo un aspetto dell'invenzione, nonché una attrezzatura di fabbricazione, adatta garantire un posizionamento dei pezzi da lavorare tale da mantenere le linee di taglio tra loro parallele, è possibile permettere al filo di elettroerosione di realizzare taglio mediante un percorso unico, per ogni piano di taglio, su una pluralità di pezzi da lavorare. In questo modo, è possibile realizzare su detti pezzi da lavorare superfici tra loro parallele, con un elevato rispetto delle tolleranze, anche nel caso di dettagli di lavorazione molto piccoli. Parimenti, è possibile realizzare tagli paralleli anche su pezzi da lavorare molto piccoli, ad esempio

di dimensioni dell'ordine di qualche millimetro, permettendo una spinta miniaturizzazione del dispositivo articolare.

[00693]. Grazie alla previsione di un metodo di fabbricazione secondo un aspetto dell'invenzione, è possibile realizzare particolari micromeccanici e garantendo un grado di precisione nonché di finitura superficiale adeguato per applicazioni medicali e/o chirurgiche.

[00694]. La previsione di un metodo di fabbricazione secondo un aspetto dell'invenzione, è possibile realizzare uno strumento medicale più rapidamente rispetto a soluzioni note e conseguentemente in modo più conveniente.

[00695]. Grazie alla previsione di una attrezzatura di fabbricazione, nonché un metodo di fabbricazione, in accordo con un aspetto dell'invenzione, è possibile provvedere un processo efficiente e rapido, anche per ripetuti piazzamenti in macchina del pezzo da lavorare.

[00696]. Grazie alla previsione di una migliorata attrezzatura per elettroerosione secondo un aspetto dell'invenzione, che rende più rapido il processo di taglio su una pluralità di piani di taglio, è possibile ridurre in numero ed in durata le fasi dedicate alla calibrazione della macchina.

[00697]. Grazie alla previsione di un metodo di fabbricazione per elettroerosione secondo un aspetto dell'invenzione, che permette di realizzare particolari micromeccanici come incavi ed insenature, che seppur lasciando un solco tra due rebbi di materiale, sono adatti a formare sedi di perno senza realizzare fori, è possibile ridurre i

tempi di fabbricazione in modo significativo.

[00698]. Grazie alla previsione di un dispositivo di movimentazione di tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione, è possibile garantire la movimentazione di detto tendine esclusivamente mediante un sistema di spinta, adatto a spingere su tendine determinando una trazione di almeno una porzione di detto tendine. In questo modo il dispositivo di movimentazione evita di tirare il tendine, ad esempio aggrappandosi ad una porzione di tendine oppure arrotolando una porzione di tendine attorno ad un argano.

[00699]. Grazie alla previsione di un dispositivo di movimentazione di tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione, si riduce la numerosità nonché la complessità dei componenti di detto dispositivo, nonché si evita che detti componenti siano affetti da giochi meccanici quando non caricati, rendendolo adatto ad una spinta miniaturizzazione, senza per questo diminuirne l'affidabilità né la precisione di funzionamento.

[00700]. La previsione di un tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione, permette di ridurre le dimensioni di detto tendine, e conseguentemente di detto strumento medicale, senza per questo diminuirne le prestazioni in termini di resistenza ed affidabilità.

[00701]. Grazie alla previsione di un tendine in accordo con un aspetto dell'invenzione, è possibile garantire migliorate prestazioni in termini di attrito di strisciamento di detto tendine su almeno una porzione di detto strumento medicale, rispetto a soluzioni note.

[00702]. Grazie alla previsione di un tendine, nonché un metodo di

sostituzione di detto tendine, in accordo con un aspetto dell'invenzione, è possibile aumentare la durata della vita di esercizio di detto strumento medicale, rispetto a condizioni note.

[00703]. Grazie alla previsione di un tendine secondo un aspetto dell'invenzione, realizzato in materiale non metallico, ad esempio materiale polimerico, è possibile ridurre il raggio di curvatura di detto tendine, nonché il coefficiente di attrito di detti tendini, e conseguentemente miniaturizzare lo strumento medicale che comprende detto tendine.

[00704]. Grazie alla previsione di un tendine secondo un aspetto dell'invenzione, è possibile rinunciare alla previsione di canali o guaine di scorrimento di tendini in uno strumento medicale, pur garantendo il parallelismo tra una pluralità di detti tendini permettendo pertanto una spinta miniaturizzazione dello strumento medicale.

[00705]. Grazie alla previsione di un tendine 90 comprendente una seconda terminazione di tendine 92 come descritto in precedenza, è possibile provvedere un dispositivo articolare 70 in cui i suoi membri non prevedano guide o canali per favorire lo scorrimento dei tendini 90, senza che detti tendini 90 interferiscano l'uno con l'altro. Infatti, la configurazione geometrica di dette seconde terminazioni di tendine 92 è realizzata in modo tale che detti tendini 90 scorrano sostanzialmente paralleli tra loro e paralleli a dette superfici di scorrimento 40, 80.

[00706]. Grazie alla previsione di superfici di scorrimento, ad esempio superfici di scorrimento laterale 40 e superfici di

scorrimento di giunto 80, come descritte in precedenza, è possibile permettere a detti tendini di scorrere su detto dispositivo articolare con basso attrito.

[00707]. Grazie alla cooperazione tra dette superfici di scorrimento 40, 80 e la configurazione geometrica di dette prime terminazioni di tendine 91 e di dette seconde terminazioni di tendine 92, è possibile garantire che le forze di attrito tra tendine e superficie di scorrimento, nonché le reazioni vincolari alle prime e seconde terminazioni di tendine 91, 92, siano sostanzialmente parallele ed in asse tra loro.

[00708]. Grazie alla cooperazione tra dette superfici di scorrimento 40, 80 e la configurazione geometrica di dette prime terminazioni di tendine 91 e di dette seconde terminazioni di tendine 92, è possibile realizzare una spinta miniaturizzazione di detto strumento medicale 60. Ad esempio, in questo modo è possibile eliminare la previsione di pulegge e/o altri elementi guidafile inadatti a venire miniaturizzati oltre una certa soglia. Ad esempio, in accordo con una forma di realizzazione, l'asta 65 di detto strumento medicale può misurare 3mm in diametro.

[00709]. Grazie alla previsione di tendini 90 aventi raggio di curvatura inferiore o sostanzialmente uguale ad 1mm, è possibile progettare percorsi di tendine T-T che si avvolgono almeno parzialmente attorno a detti membri 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 177, 277 di detto dispositivo articolare 70, in modo da evitare la formazione di anse, quando, ad esempio, almeno una porzione di detto dispositivo articolare 70 si muove rispetto ad un asse di movimento

P-P, Y-Y.

[00710]. Grazie alla previsione di detto dispositivo di movimentazione di tendine 50, nonché di un tendine 90, 190 avente detta prima terminazione 91 e detta seconda terminazione 92, realizzate sotto forma di una bugna, e/o un nodo, e/o incollate come precedentemente descritto, è possibile montare nonché sostituire agevolmente e con ottima precisione un tendine 90, 190, allungando la vita di esercizio di detto strumento medicale 60. Inoltre, grazie alla previsione di tendini realizzati in materiale polimerico, non vengono danneggiati i membri di detto dispositivo articolare 70, quando in condizioni di esercizio.

[00711]. Grazie alla previsione di un dispositivo di movimentazione di tendine 50 comprendente almeno un sistema di spinta 94 adatto a spingere, appoggiando su una porzione di appoggio 93 di un tendine 90, è possibile azionare detti tendini senza strozzarli o avvolgerli attorno ad un argano, evitando pertanto di danneggiarli, quando in condizioni di esercizio e ciò aumenta la vita operativa di detti tendini, nonché di detto strumento medicale 60, diminuendone i costi di manutenzione.

[00712]. La previsione di un dispositivo di movimentazione di tendine 50 come descritto in precedenza, permette di ridurre al minimo i giochi presenti all'interno del dispositivo di movimentazione di tendine 50, garantendo un determinato precarico.

[00713]. Grazie alla previsione di un sistema di spinta sostanzialmente lineare, si permette l'integrazione di sistemi di attuazione micrometrici, quali slitte e attuatori piezoelettrici,

con la trazione controllata dei tendini, nonché di cedere e recuperare una lunghezza controllata di tendine, permettendo conseguentemente di muovere di una quantità desiderata almeno una porzione di uno strumento medicale, ad esempio attorno ad un asse di movimento.

[00714]. La previsione di un dispositivo di movimentazione di tendine adatto a cooperare con un dispositivo articolare attraverso una barriera sterile permette di realizzare uno strumento medicale dalle ottime prestazioni in termini di affidabilità e sterilità.

[00715]. Grazie alla previsione di un metodo di fabbricazione per elettroerosione come descritto in precedenza, è possibile realizzare un dispositivo articolare con un solo piazzamento in macchina, riducendo tempi e costi di fabbricazione, senza per questo diminuire la precisione e l'affidabilità di lavorazione.

[00716]. Grazie alla previsione di un metodo di fabbricazione in accordo con un aspetto dell'invenzione, è possibile realizzare membri articolari di un dispositivo articolare aventi superfici rigate a generatrici parallele, in modo da permettere ad un tendine che vi scorre sopra di mantenere un percorso sostanzialmente fermo rispetto a detto membro articolare. Questo permette di ridurre al minimo l'attrito tra tendine e superficie di scorrimento di membro articolare, favorendo la miniaturizzazione del dispositivo articolare.

[00717]. Grazie alla previsione di un metodo di fabbricazione per elettroerosione come descritto in precedenza, adatto a trasferire esclusivamente sollecitazioni termiche ai pezzi da lavorare è

possibile realizzare dettagli dalle dimensioni sub-millimetriche, permettendo una spinta miniaturizzazione di detto strumento medicale 60, pur mantenendo una soddisfacente precisione di taglio, grazie alla previsione di un taglio effettuato su una pluralità di pezzi da lavorare con una unica passata.

[00718]. Grazie alla previsione di una attrezzatura, nonché un metodo, per elettroerosione secondo un aspetto dell'invenzione, adatta ad eseguire, con un unico profilo di taglio, il taglio di particolari di più pezzi da lavorare che una volta lavorati saranno montati sul medesimo assemblato, è possibile realizzare accoppiamenti di precisione micrometrica, particolarmente adatta per particolari di giunti rotazionali quali rebbi, sedi di perno, profili di membro articolare, permettendo di eseguire quindi affidabilmente il montaggio ad incastro o con gioco controllato delle stesse parti.

[00719]. Grazie alla previsione di un assieme robotico 100 comprendente almeno uno strumento di comando adatto a simulare uno strumento chirurgico tradizionale, nonché un dispositivo di comando comprendente un elemento ergonomico di appoggio operatore, è possibile migliorare la familiarità e l'ergonomia del chirurgo, migliorando di conseguenza l'esito delle operazioni chirurgiche ed il comfort del paziente.

[00720]. Grazie alla previsione di un assieme robotico secondo un aspetto dell'invenzione, comprendente un braccio di macro-posizionamento avente una struttura meccanica dei membri di braccio,

nonché dei giunti, ad alta rigidezza, è possibile evitare l'insorgere di vibrazioni meccaniche strutturali alla porzione terminale dello strumento medicale, facilitando il lavoro del chirurgo.

[00721]. Sebbene nelle allegate figure possano essere mostrate determinate combinazioni delle forme realizzative descritte in precedenza, un esperto del ramo potrà comporre anche combinazioni non mostrate nelle figure, senza per questo uscire dall'abito delle seguenti rivendicazioni.

[00722]. Alle forme di realizzazione sopra descritte, un tecnico del ramo, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche, potrà apportare numerose modifiche, adattamenti e sostituzione di elementi con altri funzionalmente equivalenti, senza
5 tuttavia uscire dall'ambito delle seguenti rivendicazioni.

ELENCO RIFERIMENTI

- 7 Volume di lavoro
- 9 tratta di volo di percorso di tendine
- 16 Punto di incrocio
- 18 Porzione prossimale di tendine
- 19 Porzione distale di tendine
- 20 Dispositivo di comando
- 21 Strumento di comando
- 22 Dispositivo di rilevamento
- 23 Cavo di connessione
- 24 Cavo di comunicazione e alimentazione
- 25 Superficie di appoggio operatore
- 26 Luce di segnalazione di status
- 27 Elemento ergonomico di appoggio operatore
- 28 Sensore di posizione
- 29 Sensore di punta, o sensore di forcipe
- 30 Braccio di macro-posizionamento
- 31 Primo membro di braccio
- 32 Secondo membro di braccio
- 33 Terzo membro di braccio
- 34 Quarto membro di braccio
- 35 Pulsante di sblocco
- 36 Sede scorrimento di primo membro
- 37 Ghiera di controllo manuale di spostamento lineare
- 38 Membro di supporto, o membro di supporto di micro-manipolare
- 39 Sede di fissaggio?
- 40 Superficie di scorrimento laterale
- 41 Dispositivo di micro-posizionamento, o dispositivo micro-manipolatore
- 43 Ghiera di orientazione manuale
- 45 Videocamera, o telecamera
- 46 Sistema motorizzato di rotazione
- 47 Porzione di base di braccio di macro-posizionamento
- 48 Sede di bloccaggio di albero
- 49 Solco di lavorazione
- 50 Dispositivo di movimentazione
- 51 Prima slitta motorizzata, o prima micro-slitta motorizzata
- 52 Seconda slitta motorizzata, o seconda micro-slitta motorizzata
- 53 Terza slitta motorizzata, o terza micro-slitta motorizzata
- 54 Prima guida di slitta
- 55 Seconda guida di slitta
- 56 Terza guida di slitta
- 57 Telaio
- 58 Prima porzione di telaio, o telaio superiore

- 59 Seconda porzione di telaio, o tamburo, o telaio inferiore
- 60 Strumento medicale
- 61 Vano motori
- 62 Vano di trasmissione meccanica
- 63 Spigolo vivo di superficie di scorrimento laterale
- 64 Superficie di continuità di superficie di scorrimento laterale
- 65 Asta, o asta cava
- 66 Sensore di strumento medicale
- 67 Struttura di base di strumento di comando
- 68 Porzione di punta di strumento di comando
- 69 Articolazione di forcipe di strumento di comando
- 70 Dispositivo articolare
- 71 Primo membro articolare, o primo link
- 72 Secondo membro articolare, o secondo link
- 73 Terzo membro articolare, o terzo link
- 74 Quarto membro articolare, o quarto link
- 75 Membro di gomito, o link di gomito
- 76 Perno di fissaggio, o spina di fissaggio
- 77 Dispositivo terminale, o membro terminale, o porzione terminale
- 78 Membro di polso
- 79 Sede di perno
- 80 Superficie di scorrimento di giunto
- 81 Rebbio
- 82 Sede di fissaggio tendine, o sede di terminazione tendine
- 83 Superficie rigata libera
- 84 Superficie di fissaggio cavi
- 85 Superficie di battuta di albero di scorrimento
- 86 Superficie di avvolgimento, o superficie rigata di avvolgimento
- 87 Barriera sterile
- 88 Superficie di spallamento, o superficie di spallamento di albero di scorrimento
- 89 Elemento guidafile, o foro guidafile
- 90 Tendine, o cavo di attuazione
- 91 Prima terminazione di tendine, o terminazione prossimale di tendine
- 92 Seconda terminazione di tendine, o terminazione distale di tendine
- 93 Porzione di appoggio di tendine
- 94 Sistema di spinta
- 95 Pistone, o pistone di attuazione, o pistone di attuazione lineare
- 96 Albero di scorrimento
- 97 Elemento di rinvio, o puleggia di rinvio
- 98 Puleggia di albero, o ulteriore elemento di rinvio mobile
- 99 Elemento di pretensionamento, o molla di pretensionamento
- 100 Robot di chirurgia, o assieme robotico di chirurgia

102	Tavolo operatorio
103	Microscopio, o sistema di visione
104	Supporto
105	Pedana
106	Maniglia retrattile
107	Cavo di alimentazione di sistema robotico
108	Pannello di controllo
109	Cavo di comunicazione video
110	Profilo di taglio, o linea di taglio
111	Display
112	Attrezzatura di fabbricazione, o attrezzatura
113	Prima base di attrezzatura
114	Prima superficie di fissaggio di attrezzatura
115	Filo di taglio
116	Foro di sede di membro
117	Pezzo da lavorare
118	Asta di riferimento
120	Primo dispositivo di comando
125	Primo strumento di comando
122	Prima porzione di asta
123	Seconda porzione di asta
125	Foro di inserimento filo, o foro di guida
134	Seconda superficie di fissaggio di attrezzatura
135	Seconda base di attrezzatura
141	Primo dispositivo di micro-posizionamento
160	Primo strumento medicale
170	Primo dispositivo articolare
171	Giunto rotazionale di dispositivo articolare
172	Porzione di giunzione di membro di polso, o porzione di giunzione di membro di gomito
173	Giunto sferico
177	Prima porzione di membro terminale
190	Contrapposto tendine
194	Contrapposto sistema di spinta
197	Primo elemento di rinvio, o prima puleggia fissa
199	Contrapposto elemento di pretensionamento, o molla
210	Secondo profilo di taglio
220	Secondo dispositivo di comando
221	Secondo strumento di comando
241	Secondo dispositivo di micro-posizionamento
260	Secondo strumento medicale
270	Secondo dispositivo articolare
277	Seconda porzione di membro terminale
297	Secondo elemento di rinvio, o seconda puleggia mobile
397	Terzo elemento di rinvio, o terza puleggia mobile
497	Quarto elemento di rinvio, o quarta puleggia mobile
200	Chirurgo, o micro-chirurgo

201 Paziente
202 Ago chirurgico
341 Terzo dispositivo di micro-posizionamento
360 Terzo strumento medicale
T-T Direzione di tendine, o percorso di tendine
X-X Direzione longitudinale di asta, o asse dello strumento
P-P Asse di beccheggio, o primo asse di movimento di giunto
Y-Y Asse di imbardata, o secondo asse di movimento di giunto
a-a Primo asse di movimento di braccio
b-b Secondo asse di movimento di braccio
c-c Terzo asse di movimento di braccio
d-d Quarto asse di movimento di braccio
e-e Asse longitudinale di porzione di base di braccio di macro-posizionamento
f-f Prima direzione di slitta
g-g Seconda direzione di slitta
h-h Terza direzione di slitta
r-r Asse di rotazione longitudinale
X-Y Primo piano di taglio
Y-Z Secondo piano di taglio
X-Z Terzo piano di taglio

RIVENDICAZIONI

1. Strumento medicale (60, 160, 260, 360) comprendente almeno un telaio (57) ed almeno un dispositivo articolare (70, 170, 270),
5 detto dispositivo articolare (70) comprendendo:
- almeno un primo membro articolare (71), o primo link (71), adatto a collegarsi ad almeno una porzione di detto telaio (57);
 - almeno un secondo membro articolare (72), o secondo link (72),
- in cui detto primo membro articolare (71) è connesso mediante un giunto rotazionale (171) a detto secondo membro articolare (72); detto strumento medicale (60) comprendendo inoltre almeno un tendine (90, 190), adatto a muovere almeno detto secondo membro (72)
10 rispetto a detto primo membro (71), tirandolo;
- ed in cui almeno uno tra detto primo membro articolare (71), detto secondo membro articolare (72) comprende almeno una superficie di scorrimento (40, 80, 140, 180), adatta a permettere su di sé lo scorrimento di almeno una porzione di detto tendine (90, 190);
15 ed in cui detta superficie di scorrimento (40, 80, 140, 180) è una superficie rigata (40, 80, 140, 180), o una superficie formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto (P-P, Y-Y).

2. Strumento medicale (60) secondo la rivendicazione 1, in cui detta

superficie di scorrimento (40, 80, 140, 180) è una superficie rigata (40, 80, 140, 180), o una superficie formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un asse di movimento di giunto (P-P, Y-Y) del giunto
 5 rotazionale (171) più vicino a detta superficie di scorrimento (40, 80, 140, 180).

3. Strumento medicale (60) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto almeno un secondo membro articolare (72) è un membro di polso
 10 (78), ed in cui detto membro di polso (78) comprende almeno una superficie di scorrimento (40, 80, 140, 180), formata da una pluralità di porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un primo asse di movimento di giunto (P-P, Y-Y);
 15 ed in cui detto membro di polso (78) comprende almeno una porzione di giunzione (172), adatta a formare almeno una porzione di un giunto rotazionale (171) avente un secondo asse di movimento di giunto, non parallelo a detto primo asse di movimento di giunto; e/o in cui
 20 detto primo asse di movimento di giunto e detto secondo asse di movimento di giunto sono sostanzialmente mutuamente ortogonali; e/o in cui
 detto primo asse di movimento di giunto è un asse di beccheggio (P-P); e/o in cui
 25 detto secondo asse di movimento di giunto è un asse di imbardata (Y-

Y).

4. Strumento medicale (60) secondo una qualsiasi delle
rivendicazioni precedenti, comprendente almeno un membro terminale
5 (77);

ed in cui detto membro terminale (77) comprende almeno una
superficie di avvolgimento (86), formata da una pluralità di
porzioni di retta tutte parallele tra loro e sostanzialmente
parallele ad un asse di movimento di giunto, detta superficie di
10 avvolgimento (86) essendo adatta a permettere su di sé
l'avvolgimento di almeno una porzione di detto tendine (90, 190);
e/o in cui

detta superficie di avvolgimento (86) essendo sostanzialmente
inadatta a permettere su di sé lo scorrimento di detto tendine (90,
15 190), e/o in cui

detto secondo membro articolare (72) è un membro terminale (77); e/o
in cui

detto dispositivo articolare (70) comprende un terzo membro
articolare (73), adatto a collegarsi mediante un giunto rotazionale
20 (171) almeno a detto secondo membro articolare (72),
ed in cui detto terzo membro articolare (73) è un membro terminale
(77); e/o in cui

detto membro terminale (77) è collegato a detto membro di polso (78)
mediante un giunto rotazionale (171).

25

5. Strumento medicale (60) secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni precedenti, in cui detto almeno un secondo membro articolare (72) è un membro di gomito (75), in cui detto membro di gomito (75) comprende una pluralità di superfici di scorrimento (40, 80, 140, 180) formate da una pluralità di porzioni di retta tutte
5 parallele tra loro e sostanzialmente parallele ad un unico asse di movimento di giunto (P-P, Y-Y); e/o in cui detto dispositivo articolare (70) comprende un terzo membro articolare (73), adatto a collegarsi mediante un giunto rotazionale (171) almeno a detto secondo membro articolare (72),
10 ed in cui detto secondo membro articolare (72) è un membro di gomito (75) ed detto terzo membro articolare (73) è un membro di polso (78); e/o in cui detto membro di gomito (75) è collegato mediante un giunto rotazionale (171) a detto primo membro articolare (71), ed in cui
15 detto membro di polso (78) è collegato mediante un giunto rotazionale (171) a detto membro di gomito (75); e/o in cui detto dispositivo articolare (70) comprende un quarto membro articolare (74), adatto a collegarsi mediante un giunto rotazionale (171) almeno a detto terzo membro articolare (73),
20 ed in cui detto quarto membro articolare (74) è un membro terminale (77); e/o in cui detta asta 65 comprende una cavità longitudinale in modo da permettere il passaggio di detto almeno un tendine 90, 190 al suo interno; e/o in cui detta asta (65) è realizzata solidale con detto telaio (57).

6. Strumento medicale (60) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente almeno una coppia di tendini comprendente un tendine (90) ed un contrapposto tendine (190), in cui detto tendine (90) e detto contrapposto tendine (190) essendo
5 adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni (92) in rispettive sedi di fissaggio tendine (82), o sedi di terminazione tendine (82), di uno tra:

- detto secondo membro articolare (72),
- detto membro terminale (77),

10 in modo da muoverlo di movimenti di direzione opposta.

7. Strumento medicale (60) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto membro terminale (77) comprende almeno una prima porzione di membro terminale (177) ed
15 almeno una seconda porzione di membro terminale (277), detta prima porzione di membro terminale (177) e detta seconda porzione di membro terminale (277), essendo mobili l'una rispetto all'altra attorno ad un asse di movimento di giunto in modo da determinare un movimento di presa o un movimento di taglio; e/o in
20 cui detto asse di movimento di giunto è l'asse di beccheggio (Y-Y); e/o in cui ciascuna di detta prima porzione di membro terminale (177) e detta seconda porzione di membro terminale (277) comprende almeno una
25 superficie di avvolgimento (86); e/o in cui

detto strumento medicale (60) comprende almeno una coppia di tendini comprendente un tendine (90) ed un contrapposto tendine (190), in cui detto tendine (90) e detto contrapposto tendine (190) essendo adatti a collegarsi in loro seconde terminazioni (92) in rispettive
5 sedi di fissaggio tendine (82), o sedi di terminazione tendine (82), di detto membro terminale (77), in modo da muovere detto terzo membro articolare (73) rispetto a detto quarto membro articolare (74) in modo da determinare un movimento di presa o di taglio; e/o in cui
10 detto tendine (90) e detto contrapposto tendine (190) si avvolgono in loro porzioni distali su almeno una porzione di detta almeno una superfici di avvolgimento (86) di membro terminale (77).

8. Strumento medicale (60) secondo una qualsiasi delle
15 rivendicazioni precedenti, in cui detta superficie di scorrimento (40, 80, 140, 180) è una tra:

- una superficie di scorrimento laterale (40, 140), adatta a protendersi da detto dispositivo articolare (70) in modo da determinare che almeno una porzione di tendine scorra in
20 aria, o scorra fuori dal contatto con detto dispositivo articolare (70);

- una superficie di scorrimento di giunto (80, 180), che circonda almeno parzialmente un asse di movimento di giunto;

e/o in cui

25 detta superficie di scorrimento di giunto (80, 180) circonda almeno

parzialmente almeno uno tra detto asse di beccheggio (P-P) e detto asse di imbardata (Y-Y);
ed in cui detta superficie di scorrimento di giunto (80, 180) è orientata opposta rispetto ad almeno uno tra detto asse di beccheggio (P-P) e detto asse di imbardata (Y-Y), in modo da permettere su di sé almeno un incrocio tra il percorso di tendine (T-T) di detto tendine (90) ed il percorso di tendine (T-T) di detto contrapposto tendine (190); e/o in cui
su detta superficie di scorrimento di giunto (80, 180), il percorso di tendine (T-T) di detto tendine (90) ed il percorso di tendine (T-T) di detto contrapposto tendine (190), pur rimanendo distinti, si sovrappongono almeno parzialmente su un piano ortogonale alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale (171) più vicino; e/o in cui
su detta superficie di scorrimento di giunto (80, 180), il percorso di tendine (T-T) di detto tendine (90) ed il percorso di tendine (T-T) di detto contrapposto tendine (190) sono tra loro distinti e paralleli su un piano parallelo all'asse di movimento di giunto del giunto rotazionale (171) più vicino; e/o in cui
i percorsi di tendine (T-T) di ciascun tendine (90) sono sostanzialmente paralleli tra loro, su un piano parallelo alla direzione di detto asse di movimento di giunto del giunto rotazionale (171) più vicino; e/o in cui
ciascun percorso di tendine (T-T) rimane sostanzialmente fermo rispetto al membro articolare che gli è più prossimo.

9. Strumento medicale (60) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto almeno un tendine (90, 190) descrive un percorso attorno a detto primo membro articolare (71),
5 in modo da avvolgersi almeno parzialmente su almeno una porzione di detta superficie di scorrimento di giunto (80, 180) di detto primo membro articolare (71); e/o in cui
detto almeno un tendine (90, 190) descrive un percorso attorno a detto membro distale (72), in modo da avvolgersi almeno parzialmente
10 su almeno una porzione di detta superficie di scorrimento di giunto (80, 180) di detto secondo membro articolare (72); e/o in cui
detta sede di terminazione tendine (82) è collocata in modo tale da supportare ciascun tendine (90, 190) in modo da mantenere il suo percorso di tendine (T-T) sostanzialmente ortogonale all'asse di
15 movimento di giunto del giunto rotazionale (171) più vicino, in modo da permettere a detto tendine (90, 190) di scorrere su detta almeno una superficie di scorrimento (40, 80) con un percorso di tendine (T-T) sostanzialmente parallelo al percorso di tendine (T-T) di ogni altro tendine; e/o in cui
20 ciascuna sede di terminazione tendine (82) è collocata in modo tale da supportare ciascun tendine (90, 190) in modo tale che il suo percorso di tendine (T-T) sia fermo rispetto al membro articolare che gli è più prossimo.
detto strumento medicale (60) è uno strumento chirurgico, adatto ad
25 essere impiegato in almeno una tra chirurgia laparoscopica e

microchirurgia; e/o in cui

detto strumento medicale (60) è adatto ad essere impiegato per una biopsia; e/o in cui

detto strumento medicale (60) è adatto ad essere impiegato in una
5 procedura endoscopica; e/o in cui

almeno uno tra detto primo membro articolare (71), detto secondo membro articolare (72) e detto membro terminale (77); e/o in cui

detto tendine (90, 190) ha una sezione trasversale sostanzialmente circolare; e/o in cui

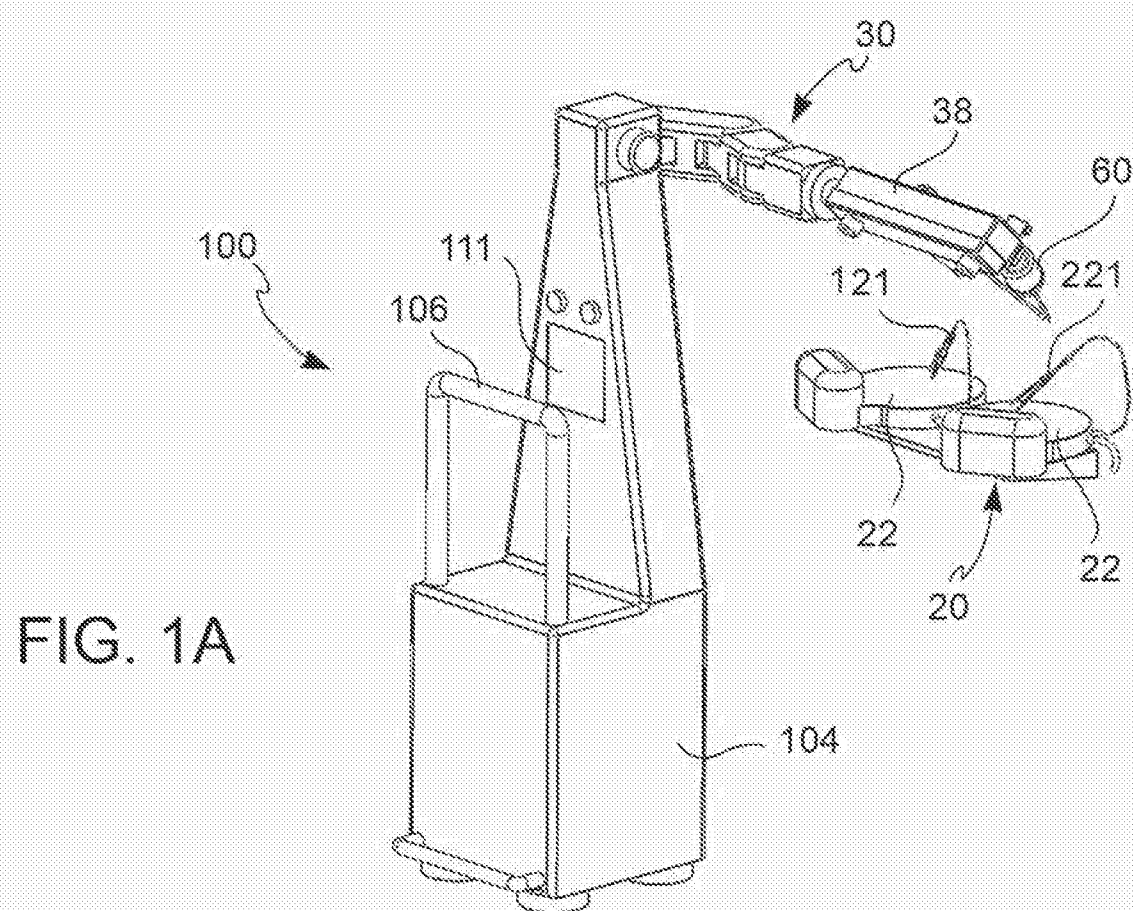
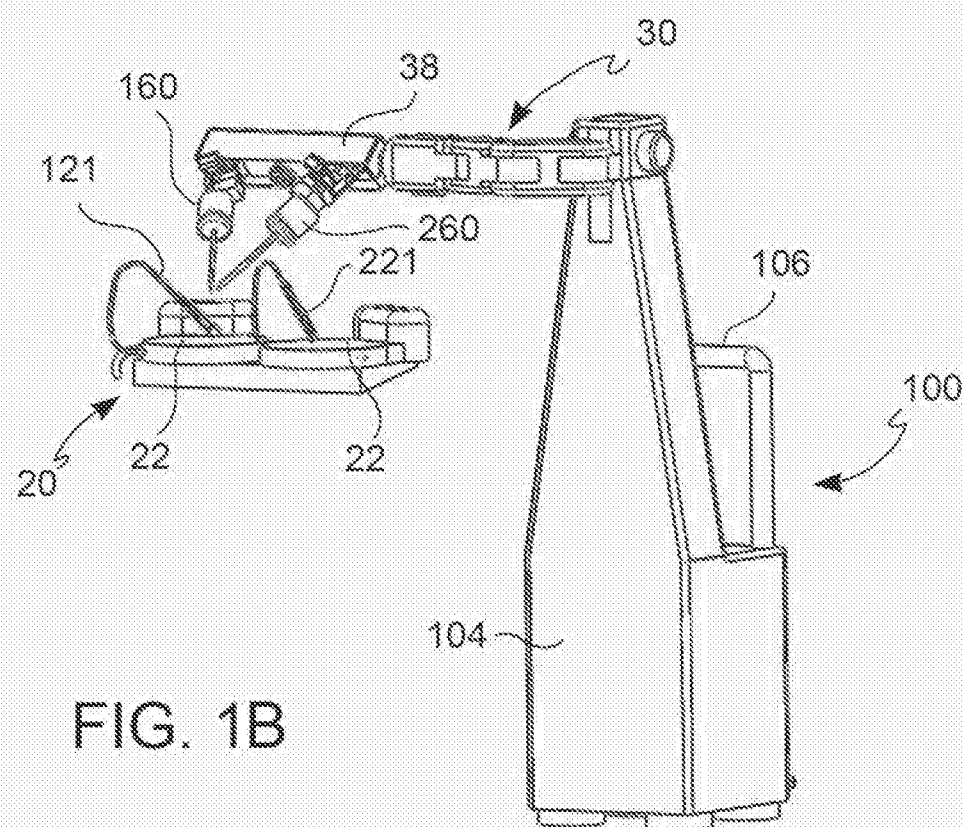
10 il diametro di detto tendine (90, 190) è variabile in differenti porzioni di detto tendine (90, 190); e/o in cui

le proprietà meccaniche di detto tendine (90, 190) sono variabili in differenti porzioni di detto tendine (90, 190); e/o in cui

detto tendine (90, 190) è ottenuto mediante unione di porzioni di
15 tendine aventi diverse caratteristiche; e/o in cui

la composizione di detto tendine (90, 190) è variabile in differenti porzioni di detto tendine (90, 190).

10. Metodo di fabbricazione di strumento medicale (60) comprendente
20 la fase di realizzare uno strumento medicale (60) in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti mediante almeno una tecnica di fabbricazione additiva o microstampaggio.



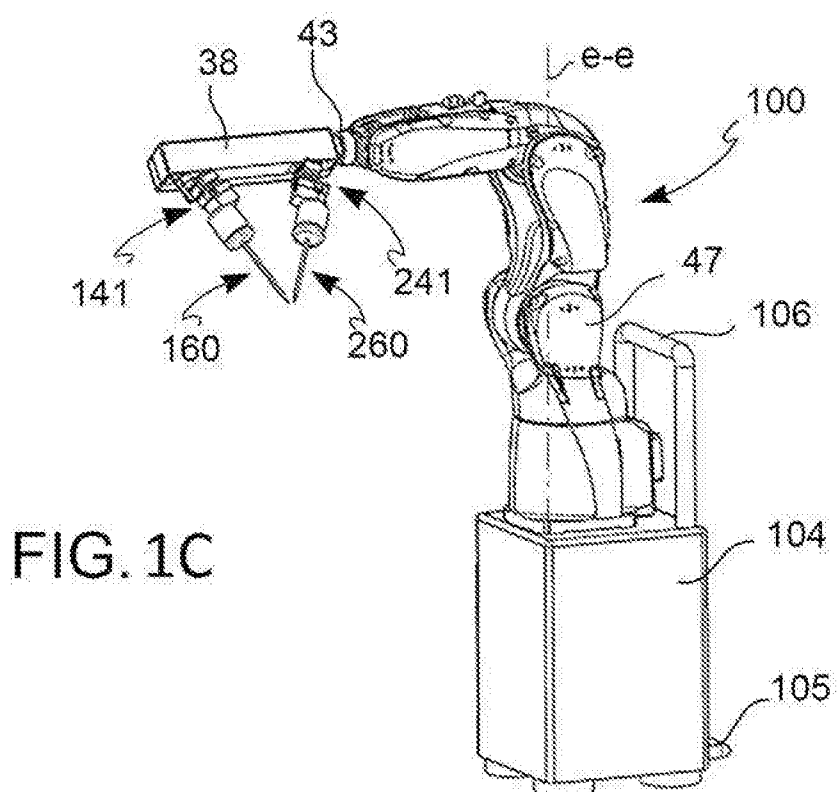


FIG. 1C

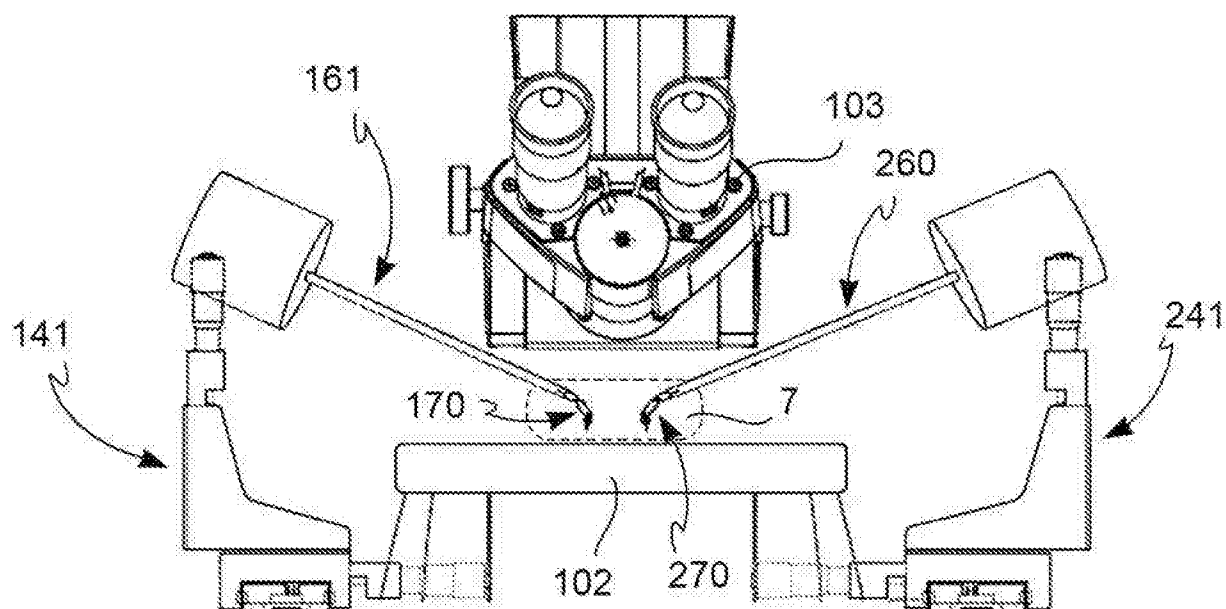


FIG. 2A

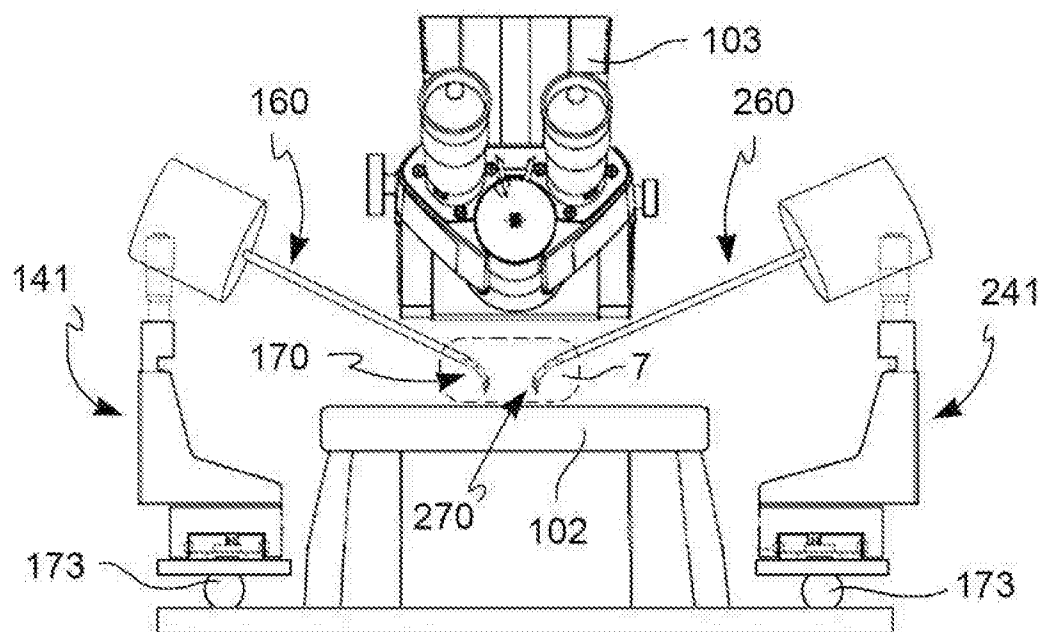


FIG. 2B

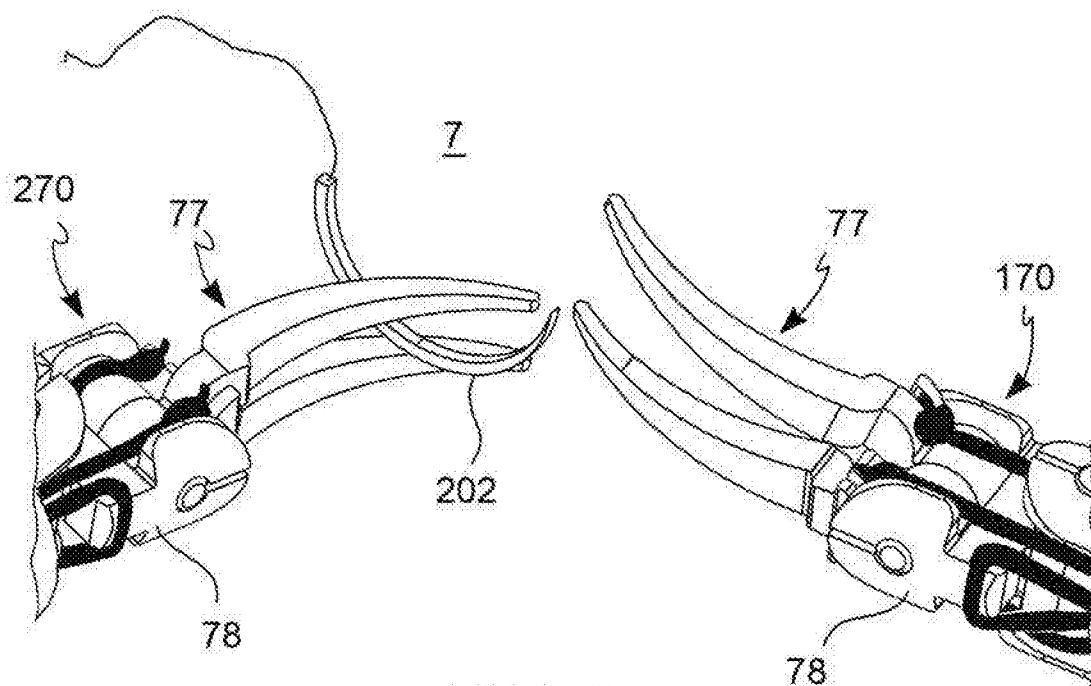


FIG. 3

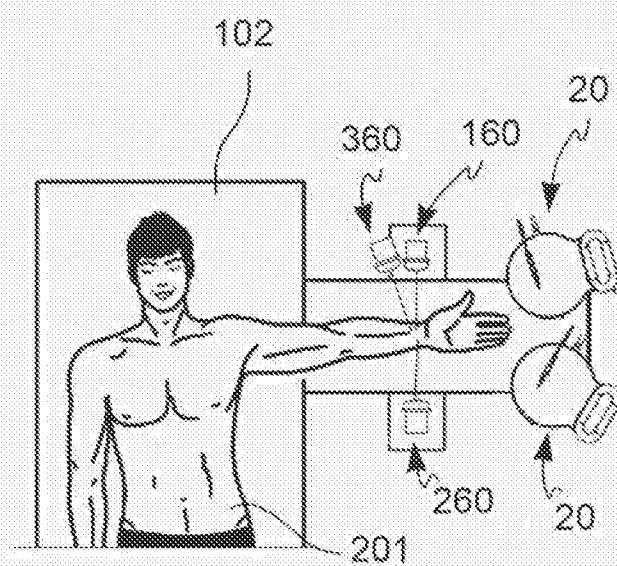


FIG. 4B

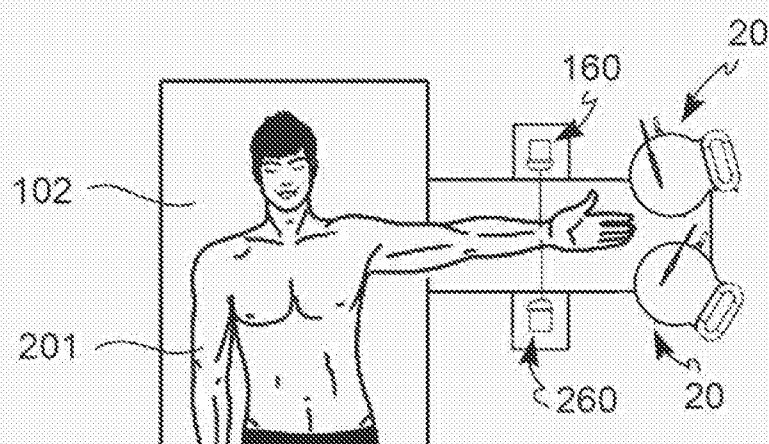


FIG. 4A

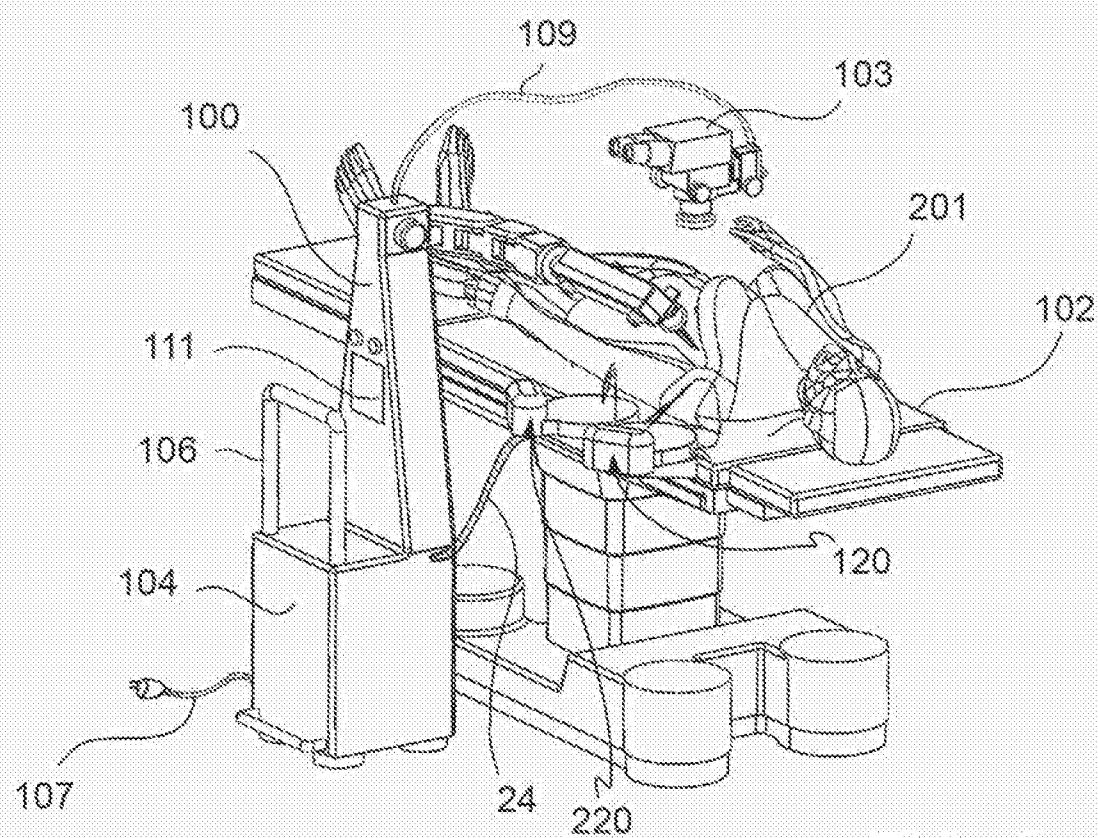


FIG. 5

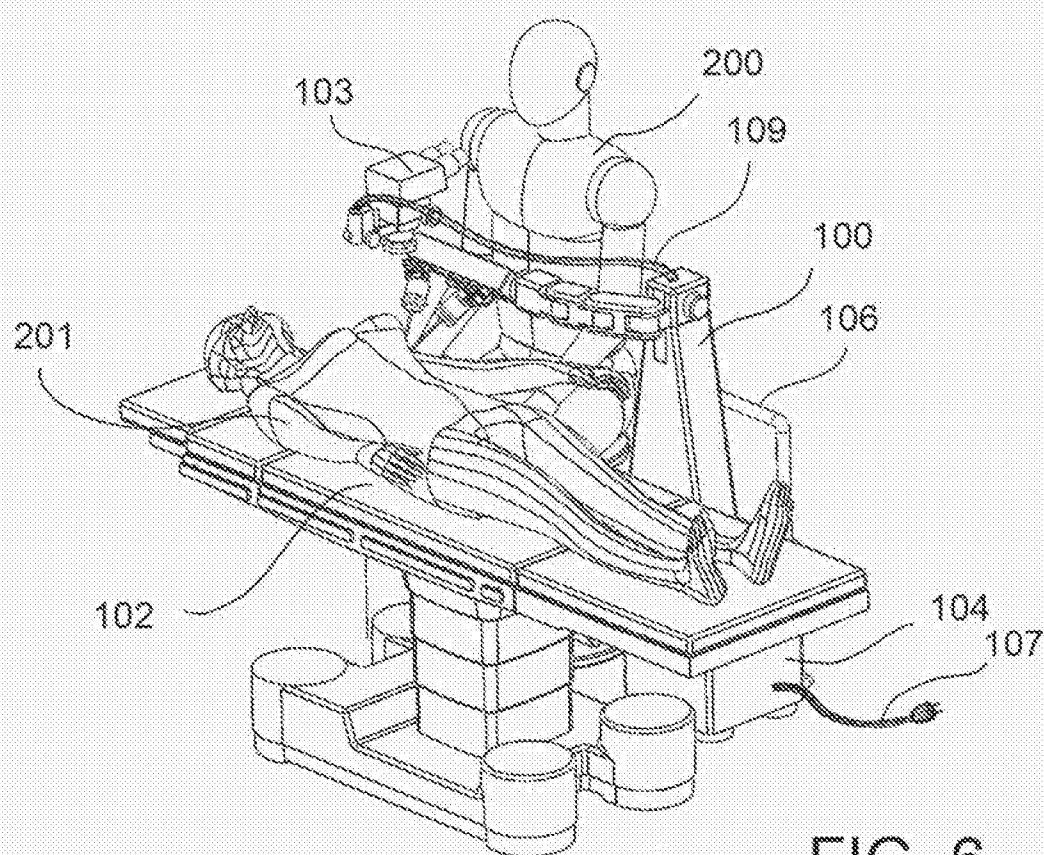


FIG. 6

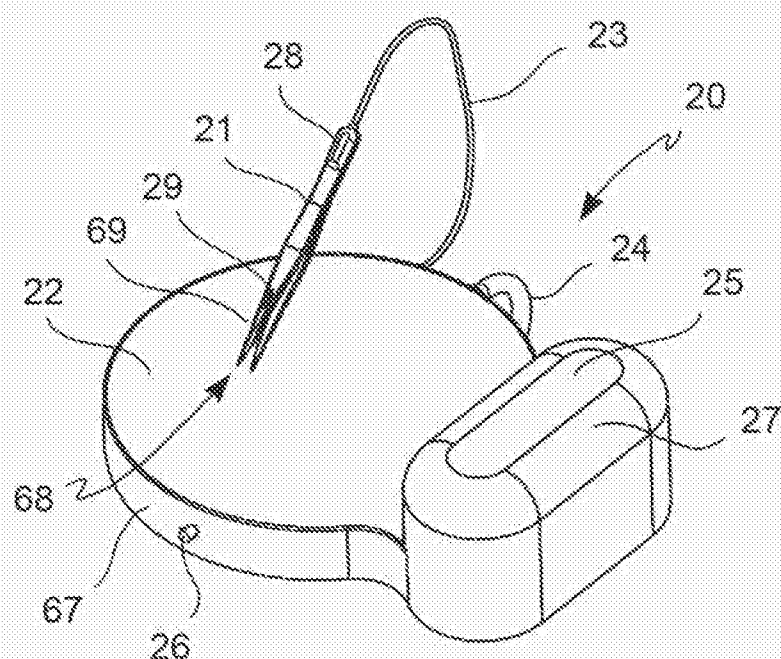


FIG. 7

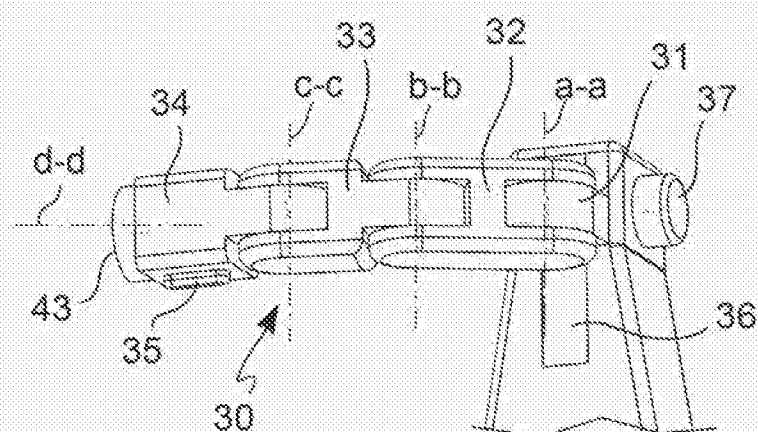


FIG. 8

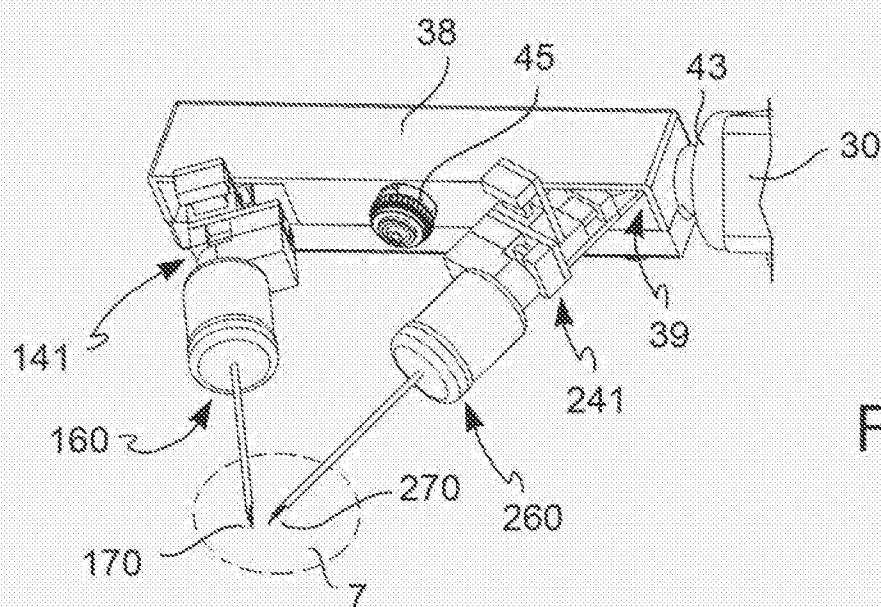


FIG. 9A

FIG. 9B

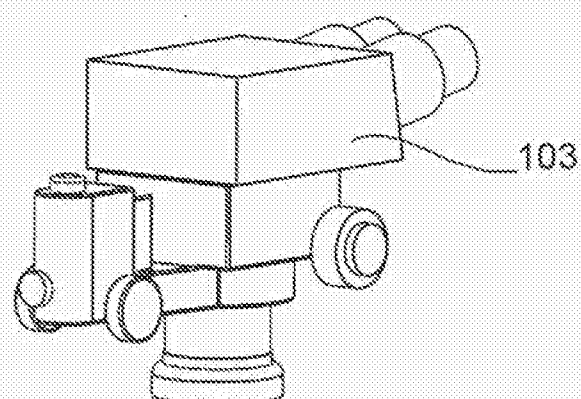
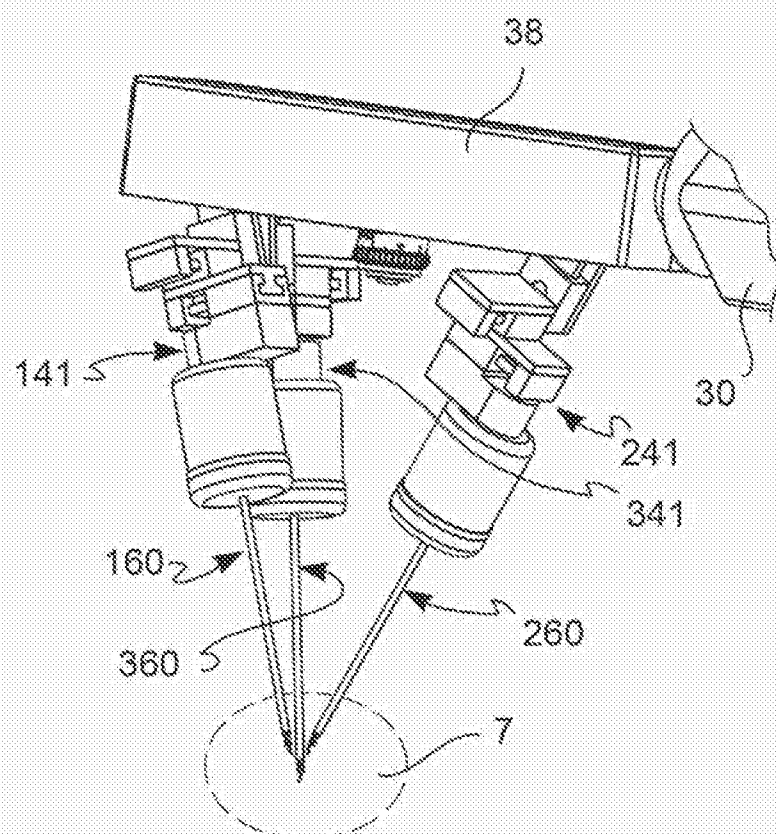
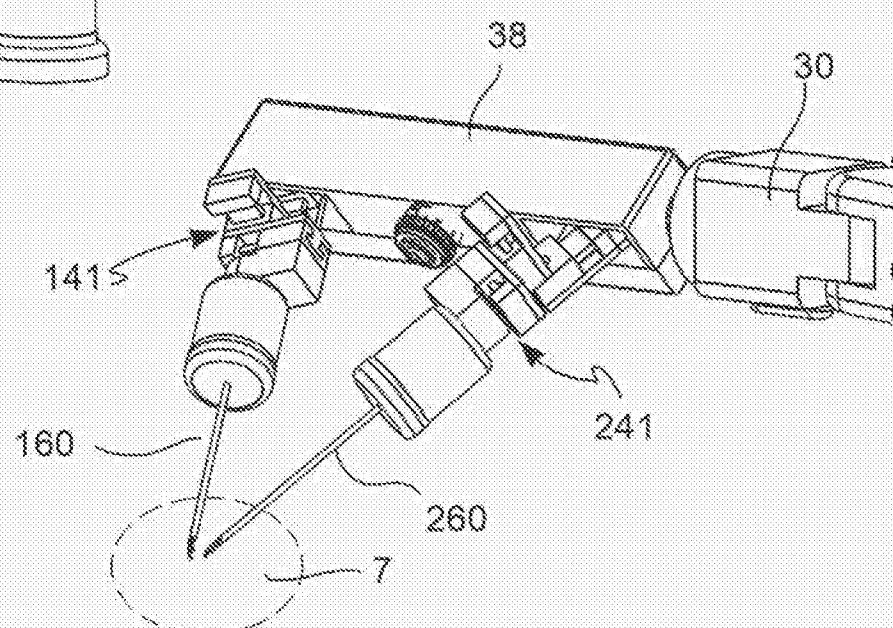


FIG. 9C



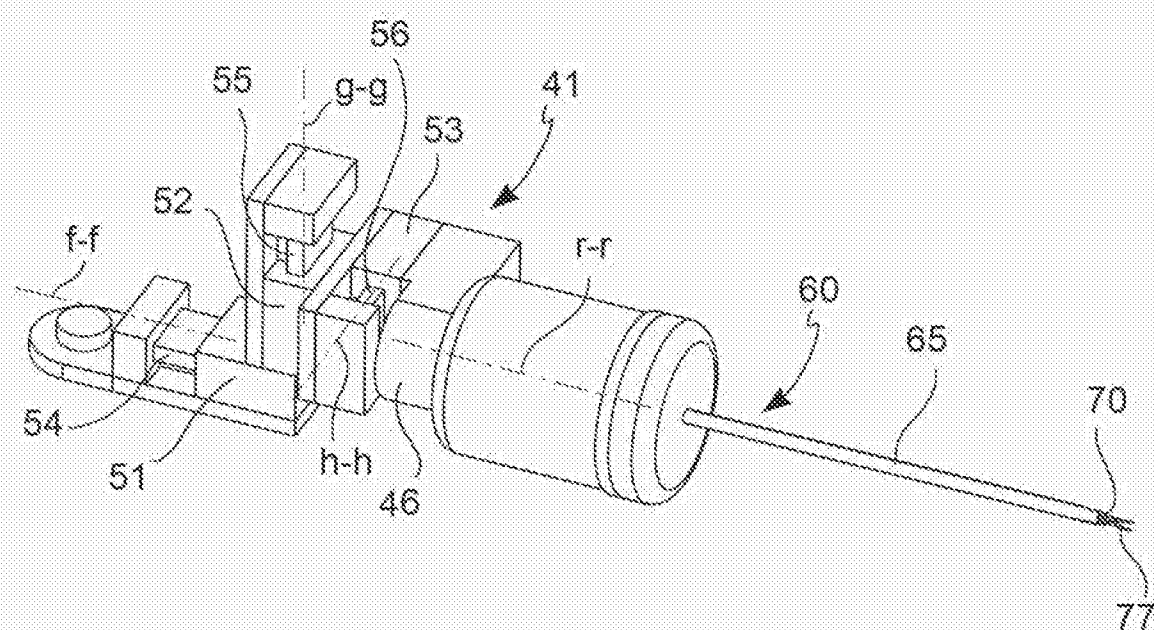


FIG. 10

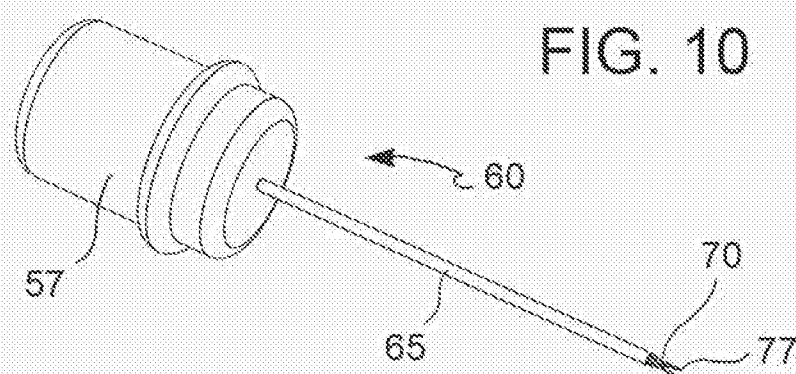


FIG. 11

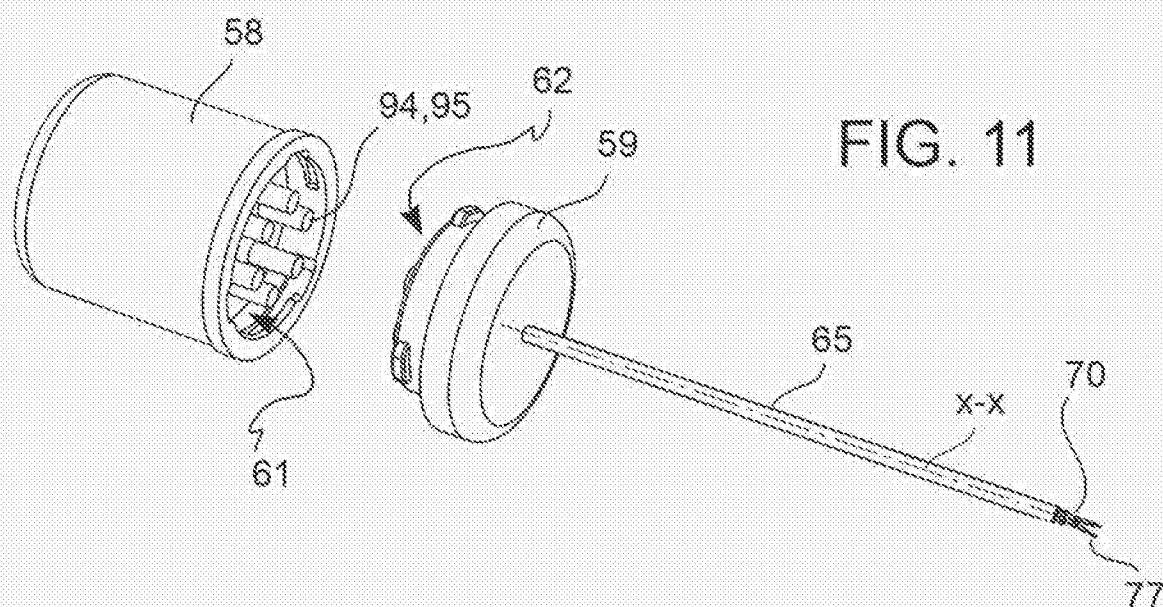


FIG. 12

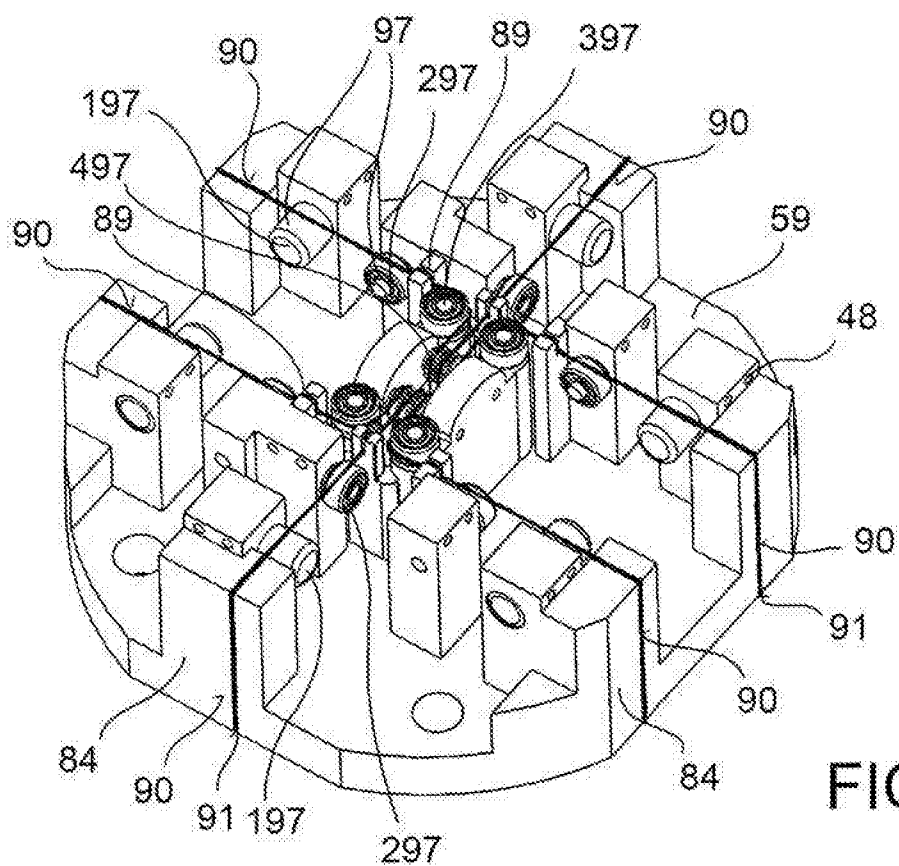


FIG. 13A

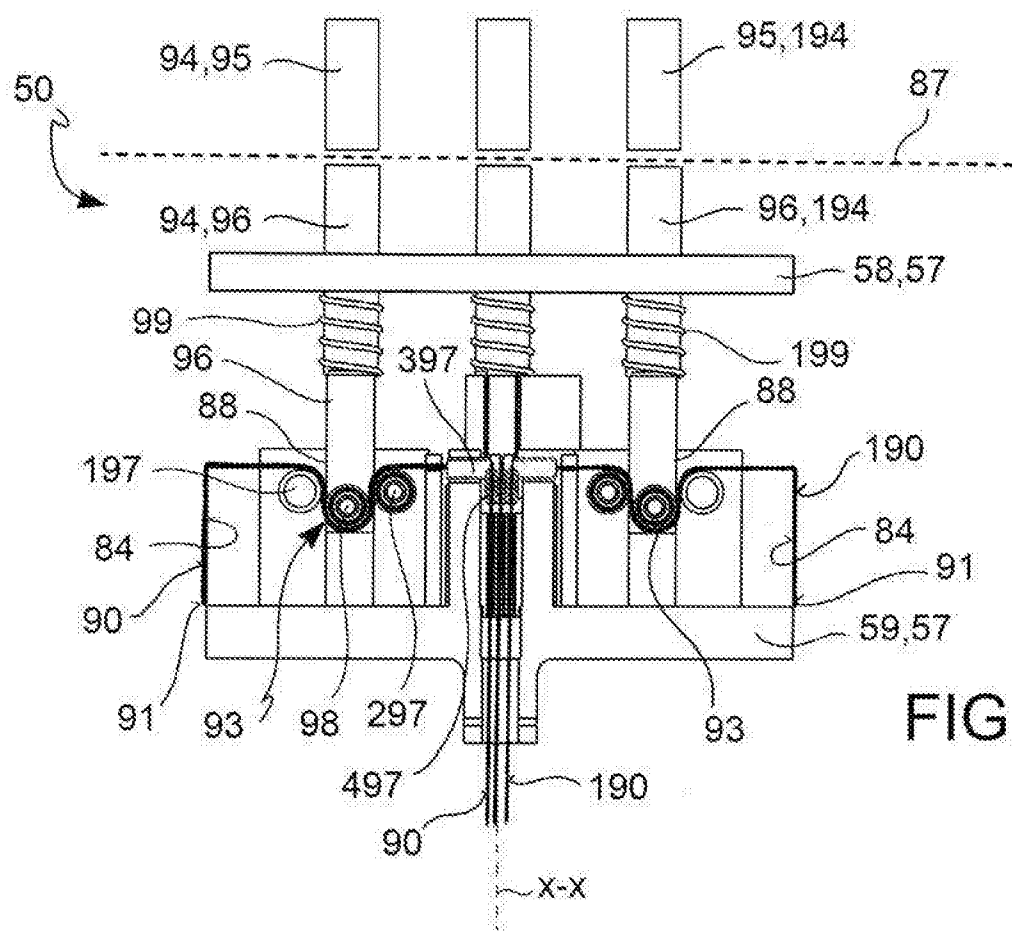


FIG. 14A

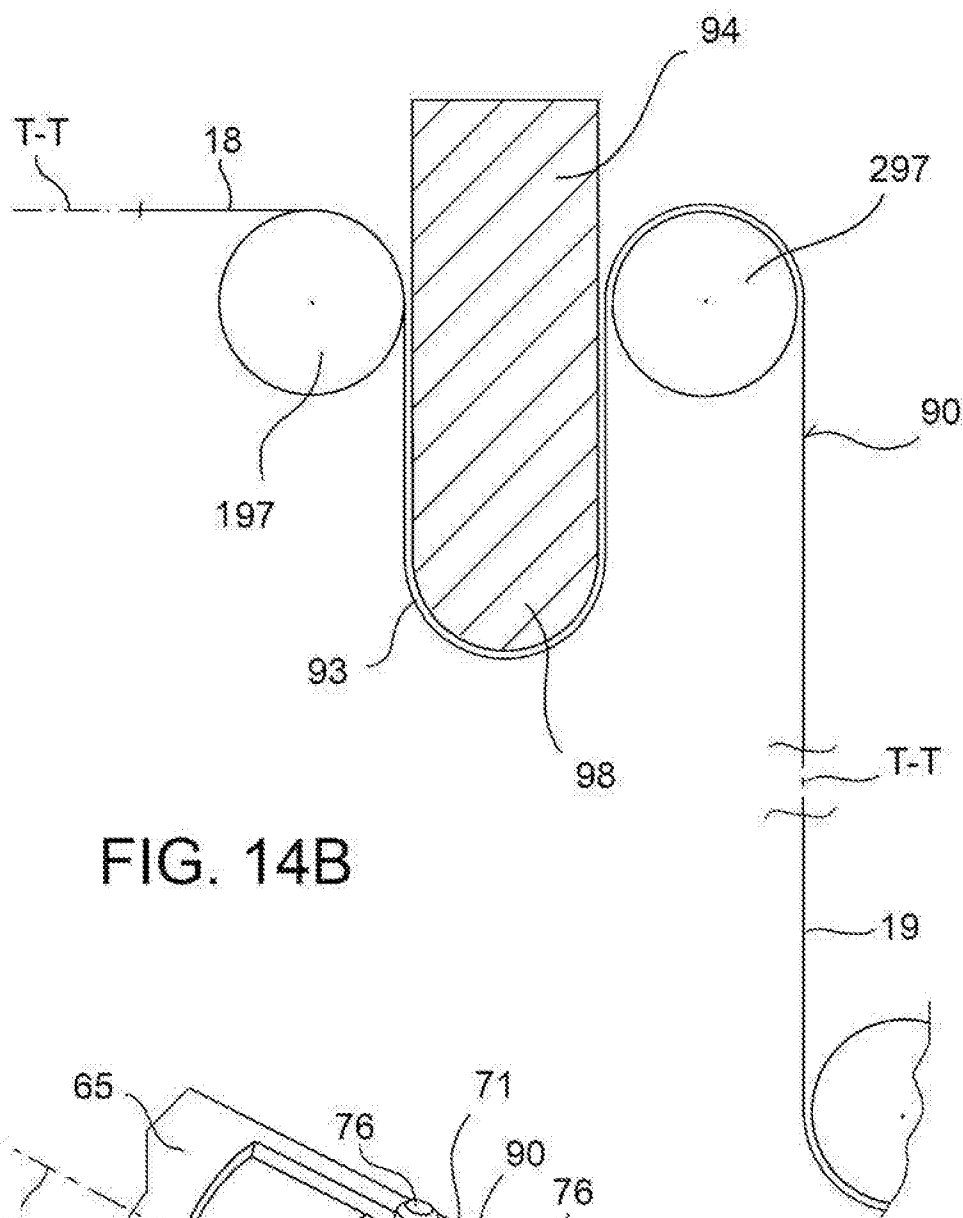


FIG. 14B

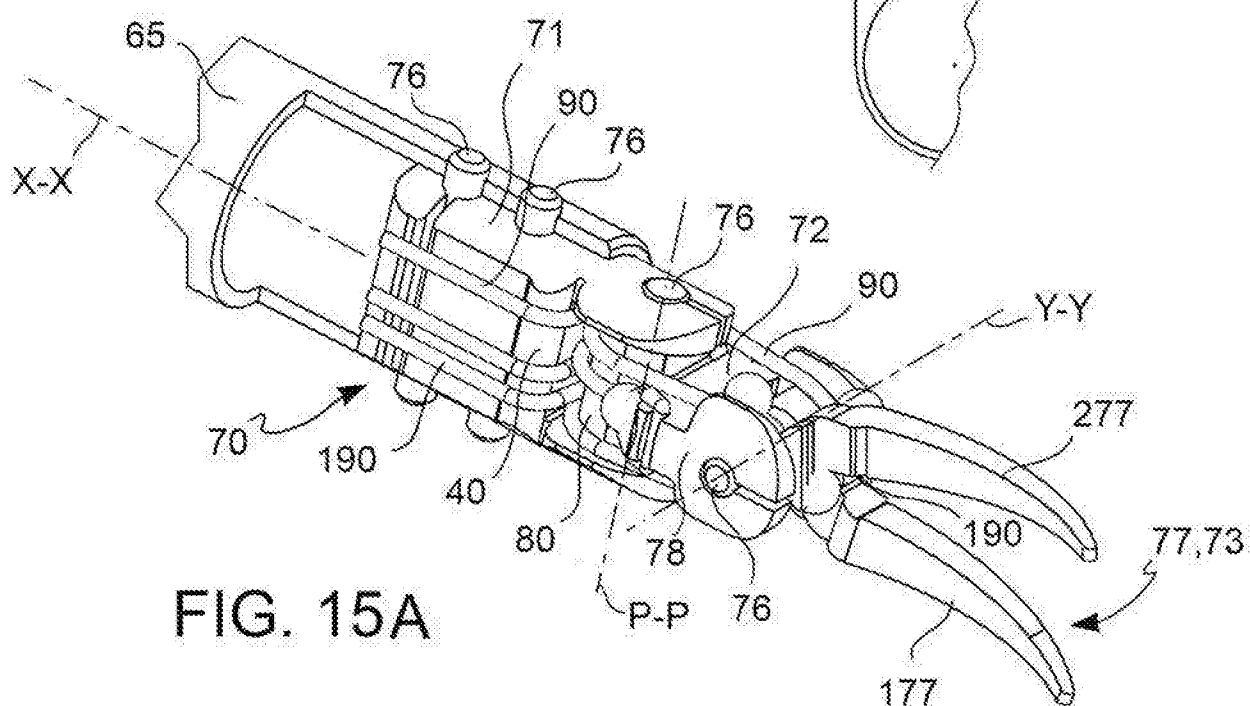


FIG. 15A

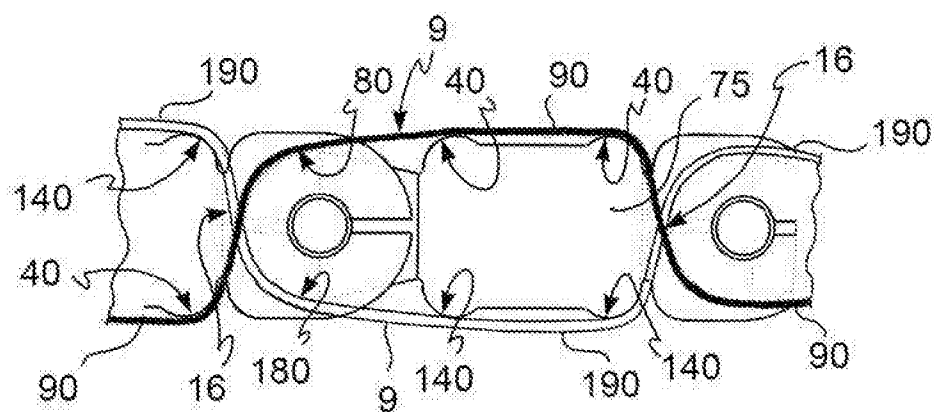


FIG. 16

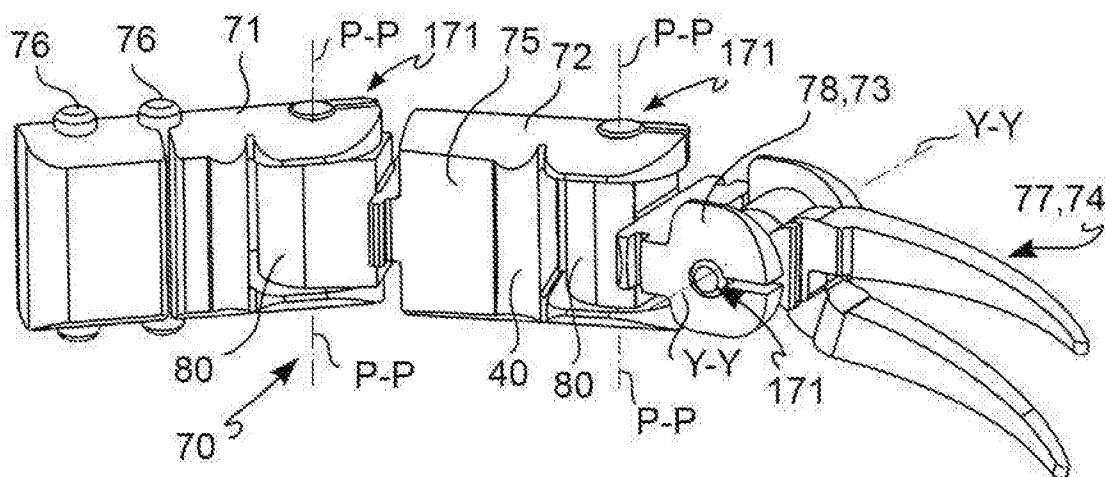


FIG. 17

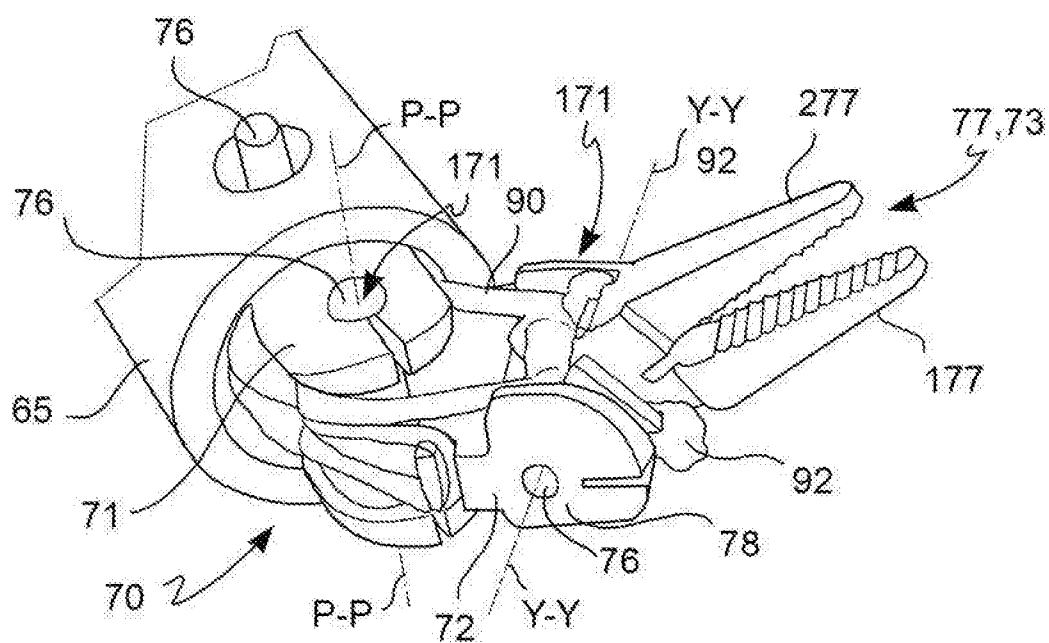


FIG. 15B

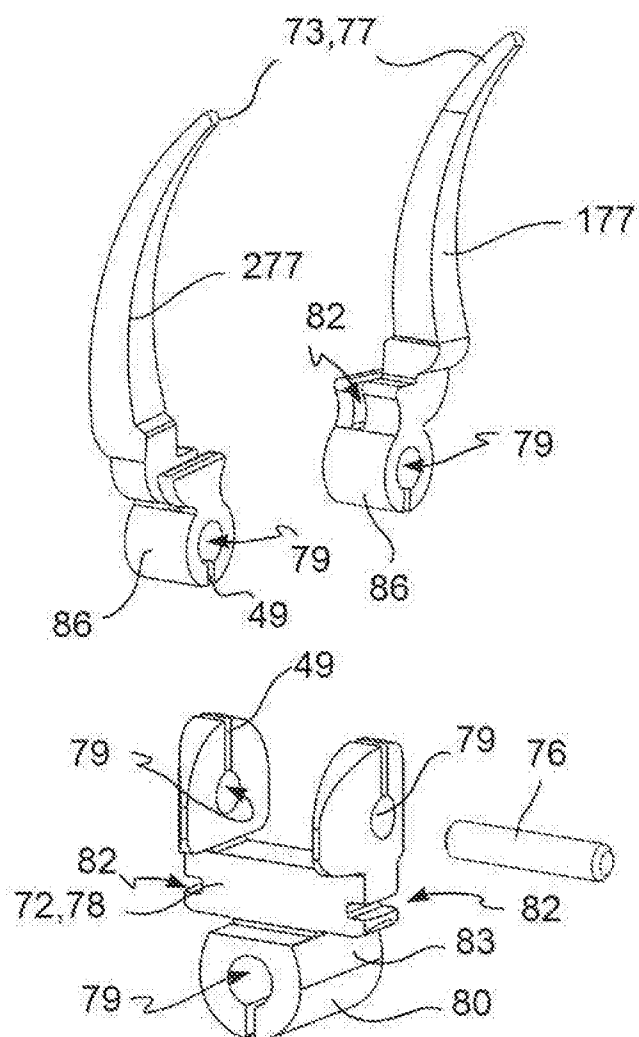


FIG. 18

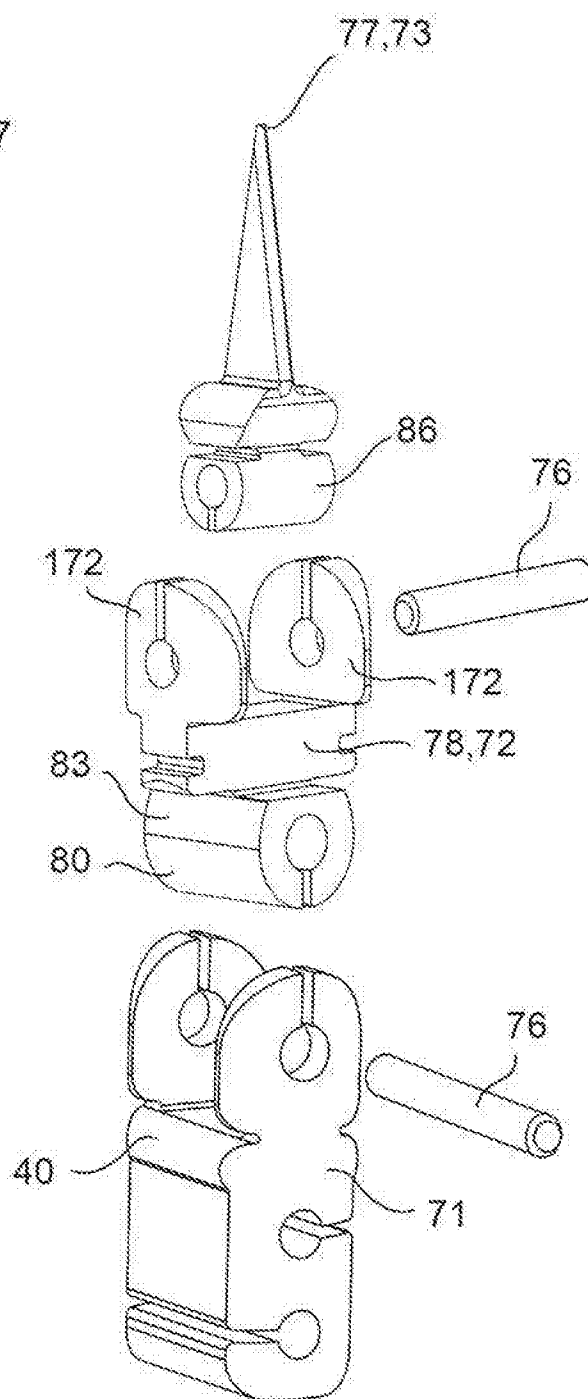


FIG. 19

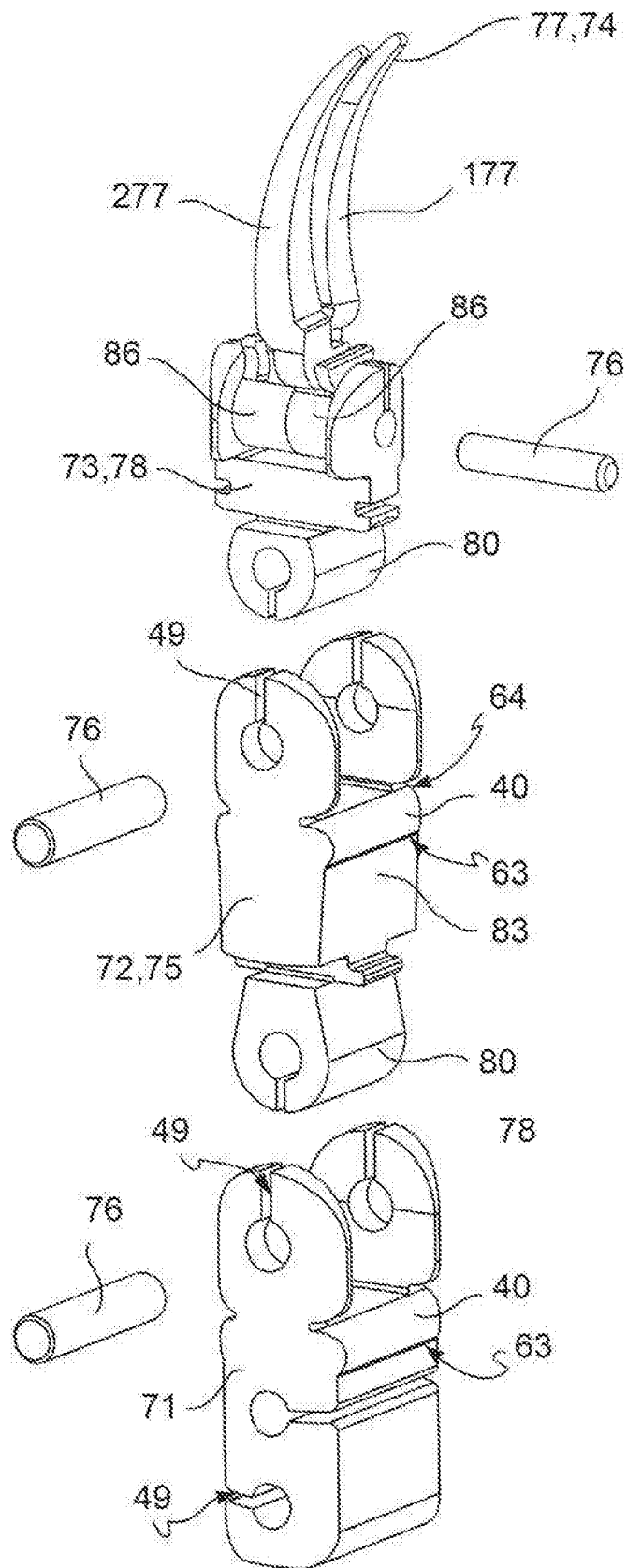


FIG. 20

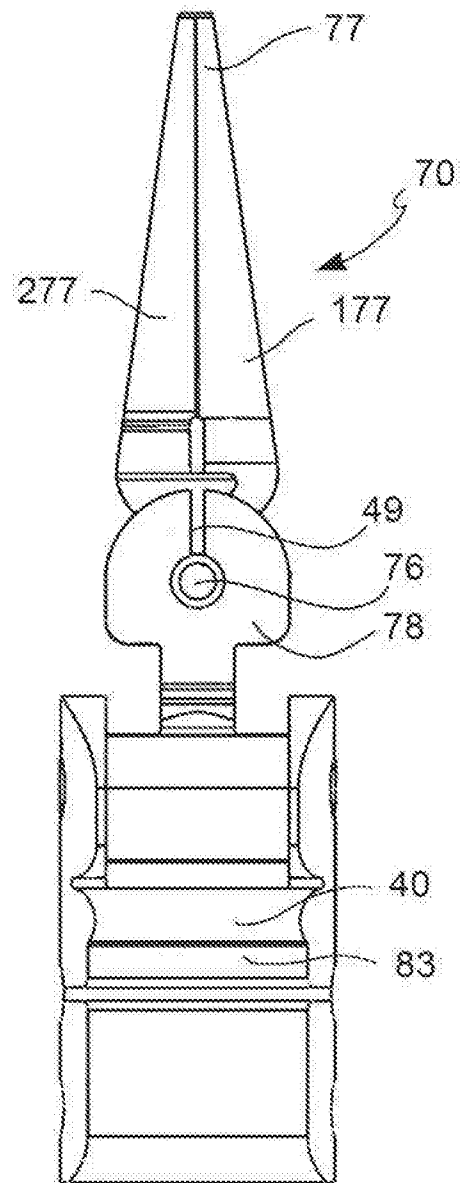


FIG. 21

FIG. 22

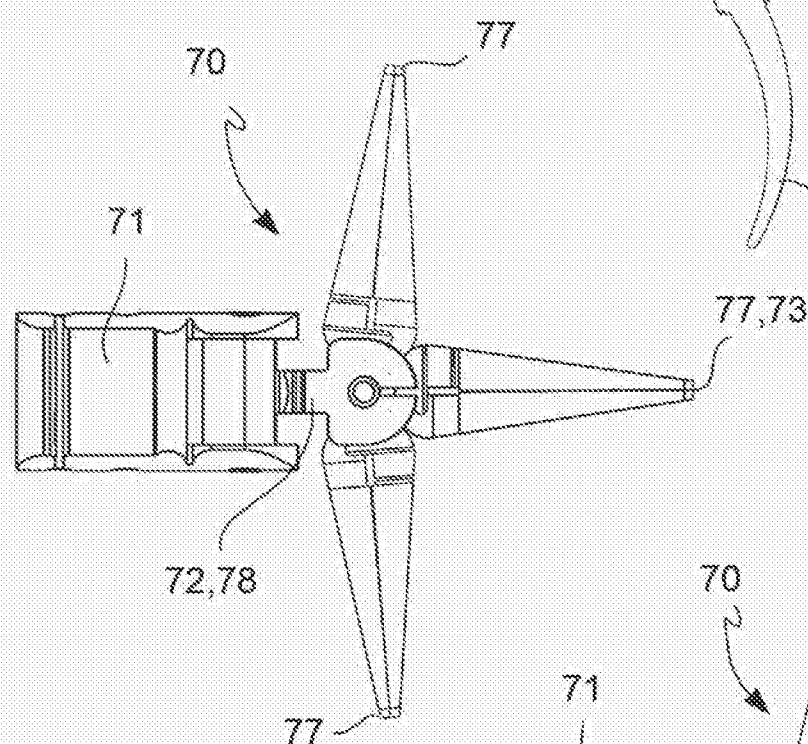
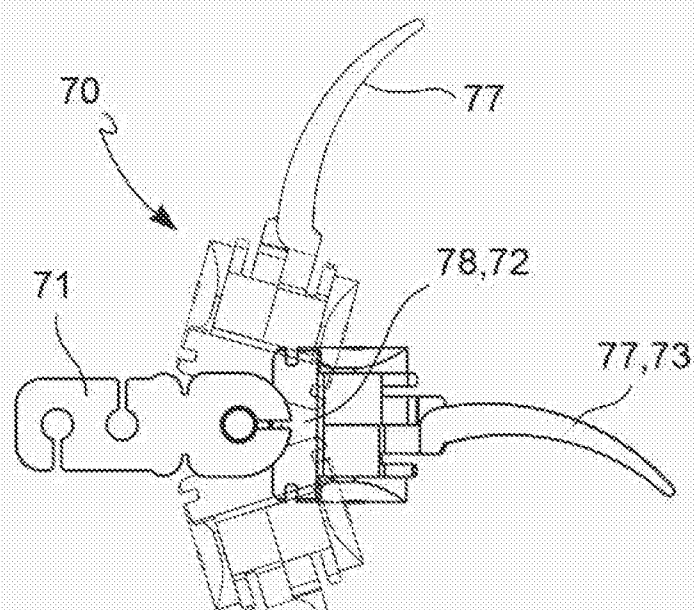
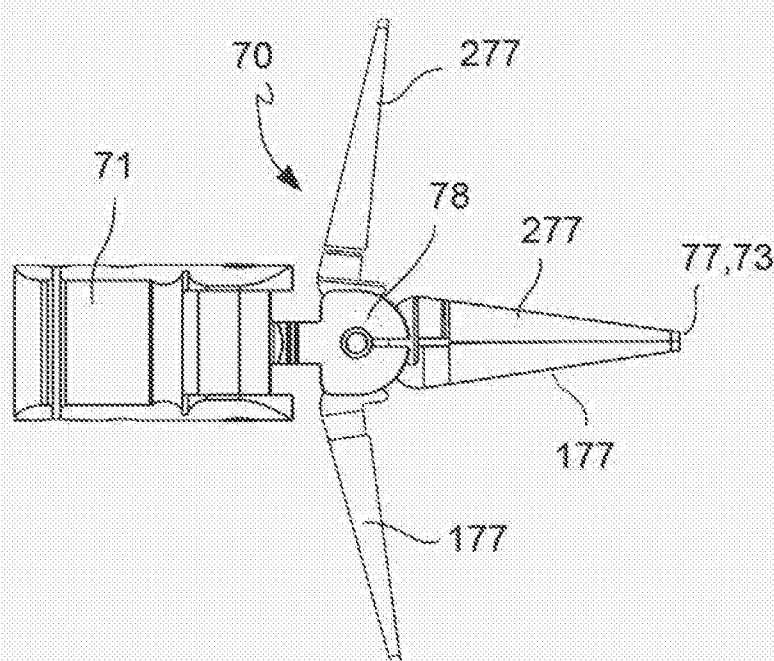


FIG. 23

FIG. 24



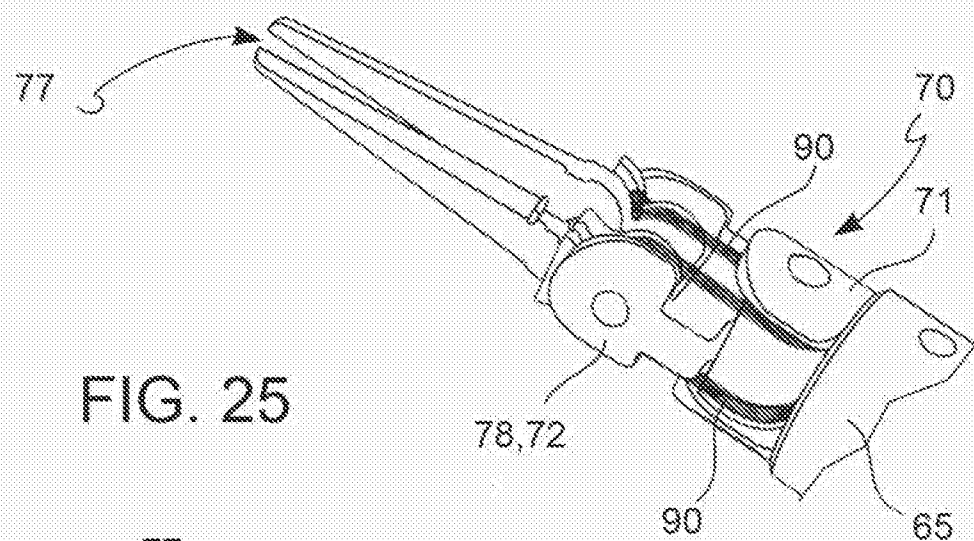


FIG. 25

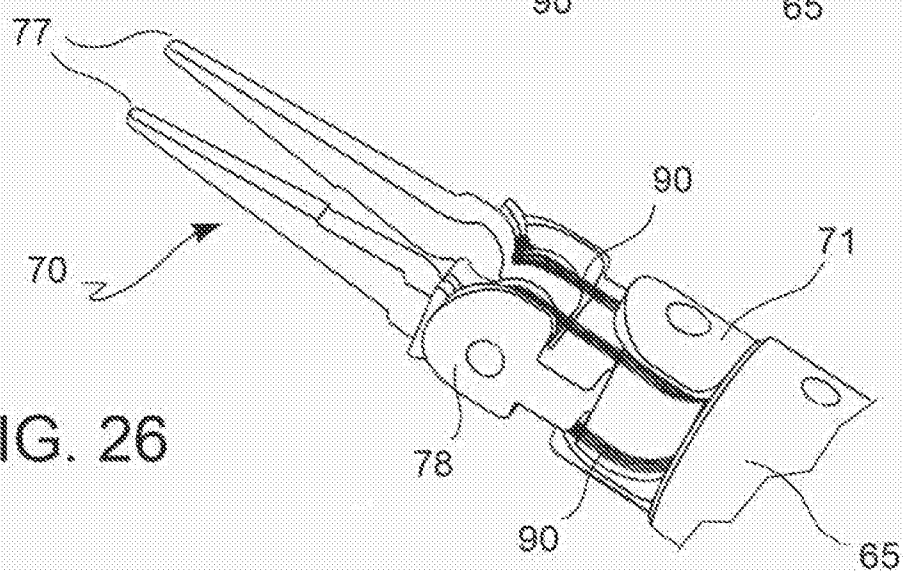


FIG. 26

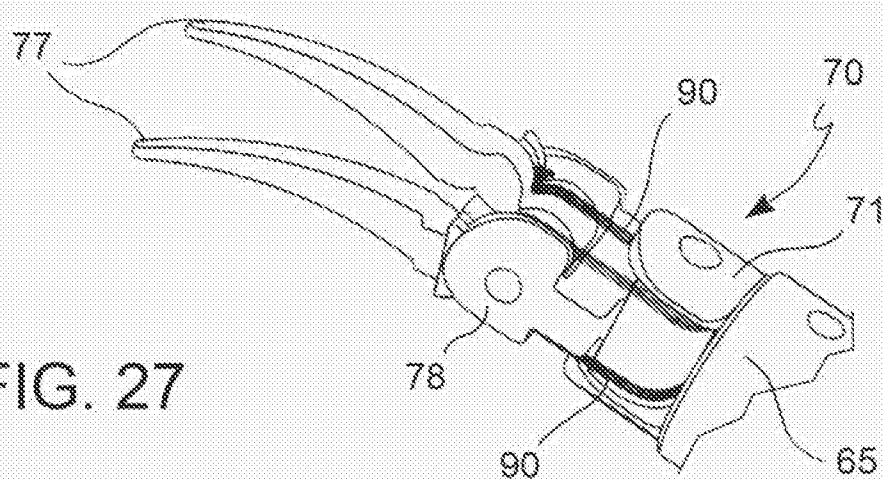


FIG. 27

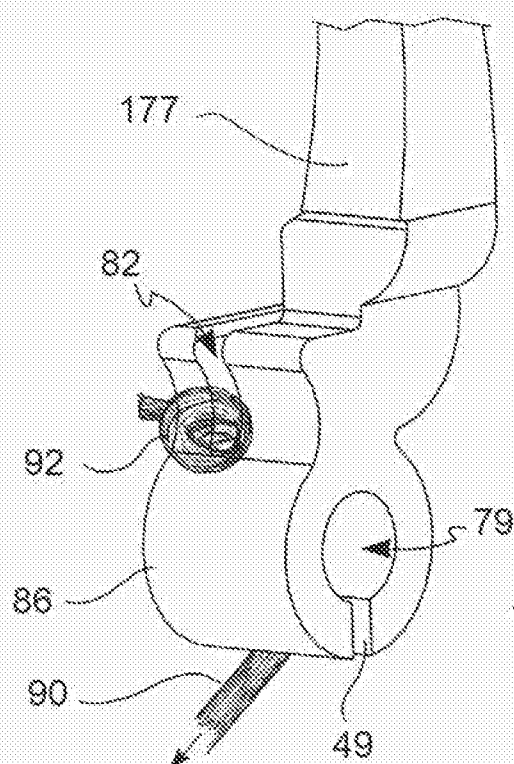


FIG. 28

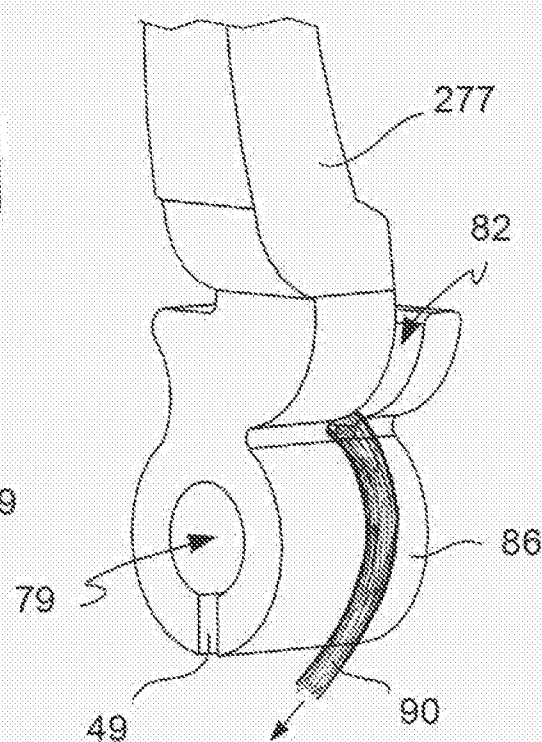


FIG. 29

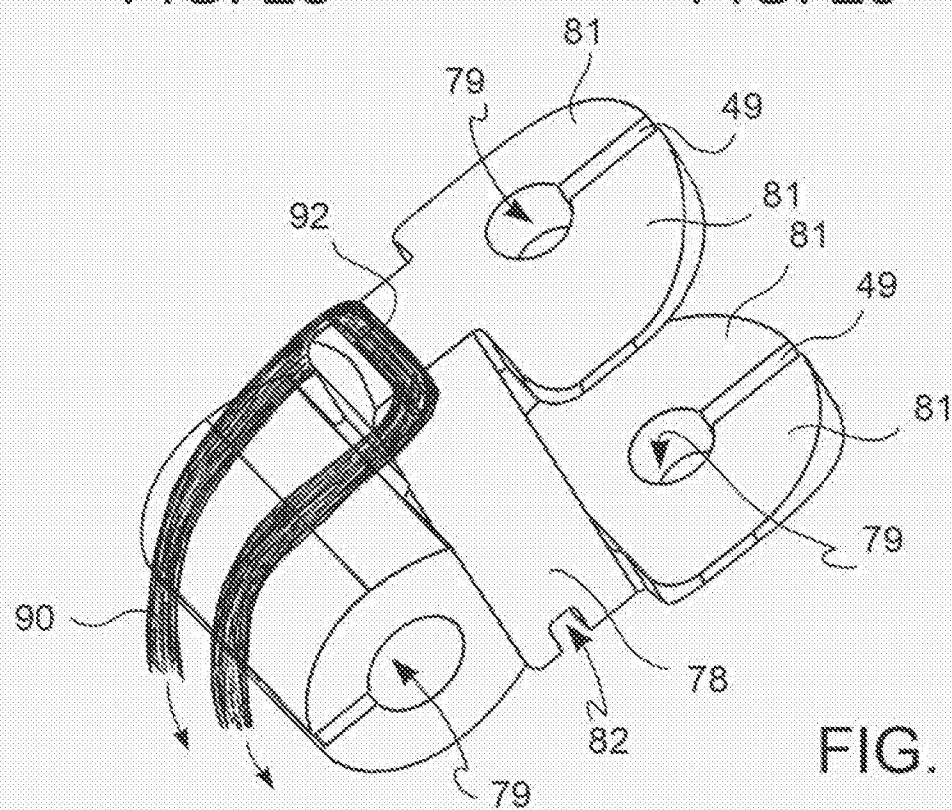
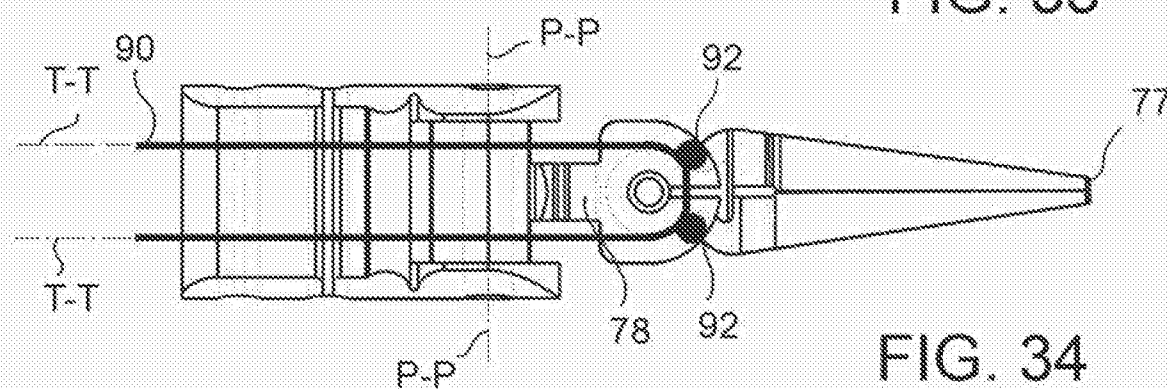
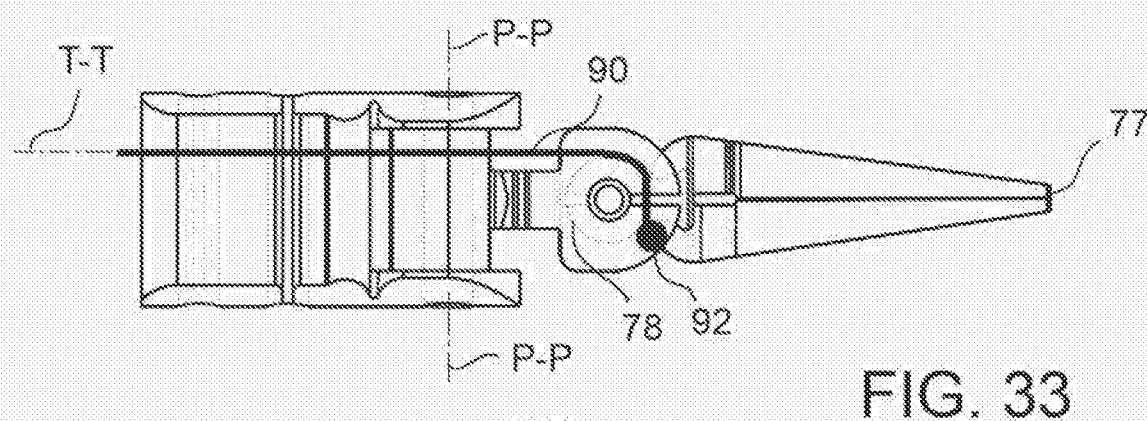
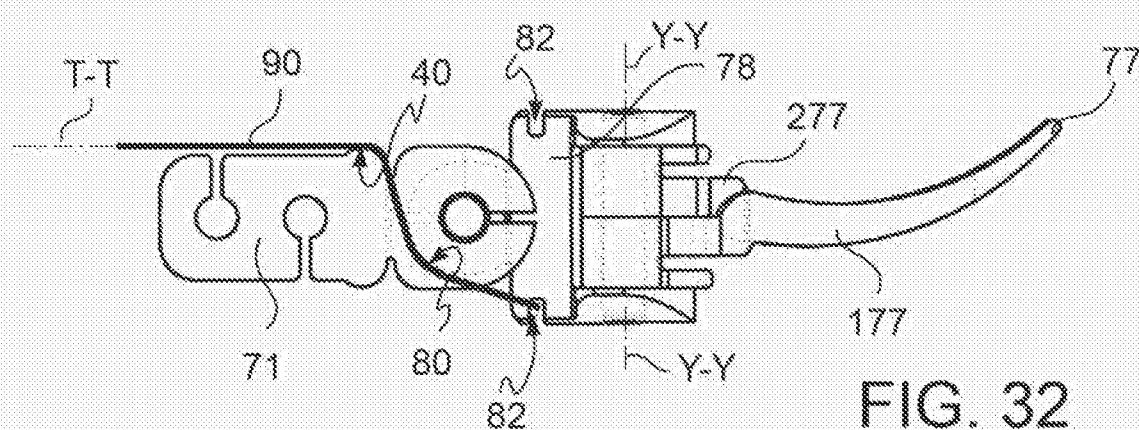
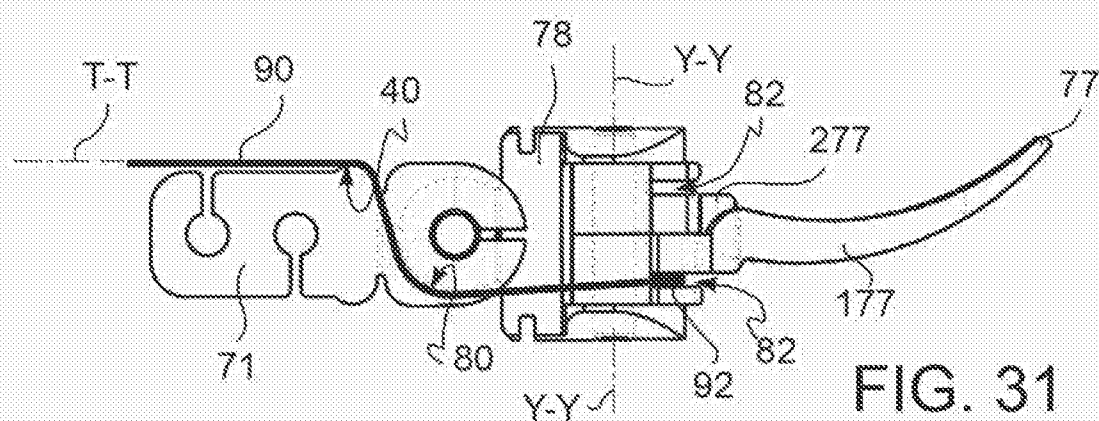


FIG. 30



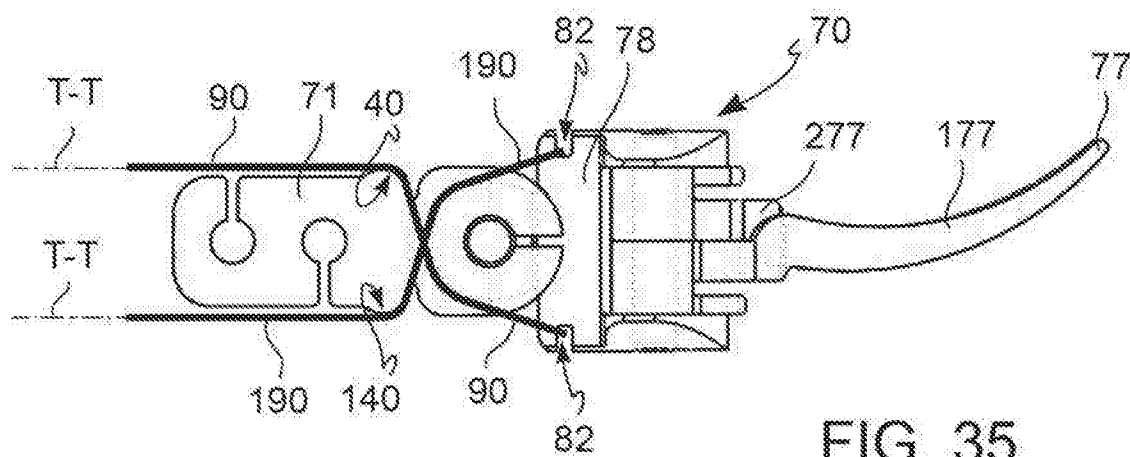


FIG. 35

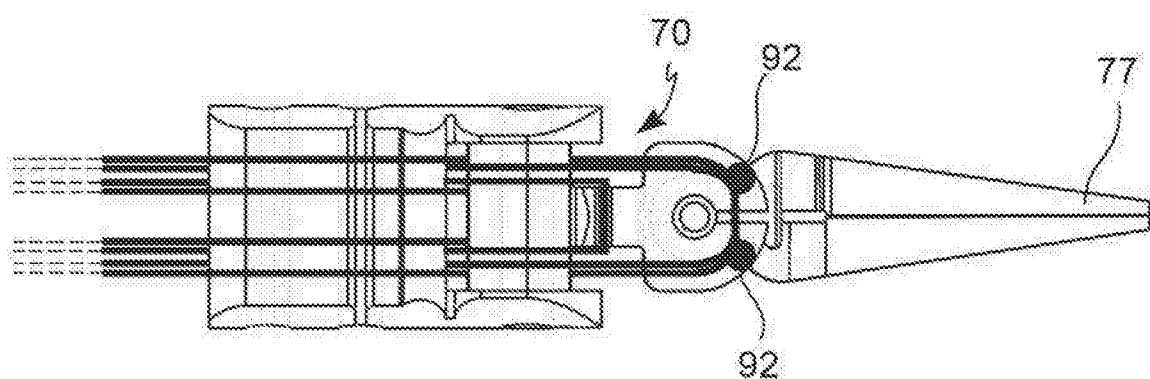


FIG. 36

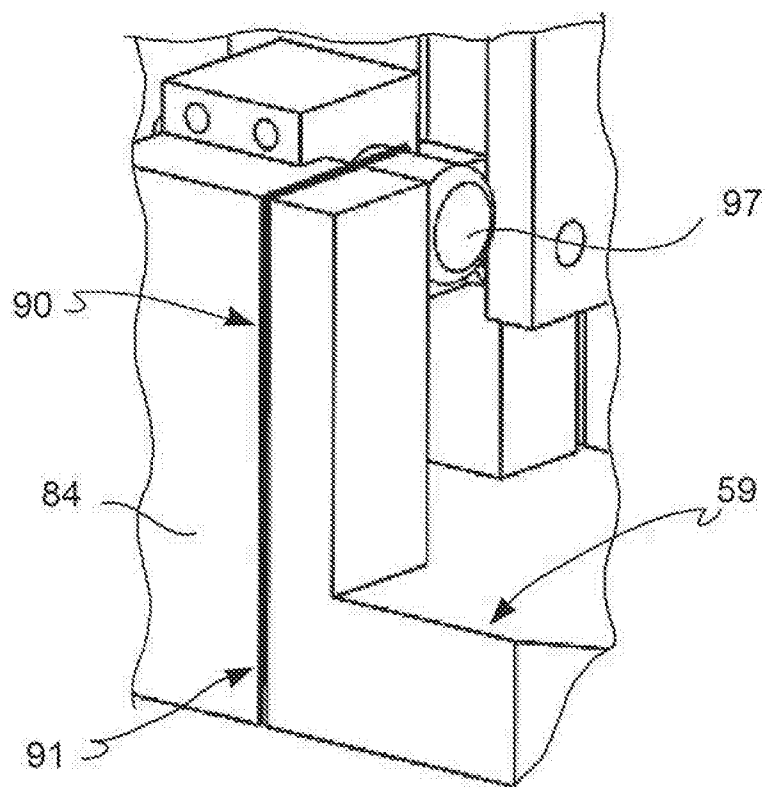


FIG. 13B

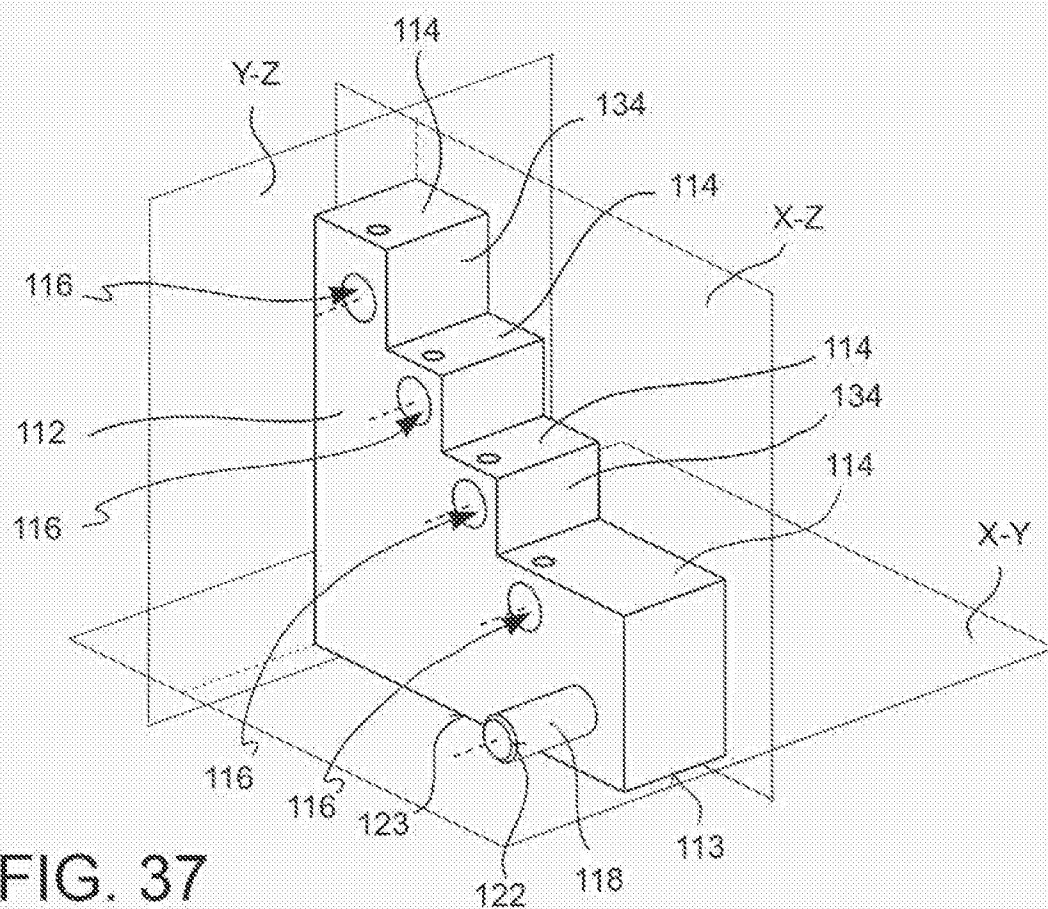


FIG. 37

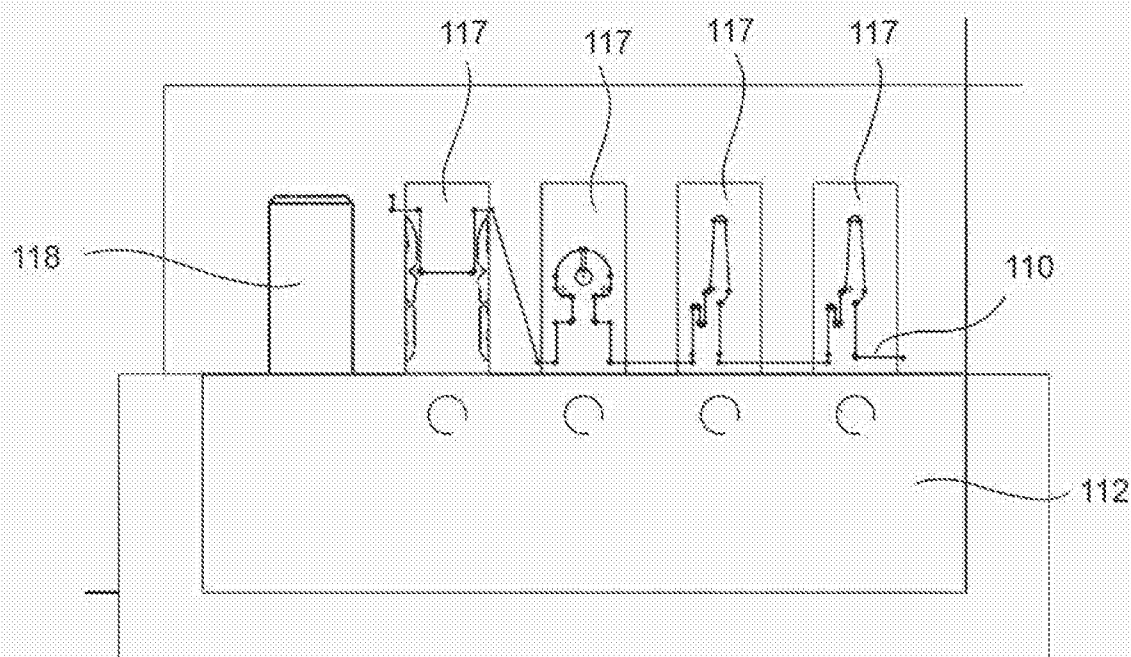


FIG. 38

FIG. 39

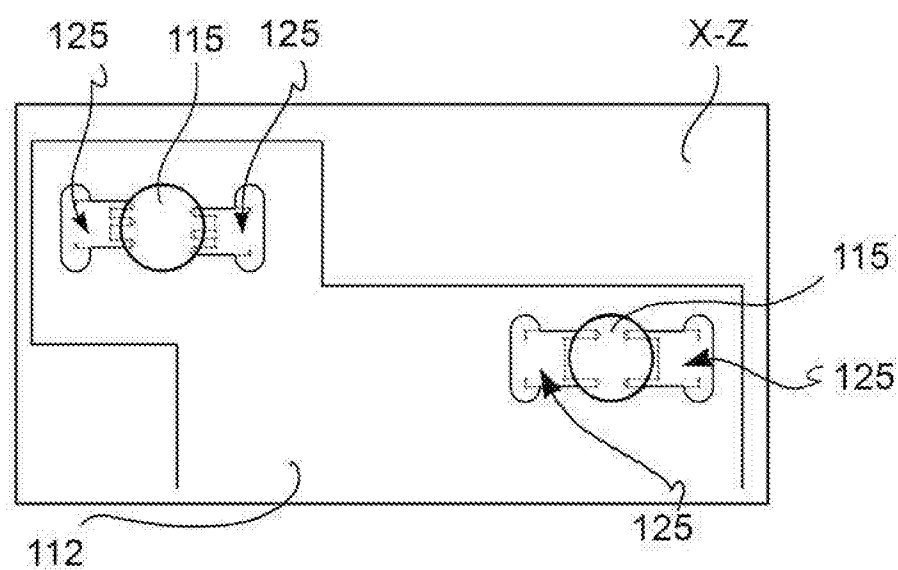
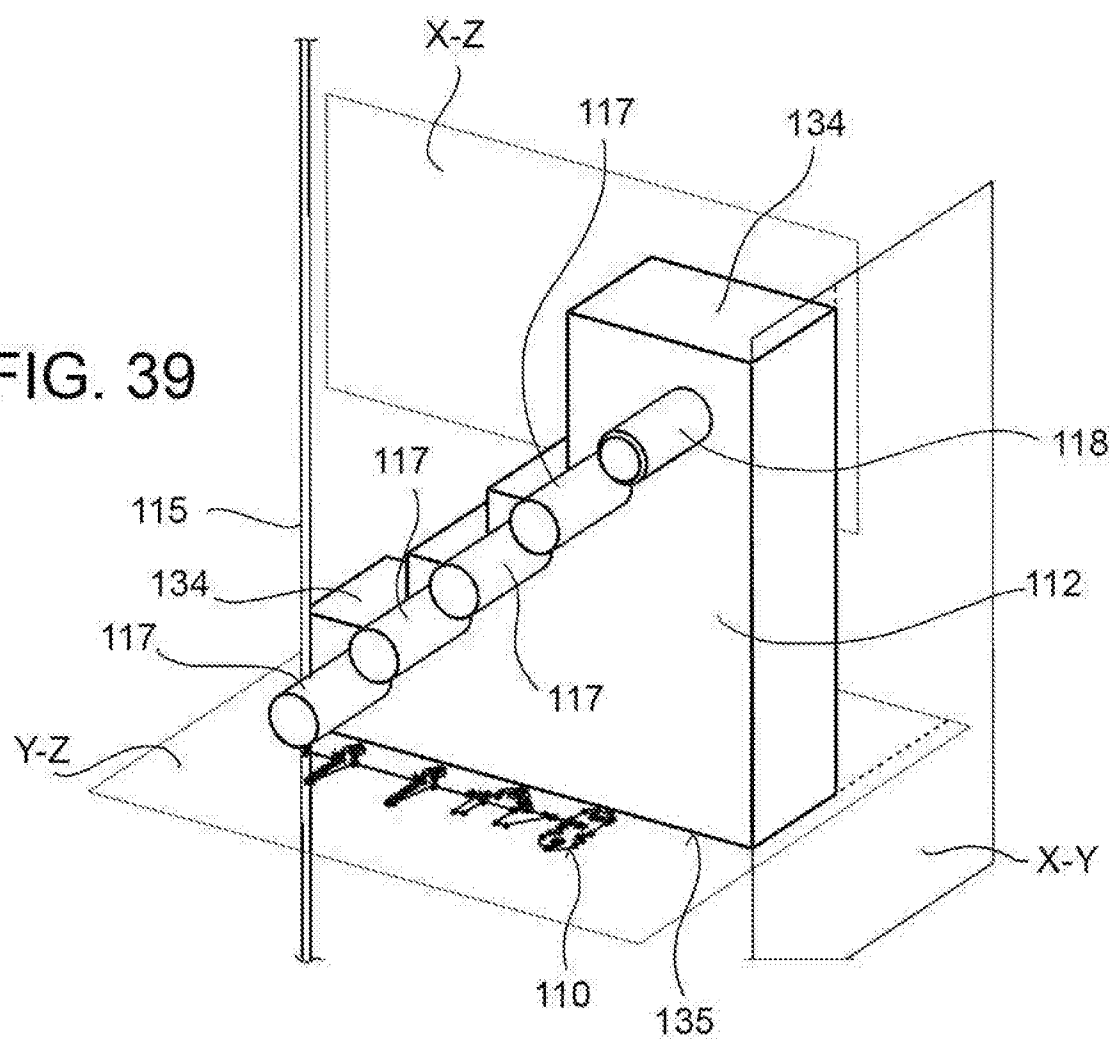


FIG. 40 A

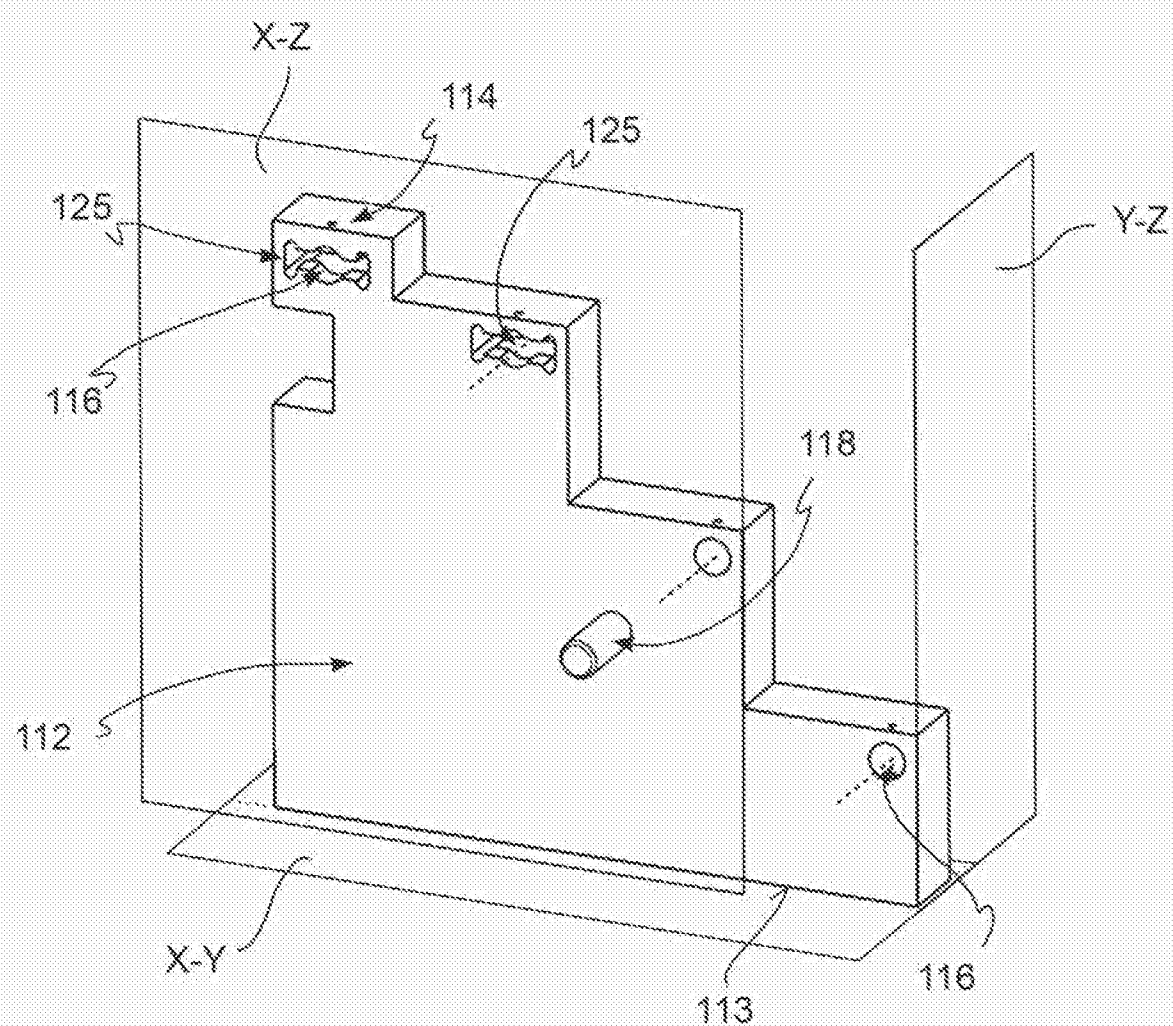


FIG. 40B

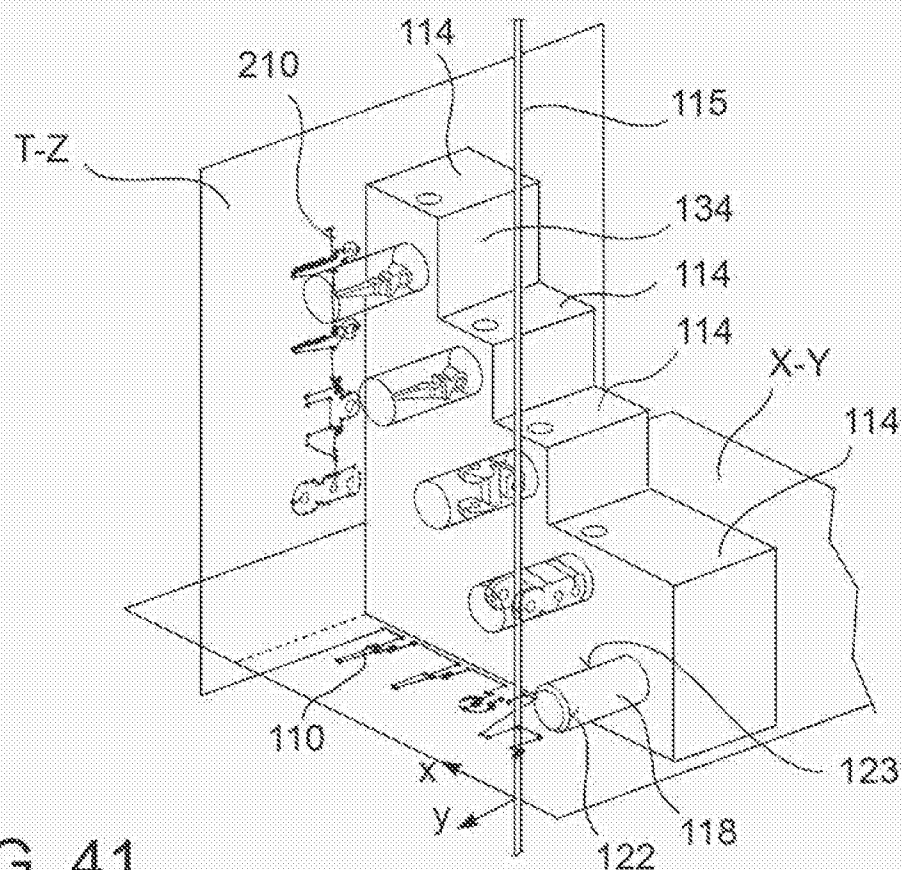


FIG. 41

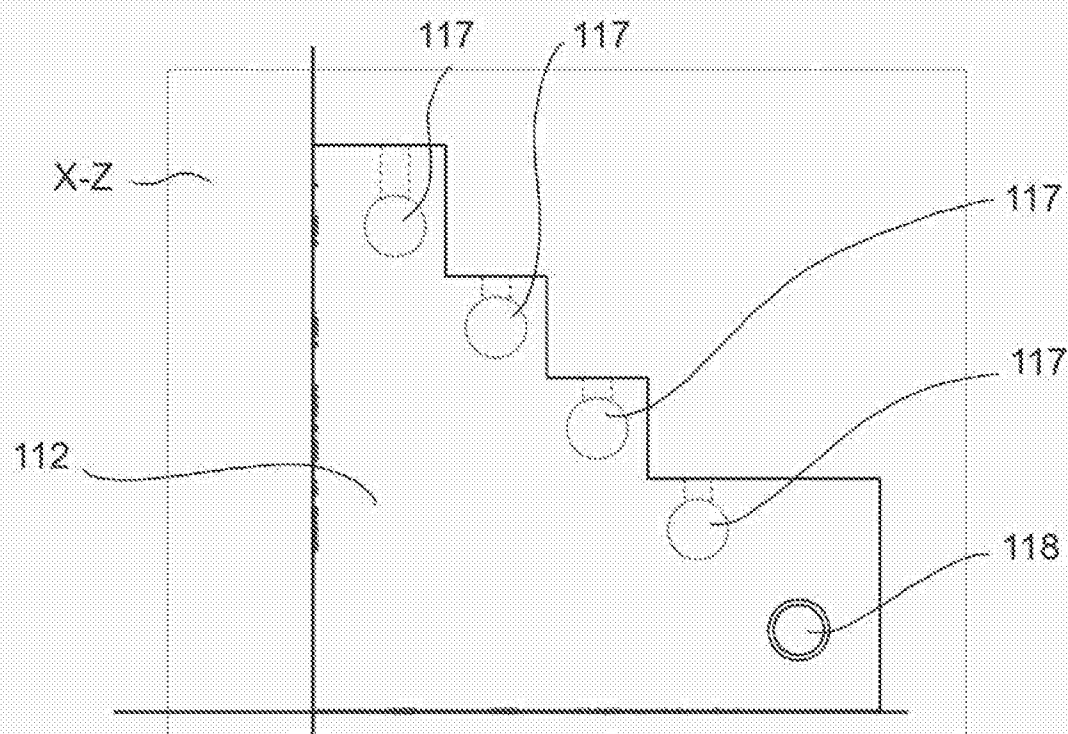


FIG. 42