

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102021000022391</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>27/08/2021</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>27/02/2023</b>

Classifiche IPC

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	09	B	23	28

Titolo

<b>DISPOSITIVO DI INPUT PER LA SIMULAZIONE DI INTERVENTI IN LAPAROSCOPIA</b>
--

## DISPOSITIVO DI INPUT PER LA SIMULAZIONE DI INTERVENTI IN LAPAROSCOPIA.

A nome della ditta BBZ S.R.L. - Via Dante Alighieri, 27 – 37068 VIGASIO (VR).

### 5 DESCRIZIONE

L'invenzione concerne un dispositivo di input per la simulazione di interventi in laparoscopia che consente di tracciare i movimenti e di misurare gli spostamenti di strumenti laparoscopici reali o simulati durante una procedura chirurgica in un ambiente reale oppure  
10 simulato.

Il dispositivo dell'invenzione risulta particolarmente adatto per addestrare i chirurghi all'uso degli strumenti laparoscopici ed all'applicazione delle relative tecniche di intervento in laparoscopia per operare in ambiente reale oppure virtuale.

15 Come è noto la laparoscopia è una tecnica chirurgica che consente di esaminare e di intervenire su organi oppure su tessuti all'interno della cavità addominale, utilizzando uno o più strumenti laparoscopici che vengono introdotti nel corpo del paziente.

Lo strumento laparoscopico viene introdotto nel corpo del paziente  
20 attraverso un dispositivo medico che nel linguaggio del settore è denominato "porta" oppure più comunemente "trocar" e che comprende un corpo tubolare a sviluppo prevalentemente longitudinale avente un'estremità appuntita che serve per forare l'addome del paziente nella zona di intervento.

25 L'addestramento dei chirurghi avviene in ambienti di addestramento reali utilizzando strumenti reali oppure in ambienti di addestramento virtuali impiegando appositi strumenti di input; in entrambi i casi è comunque presente una struttura che svolge la funzione di "trocar" per l'inserimento dello strumento laparoscopico reale oppure  
30 simulato.

Il trocar viene mantenuto in posizione sostanzialmente fissa ma orientabile nello spazio ed attraverso di esso viene inserita un'asta provvista di una impugnatura che la persona in addestramento utilizza per muovere l'asta in modo che la sua estremità libera,  
5 opposta all'impugnatura, interagisca con uno scenario reale oppure virtuale che simula l'ambiente dell'intervento chirurgico.

Se l'ambiente dell'intervento chirurgico è reale esso viene inquadrato da una telecamera.

Se viceversa l'ambiente dell'intervento chirurgico è virtuale esso  
10 viene calcolato dall'elaboratore.

In entrambi i casi l'ambiente chirurgico viene proiettato su di uno schermo.

Durante l'addestramento tutti gli spostamenti dell'estremità dell'asta vengono tracciati e memorizzati da un sistema informatico.

15 E' noto che sul mercato delle attrezzature sanitarie sono disponibili molteplici dispositivi di input che consentono di simulare interventi in laparoscopia per l'addestramento dei chirurghi.

Secondo una prima tipologia realizzativa sono noti dispositivi di input comprendenti un manipolo provvisto di una impugnatura collegata ad  
20 un'asta provvista di una maniglia di manovra ed inserita passante in un corpo di giunzione alloggiato e fissato stabilmente in una sede appartenente ad una struttura di supporto.

Il corpo di giunzione svolge la funzione di trocar poiché consente lo spostamento assiale ed anche l'articolazione dell'asta.

25 Muovendo opportunamente la maniglia di manovra l'asta può quindi essere spostata linearmente in entrambi i versi lungo l'asse longitudinale che la definisce, può essere ruotata attorno al suddetto asse longitudinale ed anche articolata nello spazio con riferimento ad un punto fisso definito dal corpo di giunzione.

30 Tramite appositi sensori, ad esempio un potenziometro lineare che

rileva lo spostamento lineare dell'asta in avanzamento ed in arretramento, un encoder che ne rileva la rotazione rispetto al proprio asse longitudinale oppure polsi sferici con encoder, il sistema informatico del dispositivo di input, che coopera operativamente con i  
5 sensori, memorizza le coordinate delle differenti posizioni che l'estremità dell'asta assume nello spazio.

In questo modo è possibile monitorare la posizione ed il movimento dell'estremità dell'asta e quindi misurare i movimenti dell'estremità dell'asta oppure rilevare la posizione ed il movimento di uno  
10 strumento chirurgico ad essa associato, con riferimento allo scenario di realtà virtuale oppure reale riprodotto su di uno schermo che rappresenta l'ambiente virtuale o reale dell'intervento chirurgico in laparoscopia.

In un'altra differente tipologia realizzativa il dispositivo di input  
15 comprende anche in questo caso un'asta provvista di una maniglia di manovra ma differisce dal dispositivo precedentemente descritto per il fatto che l'asta è inserita passante attraverso un giunto sferico che svolge la funzione di trocar e che comprende un corpo sferico girevolmente alloggiato in una sede sferica appartenente ad una  
20 struttura fissa di supporto del dispositivo di input.

Anche in questo caso appositi sensori consentono di individuare le differenti posizioni dell'estremità dell'asta e quindi di misurare ed eventualmente simulare le posizioni ed i movimenti dello strumento  
chirurgico che viene ad essa associato.

25 Entrambe le tipologie di dispositivi di input descritti presentano però una serie di riconosciuti inconvenienti.

Un primo inconveniente deriva dal fatto che i noti dispositivi sopra brevemente descritti presentano una meccanica notevolmente complessa e riconosciute difficoltà realizzative che riguardano  
30 soprattutto la realizzazione di efficienti ed affidabili accoppiamenti tra

le parti in reciproco movimento.

Queste difficoltà meccaniche nel realizzare accoppiamenti efficienti ed affidabili si riscontra anche nel fatto che gli spostamenti che l'operatore impone all'asta durante l'inserimento/estrazione nel/dal  
5 trocar non avvengono sempre con movimento uniforme.

Di conseguenza si riscontra l'inconveniente che i sensori, solitamente un potenziometro lineare, non forniscono valori affidabili degli spostamenti dell'asta.

Inoltre i dispositivi di input del tipo descritto aventi il trocar costituito  
10 da un giunto sferico, presentano l'inconveniente che la misurazione della rotazione dell'asta attorno al proprio asse viene misurata in modo indiretto sulla base del rilevamento della rotazione del corpo sferico nella sua sede che viene effettuato mediante marker ottici presenti sulla superficie dello stesso corpo sferico.

15 Trattandosi quindi di una misurazione indiretta, l'esattezza del valore rilevato non è garantita .

La presente invenzione intende superare gli inconvenienti lamentati.

E' quindi un primo scopo della presente invenzione di realizzare un  
20 dispositivo di input per la simulazione di interventi chirurgici in laparoscopia in ambiente virtuale o reale che presenti un costo di costruzione significativamente inferiore rispetto al costo di costruzione di dispositivi di input dell'arte nota ad esso equivalenti.

E' un altro scopo che il dispositivo di input dell'invenzione presenti  
25 una meccanica più semplice rispetto a dispositivi di input dell'arte nota ad esso equivalenti.

E' un ulteriore scopo che il dispositivo di input dell'invenzione sia anche di più semplice impiego e richieda manutenzione inferiore rispetto a dispositivi di input dell'arte nota ad esso equivalenti

Gli scopi elencati sono raggiunti da un dispositivo di input avente le  
30 caratteristiche secondo la rivendicazione principale alla quale si farà

riferimento.

Altre caratteristiche del dispositivo dell'invenzione sono descritte nelle rivendicazioni dipendenti.

Vantaggiosamente il dispositivo di input dell'invenzione, in  
5 considerazione del suo minor costo di realizzazione, potrà essere offerto sul mercato ad un prezzo più vantaggioso rispetto ai dispositivi dell'arte nota e potrà quindi soddisfare un'utenza più vasta.

Ancora vantaggiosamente l'invenzione offre all'utilizzatore la  
10 possibilità di disporre di un dispositivo che ad un minor costo rispetto a dispositivi equivalenti, associa una precisione di funzionamento a questi paragonabile e comunque assolutamente adeguata al raggiungimento degli scopi per i quali questi dispositivi sono impiegati.

Gli scopi e vantaggi citati verranno meglio evidenziati durante la  
15 descrizione di una preferita forma di esecuzione del dispositivo di input dell'invenzione che viene data qui di seguito facendo riferimento alle allegate tavole di disegno nelle quali:

- la fig. 1 rappresenta una vista assonometrica e parzialmente sezionata del dispositivo dell'invenzione;
- 20 - la fig. 2 rappresenta una sezione longitudinale di fig. 1;
- la fig. 3 rappresenta una vista parziale di fig. 1;
- la fig. 4 rappresenta una vista in sezione longitudinale di un particolare del dispositivo dell'invenzione rappresentato nelle figure 1 e 3;
- 25 - le figg. da 5 a 7 rappresentano differenti viste di un particolare del dispositivo dell'invenzione;

Il dispositivo di input per la simulazione di interventi in laparoscopia oggetto dell'invenzione è rappresentato nelle viste assonometriche delle figure 1 e 2 ove è indicato complessivamente con **1**.

30 Inoltre elementi particolari del dispositivo di input dell'invenzione

sono rappresentati nelle figure da 3 a 7.

Al seguito, per semplicità descrittiva, il dispositivo di input **1** dell'invenzione verrà indicato semplicemente con la parola dispositivo **1**.

5 Precisiamo, come già si è in precedenza detto, che il dispositivo **1** dell'invenzione viene utilizzato per addestrare i chirurghi all'uso degli strumenti laparoscopici ed all'applicazione delle relative tecniche di intervento in laparoscopia.

In particolare il dispositivo **1** dell'invenzione può essere impiegato per  
10 addestrare i chirurghi in ambienti di addestramento reali utilizzando strumenti reali oppure in ambienti di addestramento virtuali utilizzando appositi strumenti di input.

In entrambi i casi è presente una struttura disposta in posizione sostanzialmente fissa ma orientabile nello spazio che svolge la  
15 funzione di "trocar" per l'inserimento dello strumento laparoscopico reale oppure simulato.

Se l'ambiente dell'intervento chirurgico è reale esso viene inquadrato da una telecamera e se viceversa è virtuale viene calcolato dall'elaboratore; in entrambi i casi l'ambiente chirurgico in cui si  
20 svolge l'intervento viene proiettato su di uno schermo.

Con riferimento alle figure sopra citate si descrive al seguito la preferita forma esecutiva del dispositivo **1** dell'invenzione che comprende due manipoli **2** che si ossevano nelle figure 1 e 2 e che vengono impugnati entrambi contemporaneamente dall'utilizzatore  
25 per simulare interventi chirurgici in laparoscopia.

Questa forma esecutiva è quindi quella preferita per l'attività di apprendimento e simulazione degli interventi.

Nulla impedisce però che in una differente forma esecutiva, non rappresentata, il dispositivo **1** dell'invenzione possa essere realizzato  
30 in una versione che prevede la presenza e l'impiego di un solo

manipolo **2** oppure di più di due manipoli che richiedono in questo caso l'intervento di due operatori.

Si osserva in particolare nelle figure da 1 a 3 che ciascun manipolo **2**, rappresentato anche nella sezione longitudinale di fig. 4, comprende  
5 un'asta **3** che individua una direzione longitudinale **K** e che costituisce il dispositivo di input la cui estremità **3a** simula uno strumento laparoscopico che viene spostato nelle varie zone dell'intervento chirurgico.

Nelle viste rappresentate il dispositivo **1** dell'invenzione simula  
10 l'intervento in ambiente virtuale e realizza il tracciamento delle posizioni dell'estremità **3a** dell'asta **3** che vengono memorizzate e proiettate su uno schermo.

Diversamente associando all'estremità **3a** dell'asta **3** uno strumento chirurgico reale, si realizza una simulazione in ambiente reale che  
15 viene ripreso da una telecamera e visualizzato su uno schermo.

L'asta **3** è anche provvista di un'impugnatura **4** manovrabile dall'operatore e comprende un corpo (4c) provvisto di un braccio fisso **4a** applicato all' asta **3**.

Preferibilmente, ma non necessariamente, l'impugnatura **4** comprende  
20 anche un braccio mobile **13** che è girevolmente imperniato in modo elastico al corpo **4c** dell'impugnatura **4** ed è articolabile a compasso rispetto al braccio fisso **4a**.

Questa preferibile configurazione esecutiva permette di manovrare uno strumento chirurgico reale, ad esempio una pinza oppure un paio  
25 di forbici applicate all'estremità **3a** dell'asta **3** e rilevarne l'angolo di apertura.

Preferibilmente, ma non necessariamente, il manipolo **2** comprende anche una ghiera anulare **12** posta a valle del corpo **4c** dell'impugnatura **4**, accoppiata coassialmente all'esterno dell'asta **3** e  
30 folle rispetto all'asta **3** ed anche rispetto all'impugnatura **4**.

Il dispositivo **1** comprende anche due trocar **5** che si osservano nelle figure 1 e 2, ciascuno dei quali è provvisto un foro passante **6** che svolge la funzione di guida dell'asta **3**.

Costruttivamente il trocar **5** può essere un trocar tubolare di tipo noto  
5 oppure potrebbe anche essere costituito da un qualsiasi corpo solido comunque configurato.

Nella preferita forma esecutiva che viene qui descritta, ogni trocar **5** presenta la forma di una palla ed al seguito verrà infatti indicato con il termine palla-trocar **5**.

10 Resta comunque inteso che il trocar **5** potrà assumere una qualsiasi forma.

Il foro passante **6** individua un asse longitudinale **Z** e nel foro passante **6** viene inserita l'asta **3** la cui direzione longitudinale **K** coincide con l'asse longitudinale **Z** del foro passante **6**.

15 Nella forma esecutiva che si descrive e come si osserva in fig. 5 l'asse longitudinale **Z** coincide con l'asse di simmetria della palla-trocar **5**.

In altre forme esecutive l'asse longitudinale **Z** potrebbe non essere coincidente con l'asse di simmetria della palla-trocar **5**.

20 Il dispositivo **1** comprende anche un telaio di supporto **7** provvisto di due sedi **8** ciascuna delle quali accoglie una palla-trocar **5** la quale, come verrà descritto più dettagliatamente al seguito, viene mossa in modo controllato nello spazio dall'operatore che manovrando l'impugnatura **4**, sposta l'asta **3**.

25 Infine il dispositivo **1** comprende anche mezzi sensori che sono configurati per controllare i movimenti:

- del braccio mobile **13** di ciascuna impugnatura **4** rispetto al braccio fisso **4a**;
- di ciascuna palla-trocar **5**;
- 30 - di ciascuna asta **3**.

Secondo l'invenzione il dispositivo **1** comprendere mezzi elastici **9** che vincolano in modo stabile ciascuna palla-trocar **5** al bordo perimetrale interno **10** della rispettiva sede **8** e che sono configurati per:

- 5 - impedire la rotazione di ciascuna palla-trocar **5** secondo l'asse longitudinale **Z**;
- consentire la rotazione di ciascuna palla-trocar **5** per orientare l'asse longitudinale **Z** rispetto al piano **7a** del telaio di supporto **7** con riferimento ad una terna di assi di riferimento **x, y, z** avente  
10 l'origine **O** coincidente con il centro della palla-trocar **5** e comprendente un primo asse=**x** ed un secondo asse **y** appartenenti ad un piano che interseca l'asse longitudinale **Z** ed un terzo asse=**z** che coincide con l'asse longitudinale **Z** della palla-trocar **5**.

Secondo la particolare ma non esclusiva forma esecutiva che si  
15 descrive, l'asse longitudinale **Z** coincide con l'asse di simmetria della palla-trocar **5**, è ortogonale al suo piano diametrale **5d** e la terna di assi di riferimento **x, y, z** è una terna di assi cartesiani.

Sono comunque possibili anche altre forme esecutive in cui l'asse  
longitudinale **Z** non coincide con l'asse di simmetria della palla-trocar  
20 **5**, non è ortogonale al suo piano diametrale **5d** e la terna di assi di riferimento **x, y, z** non è una terna di assi cartesiani.

Per quanto concerne i mezzi elastici **9** si osserva particolarmente  
nelle figure che essi comprendono una pluralità di tiranti elastici **11** a  
sviluppo prevalentemente longitudinale, ciascuno dei quali presenta  
25 la prima estremità **11a** vincolata a primi mezzi di vincolo **5a** presenti sulla superficie esterna della rispettiva palla-trocar **5** e la seconda estremità **11b** vincolata a secondi mezzi di vincolo **10b** presenti lungo il bordo perimetrale interno **10** della sede **8**.

Inoltre i primi mezzi di vincolo **5a** sono disposti ad uguale distanza  
30 uno dall'altro lungo la circonferenza diametrale **5e** della palla-trocar **5**

ed in modo analogo i secondi mezzi di vincolo **10b** sono disposti ad uguale distanza uno dall'altro lungo il bordo perimetrale **10** della sede **8**.

5 Secondo altre forme esecutive i primi mezzi di vincolo **5a** ed i secondi mezzi di vincolo **10b** possono essere disposti a distanze differenti uno dall'altro.

Preferibilmente i tiranti elastici **11** possono essere disposti secondo una qualsiasi configurazione ma preferibilmente sono disposti secondo una configurazione che in pianta presenta una forma  
10 simmetrica.

A titolo di esempio nella forma esecutiva che si descrive i tiranti elastici **11** sono disposti complanari al piano diametrale **5d** e secondo secondo la configurazione a forma di esagono regolare che si osserva nella figura 1 e nella figura 6.

15 Dal punto di vista costruttivo i tiranti elastici **11** possono essere formati da elementi filiformi in elastomero oppure da molle o da membrane elastiche variamente configurate.

Comunque, indipendentemente dalla loro forma esecutiva, i tiranti elastici **11** conferiscono alla palla-trocar **5** una elasticità che imita in  
20 modo realistico il comportamento dei tessuti del paziente.

Inoltre i tiranti elastici pur conferendo elasticità alla palla-trocar **5** che essi supportano, impediscono alla palla-trocar **5** di ruotare secondo l'asse longitudinale **Z**.

La palla-trocar **5** svolge la funzione di guidare l'asta **3** e quindi, come  
25 detto in precedenza, potrebbe assumere la forma di un qualsiasi trocar tubolare di tipo noto oppure potrebbe anche essere costituita da un qualsiasi corpo solido comunque configurato.

Nella preferita forma esecutiva che viene qui descritta, ogni palla-trocar **5**, con particolare riferimento alla figure 5 e 6, presenta la  
30 forma di un segmento sferico **5b** definito da un piano diametrale **5d**

sul quale giacciono i mezzi elastici **9** e da due basi **5c** parallele tra loro, inclinate e simmetricamente disposte da parti opposte del piano diametrale **5d**.

Si osserva che il foro passante **6** è ortogonale alle basi **5c**, ed è  
5 inclinato rispetto al piano diametrale **5d** sul quale giacciono i mezzi elastici **9**.

Inoltre l'asse longitudinale **Z** definito dal foro passante **6** è ortogonale al piano diametrale **5d** parallelo alle basi **5c** e costituisce quindi l'asse di simmetria del segmento sferico **5b** nel quale l'origine **O** della  
10 terna di assi **x**, **y**, **z** appartiene al suddetto asse longitudinale **Z** e coincide con il centro della palla-trocar **5**.

Per quanto riguarda i movimenti dell'asta **3** essi comprendono:

- un movimento di rotazione **20** dell'asta **3** attorno alla direzione longitudinale **K** definita dalla stessa asta **3**;
- 15 - un movimento di traslazione **30** per l'inserimento e l'estrazione dell'asta **3** nel foro passante **6** della palla-trocar **5** secondo l'asse longitudinale **Z** coincidente con il terzo asse **z**;
- un movimento di rollio **40** dell'asta **3** attorno a detta direzione longitudinale (**K**) definita da detta stessa asta (**3**).

20 E' opportuno precisare che il movimento di rotazione **20** dell'asta **3** può anche essere ottenuto tramite la rotazione dell'impugnatura **4** oppure della ghiera **12**, se questa è fissata all'asta **3**, simulando in questo modo una situazione reale di impiego di uno strumento reale.

Se viceversa, come nella forma esecutiva che si descrive, la ghiera  
25 **12** è folle sia rispetto all'impugnatura **4** e sia rispetto all'asta **3**, la sua rotazione, che viene rilevata dai sensori, viene interpretata dal software di simulazione come la rotazione dello strumento chirurgico simulato applicato all'estremità **3a** dell'asta **3** e va aggiunta alla rotazione dell'asta **3** stessa.

30 Per quanto riguarda invece i movimenti della palla-trocar **5** essi sono

rappresentati nella figura 7 e comprendono:

- un movimento di imbardata **50** al quale corrisponde la rotazione dell'asta **3** nel piano definito dal primo asse **x** e dall'asse longitudinale **Z** coincidente con il terzo asse **z**;
- 5 - un movimento di beccheggio **60** al quale corrisponde la rotazione dell'asta **3** nel piano definito dal secondo asse **y** e dall'asse longitudinale **Z** coincidente con il terzo asse **z**.

I movimenti dell'asta **3** e della palla-trocar **5** sono rilevati da mezzi sensori che verranno meglio specificati e descritti al seguito.

- 10 Inoltre ciascun movimento della palla-trocar **5** con associata l'asta **3** per orientare l'asse longitudinale **Z** rispetto al piano **7a** del telaio di supporto **7**, viene definito dalla composizione di un movimento di imbardata **50** con un movimento di beccheggio **60** ed avviene quando un operatore manovra l'impugnatura **4** e ruota la palla-trocar **5**
- 15 mediante l'asta **3** inserita all'interno del foro passante **6**.

Sostanzialmente l'asta **3** e la rispettiva palla-trocar **5** definiscono una struttura cinematica polare avente il polo **O'** che coincide con l'origine **O** della già citata terna di assi **x**, **y**, **z** e con il centro della palla-trocar **5**.

- 20 Per quanto riguarda i mezzi sensori essi comprendono primi mezzi sensori **70** che sono rappresentati complessivamente nelle figure 1 e 4 e sono configurati per rilevare il valore dell'angolo di rotazione  $\alpha$  del braccio mobile **13** dell'impugnatura **4** rispetto al braccio fisso **4a**.

- Particolarmente si osserva che i primi mezzi sensori **70** comprendono
- 25 un magnetometro **71** appartenente ad una piattaforma inerziale **200** alloggiata nel corpo **4c** dell'impugnatura **4** e operativamente connesso ad un magnete cilindrico **72** con polarizzazione assiale nord - sud, anch'esso alloggiato nel corpo **4c** dell'impugnatura **4**, posto a contatto con il braccio mobile **13** e scorrevole assialmente all'interno di un
- 30 anello magnetico fisso **73** con polarizzazione assiale nord - sud.

Il magnetometro **71** determina la posizione del magnete cilindrico **72** che risulta proporzionale all'angolo di rotazione  $\alpha$  del braccio mobile **13** dell'impugnatura **4** rispetto al braccio fisso **4a**.

In questo modo dal rilevamento dell'angolo di rotazione  $\alpha$  è possibile  
5 determinare lo spostamento di uno strumento laparoscopico applicato all'estremità **3a** dell'asta **3**, ad esempio, l'angolo di apertura delle chele di una pinza oppure di un paio di forbici.

Vantaggiosamente l'anello magnetico fisso **73** funge da boccia di scorrimento del magnete cilindrico **72** ed il sostentamento magnetico  
10 che si genera tra magnete cilindrico **72** e anello magnetico **73** consente di guidare il movimento di traslazione del magnete cilindrico **72** in assenza di sostanziale attrito.

In modo altrettanto vantaggioso la uguale polarizzazione magnetica dell'anello magnetico **73** e del magnete cilindrico **72** consente  
15 l'ulteriore vantaggio di riportare in modo spontaneo il magnete cilindrico **72** e l'anello magnetico **73** sempre nella posizione di equilibrio e senza la necessità di prevedere l'utilizzo di molle di richiamo quando cessa l'azione di spostamento del magnete cilindrico **72** da parte del braccio mobile **13**.

I mezzi sensori comprendono anche secondi mezzi sensori **80** che  
20 sono configurati per rilevare il movimento di rotazione **20** dell'asta **3** attorno alla direzione longitudinale **K** definita dall'asta **3** stessa.

I suddetti secondi mezzi sensori **80** si osservano nelle figure 1 e 4 e comprendono un magnetometro **81**, appartenente alla medesima  
25 piattaforma inerziale **200** contenuta nel corpo **4c** dell'impugnatura **4**, il quale è operativamente connesso ad una coppia di magneti **82** che sono associati alla ghiera anulare **12** e sono posizionati in modo da attrarsi reciprocamente.

La ghiera anulare **12** che come si è detto è folle e coassiale  
30 esternamente all'asta **3**, quando viene posta in rotazione consente di

simulare la rotazione dell'asta **3** attorno se stessa e quindi secondo la direzione longitudinale **K** che essa stessa definisce.

I mezzi sensori comprendono anche terzi mezzi sensori **90** che sono configurati per rilevare il movimento di traslazione **30** per  
5 l'inserimento e l'estrazione dell'asta **3** nel foro passante **6** della palla-trocar **5** secondo l'asse longitudinale **Z**.

I suddetti terzi mezzi sensori **90**, secondo una possibile e non esclusiva forma esecutiva che si osserva nelle figg. 1 e 4, comprendono un magnetometro **91** posto all'interno della palla-trocar  
10 **5** ed operativamente connesso ad una riga magnetica **92** formata all'interno dell'asta **3** da una pluralità di magneti **93** disposti allineati ed intervallati uno dall'altro mediante spaziatori amagnetici **94**.

Sono comunque possibili varianti esecutive che prevedono l'uso di righe magnetiche di differente realizzazione,

15 Secondo una variante esecutiva rappresentata nella fig. 2, si osserva che i terzi mezzi sensori **90'** comprendono un trackball **95** alloggiato nella palla-trocar **5** ed avente la sfera **96** posta a contatto con l'asta **3** che viene messa in rotazione dall'asta **3** stessa quando questa viene inserita o estratta nel/dal foro passante **6**.

20 In questa variante esecutiva l'asta **3** non sarà provvista di magneti.

I mezzi sensori comprendono anche quarti mezzi sensori **100** che sono configurati per rilevare il movimento di rollio **40** dell'asta **3** attorno alla direzione longitudinale **K** definita dalla stessa asta **3**.

I suddetti quarti mezzi sensori **100** si osservano nelle figure 1 e 4 e  
25 comprendono un accelerometro **101** ed un giroscopio **102** appartenenti alla medesima piattaforma inerziale **200** contenuta nel corpo **4c** dell'impugnatura **4**.

Secondo una variante esecutiva un potenziometro o un encoder, non rappresentato nelle figure e contenuto nel corpo **4c** dell'impugnatura  
30 **4**, può essere utilizzato in sostituzione dei secondi mezzi sensori **80**

comprendenti il magnetometro **81** e la coppia di magneti **82**.

Secondo un'ulteriore variante esecutiva un potenziometro o un encoder, non rappresentato nelle figure e contenuto nel corpo **4c** dell'impugnatura **4**, può essere utilizzato in sostituzione dei primi  
5 mezzi sensori **70** comprendenti il magnetometro **71** ed il magnete cilindrico **72**.

I mezzi sensori comprendono anche quinti mezzi sensori **110** che sono configurati per rilevare il movimento-rotazione della palla-trocar **5** per orientare l'asse longitudinale **Z** della palla-trocar **5** rispetto al  
10 piano **7a** del telaio di supporto **7**.

Preferibilmente ma non esclusivamente i quinti mezzi sensori **110** comprendendo un accelerometro **111** associato alla palla-trocar **5**.

In una variante esecutiva, non rappresentata nelle figure, i quinti mezzi sensori comprendendo un magnetometro associato alla palla-  
15 trocar **5** ed operativamente connesso con un magnete associato al piano **7a** del telaio di supporto **7**.

Secondo una forma esecutiva alternativa il magnetometro potrebbe essere solidale al telaio **7** ed il magnete potrebbe essere associato alla palla- trocar **5**.

20 Operativamente l'operatore in addestramento utilizza il dispositivo **1** dell'invenzione ed interagisce con uno scenario di realtà virtuale reale oppure virtuale che viene proiettato su uno schermo e nel quale si visualizza l'ambiente dell'intervento reale o virtuale.

L'operatore tramite l'impugnatura **4** manovra l'asta **3** e la palla-trocar  
25 **5** ed esegue i movimenti che sono stati in precedenza descritti in modo da spostare l'estremità **3a** dell'asta **3** che simula lo strumento laparoscopico, nelle varie zone dell'ambiente reale o virtuale dell'intervento chirurgico.

Il controllo dei movimenti, il tracciamento delle posizioni dell'estremità  
30 **3a** dell'asta **3** e la memorizzazione dei dati raccolti sono affidati a

mezzi informatici che comprendono mezzi di memoria nei quali è memorizzato un programma informatico e ad almeno un microprocessore che esegue il suddetto programma informatico.

In base a quanto descritto il dispositivo di input **1** dell'invenzione  
5 raggiunge gli scopi ed i vantaggi prefissati.

Innanzitutto è raggiunto lo scopo di realizzare un dispositivo di input per la simulazione di interventi chirurgici in laparoscopia che presenta un costo di realizzazione significativamente inferiore rispetto al costo di realizzazione di dispositivi di input dell'arte nota ad esso  
10 equivalenti.

Infatti applicando l'insegnamento dell'invenzione di realizzare la palla-trocar **5** sostenuta e vincolata dai tiranti elastici **11** all'interno della sede **8** che la accoglie, viene sensibilmente ridotto il numero di componenti meccanici in reciproco movimento a vantaggio di una  
15 minore complessità costruttiva, di una minore difficoltà di assemblaggio ed anche di una minore usura del dispositivo **1** dell'invenzione rispetto a dispositivi equivalenti dell'arte nota.

Vantaggiosamente questo comporta come conseguenza anche un minore costo di fabbricazione.

20 Inoltre la sostituzione di componenti meccanici con elementi elastici assicura anche minore necessità di interventi di riparazione e/o di manutenzione.

Vantaggiosamente e differentemente dall'arte nota, i tiranti elastici **11** conferiscono alla palla-trocar **5** una elasticità che imita in modo  
25 realistico il comportamento dei tessuti del paziente.

In fase esecutiva al dispositivo dell'invenzione potranno essere apportate modifiche e varianti non rappresentate e non descritte del presente documento brevettuale.

Comunque, qualora le suddette modifiche e varianti dovessero  
30 rientrare nel contenuto delle rivendicazioni che seguono, esse si

dovranno senz'altro ritenere protette dal presente brevetto.

5

10

15

20

25

30

## RIVENDICAZIONI

1) Dispositivo di input (1) per la simulazione di interventi in laparoscopia in ambiente reale o virtuale comprendente:

- almeno un manipolo (2) che comprende:

- 5
- un'asta (3) individuante una direzione longitudinale (K) ed avente l'estremità (3a) atta a simulare uno strumento laparoscopico;
  - un'impugnatura (4) manovrabile da un operatore e comprendente un corpo (4c) provvisto di un braccio fisso (4a) applicato a detta asta (3);

- 10
- almeno un trocar (5) provvisto di un foro passante (6) il cui asse longitudinale (Z) individua l'asse longitudinale di detto trocar (5) e nel quale è inserita detta asta (3) la cui direzione longitudinale (K) coincide con detto asse longitudinale (Z) di detto foro passante (6);

- 15
- un telaio di supporto (7) provvisto di almeno una sede (8) che accoglie detto trocar (5);

- mezzi sensori (70, 80, 90, 90', 100, 110) configurati per controllare i movimenti di detto trocar (5) e di detta asta (3),

**caratterizzato dal fatto** di comprendere mezzi elastici (9) che vincolano in modo stabile detto trocar (5) all'interno della rispettiva sede (8), detti mezzi elastici (9) essendo configurati per:

20

- impedire la rotazione di detto trocar (5) secondo detto asse longitudinale (Z);

- 25
- consentire la rotazione di detto trocar (5) per orientare detto asse longitudinale (Z) rispetto al piano (7a) di detto telaio di supporto (7) con riferimento ad una terna di assi di riferimento (x, y, z) avente l'origine (O) coincidente con il centro di detto trocar (5) e comprendente un primo asse (x) ed un secondo asse (y) appartenenti ad un piano che interseca detto asse longitudinale (Z) ed un terzo asse (z) coincidente con detto asse longitudinale (Z) di detto trocar (5).
- 30

2) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 1 **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi elastici (9) comprendono una pluralità di tiranti elastici (11) a sviluppo prevalentemente longitudinale, ciascuno di detti tiranti elastici (11) presentando la prima estremità (11a) fissata a primi mezzi di vincolo (5a) presenti sulla superficie esterna di detto trocar (5) e la seconda estremità (11b) fissata a secondi mezzi di vincolo (10b) presenti lungo detto bordo perimetrale interno (10) di detta sede (8).

3) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** che detta impugnatura (4) comprende anche un braccio mobile (13) girevolmente imperniato in modo elastico a detto corpo (4c) di detta impugnatura (4) e mobile a compasso rispetto a detto braccio fisso (4a).

4) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** di comprendere una ghiera anulare (12) posta a valle di detto corpo (4c) di detta impugnatura (4) ed accoppiata coassialmente all'esterno di detta asta (3).

5) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** che detti movimenti di detta asta (3) comprendono:

- un movimento di rotazione (20) di detta asta (3) attorno a detta direzione longitudinale (K) di detta asta (3);
- un movimento di traslazione (30) per l'inserimento e l'estrazione di detta asta (3) in detto foro passante (6) di detto trocar (5) secondo detto asse longitudinale (Z) coincidente con detto terzo asse (z);
- un movimento di rollio (40) di detta asta (3) attorno a detta direzione longitudinale (K) definita da detta stessa asta (3)

e detti movimenti di detto trocar (5) comprendono:

- un movimento di imbardata (50) al quale corrisponde la rotazione di detta asta (3) nel piano definito da detto asse longitudinale (Z) e

da detto primo asse (x),  
- un movimento di beccheggio (60) al quale corrisponde la rotazione di detta asta (3) nel piano definito da detto asse longitudinale (Z) e da detto secondo asse (y),  
5 detti movimenti di detta asta (3) e di detto trocar (5) essendo rilevati da detti mezzi sensori.

6) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 5 **caratterizzato dal fatto** che ciascun movimento di detto trocar (5) con associata detta asta (3) per orientare detto asse longitudinale (Z) rispetto a detto  
10 piano (7a) di detto telaio di supporto (7) è definito dalla composizione di un movimento di imbardata (50) con un movimento di beccheggio (60).

7) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** che detta asta (3) e detto trocar  
15 (5) definiscono una struttura cinematica polare avente il polo (O') che coincide con detta origine (O) di detta terna di assi di riferimento (x, y, z) e con il centro di detto trocar (5).

8) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti da 3 a 7 **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi sensori  
20 comprendono primi mezzi sensori (70) che sono configurati per rilevare il valore dell'angolo di rotazione ( $\alpha$ ) di detto braccio mobile (13) rispetto a detto braccio fisso (4a), detti primi mezzi sensori (70) comprendono un magnetometro (71) appartenente ad una piattaforma inerziale (200) alloggiata nel corpo (4c) di detta impugnatura (4) ed  
25 operativamente connesso ad un magnete cilindrico (72), anch'esso alloggiato nel corpo (4c) di detta impugnatura (4), posto a contatto con detto braccio mobile (13) e scorrevole assialmente all'interno di un anello magnetico fisso (73).

9) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da  
30 4 a 8 **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi sensori comprendono

anche secondi mezzi sensori (80) configurati per rilevare detto movimento di rotazione (20) di detta asta (3) attorno a detta direzione longitudinale (K) definita da detta asta (3), detti secondi mezzi sensori (80) comprendono un magnetometro (81), appartenente ad  
5 una piattaforma inerziale (200) contenuta nel corpo (4c) di detta impugnatura (4), operativamente connesso ad una coppia di magneti (82) associati a detta ghiera anulare (12) e posizionati in modo da attrarsi reciprocamente.

10 10) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 3 oppure 4 oppure 8 **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi sensori comprendono anche terzi mezzi sensori (90; 90') che sono configurati per rilevare detto movimento di traslazione (30) per l'inserimento e l'estrazione di detta asta (3) in/da detto foro passante (6) di detto trocar (5) secondo detto asse longitudinale (Z).

15 11) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 10 **caratterizzato dal fatto** che detti terzi mezzi sensori (90) comprendono un magnetometro (91) posto all'interno di detto trocar (5) ed operativamente connesso ad una riga magnetica (92) formata all'interno di detta asta (3) da una pluralità di magneti (93) disposti  
20 allineati ed intervallati uno dall'altro mediante spaziatori amagnetici (94).

25 12) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 10 **caratterizzato dal fatto** che detti terzi mezzi sensori (90') comprendono un trackball (95) alloggiato in detto trocar (5) ed avente la sfera (96) posta a contatto con detta asta (3).

30 13) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 3 oppure 4 oppure da 8 a 11 **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi sensori comprendono anche quarti mezzi sensori (100) che sono configurati per rilevare detto movimento di rollio (40) di detta asta (3) attorno a detta direzione longitudinale (K) definita da detta stessa

asta (3).

14) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 13 **caratterizzato dal fatto** che detti quarti mezzi sensori (100) comprendendo un accelerometro (101) ed un giroscopio (102) che appartengono ad una  
5 piattaforma inerziale (200) alloggiata nel corpo (4c) di detta impugnatura (4).

15) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 3 oppure 4 oppure da 8 a 15 **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi sensori comprendono anche quinti mezzi sensori (110) che sono  
10 configurati per rilevare detto movimento di detto trocar (5) per l'orientamento di detto asse longitudinale (Z) di detto trocar (5) rispetto al piano (7a) di detto telaio di supporto (7).

16) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 15 **caratterizzato dal fatto** che detti quinti mezzi sensori (110) comprendendo un  
15 accelerometro (111) associato a detto trocar (5).

17) Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 15 **caratterizzato dal fatto** che detti quinti mezzi sensori comprendendo un magnetometro associato a detto trocar (5), operativamente connesso ad un magnete associato a detto piano (7a) di detto telaio di supporto  
20 (7).

18) Dispositivo (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** che detto trocar (5) è una palla-trocar (5) che presenta la forma di un segmento sferico (5b) definito da almeno un piano diametrale (5d) al quale appartengono detti primo  
25 asse (x) e detto secondo asse (y) di detta terna di assi di riferimento (x, y, z) e da due basi (5c) parallele e simmetricamente disposte da parti opposte di detto piano diametrale (5d), in detta palla-trocar (5) detto foro passante (6) interseca dette basi (5c) e detto piano diametrale (5d) e detto asse longitudinale (Z) coincide con detto terzo  
30 asse (z) di detta terna di assi di riferimento (x, y, z).

Per incarico.

5

10

15

20

25

30

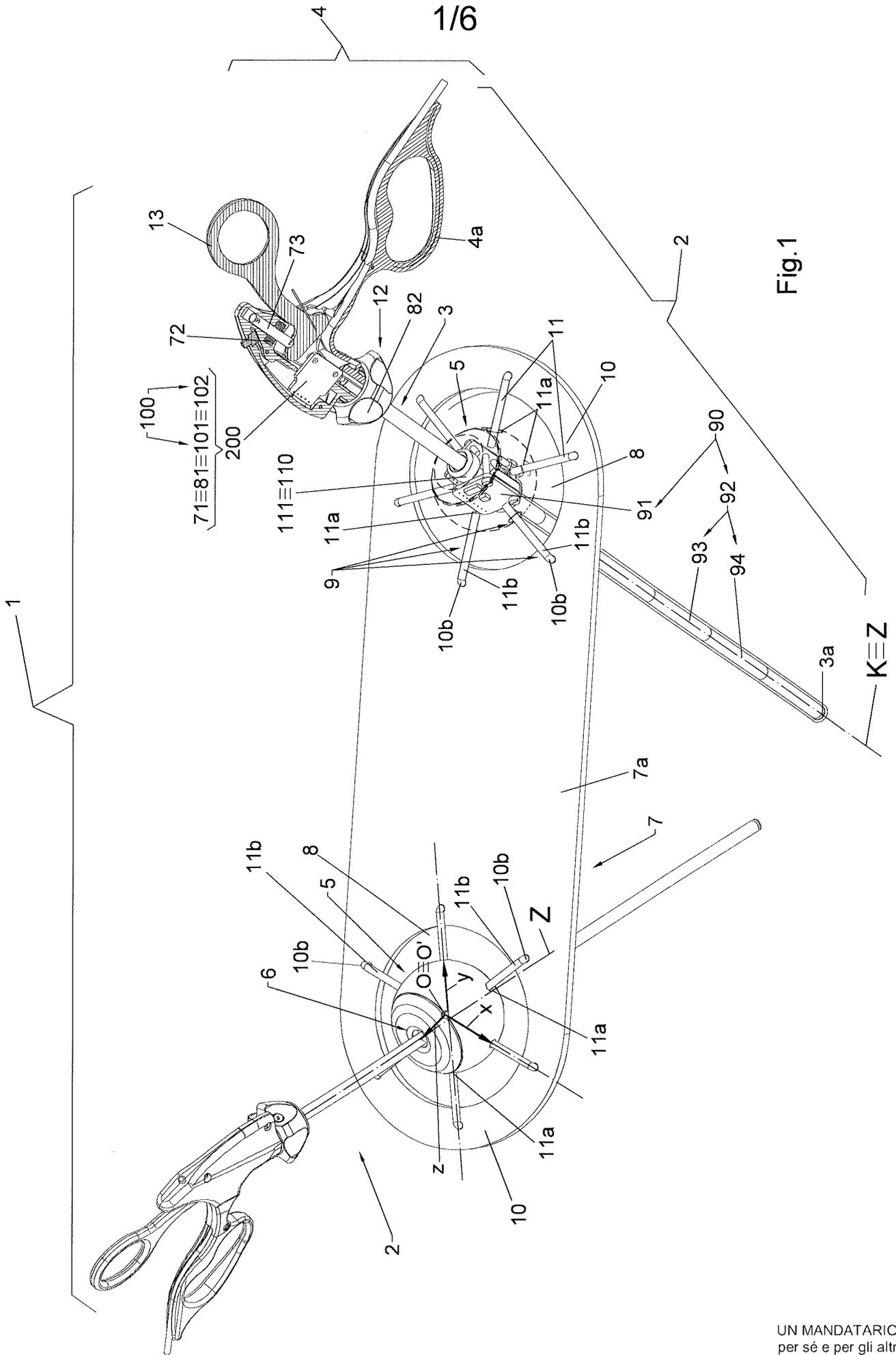


Fig. 1

UN MANDATARIO  
 per sé e per gli altri  
 Ing. Ercole Bonini  
 (Studio Bonini srl)

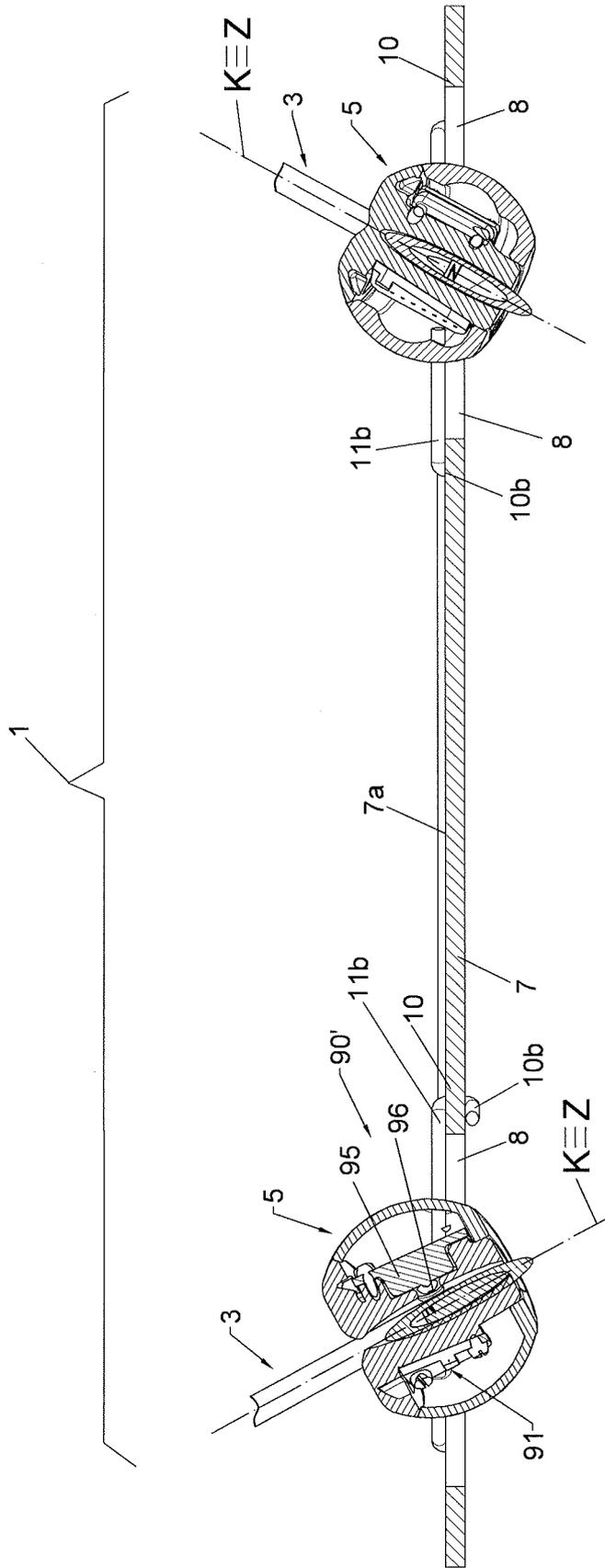


Fig.2



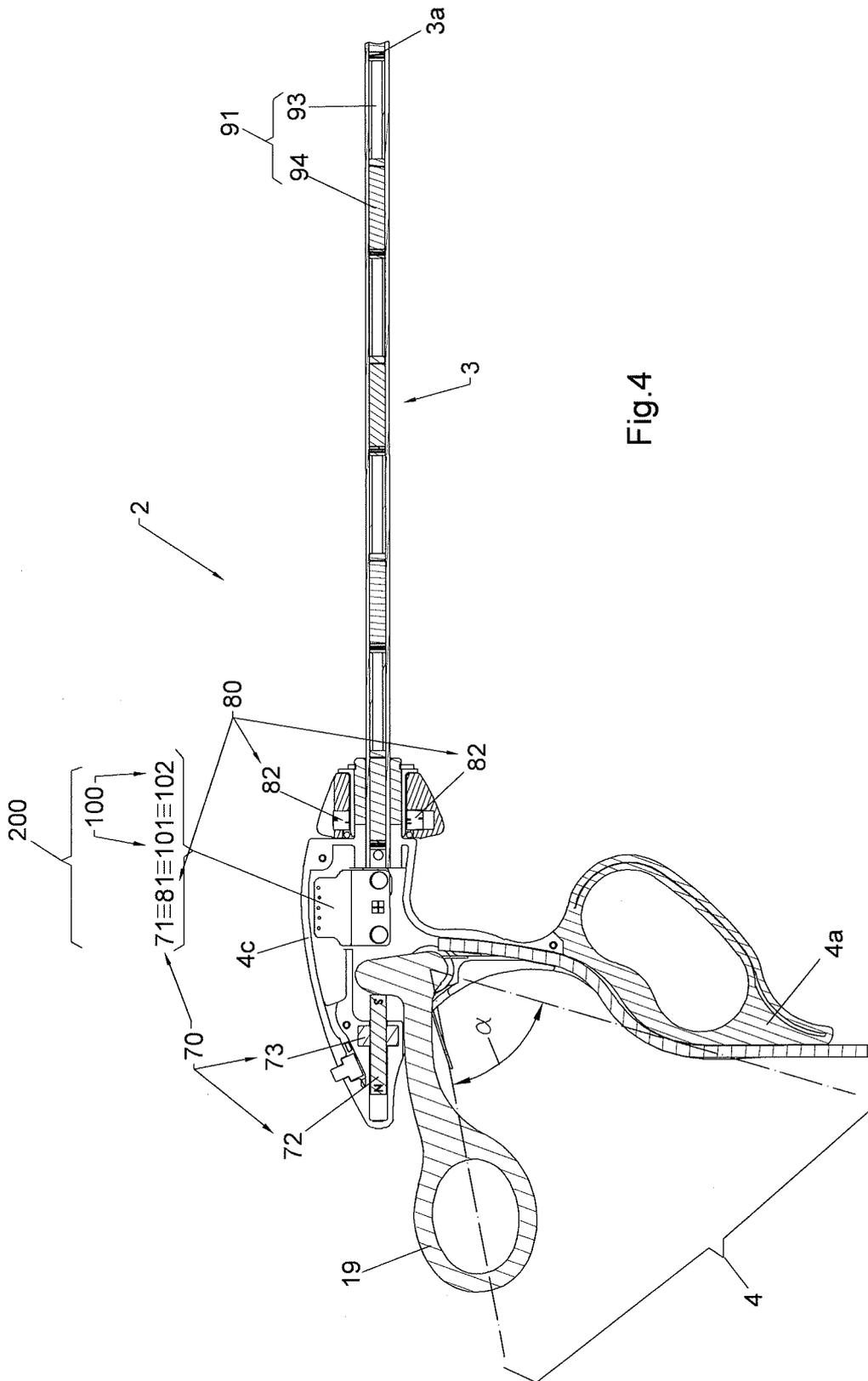


Fig. 4

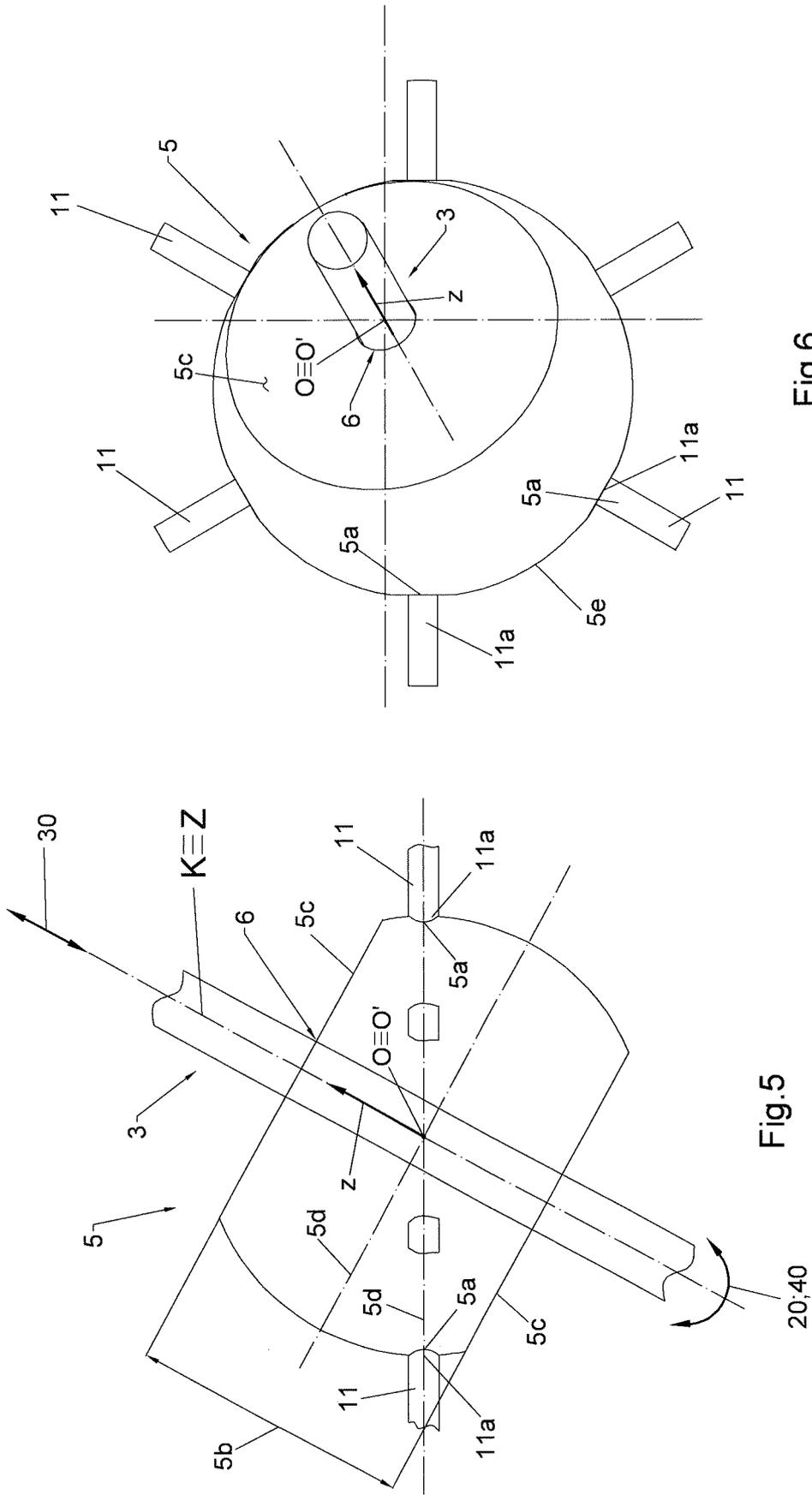


Fig.6

Fig.5

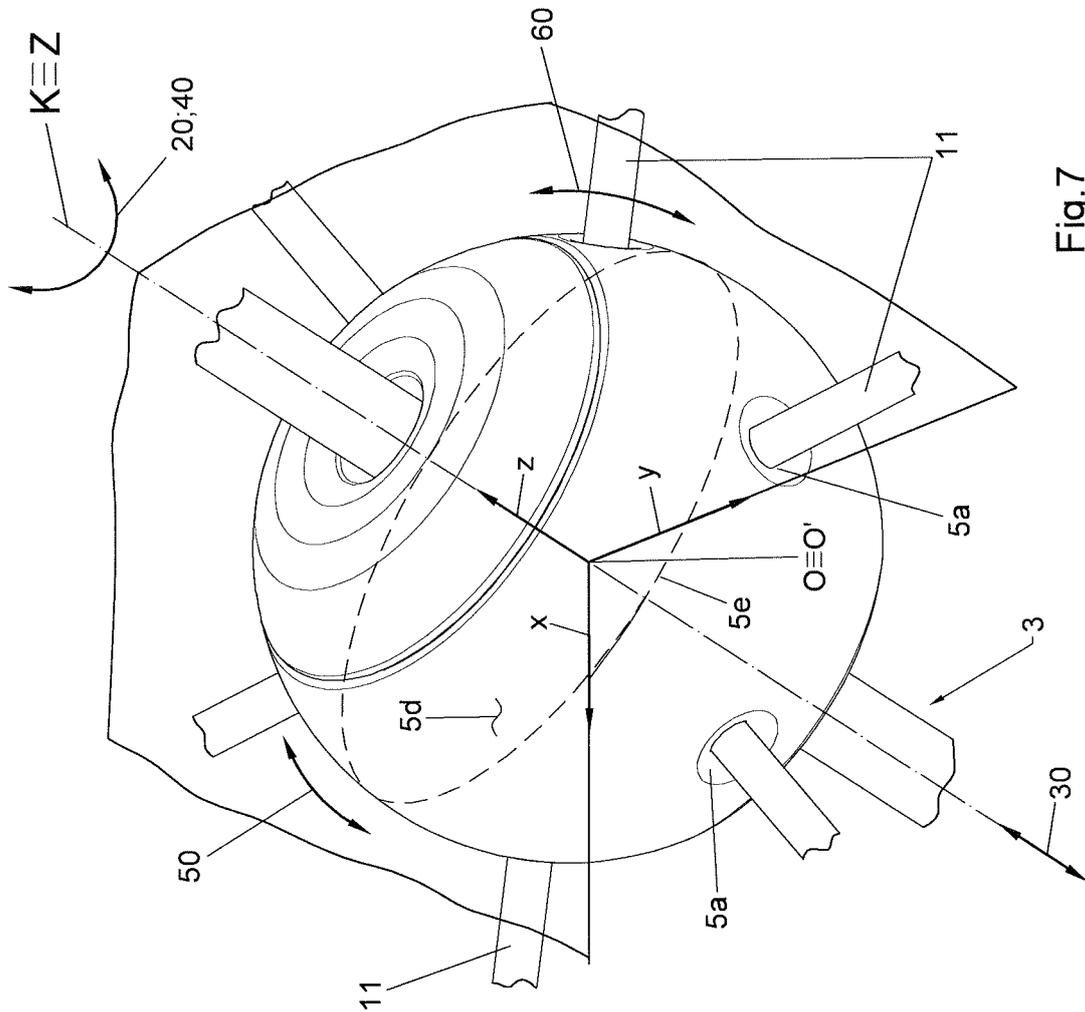


Fig.7