



Ministero delle Imprese e del Made in Italy
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHE

UIBM

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102022000017592
Data Deposito	25/08/2022
Data Pubblicazione	25/02/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	30

Titolo

Micro-strumento chirurgico articolato per teleoperazione chirurgica

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

" Micro-strumento chirurgico articolato per teleoperazione chirurgica "

Di: MEDICAL MICROINSTRUMENTS, INC.

5 Inventori designati: MATTEO BAGHERI GHAVIFEKR e MASSIMILIANO SIMI - domiciliati c/o Medical Microinstruments, Inc., sede secondaria, via Egidio Giannessi 52/54/56, località Montacchiello, 56121 PISA (ITALIA)

Classe CPC: A61B 34/30, A61B 34/35

10 Rif. pratica: W139

DESCRIZIONE

[0001]. Campo dell'invenzione

[0002]. Forma oggetto della presente invenzione uno strumento
15 chirurgico.

[0003]. In particolare, uno strumento chirurgico secondo la presente invenzione comprende un dispositivo terminale articolato.

[0004]. Uno strumento chirurgico secondo l'invenzione è
20 particolarmente adatto, seppur non univocamente destinato, per un sistema robotizzato di teleoperazione microchirurgica.

[0005]. Stato della tecnica

[0006]. Apparati di chirurgia robotica sono generalmente noti
nell'arte e tipicamente comprendono una torre robotica centrale
25 (o "cart") e uno o più bracci robotici che si estendono dalla

torre robotica centrale. Ciascun braccio comprende un sistema di
posizionamento motorizzato (o manipolatore) per movimentare uno
strumento chirurgico ad esso attaccabile distalmente, allo scopo
di eseguire procedure chirurgiche su un paziente. Il paziente
5 tipicamente giace su un letto operatorio collocato nella sala
operatoria, in cui è garantita sterilità per evitare
contaminazione batterica dovuta alle parti non sterili
dell'apparato robotico.

[0007]. La miniaturizzazione degli strumenti chirurgici ed in
10 particolare di loro dispositivi terminali articolati
("articulated end-effectors") per chirurgia robotica è
particolarmente desiderabile perché apre scenari vantaggiosi di
ridotta invasività per il paziente sottoposto ad intervento
chirurgico così come alla capacità di dissezione di tessuti
15 millimetrici e sub-millimetrici.

[0008]. Ad esempio, i documenti **US-10582975**, **WO-2017-064303** e
WO-2018-18972 a nome della medesima Richiedente divulgano varie
forme di realizzazione di strumenti chirurgici adatti per
chirurgia e microchirurgia robotica, ove allo scopo di
20 miniaturizzare le articolazioni, i tendini scorrono e sono
guidati nel loro scorrimento senza necessità di prevedere fori
o canali concavi di guida. Al contrario, i tendini di attuazione
sono appoggiati e mantenuti in posizione da idonee superfici
convesse di scorrimento, dette superfici essendo superfici
25 rigate con generatrici tutte parallele tra loro, ciascuna

superficie rigata di scorrimento essendo parallela ad un certo asse. Inoltre, i documenti **WO-2017-064305**, **EP-3362218** e **EP-3597340** della medesima Richiedente divulgano alcune metodologie di fabbricazione di un tale tipo di strumento chirurgico.

5 **[0009]**. Il documento **WO-2018-189722** della medesima Richiedente divulga uno strumento chirurgico in cui i tendini per attuare il grado di libertà di apertura/chiusura dell'end-effetto articolato oltre a scorrere su superfici rigate convesse di scorrimento dei link dell'end-effector, si avvolgono su dette
10 superfici rigate convesse di scorrimento descrivendo percorsi arcuati che sottendono un angolo di avvolgimento particolarmente elevato. Infatti, grazie al ridotto attrito di scorrimento dei tendini essi sono in grado di restare a contatto con la superficie rigata convessa di un link per un tratto longitudinale
15 relativamente lungo ed arcuato.

[0010]. In aggiunta, il documento **US-2021-0106393** della medesima richiedente divulga alcune realizzazioni di un tendine composto da fibre polimeriche intrecciate. L'impiego di tendini polimerici consente di ridurre l'attrito di scorrimento rispetto
20 all'uso di tendini metallici ed al contempo un adeguato dimensionamento del tendine permette di percorrere percorsi longitudinali tortuosi nell'end-effector articolato.

[0011]. Sono anche noti strumenti chirurgici muniti di terminali articolati di taglio, attuati mediante cavi di
25 attuazione avvolti attorno ad almeno due pulegge, in cui il

porta-lama prevede una puleggia distale di diametro maggiorato rispetto ad una puleggia prossimale del medesimo terminale articolato, nel tentativo di aumentare la forza di taglio aumentando il raggio della puleggia distale di attuazione.

5 Solitamente, è desiderabile mantenere in ogni caso il diametro della puleggia di attuazione della lama all'interno dell'ingombro dell'asta o alberino di posizionamento del terminale articolato, per non aumentare l'ingombro trasversale dello strumento chirurgico. L'alberino di posizionamento si
10 estende tipicamente in direzione longitudinale e riceve al suo interno i tendini o cavi di attuazione del terminale articolato.

[0012]. L'esigenza di massimizzare la coppia di chiusura, e quindi forza di chiusura esercitata tra le punte ("tips", "jaws") dello strumento articolato è sentita anche nel caso in cui lo
15 strumento chirurgico non sia destinato ad eseguire un'azione di taglio. Ad esempio, può essere richiesto allo strumento chirurgico di esercitare un'azione di presa (grip) salda e duratura.

[0013]. Per guidare il cavo di attuazione verso una puleggia
20 distale di attuazione di relativamente grande diametro, ad esempio il documento **WO-2017-098279** impiega pulegge folli di guida, intermedie, aventi asse inclinato, che vengono trascinate in rotazione dal cavo stesso quando viene attuata la puleggia distale.

25 **[0014]**. Sono anche note soluzioni di end-effector articolato

che sfruttano l'effetto leva per generare una aumentata forza di chiusura. Ad esempio, il documento **US-6206903** mostra una soluzione in cui ciascuna puleggia distale è realizzata in pezzo separato rispetto alla rispettiva lama, e la lama è associata
5 alla puleggia in modo eccentrico mediante un accoppiamento asola-perno, in cui l'asola è eccentrica rispetto all'asse di rotazione (yaw) della puleggia. Le lame sono tra loro articolate in un fulcro che è posto distalmente rispetto alla puleggia distale. Grazie a tale configurazione eccentrica il movimento
10 relativo tra la puleggia distale e la lama è costretto cioè guidato dall'asola.

[0015]. In una siffatta soluzione, tuttavia, sono evidenti alcuni inconvenienti, come ad esempio il fatto che il rapporto di trasmissione della coppia di chiusura è dipendente
15 dall'angolo di apertura/chiusura tra le lame, risultando quindi, quando in condizioni di esercizio, nell'erogazione di una forza di chiusura difficilmente predeterminabile. Un ulteriore inconveniente di questo tipo di soluzione sta nel fatto che il meccanismo eccentrico impone l'avanzamento delle punte ("jaws",
20 "tips") durante la movimentazione relativa di serraggio, determinando pertanto incertezza di posizionamento nonché di taglio/presa. In aggiunta, le lavorazioni richieste per realizzare un tale noto meccanismo di articolazione distale sono inadatte ad essere oggetto di miniaturizzazione per la presenza
25 di molte parti da realizzare ed assemblare nonché per la

complessità delle forme proposte dei pezzi che necessariamente risulterebbero oltremodo deboli cioè fragili. Soluzioni riconducibili al tipo appena illustrato sono mostrate, ad esempio, nei documenti **US-8137339**, **US-10143453** e **US-10143484**.

5 **[0016]**. Una soluzione simile alla precedente è mostrata ad esempio nel documento **WO-2022-072732**, ove tuttavia, sia il fulcro sia l'asola di montaggio eccentrico sia il perno di articolazione della puleggia distale sono tutti contenuti all'interno dell'ingombro discoidale della puleggia distale.

10 Tale nota soluzione risulta comunque inadatta a venire fabbricata miniaturizzata mantenendo una soddisfacente robustezza, perché impone di eseguire lavorazioni a sottosquadro di precisione e l'assemblaggio di svariate micro-parti.

[0017]. È dunque fortemente sentita l'esigenza di fornire una

15 soluzione in grado di aumentare la coppia di chiusura e/o taglio e/o presa in uno strumento chirurgico articolato miniaturizzato, senza per questo imporre un aumentato calibro dello strumento stesso, e senza per questo ridurre la mobilità delle sue articolazioni.

20 **[0018]**. In aggiunta, è sentita l'esigenza di fornire una soluzione adatta ad una spinta miniaturizzazione che risulti comunque robusta ed affidabile quando in condizioni di esercizio, e che al contempo sia in grado di erogare all'occorrenza una coppia di chiusura e/o taglio e/o presa

25 ripetibile e standardizzabile in modo meccanicamente

vantaggioso.

[0019]. Soluzione

[0020]. È uno scopo della presente invenzione ovviare agli inconvenienti lamentati con riferimento allo stato della
5 tecnica.

[0021]. Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire uno strumento chirurgico articolato adatto ad essere miniaturizzato.

[0022]. Questo ed altri scopi sono raggiunti con uno strumento
10 chirurgico secondo la rivendicazione **1**.

[0023]. Alcune forme di realizzazione vantaggiose sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

[0024]. Secondo un aspetto dell'invenzione, uno strumento
chirurgico comprende un terminale articolato comprendente una
15 struttura di supporto, un primo link articolato alla struttura di supporto, ed un secondo link articolato al primo link; in cui lo strumento chirurgico comprende un tendine di attuazione di yaw per movimentare il primo link rispetto alla struttura di supporto, ed il primo link comprende una radice di attacco avente
20 una porzione a puleggia di avvolgimento avente raggio centrato sul primo asse di rotazione, ed in cui il tendine di attuazione di yaw per movimentare il primo link è avvolto attorno a detta porzione a puleggia di avvolgimento della radice di attacco del primo link; ed in cui lo strumento chirurgico comprende inoltre
25 un tendine di attuazione di chiusura per movimentare il secondo

link rispetto al primo link in verso di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura, e il secondo link comprende una porzione circonferenziale di attuazione avente raggio utile centrato nel secondo asse di rotazione.

5 **[0025]**. Secondo un aspetto dell'invenzione, il raggio utile della porzione circonferenziale di attuazione del secondo link è maggiore del raggio della porzione a puleggia di avvolgimento della radice di attacco del primo link.

[0026]. La porzione circonferenziale di attuazione del secondo
10 link può essere una porzione a puleggia avente profilo circonferenziale avente raggio utile centrato nel secondo asse di rotazione, in cui il tendine di attuazione di chiusura per movimentare il secondo link è avvolto attorno a detta porzione a puleggia del secondo link.

15 **[0027]**. Breve descrizione delle figure

[0028]. Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione appariranno dalla descrizione di seguito riportata di esempi preferiti di realizzazione, dati a titolo indicativo e non limitativo, con riferimento alle annesse figure che sono
20 brevemente descritte qui sotto. Si noti che i riferimenti ad "una" forma di realizzazione in questa divulgazione non sono necessariamente riferiti alla medesima forma di realizzazione, e sono da intendersi ad almeno una. Inoltre, per ragioni di concisione e di riduzione del numero totale delle figure, una
25 certa figura potrà essere usata per illustrare le

caratteristiche di più di una forma di realizzazione e non tutti gli elementi della figura potranno essere necessari per una certa forma di realizzazione.

[0029]. La figura 1 A è una vista schematizzata che illustra
5 in prospettiva un sistema robotizzato per teleoperazione chirurgica, secondo una forma di realizzazione.

[0030]. La figura 1B è una vista assonometrica di una porzione di un sistema robotizzato per teleoperazione chirurgica, secondo una forma di realizzazione.

10 **[0031].** La figura 2 A è una vista assonometrica di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0032]. La figura 2B è una vista assonometrica schematizzata di un dettaglio di un terminale articolato di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

15 **[0033].** La figura 3 è una vista assonometrica di un terminale articolato di uno strumento chirurgico, secondo una forma di realizzazione.

[0034]. La figura 4 A è una vista assonometrica di un terminale articolato di uno strumento chirurgico, secondo una forma di
20 realizzazione.

[0035]. Le figure 4 B e 4 C sono viste assonometriche da diversi punti di vista di una porzione del terminale articolato di figura 4 A.

[0036]. La figura 4 D mostra il terminale articolato di figura
25 4 A in una diversa configurazione di esercizio.

[0037]. La figura 4E mostra il terminale articolato di figura 4 A a parti separate.

[0038]. La figura 5 è una vista piana schematizzata di un terminale articolato, secondo una forma di realizzazione, in cui
5 alcune parti sono trasparenti per chiarezza.

[0039]. La figura 6 è una vista piana schematizzata che illustra schematicamente un secondo link, secondo una forma di realizzazione.

[0040]. Le figure 7 A e 7 B sono viste piane schematizzate di
10 una porzione di un terminale articolato, secondo una forma di realizzazione, rispettivamente in configurazione chiusa e aperta in cui è schematicamente illustrato un tendine di attuazione.

[0041]. Le figure 8 A, 8 B e 8 C sono viste piane schematizzate di una porzione di un terminale articolato, secondo una forma di
15 realizzazione, illustrato rispettivamente in configurazione aperta, chiusa e massimamente aperta.

[0042]. La figura 9 è una vista piana di un terminale articolato, secondo una forma di realizzazione.

[0043]. La figura 10 A è una vista piana di un secondo link,
20 secondo una forma di realizzazione.

[0044]. La figura 10 B è una vista piana realizzata secondo il punto di vista indicato dalla freccia B di figura 10 A.

[0045]. La figura 11 A è una vista piana di un primo link, secondo una forma di realizzazione.

25 **[0046]**. La figura 11 B è una vista piana realizzata secondo il

punto di vista indicato dalla freccia B di figura 11 A.

[0047]. La figura 12 è una vista in assonometria del secondo link di figura 10.

[0048]. La figura 13 è una vista in assonometria del primo
5 link di figura 11.

[0049]. La figura 14 A è una vista assonometrica di un terminale articolato, secondo una forma di realizzazione.

[0050]. Le figure 14 B e 14 C sono viste rispettivamente assonometrica e piana del terminale articolato di figura 14 A,
10 in cui alcune parti sono trasparenti per chiarezza.

[0051]. Le figure 15 A e 15 B illustrano schematicamente in vista assonometrica alcune possibili fasi di un metodo di fabbricazione, secondo un possibile modo di operare.

[0052]. Descrizione dettagliata di alcune forme di
15 realizzazione

[0053]. Riferimento in tutta questa descrizione ad "una forma di realizzazione" intende indicare che una particolare caratteristica, struttura o funzione descritta in relazione alla forma di realizzazione è inclusa in almeno una forma di
20 realizzazione della presente invenzione. Pertanto, la formulazione "in una forma di realizzazione" in varie parti di questa descrizione non necessariamente si riferiscono tutte alla medesima forma di realizzazione. Inoltre, particolari caratteristiche, strutture o funzioni come quelle illustrate in
25 differenti figure possono essere combinate in qualsiasi maniera

adatta in una o più forme di realizzazione.

[0054]. In accordo con una forma generale di realizzazione, è fornito uno strumento chirurgico 1 comprendente un dispositivo terminale articolato 3 (o "end-effector articolato 3" o anche solo "terminale articolato 3") avente almeno un grado di libertà di apertura/chiusura G (anche indicato come "grip" G o "presa" G o "taglio" G).

[0055]. Il dispositivo terminale articolato 3 comprende una struttura di supporto, ed un primo link 10 articolato alla struttura di supporto in modo che il primo link 10 e la struttura di supporto possano ruotare relativamente attorno ad un primo asse di rotazione Y-Y. La struttura di supporto può essere una struttura articolata, comprendente uno o più link 43, 50.

[0056]. Il dispositivo terminale articolato 3 comprende inoltre un secondo link 20 articolato al primo link in modo che il secondo link 20 ed il primo link 10 possano ruotare relativamente attorno ad un secondo asse di rotazione G-G definendo congiuntamente un grado di libertà di apertura/chiusura G del terminale articolato 3.

[0057]. Lo strumento chirurgico comprende un tendine di attuazione 33 o 34, e preferibilmente una coppia di tendini di attuazione 33, 34 con effetti antagonisti per movimentare il primo link 10 rispetto alla struttura di supporto. Preferibilmente i tendini di attuazione 33, 34 antagonisti sono fissati al primo link 10.

[0058]. Il primo link comprende una radice di attacco 13 avente una porzione a puleggia di avvolgimento 18 avente raggio R_1 centrato sul primo asse di rotazione Y-Y, e il tendine di attuazione 33 o 34 per movimentare il primo link è avvolto
5 attorno a detta porzione a puleggia di avvolgimento 18 della radice di attacco 13 del primo link 10. Preferibilmente entrambi i tendini di attuazione 33, 34 antagonisti sono fissati al primo link e avvolti attorno alla porzione a puleggia di avvolgimento 18 della radice di attacco 13, in versi circonferenzialmente
10 opposti.

[0059]. Lo strumento chirurgico comprende inoltre un tendine di attuazione 32 per movimentare il secondo link 20 rispetto al primo link 10 in verso di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura G. Preferibilmente, lo strumento chirurgico 1
15 comprende due tendini di attuazione 31, 32 movimentare il secondo link 20 rispetto al primo link 10 con effetti antagonisti. In questo modo, il tendine di attuazione 31 è configurato per movimentare il secondo link 20 in verso di apertura del grado di libertà di apertura/chiusura G.

20 **[0060]**. Il secondo link 20 comprende una porzione circonferenziale di attuazione avente raggio utile R_2 centrato nel secondo asse di rotazione G-G.

[0061]. Non necessariamente il tendine di attuazione 32 e/o il tendine di attuazione 31 per movimentare il secondo link 20 è
25 fissato al secondo link 20.

[0062]. In accordo con una forma di realizzazione, il tendine di attuazione 32 è fissato al secondo link 20 ed è avvolto attorno alla porzione circonferenziale di attuazione, che in tal caso può essere una porzione a puleggia 28, del secondo link 20
5 avente raggio utile $R2$ pari al raggio del profilo circonferenziale della porzione a puleggia 28.

[0063]. Vantaggiosamente, il raggio utile $R2$ della porzione circonferenziale di attuazione del secondo link 20 è maggiore del raggio $R1$ della porzione a puleggia di avvolgimento 18 della
10 radice di attacco 13 del primo link 10.

[0064]. Il primo asse di rotazione Y-Y ed il secondo asse di rotazione G-G sono tra loro separati e disgiunti. In accordo con una forma di realizzazione, il primo asse di rotazione Y-Y ed il secondo asse di rotazione G-G sono paralleli tra loro e spaziati
15 longitudinalmente di una distanza longitudinale $X1$.

[0065]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, il secondo link 20 comprende corpo avente una coda prossimale 25, che si estende prossimalmente rispetto al secondo asse di rotazione G-G, ed in cui detta coda prossimale 25 del secondo
20 link 20 comprende detta porzione a puleggia 28 a profilo circonferenziale.

[0066]. Il terminale articolato 3 può comprendere un mozzetto di scorrimento 40 disposto prossimalmente rispetto al secondo link 20, ed in cui il tendine di attuazione 32 è avvolto attorno
25 al mozzetto di scorrimento 40 in contatto di scorrimento

longitudinale. Preferibilmente, il mozzetto di scorrimento 40
comprende almeno una superficie di scorrimento 45 convessa, che
è una superficie rigata convessa a generatrici rettilinee tutte
parallele tra loro. Ad esempio, tale almeno una superficie
5 convessa di scorrimento 45 del mozzetto di scorrimento 40 è una
superficie cilindrica.

[0067]. In accordo con un'altra forma di realizzazione, la
porzione circonferenziale di attuazione del secondo link 20
comprende un profilo circonferenziale dentato 142 avente raggio
10 utile R2, ed il terminale articolato comprende un link dentato
140 montato sull'asse di rotazione Y-Y comprende una contro-
porzione circonferenziale dentata 141 centrata nel primo asse di
rotazione Y-Y e accoppiata operativamente con la porzione
dentata 142 del link dentato 140. In tal caso, il link dentato
15 140 comprende inoltre una porzione a puleggia 118 avente raggio
centrato nell'asse di rotazione Y-Y, il tendine di attuazione 32
è avvolto attorno alla porzione a puleggia 118 del link dentato
140.

[0068]. Preferibilmente, il raggio utile R2 del profilo
20 circonferenziale dentato 142 del secondo link 20 è maggiore del
raggio della porzione a puleggia 118 del link dentato 140. Nel
caso in cui sia previsto detto profilo circonferenziale dentato
142, il raggio utile R2 può essere il raggio di trasmissione (o
"primitivo")

25 **[0069]**. Come mostrato ad esempio in **figura 3**, Lo strumento

chirurgico 1 può comprendere inoltre un alberino di
posizionamento 2, ed il terminale articolato 3 è articolato
rispetto a detto alberino di posizionamento 2. Ad esempio, il
terminale articolato 3 comprende un grado di libertà di
5 apertura/chiusura G ed almeno un grado di libertà di orientazione
pitch P e/o yaw Y rispetto all'alberino di posizionamento 2.
L'alberino di posizionamento si estende preferibilmente in
direzione longitudinale X-X definendo una direzione
longitudinale dello strumento chirurgico 1; si può anche
10 definire almeno una configurazione del terminale articolato 3
sostanzialmente allineata alla direzione longitudinale X-X:
questa almeno una configurazione allineata alla direzione
longitudinale può corrispondere ad una configurazione a minimo
ingombro trasversale.

15 **[0070]**. Il primo link 10 è articolato rispetto all'alberino di
posizionamento 2. In altri termini, il primo link 10 ha almeno
un grado di libertà di orientazione rispetto all'alberino di
posizionamento 2. Non necessariamente il primo link 10 è
direttamente articolato all'alberino di posizionamento 2, e ad
20 esempio può essere interposta una struttura di supporto (ad
esempio un link di supporto 50 ed un link prossimale 43 tra loro
articolati attorno ad un asse di rotazione di pitch P-P mediante
un perno di articolazione 44, formando un'articolazione di pitch
P) tra l'estremità distale dell'alberino di posizionamento 2 e
25 il primo link 10. La struttura di supporto può essere solidale

all'alberino di posizionamento 2.

[0071]. La radice di attacco prossimale 13 del primo link 10 può cooperare con un perno di articolazione 41 per definire detto primo asse di rotazione Y-Y. Ad esempio detto primo asse di
5 rotazione Y-Y è un asse di rotazione di un'articolazione di imbardata (yaw) del terminale articolato 3.

[0072]. I termini articolazione di "pitch" P e "yaw" Y, ossia beccheggio e imbardata, sono qui utilizzati in modo arbitrario, per chiarezza espositiva, e gli assi di rotazione Y-Y e P-P
10 menzionati possono avere qualsiasi orientazione relativa (possono anche essere paralleli tra loro), ancorché in accordo con una forma preferita di realizzazione, l'asse di rotazione di yaw Y-Y è ortogonale all'asse di rotazione di pitch P-P.

[0073]. Preferibilmente, il primo link 10 comprende una sua
15 prima porzione di collegamento 14, e il secondo link 20 comprende una sua seconda porzione di collegamento 24, la prima porzione di collegamento 14 del primo link 10 e la seconda porzione di collegamento 24 del secondo link 20 definiscono congiuntamente un secondo asse di rotazione G-G per la rotazione relativa tra
20 il secondo link 20 ed il primo link 10. In questo modo, si realizza il grado di libertà di apertura/chiusura G del terminale articolato 3. In altri termini, il secondo link 20 è direttamente articolato al primo link 10, mediante previsione di dette rispettive porzioni di collegamento 14, 24. Di preferenza, è
25 previsto un secondo perno di articolazione 42 che articola detta

seconda porzione di collegamento 24 del secondo link 20 rispetto a detta prima porzione di collegamento 14 del primo link 10.

[0074]. Grazie al fatto che il primo asse di rotazione Y-Y e il secondo asse di rotazione G-G sono tra loro separati e disgiunti.

5 In questo modo, si disaccoppia l'articolazione di imbardata Y (yaw) dall'articolazione di apertura/chiusura G (grip).

[0075]. Quando in condizioni di esercizio, il secondo link 20 può venire trascinato in rotazione rispetto all'asse di rotazione Y-Y dal primo link 10, quando viene attivato il grado
10 di libertà di imbardata Y (yaw).

[0076]. Quando in condizioni di esercizio, il secondo link 20 può muoversi rispetto al primo link 10 quando viene attivato il grado di libertà di apertura/chiusura G.

[0077]. Il corpo del primo link 10 comprende di preferenza un
15 tratto prossimale 15 o porzione prossimale 15 che si estende tra la radice di attacco 13 che forma l'asse di rotazione Y-Y e la porzione di collegamento 14 che forma l'asse di rotazione G-G. Come mostrato ad esempio in **figura 11 A**, la radice di attacco 13 può avere una forma sostanzialmente cilindrica a contornare
20 l'asse di rotazione Y-Y, e preferibilmente è previsto un foro passante per ricevere il perno di articolazione 41. La porzione di collegamento 14 del primo link 10 può avere anch'essa una conformazione che circonda l'asse di rotazione G-G rispettivamente, ed in accordo con una forma di realizzazione mostrata ad esempio
25 in **figura 11 B**, è formata da una porzione a cavallotto che

abbraccia la rispettiva porzione di collegamento 24 del secondo link 20. In altri termini, in accordo con questa forma di realizzazione, la porzione di collegamento 14 è formata da due bracci affiancati longitudinalmente, alla stregua di una
5 forcella.

[0078]. In accordo con una forma di realizzazione, il terminale articolato 3 comprende inoltre un link di supporto 50 che è articolato rispetto ad almeno detto primo link 10 attorno a detto primo asse di rotazione Y-Y. Il link di supporto 50 può
10 svolgere una funzione di supporto della struttura di supporto per il primo link 10 e a tale scopo può comprendere almeno un rebbio 51, e preferibilmente una coppia di rebbi 51, che montano il perno di articolazione 41, in maniera che il primo link 10 sia articolato rispetto ai rebbi 41 del link 50. Prossimalmente
15 a detto link 50 di supporto può essere previsto almeno un ulteriore link prossimale 43 che è articolato rispetto a detto link 50 di supporto attorno ad un asse di rotazione P-P. Il link prossimale 43 può essere fissato all'alberino di posizionamento 2 (ad esempio mediante fissaggio con doppio perno).

20 **[0079]**. In accordo con una forma di realizzazione preferita, il link di supporto 50 definisce in pezzo unico due assi di rotazione Y-Y e P-P tra loro ortogonali.

[0080]. I link dello strumento chirurgico 1 possono venire fabbricati tutti mediante un procedimento di elettroerosione a
25 filo che prevede la realizzazione, con il filo di taglio, di due

tagli su piani tra loro ortogonali.

[0081]. Un siffatto strumento chirurgico 1 è adatto a venire montato su un sistema robotizzato 5 per teleoperazione medica e/o chirurgica e/o microchirurgica. Il sistema robotizzato 5 può
5 comprendere una console master 7 per controllare uno o più manipolatori robotizzati 6. La console master 7 può a sua volta comprendere uno o più dispositivi di comando master 8 nonché uno schermo 9 per visualizzare il sito chirurgico dove opera il terminale articolato 3.

10 **[0082]**. Di preferenza, lo strumento chirurgico 1 comprende all'estremità prossimale dell'alberino di posizionamento 2 una porzione di trasmissione 4 (o "back-end 4") che forma una interfaccia prossimale per interfacciarsi con una reciproca porzione di attuazione del manipolatore robotizzato 6. Ad
15 esempio, la porzione di trasmissione 4 può comprendere un set di elementi di trasmissione adatti a venire mossi attraverso una barriera sterile da un rispettivo set di elementi di attuazione del manipolatore robotico 6.

[0083]. Come sopra menzionato, in accordo con una forma di
20 realizzazione, lo strumento chirurgico 1 comprende una coppia di tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20 rispetto al primo link 10. In tal modo, i tendini antagonisti 31, 32 di detta coppia sono i tendini di attuazione, con effetto antagonista, del grado di libertà di
25 apertura/chiusura G del terminale articolato 3. Ad esempio, i

tendini antagonisti 31, 32 si estendono dal terminale articolato 3 lungo l'alberino di posizionamento 2 sino alla porzione di trasmissione 4, ove sono configurati in collegamento operativo con rispettivi elementi di trasmissione antagonisti, che possono a loro volta essere predisposti per il collegamento operativo, quando in condizioni di esercizio, con rispettivi elementi di attuazione antagonisti del manipolatore robotico 6.

[0084]. In accordo con una forma di realizzazione, almeno un tendine di attuazione della coppia di tendini di attuazione antagonisti 31, 32 è fissato al secondo link 20. In accordo con una forma di realizzazione preferita, entrambi i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 sono fissati al secondo link 20. In altri termini, i tendini di attuazione 31, 32 del secondo link 20, cioè del grado di libertà di apertura/chiusura G, sono fissati al corpo del secondo link 20 stesso.

[0085]. In accordo con una forma di realizzazione, il corpo del secondo link 20 comprende una porzione operativa distale 23 che si estende distalmente rispetto alla porzione di collegamento 24, ed una coda di attuazione prossimale 25 che si estende prossimalmente rispetto alla porzione di collegamento 24. In altri termini, il corpo del secondo link 20 comprende due opposte porzioni 23, 25 che si estendono sostanzialmente in versi opposti rispetto all'asse di rotazione G-G.

[0086]. Il corpo del secondo link 20 si estende pertanto sia prossimalmente sia distalmente rispetto all'asse di rotazione G-

G. Quindi, quando in condizioni di esercizio, sia la porzione operativa distale 23 sia la coda di trasmissione prossimale 25 del secondo link 20 basculano, cioè ruotano, rispetto all'asse di rotazione G-G, in modo che quando il grado di libertà di apertura/chiusura G è chiuso, e la porzione operativa 23 del
5 secondo link 20 va in battuta e/o a contatto con la porzione operativa 17 del primo link 10 la coda prossimale 25 del secondo link 20 sia orientata in una certa direzione che è diversa dalla sua orientazione quando il grado di libertà di apertura/chiusura
10 G è in condizione di apertura, ad esempio di massima apertura cioè di massima distanza angolare tra la porzione operativa 23 del secondo link 20 e la porzione operativa 17 del primo link 10.

[0087]. Non necessariamente la porzione operativa distale 23
15 e la coda di attuazione prossimale 25 del secondo link 20 si estendono entrambe lungo una medesima linea retta, ad esempio lungo una definibile mezzeria del secondo link 20, e possono ad esempio estendersi entrambe sostanzialmente radialmente, ossia lungo una direzione radiale rispetto all'asse di rotazione G-G,
20 formando un angolo β tra loro definibili rispettive direzioni di sviluppo longitudinale 123, 125. Ad esempio, l'angolo β è scelto tale da minimizzare l'ingombro trasversale della coda prossimale 25 durante la sua corsa radiale di esercizio.

[0088]. Grazie a questo accorgimento, si permette di
25 ottimizzare gli ingombri trasversali assunti dalla coda 25 del

secondo link durante la sua movimentazione quando in condizioni operative. Ad esempio, l'angolo β tra le due direzioni di sviluppo del corpo del secondo link 20 può essere scelto affinché la direzione di sviluppo longitudinale 125 della coda prossimale di trasmissione 25 risulti sostanzialmente allineata ad un tratto prossimale 15 del primo link 10, quando il grado di libertà di apertura/chiusura G è in una configurazione aperta. In alternativa o in aggiunta, l'angolo β può essere scelto in modo che, quando grado di libertà di apertura/chiusura G è in una configurazione chiusa, la coda prossimale 25 risulti disallineata cioè sporgente rispetto al tratto prossimale 15 del primo link 10.

[0089]. In accordo con una forma di realizzazione, l'angolo β è scelto in modo che la coda prossimale 25 del secondo link sia sporgente trasversalmente, cioè disallineata, rispetto al tratto prossimale 15 del primo link 10, in direzioni trasversalmente opposte, sia quando il grado di libertà di apertura/chiusura G è in configurazione chiusa, sia quando grado di libertà di apertura/chiusura G è in configurazione massimamente aperta nei limiti di un definibile angolo di apertura massimo utile del grado di libertà di apertura/chiusura G. In altri termini, in accordo con questa forma di realizzazione, l'estensione della coda prossimale 25 del secondo link 20 rispetto alla porzione operativa distale 23 del medesimo secondo link 20 viene scelta in modo che la coda prossimale 25 percorra una traiettoria

circonferenziale attorno all'asse di rotazione G-G tale per cui una porzione della coda prossimale 25 sporga trasversalmente da un primo lato rispetto alla porzione prossimale 15 del primo link quando i link 10, 20 sono a finecorsa di chiusura e sporga trasversalmente da un opposto secondo lato della medesima porzione prossimale 15 del primo link 10 quando il link 20 è in configurazione massimamente aperta rispetto al primo link 10.

5
10
[0090]. In una configurazione chiusa del grado di libertà di apertura/chiusura G, la direzione di sviluppo longitudinale 123 della porzione distale operativa 23 del secondo link 20 può estendersi allineata, cioè sostanzialmente parallela, ad una definibile direzione di sviluppo longitudinale del tratto prossimale 15 del primo link 10.

15
[0091]. Il corpo del secondo link 20 è di preferenza realizzato in pezzo unico.

[0092]. La porzione operativa distale 23 del secondo link 20 può comprendere una lama, come mostrato ad esempio in **figura 3**. La porzione operativa distale 23 del secondo link 20 comprende di preferenza un'estremità libera distale 29 che forma un'estremità distale del terminale articolato 3. Anche il primo link 10 può comprendere un'estremità distale 19 che forma congiuntamente con l'estremità distale 29 del secondo link 20 un'estremità distale del terminale articolato 3 dello strumento chirurgico 1. Il primo link 10 può comprendere una porzione operativa 17 che si estende distalmente rispetto alla porzione

20
25

di collegamento 14 e che è progettata per cooperare con la porzione operativa 23 del secondo link 20. Ad esempio, la porzione operativa 17 del primo link 10 può comprendere una lama o una contro-lama.

5 **[0093]**. In accordo con una forma di realizzazione preferita, almeno un tendine di attuazione 32 della coppia di tendini di attuazione antagonisti 31, 32 è avvolto alla coda prossimale 25 del secondo link 20, per attuare il secondo link 20 in un verso di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura G. Tale
10 tendine di attuazione 32 viene di preferenza avvolto attorno ad una porzione a puleggia 28 della coda prossimale di attuazione 25 del secondo link 20, e termina in una sede di terminazione 26 prevista anch'essa nella coda prossimale 25 del secondo link 20. In altri termini, il tendine di attuazione 32 è di preferenza
15 avvolto attorno e fissato alla coda prossimale 25 del secondo link 20.

[0094]. Grazie alla previsione congiunta di detta porzione a puleggia 28 prevista sulla coda prossimale 25 del secondo link e del disaccoppiamento longitudinale degli assi di rotazione Y-
20 Y e G-G, si permette di sfruttare la distanza X1 tra detti assi di rotazione di yaw Y-Y e apertura/chiusura G-G per aumentare il raggio utile della porzione a puleggia 28, aumentando di conseguenza la coppia di chiusura (e/o di apertura) del grado di libertà di apertura/chiusura G, a parità di forza di trazione
25 esercitata mediante il tendine di attuazione 32.

[0095]. La distanza X_1 tra gli assi di rotazione G-G e Y-Y può venire scelta per ottenere il desiderato rapporto di trasmissione della forza di chiusura, in quanto il raggio utile R_2 del secondo link 20 è contenuto in tale distanza X_1 , cioè in
5 altri termini, aumentando la distanza X_1 tra gli assi in fase di progetto si permette di regolare la forza di chiusura perché si permette di allungare la coda 25 del secondo link recante tale raggio utile R_2 .

[0096]. Una aumentata forza di chiusura è desiderabile anche
10 perché può tradursi in una aumentata forza di taglio, oppure o in aggiunta in una aumentata forza di serraggio, a parità di forza di trazione esercitata mediante il tendine di attuazione 32.

[0097]. I tendini di attuazione 31, 32, 33, 34, 35, 36 possono
15 essere tendini formati da fibre polimeriche intrecciate.

[0098]. La porzione a puleggia 28 del secondo link 20 ha preferibilmente un profilo circolare che corrisponde ad uno spicchio di una puleggia, cioè una corda AB circolare, avente centro nell'asse di rotazione G-G. In tal modo, si
20 permette di sfruttare la distanza longitudinale X_1 tra gli assi di rotazione Y-Y e G-G per realizzare una porzione a puleggia 28 a profilo circolare avente raggio R_2 maggiore dell'estensione trasversale del terminale articolato 3, aumentando in tal modo il braccio di leva della coppia di
25 chiusura del terminale articolato 3, senza per questo aumentare

l'ingombro trasversale del terminale articolato 3 stesso.

[0099]. La porzione a puleggia 28 a profilo circolare centrato nell'asse di rotazione G-G consente di erogare una coppia di chiusura che è costante.

5 **[00100]**. La porzione a puleggia 28 può estendersi sostanzialmente simmetricamente rispetto alla direzione di sviluppo longitudinale 125 della coda prossimale 25 del secondo link 20, cioè la direzione di sviluppo longitudinale 125 della coda prossimale 25 è un raggio che passa sostanzialmente al
10 centro della corda descritta dal profilo circolare della porzione a puleggia 28.

[00101]. La coda prossimale 25 del secondo link 20 comprende preferibilmente una superficie di rinvio 22 posta ad un margine radiale della porzione a puleggia 28, in cui il tendine di
15 attuazione 32 si avvolge attorno alla porzione a puleggia 28 e alla superficie di rinvio 22, terminando poi nella sua sede di terminazione 26 prevista nella coda prossimale 25. L'estremità distale 38 del tendine di attuazione 32 può comprendere una porzione ingrossata che coopera con pareti di trascinamento
20 della sede di terminazione 26 poste a sottosquadro per trascinare in rotazione il secondo link 20 rispetto al primo link 10 in direzione di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura G. Preferibilmente, curvatura della superficie di rinvio 22 è più accentuata rispetto alla curvatura della porzione a puleggia
25 28, per realizzare un rinvio sul tendine di attuazione 32.

[00102]. Grazie a tale configurazione del tendine di attuazione 32 si permette di sfruttare l'intero raggio utile R2 della porzione a puleggia 28 (cioè il raggio geometrico del suo profilo circonferenziale) a per massimizzare il braccio di leva per l'attuazione del grado di libertà di apertura/chiusura G in direzione di chiusura.

[00103]. La sede di terminazione 26 è di preferenza una sede passante circonferenzialmente attraverso il corpo della coda prossimale 25 del secondo link 20. Ad esempio, un'unica sede passante può realizzare la sede di terminazione 26 per entrambi i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 di detta coppia, in cui i tendini di attuazione antagonisti 31 e 32 sono orientati in versi circonferenzialmente opposti nella sede di terminazione. Preferibilmente, la sede di terminazione 26 è posta ad una quota radiale minore rispetto al raggio R2 della porzione a puleggia 28 e alla superficie di rinvio 22 che ricevono l'avvolgimento del tendine di attuazione 32. In altri termini, la porzione a puleggia 28 di avvolgimento per il tendine di attuazione 32 della coda prossimale di attuazione 25 del secondo link 20 è più distante dall'asse di rotazione G-G rispetto alla sede di terminazione 26 per il medesimo tendine di attuazione 32. In tale maniera, si permette di alloggiare la sede di terminazione 26 nell'ingombro trasversale e/o radiale della porzione a puleggia 28 della coda prossimale 25 del corpo del secondo link 20.

[00104]. Come sopra menzionato, anche l'altro tendine di attuazione 31 della coppia di tendini antagonisti 31, 32 può essere avvolto attorno alla coda prossimale di trasmissione 25 del secondo link 20, e preferibilmente è avvolto attorno alla medesima porzione a puleggia 28 a profilo circonferenziale, per 5 movimentare il secondo link 20 rispetto al primo link 10 lungo il grado di libertà di apertura/chiusura G in verso di apertura. In accordo con una forma di realizzazione, la coda prossimale 25 comprende inoltre un'altra superficie di rinvio 21 all'opposto 10 margine radiale della porzione a puleggia 28 rispetto alla superficie di rinvio 22. Detta altra superficie di rinvio 21 può essere analoga alla superficie di rinvio 22. Anche il tendine di attuazione 31 può terminare in una sede di terminazione 26 che può essere analoga alla, nonché la medesima, sede di terminazione 15 26 descritta con riferimento al tendine di attuazione 32.

[00105]. La dimensione trasversale Y2 della coda prossimale 25 del secondo link 20 è di preferenza massima in corrispondenza della porzione a puleggia 28. In altri termini, la dimensione trasversale Y2 della coda prossimale 25 è massima tra le due 20 opposte superfici di rinvio 21, 22 (opposte radialmente rispetto alla porzione a puleggia 28). In prossimità o in corrispondenza delle sedi di terminazione 26 il corpo della coda prossimale 25 del secondo link 20 può comprendere una gola trasversale, che riduce localmente l'estensione trasversale della coda prossimale 25 del secondo link 20.

[00106]. In accordo con una forma di realizzazione, la dimensione trasversale Y2 della coda prossimale 25 è minore, e preferibilmente molto minore, della sua estensione longitudinale cioè del raggio della porzione a puleggia 28. In tal modo la
5 coda prossimale 25 ha conformazione sostanzialmente allungata per minimizzare l'ingombro trasversale ed al contempo massimizzare il raggio utile R2 della porzione a puleggia 28 e quindi il braccio di leva della coppia di chiusura del terminale articolato.

10 **[00107]**. In accordo con una forma di realizzazione preferita, il raggio utile R2 della porzione a puleggia 28 è maggiore del raggio dell'alberino di posizionamento 2 e preferibilmente maggiore del diametro dell'alberino di posizionamento 2 dello strumento chirurgico 1, mentre la dimensione trasversale Y2
15 della coda prossimale 25 del secondo link 20 è minore del diametro dell'alberino di posizionamento.

[00108]. I tendini di attuazione antagonisti 31, 32 della coppia di tendini di attuazione per movimentare il secondo link 20 rispetto al primo link 10 possono essere avvolti anche attorno
20 al corpo di un ulteriore link 40 (anche chiamato qui "mozzetto di scorrimento 40") disposto prossimalmente rispetto al secondo link 20. In accordo con una forma preferita di realizzazione, il terminale articolato 3 comprende un ulteriore link 40 sul quale entrambi i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per
25 movimentare il secondo link 20 si avvolgono e scorrono, quando

in condizioni operative; pertanto, detto ulteriore link 40 funge da mozzetto di scorrimento 40 per i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 della coppia di tendini antagonisti per movimentare il secondo link 20.

5 **[00109]**. Il mozzetto di scorrimento 40 è di preferenza montato sul perno di articolazione 41 a fianco della radice di attacco 13 del primo link 10, e ad esempio tra i rebbi 51 del link di supporto 50. Il mozzetto di scorrimento 40 può essere calettato sul perno di articolazione 41. In accordo con una forma di
10 realizzazione, il mozzetto di scorrimento 40 è formato dal perno di articolazione 41 stesso, e pertanto in accordo con questa forma di realizzazione non è previsto l'ulteriore link 40 perché lo scorrimento dei tendini di attuazione 31, 32 avviene sul corpo del perno di articolazione 41 stesso.

15 **[00110]**. Come mostrato ad esempio in **figura 4E**, il corpo del mozzetto di scorrimento 40 può avere forma sostanzialmente cilindrica attorno al perno di articolazione 41 dell'asse di rotazione di yaw Y-Y, in cui il diametro del cilindro è scelto in maniera tale da risultare allineato alla pista di scorrimento
20 dei tendini di attuazione 31, 32 sui link 50, 43 del terminale articolato 3, ove previsti. In accordo con una forma di realizzazione preferita, il raggio del mozzetto di scorrimento 40 è sostanzialmente uguale al raggio della puleggia di avvolgimento 18 della radice di attacco 13 del primo link 18.

25 **[00111]**. Ad esempio, infatti, come sopra menzionato, laddove il

terminale articolato 3 comprenda anche detto link di supporto 50 di supporto, i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20 possono scorrere su almeno una superficie di scorrimento 52 prevista sul corpo del link 50 di
5 supporto. Preferibilmente, detta almeno una superficie di scorrimento 52 del link 50 è una superficie convessa e rigata a generatrici rettilinee tutte parallele tra loro, e preferibilmente tutte parallele all'asse di rotazione di pitch P-P del link 50.

10 **[00112]**. Laddove il terminale articolato 3 comprenda inoltre un ancora ulteriore link prossimale 42, i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20 possono scorrere anche su almeno una superficie di scorrimento 53 prevista sul corpo del link prossimale 42.

15 **[00113]**. Di preferenza, il primo link 10 viene movimentato attorno all'asse di rotazione di yaw Y-Y mediante previsione di una ulteriore coppia di tendini di attuazione antagonisti 33, 34. Preferibilmente, detti tendini di attuazione antagonisti 33, 34 della coppia sono analoghi ai tendini di attuazione
20 antagonisti 31, 32. Il corpo del primo link 10 comprende di preferenza almeno una sede di terminazione 16, e i tendini di attuazione antagonisti 33, 34 sono fissati a detta almeno una sede di terminazione 16.

[00114]. In accordo con una forma di realizzazione preferita,
25 detta sede di terminazione 16 è adiacente alla radice di attacco

13 del primo link 10 e rispetto ad essa posta distalmente. In questo modo, entrambe le sedi di terminazione 16 e 26, rispettivamente dei gradi di libertà di yaw Y e apertura/chiusura G sono localizzate tra il primo e il secondo asse di rotazione Y-Y e G-G. I tendini di attuazione antagonisti 33, 34 sono di preferenza avvolti attorno alla radice di attacco 13 del primo link 10 e vengono terminati nell' almeno una sede di terminazione 16. Entrambi i tendini di attuazione antagonisti 33, 34 per movimentare il primo link 10 possono scorrere, quando in condizioni operative, su detta almeno una superficie di scorrimento 52 del link 50, ove previsto, nonché su detta almeno una superficie di scorrimento 53 del link 42, ove previsto.

[00115]. Come sopra menzionato, in accordo con una forma di realizzazione preferita, i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20 attorno all'asse di rotazione G-G formano tra di loro un incrocio 30 tra gli assi di rotazione G-G e Y-Y. Preferibilmente, laddove sia previsto un link 50 di supporto articolato attorno ad un ulteriore asse di rotazione prossimale P-P, i medesimi tendini antagonisti 31, 32 formano un ulteriore incrocio prossimale 37, a monte dell'asse di rotazione prossimale P-P, con rispettivi tendini antagonisti 33, 34 della coppia di tendini antagonisti per movimentare il primo link 10 attorno all'asse di rotazione Y-Y. In altri termini, in accordo con questa forma di realizzazione come mostrato ad esempio in figura 4 A, il tendine di chiusura 32

(secondo link 20) forma un incrocio prossimale 37, a monte dell'asse di rotazione di pitch P-P, con il tendine 34 per movimentare il primo link 10, e forma un incrocio 30 tra gli assi di rotazione Y-Y e G-G con il suo tendine antagonista 31 (tendine di apertura 31). In aggiunta, in accordo con questa forma di realizzazione, il tendine di apertura 31 forma un incrocio prossimale 37 con il tendine 33 per movimentare il primo link 10 (tendine antagonista del tendine 34).

[00116]. In accordo con una forma di realizzazione, l'asse di rotazione prossimale P-P (pitch) è ortogonale all'asse di rotazione Y-Y (yaw) e all'asse di rotazione G-G, ed in cui gli incroci 30 e 37 tra i tendini di attuazione 31, 32, 33, 34 avvengono su due piani ortogonali.

[00117]. Laddove sia previsto detto ulteriore link prossimale 43, è possibile che il link 50 sia movimentabile mediante una ulteriore coppia di tendini di attuazione antagonisti 35, 36.

[00118]. In accordo con una forma di realizzazione preferita, quindi, il mozzetto di avvolgimento 40, è privo di qualsiasi sede di terminazione perché non viene attuato da alcun tendine di attuazione, e funge da elemento di rinvio in contatto di scorrimento con un tratto di ciascun tendine di trasmissione della coppia di tendini di trasmissione antagonisti 31, 32 per il secondo link 20. Ad esempio, grazie a detto mozzetto di scorrimento 40 si permette di mantenere un riscontro di scorrimento allineato al percorso di scorrimento che il

rispettivo tendine 31, 32 descrive sulla almeno una superficie di scorrimento 52 convessa rigata del link 50, nonché dell'ulteriore link prossimale 43, ove previsti. Si permette pertanto di evitare la presenza di ulteriori riscontri di guida di scorrimento per i tendini 31, 32, senza per questo imporre limitazioni progettuali sulla dimensione trasversale Y2 della puleggia di avvolgimento 25 dovuti ad esigenze di guida o rinvio dei tendini di attuazione 31, 32 di detta coppia.

[00119]. In accordo con una forma preferita di realizzazione, tra il mozzetto di scorrimento 40 del terminale articolato 3 (cioè tra l'asse di rotazione di yaw Y-Y) e la porzione e puleggia 28 del secondo link 20 il percorso del tendine di attuazione 31 del secondo link 20 si incrocia con il percorso del tendine di attuazione 32 del secondo link 20, formando un incrocio 30. Non necessariamente con il termine "incrocio 30" si intende indicare un punto di incrocio con contatto di scorrimento tra il tendine 31 e il tendine 32, e l'incrocio 30 può avvenire anche senza contatto tra i tendini 31, 32, come proiezione su un piano longitudinale e trasversale al terminale articolato 3.

[00120]. Come mostrato ad esempio in **figura 5**, il tendine di attuazione 32 si avvolge con contatto di scorrimento longitudinale su un lato L2 del mozzetto di scorrimento 40 e poi proseguendo in direzione distale si avvolge in verso opposto sulla porzione a puleggia 28 del secondo link 20 dal lato L1 in cui è prevista la superficie di rinvio 22, lato che è

trasversalmente opposto rispetto al lato L2 di avvolgimento al
mozzetto di scorrimento 40. Si noti che il contatto del tendine
di attuazione 32 sulla porzione a puleggia 28 non prevede lo
scorrimento longitudinale relativo, a differenza del contatto
5 del medesimo tendine di attuazione 31 con il mozzetto di
avvolgimento 40. Analogamente, il tendine di attuazione 31 si
avvolge con contatto di scorrimento longitudinale su un lato L1
del mozzetto di scorrimento 40 e poi proseguendo in direzione
distale si avvolge in verso opposto sulla porzione a puleggia 28
10 del secondo link 20 dal lato L2 in cui è prevista la superficie
di rinvio 21, lato che è trasversalmente opposto rispetto al
lato L1 di avvolgimento al mozzetto di scorrimento 40. Si noti
che il contatto del tendine di attuazione 31 sulla porzione a
puleggia 28 non prevede lo scorrimento longitudinale relativo,
15 a differenza del contatto del medesimo tendine di attuazione 31
con il mozzetto di avvolgimento 40.

[00121]. In accordo con una forma di realizzazione preferita,
il raggio R2 della porzione a puleggia 28 del secondo link 20 è
maggiore, e preferibilmente molto maggiore, del raggio del
20 mozzetto di scorrimento 40, nonché del raggio della puleggia di
avvolgimento 18 della radice di attacco 13 del primo link 10.
Come sopra menzionato ed illustrato ad esempio in **figura 7**, il
raggio R1 della puleggia di avvolgimento 18 della radice di
attacco 13 del primo link 10 può essere uguale al raggio del
25 mozzetto di scorrimento 40. In questo modo, è possibile mantenere

i tendini di attuazione in disposizione desiderata sulle superfici di scorrimento 52, 53 della struttura di supporto, ove previste.

[00122]. Quando in condizioni di esercizio, per movimentare il
5 secondo link 20 rispetto al primo link 10, i tendini di
attuazione antagonisti 31, 32 scorrono su rispettivi lati
opposti L1, L2 del mozzetto di scorrimento 40, poi incrociano il
loro percorso nell'incrocio 30 tra il mozzetto 40 e il link 20,
poi si avvolgono in versi opposti senza scorrere sulla porzione
10 a puleggia 28 del secondo link 20 a cui sono terminati,
esercitando un'azione di trascinamento sul secondo link 20 che
sfrutta un braccio di leva pari al raggio R2 per erogare una
coppia di chiusura (e di apertura) aumentata che è costante cioè
non varia per qualsiasi orientazione del secondo link 20 rispetto
15 al primo link 10.

[00123]. Grazie ad una siffatta porzione a puleggia 28 a profilo
circonferenziale centrato nell'asse di rotazione G-G, il
distacco del tendine di attuazione 31, 32 avviene sempre lungo
la medesima orientazione (tangente la circonferenza di raggio
20 R2), indipendentemente dall'angolo di apertura del grado di
libertà di apertura/chiusura G.

[00124]. Come sopra menzionato, in accordo con una forma di
realizzazione preferita, la porzione a puleggia 28 a profilo
circonferenziale centrato nell'asse di rotazione G-G è
25 affiancata da opposte superfici di rinvio 21, 22, che non sono

a profilo circolare centrato nell'asse di rotazione G-G, per cui si può definire un angolo δ sotteso alla corda (cioè la porzione a puleggia), che è mostrato schematicamente in **figure 7 A e 7 B**, in cui le linee tratteggiate D1 e D2 congiungono l'asse di rotazione G-G con gli estremi A, B della corda AB del profilo circolare centrato nell'asse di rotazione G-G della porzione a puleggia 28.

[00125]. Quindi, si può definire un angolo utile come l'angolo formato dalla direzione locale del raggio R2 incidente nel punto di distacco K, Q del tendine 31, 32 dalla porzione a puleggia 28 e una definibile direzione di sviluppo longitudinale, ad esempio definita dal corpo del primo link 10 (la porzione prossimale 15 del primo link, ad esempio) rispetto al quale il secondo link 20 è articolato.

[00126]. Ulteriormente, si permette di erogare una forza di chiusura che è indipendente dal grado (angolo θ) attuale di apertura del grado di apertura/chiusura G. Infatti, grazie alla previsione congiunta di una siffatta porzione a puleggia 28 e di tale mozzetto di scorrimento 40 attorno ai quali i tendini di attuazione sono avvolti, si determina una relazione geometrica precisa e tale per cui la direzione di distacco del tendine di attuazione dalla porzione a puleggia 28 (tangente al raggio utile R2) è sempre costante per qualsiasi condizione operativa del grado di libertà di apertura/chiusura G, cioè per qualsiasi orientazione operativa del secondo link 20 rispetto al primo

link 10.

[00127]. Come mostrato ad esempio in **figura 8 A**, in cui:

O indica l'asse di rotazione G-G,

O' indica l'asse di rotazione Y-Y,

5 K indica il punto di distacco del tendine di attuazione 32 dalla
porzione a puleggia 28,

Q indica il punto di distacco del tendine di attuazione 32 dalla
superficie del mozzetto di scorrimento 40,

10 K' indica il punto di distacco del tendine di attuazione 31
antagonista dalla porzione a puleggia 28,

Q' indica il punto di distacco del tendine di attuazione 31 dalla
superficie del mozzetto di scorrimento 40,

A e B indicano i punti estremi della corda AB del profilo
circonferenziale della porzione a puleggia 28,

15 risulta che, essendo la distanza X1 tra gli assi di rotazione Y-
Y e G-G costante, cioè è costante il segmento O-O', ed essendo
la corda AB del profilo circonferenziale della porzione a
puleggia 28 centrata nel punto O, allora risulta che l'angolo **K-**

O-O' è di ampiezza costante e pari a **K'-O-O'**, cioè il segmento
20 K-Q è simmetrico al segmento P'-Q' rispetto alla direzione O-

O'. Ne consegue che: (i) in caso di apertura massima del grado
di libertà di apertura/chiusura G cioè angolo di apertura $\theta = \theta_{\max}$,
si ha: $\theta = \theta_{\max} = \mathbf{K'-O-B}$; (ii) in caso di chiusura completa $\theta = 0 = \mathbf{A-O-}$
K; (iii) nel caso di apertura qualsiasi $\theta = \mathbf{Q-O-B}$.

25 **[00128]**. La coda 25 del secondo link 20 avente la porzione a

puleggia 28 con profilo circolare di raggio utile R_2 centrato nell'asse di rotazione G-G può essere dimensionata affinché l'angolo massimo di apertura sia uguale all'angolo sotteso dalla corda AB del profilo circolare della
5 porzione a puleggia 28, cioè in accordo alla relazione: $\theta_{\max}=\delta$.

[00129]. Come mostrato ad esempio in **figure 8B e 8C**, grazie alla previsione della porzione a puleggia 28 avente profilo circolare centrato nell'asse di rotazione G-G, la direzione di distacco del tendine di chiusura 32 è costante (ed
10 ortogonale localmente al raggio R_2 del profilo circolare della porzione a puleggia 28) per qualsiasi angolo θ di apertura tra i link 10, 20 del grado di libertà di apertura/chiusura G, erogando in tale maniera una forza di chiusura che è costante per qualsiasi angolo di apertura/chiusura del terminale
15 articolato.

[00130]. Di preferenza, il corpo del primo link 10 è rigido ed in unico pezzo e realizza entrambi gli assi di rotazione Y-Y e G-G, la distanza X_1 è da intendersi costante per qualsiasi condizione di esercizio.

20 **[00131]**. Come sopra menzionato, grazie ad un siffatto terminale articolato 3 si permette di ottenere una aumentata forza di chiusura a parità di forza di trazione T trasmessa dal tendine di attuazione.

[00132]. Come menzionato in precedenza, in accordo con una
25 forma di realizzazione, detta struttura di supporto del

terminale articolato comprende un link di supporto 50 ed un link prossimale 43 che tra loro articolati in un giunto rotazionale con asse di rotazione P-P ortogonale al primo asse di rotazione Y-Y, in cui detto giunto rotazionale con asse di rotazione P-P
5 è movimentato da una ulteriore coppia di tendini di attuazione 35, 36 antagonisti. I tendini di attuazione del secondo link 20 possono formare tra loro un incrocio prossimale 37 tra l'asse di rotazione P-P e l'asse di rotazione Y-Y. In accordo con una forma di realizzazione preferita, l'incrocio prossimale 37 tra i
10 tendini di attuazione avviene tra la coppia di tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20 e la coppia di tendini di attuazione antagonisti 33, 34 per movimentare il primo link 10, come mostrato ad esempio in **figura 9**. In altri termini, il tendine di attuazione 32 di chiusura del
15 secondo link 20 si incrocia con i tendini di attuazione del primo link 10 formando l'incrocio prossimale 37 e si incrocia anche con il suo tendine di attuazione antagonista 31 (per movimentare il secondo link 20 in apertura) in detto incrocio 30. Tali incroci 30 e 37 sono di preferenza spaziati longitudinalmente e
20 sfalsati angolarmente, e ad esempio sono sfalsati tra loro di 90°.

[00133]. Il link di supporto 50 e/o il link prossimale 43 può comprendere una o più superfici rigate convesse di scorrimento su cui almeno alcuni, e preferibilmente tutti, i tendini di
25 attuazione 31, 32, 33, 34 per movimentare il primo link 10 ed il

secondo link 20 sono adatti a scorrere, ed in particolare scorrono quando uno dei due tendini antagonisti della coppia rispettiva viene azionato (tirato).

[00134]. In accordo con una forma di realizzazione, come
5 mostrato ad esempio in **figura 14 A**, i tendini di attuazione antagonisti 31, 32 del secondo link 20 sono entrambi fissati ad un link 140 articolato sul perno di articolazione di yaw, che è previsto in sostituzione del mozzetto di scorrimento 40. In questa forma di realizzazione, pertanto, il link 140 comprende
10 almeno una sua sede di terminazione per ricevere la porzione distale operativa dei tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20. Di conseguenza, la coda prossimale di trasmissione 25 del secondo link 20 può comprendere, in accordo con questa forma di realizzazione, mezzi
15 di trasmissione dell'azione di movimentazione dal link 140 al secondo link 20.

[00135]. La porzione circonferenziale di attuazione della coda prossimale di trasmissione 25 del secondo link 25 può essere formata da una porzione a ruota dentata 142 (in sostituzione
20 della porzione a puleggia 28) in collegamento operativo con una corrispondente contro-porzione a ruota dentata 141 prevista sul link dentato 140. In tal caso, la porzione a ruota dentata 142 definisce il raggio R2 utile per il braccio della coppia di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura G.

25 **[00136]**. In accordo con questa forma di realizzazione, come

mostrato ad esempio in figura **14 C**, i percorsi dei tendini di attuazione antagonisti 31, 32 per movimentare il secondo link 20, indirettamente tramite l'accoppiamento a ruota dentata, non formano l'incrocio 30 tra gli assi di rotazione Y-Y e G-G.

5 L'almeno una sede di terminazione del link dentato 140 (non mostrata) per ricevere i tendini di attuazione 31, 32 può essere collocata a fianco della porzione dentata 141 del link dentato 140 oppure attraverso almeno alcuni dei denti della porzione dentata.

10 **[00137]**. Di preferenza, il link dentato 140 comprende inoltre una porzione a puleggia 118 avente raggio di avvolgimento R4 centrato sul primo asse di rotazione Y-Y, ed tendine di attuazione di chiusura 32 è avvolto attorno alla porzione a puleggia 118 del link dentato 140. Anche il tendine di attuazione di apertura 31,
15 antagonista, della coppia per movimentare il secondo link 20 può essere avvolto attorno alla porzione a puleggia 118 del link dentato 140 e movimentare indirettamente il secondo link 20, mediante interposizione di un accoppiamento a ruota dentata.

[00138]. Il raggio utile R2 del profilo circonferenziale dentato
20 142 del secondo link 20 è di preferenza maggiore del raggio di avvolgimento R4 della porzione a puleggia 118 del link dentato 140. Il raggio di avvolgimento R4 della porzione a puleggia 118 del link dentato 140 può essere sostanzialmente uguale al raggio di avvolgimento R1 del primo link 10, ed entrambi il primo link
25 10 e il link dentato 140 possono essere montati sul primo asse di

rotazione Y-Y.

[00139]. Almeno uno, ma anche tutti, i link 10, 20, 40, 43, 50, 140 del terminale articolato 3 possono essere realizzati mediante un procedimento di fabbricazione che prevede due tagli su piani tra loro ortogonali, come ad esempio elettroerosione e/o taglio laser.

[00140]. Come sopra menzionato, almeno uno, ma anche tutti, i link 10, 20, 40, 43, 50, 140 del terminale articolato 3 possono essere realizzati mediante un procedimento di fabbricazione per elettroerosione a filo (WEDM) che prevede la realizzazione, con il filo di taglio 61, di due tagli su piani tra loro ortogonali. Tutti i link del terminale articolato 3 possono essere realizzati con le medesime passate del filo di taglio 61. A tale scopo, i pezzi da lavorare 610, 620, 642, 650 possono essere montati alla macchina di elettroerosione a filo 60 con un attrezzaggio rotante 62, in cui sono disposti allineati lungo una direzione (anche curva) tale che il filo di taglio 61 intersechi al massimo uno di detti pezzi da lavorare 610, 620, 642, 650 per volta, quando esegue entrambi i tagli sui piani di taglio ortogonali, come mostrato ad esempio in **figure 15 A-B**. Preferibilmente, si evitano ri piazzamenti dei pezzi da lavorare tra i due tagli.

[00141]. Il mozzetto di scorrimento 40 può essere realizzato sotto forma di un cilindro forato assialmente e pertanto in accordo con un possibile modo di operare non viene fabbricato per elettroerosione a filo (WEDM). Le superfici cilindriche di

scorrimento del mozzetto di scorrimento 40, o anche solo parti di esse, possono venire lavorate per elettroerosione a filo per ridurre l'attrito di scorrimento con i tendini di attuazione 31, 32 che sono destinati a scorrervi longitudinalmente, quando in
5 condizioni di esercizio.

[00142]. Le superfici 45, 52, 53 dei link 40, 43, 50, del terminale articolato 3 sulle quali i tendini di attuazione antagonisti 31, 32; 33, 34 scorrono sono di preferenza realizzate per elettroerosione a filo (WEDM). Come sopra menzionato, le
10 superfici 45, 52, 53 dei link 40, 43, 50 sono preferibilmente tutte superfici rigate convesse a generatrici rettilinee parallele alla direzione di un asse di rotazione (asse Y-Y e/o asse P-P).

[00143]. Le superfici 18, 21, 22, 28 dei link 10, 20 del
15 terminale articolato 3 sulle quali i tendini di attuazione antagonisti 31, 32; 33, 34 si avvolgono senza scorrere (ad esempio in prossimità della loro sede di terminazione 16, 26) sono di preferenza realizzate per elettroerosione a filo (WEDM).

[00144]. Le conformazioni dei link 10, 20, 43, 50 possono essere
20 scelte ed ottimizzate per la loro realizzazione per elettroerosione a filo con tagli realizzati su due piani di taglio ortogonali.

[00145]. Grazie alle caratteristiche sopra descritte, previste disgiuntamente o congiuntamente tra loro in particolari forme di
25 realizzazione, si permette di rispondere alle sopra menzionate

esigenze, ottenendo i sopraccitati vantaggi, ed in particolare:

[00146]. - si permette di disaccoppiare gli assi di orientazione (yaw) e di apertura/chiusura (grip), ottenendo spazio per alloggiare il raggio utile di attuazione del secondo
5 link che definisce il grado di libertà di apertura/chiusura del terminale articolato;

[00147]. - si permette di ottenere una aumentata forza di chiusura perché si permette di aumentare il raggio utile di attuazione del secondo link che definisce il grado di libertà di
10 apertura/chiusura, a parità di ingombro trasversale del terminale articolato.

[00148]. Alle forme di realizzazione sopra descritte, un tecnico del ramo, allo scopo di soddisfare esigenze contingenti e specifiche, potrà apportare numerose modifiche, adattamenti e
15 sostituzione di elementi con altri funzionalmente equivalenti, senza tuttavia uscire dall'ambito delle annesse rivendicazioni.

ELENCO DEI RIFERIMENTI NUMERICI

1	Strumento chirurgico
2	Alberino o asta di posizionamento
3	Terminale articolato, o dispositivo terminale articolato, o end-effector articolato
4	Porzione di interfaccia di trasmissione, o backend, dello strumento
5	Sistema robotizzato per teleoperazione chirurgica
6	Manipolatore robotico
7	Console master
8	Dispositivo di comando master
9	Schermo
10	Primo link del terminale articolato
13	Radice di attacco prossimale
14	Porzione di collegamento del primo link, o prima porzione di collegamento
15	Tratto prossimale o porzione prossimale del primo link
16	Sede di terminazione del primo link
17	Porzione operativa del primo link
18	Porzione a puleggia di avvolgimento della radice di attacco del primo link
19	Estremità libera distale del primo link
20	Secondo link del terminale articolato
21	Superficie di rinvio del secondo link
22	Superficie di rinvio del secondo link
23	Porzione operativa distale del secondo link
24	Porzione di collegamento del secondo link, o seconda porzione di collegamento
25	Coda prossimale di trasmissione del secondo link
26	Sede di terminazione del secondo link
28	Porzione a puleggia a profilo circonferenziale del secondo link
29	Estremità libera distale del secondo link
30	Incrocio tra tendini antagonisti per movimentare il secondo link
31	Tendine di attuazione per movimentare il secondo link in apertura
32	Tendine di attuazione per movimentare il secondo link in chiusura
33	Tendine di attuazione per movimentare il primo link
34	Tendine di attuazione antagonista per movimentare il primo link
35	Tendine di attuazione per movimentare il link di supporto
36	Tendine di attuazione antagonista per movimentare il link di supporto
37	Ulteriore incrocio prossimale dei tendini antagonisti

38	Estremità distale di terminazione del tendine di attuazione
40	Mozzetto di scorrimento o boccola di scorrimento
41	Perno di articolazione di yaw
42	Perno di articolazione di grip
43	Ulteriore link prossimale, ad esempio link fissato all'alberino
44	Perno di articolazione di pitch
45	Superficie di scorrimento rigata convessa del mozzetto di scorrimento
50	Link prossimale, o link di supporto
51	Rebbio
52	Superficie di scorrimento rigata convessa del link di supporto
53	Superficie di scorrimento rigata convessa del link prossimale
56	Sede di terminazione per i tendini di attuazione del link di supporto
60	Macchina di elettroerosione a filo
61	Filo di taglio
62	Attrezzaggio rotante
63	Asse di rotazione dell'attrezzaggio
118	Porzione a puleggia del link dentato
123	Direzione di sviluppo longitudinale della porzione operativa del secondo link
125	Direzione di sviluppo longitudinale della coda del secondo link
140	Link dentato
141	Contro-porzione a ruota dentata del link dentato
142	Porzione a ruota dentata del secondo link
610	Pezzo da lavorare per formare il primo link
620	Pezzo da lavorare per formare il secondo link
642	Pezzo da lavorare per formare un link
650	Pezzo da lavorare per formare un link
Y-Y	Primo asse di rotazione, o asse di rotazione di yaw
G-G	Secondo asse di rotazione, o asse di rotazione di apertura/chiusura
P-P	Asse di rotazione di pitch o asse di rotazione prossimale
L1	Primo lato
L2	Secondo lato
β	Angolo
δ	Angolo sotteso dalla porzione a puleggia
R1	Raggio di avvolgimento primo link
R2	Raggio utile del secondo link
R4	Raggio di avvolgimento del link dentato
X1	Distanza longitudinale
X-X	Direzione longitudinale

Y	Grado di libertà di imbardata o yaw
G	Grado di libertà di apertura/chiusura
P	Grado di libertà di beccheggio o pitch
K	Punto di distacco del tendine di attuazione dalla porzione a puleggia
Q	Punto di distacco del tendine di attuazione antagonista dalla porzione a puleggia
K'	Punto di distacco del tendine di attuazione dal mozzetto di scorrimento
Q'	Punto di distacco del tendine di attuazione antagonista dal mozzetto di scorrimento
O	Punto che identifica l'asse di rotazione di apertura/chiusura
O'	Punto che identifica l'asse di rotazione di yaw
A	Punto estremo della corda della porzione a puleggia
B	Punto estremo della corda della porzione a puleggia

RIVENDICAZIONI

1. Strumento chirurgico (1) comprendente un terminale articolato (3) comprendente:

- 5 - una struttura di supporto,
- un primo link (10) articolato alla struttura di supporto in modo che il primo link (10) e la struttura di supporto possano ruotare relativamente attorno ad un primo asse di rotazione (Y-Y),
- 10 - un secondo link (20) articolato al primo link in modo che il secondo link (20) ed il primo link (10) possano ruotare relativamente attorno ad un secondo asse di rotazione (G-G) definendo congiuntamente un grado di libertà di apertura/chiusura (G) del terminale articolato (3);
- 15 in cui:
- lo strumento chirurgico comprende almeno un tendine di attuazione di yaw (33 o 34) per movimentare il primo link (10) rispetto alla struttura di supporto,
- il primo link comprende una radice di attacco (13) avente una
20 porzione a puleggia di avvolgimento (18) avente raggio (R1) centrato sul primo asse di rotazione (Y-Y),
- il tendine di attuazione di yaw (33 o 34) per movimentare il primo link è avvolto attorno a detta porzione a puleggia di avvolgimento (18) della radice di attacco (13) del primo link;
- 25 ed in cui:

-lo strumento chirurgico comprende inoltre un tendine di attuazione di chiusura (32) per movimentare il secondo link (20) rispetto al primo link in verso di chiusura del grado di libertà di apertura/chiusura (G),

5 - il secondo link (20) comprende una porzione circonferenziale di attuazione (28; 142) avente raggio utile (R2) centrato nel secondo asse di rotazione (G-G);

ed in cui:

-il primo asse di rotazione (Y-Y) ed il secondo asse di rotazione
10 (G-G) sono tra loro separati e disgiunti;

- il raggio utile (R2) della porzione circonferenziale di attuazione (28; 128) del secondo link (20) è maggiore del raggio (R1) della porzione a puleggia di avvolgimento (18) della radice di attacco (13) del primo link (10).

15 **2.** Strumento chirurgico secondo la rivendicazione **1**, in cui la porzione circonferenziale di attuazione del secondo link (20) è una porzione a puleggia (28) avente profilo circonferenziale avente raggio utile (R2) centrato nel secondo asse di rotazione (G-G), ed in cui il tendine di attuazione di chiusura (32) per
20 movimentare il secondo link è avvolto attorno a detta porzione a puleggia (28) del secondo link.

3. Strumento chirurgico secondo la rivendicazione **2**, in cui il secondo link (20) comprende corpo avente una coda prossimale (25), che si estende prossimalmente rispetto al secondo asse di
25 rotazione (G-G), ed in cui detta coda prossimale (25) comprende

detta porzione a puleggia (28) a profilo circolare centrato nel secondo asse di rotazione (G-G).

4. Strumento chirurgico secondo la rivendicazione **3**, in cui la coda prossimale (25) comprende, a fianco della porzione a puleggia (28), almeno una superficie di rinvio (22) per rinviare il tendine di attuazione di chiusura (32) per movimentare il secondo link.

5. Strumento chirurgico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente una coppia di tendini di attuazione antagonisti (31, 32), comprendente detto tendine di attuazione di chiusura (32), per movimentare con effetti antagonisti il secondo link (20) rispetto al primo link, in cui entrambi i tendini di attuazione (31, 32) della coppia sono avvolti alla porzione a puleggia (28) a profilo circolare del secondo link (20), ed in cui tra il primo asse di rotazione (Y-Y) e il secondo asse di rotazione (G-G), il percorso dei tendini di attuazione antagonisti (31, 32) per movimentare il secondo link (20) descrive un incrocio (30).

6. Strumento chirurgico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il terminale articolato (3) comprende un mozzetto di scorrimento (40) disposto prossimalmente rispetto al secondo link (20), ed in cui il tendine di attuazione di chiusura (32) per movimentare il secondo link (20) è avvolto attorno al mozzetto di scorrimento (40) in contatto di scorrimento longitudinale.

7. Strumento chirurgico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il primo asse di rotazione (Y-Y) e il secondo asse di rotazione (G-G) sono tra loro paralleli e spaziati di una distanza longitudinale (X1) che
5 preferibilmente è costante in ogni configurazione di esercizio del terminale articolato (3).

8. Strumento chirurgico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il raggio utile (R2) della porzione a puleggia (28) del secondo link (20) è maggiore della
10 sua dimensione trasversale (Y2); e/o in cui

- il raggio utile (R2) della porzione a puleggia (28) è maggiore del raggio di un alberino di posizionamento (2) dello strumento chirurgico.

9. Strumento chirurgico secondo la rivendicazione 1, in cui
15 - la porzione circonferenziale di attuazione del secondo link (20) comprende un profilo circonferenziale dentato (142) avente raggio utile (R2) centrato nel secondo asse di rotazione (G-G),
- il terminale articolato comprende un link dentato (140) montato sul primo asse di rotazione (Y-Y),

20 - il link dentato (140) comprende una contro-porzione circonferenziale dentata (141) centrata nel primo asse di rotazione (Y-Y) e accoppiata con la porzione dentata (142) del link dentato (140);

ed in cui:

25 - il link dentato (140) comprende inoltre una porzione a puleggia

(118) avente raggio di avvolgimento (R4) centrato sul primo asse di rotazione (Y-Y),

- il tendine di attuazione (32) è avvolto attorno alla porzione a puleggia (118) del link dentato (140).

- 5 **10.** Strumento chirurgico secondo la rivendicazione **9**, in cui il raggio utile (R2) del profilo circolare dentato (142) del secondo link (20) è maggiore del raggio di avvolgimento (R4) della porzione a puleggia (118) del link dentato (140).

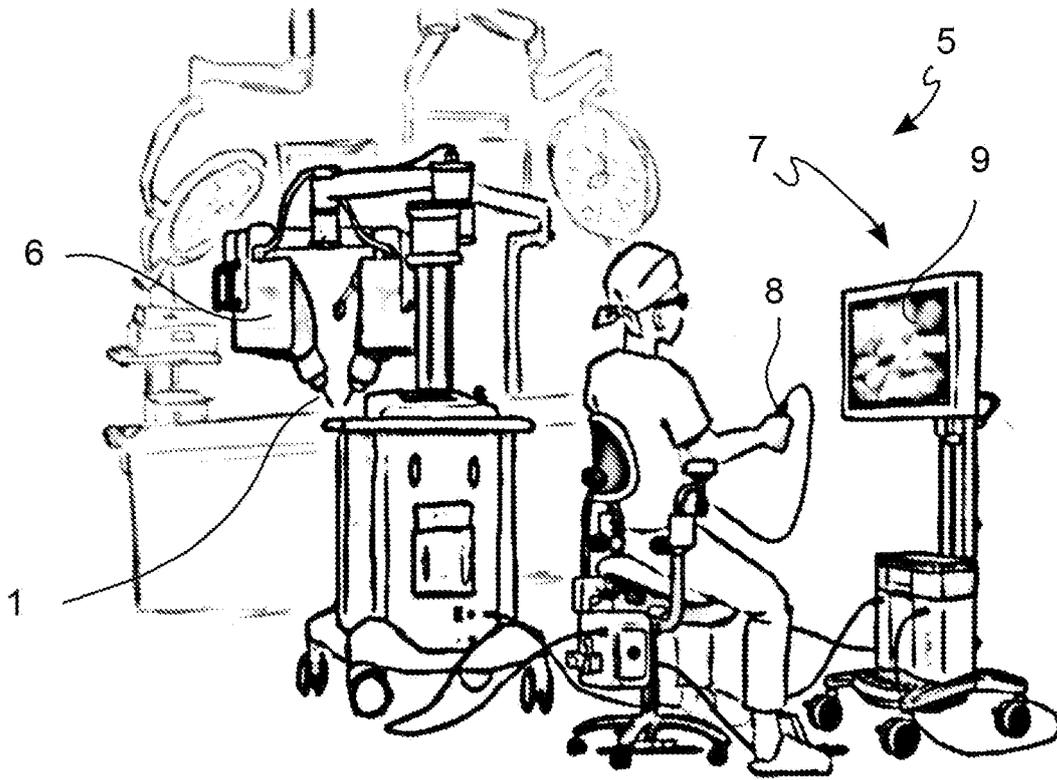


FIG.1A

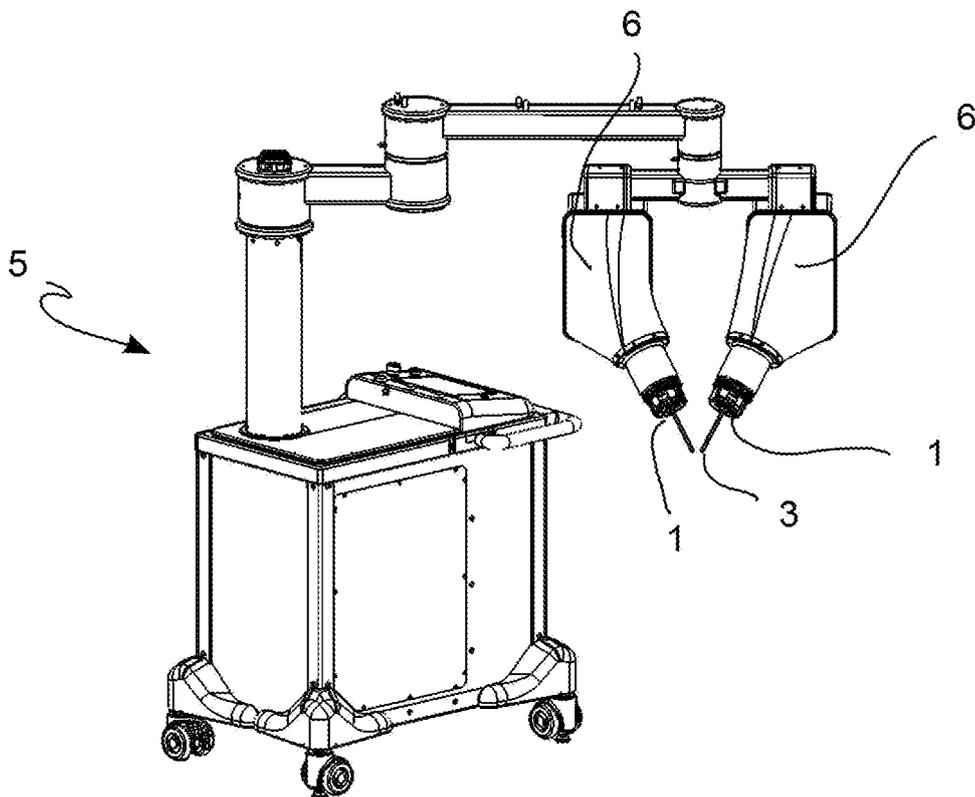
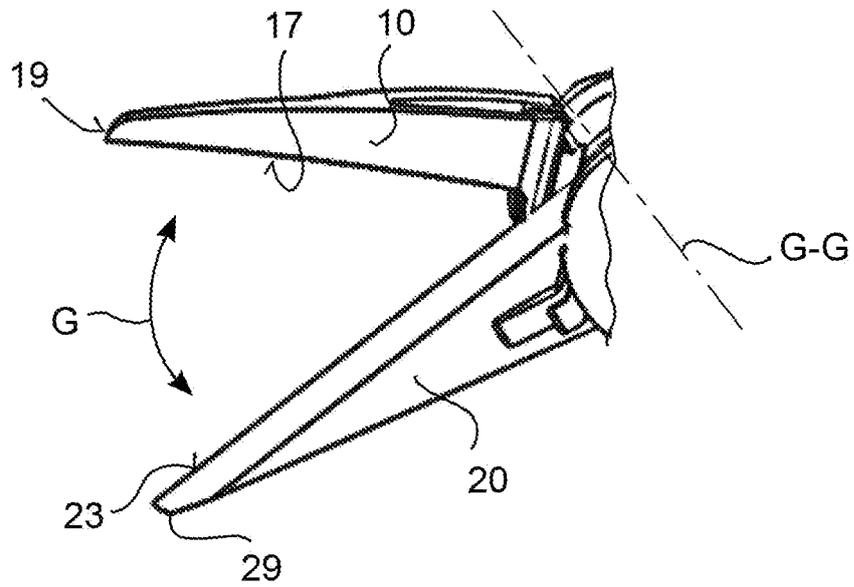
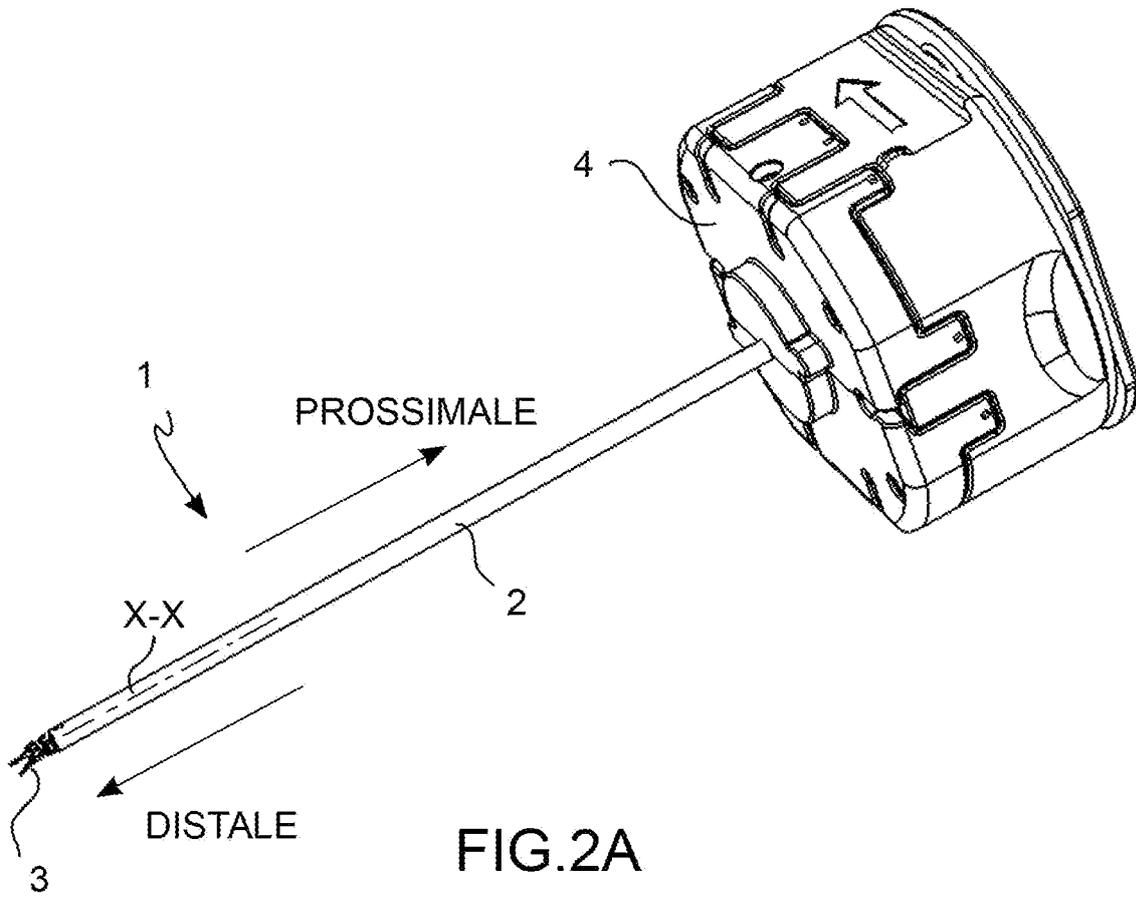


FIG.1B



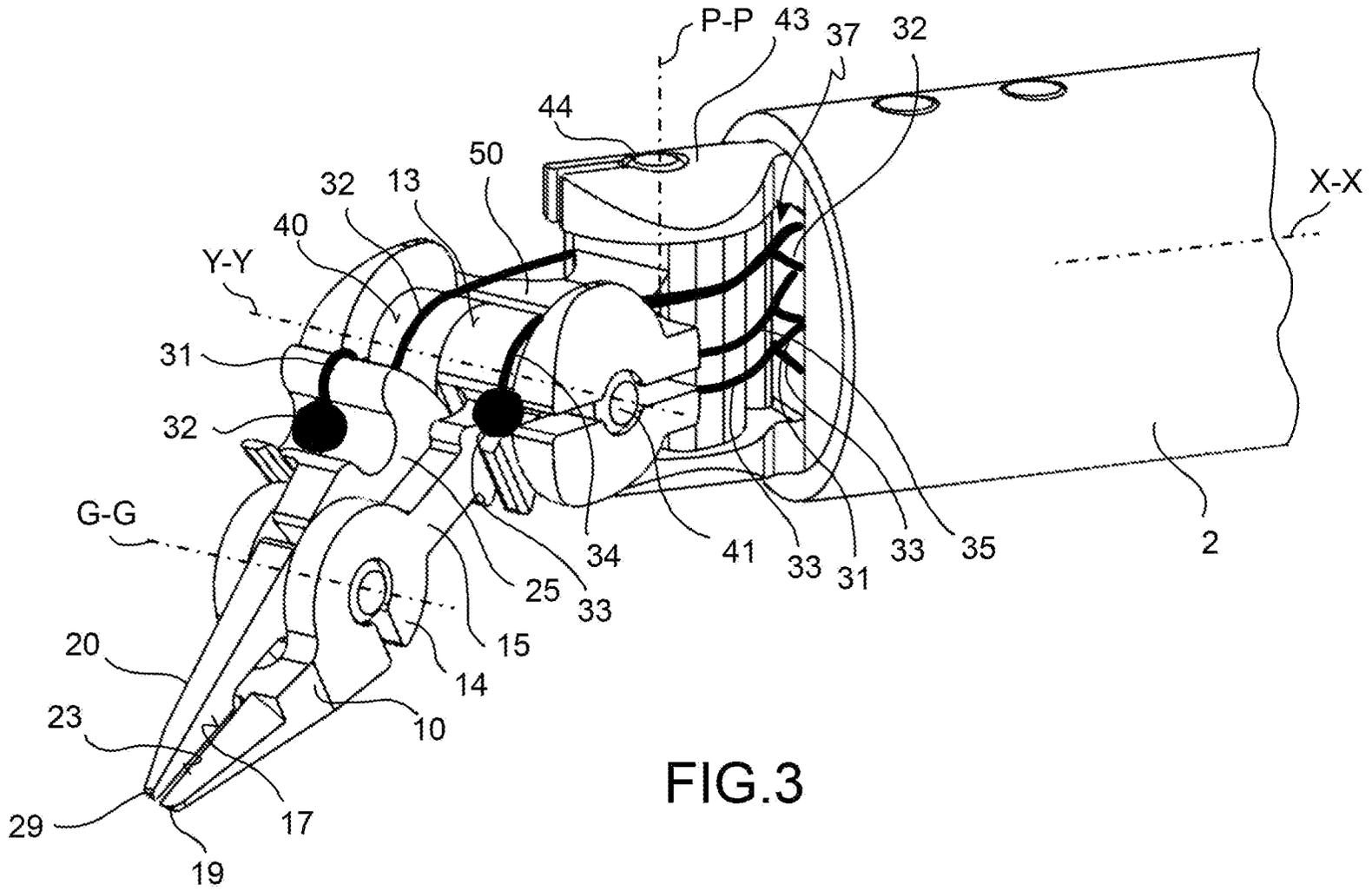


FIG.3

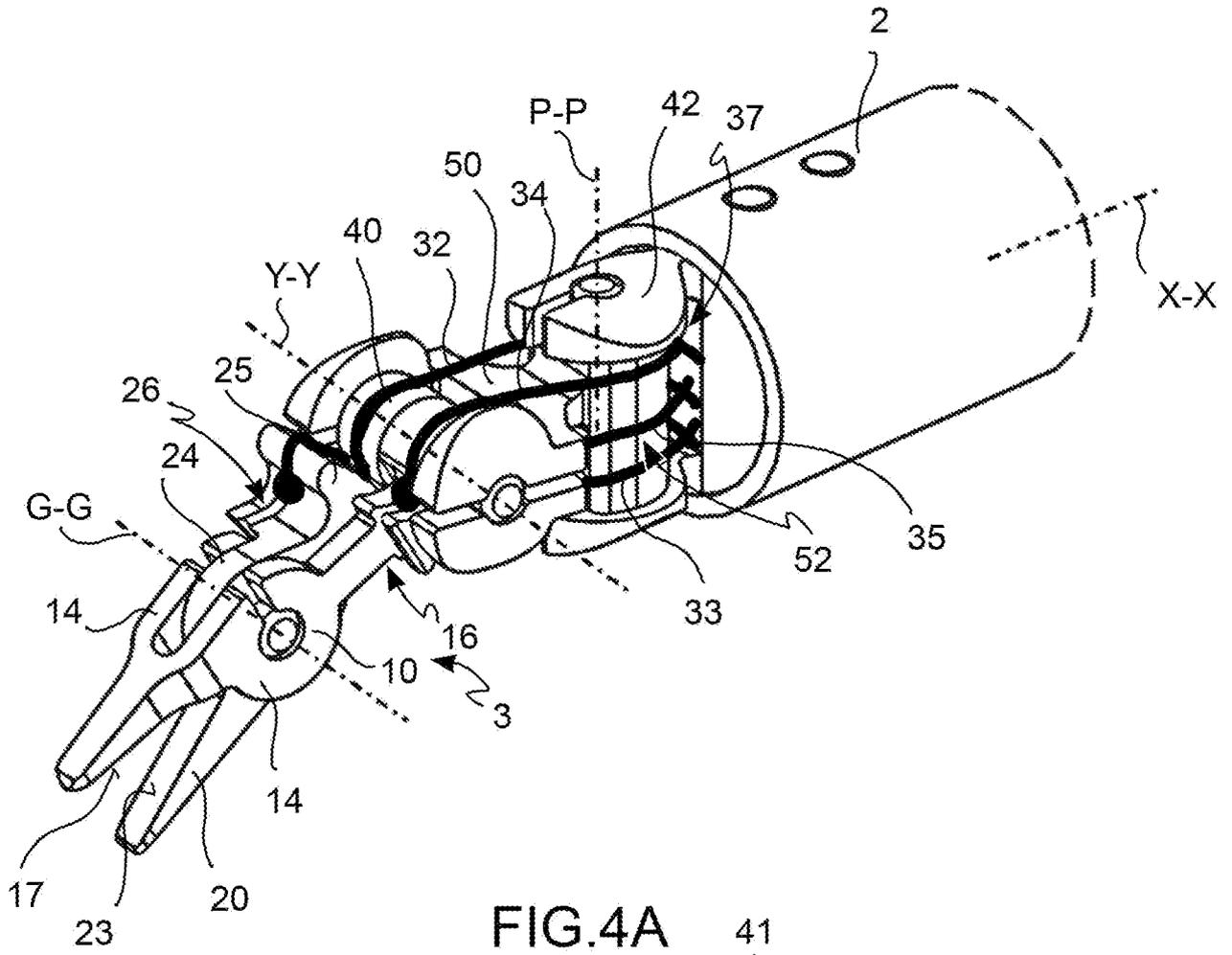


FIG. 4A

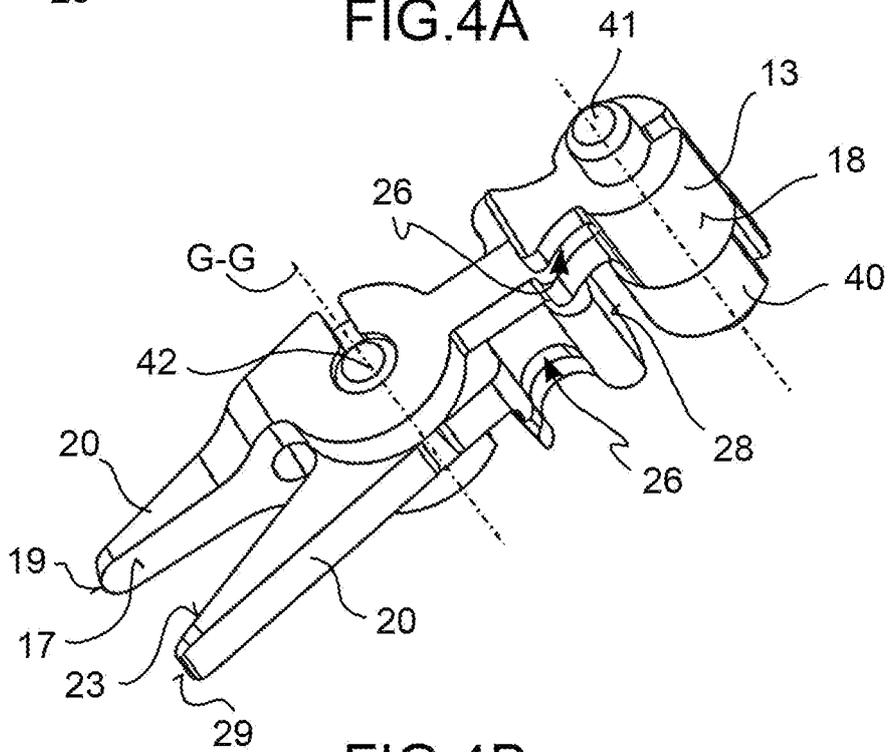


FIG. 4B

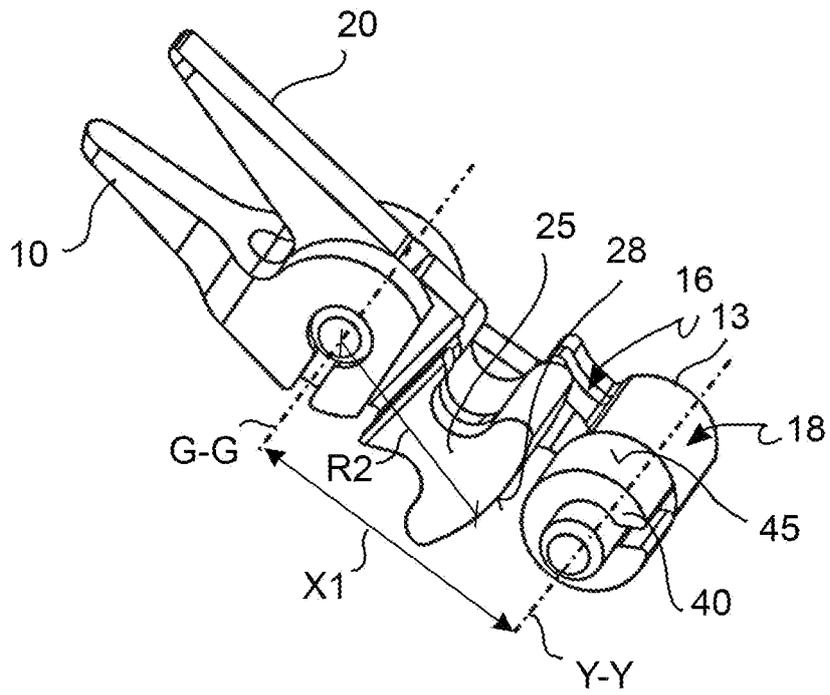


FIG. 4C

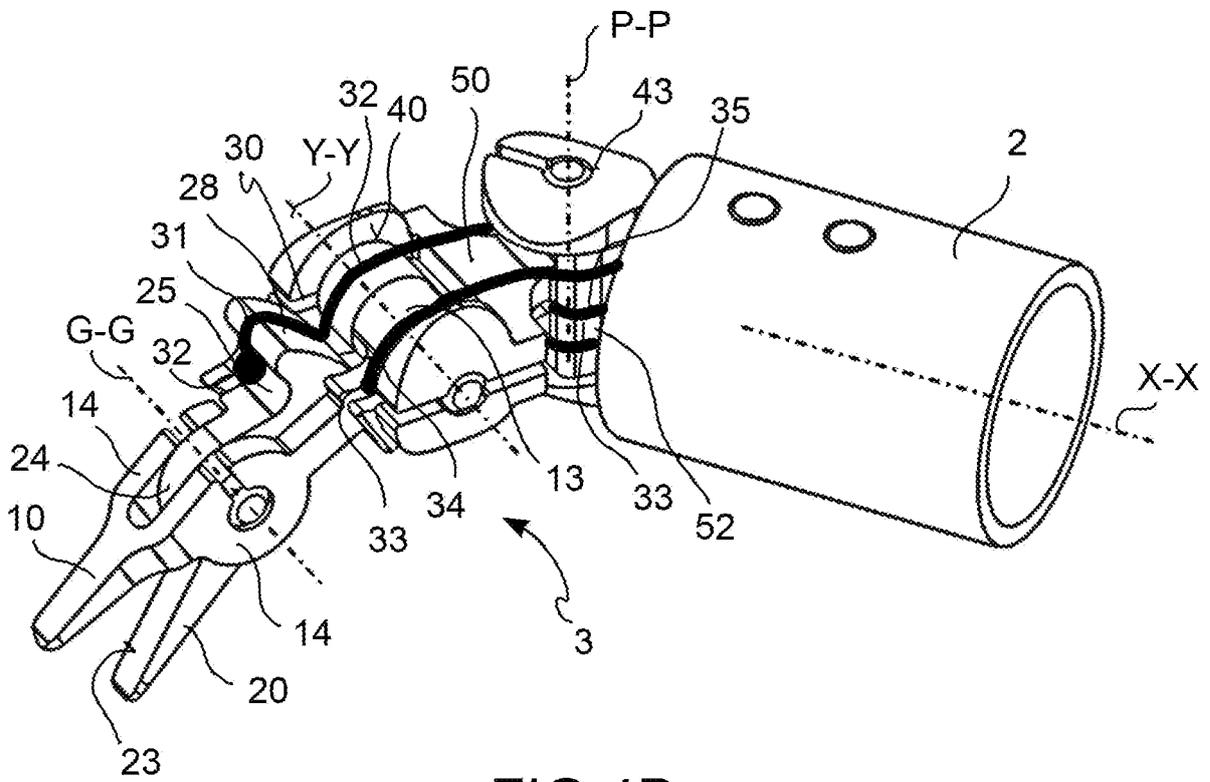


FIG. 4D

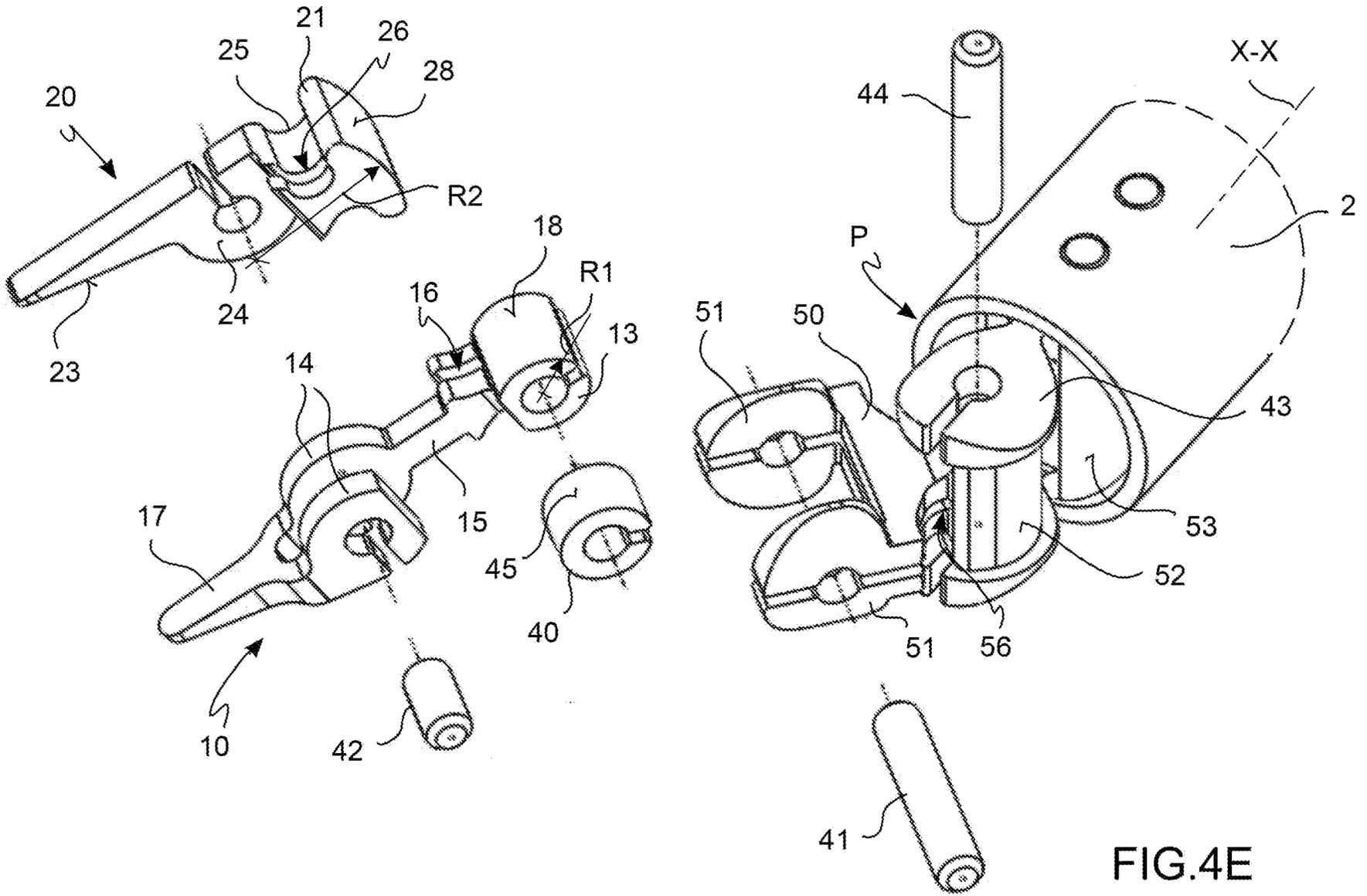


FIG.4E

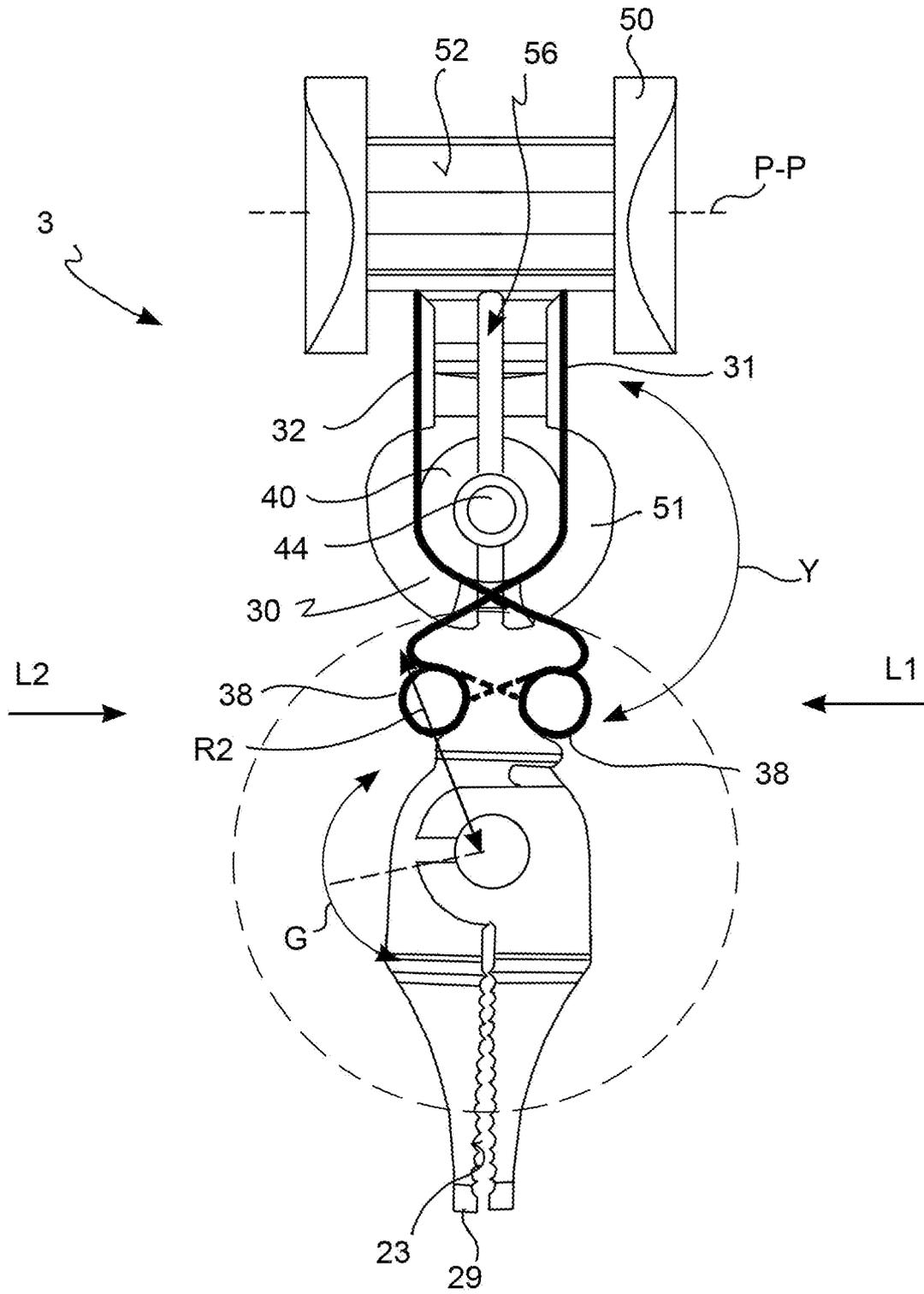


FIG.5

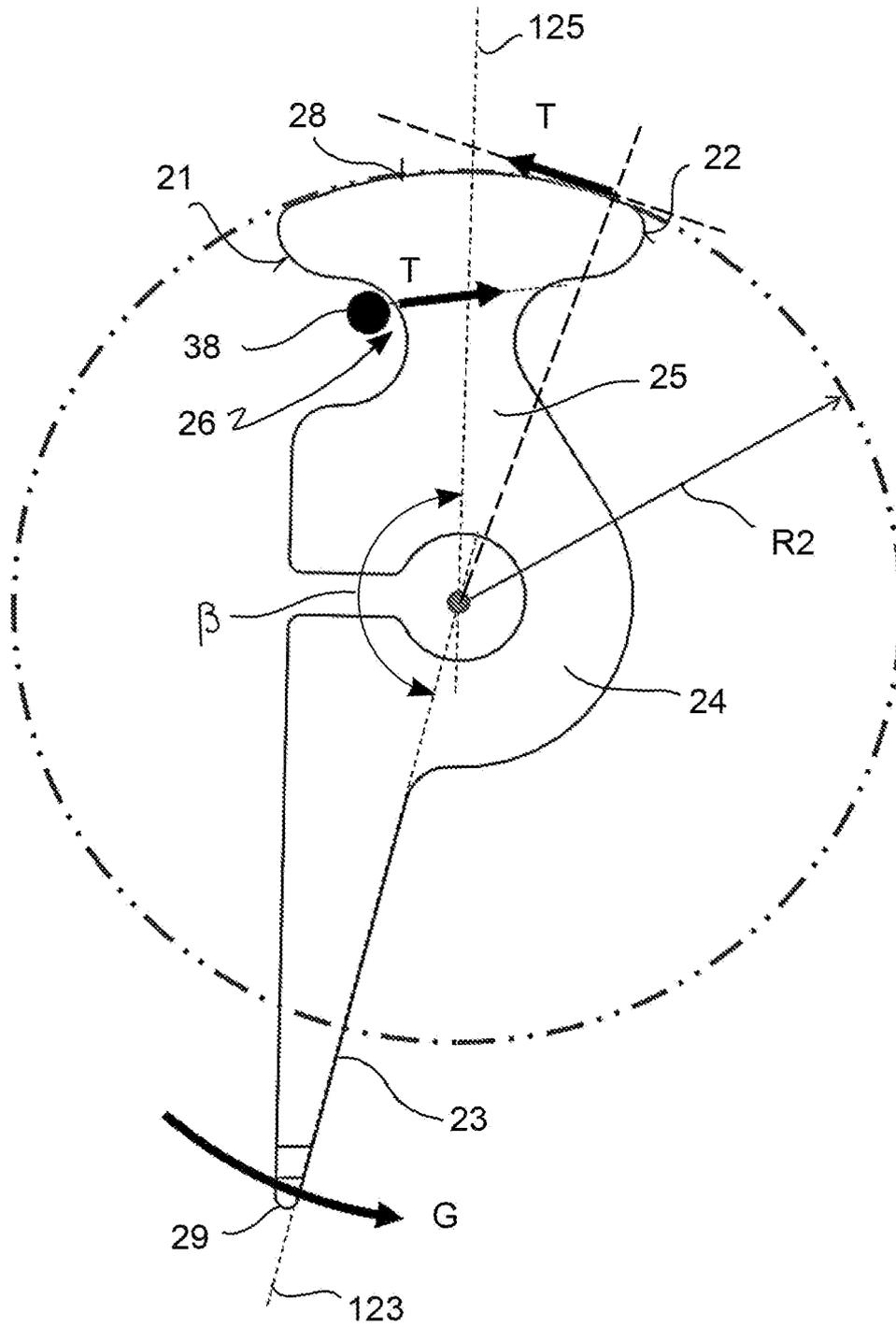


FIG.6

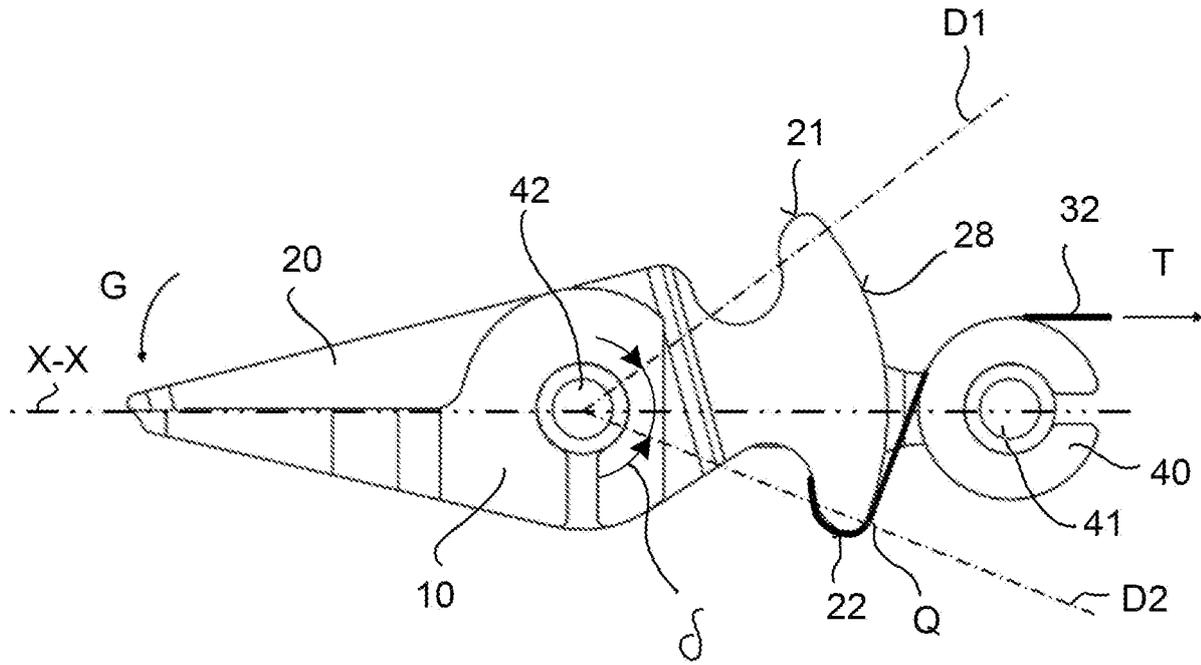


FIG. 7 A

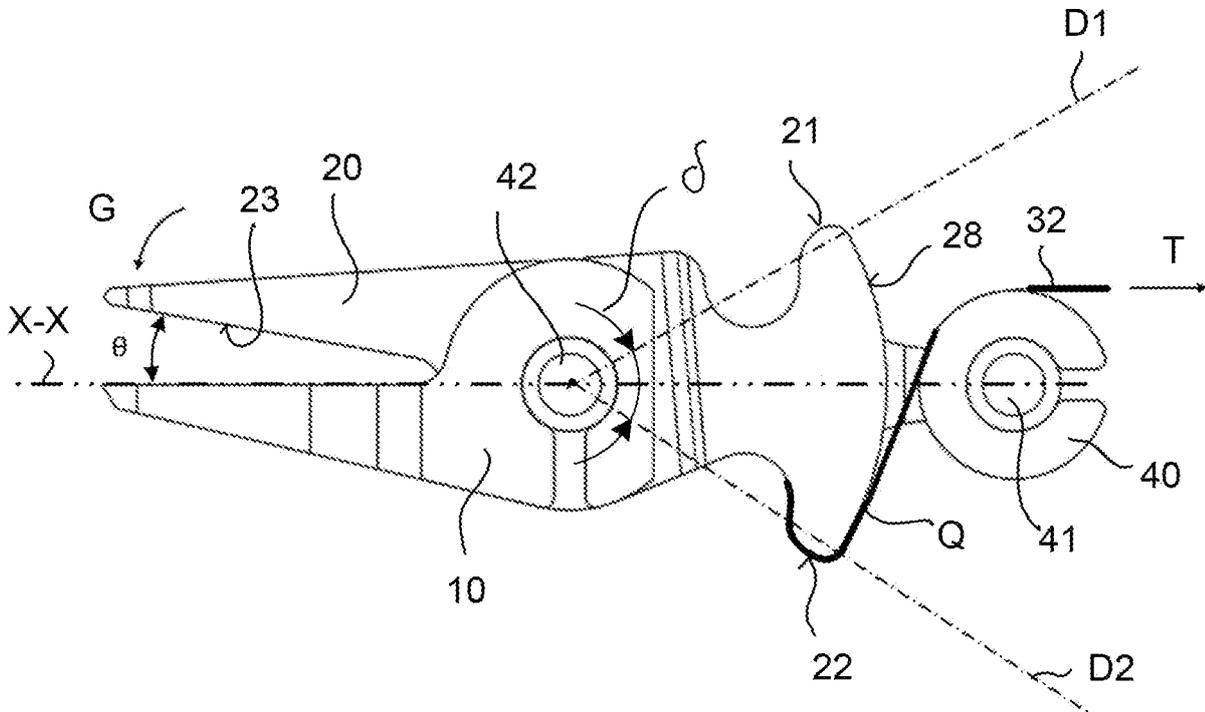


FIG. 7 B

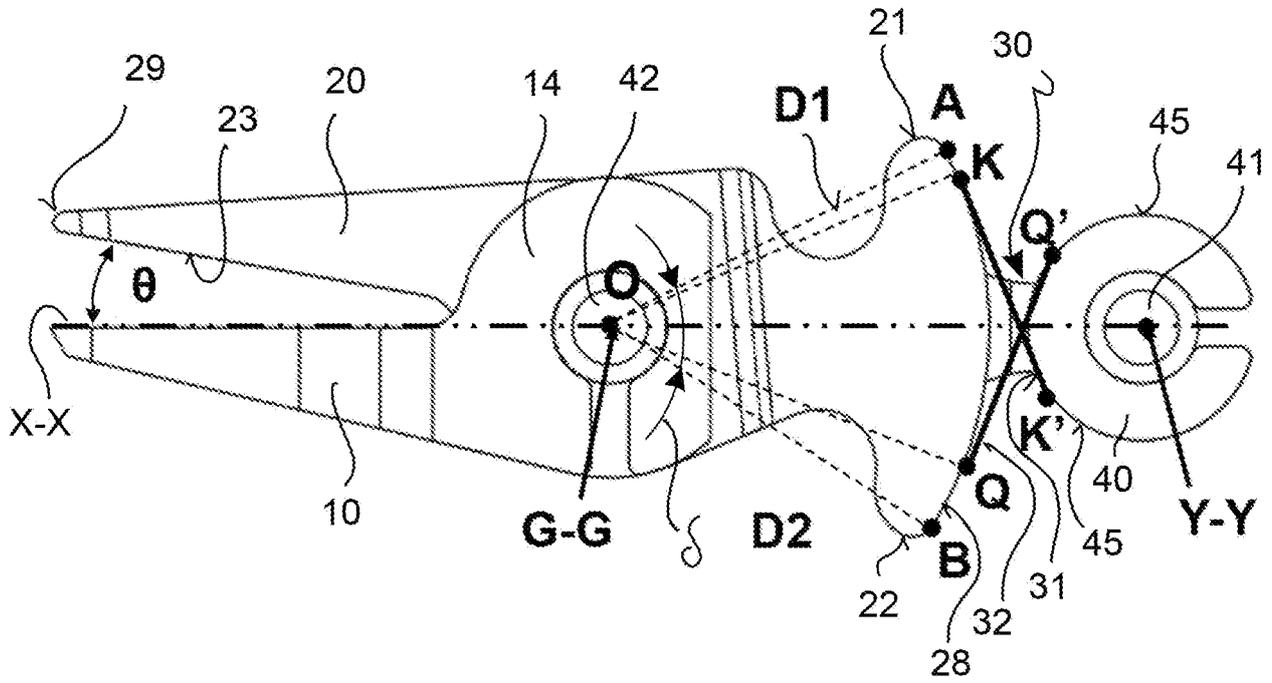


FIG. 8 A

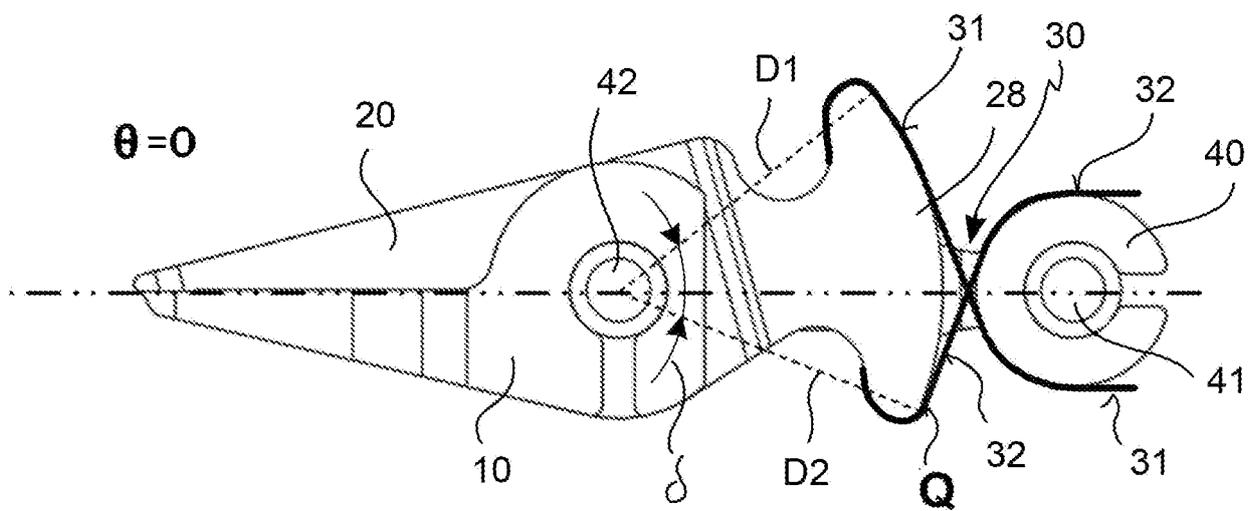


FIG. 8 B

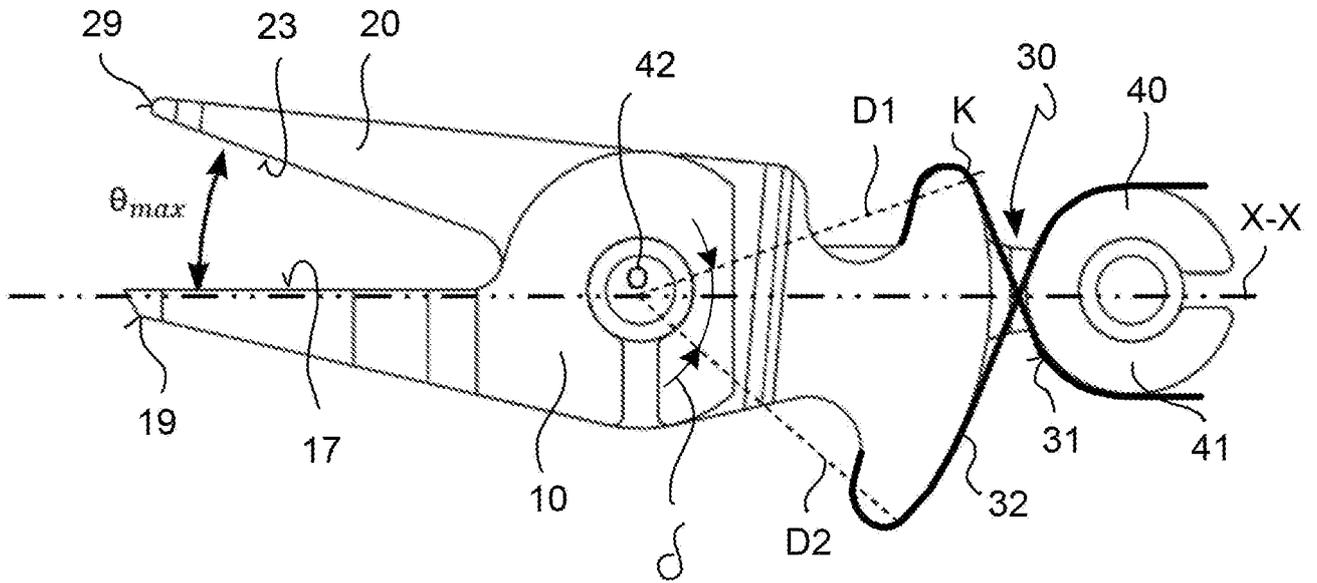


FIG. 8C

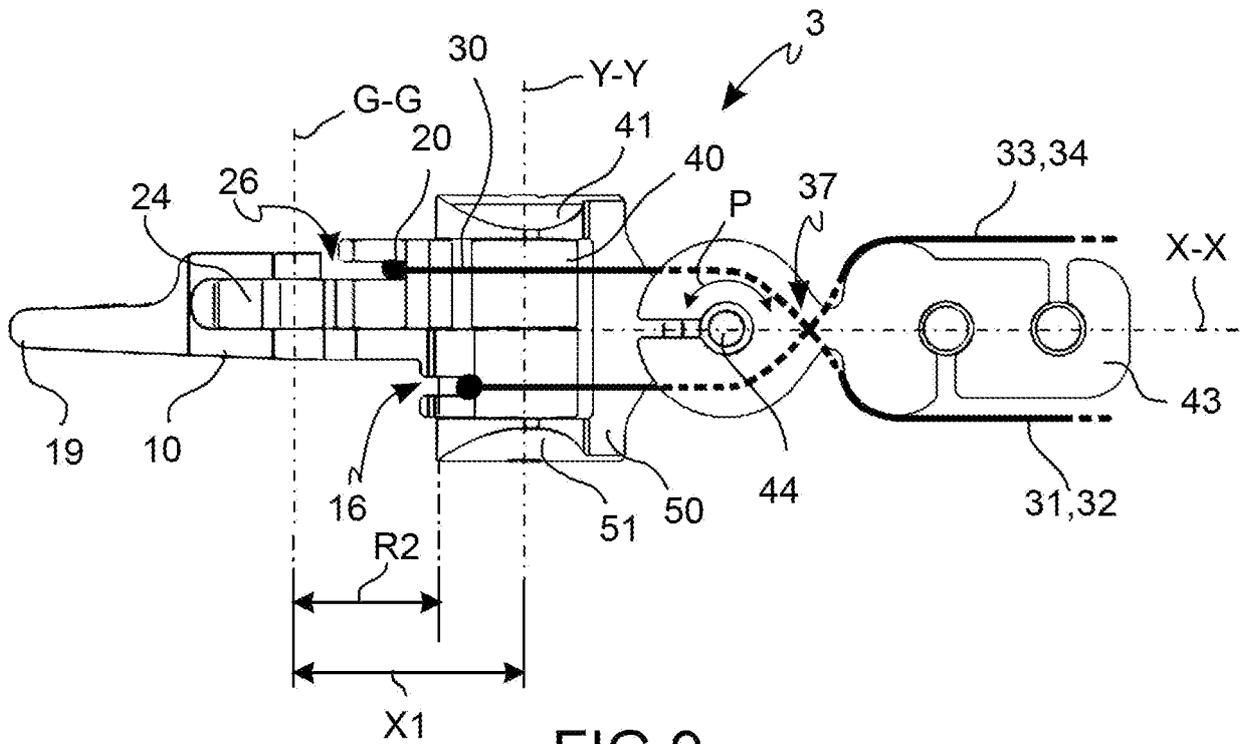


FIG. 9

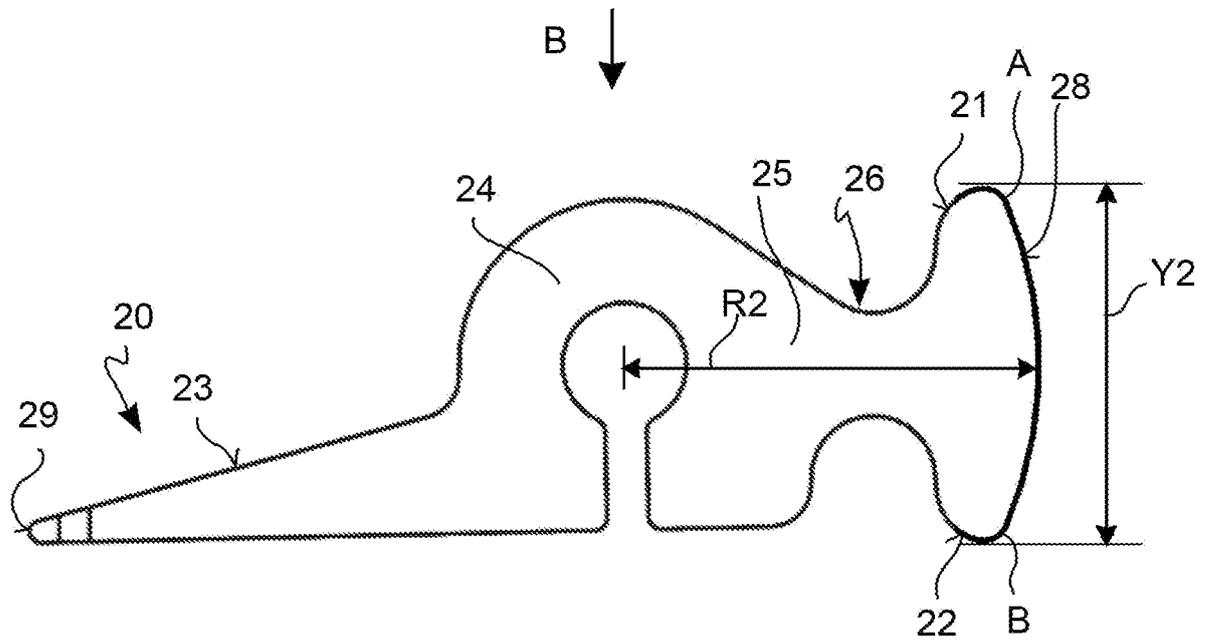


FIG. 10A

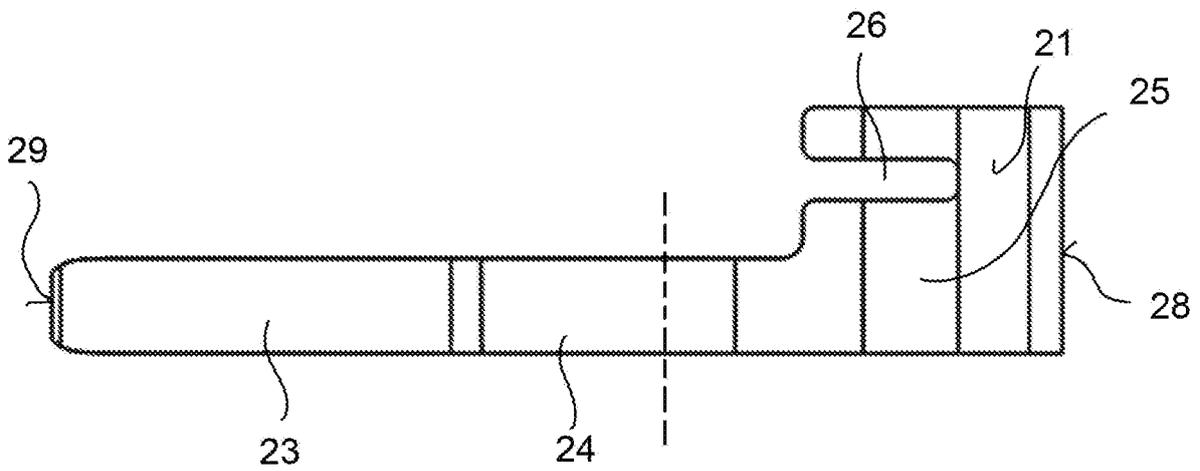


FIG. 10B

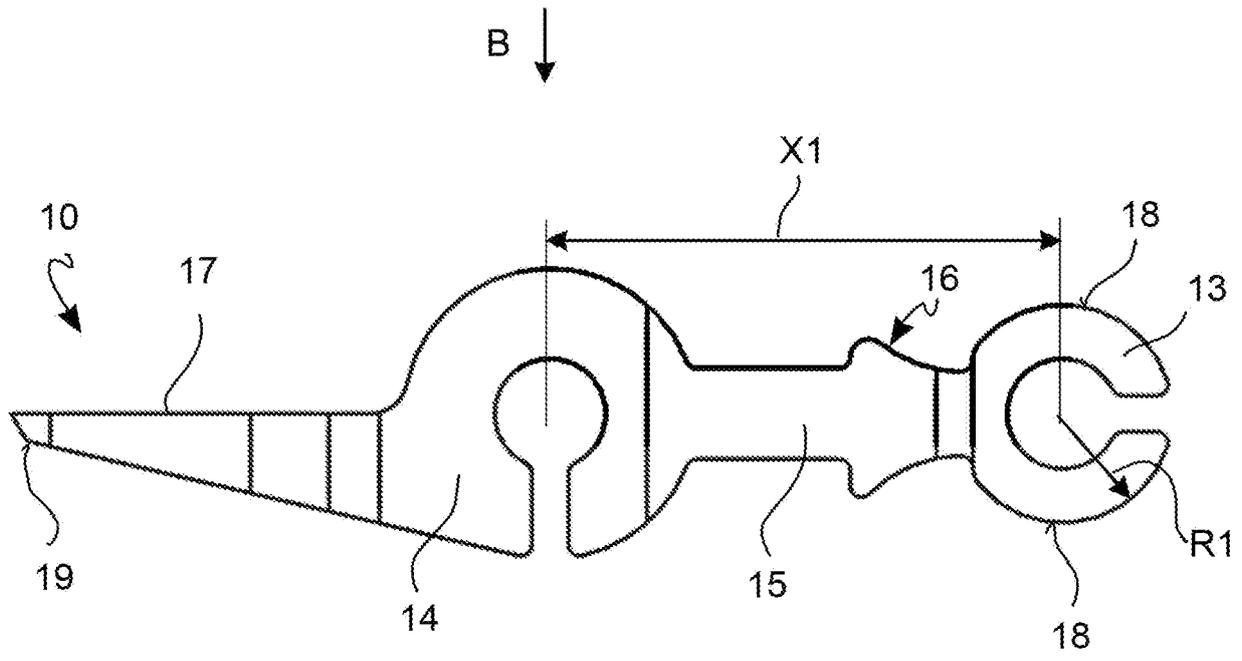


FIG.11A

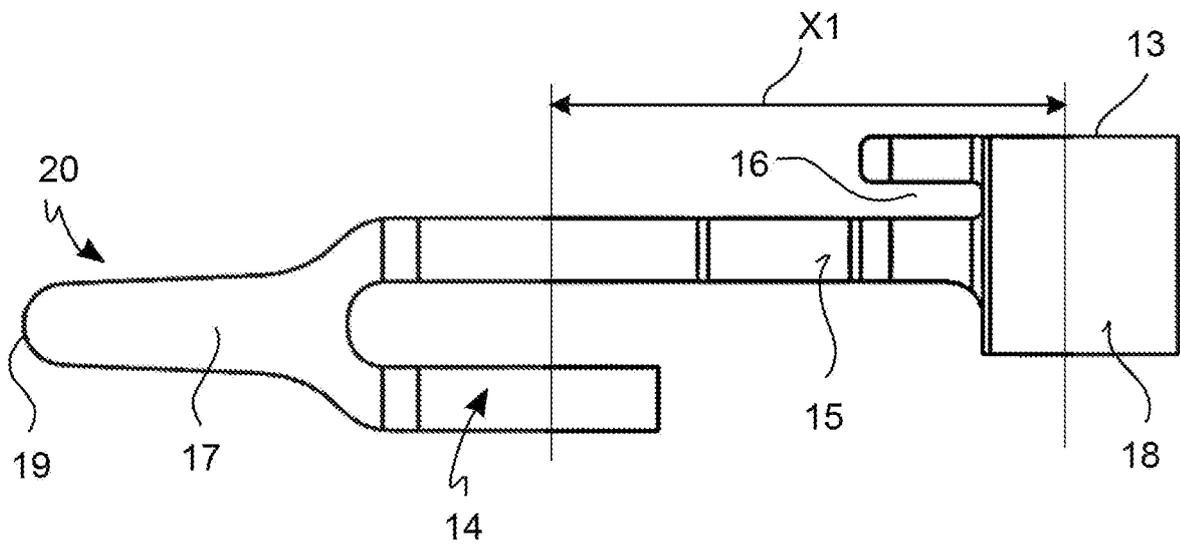


FIG.11B

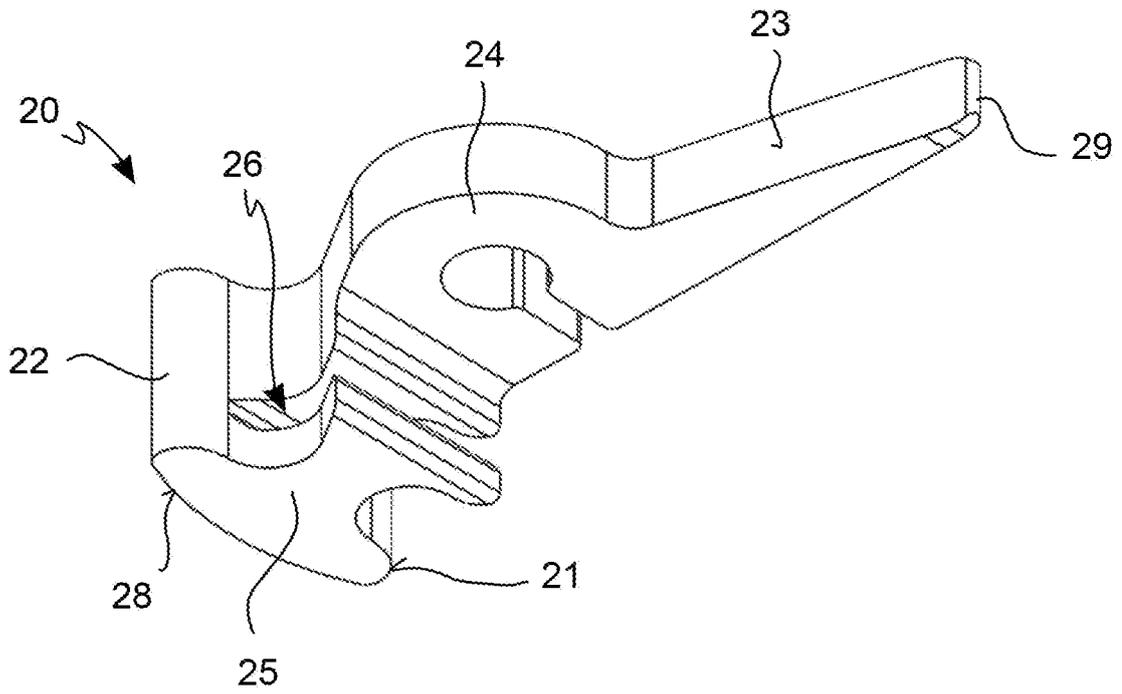


FIG.12

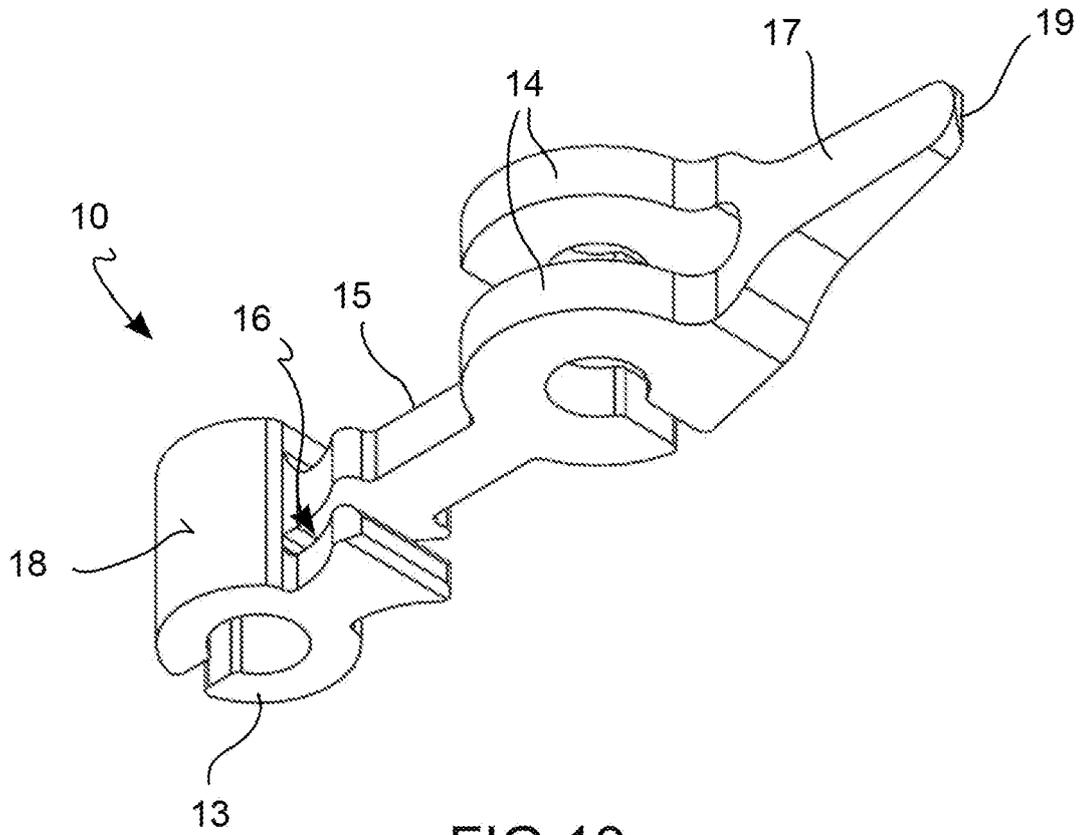


FIG.13

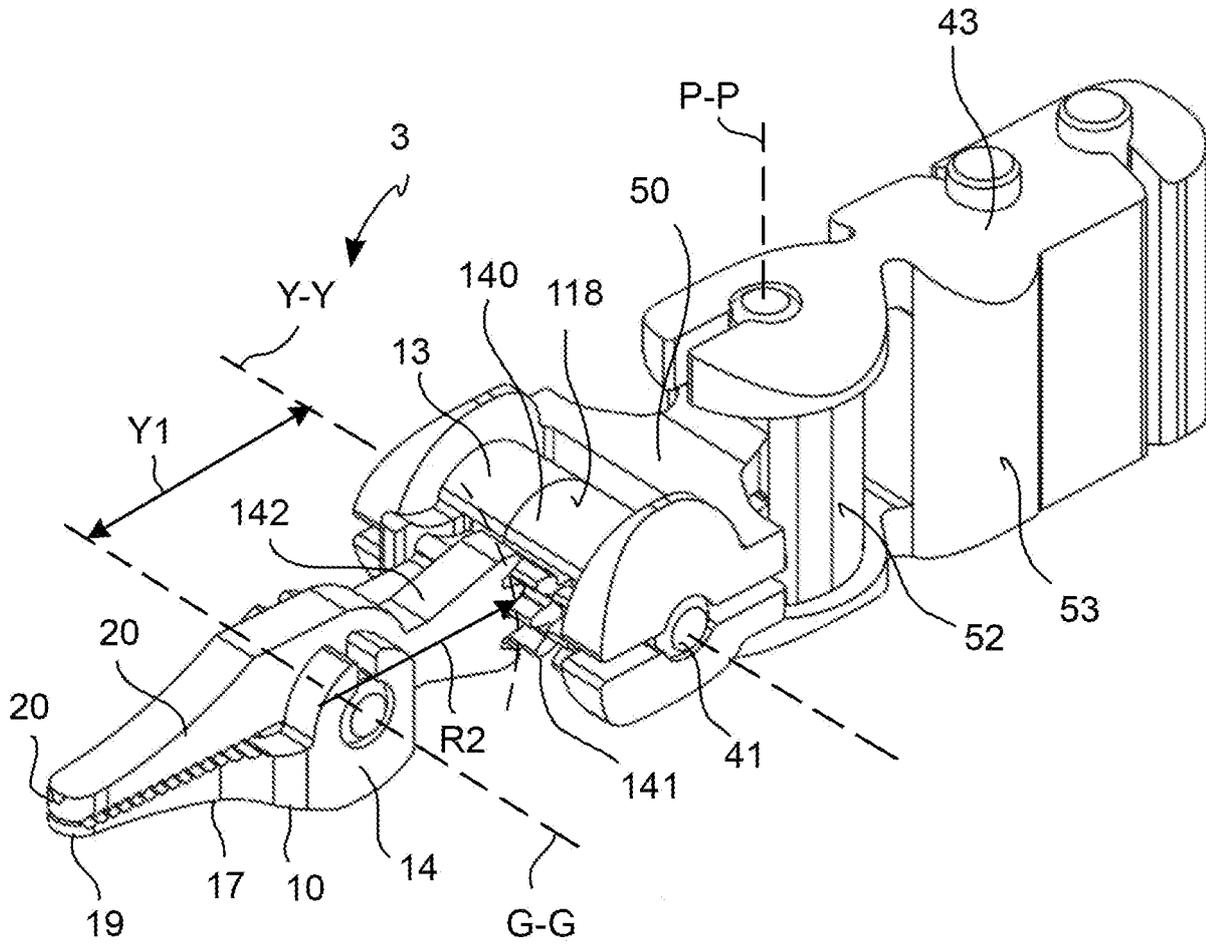
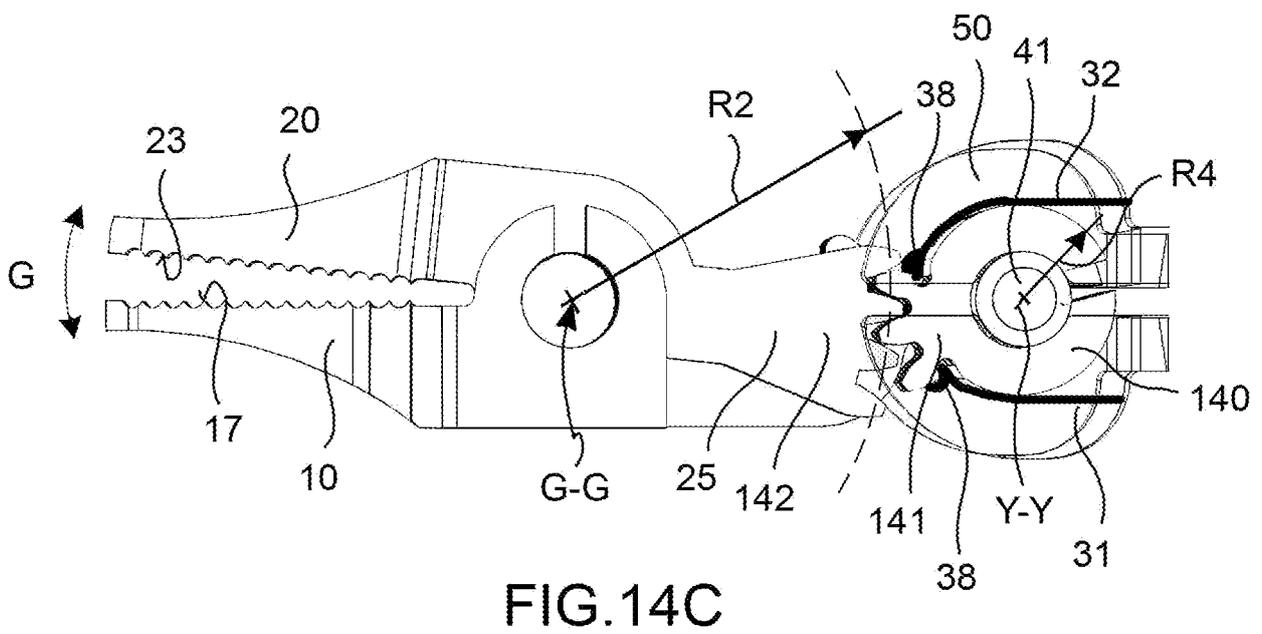
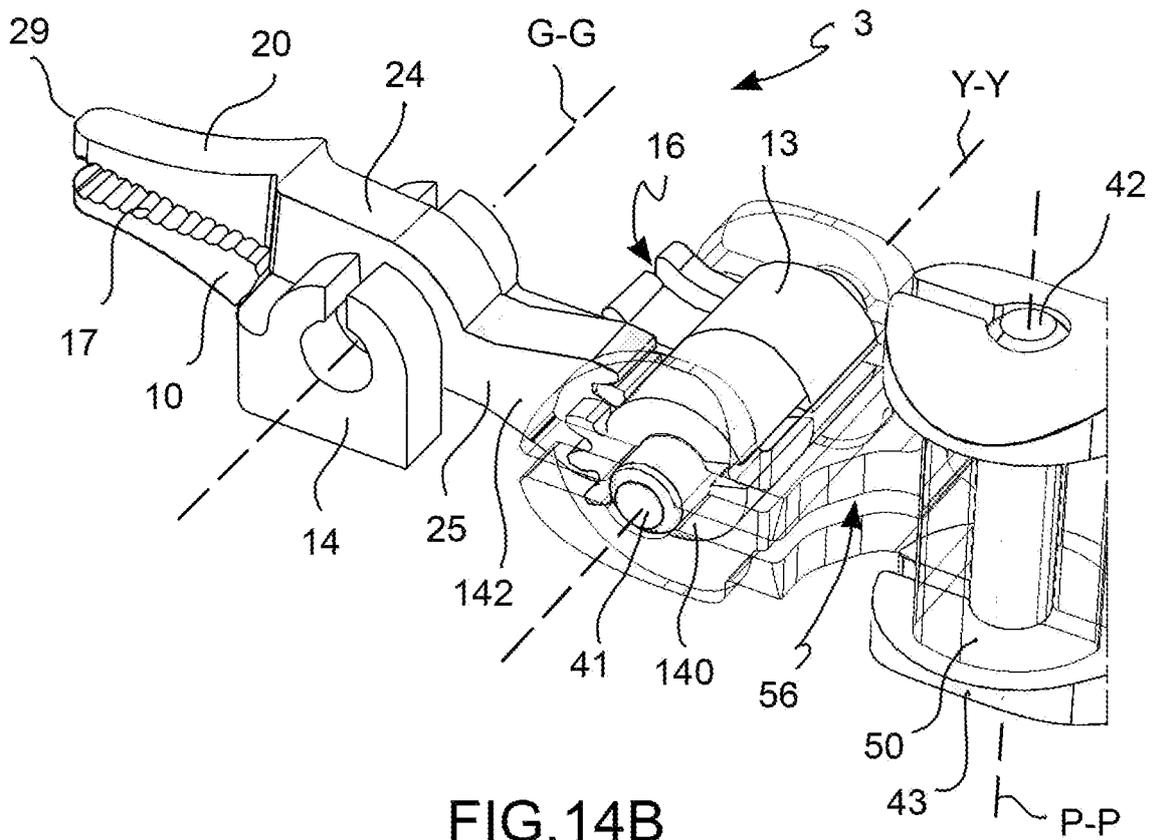


FIG. 14A



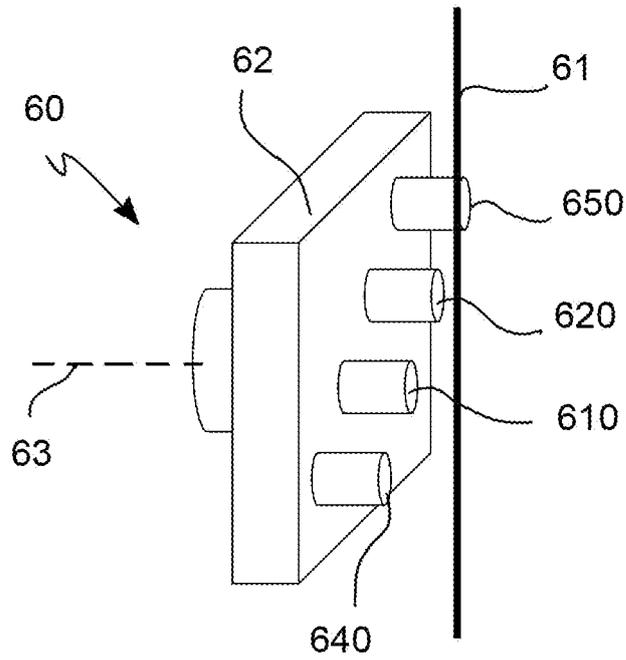


FIG. 15A

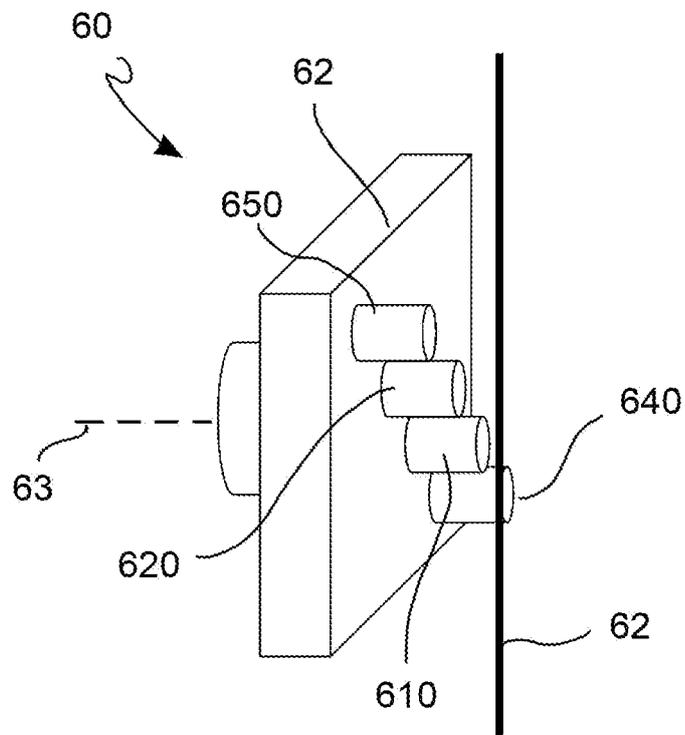


FIG. 15B