

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 531**

51 Int. Cl.:

A61B 1/005 (2006.01)
A61B 17/29 (2006.01)
A61B 34/30 (2006.01)
A61B 17/00 (2006.01)
G02B 23/24 (2006.01)
A61M 25/01 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2015 E 19204431 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2023 EP 3653105**

54 Título: **Dispositivo médico dirigible**

30 Prioridad:

31.03.2014 US 201461972518 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2024

73 Titular/es:

**HUMAN EXTENSIONS LTD. (100.0%)
45 HaMelacha Street P.O. Box 8180 Poleg
Industrial Park
4250574 Netanya, IL**

72 Inventor/es:

**SHOLEV, MODEHAI y
BLYAKHMAN, YUVAL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 960 531 T3

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).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo médico dirigible

Campo y antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo médico dirigible y, más particularmente, a un dispositivo médico que incluye cables de control no restringidos que pueden deflectarse de la porción dirigible del dispositivo médico cuando se tensan.

10 Los dispositivos médicos tales como endoscopios y catéteres se utilizan ampliamente en cirugía mínimamente invasiva para visualizar o tratar órganos, cavidades, conductos y tejidos. Generalmente, tales dispositivos incluyen un cuerpo de dispositivo alargado que está diseñado para entregar y posicionar un instrumento montado distalmente (por ejemplo, bisturí, agarrador o cámara/lente de cámara) dentro de una cavidad, vaso o tejido corporal.

15 Puesto que tales dispositivos se entregan a través de un puerto de entrega que se posiciona a través de una pequeña incisión realizada en la pared del tejido (por ejemplo, la pared abdominal), y se utilizan en un espacio anatómicamente limitado, es deseable que el dispositivo médico o al menos una porción del mismo sea dirigible o maniobrable en el interior del cuerpo usando controles colocados fuera del cuerpo (en el extremo proximal del dispositivo médico). Dicha capacidad de ser dirigido permite al operador guiar el dispositivo dentro del cuerpo y posicionar con precisión el instrumento montado distalmente en un punto de referencia anatómico.

20 Con el fin de controlar la deflexión de una porción dirigible del dispositivo y de esta manera dirigir el instrumento montado en la misma, los dispositivos médicos dirigibles emplean típicamente uno o más cables de control que se desplazan a lo largo del dispositivo y terminan en el extremo distal de la porción dirigible o en la punta distal.

El extremo proximal de cada cable de control está conectado al mango operado por el usuario; tirar del cable dobla el cuerpo del dispositivo y deflecta la porción dirigible con relación al cable estirado.

Se conocen en la técnica numerosos ejemplos de dispositivos dirigibles, véase, por ejemplo, las Patentes de EE.UU. números 2.498.692; 4.753.223; 6.126.649; 5.873.842; 7.481.793; 6.817.974; 7.682.307 y la Publicación de Solicitud de Patente de EE.UU. número. 20090259141.

25 El documento US2003135204 describe un instrumento médico controlado robóticamente que incluye una sección de doblado con una construcción de un solo cuerpo, una herramienta soportada en un extremo distal de la sección de doblado y utilizada para realizar un procedimiento médico en un sujeto tal como un paciente humano, y un controlador electrónico que controla la sección de doblado para proporcionar al menos un grado de libertad de movimiento.

30 Aunque los dispositivos de la técnica anterior pueden dirigirse eficazmente dentro del cuerpo, el diámetro relativamente pequeño del cuerpo alargado del dispositivo (que viene dictado por el diámetro del puerto de entrega), limita severamente las capacidades de ángulo de deflexión y aumenta la fuerza de tracción requerida para deflectar la porción del dispositivo dirigible. Por consiguiente, sería muy ventajoso tener un dispositivo médico dirigible que tuviese un cuerpo de dispositivo lo suficientemente estrecho para su entrega a través de puertos de entrega estándar y todavía fuese capaz de proporcionar una capacidad de ser dirigido con un gran ángulo de la porción deflectable dentro del cuerpo mientras se minimiza la fuerza de tracción requerida para la tal capacidad de ser dirigido.

Sumario de la invención

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo médico de acuerdo con lo establecido en la reivindicación 1. En las reivindicaciones 2 a 5 se establecen características adicionales.

40 La presente invención aborda con éxito las deficiencias de las configuraciones actualmente conocidas proporcionando un dispositivo médico dirigible que tiene una región deflectable que está configurada para poder de formar un ángulo de más de 180 grados con respecto a un eje longitudinal del dispositivo.

45 A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos utilizados en la presente memoria descriptiva tienen el mismo significado que entenderá comúnmente un experto en la técnica a la que pertenece esta invención. Aunque en la práctica o en las pruebas de la presente invención se pueden usar procedimientos y materiales similares o equivalentes a los descritos en el presente documento, a continuación se describen procedimientos y materiales adecuados. En caso de conflicto, prevalecerá la especificación de la patente, incluyendo las definiciones. Además, los materiales, procedimientos y ejemplos son únicamente ilustrativos y no pretenden ser limitantes.

Breve descripción de las distintas vistas de los dibujos

- 5 La invención se describe en la presente memoria descriptiva, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan. Con referencia específica ahora a los dibujos en detalle, se enfatiza que los detalles mostrados son únicamente a modo de ejemplo y para fines de discusión ilustrativa de las realizaciones preferidas de la presente invención, y se presentan con el fin de proporcionar lo que se cree que ser la descripción más útil y fácilmente comprensible de los principios y aspectos conceptuales de la invención. En lo que a esto se refiere, no se hace ningún intento de mostrar los detalles estructurales de la invención con más detalle del necesario para una comprensión fundamental de la invención, la descripción tomada con los dibujos se hace evidente para los expertos en la técnica así cómo las diversas formas de la invención pueden materializarse en la práctica.
- 10 En los dibujos:
- Las figuras 1a-h ilustran el presente dispositivo y el funcionamiento del mango que controla la deflexión de la(s) porción(s) dirigible(s) y el extremo efector.
- La figura 2 ilustra el cuerpo alargado (equipado con un extremo agarrador) y los componentes de la unidad de accionamiento del dispositivo de la figura 1.
- 15 Las figuras 3a-b ilustran una realización de una porción dirigible del presente dispositivo.
- Las figuras 4a-b ilustran otra realización de una porción dirigible del presente dispositivo.
- Las figuras 5a-d ilustran una realización de un enlace utilizable para construir una porción dirigible del presente dispositivo (figuras 5a-c), y una porción dirigible construida a partir de una pluralidad de enlaces.
- 20 La figura 6 ilustra una porción dirigible con varios enlaces retirados, exponiendo el elemento elástico montado dentro de un núcleo central de los enlaces.
- Las figuras 7a-h ilustran una realización del presente dispositivo que incluye una porción dirigible fabricada a partir de enlaces interconectados en forma de disco. Las figuras 7a-c ilustran vistas isométricas y laterales del dispositivo, mientras que las figuras 7d-h ilustran los enlaces en forma de disco.
- 25 Las figuras 8a-q ilustran una realización del presente dispositivo que incluye dos porciones dirigibles desplazadas deflectables para formar, por ejemplo, configuraciones de articulación en forma de U (figura 8k) y en forma de S (figura 8l).
- Las figuras 9a-b ilustran una realización del presente dispositivo que incluye un eje flexible unitario equipado con guías para enrutar los cables de control. La figura 9b ilustra la deflexión del árbol entre guías.
- 30 Las figuras 9c-i ilustran una realización de la presente invención que incluye un árbol flexible unitario que incluye recortes para permitir la deflexión. La figura 9i ilustra la deflexión del árbol entre guías.
- Las figuras 9j-k ilustran un árbol flexible unitario (figura 9k) construido a partir de enlaces en forma de disco (figura 9j) que están sujetos unos a los otros alrededor de un único punto de pivote desplazado de forma giratoria.
- 35 Las figuras 10a-c son imágenes de un dispositivo prototipo probado a través de varios estados de articulación y ángulos de deflexión de la porción orientable.
- Las figuras 11a-b ilustran una porción orientable compuesta de enlaces transparentes.
- La figura 12 es un diagrama de flujo que describe un "algoritmo" de diseño para la construcción de una región de articulación de propiedades predeterminadas utilizando las enseñanzas de la presente invención.

Descripción de las realizaciones preferentes

- 40 La presente invención se refiere a un dispositivo y sistema médico que se puede utilizar en cirugía mínimamente invasiva. Específicamente, la presente invención se puede utilizar para proporcionar una dirección mejorada.
- Los principios y el funcionamiento de la presente invención se pueden entender mejor con referencia a los dibujos y las descripciones que se acompañan.
- 45 Antes de explicar en detalle al menos una realización de la invención, debe entenderse que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles establecidos en la siguiente descripción o ejemplificados por los Ejemplos. La invención es susceptible de otras realizaciones o de practicarse o llevarse a cabo de diversas maneras. Además, debe entenderse que la fraseología y terminología empleadas la presente memoria descriptiva tienen fines de descripción y no deben considerarse limitantes.

5 Los dispositivos médicos dirigibles para uso en cirugía mínimamente invasiva son bien conocidos en la técnica. Dichos dispositivos normalmente utilizan uno o más cables de control operables desde un extremo proximal del dispositivo colocado dentro del cuerpo para desviar y dirigir de esta manera una porción distal del dispositivo colocado dentro del cuerpo. Para permitir que el cable de control desvíe eficientemente la porción distal del dispositivo, el eje longitudinal del cable de control debe estar desplazado del eje de desviación. En general, cuanto mayor sea el desplazamiento, mayor deflexión se puede lograr con menos fuerza de tracción aplicada al cable de control.

10 Puesto que el diámetro de los dispositivos mínimamente invasivos lo dicta el puerto de administración utilizado para acceder a los tejidos intracorporales (típicamente 5, 8 o 10 mm), en las herramientas existentes el desplazamiento entre el cable de control y el eje de desviación está limitado, de hecho, por el diámetro del eje de la herramienta, el diámetro del puerto y la configuración del dispositivo.

Para superar esta limitación, el presente inventor ha ideado una configuración única de guiado de cable de control que minimiza el diámetro total del cuerpo del dispositivo y sigue proporcionando un desplazamiento del cable de control cuando la porción orientable está en ángulo.

15 De esta manera, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo médico que incluye una porción intracorporal dirigible que puede ser dirigida en una amplia gama de ángulos (hasta 180 grados) y patrones tales como zigzag o curvas de diámetro variado en uno o más puntos a lo largo de su longitud.

20 Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, la frase "dispositivo médico" se refiere a cualquier dispositivo utilizable en el tratamiento de un sujeto, preferiblemente un sujeto humano. El dispositivo médico de la presente invención se usa preferentemente en cirugía mínimamente invasiva en la que una porción distal dirigible del mismo situada dentro del cuerpo de un sujeto se controla desde un extremo proximal situado fuera del cuerpo (extracorpóreamente) mediante un mecanismo de control que incluye preferentemente cables de control. El dispositivo médico se puede utilizar para visualizar o manipular tejidos dentro de cualquier cavidad corporal. Ejemplos de dispositivos médicos que pueden beneficiarse de la presente invención incluyen un endoscopio (por ejemplo, laparoscopio o torascopio), un catéter, un portaagujas, un agarrador, unas tijeras, un gancho, una grapadora, un retractor y otros similares.

25 El dispositivo médico de la presente divulgación incluye un cuerpo de dispositivo alargado que tiene una porción distal que es dirigible dentro del cuerpo de un sujeto (también denominada aquí porción dirigible), preferiblemente por medio de al menos un cable de control. Como se describe con más detalle en la presente memoria descriptiva, la porción dirigible del dispositivo se puede deflectar en varias direcciones y configuraciones, por ejemplo, toda la porción dirigible se puede deflectar (arquear) hacia una dirección usando un único cable de control, o un primer segmento de la porción dirigible se puede desviar en una dirección mientras que otro se puede desviar en una dirección opuesta (zigzag y articulación multiplano) utilizando dos o más cables de control. Las figuras 10a-c de la sección de Ejemplos que sigue proporcionan varios ejemplos de las capacidades de deflexión del presente dispositivo.

35 El cuerpo alargado del dispositivo incluye uno o más cables de control dispuestos a lo largo de su longitud. El extremo proximal del cable de control está unido a palancas de control que se pueden accionar mediante un mango del dispositivo médico o mediante un mecanismo electromecánico. El extremo distal del cable de control está unido al cuerpo del dispositivo (en un punto más allá de la porción dirigible). La longitud del cable de control se puede enrutar dentro o a lo largo del cuerpo del dispositivo con la sección de cable correspondiente a la porción dirigible que se enruta fuera del cuerpo del dispositivo de modo que pueda moverse libremente fuera del eje longitudinal del cuerpo del dispositivo (desplazado) cuando la porción dirigible está en ángulo.

Permitir que el cable de control se separe libremente del cuerpo del dispositivo en la porción dirigible proporciona varias ventajas:

- 45 (i) reduce gradualmente la fuerza necesaria para desviar la porción dirigible una vez que la porción dirigible se curva;
- (ii) elimina la necesidad de guías de cable en la porción dirigible (opcionalmente a lo largo de todo el cuerpo del dispositivo), simplificando de esta manera la construcción y reduciendo la fricción en los cables de control;
- (iii) reduce la fricción entre el cable y las guías de cable;
- (iv) permite utilizar cables de menor diámetro porque la fuerza necesaria para dirigir la articulación es significativamente menor;
- 50 (v) reduce los medios para conectar el cable al extremo distal de la articulación porque la fuerza necesaria para dirigir la articulación es significativamente menor;
- (vi) (iv) + (v) permiten reducir el diámetro del dispositivo cuando es lineal, facilitando de esta manera la inserción y extracción en el cuerpo (a través de, por ejemplo, un puerto de trocar);

(vii) cuando se usa la herramienta manualmente, todo lo anterior permite al cirujano operar la herramienta con mucho menos esfuerzo;

5 (viii) hace posible el uso de actuadores electromecánicos. Como se describirá más adelante, la importante reducción de fuerza permite el uso de actuadores muy pequeños (tales como motores), lo que permite el diseño de un dispositivo liviano totalmente motorizado;

(ix) el uso de actuadores muy pequeños (tales como motores) permite operar un dispositivo totalmente motorizado con un pequeño consumo de energía; y

(X) permite el uso de materiales transparentes en la porción dirigible.

10 Las figuras 1-11b ilustran varias realizaciones del presente dispositivo al que se hace referencia la presente memoria descriptiva como dispositivo 10.

La figura 1a ilustra una configuración laparoscópica del dispositivo 10. El dispositivo 10 incluye un cuerpo de dispositivo alargado 12 (también denominado en la presente memoria descriptiva como cuerpo alargado 12 o cuerpo 12) que incluye una porción dirigible 14 fabricada a partir de una serie de segmentos 16 (mostrados en las figuras 5a- C).

15 El cuerpo 12 del dispositivo puede tener entre 20 y 40 cm de longitud y entre 5 y 12 mm de diámetro. El cuerpo 12 del dispositivo puede ser hueco o sólido dependiendo del uso del dispositivo 10. Por ejemplo, en los casos en los que el dispositivo 10 se usa para dirigir una cámara endoscópica, el cuerpo 12 del dispositivo puede ser hueco para permitir el enrutamiento de cables o cables de fibra óptica desde un extremo (mango) operable por el usuario para una cámara o lente montada en un extremo distal del cuerpo alargado del dispositivo. También se puede usar un cuerpo hueco 12 de dispositivo para enrutar cables para controlar el funcionamiento de un cabezal manipulador de tejido tal como una agarrador y/o para acomodar al menos un elemento elástico alargado para proporcionar rigidez elástica al cuerpo del dispositivo (descrito con más detalle en la presente memoria descriptiva a continuación).

20 El dispositivo 10 también incluye una interfaz 18 operable por el usuario unida al extremo proximal del cuerpo 12 del dispositivo y un extremo efector 20 (por ejemplo, un manipulador de tejido tal como una agarrador) unido a un extremo distal del cuerpo 12 del dispositivo. La interfaz 18 funciona controlando y estableciendo una orientación, y posición del cuerpo alargado 12, angulando la porción dirigible 14 y en el extremo efector operativo 20 (por ejemplo, apertura/cierre, rotación y angulación de un agarrador).

25 Por ejemplo, en la configuración mostrada en la figura 1a, un usuario (por ejemplo, cirujano) puede presionar/liberar los mangos 300 para cerrar y abrir las mordazas del agarrador, rotar la interfaz 18 para rotar las mordazas del agarrador y/o inclinar la carcasa 400. para desviar la porción dirigible 14. Estas acciones se pueden realizar por separado o simultáneamente.

30 En la presente memoria descriptiva y a continuación se describe con más detalle una interfaz 18 que se puede utilizar con el dispositivo 10. Alternativamente, el dispositivo 10 puede incorporar la interfaz descrita en la Solicitud de Patente Provisional U.S. Núm. 61/694,865.

35 La figura 2 ilustra el enrutamiento de los cables de control 22 desde la unidad de accionamiento 24 hasta un punto distal a la porción dirigible 14. La unidad de accionamiento 24 puede incluir palancas, poleas y engranajes para trasladar los movimientos de la mano del usuario (movimientos de control) para tirar de los cables de control 22. La transferencia puede ser mecánica (manual) o motorizada. Una realización motorizada de la unidad de accionamiento 16 se describe con más detalle en la Solicitud de Patente Provisional U.S. Núm. 61/872,727.

40 En la realización mostrada en la figura 2, los cables de control 22 se enrutan dentro del cuerpo del dispositivo 12 (por ejemplo, debajo de una funda que cubre el cuerpo del dispositivo 12 o en el tubo) hasta la porción dirigible 14. En la porción dirigible 14, los cables de control 22 (se muestra uno) están libre del cuerpo 12 del dispositivo, de modo que la angulación de la porción dirigible desvía el cable de control 22 separándolo del eje longitudinal del cuerpo 12 del dispositivo. La desviación del cable de control separándolo del eje longitudinal del dispositivo (radialmente hacia afuera) aumenta el desplazamiento entre el cable de control y el eje de deflexión del cuerpo alargado del dispositivo y, por lo tanto, minimiza la fuerza de tracción necesaria para lograr la deflexión.

45 La porción dirigible 14 (compuesta por enlaces) se muestra con mayor detalle en las figuras 3a-4b. En las figuras 3a-b, los cables de control 22₂ 22₃ están unidos al cuerpo 12 del dispositivo en el punto B y se enrutan al cuerpo 12 a través del punto A₂. En el medio, los cables de control 22₂ 22₃ son libres de alejarse del cuerpo 12 del dispositivo y, por lo tanto, desviarse del cuerpo 12 del dispositivo cuando se tiran hacia la porción dirigible en ángulo 14. La figura 3a ilustra el tirón de los cables de control 22₂ 22₃, el cable de control 22₁ no sufre tiramiento y, por lo tanto, permanece al ras contra el cuerpo del dispositivo 12. El estiramiento de los cables de control 22₂ 22₃ defleca el extremo efector 20 (se muestra el agarrador) en el plano entre los cables de control 22₂ 22₃. La figura 3b ilustra la tracción simultánea de los cables de control 22₂ 22₃. Ambos cables de control se desvían alejándose del cuerpo 12 del dispositivo (en la porción dirigible 14) y tiran del extremo efector 20 en un plano entre los cables de control 22₂ 22₃ dando como resultado una inclinación del extremo efector 20.

En la realización de las figuras 3a-b, los cables de control 22₂ 22₃ y 22₁ están unidos directamente al cuerpo del dispositivo 12 en B₁ B₂ B₃ y enrutados al cuerpo 12 a través de A₁ A₂ A₃. En las figuras 4a-b, los cables de control 22 están unidos a palancas retráctiles 26 en un extremo distal de las mismas. Las palancas 26 están dispuestas dentro de las ranuras 28 en el cuerpo 12 del dispositivo cuando el dispositivo 10 se introduce en el cuerpo. Las palancas 26 pueden estar cargadas por resorte y secuestradas en el interior de las ranuras 28 durante la entrega a través de un puerto. Una vez que la región del cuerpo del dispositivo 12 que contiene las palancas 26 sale del puerto (es decir, está libre de las limitaciones radiales impuestas por la pared interior del puerto), las palancas 26 pueden saltar; alternativamente, las palancas 26 pueden desplegarse cuando se traccionan los cables de control 22. En cualquier caso, una vez desplegadas, las palancas 26 desvían los extremos distales de los cables de control 22 lejos del cuerpo del dispositivo, aumentando de esta manera el apalancamiento de los cables de control 22 y reduciendo aún más la fuerza de tracción necesaria para desviar la porción dirigible 14. Cuando el cuerpo 12 del dispositivo se saca del cuerpo a través de un puerto, las palancas 26 colapsan en las ranuras 28 para facilitar la extracción a través del puerto.

Como se ha mencionado en la presente memoria descriptiva más arriba, una realización del cuerpo 12 del dispositivo o al menos de la porción dirigible 14 está construida preferiblemente a partir de una serie de enlaces. Las figuras 5a-c ilustran una realización de los enlaces 30 con el conjunto de los enlaces 30 en la porción dirigible 14 ilustrada en la figura 5d.

Los enlaces 30 incluyen preferiblemente varios brazos 32 (se muestran 3) montados alrededor de un núcleo central 34. Como se muestra en la figura 5d, el espacio 36 entre los brazos acomoda cables de control 22 y, por lo tanto, el número de brazos 32 (preferiblemente 2-12) dicta el número de cables de control 22 usados en el dispositivo 10.

El enlace 30 se fabrica preferiblemente a partir de una aleación o polímero mediante moldeo por mecanizado o similar.

El núcleo 34 incluye una abertura circular central 38 (figura 5b), mientras que cada brazo 32 incluye opcionalmente una abertura 39 (figura 5a). La abertura 38 puede acomodar un elemento elástico alargado (por ejemplo, un resorte en espiral 33 mostrado en la figura 6 o un tubo elástico) para interconectar los enlaces 30 y proporcionar al cuerpo del dispositivo 12 rigidez y elasticidad en la porción dirigible 12. Las aberturas 39 pueden usarse para enrutar cables para accionar el extremo efector 20 o para acomodar varillas elásticas (como alternativa a una varilla central montada a través de la abertura 38). Las aberturas 39 también se pueden usar para enrutar cables eléctricos para operar un motor o una cámara o mordazas de un agarrador o cualquier otro sensor o actuador en un punto distal a la porción dirigible 14. La abertura 38 también puede servir como lumen pasante para suministrar un tubo de irrigación, fibras ópticas y similares.

Con el fin de evitar o limitar la rotación de los enlaces 30 cuando se tira de los cables de control 22, cada enlace incluye pestañas 40 y ranuras 42 en caras opuestas. Preferiblemente, cada brazo 32 incluye una pestaña 40 y una ranura opuesta 42, aunque la longitud y el ancho pueden variar entre los brazos 32 de un único enlace 30. Las pestañas 40 de un enlace 30 pueden acoplarse a las ranuras 42 de un enlace 30 adyacente, limitando de esta manera la relativa rotación de enlaces 30.

La configuración y posicionamiento de las pestañas 40 y las ranuras 42 se pueden seleccionar para limitar completamente la rotación, o limitar la rotación a un rango de ángulos específico (5-15 grados) o una dirección específica, etc. En cualquier caso, la aplicación entre las pestañas 40 y las ranuras 42 puede ser reversible, permitiendo de esta manera la desaplicación entre ellas cuando la porción dirigible 14 se desvía y los enlaces 30 forman un ángulo unos con respecto a los otros.

Las figuras 7a-h ilustran otra realización de los enlaces 30, que pueden apilarse como se muestra en las figuras 7a-c para formar la porción dirigible 14.

Los enlaces 30 de esta realización del dispositivo 10 tienen aproximadamente forma de disco e incluyen una abertura central 50, una pluralidad de aberturas circunferenciales 52 (figuras 7d-g), muescas 54 (figuras 7e, g, h) y depresiones 56 (figuras 7d, f).

La abertura central 50 sirve para enrutar uno o más cables desde el mango del dispositivo hasta el extremo efector 20. Dichos cables son accionados por el mango para controlar el extremo efector 20 (por ejemplo, abrir, cerrar, girar el agarrador). Las aberturas circunferenciales 52 sirven para enrutar los cables de control 22 para accionar la deflexión de la porción dirigible 14. Las hendiduras 54 y las depresiones 56 interconectan los enlaces adyacentes 30 y permiten que dichos enlaces formen ángulos unos con los otros. Se puede colocar una varilla, tubo o resorte elástico a través de la abertura central 50 para proporcionar elasticidad a los enlaces 30.

La figura 8a ilustra una realización del dispositivo 10 que incluye dos porciones dirigibles independientes: 14 y 14'. El dispositivo 10 incluye un cuerpo 12 del dispositivo (también denominado árbol 12 en la presente memoria descriptiva) con un diámetro típico de 5 a 12 mm. El extremo distal del cuerpo 12 del dispositivo está equipado con un extremo efector 20 que puede ser, por ejemplo, un agarrador como se muestra en esta figura. La porción dirigible 14' incluye un enlace de base proximal 29 que está conectado al extremo distal del árbol 12, una serie de enlaces 30 y un enlace de extremo distal 31. Los extremos distales de los cables de control 22_{1,2,3} están conectados al enlace 31, mientras que los extremos proximales de estos cables están conectados a una unidad de accionamiento 24 (figura 2) que se opera desde el mango.

Cables de control 22_{1,2,3} están conectados al enlace distal 32 de la porción dirigible 14, y se enrutan a través del enlace 31 y los cuerpos de los enlaces 30' hasta la unidad de accionamiento 24 (figura 2) que se opera desde el mango.

5 La figura 8b ilustra las porciones dirigibles 14 y 14' con mayor detalle. Cada una de las porciones dirigibles 14 y 14' incluye 9 enlaces idénticos (30 y 30'); sin embargo, se puede usar un número diferente de enlaces de diferente geometría en cada porción dirigible. También se muestran las pestañas 40 y las ranuras 42 (que se han descrito en la presente memoria descriptiva más arriba con respecto a la figura 5) de los enlaces 30 y 30'.

La figura 8c es una vista en sección transversal de las porciones dirigibles 14 y 14'. El eje flexible 21 (conectado a la unidad impulsora 24 en su extremo proximal) está colocado a través de los orificios 38, 37 de los enlaces 29, 30', 30, 31 y 32, el extremo distal del eje flexible está conectado al efector 20.

10 El cable de control 22'₁ pasa a través del orificio 28'₁ del enlace 29 y del orificio 36'₁ del enlace 31; el extremo distal del cable de control 22'₁ está conectado al enlace 31 hacia/en el orificio 36'₁; el cable de control 22'₁ se enruta fuera de los enlaces 30'. El cable de control 22₁ pasa por el orificio 27₁ del enlace 29 y del orificio pasante 35₁ de los enlaces 30' (mostrados en detalle en la figura 8d). En el enlace 31, el cable de control 22₁ se desvía a través de la abertura alargada 34₁ del enlace 31 y sale de los enlaces 30 hasta un punto de conexión distal 38 en el enlace 32. Los cables de control 22'₂ y 22'₃ son similares en recorrido y conexión al cable de control 22'₁, mientras que los cables de control 22₂ y 22₃ son similares en recorrido y conexión al cable de control 22₁.

La figura 8d ilustra el enlace 30' en detalle. El orificio central 37 acomoda el eje flexible 21 mientras que los orificios 35 acomodan los cables de control 22_{1,2,3} (también se muestran las pestañas 42 y las ranuras 40).

20 La figura 8e ilustra el enlace 31 en detalle. El orificio central 38 acomoda el eje flexible 21 mientras que los orificios 36_{1,2,3} sirven como puntos de conexión para los cables de control 22'_{1,2,3}. Las aberturas alargadas 34_{1,2,3} enrutan los cables de control 22_{1,2,3} fuera de los enlaces 30.

25 La deflexión de las porciones 14 y 14' y, por tanto, la dirección y articulación del árbol 12 se efectúa mediante fuerzas de tracción ejercidas sobre los cables de control 22 y 22'. Si un cable de control está cerca del centro de una porción dirigible, como en el caso de los cables de control 22 que pasan a través de los orificios 35 en la porción dirigible 14', entonces una fuerza de tracción sobre estos cables de control da como resultado una deflexión relativamente pequeña, en otras palabras, el efecto de una fuerza de tracción sobre la deflexión está en relación directa con la distancia entre el cable de control 22 y un centro de una porción dirigible 14. Cuando un cable de control 22 está conectado a un extremo distal de una porción dirigible 14 y está libre para moverse a través de la base proximal, por ejemplo cuando pasa a través de los orificios 36_{1,2,3} en el enlace 31, entonces el efecto de una fuerza de tracción sobre la porción dirigible 14 es suficiente para desviarla del eje longitudinal. Este efecto de la fuerza de tracción aumenta a medida que la porción dirigible 14 se desvía ya que el cable de control 22 se curva hacia afuera (radialmente) y la distancia entre el cable de control 22 y el centro de la porción dirigible 14 aumenta.

30 La figura 8f ilustra una configuración capaz de una desviación de 80 grados, es decir, el extremo efector 20 puede asumir un ángulo de 100 grados con respecto al eje longitudinal del árbol 12. La desviación de la porción dirigible proximal 14' se efectúa tirando (en una dirección proximal) de cables de control 22'_{2,3}.

La figura 8g es una vista en sección transversal del dispositivo de la figura 8f que muestra el recorrido de los cables de control 22. En la figura 10b se muestra un prototipo construido de acuerdo con la configuración de las figuras 8f-g.

40 La figura 8h ilustra una configuración capaz de una deflexión de 80 grados, es decir, el extremo efector 20 puede asumir un ángulo de 100 grados con respecto al eje longitudinal del árbol 12. La desviación de la porción dirigible distal 14 se efectúa tirando (en una dirección proximal) del cable de control 22₁.

45 La figura 8i es una vista en sección transversal del dispositivo de la figura 8h que muestra el recorrido del cable de control 22₁. El cable de control 22₁ pasa por el orificio 35₁ en los enlaces 30' de la porción dirigible 14' y, de esta manera, su distancia desde el centro de la porción dirigible 14' es mínima. Esta pequeña distancia asegura que las fuerzas de tracción aplicadas sobre el cable de control 22_{1,2,3} tendrá poco o ningún efecto sobre la deflexión de la porción dirigible 14'. En el extremo distal de la porción dirigible proximal 14', el cable de control 22₁ pasa por una abertura alargada 34₁ en el enlace 31 y se conecta al enlace 32 en el punto 37₁. Esta conexión directa posiciona el cable de control 22₁ hacia afuera desde el centro de la porción dirigible 14 y, por lo tanto, aumenta el brazo de momento de la fuerza de tracción. Esto permite que la porción dirigible 14' se desvíe (se doble) bajo fuerzas de tracción relativamente pequeñas.

50 La figura 8j ilustra el enrutamiento de los cables de control 22₁ y 22'₁ y del eje flexible central 21 y el efecto del recorrido del cable sobre las fuerzas de deflexión. En esta figura, "d" representa una unidad de distancia, en este caso, la distancia entre el centro del orificio 35₁ al centro del enlace 30'. Los siguientes parámetros se utilizan para los cálculos:

"a" - medición del momento del brazo más largo del cable de control 22₁ desde el punto central del enlace 30'. La=1,00d;

55

"b" - medición del momento del brazo más largo del cable de control 22'₁ desde el punto central del enlace 30', L_b=2,75d;

"c" - medición del momento del brazo más largo del cable de control 22'₁ desde el punto central del enlace 30, L_c=4,00d.

5 Una fuerza F_{22₁} se aplica al cable de control 22'₁, por lo tanto el momento de fuerza F_{22₁} se aplica en la porción 14' es:

$$M_a = F_{22_1} \times L_a$$

$$M_a = F_{22_1} \times 1.00d$$

El momento que la fuerza F_{22₁} aplica en la porción 14 es:

10 $M_c = F_{22_1} \times L_c$

$$M_c = F_{22_1} \times 4.00d$$

El momento aplicado en la porción 14 en comparación con el momento aplicado en la porción 14" por la misma fuerza F_{22₁} es:

$$M_c/M_a = F_{22_1} \times 4.00d / F_{22_1} \times 1.00d = 4$$

15 Los cálculos anteriores, cuando se aplican a dispositivos disponibles comercialmente, ilustran que el presente dispositivo puede reducir la fuerza de tracción del cable necesaria para la deflexión en al menos un 25% en comparación con tales dispositivos disponibles comercialmente (ver la sección de Ejemplos para obtener más detalles).

20 El momento de flexión en la porción dirigible 14 (la "porción dirigible objetivo") producido por la fuerza (F_{22₁}) aplicada por el cable de control 22'₁ es significativamente mayor que el momento de flexión en la porción dirigible 14' (la "porción dirigible secundaria") y, como tal, se minimiza el efecto de acoplamiento entre estas dos porciones dirigibles.

Minimizar el citado acoplamiento permite el uso de un mecanismo simple, tal como un mecanismo operado manualmente, para dirigir la articulación sin la necesidad de agregar un controlador al mecanismo de cables de control.

25 Cuando se usa un mecanismo electromecánico para tirar de los cables de control, los momentos en la porción secundaria se pueden reducir a cero usando un controlador que está programado para aplicar fuerza en el cable de control 22'₁. La magnitud de esta fuerza se puede calcular mediante:

$$M_a = M_b \text{ (momentos de cancelación)}$$

$$M_a = F_{22_1} \times L_a = F_{22_1} \times 1.00d$$

$$M_b = F_{22'_1} \times L = F_{22'_1} \times 2.35d$$

30 $F_{22_1} \times L_a = F_{22_1} \times 1.00d = F_{22'_1} \times L = F_{22'_1} \times 2.35d$

$$F_{22'_1} = F_{22_1} \times 1.00d / 2.35d$$

$$F_{22'_1} = 0.42F_{22_1}$$

De acuerdo con lo calculado, el controlador operará el actuador que tira del cable de control 22'₁ con una fuerza menor que la mitad de la fuerza F_{22₁} (F_{22'₁} = 0,42F_{22₁}).

35 Se apreciará que en los casos en los que se utiliza una unidad de accionamiento electromecánico para tirar de los cables de control, el recorrido de los cables de control que se ha descrito más arriba puede reducir el consumo de energía de los motores que controlan las porciones dirigibles primera y segunda.

40 Los principios de enrutamiento que se han descrito más arriba se pueden usar en cualquier combinación para desviar dos o más porciones dirigibles y generar cualquier articulación deseada. Por ejemplo, la figura 8k ilustra una articulación en forma de "U" con el extremo efector 20 colocado en un ángulo de 190 grados. Una articulación de este tipo se logra tirando de los cables de control 22'₁ y 22₂.

La figura 8l ilustra una articulación en forma de "S" que se puede lograr tirando de los cables de control 22'₁ y 22₁.

Las figuras 8m-8p ilustran un dispositivo que tiene dos porciones dirigibles con brazos desplegados colocados en un extremo distal de cada porción dirigible. El brazo 39p está conectado de manera articulada al enlace 31 y el brazo 39d está conectado de manera articulada al enlace 33. Los brazos 39p y 39d pueden oscilar hacia afuera y aumentar la distancia entre el extremo de un cable de control conectado a los mismos y el centro de la porción desviable. La figura 8m ilustra los brazos 39p y 39d en una posición plegada, la figura 8n ilustra los brazos 39d y 39p en una posición abierta. La figura 8o ilustra una articulación en forma de "U" con los brazos 39d y 39p en una posición abierta. La figura 8p ilustra una articulación en forma de "S" con los brazos 39d y 39p en una posición abierta.

La figura 8q es una vista en sección transversal del presente dispositivo en una configuración en forma de "U" con los brazos 39d y 39p en una posición abierta. En este ejemplo, los brazos 39p y 39d tienen las mismas dimensiones. El brazo de momento del cable de control 22₁ unido al brazo 39d es 5,5d.

El efecto de utilizar los brazos 39d y 39p sobre la fuerza necesaria para desviar la porción dirigible se puede representar mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Dispositivo sin brazos: } M_c = F_{22_1} \times 4,00d$$

$$\text{Dispositivo con brazos: } M_{\text{brazos}C} = F_{\text{brazos}22_1} \times 5,50d$$

$$M_{\text{brazos}C} = M_c$$

$$F_{22_1} \times 4,00d = F_{\text{brazos}22_1} \times 5,50d$$

$$F_{\text{brazos}22_1} = F_{22_1} \times 4,00d / 5,50d$$

$$F_{\text{brazos}22_1} = F_{22_1} \times 0,73$$

$$F_{\text{brazos}22_1} = 0,73F_{22_1}$$

Lo anterior describe ejemplos de dispositivo 10 capaz de articulación en un solo plano; sin embargo, se apreciará que el dispositivo 10 que tiene dos o más porciones dirigibles puede desviarse para formar una configuración articulada multiplanar tal como la que se muestra en las figuras 10d o incluso un bucle completo. La citada articulación multiplanar se puede lograr accionando cables de control que están situados en diferentes planos o aplicando, por ejemplo, fuerzas no simétricas sobre pares de cables de control.

Como se ha mencionado en la presente memoria descriptiva más arriba, cualquier mango y mecanismo se puede utilizar con el dispositivo 10. La construcción y funcionamiento de una realización de un mango utilizable con el presente dispositivo se ilustra en las figuras 1b-h. Las figuras 1b-c ilustran el cabezal de agarrador 20 y la porción dirigible 14 que se pueden accionar a través de la interfaz de mango del dispositivo (18) y su mecanismo interno. En esta realización, la porción dirigible está controlada por 4 cables de control 22. La porción dirigible 14 se muestra desviada en una dirección en la que se tira del cable de control 22₂.

Las figuras 1d-e y 1g son vistas en sección transversal del dispositivo 10 que muestran el mecanismo en el mango que permite la transferencia de movimientos de la interfaz a los cables de control.

Los cables de control 22 (22₁, 22₂, 22₃, 22₄) que están unidos a un extremo distal de la porción dirigible 14, se enrutan a través de un par de poleas. Las mordazas de agarrador se accionan por medio del mecanismo 170, al orificio 110a en la base del resorte 110 del alojamiento 500. Se evita que los cables de control 22 se deslicen a través del resorte 110 mediante el engarce 220. La forma del engarce 220 sigue la forma del alojamiento del resorte 110 para asegurar un movimiento suave y predecible de un resorte comprimido 110 cuando un cable de control 22 es empujado lejos del centro por el cuerpo 130.

El cuerpo 130 está conectado a la carcasa 500 mediante un cojinete de rótula. El cuerpo 130 está situado en el centro del mecanismo y puede inclinarse con respecto a la carcasa 500 mediante fuerzas aplicadas sobre la corona de interfaz 400 por un usuario. Los cables de control 22 rodean el cuerpo 130, cuando el cuerpo 130 está en una posición neutra cada cable de control 22 es presionado contra el borde circunferencial del cuerpo 130 por la ranura 90a del cordón 90.

La figura 1f ilustra la relación entre el cordón 90, el cable de control 22 (mostrado como 22₁) y el cuerpo 130 en detalle. El cordón 90 está conectado firmemente al cable de control 22₁ y divide el cable de control 22 en 2 regiones contiguas: región superior 22_{1u} y región inferior 22_{1d}. El cordón 90 incluye una ranura 90a que encaja en el borde circunferencial 130a del cuerpo 130.

La figura 1h ilustra en detalle el mecanismo de control, mostrado en una posición inclinada, con el cable de control 22₁ empujado a través del cordón 90₁ lejos del centro para desviar la porción dirigible 14. El punto de acoplamiento entre el borde circunferencial 130a del cuerpo 130 y el cordón 90₁, está en el lado interior de la ranura 90a. Mientras el cuerpo 130 empuja el cordón 90 separándolo del centro, el cordón en posición opuesta 90₃ se libera del borde circunferencial 130a. El cable de control 22₃ está conectado en un extremo distal a un lado opuesto del cable de control 22₁. Como se ve en la figura 1b, cuando la porción dirigible es desviada por el cable de control 22₁, el lado interior de

la porción 14^{dentro} se acorta, y la longitud de 14^{fuera} en el lado opuesto de la porción dirijible 14 aumenta. La longitud del cable 22₃ debe aumentar en consecuencia. Este acomodo de la longitud mediante el cable de control 22₃ es posible comprimiendo el resorte 110₃.

5 Las mandíbulas de agarrador se accionan mediante un mecanismo (figuras 1g-h) que es controlable con los dedos del cirujano. Cuando se presionan los mangos 300, los brazos del mecanismo 150 elevan el pistón 240 que cierra las mordazas. Si el cirujano libera la fuerza aplicada a los mangos 3, los resortes que están conectados a los brazos del mecanismo 150 empujan el pistón 24 de regreso al cuerpo 500 y las mandíbulas se abren. El pistón 24 está conectado al mecanismo de empujar/tirar de las mordazas a través del eje flexible 17 y el tubo 16. El eje flexible 17 y el tubo 16 también se usan para transferir la rotación y el movimiento de empujar y tirar aplicado en la carcasa 500. El eje flexible 10 17 se puede doblar sin cambiar su longitud lo que permite doblar la porción 17 en el elemento de centrado 19, sin que resulte en un movimiento acoplado no deseado de apertura y cierre de las mordazas, es decir, el cabezal de agarrador y el mecanismo 150 no se mueven mientras la porción dirijible 14 está doblada. La dimensión del lado interior del cuerpo 130 está diseñada para no tocar el tubo 160 cuando el cuerpo 130 está inclinado a posiciones extremas.

15 Aunque una porción dirijible 14 construida a partir de enlaces interconectados es ventajosa porque permite un diseño modular, también se prevé en la presente memoria descriptiva una porción dirijible 14 construida a partir de un eje flexible unitario.

Una porción dirijible construida a partir de un eje flexible unitario es ventajosa porque simplifica la construcción y la capacidad de fabricación. Además, un árbol de este tipo aísla mejor los cables eléctricos centrales, utilizados, por ejemplo, en diatermia (monopolar o dipolar).

20 En las figuras 9a-b se muestra un ejemplo de tal realización de la porción dirijible 14.

La porción dirijible 14 puede incluir una o más porciones dirijibles 15 (se muestran tres en la figura 9a) interpuestas entre guías 17 unidas a lo largo de un eje flexible 19. El árbol 19 puede estar hecho de un tubo fabricado con cualquier material elástico, incluido acero inoxidable, nitinol, caucho, silicona y normalmente tiene la forma de un cilindro sólido o hueco con un diámetro de 5 a 12 mm y un grosor de pared de 0,1 a 0,5 mm. Los segmentos dirijibles 15 pueden tener una longitud de 5 a 30 mm y las guías 17 pueden dimensionarse para desplazar el cable de control 22 de 2 a 4 mm separándolo del árbol 19. Las guías están configuradas preferiblemente con un anillo central 23 para sujetar alrededor del árbol 19 y varios anillos 25 (por ejemplo, 2-8) unidos circunferencialmente para guiar los cables de control 22.

30 La elasticidad del árbol 19 asegura que la porción dirijible 14 o segmento 15 se desvíe cuando se tira del cable o cables de control 22 específicos y se linealiza cuando se suelta el cable o cables de control 22. El árbol 19 se selecciona de manera que permita la deflexión elástica de una o más porciones dirijibles 14 de 45 a 180 grados.

En las figuras 9c-i se muestra una realización de la presente invención que comprende una porción dirijible unitaria 14.

35 Esta realización de la porción dirijible unitaria 14 puede tener un diámetro (OD) de 5 mm con un lumen central de al menos 1,4 mm. La porción dirijible unitaria 14 está construida a partir de un material polimérico (por ejemplo, poliamida, polipropileno) que puede proporcionar 90 grados de articulación elástica (repetidamente) bajo una fuerza de tracción de 10 N (bucle, articulación espacial) con un radio de curvatura de aproximadamente 7 mm. Cuando se libera una fuerza de tracción, una fuerza elástica devuelve la porción dirijible 14 a una configuración lineal normal.

40 La figura 9e ilustra una única unidad 67 de la porción dirijible unitaria 14 que está diseñada para permitir la deflexión y también estabiliza la porción dirijible 14 cuando se tira de uno o más cables de control 22.

Cada cable de control 22 de esta configuración de porción dirijible 14 (se muestran tres cables de control 22, 22₁, 22₂, 22₃) controla la desviación en un arco de 120 grados. Tal configuración y posicionamiento de los cables de control 22 estabiliza la porción dirijible 14 cuando se tira de los tres cables de control (22₁, 22₂, 22₃).

45 La figura 9f ilustra una porción dirijible unitaria 14 construida a partir de varias unidades contiguas 67 tales como las mostradas en la figura 9e. El conector 68 funciona como una barra de flexión similar a un resorte de lámina (junta virtual). El grado de flexión del conector 68 está limitado por la geometría de la unidad (figura 9g). De esta manera, la deflexión de una unidad con respecto a otra será igual a:

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \cdot \frac{l^2 \cdot \sigma}{H \cdot E}$$

50 en el que H es el grosor del conector 68 y l es su altura. Al aumentar l y disminuir H, cada par de unidades adyacentes se vuelve más flexible y menos rígida. En tal configuración, la longitud (L) de la porción dirijible 14 está determinada por el radio de curvatura deseado y se puede representar mediante lo siguiente: $2\pi R/4 \cong L$.

La figura 9h ilustra una configuración en la que los conectores 68 están desplazados unos de los otros a lo largo de una serie de 4 unidades 67 para permitir la desconexión en varias direcciones. La figura 9i ilustra una configuración de la porción dirigible 14 que incluye 10 unidades contiguas 67 con conectores desplazados 68 y una longitud total de aproximadamente 11 mm; Se aplica una fuerza 70 al extremo distal del citado cuerpo dirigible unificado 14 (simulando la tracción del cable 22) para ilustrar la desviación. Cuando se libera la citada fuerza, los conectores 68 devuelven elásticamente la porción dirigible 14 a una configuración lineal (normal).

En la configuración mostrada en las figuras 9e-i, los conectores 68 que tienen una l de 0,5 mm, una H de 0,9 mm y una unidad 67 con un diámetro de 5 mm, permitirán que una porción dirigible 14 de 11 mm de longitud se desvíe 90 grados bajo una fuerza de tracción de aproximadamente 10 N.

Las figuras 9j-k ilustran otra realización de un eje flexible 70 construido a partir de unidades 67. Cada unidad 67 tiene una cara superior y una cara inferior, cada una diseñada para acoplarse con una cara opuesta de la unidad adyacente 67 (es decir, de arriba a abajo y viceversa). Como se muestra en la figura 9j, la cara inferior de la unidad 74 incluye dos elementos 77 de acoplamiento de pasador. La cara superior de la unidad 72 incluye un único elemento 77 para encajar en un espacio entre los elementos 77 de la unidad 74. Cuando se acopla, un pasador 73 conecta elementos 77 de la unidad 74 y 72 y crea una bisagra para permitir la articulación. Se puede unir cualquier número de unidades 67 en varias orientaciones (desplazamiento rotacional de la región de bisagra) para crear articulación en una o más direcciones.

La Tabla 1 a continuación ejemplifica dos regiones de articulación unitarias construidas de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

Tabla 1

	Longitud	Material	Diámetro	Radio de curvatura	Rh	Rt	Pt	nr
A	14 mm	Poliamida (pa12)	5 milímetros	5 mm	0.4 mm	0.3 mm	1.0 mm	10
B	12 mm	mismo	8 mm	8 mm	0.5 mm	0.5 mm	0.7 mm	10

Rh - altura vertical del segmento
 Rt- grosor vertical del segmento 'cuerpo'
 Pt- altura vertical de la unidad articulada (dos segmentos espaciados por 'bisagra')
 Nr- número de unidades

La figura 12 describe un 'algoritmo' para seleccionar las propiedades del material y las dimensiones de la unidad en función del tamaño y las propiedades de la región de articulación.

El dispositivo 10 de la presente invención se puede utilizar en cualquier procedimiento mínimamente invasivo de la siguiente manera. Se crea un sitio de acceso en una pared de tejido y el eje del dispositivo 10 se inserta a través del sitio de acceso y se posiciona allí usando la interfaz 18. Si se usa un trocar en el sitio de acceso, el dispositivo 10 se inserta en una configuración recta. Cuando el extremo efector del dispositivo se coloca en un tejido objetivo (como se determina mediante imágenes), el cirujano opera el dispositivo a través de la interfaz 18 como se ha descrito más arriba en la presente memoria descriptiva. Una vez finalizado el procedimiento, el cirujano retira el dispositivo del cuerpo y se cierra el sitio de acceso.

La porción dirigible 14 (construida a partir de enlaces o como un cuerpo unitario) de todo el árbol del dispositivo 10 también puede fabricarse a partir de un material transparente. El uso de un material transparente permite la inspección visual de cables de control, fibras ópticas y similares ensartados a través del cuerpo del dispositivo.

La figura 11a ilustra una porción dirigible 14 construida a partir de enlaces transparentes 30 (algunos de los enlaces se eliminaron en aras de la claridad). Las fibras ópticas 62_{1,2,3} están roscadas a través del árbol desde el mango hasta la porción dirigible 14, a través de los orificios 39 de los enlaces 30. La figura 11b es una imagen de un prototipo construido con enlaces transparentes. La porción dirigible transparente permite al operador ver los cables de control 22_{2,3} y empujar el cable 21 a través de los cuerpos transparentes de los enlaces 30.

Se puede conectar una fuente de iluminación al lado proximal de las fibras ópticas 62_{1,2,3} en el mango. Cuando se conmuta la iluminación, la articulación transparente irradia luz desde la porción dirigible 14. La luz puede ser visualizada por un operador o un asistente, o puede servir como un interruptor para mostrar al operador datos tales como datos de CT o MRI del paciente de tejidos cerca de la punta de la herramienta. La luz también puede servir para seguir la posición de la herramienta o de la porción dirigible 14 de la misma.

Tal como se utiliza la presente memoria descriptiva, el término "aproximadamente" se refiere a $\pm 10\%$.

Objetos, ventajas y características novedosas adicionales de la presente invención resultarán evidentes para un experto en la técnica tras examinar los siguientes ejemplos, que no pretenden ser limitativos.

Ejemplos

5 A continuación se hace referencia al siguiente ejemplo, que junto con las descripciones anteriores, ilustra un dispositivo de la presente divulgación de forma no limitativa.

Mediciones de fuerza en un dispositivo prototipo

10 Se realizó una prueba para determinar la fuerza necesaria para desviar una porción dirigible de un dispositivo prototipo en 45° y 90° y medir la longitud de recorrido de los cables necesarios para alcanzar 45° y 90° . Se construyeron dos dispositivos prototipo. La articulación utilizada para probar las fuerzas fue la que se describe en detalle en la figura 5. Se probaron dos tipos de porciones dirigibles, una construida con enlaces de 5 mm de diámetro y otra con enlaces de 8 mm y 5 mm de diámetro. Cada porción dirigible incluía 9 enlaces fabricados por un prototipo de impresora rápida.

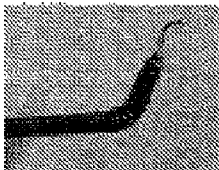
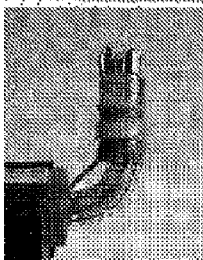
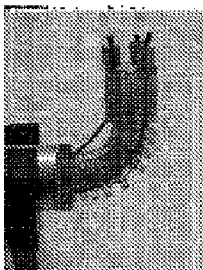
Procedimientos

15 El eje del dispositivo prototipo se fijó a una mesa y se colocó de manera que uno de los cables de control residiera en la porción superior del árbol. Se conectó un dispositivo de medición de fuerza (Shimpo FGN-5b) a este cable de control y se fijó a un carril lineal. Para medir las fuerzas, el dispositivo de medición de fuerza se alejó del á hasta que se midió el ángulo deseado de la articulación. Se registró la fuerza y se midió el recorrido del dispositivo.

Resultados

20 La Tabla 2 que sigue resume los resultados de las pruebas de dos prototipos y una unidad de articulación Cambridge de la técnica anterior.

Tabla 2

	Longitud de recorrido del cable a 90°	Longitud de recorrido del cable a 45°	Fuerza de sujeción a 90° (kg)	Fuerza de sujeción a 45° (kg)	Unidad de articulación
			6	3.5	Cambridge
	4	1.5	1	0.7	Dispositivo actual 5mm
	5		0.6		Dispositivo actual 8 mm.

Como se muestra en los resultados presentados en esta tabla, las fuerzas necesarias para desviar la porción dirigible del presente dispositivo fueron el 10% y el 15% (el dispositivo actual es de 5 u 8 mm respectivamente) de las fuerzas necesarias para desviar una herramienta comercial (Cambridge Endo).

5 Por lo tanto, el presente diseño del dispositivo requiere una fuerza significativamente menor (6-10 veces menos) por parte del operador para desviar la porción dirigible. Esto permitirá al cirujano realizar una cirugía utilizando un mango manual sin tener que aplicar grandes fuerzas, mejorando de esta manera sustancialmente la operabilidad y disminuyendo la fatiga relacionada con el dispositivo. Además, cuando se utiliza con un mango electromecánico, el presente dispositivo no requeriría motores ni baterías voluminosos, sino que sería completamente operable utilizando pequeños motores y paquetes de baterías que aligerarían considerablemente el dispositivo y mejorarían su maniobrabilidad.

10 Otra ventaja del presente dispositivo se muestra en las figuras 10a-c que demuestran el rango de articulación y ángulos de desviación posibles con el presente dispositivo. El presente dispositivo es capaz de realizar una articulación 2D y 3D y una deflexión superior a 180 grados debido a la configuración de los enlaces y, en particular, al enrutamiento único del cable en ellos y/o sobre ellos.

15 Se aprecia que ciertas características de la invención, que, para mayor claridad, se describen en el contexto de realizaciones separadas, también pueden proporcionarse en combinación en una única realización. Por el contrario, diversas características de la invención, que, por brevedad, se describen en el contexto de una única realización, también pueden proporcionarse por separado o en cualquier subcombinación adecuada. Aunque la invención se ha descrito junto con realizaciones específicas de la misma, es evidente que muchas alternativas, modificaciones y variaciones resultarán evidentes para los expertos en la técnica. En consecuencia, se pretende abarcar todas las alternativas, modificaciones y variaciones que caen dentro del amplio alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo médico que comprende:

5 un cuerpo de dispositivo alargado (12) que tiene una porción dirigible unitaria (14) que incluye una pluralidad de segmentos contiguos (67), en el que los citados segmentos contiguos (67) están interconectados por medio de un conector flexible (68) y además en el que los conectores flexibles (68) de los segmentos contiguos adyacentes están desplazados circunferencialmente, permitiendo de ese modo que la citada porción dirigible unitaria (14) se doble elásticamente en una pluralidad de direcciones alejándose de un eje longitudinal del citado cuerpo de dispositivo alargado, estando caracterizado el dispositivo médico por: tres cables de control (22) cada uno para controlar la deflexión sobre un arco de 120 grados de una circunferencia del citado cuerpo de dispositivo alargado, estando libres los citados tres cables de control (22) en la citada porción dirigible unitaria (14) de modo que el 10 tensado de cada cable de control (22) dobla la citada porción dirigible unitaria (14) en una dirección diferente y desvía cada cable de control (22) lejos de una superficie de la citada porción dirigible unitaria (14).

2. El dispositivo médico de la reivindicación 1, que comprende además un efector terminal (20) unido a un extremo distal del citado cuerpo alargado (10) del dispositivo.

15 3. El dispositivo médico de la reivindicación 2, en el que el citado efector final (20) es un agarrador, un cortador de tejido o un portaagujas.

4. El dispositivo médico de la reivindicación 1, que comprende además una funda rígida que cubre porciones no dirigibles del citado cuerpo alargado del dispositivo (10).

20 5. El dispositivo médico de la reivindicación 4, en el que la citada funda rígida cubre los citados tres cables de control (22) en las citadas porciones no dirigibles.

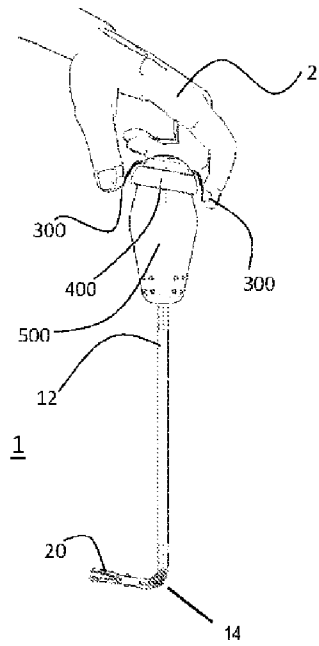


Fig. 1a

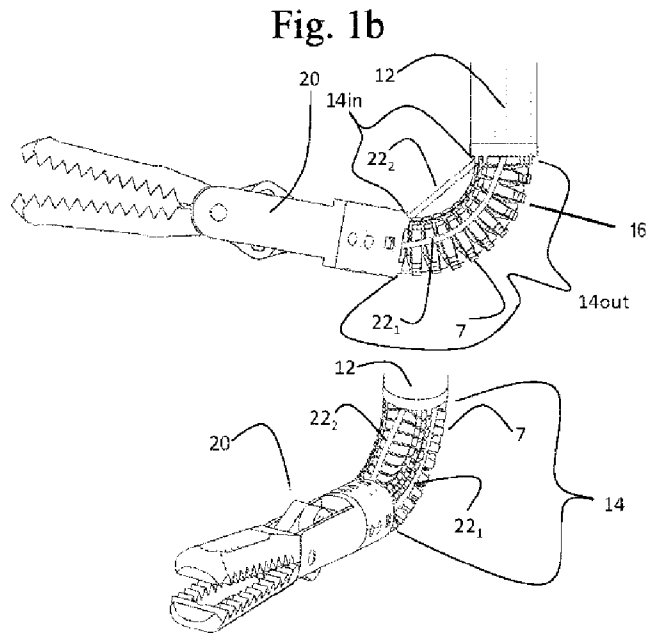


Fig. 1b

Fig. 1c

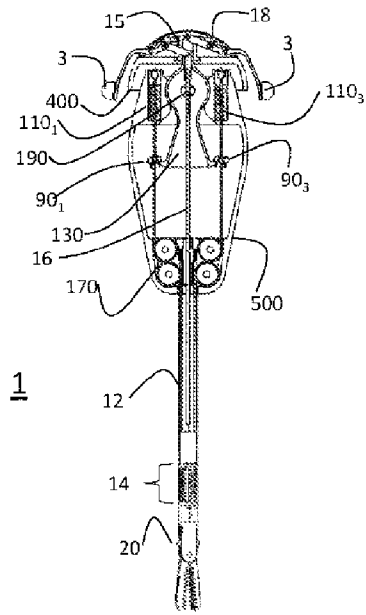


Fig. 1d

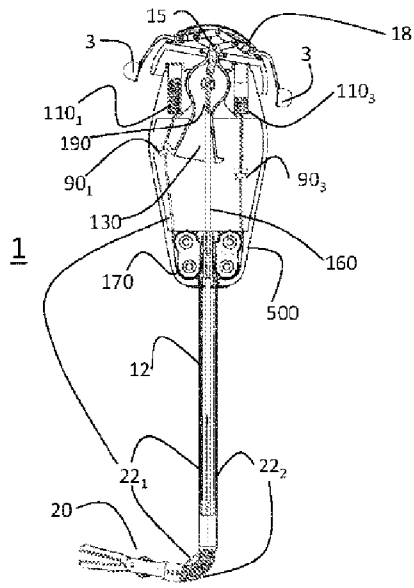


Fig. 1e

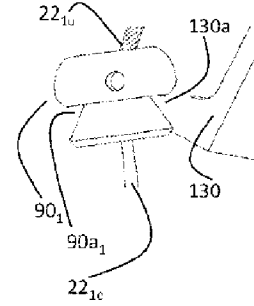


Fig. 1f

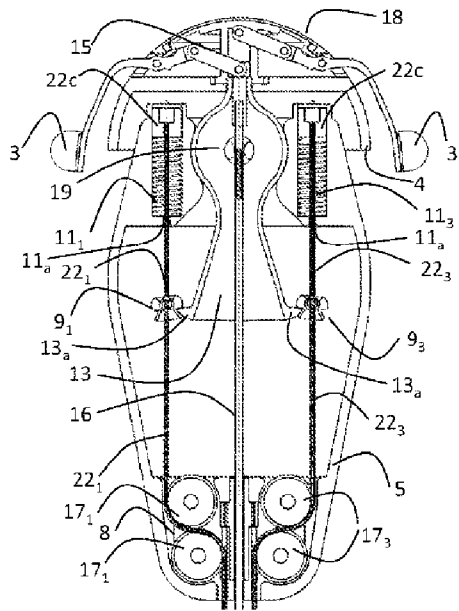


Fig. 1g

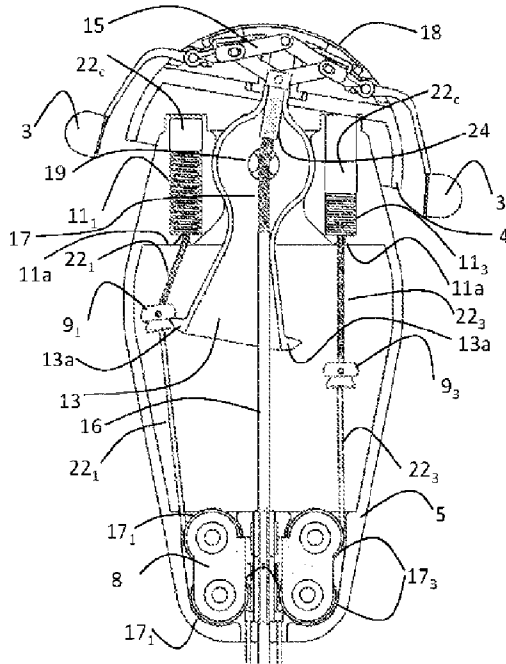


Fig. 1h

Fig. 2

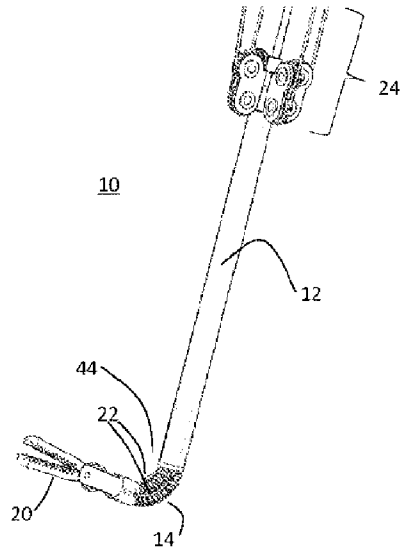


Fig. 3a

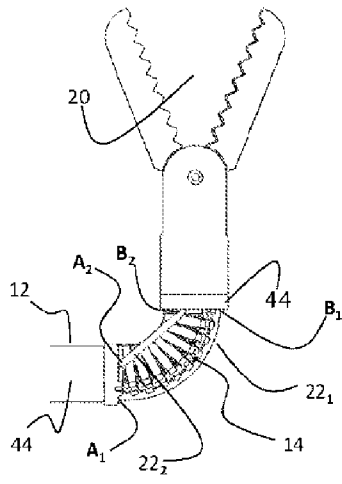
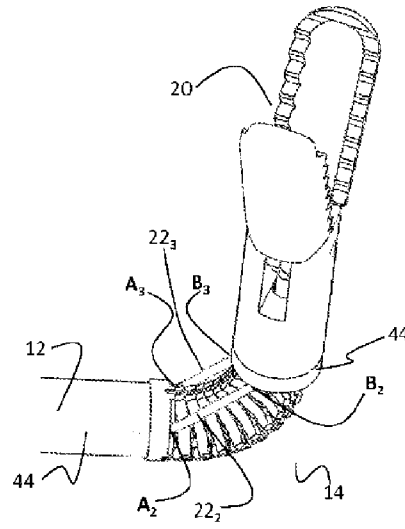


Fig. 3b



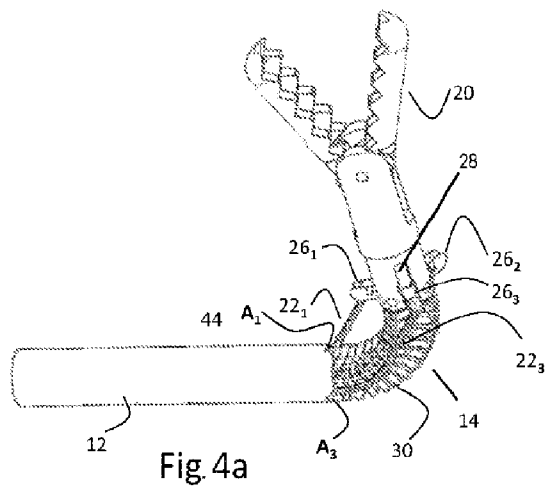


Fig. 4a

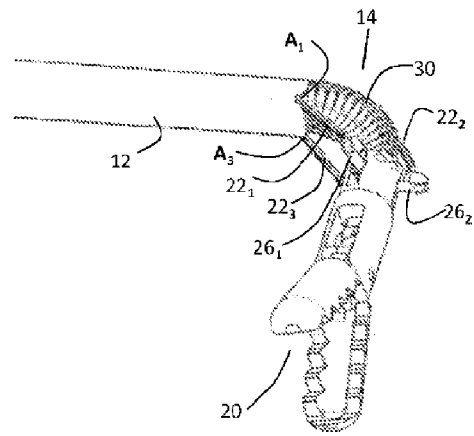


Fig. 4b

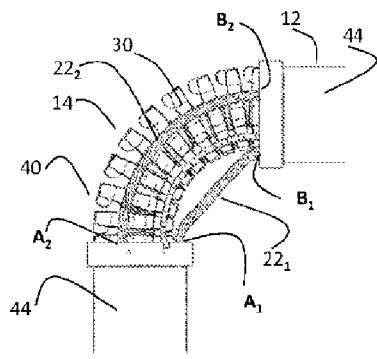


Fig. 5d

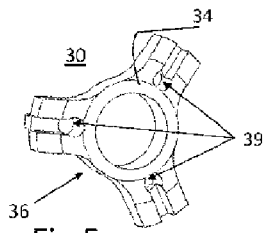


Fig. 5a

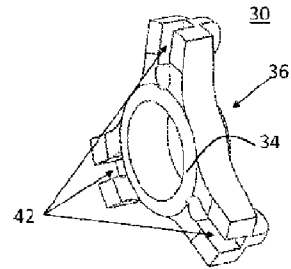


Fig. 5c

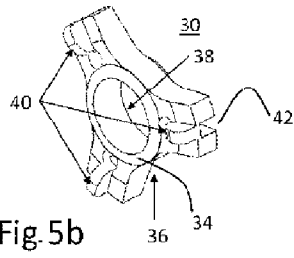


Fig. 5b

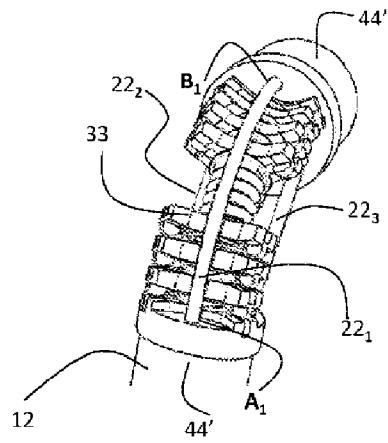


Fig.6

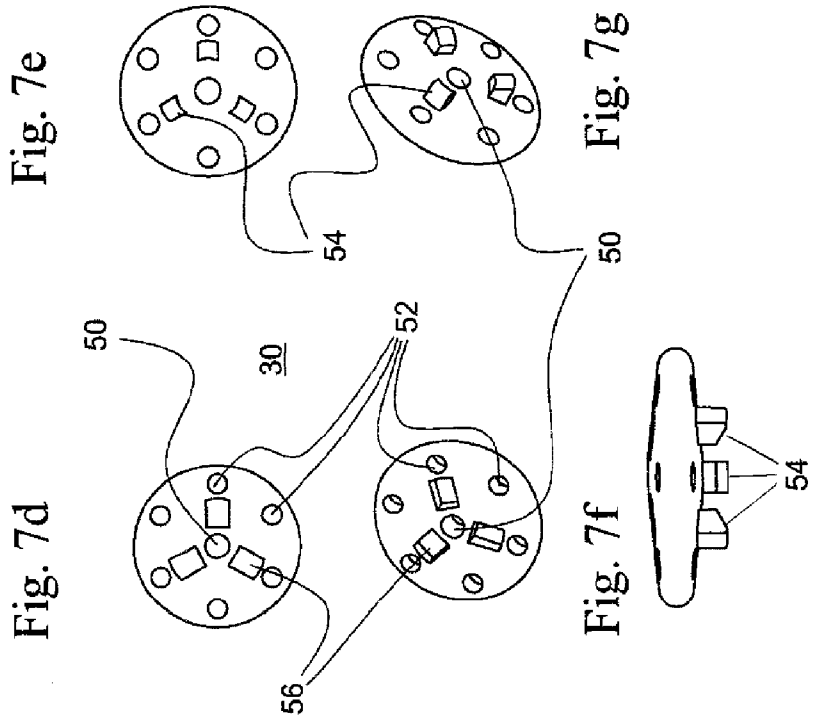


Fig. 7b

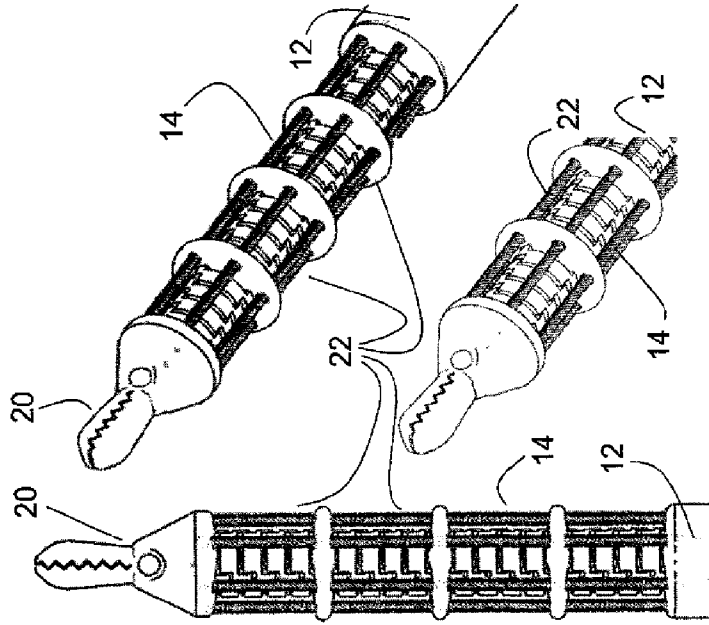
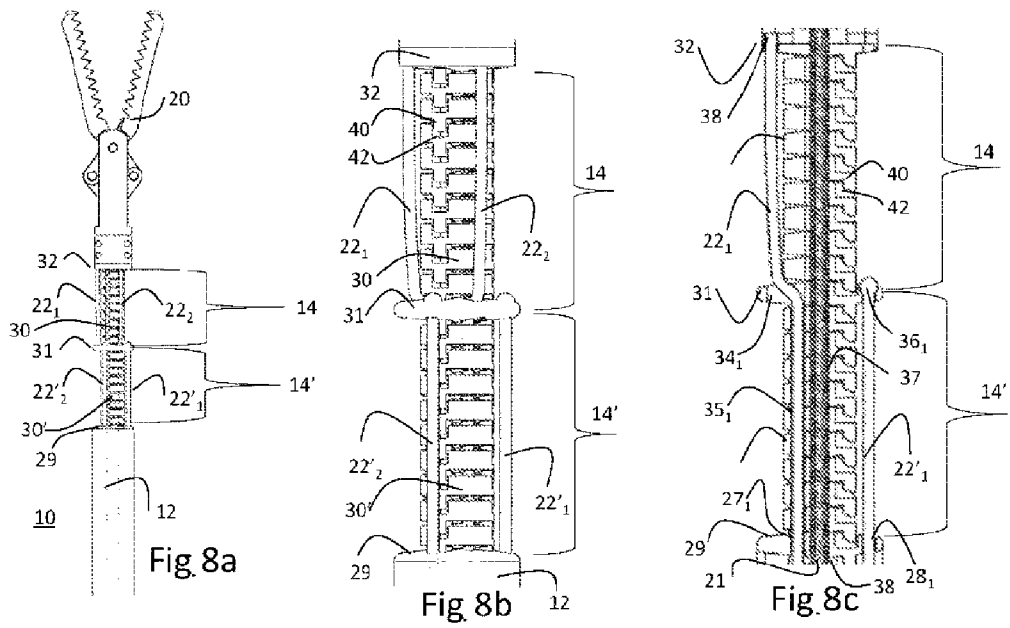


Fig. 7h

Fig. 7c

Fig. 7a



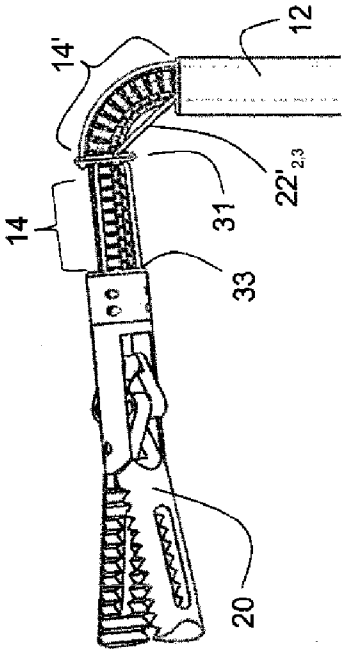


Fig. 8f

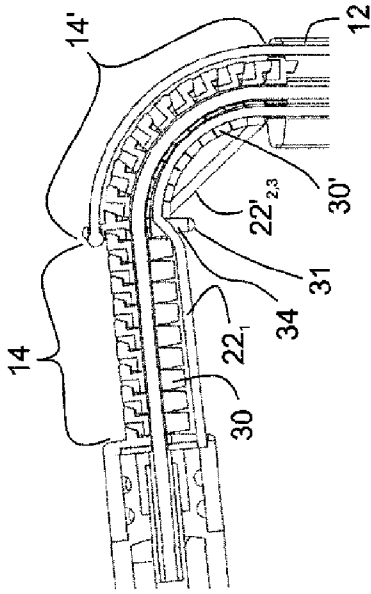


Fig. 8g

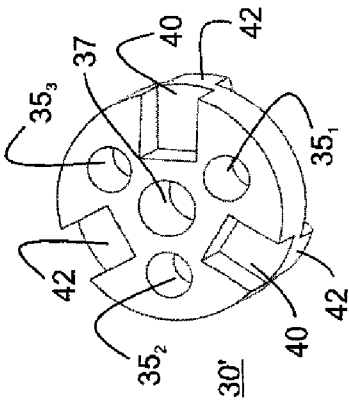


Fig. 8d

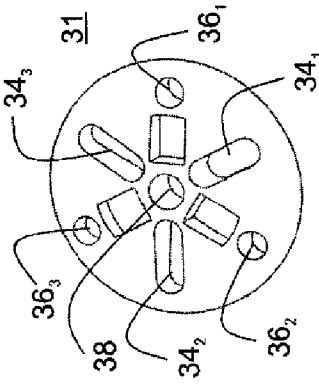
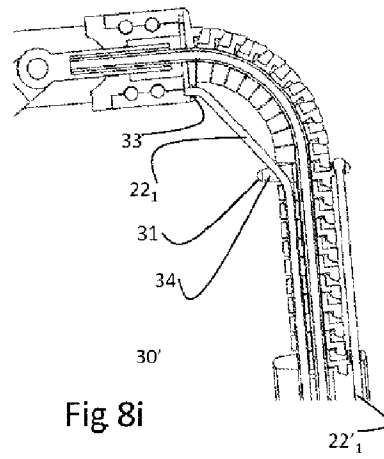
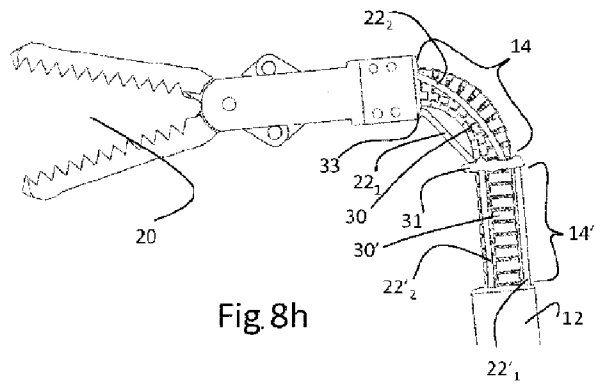
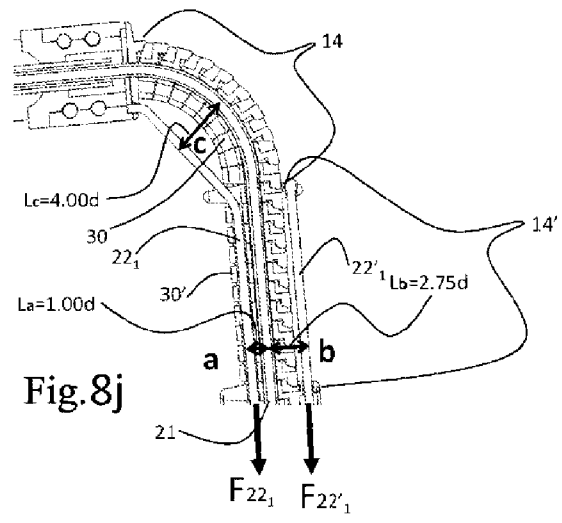


Fig. 8e





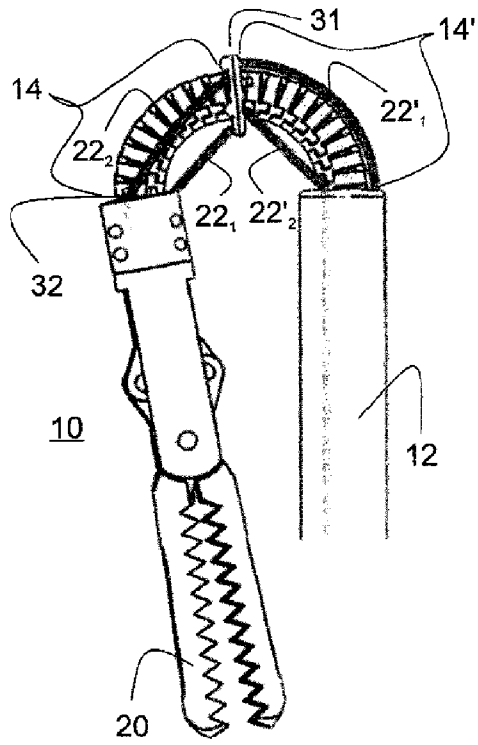


Fig. 8k

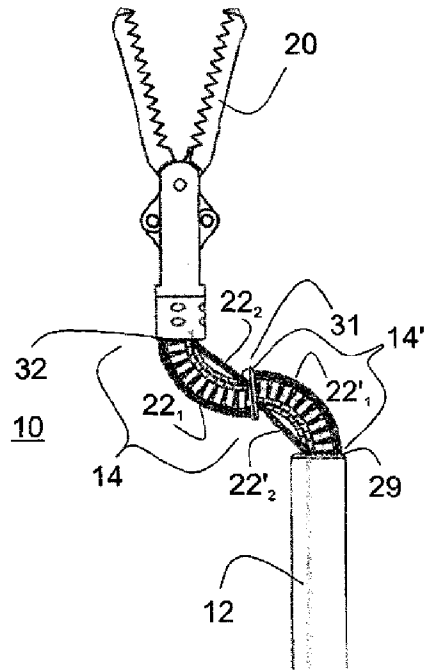


Fig. 8l

Fig. 8m

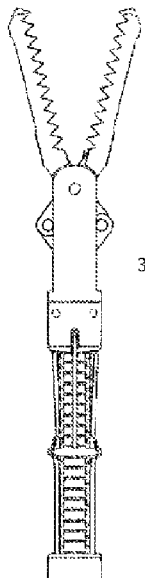


Fig. 8n

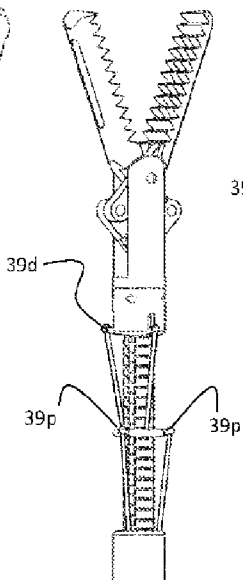


Fig. 8o

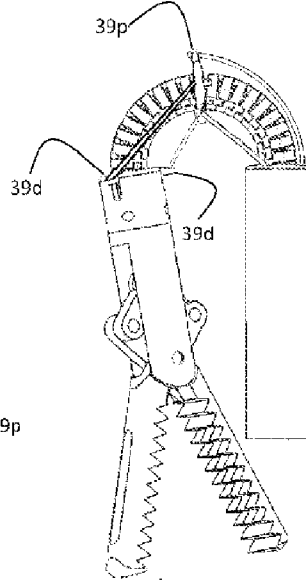
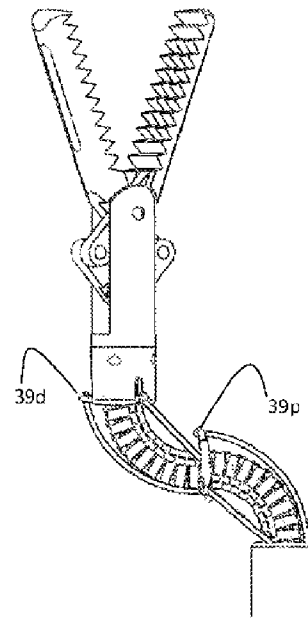


Fig. 8p



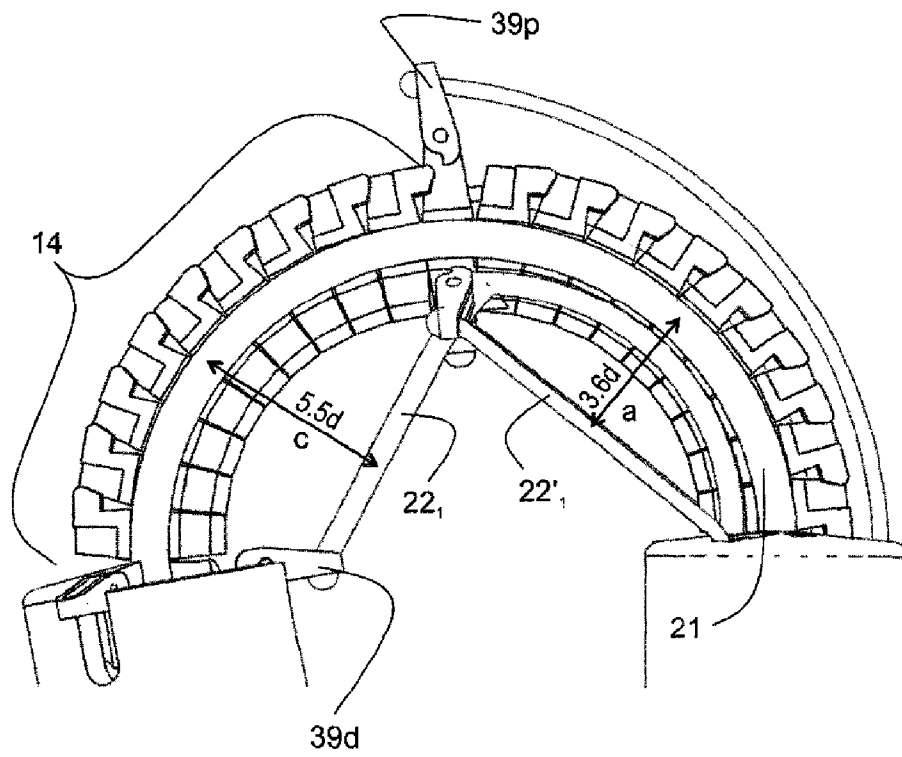
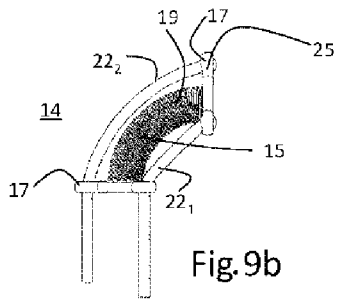
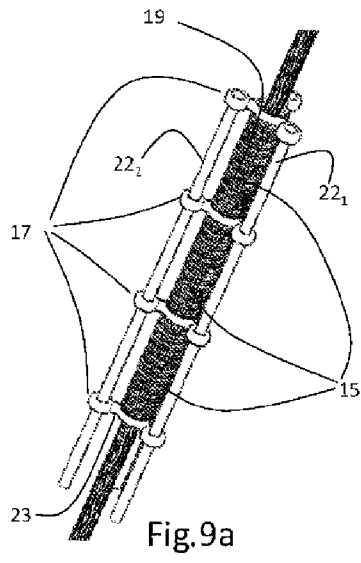


Fig. 8q



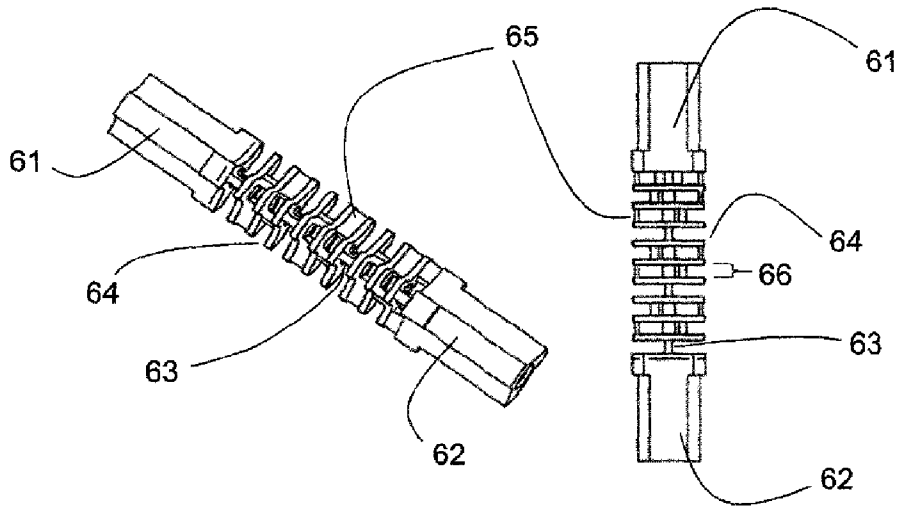


Fig. 9c

Fig. 9d

Fig. 9e

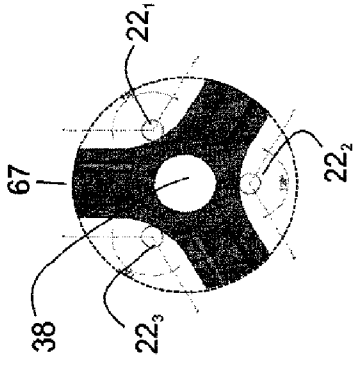


Fig. 9f

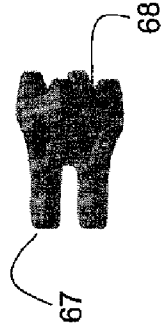


Fig. 9g

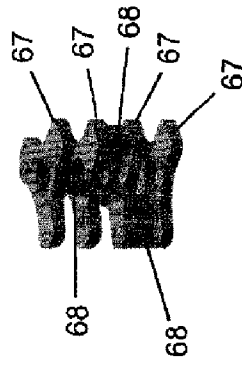


Fig. 9h

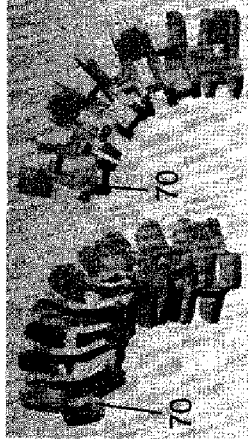


Fig. 9i

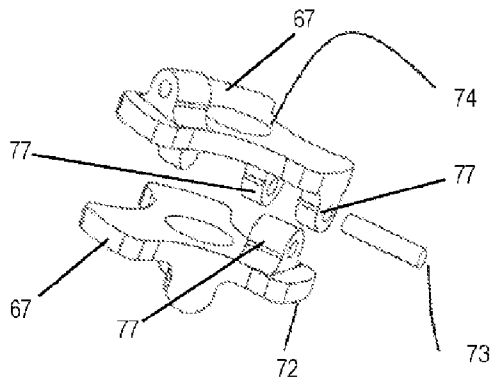


Fig.9j

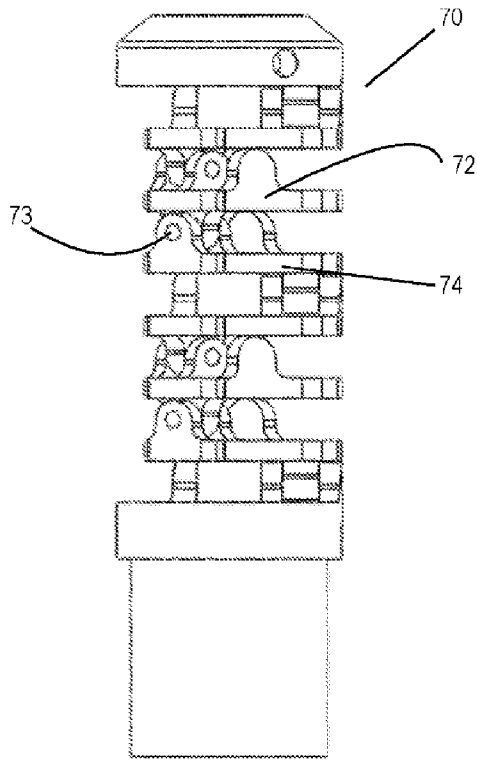


Fig.9k

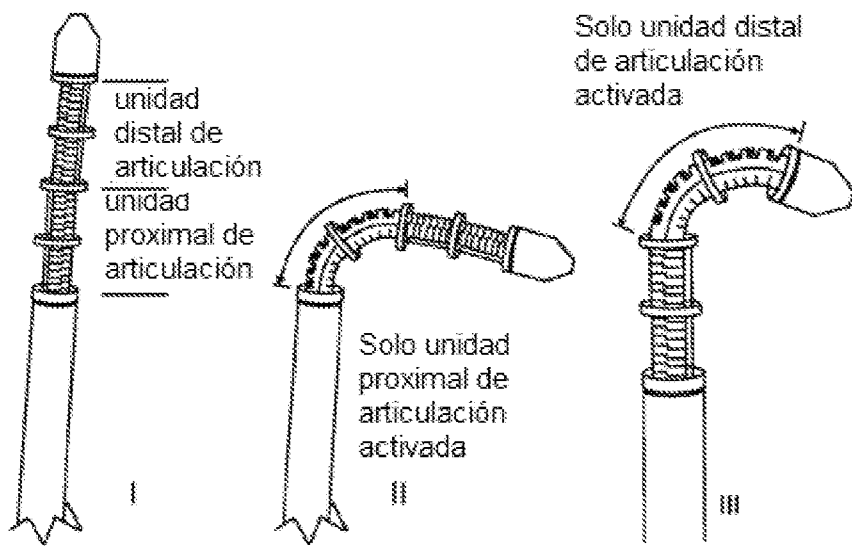


Fig. 10a

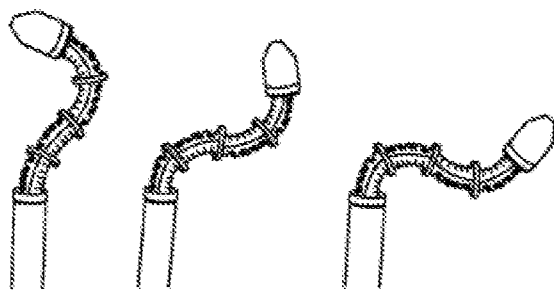


Fig. 10b

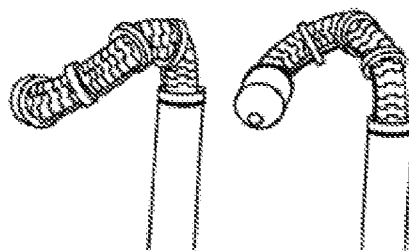


Fig. 10c

Fig. 11a

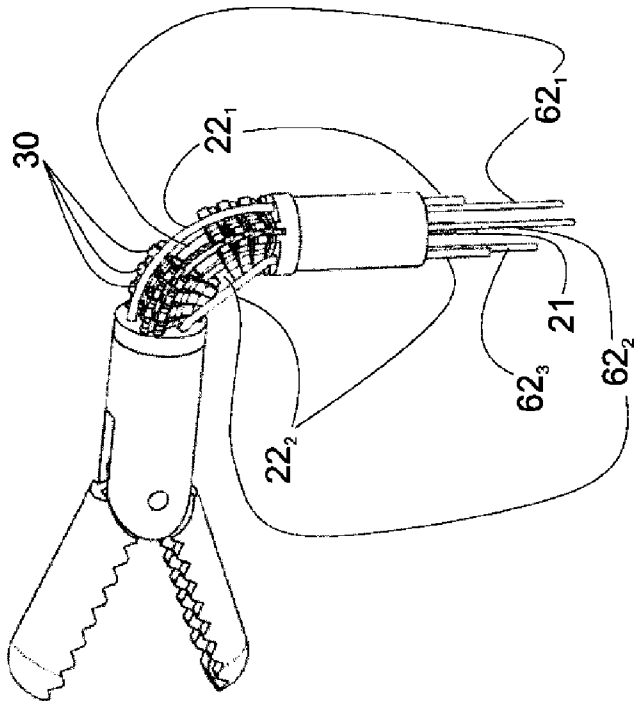


Fig. 11b

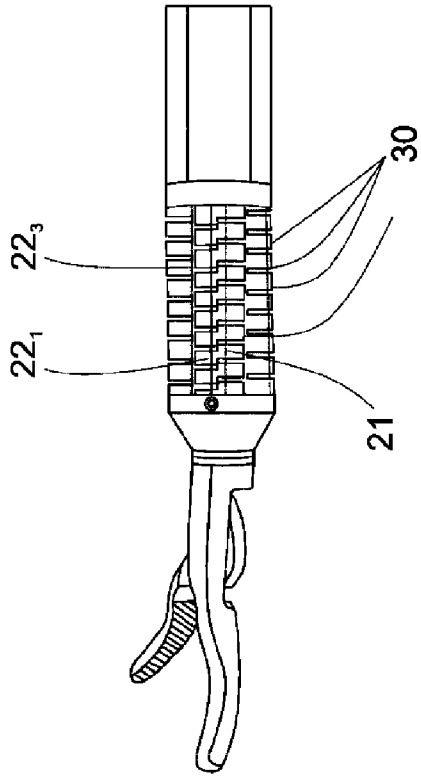


Fig.12

