

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 572**

51 Int. Cl.:
A61B 19/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09706903 .3**
96 Fecha de presentación: **31.01.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2237733**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.2010**

54 Título: **Manipulador con desacoplamiento de movimientos y aplicación a instrumentos para cirugía mini-invasiva**

30 Prioridad:
31.01.2008 FR 0850612

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.05.2012

73 Titular/es:
**DEXTERITE SURGICAL
1 RUE DES GLIERES
74000 ANNECY, FR**

72 Inventor/es:
**BARRIER, Pascal;
OLLAGNIER, Jérémy y
GAUTIER, Gérard**

74 Agente/Representante:
Durán Moya, Carlos

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 381 572 T3

DESCRIPCIÓN

Manipulador con desacoplamiento de movimientos y aplicación a instrumentos para cirugía mini-invasiva

5 SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a dispositivos de guiado y manipulación que permiten controlar, desde el exterior de una zona de intervención, los movimientos de un instrumento de manipulación situado en el interior de la zona de intervención.

10 En particular, la invención se refiere a un dispositivo de guiado y de manipulación que permite controlar un instrumento quirúrgico en aplicaciones de cirugía mini-invasiva practicadas con endoscopia.

15 En el curso de los años recientes, la técnica de la cirugía mini-invasiva con endoscopio se ha desarrollado considerablemente.

Para ello, se han concebido esencialmente dos tipos de dispositivos de guiado y de manipulación de instrumentos quirúrgicos.

20 Según el primer tipo de dispositivo de guiado y de manipulación, que se describe por ejemplo, en los documentos FR 2 713 129 A o FR 2 876 271 A, el instrumento quirúrgico es situado en el extremo de un manipulador portátil que tiene esencialmente un brazo principal con extremo próximo y extremo distal. El extremo próximo del brazo soporta una estructura próxima de manipulación, apropiada para generar instrucciones de movimiento en función de las solicitudes de una mano de un operador. Una estructura distal es soportada por el extremo distal del brazo principal y es móvil con respecto a dicho extremo distal del brazo principal según, por lo menos, dos grados de libertad de pivotamiento transversal y, eventualmente, un grado de libertad de rotación axial. Los movimientos aplicados por el operador a la estructura próxima de manipulación son transmitidos por medios de transmisión en el brazo principal, y estos movimientos son reproducidos por la estructura distal controlada.

30 Cuando tiene lugar una operación quirúrgica, el brazo principal atraviesa la piel del paciente, la estructura próxima de manipulación queda en el exterior del cuerpo del paciente, encontrándose entonces la estructura distal controlada en el interior del cuerpo del paciente para realizar el movimiento quirúrgico.

35 En el dispositivo del documento FR 2 713 129 A, la estructura próxima de manipulación comprende zonas de contacto para recibir el apoyo de dos dedos del operador, estando dispuestas las zonas de contacto en el extremo de una palanca articulada en el extremo próximo del brazo principal por una articulación de rótula. La estructura distal controlada está dispuesta en el extremo de una palanca distal, que por su parte está articulada en el extremo distal en el brazo principal por una segunda articulación de rótula. Las dos rótulas están conectadas mecánicamente una a otra para realizar una reproducción de la rotación de la rótula próxima por la rótula distal.

40 Un primer inconveniente de este dispositivo es la dificultad de realizar un movimiento quirúrgico preciso. Efectivamente, se comprueba la dificultad de aplicar a la estructura próxima de manipulación solicitudes que permitan reproducir de manera precisa movimientos de rotación pura o de traslación pura de la estructura distal controlada.

45 Un segundo inconveniente de este dispositivo es la relativa reducción del desplazamiento angular posible en los movimientos de pivotamiento del eje transversal de la estructura distal controlada.

50 En lo que respecta al dispositivo descrito en el documento FR 2 876 271 A, se encuentran los mismos inconvenientes.

55 Este documento describe, además, una forma de realización en la que la estructura próxima de manipulación está desplazada con separación del brazo principal, y la transmisión de los movimientos entre la estructura próxima de manipulación y la estructura distal controlada se hace con intermedio de medios motores alimentados por una fuente exterior de energía.

60 Según el segundo tipo de dispositivo de guiado y de manipulación para un instrumento quirúrgico tal como el descrito, por ejemplo, en el documento US 5.797.900 A, el instrumento quirúrgico es accionado por un robot telecontrolado. Un brazo maestro, accionable por el operador, está completamente separado de un brazo esclavo que lleva el instrumento quirúrgico. Habitualmente, el brazo principal o maestro y el brazo esclavo son brazos articulados que tienen como mínimo seis grados de libertad de desplazamiento, estando dotado el brazo maestro de captadores que detectan las solicitudes que se aplican al mismo, y el brazo esclavo es solicitado mecánicamente por accionadores motorizados que responden a las señales emitidas por los captadores del brazo maestro. De esta manera, el enlace entre el brazo maestro y el brazo esclavo está asegurado por señales eléctricas, y el robot está situado generalmente a una cierta distancia del brazo maestro.

Otro ejemplo de manipulador con telecontrol según este segundo tipo de dispositivo de guiado y manipulación, se describe en el documento US 2003/0109957 A1. Este documento describe de manera más detallada una estructura próxima de manipulación en forma de una empuñadura conectada a un soporte fijo por cinco articulaciones sucesivas, cada una de las cuales está dotada de captadores de desplazamiento para controlar a distancia un brazo esclavo que soporta un instrumento quirúrgico. Partiendo del soporte fijo, la rotación de la "espalda" del brazo maestro controla el pivotamiento lateral del brazo esclavo alrededor del trocar en un primer plano longitudinal; la rotación del codo del brazo maestro controla el pivotamiento lateral del brazo esclavo alrededor del trocar, según un segundo plano longitudinal; la traslación axial del antebrazo maestro controla una traslación axial del brazo esclavo en el trocar; la rotación axial de la muñeca del brazo maestro controla una rotación axial del brazo esclavo en el trocar; finalmente, una rotación transversal de la empuñadura controla asimismo una rotación del brazo esclavo. Los captadores de desplazamiento están todos, a excepción del captador de rotación transversal de la empuñadura, situados en zonas de enlace que se encuentran netamente separadas de la empuñadura. Este dispositivo con articulaciones sucesivas no es aplicable a un manipulador portátil puesto que el brazo esclavo debe ser soportado entonces mecánicamente por la estructura próxima de manipulación, y las articulaciones no permiten este proceso. Además, en este documento, el instrumento quirúrgico no es móvil en orientación y en rotación con respecto al brazo esclavo.

Por su complejidad, dichos manipuladores con telecontrol son voluminosos, costosos y requieren costos de mantenimiento elevados. El operador acciona el brazo maestro en una posición alejada del paciente, de manera que el operador no puede actuar administrando un tratamiento médico rápido al paciente en caso de urgencia. Las dimensiones del sistema requieren un tiempo de preparación largo y una reorganización completa del quirófano y de los métodos de trabajo.

Se observará también que estos documentos describen una estructura distal controlada en la que el útil quirúrgico no puede ejecutar un movimiento de rotación propio axial alrededor de su eje, movimiento que es en algunos casos necesario en los actos quirúrgicos. Los actos quirúrgicos requieren entonces la intervención de varios movimientos según ejes distintos, cuyos movimientos deben ser simultáneos y sincronizados, lo que requiere medios de cálculo relativamente complejos, y que complica todavía más el dispositivo. El documento US 2003/0033024 describe un manipulador según el preámbulo de la siguiente reivindicación 1.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El problema propuesto por la presente invención es el de diseñar un nuevo tipo de manipulador que permita aumentar la precisión del movimiento quirúrgico sin necesitar no obstante dimensiones e inversiones importantes.

En particular, la invención se destina a realizar un aumento de la precisión del movimiento quirúrgico sin recurrir a un robot telecontrolado.

La invención resulta de la observación según la cual los manipuladores conocidos de tipo portátil no permiten discriminar de manera eficaz las diferentes solicitudes de movimiento aplicadas a la estructura próxima de manipulación. En particular, una solicitud del tipo de pivotamiento relativo del eje transversal aplicada a la estructura próxima de manipulación induce, de manera general, no solo un movimiento de pivotamiento relativo similar del eje transversal de la estructura distal controlada con respecto al brazo principal, sino también un movimiento de pivotamiento global y traslación global axial del propio brazo principal con respecto al cuerpo del paciente.

Para evitar estos inconvenientes, la invención da a conocer un manipulador que comprende:

- un brazo principal, que tiene un extremo próximo y un extremo distal,
 - una estructura próxima de manipulación, soportada por el extremo próximo del brazo principal a la que se une por una estructura de enlace, que tiene como mínimo dos zonas de contacto opuestas conformadas para recibir el apoyo de dos partes opuestas de la mano del operador, y que comprenden captadores de solicitud apropiados para generar instrucciones de movimiento en función de solicitudes de la mano del operador,
 - una estructura distal controlada, soportada por el extremo distal del brazo principal, y móvil con respecto a dicho extremo distal según como mínimo dos grados de libertad de pivotamiento transversal y un grado de libertad de rotación propia axial,
 - medios motores, alimentados por una fuente de energía, y apropiados para generar movimientos en función de las instrucciones de movimiento recibidas de la estructura próxima de manipulación,
 - medios de transmisión mecánica, alojados en el brazo principal, acoplados mecánicamente a los medios motores y apropiados para transmitir los movimientos de los medios motores a la estructura distal controlada para generar movimientos de la estructura distal controlada en función de las instrucciones de movimiento de la estructura próxima de manipulación,
- en el que:
- la estructura de enlace está dispuesta en una zona intermedia entre las zonas de contacto opuestas de la estructura próxima de manipulación,
 - se disponen captadores de solicitud en la mencionada estructura de enlace y apropiados para generar las

instrucciones de movimiento de la estructura distal controlada con respecto al brazo principal según, como mínimo, dos grados de libertad de movimiento, en función de las solicitaciones detectadas en dicha estructura de enlace.

5 Dado que los captadores de solicitación están dispuestos y colocados de manera que generen instrucciones de movimientos de la estructura distal controlada en función de las solicitaciones presentes y detectadas en una estructura de enlace situada entre las dos zonas de contacto opuestas, se realiza una discriminación de las solicitaciones de movimiento posibles recibidas por la estructura próxima de manipulación según los diferentes grados de libertad del manipulador.

10 Según una primera posibilidad, la estructura de enlace comprende una articulación, y los captadores son captadores de desplazamiento sensibles al desplazamiento relativo del brazo principal y de la estructura próxima de manipulación de una parte y otra de la articulación.

15 Según una segunda posibilidad, la estructura de enlace es una estructura elásticamente deformable, y los captadores son medidores de esfuerzo sensibles a la deformación de la estructura de enlace.

Según una primera modalidad de realización práctica:

20 - la estructura próxima de manipulación está separada radialmente con respecto al eje longitudinal del brazo principal,
 - las zonas de contacto opuestas, se encuentran, en posición media, alineadas según una dirección que forma con el eje longitudinal del brazo principal un ángulo aproximado de 45° ,
 - los captadores de solicitación dispuestos en la estructura de enlace son apropiados para generar las instrucciones de movimiento de la estructura distal controlada según los dos grados de libertad de pivotamiento relativo transversal y según el grado de libertad de rotación propia axial.

25 De esta manera, las solicitaciones de pivotamiento relativo centrado, aplicado sobre la estructura próxima de manipulación, solo tienen un reducido efecto sobre los otros movimientos posibles del manipulador, especialmente los movimientos de traslación global y de pivotamiento global del brazo principal del manipulador. Se asegura de esta manera una satisfactoria discriminación de los movimientos posibles del manipulador según diferentes grados de libertad, controlando todos los movimientos por la solicitación de las dos únicas zonas de contacto opuestas de la estructura próxima de manipulación.

Según una segunda forma de realización práctica:

35 - la estructura de enlace está centrada sobre el eje longitudinal del brazo principal,
 - los captadores de solicitación dispuestos en la estructura de enlace son apropiados para generar las instrucciones de movimiento de la estructura distal controlada según los dos grados de libertad de pivotamiento relativo transversal,
 - los movimientos de rotación propia axial de la estructura distal controlada son controlados por las instrucciones de movimiento generadas por un captador de solicitación suplementario, soportado por la estructura próxima de manipulación, y que puede ser accionado por un dedo de la mano del usuario que actúa sobre la estructura próxima de manipulación.

45 De esta manera, se mejora adicionalmente la discriminación de los movimientos posibles de manipulación según sus diferentes grados de libertad.

50 El manipulador que se ha definido en lo anterior es un elemento portátil que el operador puede sostener con la mano en caso de una intervención quirúrgica. De manera ventajosa, este manipulador puede comprender también un elemento de apoyo intermedio del brazo principal, en el que el brazo principal puede deslizarse axialmente, y que puede pivotar según un movimiento de pivotamiento global esférico. Se facilita de esta manera el guiado de la estructura distal controlada para determinar su posicionamiento con respecto a una zona de intervención.

55 De modo preferente, el brazo principal puede tener, además, con relación al elemento de apoyo intermedio, un movimiento de rotación global axial.

60 En la práctica, un manipulador, tal como el que se ha definido anteriormente, puede tener una estructura distal controlada que comprende un soporte distal articulado al final del brazo principal, pudiendo oscilar dicho soporte distal de un lado a otro del eje longitudinal del brazo principal, según los movimientos de pivotamiento relativo con dos grados de libertad en ejes transversales concurrentes. El soporte distal articulado lleva un husillo rotativo portátil apropiado para girar en rotación axial en el soporte distal. Se facilita de esta manera al útil quirúrgico situado sobre el manipulador todos los grados de movimiento relativo deseados.

65 En todos los casos, se puede prever ventajosamente que los captadores de solicitación, los medios motores y los medios de transmisión mecánica estén dispuestos de manera que:

- una solicitación de pivotamiento relativo centrado aplicado sobre la estructura próxima de manipulación produce un movimiento relativo similar de soporte distal de la estructura distal controlada,
- una solicitación de rotación propia axial aplicada sobre la estructura próxima de manipulación produce una rotación relativa axial similar del husillo rotativo porta-útil.

Para realizar ciertos movimientos quirúrgicos, la estructura distal controlada debe poder reproducir fácilmente movimientos de pivotamiento relativo de gran amplitud, según dos ejes transversales concurrentes. De esta manera, según un segundo aspecto, la invención propone una nueva estructura distal controlada que permite simultáneamente reproducir de manera fiel los movimientos de pivotamiento relativo y aumentar la amplitud máxima de estos movimientos que en relación a las capacidades propuestas por los dispositivos conocidos, permitiendo movimientos de rotación propia axial de un útil soportado por la estructura distal controlada.

Para realizar esta gran amplitud de movimientos de pivotamiento con respecto a la estructura distal controlada con respecto al brazo principal, la invención propone una estructura distal controlada que comprende:

- en el extremo distal del brazo principal, un elemento de articulación de estructura hembra con cavidad hemisférica distal,
- un soporte distal articulado, con forma de un elemento de articulación macho en forma de collarín hemisférico hueco, que tiene una superficie externa hemisférica y que tiene un rebaje interior abierto ampliamente hacia su base,
- el elemento de articulación macho está acoplado en la cavidad hemisférica distal del elemento de articulación hembra, con su rebaje interior orientado hacia la cavidad hemisférica distal,
- una serie de hilos de control se extienden en el brazo principal, acoplados mecánicamente a los medios motores, y acoplados en la periferia de la superficie externa hemisférica del elemento de articulación macho para controlar el pivotamiento por tracción sobre los hilos de control.
- un husillo rotativo porta-útil, en forma de un eje de salida, montado en rotación en un cojinete radial del elemento de articulación de forma macho y que soporta un útil o un porta-útil,
- un eje de entrada montado con capacidad de rotación en un cojinete axial del elemento de articulación hembra, y acoplado longitudinalmente en el brazo principal,
- una transmisión homocinética que conecta el eje de entrada con el eje de salida permitiendo los movimientos de pivotamiento transversal del elemento de articulación macho en el elemento de articulación hembra.

Se realiza de esta manera una estructura distal controlada que tiene dos grados de libertad de pivotamiento relativo del eje transversal con ejes concurrentes y facilitando un grado de libertad de rotación propio axial a un útil quirúrgico que soporta, pudiendo ser estos movimientos de pivotamiento relativo de rotación propia totalmente independientes entre sí, y pudiendo alcanzar los movimientos de pivotamiento relativo las amplitudes del orden de 70° a un lado y otro del eje longitudinal del brazo principal.

Una estructura distal controlada puede ser utilizada en un manipulador, independientemente de la presencia o ausencia de los medios específicos anteriormente indicados, permitiendo discriminar los movimientos.

Una preocupación permanente es la de realizar un manipulador portátil que sea a la vez poco oneroso y fácilmente manipulable. De este modo, según un tercer aspecto, la invención se refiere además a reducir el peso y las dimensiones de este manipulador.

Para ello, la invención propone diseñar un manipulador en el cual el eje principal está acoplado de manera deslizante en un paso de un trocar quirúrgico o de un brazo de soporte que forma elemento de apoyo intermedio, teniendo el trocar quirúrgico o el brazo de soporte medios de conexión con contactos deslizantes para transmitir energía eléctrica y señales de mando y de control entre el brazo principal y un conjunto externo de alimentación y de tratamiento.

De esta manera, la fuente de energía y los medios de cálculo pueden ser separados con respecto del manipulador, y no afectan a su peso y sus dimensiones en las proximidades del campo operatorio.

Un trocar o brazo de soporte de este tipo con contactos deslizantes puede ser utilizado independientemente de la presencia o ausencia de otros medios anteriormente indicados de discriminación de los movimientos o de aumento de las amplitudes de los pivotamientos relativos.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LOS DIBUJOS

Otros objetivos, características y ventajas de la presente invención resultarán de la descripción siguiente de los modos de realización específicos, en relación con las figuras adjuntas, entre las cuales:

- la figura 1 muestra esquemáticamente un operador accionando dos manipuladores, según la presente invención, para realizar una operación quirúrgica;
- la figura 2 es una vista esquemática lateral de un manipulador, según una forma de realización de la presente invención;

- la figura 3 muestra el manipulador de la figura 2 en el movimiento de pequeño pivotamiento de la estructura distal controlada alrededor de su eje transversal;
- la figura 4 muestra el manipulador de la figura 2 en un movimiento de gran pivotamiento alrededor de un eje transversal del brazo principal y en caso de una rotación axial de la estructura distal controlada;
- 5 - las figuras 5, 6 y 7 muestran, en perspectiva, los movimientos del manipulador cuando tiene lugar una operación quirúrgica de sutura para el paso de una aguja de sutura en un tejido a suturar;
- la figura 8 es una vista en perspectiva más detallada de un manipulador, según la forma de realización de la figura 2;
- la figura 9 es una vista en perspectiva del manipulador de la figura 8, en una posición distinta de orientación de la
- 10 estructura distal controlada;
- las figuras 10 y 11 son vistas esquemáticas que muestran los movimientos de rotación y de pivotamiento en los manipuladores de la técnica anterior;
- la figura 12 muestra esquemáticamente los movimientos de pivotamiento y de rotación de un manipulador, según una forma de realización preferente de la presente invención;
- 15 - las figuras 13 y 14 son vistas laterales esquemáticas que muestran dos formas de realización de captadores de sollicitación para la estructura próxima de manipulación;
- la figura 15 es una vista en perspectiva de una estructura distal controlada, según una forma de realización particular de la presente invención;
- la figura 16 es una sección longitudinal de la estructura distal controlada, según la figura 15;
- 20 - la figura 17 es una vista esquemática en sección longitudinal de la estructura de la figura 16, en posición centrada;
- la figura 18 es una sección longitudinal de la estructura de la figura 16 en posición de pivotamiento intermedio;
- la figura 19 es una sección longitudinal de la estructura de la figura 16 en posición de pivotamiento extremo;
- la figura 20 es una vista esquemática lateral de un manipulador, según la invención, con trocar quirúrgico;
- la figura 21 muestra el manipulador de la figura 20 en perspectiva en estado desmontado;
- 25 - la figura 22 muestra el manipulador de la figura 21 en estado montado.

DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERENTES

- Tal como se ha mostrado en la figura 1, en el curso de una operación quirúrgica mini-invasiva, el operador -100- debe actuar sobre un tejido -101- situado en el interior en el cuerpo -102- de un paciente. El operador manipula, con las manos -103- y -104-, dos manipuladores -105- y -106- que permiten, por ejemplo, realizar una sutura por paso de una aguja curvada -110- en el tejido -101-.
- Cada uno de los dos manipuladores -105- y -106- atraviesa la piel -107- del cuerpo del paciente -102-, encontrándose una parte distal de cada manipulador -105- y -106- de esta manera en el interior del cuerpo del paciente -102-, mientras que una parte próxima se encuentra en el exterior para ser manipulada por el operador -100-.
- La invención está destinada a permitir al operador -100- ejecutar movimientos naturales y simples de las manos -103- y -104- para realizar los movimientos necesarios de los útiles quirúrgicos respectivos -105a- y -106a- dispuestos en las extremidades distales de los manipuladores respectivos -105- y -106-.
- Se considerará a continuación la representación esquemática de la figura 2, que muestra de manera más detallada la estructura general de un manipulador -105-, según una forma de realización de la invención, en posición de operación quirúrgica atravesando la piel -107- del paciente.
- El manipulador -105- comprende un brazo principal -1-, que tiene un extremo próximo -1a- y un extremo distal -1b-, una estructura próxima de manipulación -2-, una estructura distal controlada -3-, y un trocar quirúrgico -10-.
- El trocar quirúrgico -10- está acoplado en una perforación de la piel -107- del paciente y forma un canal en el que el brazo principal -1- puede deslizar axialmente por un movimiento de traslación global, y el brazo principal -1- puede eventualmente girar en rotación global axial alrededor de su eje longitudinal I-I.
- El trocar quirúrgico -10- puede por su parte pivotar de un lado y del otro del eje de la perforación de la piel -107- del paciente, para permitir movimientos de pivotamiento global del brazo principal -1- alrededor del punto de pivotamiento constituido por la perforación de la piel -107- del paciente.
- La estructura próxima de manipulación -2- comprende, por lo menos, dos zonas de contacto opuestas -2a- y -2b-, conformadas para recibir el apoyo de dos partes opuestas de la mano del operador. Unos captadores de sollicitación -2c- están dispuestos de manera que generen instrucciones de movimiento en función de las sollicitaciones presentes en una estructura de enlace -2d- que conecta la estructura próxima de manipulación -2- al brazo principal -1- y que está situada entre las dos zonas de contacto opuestas -2a- y -2b-.
- La estructura distal controlada -3- es soportada por el extremo distal -1b- del brazo principal -1-, y es móvil con respecto a dicho extremo distal -1b- según, como mínimo, dos grados de libertad de pivotamiento relativo transversal y un grado de libertad de rotación propio axial.

Medios motores -5-, alimentados por una fuente de energía comprendida en los medios de alimentación y de control -200-, son apropiados para generar movimientos en función de las instrucciones de movimiento recibidas de la estructura próxima de manipulación -2-. En la forma de realización mostrada en las figuras, los medios de alimentación y de control -200- están separados con respecto al manipulador -105-, para reducir el peso y las dimensiones. No obstante, se puede también prever el situar medios de alimentación y de control -200- en el propio brazo principal -1-, si estos medios de alimentación y de control -200- son suficientemente ligeros y de dimensiones reducidas.

Medios de transmisión mecánica -6-, alojados en el brazo principal -1-, permiten transmitir a la estructura distal controlada -3- los movimientos producidos por los medios motrices -5-, de manera que se generen los movimientos de la estructura distal controlada -3- en función de las instrucciones de movimiento de la estructura próxima de manipulación -2-.

Se considera, en la figura 3, un primer tipo de movimiento de la estructura distal controlada -3-. Se trata del movimiento de pivotamiento relativo, o de pivotamiento de poco radio con respecto al brazo principal -1-, mostrado por la flecha -7b-, alrededor de un eje transversal distal. Este movimiento, según la flecha -7b- es producido por una sollicitación de pivotamiento relativo sobre sí misma de la estructura próxima de manipulación -2-, según un pivotamiento relativo de eje transversal próximo mostrado por la flecha -7a-. Se observará que el eje transversal distal alrededor del cual se puede producir la rotación -7b- de la estructura distal controlada -3- puede tener cualquier orientación radial alrededor del eje longitudinal I-I del brazo principal -1-. Para ello, la estructura próxima de manipulación -2- es obligada a pivotar alrededor del un eje transversal próximo, que puede tener cualquier orientación radial alrededor de un eje longitudinal de la estructura próxima de manipulación -2-. En otros términos, la estructura distal controlada -3- tiene dos grados de libertad de pivotamiento transversal con respecto al eje longitudinal I-I del brazo principal -1-. La figura muestra también un movimiento de rotación global axial -6a- del brazo principal -1- alrededor de su eje longitudinal I-I.

Se considerará, a continuación, la figura 4, que muestra otros dos movimientos de la estructura distal controlada -3-: por una parte, un movimiento de pivotamiento global o pivotamiento de radio grande, mostrado por la flecha -8b-, que es una rotación del brazo principal -1- alrededor de un eje transversal intermedio en la zona ocupada por el trocar quirúrgico -10-, siendo producido este movimiento de pivotamiento global por una sollicitación transversal -8a- aplicada por la mano del operador sobre la estructura próxima de manipulación -2-; por otra parte, un movimiento de rotación propia axial mostrada por la flecha -9b-, producida por una sollicitación de rotación propia axial similar -9a- aplicada por la mano del operador sobre la estructura próxima de manipulación -2-. La figura 4 muestra, además, un movimiento de traslación global axial del brazo principal -1- en el trocar quirúrgico -10-, tal como se ha mostrado por la flecha -11-.

Estos movimientos son necesarios para realizar, de manera simple y ergonómica, los diferentes movimientos quirúrgicos. En función del movimiento a realizar, los movimientos pueden diferir en amplitud y pueden estar combinados unos con otros.

A título de ejemplo, se pueden considerar las figuras 5 a 7, que muestran los movimientos necesarios para un movimiento de paso de una aguja de sutura -110-, en un tejido -101-.

En este caso, la estructura distal controlada -3- lleva un útil quirúrgico -105a- en forma de una pinza, con la que el operador pinzará un extremo próximo de la aguja de sutura curvada -110-. Aplicando a la estructura distal controlada -3-, los movimientos de pivotamiento relativo, de rotación propia relativa, de pivotamiento global, de rotación global y de traslación global apropiados, el operador puede pasar la aguja de sutura curvada -110- en el tejido -101-, tal como se ha mostrado en las figuras. Se comprende que el movimiento quirúrgico es relativamente complejo y que existe interés en simplificar los movimientos que el operador debe aplicar a la estructura próxima de manipulación -2- para realizar este movimiento.

La precisión del movimiento operativo requiere particularmente que las sollicitaciones aplicadas por el operador a la estructura próxima de manipulación -2- sean lo más naturales posible, con la finalidad de que el proceso transcurra para el operador, tal como si tuviera en la mano la aguja de sutura curvada -110-.

Para comprender esta dificultad e interés de la invención se considerarán, a continuación, las figuras 10 a 12.

La figura 10 muestra una estructura conocida de manipulador, tal como la descrita, por ejemplo, en los documentos FR 2 713 129 A ó FR 2 876 271 A.

En este caso, se vuelve a encontrar una estructura próxima de manipulación -2-, un brazo principal -1-, un trocar quirúrgico -10- y una estructura distal controlada -3-.

La estructura próxima de manipulación -2- presenta dos zonas de contacto -2a- y -2b- separadas, y está articulada en el extremo próximo -1a- del brazo principal -1- según una zona de enlace de tipo articulación -2e-, pudiendo de

este modo pivotar alrededor de la articulación -2e-. El brazo principal -1- puede pivotar con el trocar quirúrgico -10- con respecto a la piel del usuario, según un eje de pivotamiento transversal -10a-.

Para producir un movimiento de pivotamiento relativo -7b- de la estructura distal controlada -3-, el operador debe aplicar a la estructura próxima de manipulación -2- fuerzas transversales -F1- y -F2- que tienden a hacer pivotar la estructura próxima de manipulación -2- alrededor de la articulación -2e-. Por el hecho de que en los documentos anteriores, la estructura próxima de manipulación -2- está separada con respecto a la articulación -2e-, las fuerzas -F1- y -F2- transversales tienen la misma dirección, e inducen simultáneamente un par de pivotamiento global del brazo principal -1- alrededor del eje -10a-. De este modo, el movimiento natural del operador para hacer pivotar la estructura próxima de manipulación -2- y producir un movimiento de pivotamiento relativo -7b- induce simultáneamente un movimiento de pivotamiento global -8b-, y eventualmente un movimiento de traslación global -11-.

Si el operador desea obtener un movimiento de pivotamiento relativo puro -7b-, debe compensar, entonces, el movimiento de traslación -11- y el movimiento de pivotamiento global -8b-, lo que no es natural y necesita un aprendizaje y un control visual permanente del campo operatorio.

Para obtener una traslación global pura, según la flecha -11-, la acción intuitiva del operador es de tirar del manipulador o empujar el mismo en el eje del brazo principal -1-. Aplicando estas fuerzas -F'1- y -F'2- paralelas e iguales a las zonas de contacto opuestas -2a- y -2b-, ello produce simultáneamente un pivotamiento relativo de la estructura próxima de manipulación -2- alrededor de la articulación -2e-. El operador debe entonces corregirlo modificando la dirección de las fuerzas aplicadas o aplicando simultáneamente un par de compensación en la estructura próxima de manipulación -2-, lo que no es natural.

En el caso de la figura 11, la traslación global pura, según la flecha -11- puede ser obtenida un poco más fácilmente con los dispositivos conocidos por las fuerzas -F1- y -F2-, pero esto es solamente un caso particular, en el que la estructura próxima de manipulación -2- tiene lugar en el eje del brazo principal -1-.

En la figura 10, para realizar un movimiento de pivotamiento global, según la flecha -8b-, el operador debe aplicar sobre las zonas de contacto -2a- y -2b- las fuerzas transversales -F1- y -F2- con respecto a la dirección del brazo principal -1-, para obtener su pivotamiento alrededor del eje transversal -10a-. Por el desplazamiento de la estructura próxima de manipulación -2- con separación de la articulación -2e-, esta sollicitación produce simultáneamente un par de pivotamiento de la estructura próxima de manipulación -2- alrededor de la articulación -2e-, tal como se ha mostrado con la flecha -7a-. Esta sollicitación produce simultáneamente un pivotamiento relativo -7b- de la estructura distal controlada -3-, lo que no es deseable. El operador debe, por lo tanto, compensar este movimiento parásito por la aplicación simultánea de un par de compensación sobre la estructura próxima de manipulación -2-.

Se considerará, a continuación, la figura 12, que muestra esquemáticamente los movimientos en un manipulador, según una forma de realización preferente de la presente invención. En este caso, la articulación -2e- está situada sobre el eje longitudinal I-I del brazo principal -1-.

En todos los casos, la aplicación de dos fuerzas iguales -F1- y -F2'- del mismo sentido en las zonas de contacto opuestas -2a- y -2b- no induce ningún par de rotación de la estructura próxima de manipulación -2- alrededor de su articulación -2e-, por el hecho de que las dos zonas de contacto opuestas están alineadas con la zona de articulación -2e-. De este modo, las sollicitaciones para pivotamiento global alrededor del eje -10a-, o las sollicitaciones para traslación global -11-, no inducen componente alguna de pivotamiento relativo -7a- de la estructura próxima de manipulación -2- y de pivotamiento relativo -7b- consecutivo de la estructura distal controlada -3-.

Igualmente, un pivotamiento relativo alrededor de la articulación -2e-, según la flecha -7a-, se obtiene por la aplicación de dos fuerzas -F1- iguales y de sentido opuesto, lo que no comporta ninguna sollicitación de traslación global -11- ni ninguna sollicitación de pivotamiento global -7a- alrededor del eje -10a-.

Para discriminar de manera eficaz el movimiento de rotación axial propio de la estructura distal controlada -3-, se prevé, en este caso, que este movimiento de rotación sea pilotado por un captador de sollicitación suplementario -2j-, soportado por la estructura próxima de manipulación -2-, y accionable por un dedo libre de la mano del usuario cuando actúa sobre la estructura próxima de manipulación -2-. Este captador -2j- puede ser un cursor, un botón, una rueda moleteada, por ejemplo.

La invención realiza, por lo tanto, una disociación perfecta de los movimientos, pudiendo aplicar el operador las sollicitaciones intuitivas que normalmente conducen a los movimientos deseados cuando sostiene un instrumento quirúrgico con la mano.

Se considerará, a continuación, las figuras 8 y 9 que muestran en perspectiva una estructura del manipulador, según la invención en otra forma de realización.

Se vuelven a encontrar, en estas figuras, las partes esenciales del manipulador de las figuras 2 a 4, y estas partes esenciales están referenciadas por las mismas referencias numéricas. El trocar no ha sido representado.

Se distingue, en el extremo distal del manipulador -105-, el instrumento quirúrgico -105a- en forma de una pinza, soportada por la estructura distal controlada -3-. En la figura 8, el instrumento quirúrgico -105a- se encuentra en el eje del brazo principal -1-.

En la figura 9, el instrumento quirúrgico -105a- es obligado a pivotar, según el movimiento de pivotamiento relativo con respecto al brazo principal -1-.

Las figuras muestran una forma de realización ventajosa de una estructura próxima de manipulación -2-.

En este caso, la estructura próxima de manipulación -2- comprende dos anillos coplanarios que constituyen las zonas de contacto opuestas -2a- y -2b-, conformadas de manera que el operador pueda pasar un dedo de la mano por cada uno de los dos anillos -2a- y -2b-.

Preferentemente, el usuario pasará el pulgar por uno de los anillos y un dedo de la misma mano por el otro anillo.

Los anillos -2a- y -2b- están conectados mediante un travesaño -2f- que por su parte está conectado a los medios motrices -5- y al brazo principal -1-, por un brazo de enlace -2g-. El travesaño -2f- y el brazo de enlace -2e- forman una estructura que lleva los anillos, o zonas de contacto opuestas, -2a- y -2b-. Una zona intermedia del brazo de enlace -2g- constituye la estructura de enlace central -2d- en la que se desea captar las solicitaciones aplicadas por el operador. El brazo de enlace -2g- está orientado según una dirección radial o, por lo menos, muy inclinada con respecto al eje longitudinal I-I del brazo principal -1-, de manera que los anillos -2a- y -2b- están desplazados radialmente con separación del brazo principal -1-, y los anillos -2a- y -2b- están alineados, según una dirección II-II que forma con el eje I-I un ángulo de 45° , aproximadamente.

Según una primera posibilidad, la estructura de enlace -2d- del brazo -2g- es una zona articulada, y los captadores -2c- son entonces captadores de desplazamiento, por ejemplo, codificadores o potenciómetros apropiados para evaluar el pivotamiento relativo de los dos tramos sucesivos del brazo de enlace -2g-, uno con respecto al otro, para producir las instrucciones de movimiento. De este modo, en esta realización, los captadores -2c- se encuentran en la propia estructura de enlace -2d-.

Según otra posibilidad, la estructura de enlace -2d- del brazo de enlace -2g- es una estructura elástica deformable, siendo entonces los captadores unas galgas de esfuerzo -2c- sensibles a la deformación de esta estructura de enlace -2d-.

De esta manera, se puede prever el situar las galgas de esfuerzo con separación del centro de la estructura de enlace -2d-, corrigiendo por cálculo los esfuerzos medidos por los captadores -2c- en una zona separada, para evaluar los esfuerzos presentes en la zona intermedia -2d-.

Se considerará, a continuación, las figuras 13 y 14 que muestran otras dos formas de realización de la estructura próxima de manipulación -2-.

En estos dos casos, la estructura próxima de manipulación -2- comprende una superficie externa convexa, por ejemplo esférica, de la que dos partes, diametralmente opuestas, constituyen las zonas de contacto opuestas, pudiendo aplicar el operador la mano sobre la superficie externa de la estructura.

En la figura 13, la estructura convexa está conectada a los medios motrices -5- por un brazo de enlace -2g- no articulado, cuya zona intermedia -2d- es elásticamente flexible y presenta galgas de esfuerzo -2c-.

En la figura 14, una esfera periférica -2h- puede pivotar alrededor de una rótula central -2i-, y captadores de movimiento -2c- determinan los movimientos de la esfera periférica -2h- alrededor de la rótula central -2i- para generar las instrucciones de movimiento.

Se considerará, a continuación, las figuras -15- a -19- que muestran más especialmente una forma de realización ventajosa de la estructura distal controlada -3-.

El objetivo de esta estructura específica es el de permitir movimientos de pivotamiento relativo de gran amplitud, que pueden alcanzar, aproximadamente, 70° de inclinación a un lado y otro del eje longitudinal I-I del brazo principal -1-.

Otro objetivo de esta estructura es el de permitir este pivotamiento por rotación centrada, que da dos grados de libertad de pivotamiento, según dos ejes transversales concurrentes. Dicho de otro modo, la estructura distal controlada -3- permite inclinar de manera regular y precisa un útil quirúrgico -105a- en todas las direcciones alrededor del eje longitudinal I-I del brazo principal -1-.

Otro objetivo de esta estructura es el de permitir simultáneamente una rotación propia axial del útil quirúrgico -105a- alrededor de su eje longitudinal, independientemente de los movimientos de pivotamiento relativo a un lado y otro del eje longitudinal I-I del brazo principal -1-.

5 Se permite de esta manera, tres grados de libertad independientes unos de otros, a saber dos grados de libertad de pivotamiento relativo, según ejes transversales concurrentes y un grado de libertad de rotación propia axial del útil quirúrgico -105a- sobre sí mismo.

10 Además, la estructura distal controlada -3- permite una satisfactoria proporcionalidad de los movimientos, según cada uno de los tres grados de libertad, con respecto a solicitaciones correspondientes aplicadas sobre la estructura próxima de manipulación -2-.

15 En esta forma de realización representada en las figuras 15 a 19, la estructura distal controlada -3- comprende, en el extremo distal -1b- del brazo principal -1-, un elemento de articulación hembra -12- con cavidad hemisférica distal -13-, y un elemento de articulación macho -14- en forma de cabeza hemisférica hueca que tiene una superficie externa hemisférica -14a- y un rebaje interior -14b- abierto ampliamente hacia su base -14c-.

20 El elemento de articulación macho -14- está acoplado en la cavidad hemisférica distal -13- del elemento de articulación hembra -12- con su rebaje interior -14b- orientado hacia la cavidad hemisférica distal -13-.

Un árbol de salida -15- está montado con capacidad de rotación en un cojinete radial -16- del elemento de articulación macho -14-, y porta-útil -105a- o porta-útil -105b-.

25 Un árbol de entrada -17- está montado con capacidad de rotación en un cojinete axial -18- del elemento de articulación hembra -12-, y se acopla longitudinalmente en el brazo principal -1-.

Una transmisión homocinética -19- conecta el árbol de entrada -17- al árbol de salida -15- para transmitir los movimientos de rotación axial, permitiendo simultáneamente los movimientos de pivotamiento transversal del elemento de articulación macho -14- en el elemento de articulación hembra -12-.

30 En la realización mostrada en la figura 16, la transmisión homocinética -19- comprende una unión cardan próxima -20- montada en el extremo interior -16a- del eje de entrada -17-, una junta cardan distal -21- montada en el extremo interior -15a- del eje de salida -15-, y un eje de transmisión telescópico -22- que conecta la unión de cardan distal -21- a la unión cardan próxima -20-. Las uniones de cardan -20- y -21- están desplazadas angularmente en 90°, tal como se ha mostrado en la figura, y son equidistantes del eje central de la articulación esférica constituida por los elementos de articulación hembra -12- y macho -14-.

40 Como alternativa se pueden sustituir las dos uniones de cardan (20-21) por una unión trípode que asegura igualmente una transmisión homocinética.

En la realización mostrada en esta misma figura 16, se aprecia que el útil quirúrgico -105a- con dos dedos -105c- y -105d-, siendo el dedo -105d- móvil alrededor de un eje transversal -105e- para producir un efecto de pinzado.

45 En la realización mostrada, el dedo móvil -105d- puede ser solicitado por un cable de tracción, no representado acoplado a un brazo transversal -105f- y atravesando los pasos, tales como el paso -105g- para conducirlo hasta los medios motores, con un resorte de recuperación -105h- que dispone el dedo móvil -105d- en posición separada.

50 Como alternativa, se puede concebir un útil -105a- de aleación con memoria de forma que puede adoptar las dos posiciones cerrada y abierta, en función de una temperatura determinada por una fuente de calor pilotada por los medios motores.

55 Tal como se aprecia en las figuras 17 a 19, una serie de cables de mando, tales como los cables -23a- y -23b-, se extienden dentro del brazo principal -1- y están acoplados en la periferia de la superficie externa hemisférica -14a- del elemento de articulación macho -14-, a cuya superficie periférica están fijados.

60 En el otro extremo, los cables de mando están acoplados mecánicamente a los medios motores -5- (figura 8), que por su parte están adaptados para asegurar la tracción selectiva de los cables de mando -23a-, -23b-. Los medios motores -5- son alimentados por un dispositivo de mando electrónico, pudiendo comportar ventajosamente medios de filtrado para producir tracciones regulares sobre los hilos de mando -23a- y -23b- y evitar de esa manera transmitir las vibraciones eventuales del operador.

65 A su entrada en el elemento de articulación hembra -12-, los hilos de mando, tales como los hilos -23a- y -23b- atraviesan los pasos longitudinales de guiado periféricos respectivos -24a- y -24b-, que aseguran su guiado para asegurar de la misma manera guiado en rotación axial del elemento de articulación macho -14-. Los pasos de guiado -24a- y -24b- se encuentran preferentemente cerca de la superficie periférica del elemento de articulación hembra -12-. Sobre el elemento de articulación macho -14-, los hilos de mando, tales como, los hilos -23a- y -23b-,

se acoplan sobre la superficie esférica del elemento de articulación -14-.

En la práctica, en los medios motrices -5-, los cables de mando -23a- y -23b- están solicitados por accionadores lineales pilotados por un dispositivo de mando. Por ejemplo, los hilos de mando diametralmente opuestos -23a- y -23b- pueden estar acoplados dos a dos, con una polea de retorno próxima, y con un accionador que controla la traslación simultánea de dos cables de mando -23a- y -23b- en sentidos opuestos (figura 18).

En la figura 18, la traslación simultánea en sentidos opuestos de los cables de mando -23a- y -23b- produce un pivotamiento relativo de unos 45 grados del elemento de articulación macho -14-. En la figura 19, el pivotamiento relativo ha sido acentuado hasta el máximo de 70 grados, aproximadamente.

La zona distal del brazo principal -1-, que comprende la estructura distal controlada -3- puede quedar encerrada ventajosamente por una funda flexible, por ejemplo, de polímero flexible y fino que deja pasar el útil quirúrgico.

Se considerará, a continuación las figuras -20- a -22- que muestran una estructura particularmente ventajosa de un manipulador con trocar quirúrgico -10-.

El objeto de esta estructura es el de reducir sensiblemente el peso y las dimensiones del manipulador en sí mismo, disponiendo de forma separada los medios de alimentación de potencia y los medios de tratamiento de las señales.

Para ello, el trocar quirúrgico -10- es un elemento tubular que comporta medios de contacto deslizantes -10b- conectados eléctricamente a un medio exterior de alimentación y de mando -200-, que comporta una alimentación eléctrica y medios de tratamiento de señales.

Los conductores eléctricos -200a- comprenden, por lo tanto, los conductores de potencia y los conductores de señales.

Los medios de contacto deslizantes -10b- están conectados a una pista conductora múltiple -1c- del brazo principal -1-, cuya pista conductora múltiple está conectada por una parte, los medios motores -5- para la alimentación eléctrica de dichos medios motores -5-, y por otra parte, a captadores de solicitud -2c- de la estructura próxima de manipulación -2-.

La presente invención no está limitada a las formas de realización que se han descrito de manera explícita, sino que incluye las diversas variantes y generalizaciones contenidas en el campo de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Manipulador, que comprende:

- 5 - un brazo principal (1), que tiene un extremo próximo (1a) y un extremo distal (1b),
 - una estructura próxima de manipulación (2), soportada por el extremo próximo (1a) del brazo principal (1) a la que se une por una estructura de enlace (2e, 2f, 2g), que tiene, como mínimo, dos zonas de contacto opuestas (2a, 2b) conformadas para recibir el apoyo de dos partes opuestas de una mano de un operador (100), y que comprende captadores de sollicitación (2c) apropiados para generar instrucciones de movimiento en función de sollicitaciones de la mano del operador (100),
 10 - una estructura distal controlada (3), soportada por el extremo distal (1b) del brazo principal (1), y móvil con respecto a dicho extremo distal (1b) según, como mínimo, dos grados de libertad de pivotamiento relativo transversal (7b),
 - medios motores (5), alimentados por una fuente de energía (200), y apropiados para generar movimientos en función de las instrucciones de movimiento recibidas de la estructura próxima de manipulación (2),
 15 - medios de transmisión mecánica (6), alojados en el brazo principal (1), acoplados mecánicamente a los medios motores (5) y aptos para transmitir los movimientos de los medios motores (5) a la estructura distal controlada (3) para generar los movimientos de la estructura distal controlada (3) en función de las instrucciones de movimiento de la estructura próxima de manipulación (2), **caracterizado porque:**
 20 - la estructura distal controlada (3) es móvil con respecto a dicho extremo distal (1b), según un grado de libertad de rotación propia axial (9b);
 - la estructura de enlace (2e, 2f, 2g) está dispuesta en una zona intermedia entre las zonas de contacto opuestas (2a, 2b) de la estructura próxima de manipulación (2),
 - captadores de sollicitación (2c) están dispuestos en dicha estructura de enlace (2e, 2f, 2g) y son apropiados para
 25 generar las instrucciones de movimiento de la estructura distal controlada (3) con respecto al brazo principal (1) según, como mínimo, dos grados de libertad de movimiento, en función de las sollicitaciones detectadas en dicha estructura de enlace (2e, 2f, 2g).

2. Manipulador, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la estructura de enlace (2e, 2f, 2g) comprende una articulación, y los captadores (2c) son captadores de desplazamiento sensibles al desplazamiento relativo del brazo principal (1) de la estructura próxima de manipulación (2) a un lado y otro de la articulación.

3. Manipulador, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la estructura de enlace (2e, 2f, 2g) es una estructura elásticamente deformable, y los captadores son galgas de esfuerzo sensibles a la deformación de la estructura de enlace (2e, 2f, 2g).

4. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque:**

- 40 - la estructura próxima de manipulación (2) está desplazada radialmente con separación del eje longitudinal (I-I) del brazo principal (1),
 - las zonas de contacto opuestas (2a, 2b) se encuentran, en posición media, alineadas según una dirección (II-II) que forma con el eje longitudinal (I-I) del brazo principal (1) un ángulo de 45°, aproximadamente,
 - los captadores de sollicitación (2c) dispuestos en la estructura de enlace (2e, 2f, 2g), son apropiados para generar instrucciones de movimiento de la estructura distal controlada (3), según los dos grados de libertad de pivotamiento relativo transversal (7b) y según el grado de libertad de rotación propia axial (9b).

5. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque:**

- 50 - la estructura de enlace (2e, 2f, 2g) está centrada sobre el eje longitudinal (I-I) del brazo principal (1),
 - los captadores de sollicitación (2c) dispuestos en la estructura de enlace (2e, 2f, 2g), son apropiados para generar las instrucciones de movimiento de la estructura distal controlada (3), según los dos grados de libertad de pivotamiento relativo transversal (7b),
 - los movimientos de rotación propia axial de la estructura distal controlada (3) son controlados por las instrucciones de movimiento generadas por un captador de sollicitación suplementario (2j), soportado por una estructura próxima de manipulación (2), y accionable por un dedo de la mano del usuario que actúa sobre la estructura próxima de manipulación (2).

6. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la estructura próxima de manipulación (2) comprende una superficie externa convexa de la que dos partes diametralmente opuestas constituyen dichas zonas de contacto opuestas (2a, 2b).

7. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la estructura próxima de manipulación (2) comprende dos anillos coplanarios que constituyen dichas zonas de contacto opuestas (2a, 2b) y conectadas por un travesaño (2f).

8. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** comprende un elemento de

apoyo intermedio (10) del brazo principal (1), en el que el brazo principal (1) puede deslizar axialmente (11), y que puede pivotar, según un movimiento de pivotamiento global esférico (8b).

5 9. Manipulador, según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el brazo principal (1) puede tener además, con respecto al elemento de apoyo intermedio (10), un movimiento de rotación global axial (6a).

10 10. Manipulador, según una de las reivindicaciones 8 ó 9, **caracterizado porque** el elemento de apoyo intermedio es un trocar quirúrgico (10) que tiene medios de conexión a contactos deslizantes (10b) para transmitir la energía eléctrica y las señales entre el brazo principal (1) y un conjunto externo de alimentación y de tratamiento (200).

10 11. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la estructura distal controlada (3) comprende un soporte distal (14) articulado en el extremo del brazo principal (1), pudiendo oscilar a un lado y otro del eje longitudinal (I-I) del brazo principal (1), según movimientos de pivotamiento relativo de dos grados de libertad con ejes transversales concurrentes, y que lleva un husillo rotativo porta-útil (15) apropiado para girar en rotación propia axial en el soporte distal (14).

15 12. Manipulador, según la reivindicación 11, **caracterizado porque** los captadores de solicitud (2c), los medios motores (5) y los medios de transmisión mecánica (6) están dispuestos de manera que:

20 - una solicitud de pivotamiento relativo centrado (7a) aplicada sobre la estructura próxima de manipulación (2) produce un pivotamiento relativo (7b) similar del soporte distal (14) de la estructura distal controlada (3),
- una solicitud de rotación propia axial (9a) aplicada sobre la estructura próxima de manipulación (2) produce una rotación relativa axial (9b) similar del husillo rotativo porta-útil (15).

25 13. Manipulador, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** la estructura distal controlada (3) comprende:

- en el extremo distal (1b) del brazo principal (1), un elemento de articulación hembra (12), con cavidad hemisférica distal (13),
30 - un elemento de articulación macho (14) en forma de valona hemisférica hueca, que tiene una superficie externa hemisférica (14a), y un rebaje interior (14b) ampliamente abierto hacia su base (14c),
- estando dispuesto el elemento de articulación macho (14) en la cavidad hemisférica distal (13) del elemento de articulación hembra (12), con su rebaje interior (14b) orientado hacia la cavidad hemisférica distal (13),
35 - una serie de cables de mando (23a, 23b) que se extienden en el brazo principal (1), acoplados mecánicamente en los medios motores (5), y acoplados en la periferia de la superficie externa hemisférica (14a) del elemento de articulación macho (14) para controlar el pivotamiento por tracción sobre los cables de mando (23a, 23b),
- un árbol de salida (15), montado con capacidad de rotación en un cojinete radial (16) del elemento de articulación macho (14) y que lleva un útil (105a) o un porta-útil (105b),
- un árbol de entrada (17), montado con capacidad de rotación en un cojinete axial (18) del elemento de articulación hembra (12), y acoplado longitudinalmente en el brazo principal (1),
40 - una transmisión homocinética (19) que conecta el árbol de entrada (17) al árbol de salida (15) autorizando los movimientos de pivotamiento transversal del elemento de articulación macho (14) en el elemento de articulación hembra (12).

45 14. Manipulador, según la reivindicación 13, **caracterizado porque** los cables de mando (23a, 23b) atraviesan los pasos longitudinales de guiado periférico (24a, 24b) a su entrada en el elemento de articulación hembra (12).

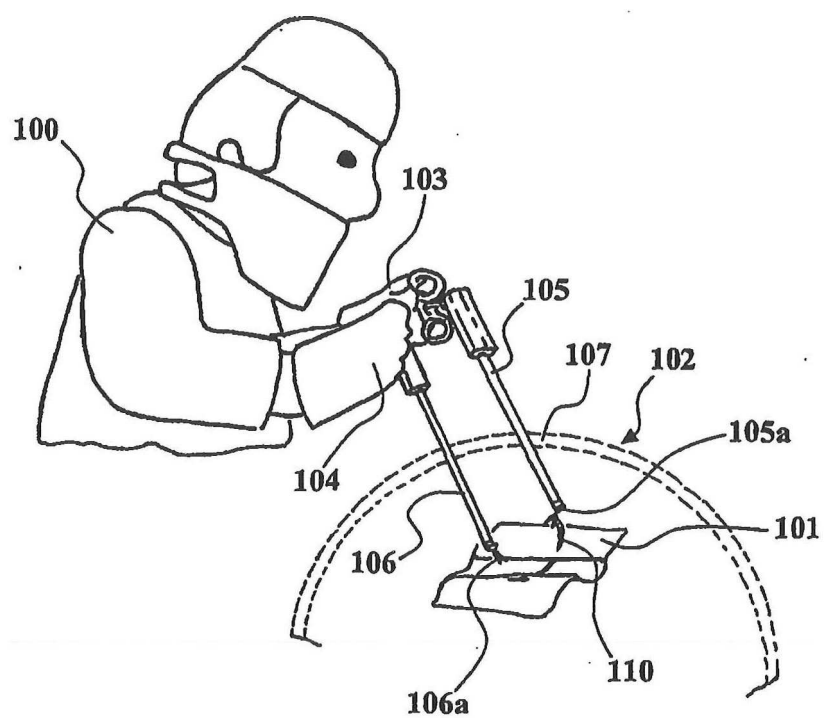


FIG. 1

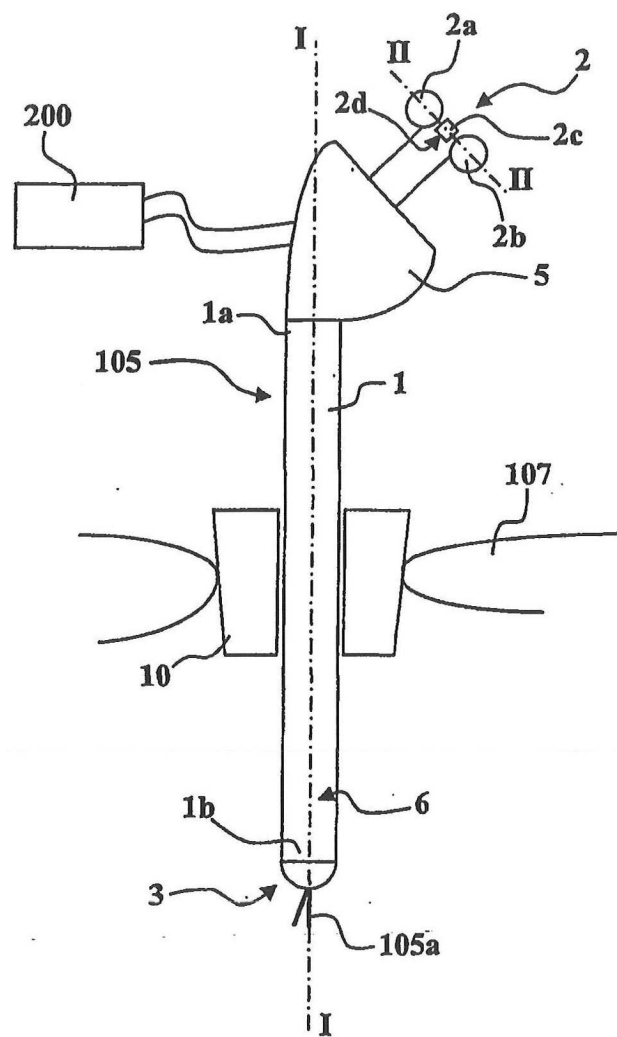


FIG. 2

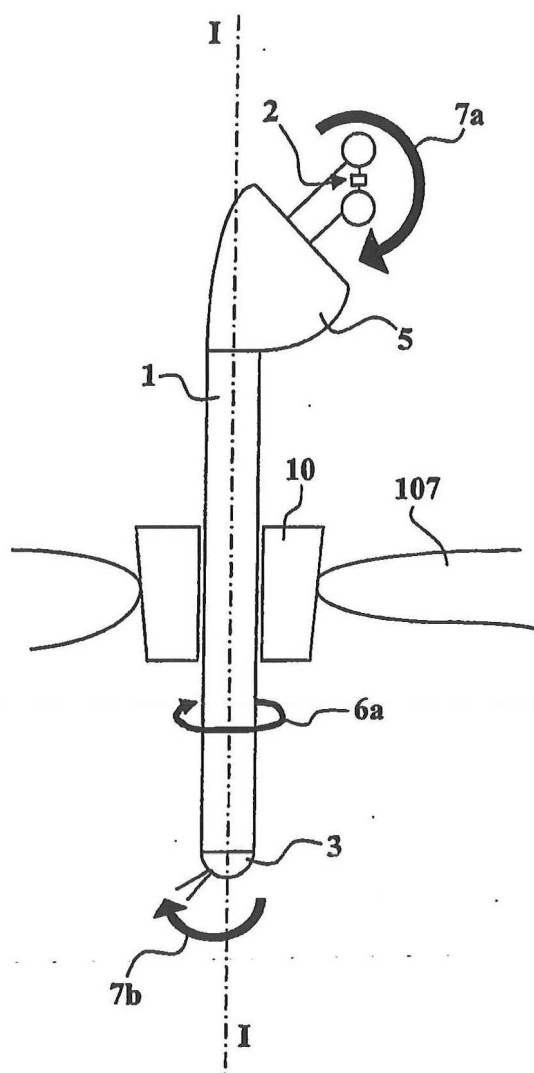


FIG. 3

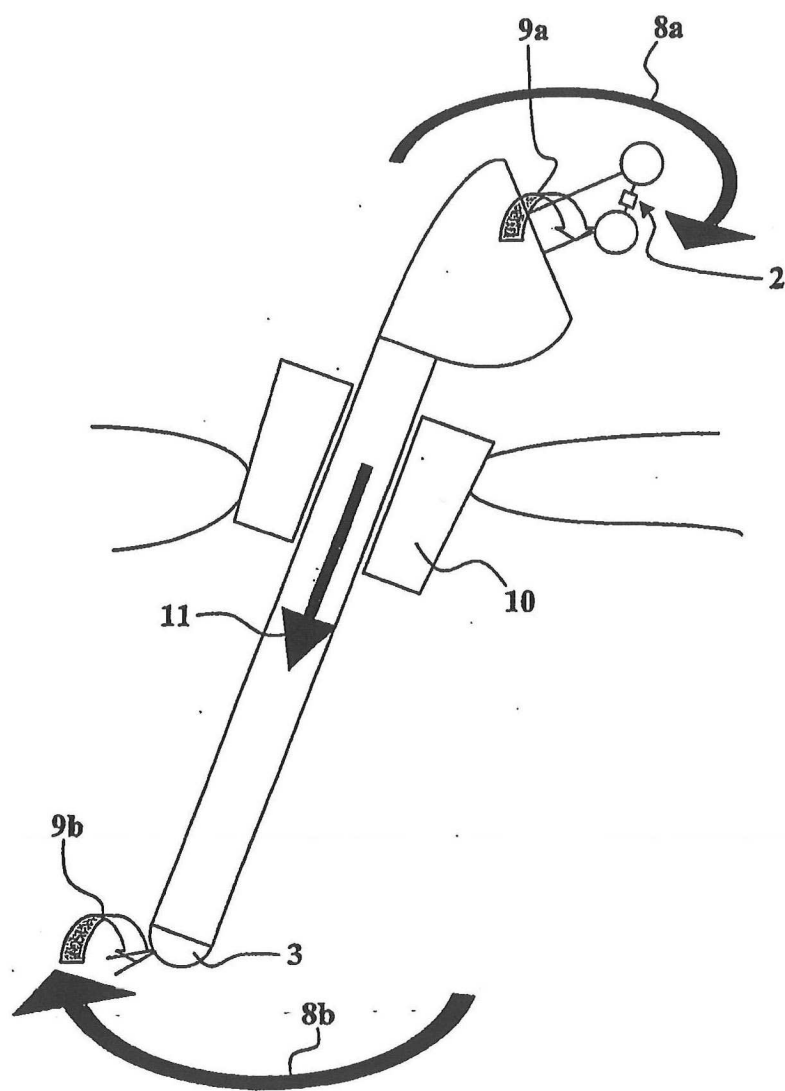


FIG. 4

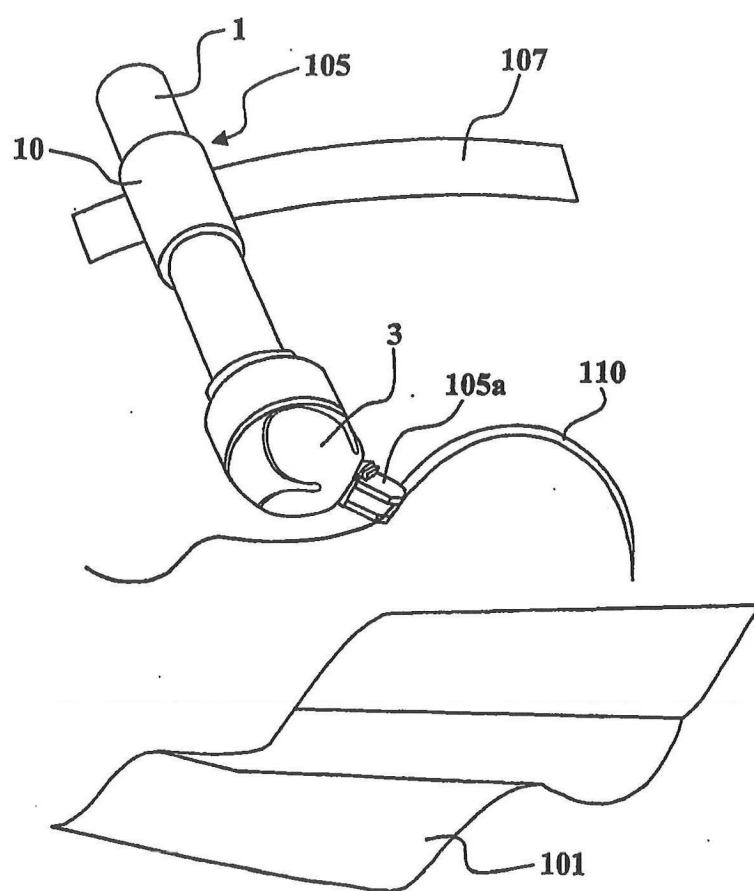


FIG. 5

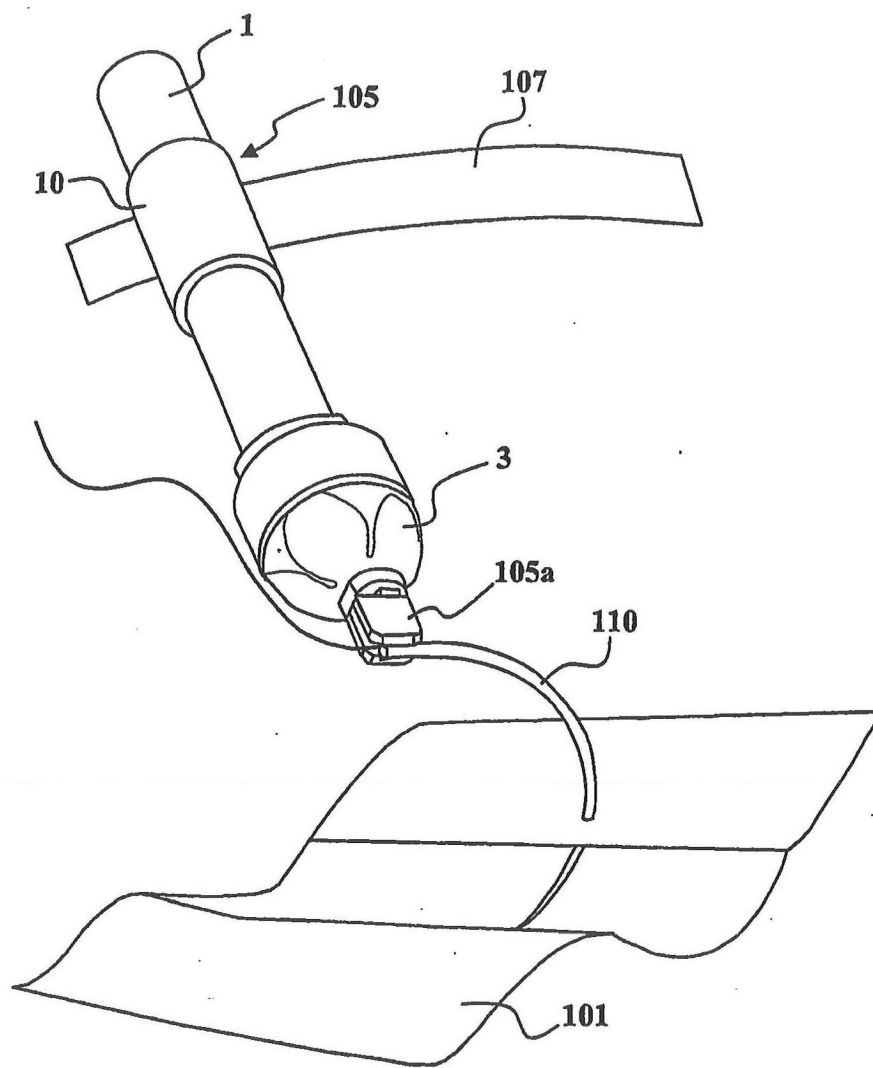


FIG. 6

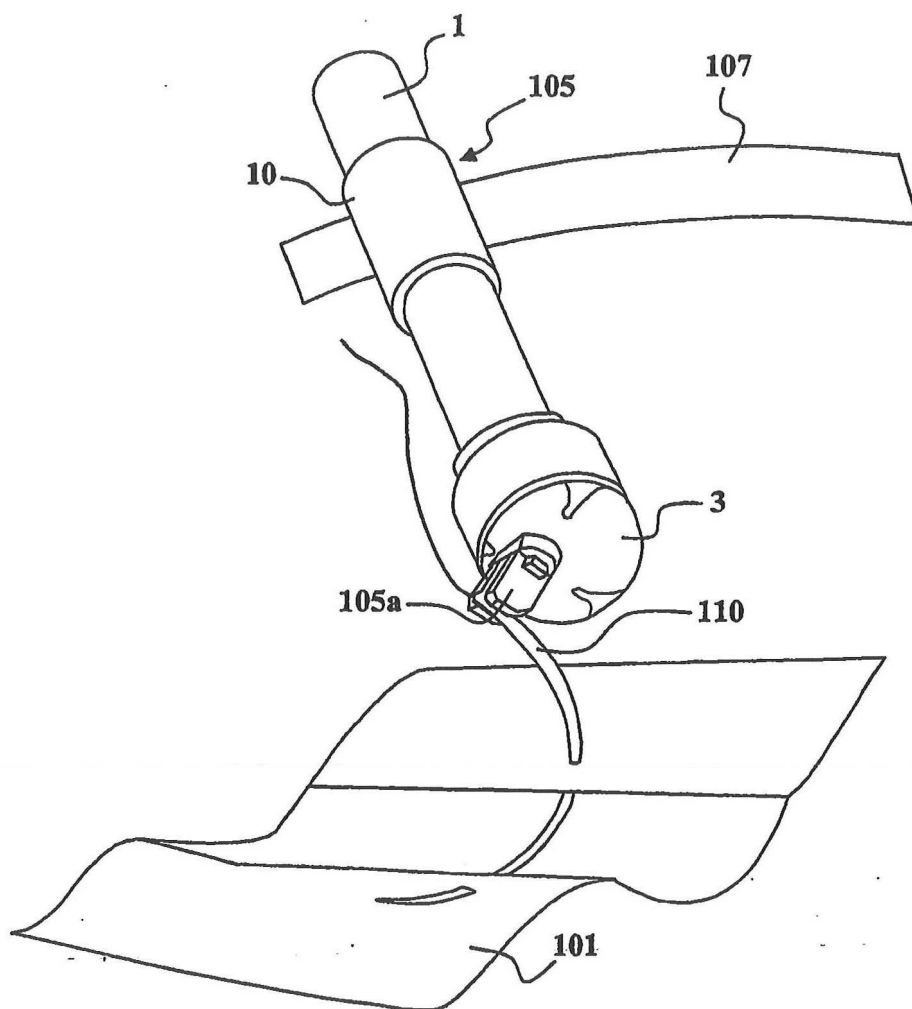
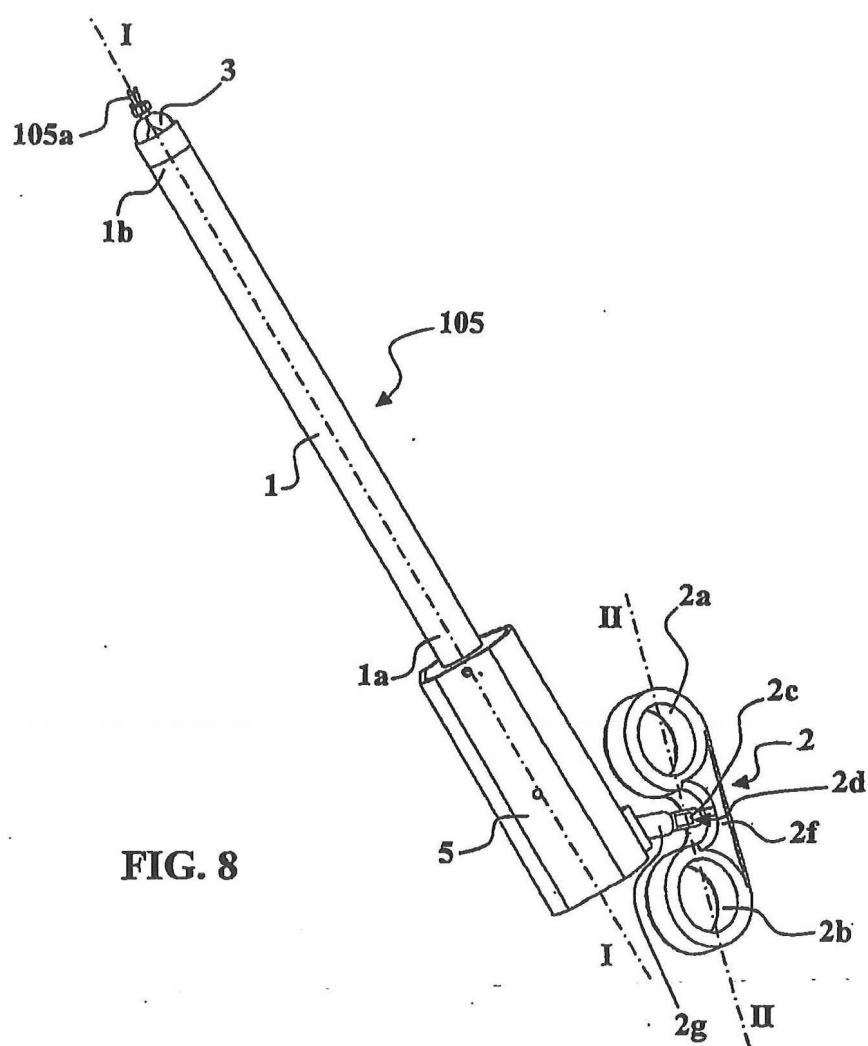
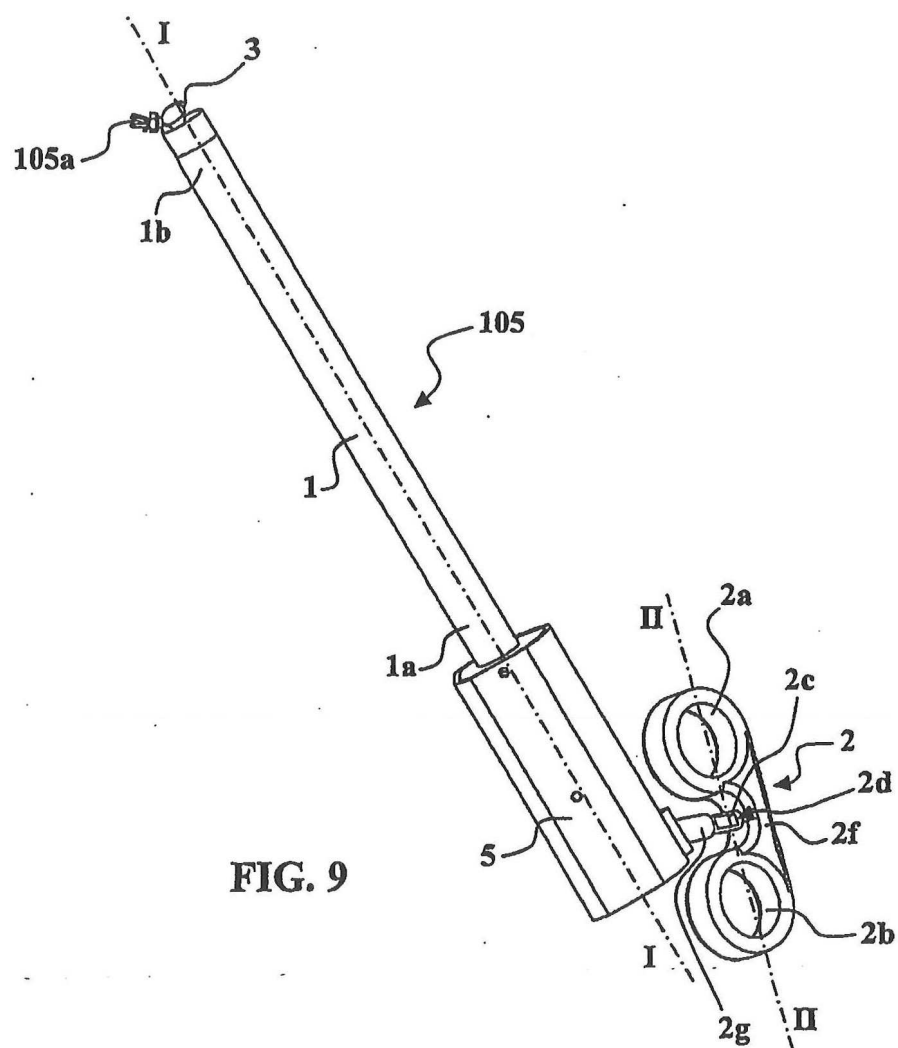
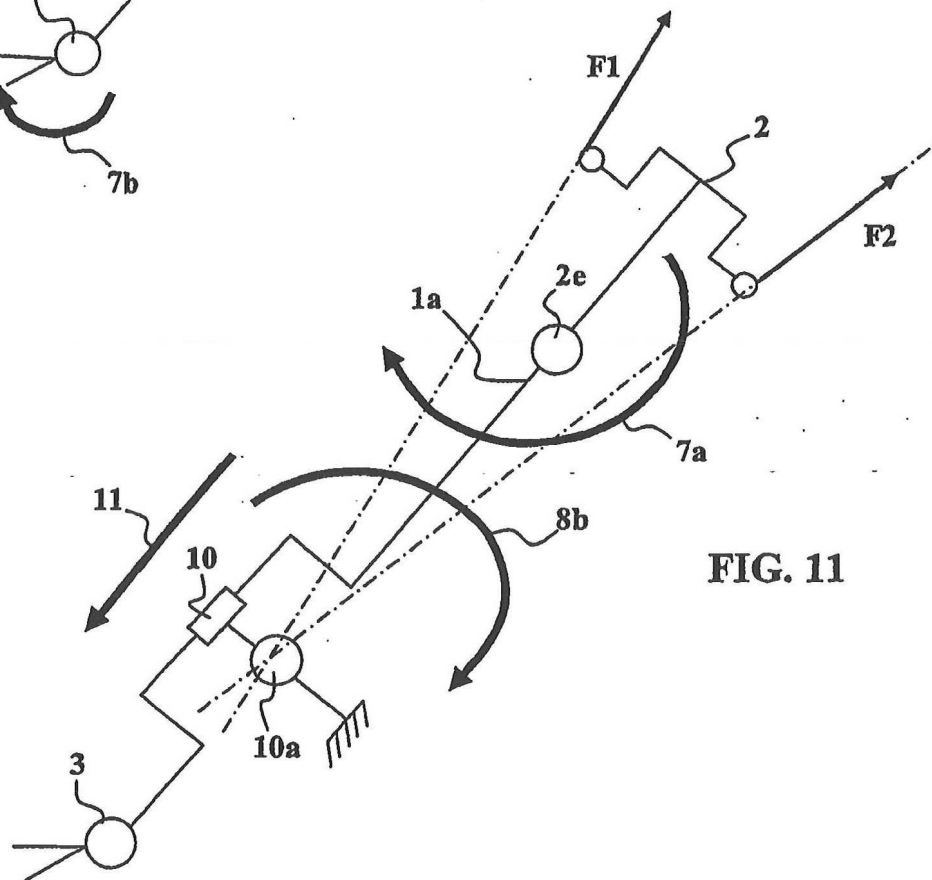
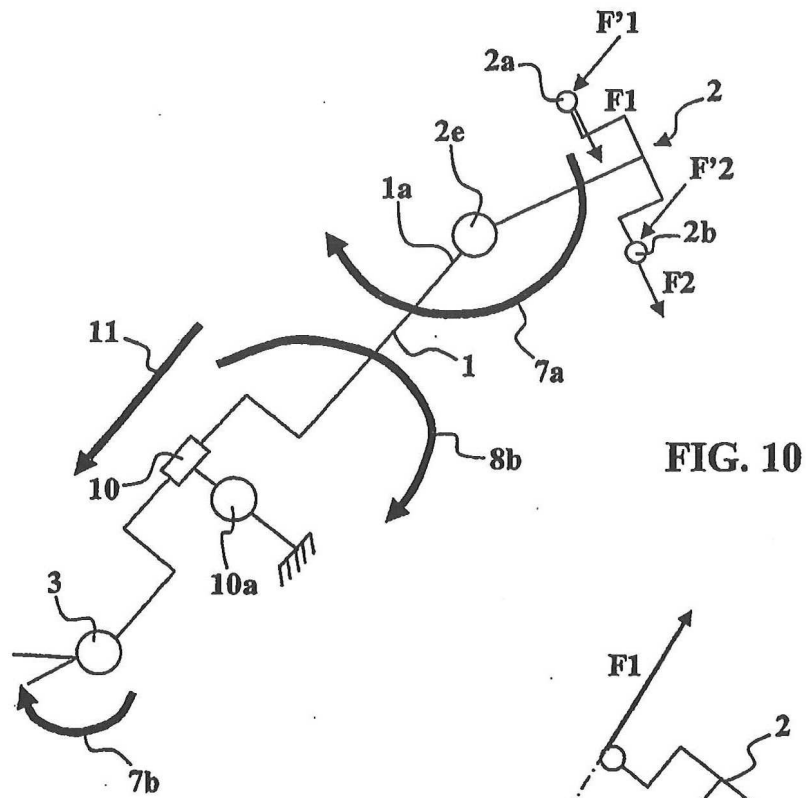
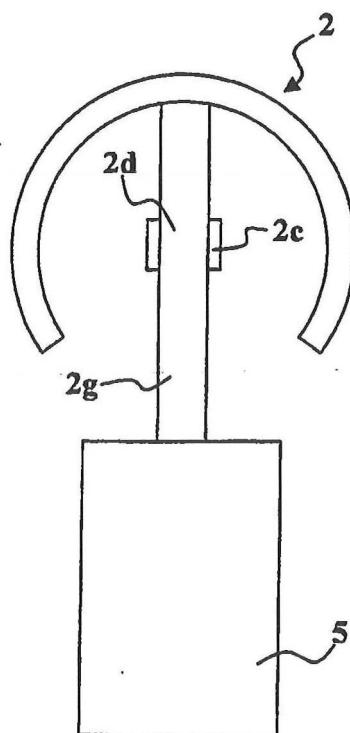
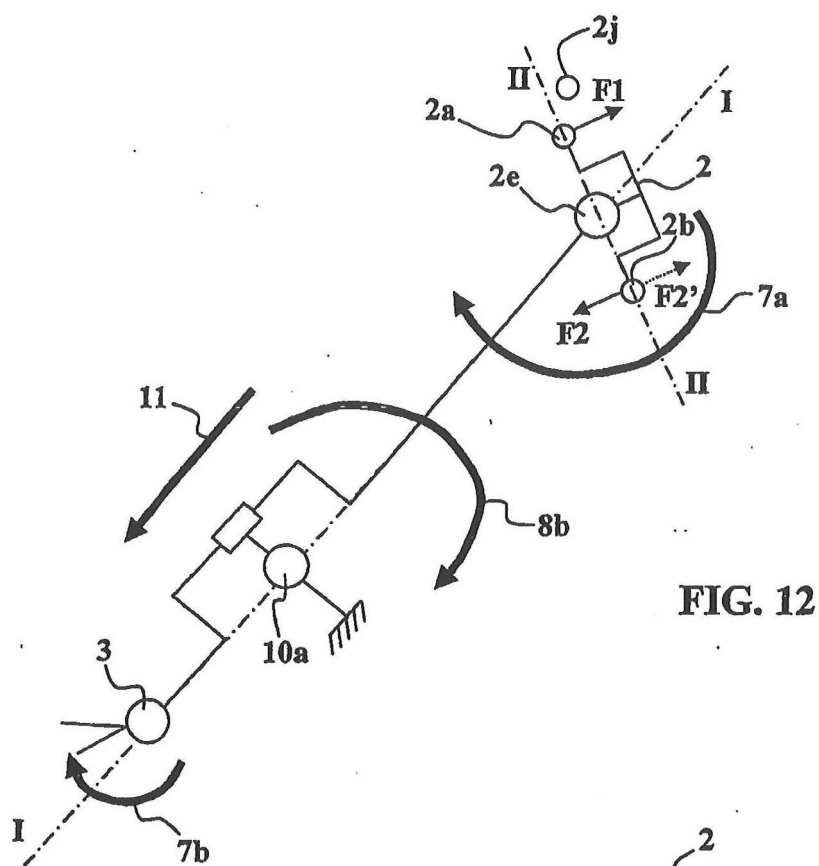


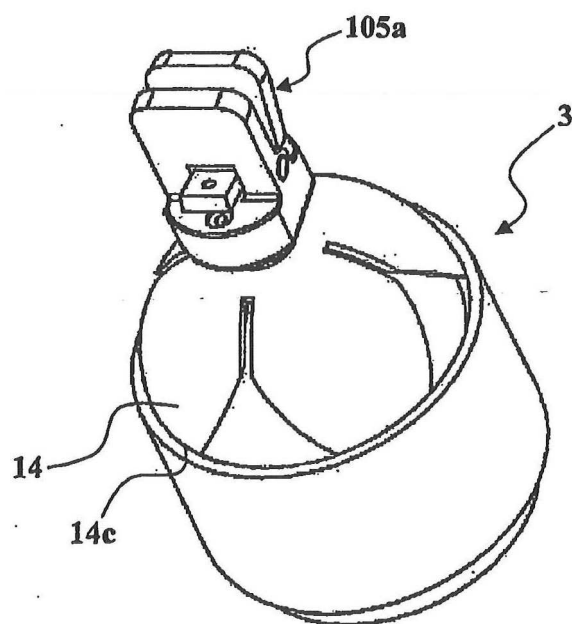
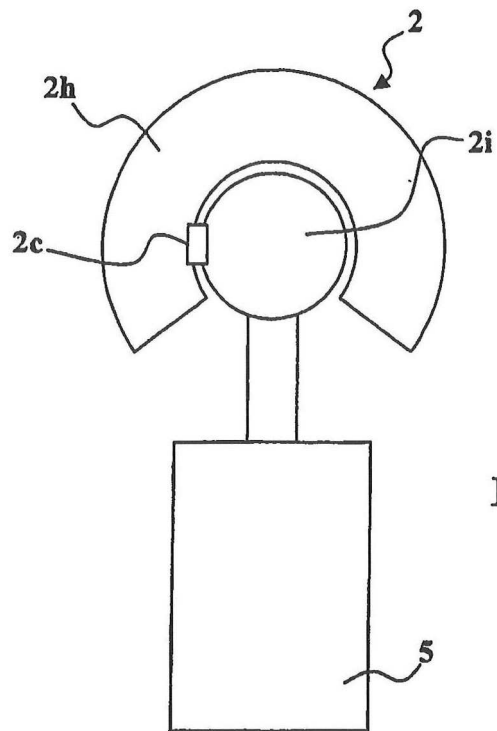
FIG. 7











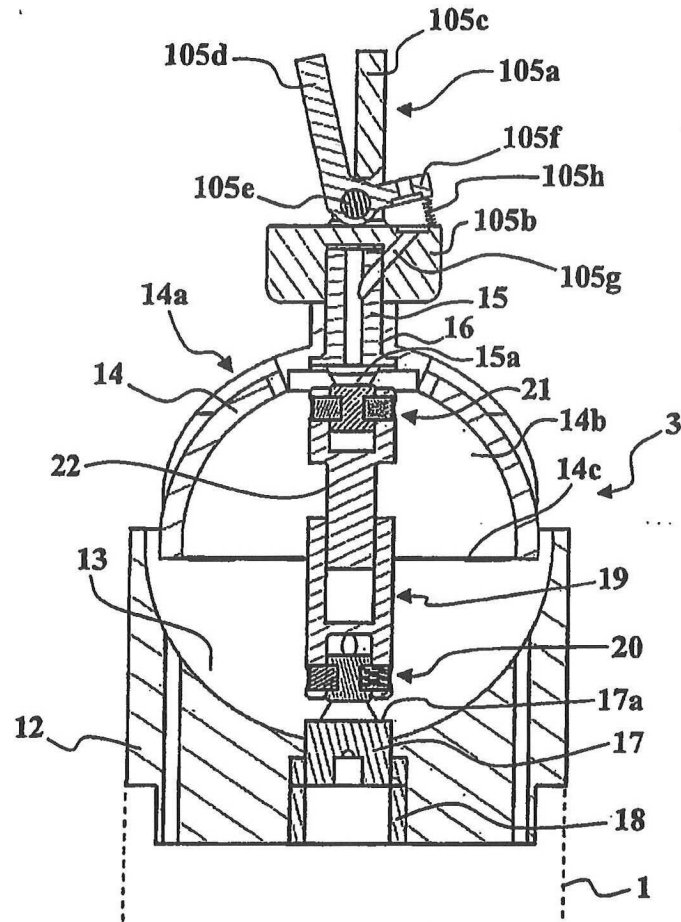


FIG. 16

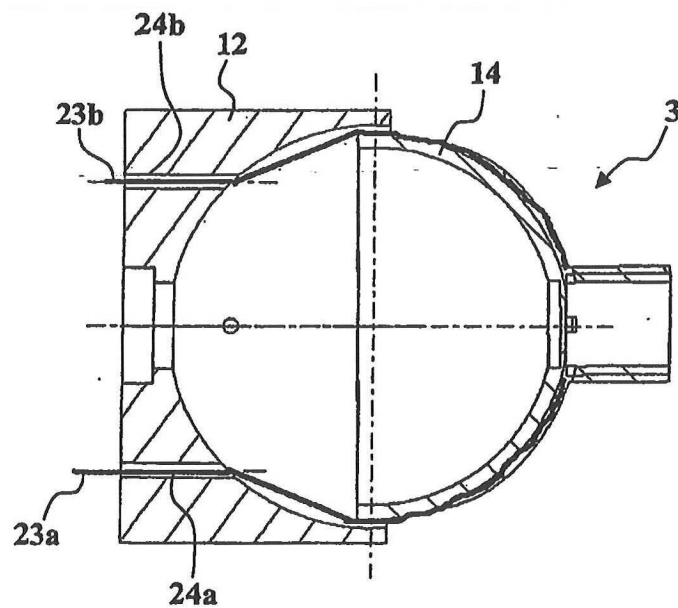
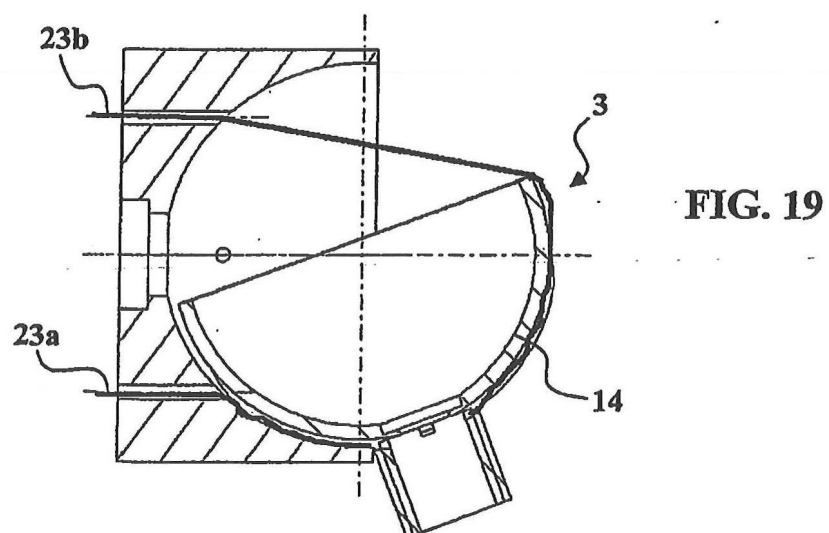
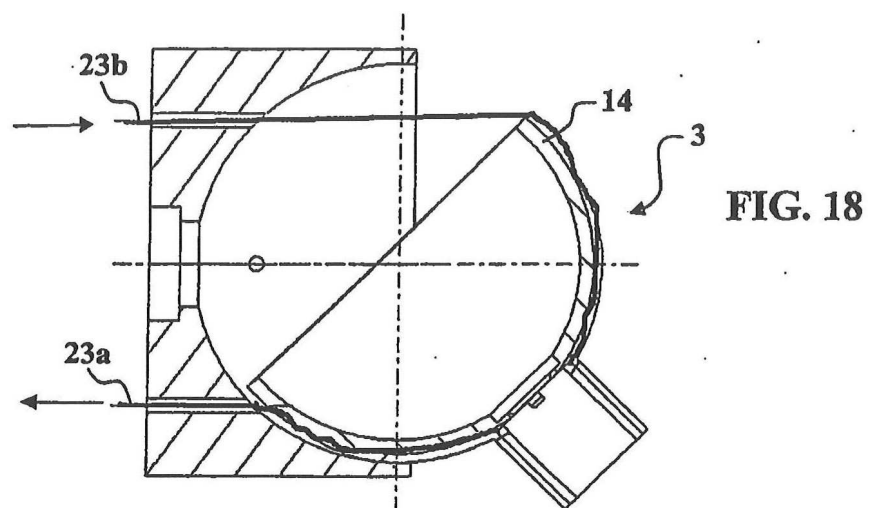


FIG. 17



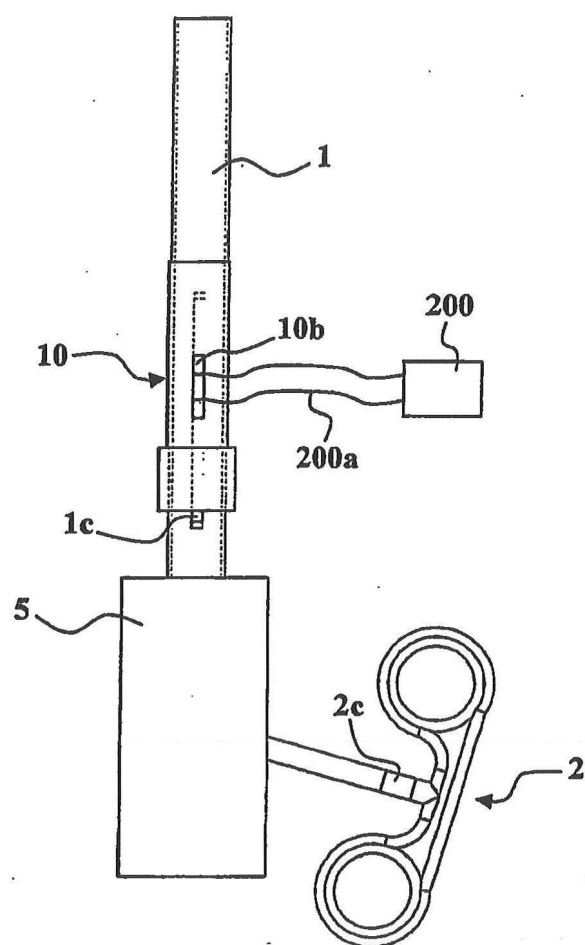


FIG. 20

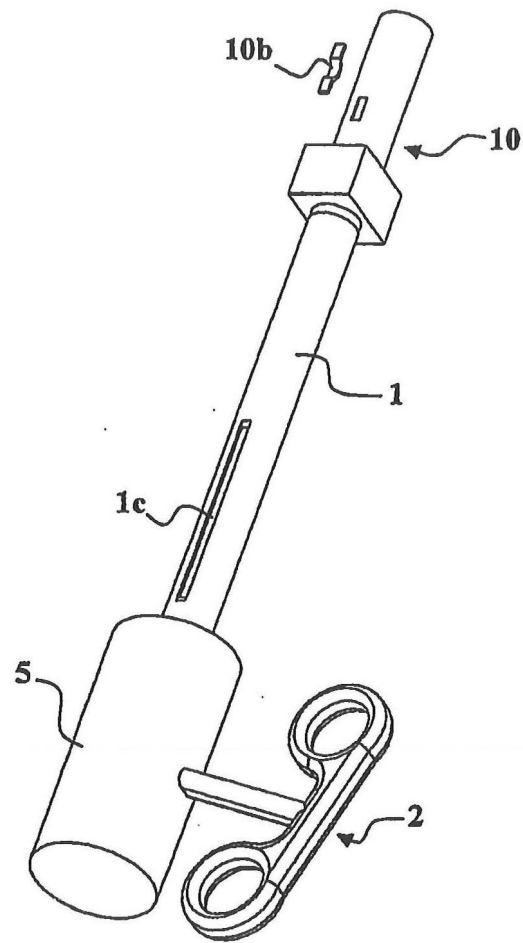


FIG. 21

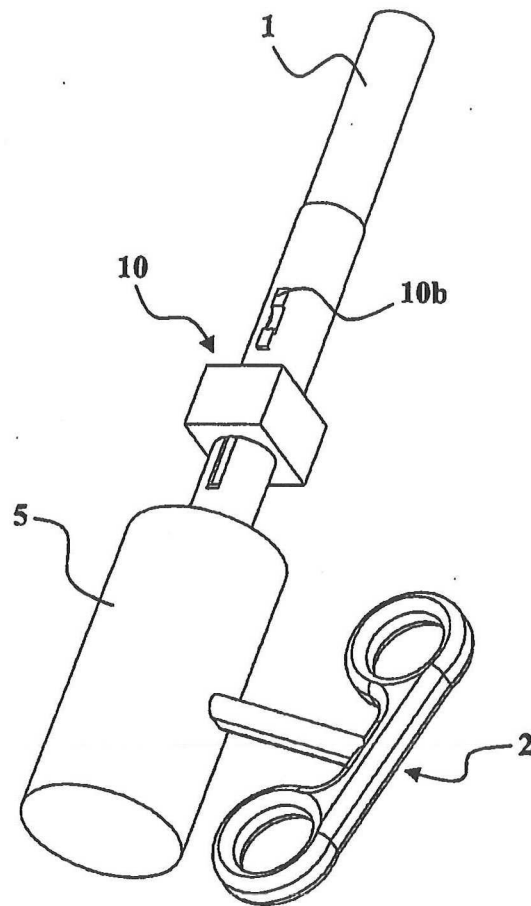


FIG. 22