

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 848 100**

51 Int. Cl.:

**A61B 34/00** (2006.01)  
**A61B 34/30** (2006.01)  
**A61B 90/50** (2006.01)  
**A61B 34/35** (2006.01)  
**A61B 17/29** (2006.01)  
**B25J 9/00** (2006.01)  
**B25J 13/08** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2015** **PCT/IL2015/050891**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016** **WO16035084**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2015** **E 15838758 (9)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020** **EP 3188682**

54 Título: **Control de dispositivo que incluye brazos mecánicos**

30 Prioridad:

**04.09.2014 US 201462045756 P**  
**04.09.2014 US 201462045802 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.08.2021**

73 Titular/es:

**MEMIC INNOVATIVE SURGERY LTD. (100.0%)**  
**6 Yonatan Netanyahu Street**  
**6037604 Or-Yehuda, IL**

72 Inventor/es:

**COHEN, DVIR y**  
**SHAPIRA, ELI**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 848 100 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

Control de dispositivo que incluye brazos mecánicos

### Campo y antecedentes de la invención

- 5 La presente invención, en algunas de sus realizaciones, se refiere a un dispositivo que incluye brazos mecánicos, más particularmente, pero no exclusivamente, a métodos y aparatos para el control de un dispositivo quirúrgico que incluye brazos mecánicos.

Los antecedentes de la técnica incluyen: "Design of a Compact Robotic Manipulator for Single-Port Laparoscopy", de Claudio Quaglia et al, Documento n.º: MD-13-1148 en J. Mech. Des. 136(9), 095001 (13 de junio de 2014); "An inverse kinematics method for 3D figures with motion data" de Taku Komura et al, Proceedings of the Computer Graphics International (CGI'03);

Hubens et al., 2004, "What Have we Learnt after Two Years Working with the Da Vinci Robot System in Digestive Surgery?", Acta chir belg;

Michael Irvine, 2009, "Anaesthesia for Robot-Assisted Laparoscopic Surgery", Cont Edu Anaesth Crit Care and Pain;

- 15 Jeong Rim Lee, 2014, "Anesthetic considerations for robotic surgery", Korean Journal of Anesthesiology;

Teljeur et al., 2014, "Economic evaluation of robot-assisted hysterectomy: a cost-minimisation analysis", BJOG;

Box et al., 2008, "Rapid communication: robot-assisted NOTES nephrectomy: initial report", J Endourol;

DR. Domingo, 2009, "Overview of current hysterectomy trends", Expert Review of Obstetrics & Gynecology; y

DR. Kho, "Vaginal versus laparoscopic hysterectomy", Contemporary OB/GYN Expert Advice, 2013.

- 20 Antecedentes de la técnica adicionales incluyen la patente de Estados Unidos n.º US 8224485, la patente de Estados Unidos n.º US 8347754, la patente de Estados Unidos n.º US 7833156, la patente de Estados Unidos n.º US 8518024, la publicación de solicitud de patente internacional n.º WO 2010096580 y la publicación de solicitud de patente internacional n.º WO 2013116869.

### Sumario de la invención

- 25 La invención es tal como se define en la reivindicación independiente 1. Las reivindicaciones dependientes divulgan realizaciones ilustrativas. A pesar del uso de la frase "en algunas realizaciones" en esta divulgación, solo las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas son parte de la invención.

De acuerdo con la presente invención se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:

- 30 un dispositivo quirúrgico dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo humano que comprende al menos una extremidad articulada, extremidad que comprende una pluralidad de porciones de dispositivo quirúrgico secuencialmente acopladas;

un dispositivo de entrada, que comprende al menos una extremidad articulada, extremidad que comprende una pluralidad de porciones de dispositivo de entrada secuencialmente acopladas; y

- 35 un controlador que controla el movimiento de una o más porciones de la extremidad articulada de dispositivo quirúrgico;

en donde al menos una porción de la extremidad de dispositivo de entrada corresponde a una o más porciones de la extremidad de dispositivo quirúrgico;

en donde el controlador controla el movimiento de la una o más porciones de la extremidad de dispositivo basándose en el movimiento de la al menos una porción de la extremidad de dispositivo de entrada.

- 40 De acuerdo con la invención, el sistema incluye porciones flexibles secuencialmente acopladas doblables y rotatorias de forma independiente.

De acuerdo con la invención, la extremidad de dispositivo de entrada incluye segmentos secuencialmente acoplados doblables y rotatorios de forma independiente. De acuerdo con un ejemplo, las porciones flexibles están acopladas por segmentos.

- 45 De acuerdo con la invención, el dispositivo de entrada comprende segmentos acoplados por articulaciones, en donde cada articulación de dispositivo de entrada corresponde a una porción flexible de dispositivo quirúrgico.

De acuerdo con la invención, el dispositivo de entrada comprende segmentos acoplados por articulaciones;

en donde un ángulo entre los segmentos acoplados secuencialmente controla un ángulo de flexión de una porción flexible de dispositivo quirúrgico.

De acuerdo con la invención, el dispositivo de entrada comprende:

- 5 un segmento de soporte de dispositivo de entrada;  
un primer segmento;  
un segundo segmento;  
una primera articulación que acopla el primer segmento al segmento de soporte; y  
una segunda articulación que acopla el segundo segmento al primer segmento.
- 10 De acuerdo con un ejemplo, la extremidad de dispositivo quirúrgico comprende:  
un segmento de soporte de dispositivo quirúrgico;  
una primera sección flexible que se extiende desde el segmento de soporte y que termina en una sección de acoplamiento; y  
una segunda sección flexible que se extiende desde la sección de acoplamiento y que termina en una herramienta o  
15 un conector para una herramienta.  
De acuerdo con un ejemplo, la invención, el segmento de soporte de dispositivo de entrada corresponde al segmento de soporte de dispositivo quirúrgico;  
en donde la primera articulación corresponde a la primera sección flexible;  
en donde la segunda articulación corresponde a la segunda sección flexible.
- 20 De acuerdo con un ejemplo, al menos una relación entre longitudes de eje largo de los segmentos de dispositivo de entrada es aproximadamente una relación correspondiente de longitudes de eje largo eficaz de los segmentos de dispositivo quirúrgico.  
De acuerdo con un ejemplo, al menos una relación entre longitudes de eje largo de los segmentos eficaces de  
25 dispositivo quirúrgico es aproximadamente aquella de una relación de longitud para segmentos de las extremidades humanas correspondientes.  
De acuerdo con un ejemplo, el sistema comprende dos extremidades de dispositivo de entrada correspondientes a dos extremidades de dispositivo quirúrgico. De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el dispositivo quirúrgico comprende una herramienta acoplada al extremo distal de la extremidad de dispositivo quirúrgico. De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el accionamiento de la herramienta se controla mediante una o  
30 más interfaces de usuario en el dispositivo de entrada.  
De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo de entrada incluye un mango acoplado a una porción del dispositivo de entrada que se extiende lejos de la extremidad de dispositivo de entrada. De acuerdo con el ejemplo, el mango incluye una porción extensible, la extensión de la misma aumenta una separación de al menos una parte del mango del dispositivo de entrada.
- 35 De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo de entrada comprende uno o más mecanismos de bloqueo; en donde el mecanismo de bloqueo, cuando en una configuración bloqueada, reduce el movimiento de al menos una de las porciones de dispositivo de entrada con respecto a una o más de las porciones de dispositivo de entrada.  
De acuerdo con un ejemplo, el acoplamiento de las porciones de dispositivo de entrada es de una fricción suficientemente baja tal que el movimiento de una porción del dispositivo de entrada provoca el movimiento de las  
40 porciones acopladas proximalmente al dispositivo de entrada que se está moviendo.  
De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo quirúrgico comprende más extremidades controlables por el controlador que el dispositivo de entrada.  
De acuerdo con la presente invención se proporciona un dispositivo de entrada para el control de un dispositivo quirúrgico que comprende:  
45 al menos una extremidad articulada, extremidad que comprende una pluralidad de porciones secuencialmente acopladas;

al menos un sensor configurado para generar una indicación de una posición relativa de al menos una porción de la extremidad articulada con respecto a otra porción de la extremidad articulada;

un procesador configurado para generar, a partir de las posiciones detectadas, señales de control de motor, para el control de un dispositivo quirúrgico.

5 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, la extremidad comprende:

un segmento de soporte;

un primer segmento;

un segundo segmento;

una primera articulación que acopla el primer segmento al segmento de soporte; y

10 una segunda articulación que acopla el segundo segmento al primer segmento.

De acuerdo con un ejemplo, una o más de las articulaciones son articulaciones rotacionales que permite la rotación de los segmentos acoplados a las articulaciones para que roten alrededor de los ejes largos de segmento.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, cada primer segmento es doblable en un único plano de doblado alrededor de la primera articulación;

15 en donde cada segundo segmento es doblable en un único plano de doblado alrededor de la segunda articulación.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el al menos un sensor es un sensor de movimiento unido a la extremidad articulada.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, uno o más sensores miden:

la rotación de una o más porciones alrededor de un eje largo de porción; y

20 uno o más ángulos entre porciones acopladas.

De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo comprende un engranaje acoplado a una porción del dispositivo de entrada; y un sensor que detecta la rotación del engranaje.

De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo de entrada incluye un mango acoplado a una porción del dispositivo de entrada que se extiende lejos de la extremidad de dispositivo de entrada. De acuerdo con el ejemplo, el mango incluye una porción extensible, la extensión de la misma aumenta una separación de al menos una parte del mango del dispositivo de entrada.

25 una porción extensible, la extensión de la misma aumenta una separación de al menos una parte del mango del dispositivo de entrada.

De acuerdo con un ejemplo, el sensor es una cámara.

De acuerdo con un ejemplo se proporciona un método de movimiento de dispositivo articulado dentro de un cuerpo que comprende:

30 medir el movimiento de al menos una porción de objeto de entrada;

correlacionar el movimiento de porción de objeto de entrada medido con un movimiento de porción de dispositivo articulado;

mover la porción de dispositivo de acuerdo con movimientos medidos correlacionados.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el dispositivo articulado comprende una primera extremidad de dispositivo y una segunda extremidad de dispositivo;

35 en donde el objeto de entrada comprende una primera extremidad de objeto de entrada y una segunda extremidad de objeto de entrada;

en donde medir comprende medir el movimiento de una o más porciones de la primera extremidad de objeto de entrada y una o más porciones de la segunda extremidad de objeto de entrada de forma simultánea;

en donde medir comprende medir el movimiento de una o más porciones de la primera extremidad de objeto de entrada y una o más porciones de la segunda extremidad de objeto de entrada de forma simultánea;

40 en donde correlacionar comprende:

correlacionar los movimientos medidos de la porción de la primera extremidad de objeto de entrada con una porción correspondiente de la primera extremidad de dispositivo; y

correlacionar los movimientos medidos de la porción de la segunda extremidad de objeto de entrada con una porción correspondiente de la segunda extremidad de dispositivo;

en donde el movimiento comprende mover simultáneamente las extremidades de dispositivo de acuerdo con los movimientos correlacionados.

5 De acuerdo con el ejemplo, el método comprende inicializar una extremidad de objeto de entrada moviendo la extremidad de objeto de entrada a una configuración que corresponde a una configuración de la extremidad de dispositivo.

De acuerdo con un ejemplo, el objeto de entrada es al menos una porción de un cuerpo de usuario.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, correlacionar comprende: coincidir una o más porciones de dispositivo de entrada con una porción de dispositivo quirúrgico correspondiente; y ajustar a escala el movimiento medido.

10 De acuerdo con un ejemplo, la porción de dispositivo quirúrgico es un efector de extremo. De acuerdo con un ejemplo, la porción de objeto de entrada es una articulación de entrada.

De acuerdo con un ejemplo, el movimiento comprende mover simultáneamente más de una articulación de dispositivo de acuerdo con los movimientos correlacionados.

De acuerdo con un ejemplo, medir comprende:

15 capturar imágenes de forma repetida de la primera extremidad de usuario y la segunda extremidad de usuario; y procesar las imágenes para extraer los movimientos de la primera extremidad de usuario y la segunda extremidad de usuario. De acuerdo con un ejemplo, medir comprende:

filtrar el movimiento medido de las articulaciones de extremidad de usuario.

20 De acuerdo con un ejemplo, filtrar comprende eliminar movimientos grandes. De acuerdo con un ejemplo, filtrar comprende eliminar temblores. De acuerdo con un ejemplo, filtrar comprende eliminar movimientos a regiones no permitidas.

De acuerdo con un ejemplo, el método comprende: seleccionar la porción de objeto de entrada; y seleccionar la porción de dispositivo.

25 De acuerdo con un ejemplo, la parte del objeto de entrada es una rama del objeto de entrada; en donde la parte del dispositivo es un miembro del dispositivo.

De acuerdo con un ejemplo, medir comprende medir el movimiento de más de una porción de la extremidad de objeto de entrada, en donde la correlación comprende correlacionar los movimientos medidos de cada porción de la extremidad de objeto de entrada con el movimiento de una porción de la extremidad de dispositivo articulado. De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, medir comprende la medición de movimientos de dedo de al menos una mano de usuario; en donde la correlación comprende correlacionar los movimientos de dedo medidos con una herramienta de extremidad de dispositivo; en donde el movimiento comprende mover la herramienta de dispositivo de acuerdo con los movimientos de dedo correlacionados.

30

De acuerdo con un ejemplo se proporciona un dispositivo de entrada para el control de un dispositivo quirúrgico que comprende:

35 al menos una extremidad articulada, extremidad que comprende una pluralidad de porciones secuencialmente acopladas;

una pluralidad de mecanismos de bloqueo, cada mecanismo de bloqueo para evitar el movimiento relativo de entre dos porciones secuencialmente acopladas;

40 al menos un sensor que proporciona una señal relacionada con un nivel de contacto de un usuario con el dispositivo de entrada;

un procesador configurado para:

detectar a partir de la señal un nivel de contacto insuficiente;

enviar, tras detectar un nivel de contacto insuficiente, una única señal de control que da instrucciones para un bloqueo de la pluralidad de mecanismos de bloqueo.

45 De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un sistema quirúrgico, que comprende:

un conjunto de circuitos que analiza imágenes recogidas por un generador de imágenes para proporcionar una medición del movimiento de las articulaciones de una extremidad de usuario;

un dispositivo dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo, dispositivo que comprende una primera extremidad de dispositivo;

al menos un controlador para mover articulaciones de la extremidad de dispositivo basándose en el movimiento medido.

- 5 De acuerdo con un ejemplo, el sistema comprende un visualizador que muestra imágenes de al menos una porción del dispositivo con al menos una porción del entorno de dispositivo. De acuerdo con un ejemplo, el sistema comprende al menos un dispositivo de formación de imágenes para la recopilación de las imágenes visualizadas. De acuerdo con un ejemplo, el al menos un dispositivo de formación de imágenes comprende un dispositivo de formación de imágenes dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo. De acuerdo con un ejemplo, el al menos un dispositivo de formación de imágenes se acopla al dispositivo.

- 10 De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo comprende una segunda extremidad de dispositivo, De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo comprende una tercera extremidad de dispositivo. De acuerdo con un ejemplo, la tercera extremidad es más grande que la primera extremidad. De acuerdo con un ejemplo, la tercera extremidad incluye una cámara. De acuerdo con un ejemplo, la tercera extremidad incluye menos porciones que la primera y la segunda extremidad.

- 15 De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo comprende una o más herramientas seleccionadas de un túnel de acceso, un elemento de succión, un elemento de irrigación.

De acuerdo con un ejemplo se proporciona un método de movimiento de mecanismo articulado, que comprende:

medir movimientos de extremidad de usuario y movimientos de dedo de usuario simultáneamente;

- 20 correlacionar los movimientos de extremidad de usuario medidos con una extremidad de dispositivo y los movimientos de dedo de usuario medidos con una herramienta de extremidad de dispositivo;

mover la extremidad de dispositivo de acuerdo con los movimientos correlacionados;

accionar la herramienta de extremidad de dispositivo de acuerdo con los movimientos de dedo de usuario;

en donde el movimiento y el accionamiento son simultáneos.

- 25 De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un método de control de un sistema quirúrgico que incluye un dispositivo quirúrgico que comprende:

medir el movimiento de al menos una porción de cuerpo de usuario;

detectar, a partir del movimiento medido, unos movimientos de control de dispositivo quirúrgico de gesto de control de sistema;

- 30 controlar el dispositivo quirúrgico basándose en movimientos de control de dispositivo quirúrgico detectados, o cambiar un estado del sistema quirúrgico, basándose en una transición de estado de sistema almacenada asociada con el gesto de control detectado;

en donde el sistema incluye una pluralidad de estados, de movimiento medido de un objeto de entrada para el control del movimiento del dispositivo quirúrgico.

- 35 De acuerdo con un ejemplo, la pluralidad de estados usa una correlación diferente. De acuerdo con un ejemplo, la pluralidad de estados incluye un estado de control de movimiento donde los movimientos de un dispositivo de entrada se correlacionan con el movimiento de control del dispositivo quirúrgico. De acuerdo con un ejemplo, la pluralidad de estados incluye un estado de pause donde los movimientos de un dispositivo de entrada no se correlacionan con el movimiento del dispositivo quirúrgico.

- 40 De acuerdo con un ejemplo se proporciona un método de movimiento de dispositivo articulado dentro de un cuerpo que comprende: medir el movimiento de al menos una porción de cuerpo de usuario; correlacionar el movimiento de la porción de cuerpo de usuario medido con un movimiento de porción de dispositivo; mover la porción de dispositivo de acuerdo con movimientos medidos correlacionados.

- 45 De acuerdo con un ejemplo se proporciona un método de movimiento de dispositivo articulado dentro de un cuerpo, que comprende: medir el movimiento de las articulaciones de una primera extremidad de usuario y las articulaciones de una segunda extremidad de usuario simultáneamente; correlacionar los movimientos medidos de las articulaciones de primera extremidad de usuario con las articulaciones de una primera extremidad de dispositivo y los movimientos medidos de las articulaciones de segunda extremidad de usuario con las articulaciones de una segunda extremidad de dispositivo; mover simultáneamente las extremidades de dispositivo de acuerdo con los movimientos correlacionados.

50

De acuerdo con un ejemplo se proporciona un sistema quirúrgico, que comprende: una cámara para medir el movimiento de las articulaciones de una extremidad de usuario; un dispositivo dimensionado y conformado para insertar en un cuerpo que comprende una primera extremidad de dispositivo; al menos un controlador para mover las articulaciones del dispositivo basándose en el movimiento medido.

- 5 De acuerdo con un ejemplo se proporciona un dispositivo dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo que comprende:  
al menos una extremidad mecánica que comprende:  
un segmento de soporte;  
una primera sección flexible que se extiende desde el segmento de soporte y que termina en una sección de acoplamiento; y  
10 una segunda sección flexible que se extiende desde la sección de acoplamiento y que termina en una herramienta o un conector para una herramienta;  
en donde una o más de las secciones flexibles son doblables al menos 120°;  
15 en donde una longitud de eje largo de la primera sección flexible es al menos el doble de una amplitud máxima de la primera sección flexible perpendicular a un eje largo de sección flexible;  
en donde una longitud de eje largo de la segunda sección flexible es al menos el doble de una amplitud máxima de la segunda sección flexible perpendicular a un eje largo de sección flexible.  
De acuerdo con un ejemplo se proporciona un dispositivo dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo que comprende:  
20 al menos una extremidad mecánica que comprende:  
un segmento de soporte;  
una primera sección flexible que se extiende desde el segmento de soporte y que termina en una sección de acoplamiento; y  
una segunda sección flexible que se extiende desde la sección de acoplamiento y que termina en una herramienta o  
25 un conector para una herramienta;  
en donde una o más de las secciones flexibles están en un único plano de doblado;  
en donde una o más de las secciones flexibles son doblables al menos 120°.  
De acuerdo con un ejemplo, la sección flexible tiene:  
una longitud de eje largo de sección flexible; y  
30 una amplitud de sección flexible máxima perpendicular al eje largo;  
en donde al menos una de la longitud de eje largo de las secciones flexible es al menos el doble de una amplitud de sección flexible máxima perpendicular al eje largo de la al menos una de las secciones flexibles.  
De acuerdo con un ejemplo se proporciona un método de tratamiento que comprende:  
insertar una extremidad mecánica en un cuerpo, en donde la extremidad comprende al menos dos porciones flexibles;  
35 doblar la extremidad mecánica articulada dentro del cuerpo en dos o más de las secciones flexibles para entrar en contacto con un objetivo, de tal modo que una suma de ángulos entre ejes largos de segmento eficaz adyacente, en al menos un plano tridimensional, es de al menos 120°; y  
tratar el objetivo con la extremidad mecánica.  
De acuerdo con un ejemplo se proporciona un método de tratamiento que comprende:  
40 insertar una extremidad mecánica en un cuerpo a través de un punto de entrada en el cuerpo, en donde la extremidad comprende al menos dos porciones flexibles;  
doblar la extremidad mecánica articulada dentro del cuerpo en dos o más de las secciones flexibles para entrar en contacto con un objetivo, de tal modo que una longitud de la extremidad dentro del cuerpo medida como una suma de longitudes de eje largo de porciones de la extremidad es al menos el doble de una distancia entre el objetivo y el punto  
45 de entrada;

tratar el objetivo con la extremidad mecánica.

De acuerdo con un ejemplo I se proporciona un método de histerectomía que comprende:

insertar un dispositivo que comprende al menos una extremidad mecánica en un cuerpo a través de una incisión en una cavidad vaginal;

- 5 doblar la al menos una extremidad mecánica dentro del cuerpo aproximadamente un 30 % de la dimensión más grande de un útero para acceder al útero desde el exterior del útero;

separar el útero del tejido circundante usando la extremidad mecánica; y

retirar el útero a través de la incisión.

De acuerdo con un ejemplo I se proporciona un dispositivo para incisión que comprende:

- 10 un cuerpo de dispositivo dimensionado y conformado para disponer tejido de paciente con una región de incisión deseada del tejido en un borde de corte dispuesto sobre el cuerpo de dispositivo; y

una salida dispuesta sobre el cuerpo de dispositivo acoplada a un elemento de succión para aumentar una presión entre la anatomía de usuario y el cuerpo de dispositivo

De acuerdo con un ejemplo I se proporciona un manipulador de útero que comprende:

- 15 una porción dimensionada y conformada para su inserción en un útero;

un cuerpo de dispositivo alargado acoplado a la porción para el control de una posición de porción con respecto al cuerpo de dispositivo alargado;

en donde el cuerpo de dispositivo alargado está adaptado para unirse a una porción de un cuello uterino.

De acuerdo con un ejemplo I se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:

- 20 al menos un brazo mecánico; y

una herramienta separadora;

en donde la herramienta separadora es extensible lejos del uno o más brazos mecánicos.

De acuerdo con un ejemplo se proporciona un dispositivo dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo que comprende:

- 25 al menos una extremidad mecánica que comprende:

un segmento de soporte;

una primera sección flexible que se extiende desde el segmento de soporte y que termina en una sección de acoplamiento; y

- 30 una segunda sección flexible que se extiende desde la sección de acoplamiento y que termina en una herramienta o un conector para una herramienta;

en donde un eje largo de una o más de las secciones flexibles son doblables en un único plano de doblado;

en donde un eje largo de la primera sección flexible es al menos el doble de una amplitud máxima de la primera sección flexible perpendicular a una longitud de eje de sección flexible;

- 35 en donde una longitud de eje largo de la segunda sección flexible es al menos el doble de una amplitud máxima de la segunda sección flexible perpendicular a un eje largo de sección flexible.

De acuerdo con un ejemplo, se proporciona un dispositivo dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo que comprende:

al menos una extremidad mecánica que comprende:

un segmento de soporte;

- 40 una primera sección flexible que se extiende desde el segmento de soporte; y que termina en una sección de acoplamiento;

una segunda sección flexible que se extiende desde la sección de acoplamiento y que termina en una herramienta o



un conector para una herramienta; y

una porción de control que comprende al menos una porción de transferencia de par flexible y acoplada a la segunda sección flexible, rotando de ese modo, la rotación de la porción de control, la segunda sección flexible;

- 5 en donde la porción de control pasa a través de una porción hueca de la primera sección flexible, la porción de transferencia de par flexible está dispuesta dentro de la primera porción flexible, doblando de ese modo, el doblado de la primera porción flexible, la porción de transferencia de par.

De acuerdo con un ejemplo I se proporciona un dispositivo dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo que comprende:

al menos una extremidad mecánica que comprende una porción que comprende

- 10 un segmento de soporte;

una primera sección flexible que se extiende desde el segmento de soporte y que termina en una sección de acoplamiento; y

una segunda sección flexible que se extiende desde la sección de acoplamiento;

en donde la primera sección flexible comprende una sección de transferencia de par doblable;

- 15 en donde un eje largo de la segunda sección flexible es doblable en un único plano de doblado.

De acuerdo con un ejemplo se proporciona una pinza que comprende:

al menos dos porciones opuestas acopladas en una articulación;

un elemento de par acoplado a las porciones opuestas;

- 20 en donde la aplicación de par en un primer sentido al elemento de par enrosca el elemento de par hacia la primera y la segunda porciones opuestas, aumentando una separación entre las porciones;

en donde la aplicación de par en un segundo sentido al elemento de par enrosca el elemento de par lejos de la primera y la segunda porciones opuestas, disminuyendo una separación entre las porciones.

De acuerdo con un ejemplo se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:

al menos una extremidad mecánica dimensionada y conformada para su inserción en un cuerpo;

- 25 uno o más motores acoplados a la extremidad para mover una o más partes de la extremidad; y

un procesador configurado para:

recibir una medición del movimiento de un objeto de entrada;

generar una señal de control de motor basándose en el movimiento de objeto de entrada medido; y

- 30 enviar la señal de control de motor al uno o más motores, controlando de ese modo el movimiento de la al menos una extremidad mecánica.

A no ser que se indique al contrario, todos los términos técnicos y/o científicos usados en esta memoria tienen el mismo sentido tal como lo entiende un experto en la técnica a la que pertenece la invención. Aunque métodos y materiales similares o equivalentes a aquellos descritos en esta memoria se pueden usar en la práctica o ensayo de las realizaciones de la invención, métodos y/o materiales ilustrativos se describen a continuación. Predominarán en caso de conflicto la memoria descriptiva de patente, incluyendo las definiciones. Adicionalmente, los materiales, los métodos y ejemplos son únicamente ilustrativos y no pretenden necesariamente ser limitativos.

- 35 La implementación del método y/o sistema de la divulgación pueden conllevar realizar o completar las tareas seleccionadas de forma manual, automática o una composición de las mismas. Es más, de acuerdo con la instrumentación y el equipo actuales de las realizaciones del método y/o sistema de la invención, varias tareas seleccionadas se podrían implementar por hardware, por software o por programa firme, o por una combinación de los mismos usando un sistema operativo.

- 40 Por ejemplo, el hardware para realizar las tareas seleccionadas de acuerdo con las realizaciones de la invención se podrían implementar como un chip o un circuito. Como software, las tareas seleccionadas de acuerdo con la realizaciones de la invención se podrían implementar como una pluralidad de instrucciones de software que se ejecuta por un ordenador usando cualquier sistema operativo apropiado. En una realización ilustrativa de la invención, una o más tareas de acuerdo con las realizaciones ilustrativas del método y/o sistema como se describe en esta memoria
- 45

se realizan por un procesador de datos, tal como una plataforma de computación para ejecutar una pluralidad de instrucciones. De forma opcional, el procesador de datos incluye una memoria volátil para almacenar las instrucciones y/o los datos y/o un almacenamiento no volátil, por ejemplo, un disco duro magnético y/o medios extraíbles, para almacenar las instrucciones y/o los datos. De forma opcional, se proporciona también una conexión de red. Se proporcionan también, de forma opcional, un visualizador y/o un dispositivo de entrada de usuario tal como un teclado o un ratón.

#### Breve descripción de las varias vistas del dibujo o dibujos

10 Algunas realizaciones de la invención se describen en esta memoria, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos y las imágenes adjuntos. Con referencia específica ahora a los dibujos y las imágenes en detalle, se hace hincapié que las particularidades mostradas son a modo de ejemplo y con el fin de una discusión ilustrativa de las realizaciones de la invención. A este respecto, la descripción tomada con los dibujos y las imágenes hace evidente a aquellos expertos en la técnica como se pueden practicar las realizaciones de la invención.

15 No obstante el uso de la frase “en algunas realizaciones” en esta divulgación, solo son parte de la invención las realizaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En los dibujos:

la figura 1A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo quirúrgico que incluye una pluralidad de brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

20 la figura 1B es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

las figuras 1C - D son vistas laterales esquemáticas simplificadas de brazos mecánicos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 2A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo mecánico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

25 la figura 2B es un diagrama esquemático simplificado de dos segmentos conectados por una articulación, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 2C muestra ilustraciones de posibles posiciones de extremidad y/o movimiento de un dispositivo con el tiempo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

30 la figura 3 es una vista lateral esquemática simplificada de un segmento de mano, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 4A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo en donde se ilustran proporciones humanoides de dispositivo mediante una comparación con un diagrama esquemático simplificado de la parte superior de un cuerpo humano, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

35 la figura 4B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo mecánico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 5A muestra ilustraciones de posibles posiciones de dispositivo y/o movimiento de un dispositivo con el tiempo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

las figuras 5B - D son vistas laterales esquemáticas simplificadas de un brazo mecánico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

40 la figura 6 es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 7 es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo que incluye más de dos brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

45 la figura 8 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un sistema quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 9A es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos y una cámara, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 9B es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos y una cámara, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- la figura 9C es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos y una cámara doblado en una articulación de hombro de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 9D es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos y una cámara doblado en una articulación de hombro de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 5 la figura 10A es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos y una cámara, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 10B es una vista lateral esquemática simplificada de parte de una unidad de motor para el accionamiento de un dispositivo que incluye más de dos brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 10 la figura 11A es una vista esquemática simplificada de un sistema en donde un dispositivo es sostenido por un soporte, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 11B es una vista esquemática simplificada de un sistema en donde un dispositivo es sostenido por un soporte, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 15 la figura 12 es una vista lateral esquemática simplificada de un sistema que incluye un dispositivo con dos brazos sostenido por un soporte, y acoplado a una superficie de operación, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 13 es una vista lateral esquemática simplificada de un sistema que incluye un puerto acoplado a una superficie de operación por un soporte, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 14 es una vista lateral esquemática simplificada de un sistema que incluye un soporte de puerto y un soporte de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 20 la figura 15 es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo, sostenido por un soporte, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 16 es un diagrama de flujo de un método de uso de un dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 25 la figura 17A es un diagrama esquemático simplificado de una única incisión en un paciente, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 17B es un diagrama esquemático simplificado de múltiples incisiones en un paciente, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 17C es un diagrama esquemático simplificado de una incisión en un paciente, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 30 la figura 18 es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo insertado a través de un orificio natural realizando una cirugía, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 19 es un diagrama esquemático simplificado de un brazo con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 35 la figura 20 es un diagrama esquemático simplificado de un brazo, incluyendo una extensión de segmento 2024E con una porción de transferencia de par doblable, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 21 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento de transferencia de par, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 22 es un patrón de expansión de porción de transferencia de par, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 40 la figura 23 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par recta con un primer y un segundo enlace, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 24 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par doblada con dos enlaces, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- 45 la figura 25 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par recta con una pluralidad de enlaces, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;
- la figura 26 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par doblada con una pluralidad de enlaces, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 27 es un diagrama esquemático simplificado de una articulación recta que incluye dos enlaces, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 28 es un diagrama esquemático simplificado de una articulación que incluye dos enlaces, en donde los enlaces se rotan alrededor de un eje largo de articulación, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 5 la figura 29 es una vista lateral de una articulación que incluye una pluralidad de enlaces, en donde los enlaces se rotan alrededor de un eje largo de articulación, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 30 es una vista lateral esquemática simplificada de una articulación que incluye una pluralidad de enlaces, en donde una pluralidad de enlaces incluye anillos de guía, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 10 la figura 31A es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 31B es un diagrama esquemático simplificado de una vista lateral de una porción de un brazo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 31C es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 15 la figura 32 es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo ilustrativo con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 33A es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano acoplada a un radio, acoplada a una extensión de segmento de radio, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 20 la figura 33B es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una porción de una extensión de radio, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 33C es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una porción de una extensión de radio, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 34A es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de brazo de dispositivo que incluye un húmero acoplado a una extensión de húmero, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 25 la figura 34B es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un húmero acoplado a una extensión de húmero, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 35A es una vista lateral esquemática simplificada de una articulación de hombro acoplada a un torso, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 30 la figura 35B es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una articulación de hombro acoplada a un torso, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 36A es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de pinza cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 36B es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de pinza abierta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 35 la figura 37 es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de pinza cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 38 es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de sujetador, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 40 la figura 39 es una vista lateral esquemática simplificada de un mecanismo de accionamiento para el control de una articulación de extremidad mecánica, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 40 es una vista lateral esquemática simplificada de una unidad de motor para el accionamiento de un dispositivo que incluye brazos mecánicos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 41 es una vista lateral simplificada de una porción de una unidad de motor que incluye elementos para el suministro eléctrico a un efector de extremo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

- 45 la figura 42 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un sistema de control, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 43 es un diagrama de flujo de un método de control de un brazo de dispositivo, de acuerdo con algunas

realizaciones de la invención;

la figura 44A es una fotografía de un usuario que controla un dispositivo quirúrgico usando un dispositivo de entrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

5 la figura 44B es una fotografía de un usuario que controla un dispositivo quirúrgico usando un dispositivo de entrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención .

la figura 45 es un diagrama esquemático simplificado que ilustra el uso de un sistema quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 46 es una vista lateral esquemática simplificada de un visualizador que incluye sensores de detección de movimiento, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

10 la figura 47A y la figura 47B son diagramas esquemáticos simplificados de un sistema quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 48A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

15 la figura 48B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 48C es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 49A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo de entrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

20 la figura 49B es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo de entrada que incluye mangos de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 50A es un esquema simplificado de un controlador, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 50B es un esquema simplificado de un controlador sujetado por un usuario, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

25 la figura 51 es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada que incluye un mango, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 52A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada que incluye un mango, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

30 la figura 52B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 53A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada que incluye un mango, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 53B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada que incluye un mango extendido, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

35 la figura 54A-C son vistas laterales esquemáticas simplificadas de una porción de un brazo de dispositivo de entrada que incluye una conexión entre segmentos de dispositivo de entrada en diferentes configuraciones, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

40 la figura 55A es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de conexión de brazo de dispositivo de entrada que incluye un elemento de bloqueo en una configuración desbloqueada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 55B es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de una porción de conexión de brazo de dispositivo de entrada que incluye un elemento de bloqueo en una configuración bloqueada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

45 la figura 56 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de conexión de brazo de dispositivo de entrada que incluye un mecanismo de bloqueo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 57 es una serie de ilustraciones fotográficas que muestran el movimiento de un usuario y de un brazo de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 58 ilustra el control de un brazo de dispositivo usando una tecnología de captura de movimiento, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 59A y la figura 59B son ilustraciones esquemáticas simplificadas de la posición y/o movimiento de los puntos de cuerpo que se miden, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

5 la figura 60A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico en una configuración recta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 60B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada enderezado por un posicionador, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

10 la figura 61 es un diagrama de flujo de un método de reinicialización, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 62A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico 6204, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 62B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada 6204ip desalineado con el brazo de dispositivo quirúrgico de la figura 62A, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

15 la figura 62C es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada realineada con el brazo de dispositivo quirúrgico de la figura 62A, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 63A es un diagrama esquemático simplificado de modos de sistema ilustrativos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

20 la figura 63B es una ilustración esquemática simplificada de estados y gestos ilustrativos para la transición entre estados, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 64A es un diagrama esquemático simplificado de una mano de usuario abierta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

25 la figura 64B es un diagrama esquemático simplificado de una porción de un brazo de dispositivo que incluye una herramienta de mano en donde la herramienta de mano está en una posición abierta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la figura 64C es un diagrama esquemático simplificado de una mano de usuario cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

30 la figura 64D es un diagrama esquemático simplificado de una porción de un brazo de dispositivo que incluye una herramienta de mano en donde la herramienta de mano está en una posición cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención; y

la figura 65 es una serie de ilustraciones fotográficas que muestran un control ilustrativo de una mano de dispositivo usando una posición de mano de usuario medida.

### Descripción de realizaciones específicas de la invención

35 A lo largo de esta solicitud, solo las disposiciones dentro del alcance de las reivindicaciones son parte de la invención.

La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a un dispositivo que incluye brazos mecánicos, más particularmente, pero no de forma exclusiva, al aparato para el control de un dispositivo quirúrgico que incluye brazos mecánicos.

#### Visión de conjunto

40 Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere al control de un dispositivo quirúrgico usando el movimiento medido de uno o más objetos de entrada, donde tanto el dispositivo de entrada y uno o más objetos de entrada incluyen una estructura secuencial de porciones conectadas donde el movimiento de una o más porciones del objeto de entrada controla el movimiento de una porción secuencialmente correspondiente del dispositivo quirúrgico.

45 Por ejemplo, en algunas realizaciones, las articulaciones de objeto de entrada corresponden a porciones flexibles de un dispositivo quirúrgico, por ejemplo, cada articulación de objeto de entrada corresponde a una única porción flexible de un dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, un objeto de entrada incluye una porción o porciones de cuerpo de usuario, por ejemplo, en donde el movimiento medido de una extremidad de usuario controla el movimiento de una extremidad de dispositivo

quirúrgico. En algunas realizaciones, un objeto de entrada incluye un dispositivo de entrada que es movido (por ejemplo, manualmente) por un usuario. En algunos ejemplos, un dispositivo de entrada incluye una extremidad de dispositivo de entrada en donde el movimiento de la extremidad de dispositivo de entrada controla el movimiento de una extremidad de dispositivo quirúrgico correspondiente. En algunas realizaciones, un dispositivo quirúrgico es controlado tanto por un movimiento medido del cuerpo de un usuario como por un movimiento de un dispositivo de entrada controlado por un usuario.

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un sistema quirúrgico controlable intuitivamente.

En algunas realizaciones, el sistema incluye un objeto de entrada con una estructura similar a la de un dispositivo quirúrgico, en donde el movimiento del objeto de entrada controla el movimiento del dispositivo quirúrgico:

En algunas realizaciones, una relación entre longitudes de segmento eficaces de un par de segmentos de dispositivo de entrada (por ejemplo, dos segmentos de dispositivos de entrada adyacentes) es sustancialmente igual que una relación de longitud de segmento eficaz entre un par de segmentos de dispositivo quirúrgico correspondiente.

En algunas realizaciones, cada porción accionada del dispositivo quirúrgico tiene una porción correspondiente del dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo quirúrgico y un brazo de dispositivo de entrada incluyen segmentos acoplados por porciones de conexión. En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo de entrada incluye al menos el número de articulaciones y/o segmentos que un brazo de dispositivo quirúrgico articulado correspondiente. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico incluyen el mismo número de segmentos y/o el mismo número de porciones de conexión.

En algunas realizaciones, una o más porciones de un dispositivo de entrada tienen los mismos grados de libertad que los de una porción correspondiente de un dispositivo quirúrgico. De acuerdo con la invención, la porción o porciones de dispositivo de entrada son doblables aproximadamente la misma cantidad que porciones de dispositivo quirúrgico correspondientes. Por ejemplo, la porción o porciones de dispositivo quirúrgico que son rotatorias alrededor del eje largo de porción de dispositivo quirúrgico corresponden a las porciones de dispositivo de entrada que son rotatorias alrededor del eje largo de porción de dispositivo de entrada.

Potencialmente, una estructura similar del objeto de entrada y el dispositivo quirúrgico proporciona un control intuitivo del dispositivo quirúrgico.

#### *Visión de conjunto - control de movimiento de dispositivo de entrada ilustrativo*

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo de entrada para el control de un dispositivo quirúrgico, en donde tanto el dispositivo de entrada como el dispositivo quirúrgico tienen al menos una parte (por ejemplo, una extremidad) que incluye una estructura secuencial de porciones conectadas en donde el movimiento de una o más porciones del dispositivo de entrada controla el movimiento de una porción secuencialmente correspondiente del dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, una estructura secuencial del dispositivo de entrada y/o el dispositivo quirúrgico incluye segmentos (por ejemplo, porciones rígidas) conectados por porciones de conexión (por ejemplo, articulaciones de pivote y/o secciones flexibles).

En algunas realizaciones, el acoplamiento secuencial de porciones del dispositivo quirúrgico y/o de entrada es un acoplamiento secuencial lineal, en donde, por ejemplo, los ejes longitudinales centrales de las porciones son colineales en donde se acoplan las porciones.

En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo de entrada incluye segmentos secuencialmente acoplados por articulaciones. En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo quirúrgico incluye porciones flexibles secuencialmente acopladas, acopladas opcionalmente por segmentos de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, la libertad de movimiento de los segmentos de dispositivo de entrada alrededor de las articulaciones es casi igual que la libertad de movimiento de las porciones flexibles de dispositivo quirúrgico correspondientes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una porción de dispositivo quirúrgico flexible es doblable el mismo ángulo que un ángulo entre dos segmentos de dispositivo de entrada acoplados por una articulación correspondiente a la porción de dispositivo quirúrgico flexible.

En algunas realizaciones, un ángulo entre ejes largos de segmentos de dispositivo de entrada acoplados por una articulación controla un ángulo de una porción flexible de dispositivo quirúrgico correspondiente. En donde, por ejemplo, un ángulo de la porción flexible de dispositivo quirúrgico se define entre tangentes de eje largo de la porción flexible en los extremos de porción flexible. En donde, por ejemplo, un ángulo de la porción flexible de dispositivo quirúrgico se define como un ángulo entre el eje largo de segmento eficaz (por ejemplo, en donde en el presente documento se describen ejes de segmento eficaz).

En una realización ilustrativa, un dispositivo de entrada incluye una forma más angular y/o una forma con una amplitud lateral relativa más grande que la del dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, en una realización ilustrativa, las porciones

de conexión de dispositivo de entrada son conexiones de pivote entre segmentos rígidos, mientras que las porciones de conexión de dispositivo quirúrgico son secciones doblables largas (por ejemplo, como se describe en la sección del presente documento titulada "Articulaciones largas ilustrativas"). En algunas realizaciones, los puntos de pivote que conectan secciones del dispositivo de entrada no se disponen en una intersección entre extremidades de dispositivo de entrada eficaces, por ejemplo, reduciendo potencialmente una diferencia entre las estructuras de dispositivo de entrada y de dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, un ángulo entre un radio de dispositivo de entrada y un húmero de dispositivo de entrada controla un ángulo entre un radio de dispositivo quirúrgico y un húmero de dispositivo quirúrgico en donde una relación entre las longitudes eficaces del radio y húmero de dispositivo de entrada es sustancialmente igual que una relación entre las longitudes eficaces del radio y húmero de dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, los movimientos de dispositivo quirúrgico son movimientos de mano de usuario ajustados a escala.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario selecciona el ajuste a escala del movimiento de mano de usuario al movimiento de dispositivo de entrada (y dispositivo quirúrgico) al seleccionar en dónde agarrar un segmento de dispositivo de entrada.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye un mango (opcionalmente extensible) para ajustar a escala los movimientos de mano de usuario.

En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye una o más porciones que se aumentan a escala con respecto a las del dispositivo quirúrgico (por ejemplo, una porción del dispositivo de entrada es una porción aumentada a escala de un dispositivo quirúrgico), lo que significa que unos movimientos de mano de usuario grandes se transfieren a unos movimientos de dispositivo quirúrgico pequeños, facilitando potencialmente un control fino del dispositivo quirúrgico con los movimientos (por ejemplo, de mano) de usuario.

En algunas realizaciones, porciones correspondientes del dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico tienen diferentes números de segmentos y/o porciones de conexión. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un segmento de dispositivo de entrada controla los movimientos de más de una porción de un dispositivo quirúrgico (por ejemplo, varios segmentos). Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye dos segmentos (por ejemplo, segmentos rígidos) conectados por una porción de conexión (por ejemplo, un pivote) que controlan una porción del dispositivo quirúrgico que incluye más de una dos porciones y/o más de una porción de conexión. En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye dos segmentos (por ejemplo, segmentos rígidos) conectados por una porción de conexión (por ejemplo, un pivote) que controla una porción del dispositivo quirúrgico que incluye una porción flexible extendida (por ejemplo, el dispositivo quirúrgico incluye una estructura de endoscopio). En algunos ejemplos, en donde un número de porciones de dispositivo de entrada controla un número diferente de porciones de dispositivo quirúrgico, la correlación incluye identificar segmentos eficaces, por ejemplo, en donde un segmento de dispositivo de entrada eficaz incluye un número de porciones de dispositivo de entrada diferente del de un segmento de dispositivo quirúrgico correspondiente.

En algunas realizaciones, un dispositivo quirúrgico incluye una o más porciones de extensión (por ejemplo, uno o más segmentos y/o articulaciones cuya longitud de eje largo aumenta). En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye una porción extensible correspondiente, la amplitud de la extensión de la cual controla una amplitud de una porción de dispositivo quirúrgico correspondiente.

En algunas realizaciones, un usuario mueve manualmente una porción o porciones del dispositivo de entrada para controlar el movimiento del dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, un usuario controla la posición de más de una parte del dispositivo simultáneamente, por ejemplo, usando una mano. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada incluye dos extremidades (también denominadas en el presente documento "brazos"), y un usuario controla cada extremidad con una mano.

En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada incluye uno o más brazos contruidos a partir de porciones rígidas interconectadas por articulaciones. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada tiene un pequeño número de segmentos que se pueden mover libremente. Por ejemplo, menos de diez o menos de 5, o menos de 4 segmentos que se pueden mover libremente de manera simultánea. Potencialmente, un pequeño número de segmentos que se pueden mover libremente facilita el control de usuario de la posición y/o movimiento de cada segmento, por ejemplo, con una única mano de usuario agarrando un segmento.

En algunas realizaciones, el brazo o brazos de dispositivo de entrada tienen una estructura y/o libertad de movimiento similares a las de los brazos humanos, haciendo potencialmente que el control manual del movimiento y/o situación de los segmentos sean intuitivos para un usuario humano.

En algunas realizaciones, un ángulo entre ejes largos de dos segmentos de dispositivo de entrada adyacentes controla un ángulo entre ejes largos de dos segmentos de dispositivo quirúrgico adyacentes correspondientes. En algunas realizaciones, una rotación de uno o más segmentos de dispositivo de entrada controla la rotación de un segmento de dispositivo quirúrgico correspondiente.



- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo de entrada donde las articulaciones que acoplan segmentos del dispositivo tienen una fricción suficientemente baja como para que el dispositivo de entrada pueda ser movido fácilmente por un usuario, cuando un usuario está controlando el dispositivo quirúrgico al mover el dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada es resistente al movimiento que no es iniciado por un usuario, incluyendo el dispositivo de entrada, por ejemplo, uno o más mecanismos de bloqueo. Por ejemplo, evitando potencialmente un movimiento accidental de un dispositivo quirúrgico por un movimiento no deseado del dispositivo de entrada. En algunas realizaciones ilustrativas de la invención, el dispositivo de entrada tiene articulaciones de baja resistencia e incluye uno o más elementos que pueden bloquear selectivamente una articulación.
- De acuerdo con la invención un dispositivo de entrada que incluye uno o más mecanismos de bloqueo en donde el mecanismo de bloqueo, cuando está en una configuración bloqueada, evita el movimiento de segmentos en una articulación. En algunas realizaciones, cuando el dispositivo de entrada no está en uso, el dispositivo se bloquea en su posición (por ejemplo, automáticamente), por ejemplo, evitando el movimiento del dispositivo quirúrgico.
- En algunas realizaciones, un mecanismo de bloqueo de dispositivo de entrada incluye uno o más elementos (por ejemplo, un elemento dentado) que se entrelaza con un engranaje o engranajes acoplados a la articulación a una porción o porciones (por ejemplo, en una articulación de dispositivo de entrada) del dispositivo de entrada en posición. En algunas realizaciones, un mecanismo de bloqueo de dispositivo de entrada incluye un elemento que mantiene por fricción en posición una porción o porciones del dispositivo de entrada.
- En este documento, en donde se usa el término "dispositivo" sin un calificador, el término se refiere a un dispositivo quirúrgico que incluye una o más extremidades articuladas.
- En algunas realizaciones, una o más porciones de un dispositivo se controlan mediante un movimiento medido de un objeto (por ejemplo, un avatar, también denominado, en el presente documento, "dispositivo de entrada") movido por un usuario. En algunas realizaciones, un avatar manipulado por un usuario es una representación, opcionalmente miniaturizada, de al menos una porción de un dispositivo (por ejemplo, un brazo de dispositivo). Por ejemplo, una o más porciones de dispositivo (por ejemplo, articulaciones) se controlan mediante la posición y/o el movimiento de una porción (por ejemplo, articulación) de avatar correspondiente.
- En algunas realizaciones, el movimiento del avatar se mide usando una tecnología de captura de movimiento. En algunas realizaciones, el movimiento del avatar se mide usando uno o más sensores, por ejemplo, montados sobre y/o en el avatar.
- En algunas realizaciones, un usuario sitúa el avatar de dispositivo con respecto a un modelo de una o más porciones de una anatomía de usuario, por ejemplo, un usuario mueve un avatar para realizar un tratamiento en un modelo anatómico y el dispositivo realiza el tratamiento en la anatomía correspondiente de un paciente.

*Visión de conjunto - control de herramienta de dispositivo quirúrgico ilustrativo*

- Un aspecto amplio de algunas realizaciones se refieren al control de herramientas de dispositivo quirúrgico (por ejemplo, un efector o efectores de extremo acoplados al extremo o extremos distales de la extremidad o extremidades de dispositivo quirúrgico). Por ejemplo, el control de la apertura y/o cierre de una herramienta de dispositivo quirúrgico incluyendo dos o más secciones opuestas (por ejemplo, un sujetador).
- En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye una o más interfaces de usuario, por ejemplo, para controlar un efector de extremo de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, un efector o efectores de extremo de dispositivo quirúrgico se controlan mediante un botón o botones ubicados en el dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada incluye una representación o representaciones del efector o efectores de extremo de dispositivo quirúrgico, por ejemplo, de tal modo que un usuario pueda ver una configuración del efector o efectores de extremo quirúrgicos mirando el dispositivo de entrada.
- En algunas realizaciones, el control de una o más herramientas de mano de dispositivo mediante un movimiento correlacionado de una mano de usuario y/o un movimiento de muñeca y/o un movimiento de una herramienta sostenida por un usuario. En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo incluye una o más herramientas de mano acopladas al segmento de radio en una articulación de muñeca. En una realización ilustrativa, cada brazo de dispositivo incluye una herramienta de mano.
- En algunas realizaciones, una herramienta de mano de dispositivo incluye más de una parte y tiene una configuración abierta y una cerrada, en donde separar los extremos distales de las partes abre la herramienta y poner juntos los extremos distales de las partes cierra la herramienta (por ejemplo, tijeras, pinza con dos o más porciones opuestas). En algunas realizaciones, la apertura y cierre de una herramienta de dispositivo, "accionamiento de herramienta", se controla mediante la apertura y el cierre de una mano de usuario, "accionamiento de herramienta de usuario".
- En algunas realizaciones, una herramienta de dispositivo se controla mediante un movimiento medido de un objeto

que representa la herramienta, un "avatar de herramienta" que se sostiene y/o mueve por el usuario. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo que incluye una herramienta de tijeras es controlado por un usuario que sujeta un par de tijeras, por ejemplo, la apertura y cierre de las tijeras de dispositivo (accionamiento de herramienta) se controla mediante la apertura y el cierre de las tijeras de avatar, "accionamiento de avatar". En algunas realizaciones, un avatar de herramienta no está unido a un elemento o elementos de soporte. En algunas realizaciones, un avatar de herramienta se acopla a un dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, la rotación de un avatar de herramienta controla el movimiento automático (por ejemplo, controlado robóticamente) de un brazo mecánico.

En algunas realizaciones, la rotación de una herramienta de mano de dispositivo y/o de mano se controla al medir una posición de dedo de usuario (por ejemplo, usando una tecnología de captura de movimiento y/o uno o más sensores montados en una mano de usuario). En algunas realizaciones, la rotación de la mano se controla al medir la orientación de un avatar de herramienta (por ejemplo, usando una tecnología de captura de movimiento y/o usando uno o más sensores montados opcionalmente en el avatar).

En algunas realizaciones, el movimiento de brazo de dispositivo y el accionamiento de herramienta de dispositivo están sincronizados (por ejemplo, tienen lugar al mismo tiempo), de acuerdo con un movimiento de brazo de usuario y accionamiento de herramienta de usuario y/o accionamiento de herramienta de avatar sincronizado, opcionalmente, para más de un brazo y/o más de una herramienta de mano de dispositivo. En algunas realizaciones, una medición simultánea de movimientos del usuario controla el movimiento de brazo de dispositivo y el accionamiento de herramienta (por ejemplo, la apertura y cierre del dispositivo).

#### *Visión de conjunto - control de movimiento de cuerpo de usuario ilustrativo*

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere al control de un dispositivo mecánico articulado en donde el movimiento de una o más porciones de dispositivo se controla mediante un movimiento correlacionado medido de una porción de cuerpo de usuario correspondiente (por ejemplo, el movimiento de una articulación de codo de dispositivo se controla mediante un movimiento correlacionado medido de una articulación de codo de usuario). En algunas realizaciones, cada articulación de dispositivo se controla mediante un movimiento medido de una articulación de brazo de usuario correspondiente.

En algunas realizaciones, una o más porciones de brazo de dispositivo se controlan mediante un movimiento medido de una porción de brazo de usuario correspondiente y/o un movimiento medido de un dispositivo de entrada correspondiente y las porciones de dispositivo restantes se controlan usando robótica, por ejemplo, cinemática inversa. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los brazos de dispositivo están extendidos y (por ejemplo, para proporcionar al usuario una posición de brazo de trabajo cómoda) los segmentos de húmero de usuario se mantienen hacia abajo, a los lados del usuario. Las posiciones de mano, de radio y de muñeca de usuario controlan el movimiento de la mano de dispositivo, la posición de radio y de muñeca y la posición y movimiento de codo y de hombro se controlan mediante cinemática inversa.

En algunas realizaciones, la posición y/o movimiento de una o más porciones de cuerpo de usuario (por ejemplo, segmentos y/o articulaciones de segmento) se mide en un espacio tridimensional, por ejemplo, con tecnología de captura de movimiento. Por ejemplo, las posiciones y/o movimientos relativos de las articulaciones de segmento de usuario (por ejemplo, brazo) se extraen de imágenes capturadas (por ejemplo, imágenes de vídeo). Como alternativa o adicionalmente, unas mediciones son recogidas por uno o más sensores de movimiento unidos al usuario. En algunas realizaciones, un sensor de movimiento se une a cada segmento y/o articulación de usuario que se va a medir.

En algunas realizaciones, uno o más ángulos cambiantes entre dos segmentos de brazo de usuario se calculan a partir del movimiento de articulación de usuario medido. En algunas realizaciones, se mueven un segmento o segmentos de brazo de dispositivo correspondientes de acuerdo con el ángulo o ángulos cambiantes medidos. En algunas realizaciones, un esqueleto de usuario (por ejemplo, incluyendo posición de articulación y posición de segmento) se modela a partir de mediciones. En algunas realizaciones, el esqueleto modelado se usa para controlar las extremidades de dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, el control es relativo para una o más porciones del dispositivo, cambiando el dispositivo un ángulo entre dos segmentos de acuerdo con el cambio de ángulo de usuario correspondiente, por ejemplo, si los ángulos de partida de dispositivo y de usuario no son iguales, si el dispositivo tiene una anatomía diferente (por ejemplo, relaciones de segmentos diferentes) que el brazo de usuario. En algunas realizaciones, el ángulo de dispositivo se cambia aproximadamente el mismo número de grados. En algunas realizaciones, el ángulo de dispositivo se cambia en un número de grados ajustado a escala.

Potencialmente, el control de dispositivo usando un movimiento de usuario medido proporciona uno o más de: movimientos del usuario que son físicamente cómodos, y/o los movimientos de control de usuario son intuitivos y/o fáciles de aprender, por ejemplo, dando como resultado una cantidad baja de movimientos de error.

En algunas realizaciones, un usuario controla uno o más segmentos de dispositivo usando un movimiento de pierna de usuario.

*Visión de conjunto - modos de sistema ilustrativos*

5 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a la transferencia del sistema entre modos. En algunas realizaciones, la transferencia es por detección de gestos del usuario. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario transfiere el sistema de un modo en donde un movimiento de usuario medido es imitado por el dispositivo quirúrgico a un modo de pausa, en donde cesa la imitación, al realizar el usuario un gesto (por ejemplo, elevar una pierna de usuario).

10 En algunas realizaciones, el dispositivo se acciona en más de un modo (por ejemplo, durante un único tratamiento). En algunas realizaciones, un dispositivo se mueve a su posición usando un modo en donde cada porción de dispositivo se controla mediante el movimiento de una porción de cuerpo de usuario correspondiente y, entonces, por ejemplo, una vez que las manos de dispositivo están en posición para, por ejemplo, operar sobre tejido, el usuario cambia el modo de control, por ejemplo, a que menos porciones de dispositivo sean controladas por un movimiento de usuario (por ejemplo, como se ha descrito anteriormente), por ejemplo, a unos movimientos reducidos a escala para un trabajo fino.

15 En algunas realizaciones, algunos movimientos y/o gestos de cuerpo de usuario se usan para controlar el movimiento de un dispositivo quirúrgico y otros movimientos y/o gestos de cuerpo de usuario se usan para cambiar un modo del sistema.

*Visión de conjunto - generalidades*

20 En algunas realizaciones, se inicializan uno o más pares de brazo de dispositivo quirúrgico - usuario, o pares de brazo de dispositivo quirúrgico - dispositivo de entrada (por ejemplo, antes del tratamiento con el dispositivo) en donde la posición de brazo de dispositivo quirúrgico (por ejemplo, los ángulos entre segmentos) está alineada con la posición de brazo de entrada y/o de usuario (por ejemplo, se mueven el brazo de dispositivo y/o el brazo de usuario durante la inicialización).

25 En algunas realizaciones, el movimiento de una o más porciones del dispositivo quirúrgico (por ejemplo, el brazo de dispositivo quirúrgico) es sustancialmente al mismo tiempo que el movimiento de una o más porciones de los brazos de usuario y/o de dispositivo de entrada. Como alternativa, en algunas realizaciones, se retarda el movimiento del dispositivo (por ejemplo, brazo de dispositivo), por ejemplo, un usuario realiza un movimiento (por ejemplo, con el cuerpo del usuario y/o con un dispositivo de entrada), entonces, opcionalmente, autoriza el movimiento para el control del movimiento del dispositivo. En algunas realizaciones, una o más porciones del dispositivo se mueven a la misma velocidad que el movimiento controlado por el usuario (por ejemplo, el movimiento del cuerpo del usuario y/o el movimiento de usuario de un dispositivo de entrada). Como alternativa, en algunas realizaciones, el dispositivo se mueve a una velocidad diferente, opcionalmente definida por el usuario (por ejemplo, más lenta). En algunas realizaciones, un usuario selecciona una o más opciones de temporización. Por ejemplo, durante un trabajo fino, un usuario selecciona un modo en donde los movimientos del usuario se ralentizan y/o retardan para controlar los movimientos de dispositivo.

40 En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico incluye dos o más brazos. En algunas realizaciones, el movimiento de dos brazos de dispositivo quirúrgico se controla al correlacionar un movimiento de dos brazos de usuario y/o de dos brazos de dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, el movimiento de dos brazos de dispositivo quirúrgico se sincroniza de acuerdo con un movimiento sincronizado de dos brazos de usuario y/o de dos brazos de dispositivo de entrada. Siendo una ventaja potencial del control sincronizado de los brazos de dispositivo la capacidad de dos o más brazos de dispositivo para trabajar conjuntamente, por ejemplo, para sujetar y/o estirar el tejido y para cortar el tejido simultáneamente, para agarrar conjuntamente una porción de tejido (por ejemplo, para pasar un objeto desde una herramienta de mano a otra).

45 En algunas realizaciones, un usuario selecciona una extremidad de dispositivo que se va a controlar mediante un movimiento correlacionado (por ejemplo, el control como se ha descrito anteriormente usando un movimiento de usuario y/o un movimiento de dispositivo de entrada) de una extremidad de objeto de entrada. En algunas realizaciones, el usuario selecciona una extremidad de dispositivo quirúrgico y selecciona una extremidad de usuario y/o de dispositivo de entrada, y la extremidad de dispositivo quirúrgico seleccionada se controla mediante un movimiento correlacionado de la extremidad de usuario y/o de dispositivo de entrada seleccionada. En algunas realizaciones, un dispositivo incluye más de dos brazos y un usuario selecciona dos brazos de dispositivo, en donde un primer brazo de dispositivo se controla mediante un movimiento correlacionado de un primer brazo de usuario y/o un primer brazo de dispositivo de entrada y un segundo brazo de dispositivo se controla mediante un movimiento medido correlacionado de un segundo brazo de usuario y/o un segundo brazo de dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, el brazo o brazos no seleccionados permanecen estacionarios y/o se mueven con un método de control diferente (por ejemplo, usando un movimiento de pierna de usuario, controlado por un segundo usuario, controlado automáticamente, por ejemplo, mediante robótica).

En algunas realizaciones, tanto un movimiento de dispositivo de entrada como un movimiento de cuerpo de usuario se usan para controlar el dispositivo quirúrgico, por ejemplo, siendo controlado un primer brazo de dispositivo quirúrgico por un movimiento de usuario de un brazo de dispositivo de entrada y siendo controlado un segundo brazo de dispositivo quirúrgico por un movimiento medido de una porción o porciones del cuerpo del usuario.

5 Opcionalmente, el sistema (por ejemplo, como se describe en el presente documento) asigna automáticamente unos pares de brazo de usuario - brazo de dispositivo quirúrgico (y/o unos pares de dispositivo de entrada - brazo de dispositivo quirúrgico) para el control del dispositivo quirúrgico en donde la asignación se basa en, por ejemplo, la posición de los brazos de dispositivo quirúrgico (por ejemplo, en algunas realizaciones, el usuario no especifica qué usuario y/o brazo de entrada va a controlar qué brazo de dispositivo quirúrgico).

10 En algunas realizaciones, un usuario cambia los brazos quirúrgicos seleccionados al pausar el control (por ejemplo, el control del movimiento del brazo o brazos de dispositivo quirúrgico mediante un movimiento de objeto de entrada correlacionado) de uno o más brazos de dispositivo quirúrgico seleccionado y volver a seleccionar uno o más brazos de dispositivo quirúrgico (seleccionando como se describe en el presente documento). En algunas realizaciones, el usuario hace una pausa y vuelve a seleccionar brazos para conmutar el control de un primer brazo de dispositivo por un brazo de usuario izquierdo y el control de un segundo brazo de dispositivo al control del segundo brazo de dispositivo con el brazo derecho de usuario y el control del segundo brazo de dispositivo por un brazo izquierdo de usuario.

En algunas realizaciones, un usuario pausa un brazo de dispositivo quirúrgico inicial en una posición deseada (por ejemplo, para mantener una anatomía de usuario en posición) y selecciona otro brazo de dispositivo quirúrgico (por ejemplo, un tercer brazo) para un movimiento de dos brazos continuado.

En algunas realizaciones, el control del usuario es asistido por la realimentación visual visualizada al usuario (por ejemplo, en una pantalla), por ejemplo, se visualizan datos que describen una configuración de al menos parte del dispositivo quirúrgico (por ejemplo, imágenes), opcionalmente en relación con una anatomía de paciente sometida a formación de imágenes en tiempo real y/o previamente sometida a formación de imágenes. En algunas realizaciones, las imágenes de dispositivo quirúrgico y/o de anatomía son imágenes de vídeo y/o imágenes de ultrasonidos en tiempo real y/o imágenes de TC y/o imágenes de IRM.

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un sistema quirúrgico para una cirugía de incisión de laparoscopia que incluye un dispositivo mecánico con al menos una extremidad para su inserción en un cuerpo, en donde un controlador controla el movimiento de una o más porciones de la extremidad de acuerdo con un movimiento medido de una porción o porciones correspondientes de una extremidad de usuario (medido por un dispositivo de medición, por ejemplo, una cámara). En algunas realizaciones, el dispositivo incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes para su inserción en el cuerpo con el brazo o brazos mecánicos. Opcionalmente, el sistema incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes externos (por ejemplo, IRM, TC, ultrasonidos). Opcionalmente, las imágenes recogidas a partir de uno o más dispositivos se visualizan a un usuario en un visualizador. Opcionalmente, unos datos y/o datos recogidos procesados adicionales (por ejemplo, a partir de uno o más sensores de sistema y/o dispositivo, a partir de una base de datos) se visualizan al usuario en el visualizador.

Opcionalmente, en algunas realizaciones, más de un usuario controla un dispositivo quirúrgico, por ejemplo, al mismo tiempo. En algunas realizaciones, diferentes usuarios controlan diferentes porciones del dispositivo quirúrgico, opcionalmente usando diferentes tipos de control. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un primer usuario controla una porción o porciones de un dispositivo quirúrgico usando un dispositivo de entrada y un segundo usuario controla una porción o porciones del dispositivo quirúrgico con un movimiento de cuerpo de usuario medido. En algunas realizaciones, el control de múltiples usuarios es secuencial, en donde, por ejemplo, los movimientos de control de un primer usuario son llevados a cabo por el dispositivo quirúrgico y, entonces, el movimiento de un segundo usuario. Como alternativa, o adicionalmente, en algunas realizaciones, unos movimientos de control de múltiples usuarios son llevados a cabo simultáneamente por el dispositivo quirúrgico

En algunas realizaciones, la correlación entre porciones de objeto de entrada y porciones de dispositivo quirúrgico usa longitudes de segmento. En algunas realizaciones, la correlación usa longitudes eficaces, por ejemplo, como se define usando un método o métodos (por ejemplo, como se describe en el presente documento) para segmentos eficaces de dispositivo quirúrgico y/o longitudes de segmento eficaces. En algunas realizaciones, las longitudes eficaces cambian para diferentes configuraciones (por ejemplo, ángulos de doblado) de los objetos de entrada. En algunas realizaciones, los segmentos de dispositivo de entrada eficaces se definen usando una técnica y estos segmentos de dispositivo de entrada eficaces y/o las relaciones entre estos segmentos de dispositivo de entrada eficaces (por ejemplo, el ángulo o ángulos entre segmentos eficaces) se correlacionan para controlar un segmento o segmentos de dispositivo quirúrgico y/o un segmento o segmentos eficaces correspondientes, en donde el segmento o segmentos de dispositivo quirúrgico eficaces se definen usando la misma técnica o una diferente.

Antes de explicar con detalle al menos una realización de la invención, se ha de entender que la aplicación de la invención no se limita necesariamente a los detalles de construcción y a la disposición de los componentes y/o métodos expuestos en la siguiente descripción y/o ilustrados en los dibujos y/o en los ejemplos. La invención es apta para otras realizaciones o se puede poner en práctica o llevarse a cabo de diversas formas.

- En algunas realizaciones, un ángulo entre dos segmentos de dispositivo de entrada eficaces (segmentos eficaces, por ejemplo, definidos como se describe con respecto a las figuras 5A - D) se usa para controlar el doblado de los segmentos de dispositivo quirúrgico eficaces correspondientes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo medido entre dos segmentos de dispositivo de entrada adyacentes, también denominado ángulo de una articulación que conecta los segmentos, se usa para generar una señal de control para el accionamiento de una porción flexible correspondiente al segmento del dispositivo de entrada, por ejemplo, flexión y/o rotación (alrededor de un eje largo de porción flexible) de la porción flexible.
- En algunas realizaciones, una porción de dispositivo de entrada corresponde a una porción de dispositivo quirúrgico en donde la porción de dispositivo quirúrgico se acciona basándose en la posición medida y/o posición relativa (por ejemplo, con respecto a otra porción o porciones de dispositivo de entrada) de la porción de dispositivo de entrada.
- En algunas realizaciones, las técnicas y/o aparatos de control para el control como se describe en el presente documento son realizadas por dispositivos y/o sistemas y/o métodos como se muestra y/o describe en relación con las figuras 1A-41 y/o se usan en tratamientos como se describe en el presente documento.
- Otros dispositivos y/o sistemas y/o dispositivos (por ejemplo, dispositivos quirúrgicos de la técnica) se pueden controlar usando técnicas y/o aparatos de control para el control como se describe en el presente documento.

### Visión de conjunto – dispositivos ilustrativos

- Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo mecánico flexible e intuitivamente controlable (por ejemplo, un dispositivo quirúrgico) para su inserción en un paciente, que incluye una o más extremidades, en donde el control intuitivo se refiere a que el dispositivo incluye al menos una extremidad con características humanoides:
- Una extremidad mecánica incluye al menos dos porciones flexibles acopladas y el movimiento (por ejemplo, flexión y/o rotación) de una primera porción flexible y una segunda porción flexible es controlable independientemente. Una o más de las porciones flexibles son independientemente rotatorias alrededor de un eje largo de porción flexible correspondiente. Una o más de las porciones flexibles son independientemente flexibles y extensibles (doblables).
- La flexión/extensión y la rotación alrededor de un eje largo de porción flexible de una o más porciones flexibles se pueden controlar simultáneamente. En algunas realizaciones, una o más de las porciones flexibles son unidireccionalmente flexibles y extensibles (doblables). Por ejemplo, en algunas realizaciones, la porción flexible es doblable en un plano (en el presente documento "plano de doblado"), por ejemplo, en donde un eje largo central de la porción se dobla en un plano. En algunos ejemplos, la porción flexible se dobla en una dirección de rotación alrededor de uno o más planos de doblado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la porción flexible es doblable en una dirección de rotación alrededor de un único plano de doblado. La expresión "doblable unidireccionalmente" en el presente documento se refiere a que una porción es doblable en una dirección de rotación y/o doblable alrededor de un único plano de doblado.
- En algunas realizaciones, la libertad de movimiento de las secciones flexibles se refiere a la de las articulaciones de un brazo humano, correspondiendo la primera porción flexible a una articulación de hombro y correspondiendo la segunda porción flexible a una articulación de codo.
- En algunas realizaciones, las porciones flexibles están acopladas por un primer segmento (por ejemplo, que comprende una sección de acoplamiento), que, en algunas realizaciones, es rígido, correspondiendo el primer segmento, por ejemplo, a un húmero. En algunas realizaciones, la primera porción flexible se acopla (por ejemplo, en un extremo proximal de la primera porción flexible) a un segmento de soporte (por ejemplo, correspondiente a un torso).
- En algunas realizaciones, un segmento de soporte de extremidad es largo, por ejemplo, con respecto a los segmentos de una extremidad de dispositivo, por ejemplo, 2 veces, o 3 veces, o 4 veces, o 5 veces, o 10 veces o 20 veces una longitud de uno o más segmentos.
- En algunas realizaciones, la primera sección flexible es multidireccionalmente doblable, por ejemplo, flexible en más de un plano de doblado (por ejemplo, correspondiente a la libertad de movimiento de la articulación de hombro humano).
- En algunas realizaciones, la flexión y rotación de porciones flexibles (por ejemplo, correspondientes, en algunas realizaciones, a la flexión y rotación de segmentos en articulaciones) es suficiente de tal modo que el intervalo de posiciones posibles de porciones y/o segmentos flexibles es al menos el de un brazo humano.
- Por ejemplo, en algunas realizaciones, las posiciones posibles de las articulaciones incluyen las posiciones posibles de las articulaciones de brazo humano correspondientes. Por ejemplo en algunas realizaciones, un intervalo de ángulos posibles entre segmentos de extremidad de dispositivo se corresponde con un intervalo de ángulos posibles

entre segmentos de brazo humano correspondientes.

En algunas realizaciones, cada segmento de brazo de dispositivo es flexible y extensible alrededor de una articulación. En algunas realizaciones, cada segmento es rotatorio alrededor de un eje largo de segmento, rotación que rota una porción del brazo distal al segmento en rotación alrededor del eje largo del segmento. En algunas realizaciones, la flexión/extensión de articulación y la rotación de segmento son ajustables simultáneamente.

En algunas realizaciones, se restringe la libertad de movimiento de un dispositivo de brazo mecánico, por ejemplo, para que coincida con un aspecto de la libertad de movimiento de un brazo humano. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una o más porciones flexibles (por ejemplo, cada porción flexible) es doblable unidireccionalmente.

En las realizaciones en los que un brazo mecánico incluye segmentos rígidos conectados por porciones flexibles, se puede hacer una analogía entre segmentos rígidos y segmentos de brazo humano (por ejemplo, el húmero y el radio) y entre porciones flexibles y articulaciones de brazo humano (por ejemplo, el hombro, el codo, la muñeca). En algunas realizaciones, una relación de longitudes (por ejemplo, longitudes de eje largo central) de segmentos es aproximadamente una relación humana normal, por ejemplo, en algunas realizaciones, una relación entre dos longitudes de eje largo de segmento es aproximadamente una relación humana normal para los segmentos correspondientes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una longitud de húmero de brazo mecánico es aproximadamente un 5 - 40 % o un 10 - 30 % o aproximadamente un 20 % más larga que la longitud de radio, o más larga unos intervalos o porcentajes inferiores o superiores o intermedios.

En algunas realizaciones, las longitudes eficaces y/o las relaciones entre longitudes eficaces de los segmentos de extremidad de dispositivo corresponden a las de los segmentos de extremidad humana (por ejemplo, una relación de longitud de húmero con respecto a radio).

En algunas realizaciones, la articulación o articulaciones de dispositivo son largas, tales porciones de un brazo de dispositivo correspondiente a un segmento de cuerpo humano (por ejemplo, húmero, radio) incluyen porciones de la articulación o articulaciones de dispositivo. En algunas realizaciones, la relación o relaciones de longitudes de segmento humano corresponden a la relación o relaciones de longitudes de segmento de dispositivo quirúrgico eficaces, en donde a continuación se describen diferentes definiciones para longitudes de segmento eficaces.

En algunas realizaciones, una o más relaciones entre dimensiones de diferentes porciones de una extremidad mecánica son aproximadamente una relación humana normal para las dimensiones correspondientes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una relación entre una longitud de una porción del dispositivo que actúa como un húmero (longitud de húmero eficaz) y una longitud de una porción del dispositivo que actúa como un radio (longitud de radio eficaz) es de 1 : 1 a 2 : 1, o de 1,1 : 1 a 1,5 : 1 o aproximadamente de 1,2 : 1, o relaciones inferiores o superiores o intermedias.

En algunas realizaciones, una relación de una longitud de una porción del dispositivo que actúa como un húmero y una longitud de una porción del dispositivo que actúa como un húmero permanece fija a medida que se mueve el brazo mecánico. En algunas realizaciones, una relación de una longitud de una porción del dispositivo que actúa como un húmero y una longitud de una porción del dispositivo que actúa como un húmero cambia fija a medida que se mueve el brazo mecánico.

En algunas realizaciones, una relación entre longitudes de segmento eficaces es aproximadamente la de una relación humana normal para los segmentos correspondientes.

En algunas realizaciones, se mantiene una relación de longitudes de segmento eficaces dentro de una relación humana normal (y/o dentro de un intervalo alrededor de una relación humana normal) cuando el brazo mecánico está en diferentes configuraciones (por ejemplo, se doblan una o más porciones flexibles).

En algunas realizaciones, un brazo mecánico carece de uno o más segmentos de brazo humano (y/o incluye uno o más segmentos que el número de segmentos en un brazo humano) que acoplan porciones flexibles. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un brazo mecánico carece de una articulación de muñeca. Por ejemplo, en una realización ilustrativa, una primera porción flexible y una segunda porción flexible se acoplan directamente (por ejemplo, un extremo distal de la primera porción flexible se acopla directamente a un extremo proximal de la segunda porción flexible).

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un brazo mecánico que incluye características estructurales humanoides en donde las porciones flexibles del brazo mecánico son largas y están asociadas con articulaciones de brazo humano, así como con una porción o porciones de segmentos rígidos (por ejemplo, hueso) de brazo humano (por ejemplo, húmero, por ejemplo, radio).

En algunas realizaciones, uno o más brazos de dispositivo incluyen un segmento de radio y un segmento de húmero dimensionados, y una articulación de codo y una articulación de hombro con una flexión de tal modo que una mano y/o extremo distal de un radio de dispositivo se pueda mover hasta estar cerca y/o axialmente más allá de, y/o en contacto con, la articulación de hombro y/o el torso de brazo. Siendo un beneficio potencial la capacidad de acceder a un objetivo (por ejemplo, con herramientas de mano) cerca del torso.

- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo flexible en donde las porciones de doblado del dispositivo son redondeadas, por ejemplo, siendo un radio de curvatura mínimo de una o más porciones de doblado como máximo 15 mm, o como máximo 10 mm, o como máximo 8 mm, o como máximo 5 mm. En algunas realizaciones, un esqueleto interno (por ejemplo, incluyendo extremidades mecánicas como se describe en el presente documento) incluye porciones de doblado redondeadas. En algunas realizaciones, una cubierta o funda que cubre una extremidad mecánica incluye porciones de doblado redondeadas. En algunas realizaciones, las porciones de doblado redondeadas de los brazos mecánicos de dispositivo se deben a una estructura interna, y no solo se deben a las porciones de doblado redondeadas de una cubierta o funda (por ejemplo, una cubierta protectora). En algunas realizaciones, un brazo mecánico tiene una extensión lateral mínima asociada con el doblado en las porciones flexibles de dispositivo.
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo que incluye una o más extremidades mecánicas articuladas, en donde una o más articulaciones (porciones flexibles) son largas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el doblado de una o más articulaciones largas se distribuye a lo largo de la articulación en una dirección de un eje largo de articulación.
- En algunas realizaciones, una longitud de eje largo de una articulación es larga, por ejemplo, con respecto a una amplitud máxima de la articulación perpendicular al eje largo de articulación. En algunas realizaciones, una o más articulaciones son largas con respecto a una o más longitudes de eje largo de longitud de segmento y/o son largas en comparación con las relaciones de longitud de articulación humana con respecto a segmento y/o son largas con respecto a un segmento o segmentos rígidos de un brazo mecánico.
- En algunas realizaciones, una porción flexible larga incluye que una longitud de eje largo central de la porción sea al menos el doble de, o 1,5 - 5 veces, o 2 - 4 veces, o al menos cuatro veces, una amplitud máxima de la sección flexible perpendicular al eje largo de sección.
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a una articulación que comprende una cadena de elementos acoplados en donde el doblado de la articulación se produce mediante un pivotamiento de elementos individuales. En algunas realizaciones, cada elemento pivota alrededor de un plano de doblado de elemento. En algunas realizaciones, un eje de doblado de uno o más de los elementos (por ejemplo, todos los elementos) es coplanario. En algunas realizaciones, los elementos pivotan en una dirección alrededor del eje de doblado.
- Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a la rotación de una porción de un brazo mecánico alrededor de una porción de eje largo, en donde la rotación es la rotación del componente o componentes acoplados a la porción y que se extienden lejos de la porción.
- En algunas realizaciones, una porción alargada (por ejemplo, segmento, porción flexible) del brazo tiene un eje central principal (en donde el eje principal es un eje central (por ejemplo, simétrico) del dispositivo con la amplitud más grande), en donde el eje principal se denomina en el presente documento "eje largo" o "eje largo central" o "eje longitudinal" o "eje longitudinal central".
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere al accionamiento de extremidades mecánicas delgadas. En algunas realizaciones, una o más porciones de una extremidad mecánica se rotan al rotar una porción acoplada a la extremidad y que se extiende lejos de la extremidad. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la porción o porciones de una extremidad mecánica insertada en un paciente se rotan mediante la rotación de una porción que se extiende fuera de un paciente (por ejemplo, usando un motor o motores en el exterior del paciente). En algunas realizaciones, las porciones secuencialmente conectadas son rotadas por porciones que se extienden a través de huecos dentro de otras porciones. En algunas realizaciones, la falta de motores ubicados dentro de una extremidad mecánica facilita unas extremidades mecánicas delgadas.
- En algunas realizaciones, un sistema de dispositivo quirúrgico incluye una unidad de motor que incluye una pluralidad de motores para accionar múltiples partes de un dispositivo quirúrgico que incluye al menos una extremidad mecánica (por ejemplo, se usa más de un motor para accionar diferentes porciones de una extremidad mecánica). En algunas realizaciones, la extremidad mecánica se inserta en un cuerpo de paciente mientras la unidad de motor permanece fuera del cuerpo del paciente.
- En algunas realizaciones, cada segmento de un brazo mecánico es rotado alrededor de un eje largo de segmento por un componente o componentes ubicados externamente al segmento.
- En algunas realizaciones, una o más porciones de un brazo mecánico se rotan mediante la rotación de una extensión (también denominada en el presente documento "porción de control") acoplada a la porción, en donde la extensión se extiende fuera de la porción y/o brazo.
- En algunas realizaciones, una extensión incluye una o más porciones de transferencia de par flexibles capaces de transferir par a lo largo de un eje largo de porción de transferencia de par mientras se dobla la porción, siendo un beneficio potencial la capacidad de rotar una porción de forma remota (por ejemplo, desde el exterior del brazo) cuando se flexionan y/o se extienden una o más articulaciones de brazo.

En algunas realizaciones, una o más extensiones están anidadas, en donde la extensión pasa a través de (por ejemplo, a través de una porción hueca de) uno o más elementos de brazo, por ejemplo, a través de otras una o más extensiones y/o uno o más segmentos y/o una o más porciones de conexión. Un beneficio potencial de las extensiones anidadas es la compacidad del brazo mecánico y/o los segmentos que forman la forma externa del brazo.

5 En algunas realizaciones, una sección de transferencia de par flexible de una extensión (porción de control) pasa a través de una porción hueca de, y está alineada con, una porción flexible del dispositivo. En algunas realizaciones, la porción flexible es unidireccionalmente doblable. En algunas realizaciones, el doblado de la porción flexible externa hace que se doble la porción de transferencia de par. En algunas realizaciones, un eje largo de la porción de transferencia de par sin restricciones en los planos de doblado posibles.

10 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere al control de la flexión/extensión de una porción de una extremidad mecánica al variar la tensión sobre el elemento o elementos alargados acoplados a la porción en donde, en algunas realizaciones, uno o más elementos alargados se acoplan a una superficie externa de la extremidad de dispositivo. En algunas realizaciones, un elemento o elementos alargados se extienden fuera del dispositivo (por ejemplo, se extienden fuera de un cuerpo de paciente cuando el dispositivo está dentro de un cuerpo de paciente, por ejemplo, se extienden hasta donde los mismos son accionados por una unidad de motor en el exterior del paciente).  
15 En algunas realizaciones, un elemento o elementos alargados se acoplan a una superficie interna de una o más porciones de dispositivo huecas.

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a una porción de transferencia de par doblable que incluye un primer extremo y un segundo extremo, en donde la porción transfiere el par aplicado al primer extremo al  
20 segundo extremo cuando se dobla la porción.

En algunas realizaciones, una porción de transferencia de par incluye una pluralidad de elementos interconectados por una pluralidad de conectores. En algunas realizaciones, los conectores son suficientemente fuertes para transferir par entre los elementos.

25 En algunas realizaciones, uno o más elementos (o, en una realización ilustrativa, cada elemento) incluye dos o más porciones, en donde las porciones son, independientemente, elásticamente compresibles y expansibles en una dirección paralela a un eje largo de porción de transferencia de par.

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un sistema quirúrgico para una cirugía de incisión de laparoscopia que incluye un dispositivo mecánico con al menos una extremidad para su inserción en un cuerpo en donde el dispositivo incluye características estructurales humanoides (por ejemplo, como se describe en el presente documento). En algunas realizaciones, el dispositivo es accionado por una unidad de motor que no está insertada en el cuerpo. En algunas realizaciones, el dispositivo incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes para su inserción en el cuerpo con la extremidad o extremidades mecánicas. Opcionalmente, el sistema incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes externos (por ejemplo, IRM, TC, ultrasonidos). Opcionalmente, las imágenes recogidas a partir de uno o más dispositivos se visualizan a un usuario en un visualizador. Opcionalmente, unos datos  
30 y/o datos recogidos procesados adicionales (por ejemplo, a partir de uno o más sensores de sistema y/o dispositivo, a partir de una base de datos) se visualizan al usuario en el visualizador.

En algunas realizaciones, los datos visualizados a un usuario incluyen una imagen y/o mediciones, opcionalmente procesadas antes de su visualización, por ejemplo, mediciones de dispositivo internas (por ejemplo, a partir de uno o más sensores de dispositivo, por ejemplo insertados con el dispositivo y/o montados en un brazo de dispositivo).

40 En algunas realizaciones, las imágenes opcionalmente visualizadas (por ejemplo, imágenes de vídeo) son recogidas por una cámara montada en el dispositivo o insertada con el dispositivo, opcionalmente en una posición con relación a los brazos que imita la situación de un ojo humano con respecto a un brazo humano. Opcionalmente, una posición de la cámara se cambia durante el uso del dispositivo, por ejemplo, el movimiento de la cámara cerca de las manos de dispositivo para proporcionar una vista de primer plano, (por ejemplo, de cirugía).

45 En algunas realizaciones, las imágenes se reorientan antes de visualizarse a un usuario, por ejemplo, las imágenes se orientan hacia una dirección intuitiva para el usuario. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las imágenes recogidas desde un primer punto de vista (por ejemplo, por una cámara interna) se orientan hacia un punto de vista de usuario sobre el cuerpo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, dos o más conjuntos de imágenes se orientan para estar en la misma orientación (por ejemplo, las imágenes se superponen) por ejemplo, imágenes recogidas previamente (por ejemplo, TC, IRM) e imágenes en tiempo real, por ejemplo a partir de una cámara o cámaras interna y/o ultrasonidos internos y/o externos.  
50

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere al accionamiento de una extremidad de dispositivo mecánico. En algunas realizaciones, dos engranajes se accionan a la misma velocidad y sentido para proporcionar rotación sin doblar una porción flexible de extremidad de dispositivo. En algunas realizaciones, dos engranajes se accionan a diferentes velocidades y/o sentidos para proporcionar un doblado de una porción flexible de extremidad de dispositivo.  
55

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un primer engranaje y un mecanismo de tornillo se acoplan a un eje central.



- Uno o más elementos alargados se acoplan entre la porción flexible y el mecanismo de tornillo, tal rotación del mecanismo de tornillo sin rotación del elemento o elementos alargados da lugar a que los elementos alargados se muevan lateralmente a lo largo de un eje largo del eje, generando una flexión o extensión de la porción flexible. En algunas realizaciones, unos elementos alargados se acoplan a un segundo engranaje. En algunas realizaciones, cuando tanto el primer como el segundo engranaje se rotan en el mismo sentido y a la misma velocidad, la porción flexible rota y la porción flexible no cambia su flexión/extensión. En algunas realizaciones, la rotación del segundo engranaje al tiempo que el primer engranaje permanece estacionario genera una flexión/extensión pero no una rotación de la porción flexible. En algunas realizaciones, cuando el primer y el segundo engranajes se rotan de forma diferente (por ejemplo, en diferentes sentidos y/o en el mismo sentido a diferentes velocidades y/o el primer engranaje se rota mientras el segundo engranaje permanece estacionario), la porción flexible tanto rota como se dobla (flexión/extensión). En algunas realizaciones, cada engranaje es accionado por un motor. En algunas realizaciones, cada porción flexible es accionada por el mecanismo anteriormente descrito, que incluye dos engranajes.
- En una realización ilustrativa, el dispositivo se inserta en un cuerpo a través de una única incisión. En algunas realizaciones, el dispositivo se inserta en un orificio natural (por ejemplo, vagina, recto, boca y/o fosa nasal). Opcionalmente, el dispositivo se inserta a través de una o más incisiones en un orificio natural.
- En algunas realizaciones, los brazos mecánicos tienen una dimensión transversal pequeña, de tal modo que, en algunas realizaciones, uno o más brazos se insertan en un cuerpo a través de una incisión pequeña y/o se insertan en un orificio natural estrecho (por ejemplo, una vagina) y/o se insertan en un canal estrecho (por ejemplo, un canal dentro de un orificio natural, por ejemplo, esófago).
- Opcionalmente, en algunas realizaciones, una o más partes de un dispositivo incluyen una punta de electrocirugía, por ejemplo, una punta de electrocirugía monopolar, una punta de electrocirugía bipolar.
- En algunas realizaciones, uno o más componentes o herramientas adicionales (por ejemplo, túnel de servicio, herramienta de succión, herramienta de irrigación, herramienta de inflado) se insertan, opcionalmente a través de una única incisión, con el brazo o brazos mecánicos.
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a una extremidad mecánica que incluye más de una porción doblable, en donde el doblado de al menos una porción se controla al cambiar la tensión de un elemento alargado acoplado a la porción y en donde el doblado de al menos otra porción se controla al aplicar un par (por ejemplo, un mecanismo de tornillo) a un elemento alargado acoplado a la porción.
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a una pinza en donde el movimiento de un elemento (por ejemplo, por un motor) para controlar el accionamiento de la pinza está separado de la pinza por al menos un segmento (por ejemplo, un control de la pinza al menos en el radio). En algunas realizaciones, el accionamiento de pinza es por la rotación de una extensión de pinza acoplada a la pinza.
- En una realización ilustrativa, el accionamiento de pinza se controla fuera del brazo, por ejemplo, en el torso del brazo mecánico al que se acopla la pinza, por ejemplo, fuera del dispositivo.
- En algunas realizaciones, la extensión de pinza incluye una o más porciones de transferencia de par de pinza (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento).
- En algunas realizaciones, la extensión de pinza se extiende lejos de la pinza a través de una o más porciones huecas en uno o más segmentos y/o secciones de conexión y/o porciones de transferencia de par.
- En algunas realizaciones, el accionamiento de la pinza es mediante un mecanismo de tornillo en donde el accionamiento de pinza es mediante el giro de una extensión de pinza (por ejemplo, un elemento alargado) acoplada a la pinza y que se extiende lejos de la pinza. En algunas realizaciones, la rotación continua del elemento alargado abre y cierra cíclicamente la pinza. En algunas realizaciones, rotar el elemento alargado en un primer sentido (por ejemplo, en sentido dextrógiro) cierra la pinza y rotar el elemento alargado en un segundo sentido (por ejemplo, en sentido levógiro) abre la pinza. Un beneficio potencial de un accionamiento de pinza por un mecanismo de tornillo es, en comparación con controlar un accionamiento de pinza al tirar de/liberar un elemento alargado que se extiende a través de al menos un segmento, que el agarre de pinza sobre un objeto entre porciones opuestas de pinza no se ve afectado por el doblado y/o movimiento del brazo de dispositivo a través del cual se desplaza el elemento alargado.
- En algunas realizaciones, una o más porciones flexibles de extremidad mecánica son doblables y/o el segmento se dimensiona de tal modo que un extremo distal de la extremidad (incluyendo, opcionalmente, una longitud de un efector de extremo) se puede situar en un segmento de soporte de extremidad. En algunas realizaciones, el segmento de soporte es tubular.
- En algunas realizaciones, una extremidad mecánica es doblable de tal modo que la extremidad sea flexible 180° o más con respecto a un segmento de soporte de extremidad.
- En algunas realizaciones, una porción flexible incluye una pluralidad de elementos (por ejemplo, enlaces, por ejemplo, como se describe en el presente documento). En algunas realizaciones, la expresión porción flexible se refiere a una

porción que se dobla usando un único control y/o como una única unidad.

### Visión de conjunto – tratamientos ilustrativos

- 5 Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo quirúrgico para su inserción en un cuerpo que incluye al menos una extremidad mecánica, en donde la extremidad es lo suficientemente flexible de tal modo que el dispositivo es capaz de doblarse para acceder a un objetivo desde una dirección diferente a una dirección de inserción de la extremidad mecánica.
- 10 En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo quirúrgico incluye al menos dos porciones flexibles en donde, en algunas realizaciones, al menos una de las porciones es doblable (flexión/extensión) al menos 120°, o al menos 90, o al menos 100°, o al menos 140°, o al menos 160°, o al menos 180°, o al menos 190°, o al menos 200°, o al menos 210° o ángulos inferiores o superiores o intermedios. En algunas realizaciones, la flexión de dos secciones de extremidad flexibles es de un ángulo combinado de al menos 180°. En algunas realizaciones, una o más porciones flexibles son doblables como máximo 400°, 350°, 300° o 270°. En algunas realizaciones, una extremidad es doblable como máximo 400°, 350°, 300° o 270°.
- 15 En algunas realizaciones, una porción o porciones flexibles de extremidad de dispositivo son largas en donde, una longitud de eje largo de al menos una sección flexible es al menos el doble, o al menos 1,5 veces, o al menos 3 veces, o al menos 4 veces, o al menos 5 veces, o al menos 8 veces, o al menos 10 veces, una amplitud máxima de la sección flexible perpendicular al eje largo de sección flexible.
- 20 Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un dispositivo quirúrgico que incluye al menos una extremidad para su inserción en un cuerpo, en donde la extremidad incluye porciones flexibles que son doblables unidireccionalmente y es altamente flexible (por ejemplo, un ángulo de flexión y/o extensión posible grande).
- 25 En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo quirúrgico incluye al menos dos porciones flexibles unidireccionalmente doblables independientemente en donde, en algunas realizaciones, al menos una de las porciones es doblable (flexión/extensión) al menos 120°, o al menos 90 - 180°, o al menos 100 - 120°, o ángulos inferiores o superiores o intermedios. En algunas realizaciones, la flexión de dos secciones de extremidad flexibles es de un ángulo combinado de al menos 180°. En donde, por ejemplo, una suma de un primer ángulo entre tangentes de eje largo en los extremos de una primera sección flexible y un segundo ángulo entre tangentes de eje largo en los extremos de una primera sección flexible es de al menos 180°. En donde, por ejemplo, una suma de un primer ángulo entre ejes largos de un par de segmentos adyacentes y un segundo ángulo entre ejes largos de un par de segmentos diferente es de al menos 180°. En donde los pares de segmentos adyacentes se definen como segmentos directamente acoplados por una sección flexible.
- 30 En algunas realizaciones, cada porción flexible es independientemente rotatoria alrededor de un eje largo de porción flexible.
- 35 Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un método de tratamiento (por ejemplo, cirugía endoscópica), en donde un dispositivo que incluye al menos una extremidad mecánica articulada se inserta en un cuerpo (por ejemplo, un paciente), opcionalmente a través de una incisión, en donde la extremidad se dobla dentro del cuerpo para acceder a, y tratar, un objetivo (por ejemplo, un órgano del cuerpo). En algunas realizaciones, la capacidad de la extremidad para doblarse dentro del cuerpo se usa para compensar la suboptimalidad de dirección de inserción.
- 40 En algunas realizaciones, el doblado de las porciones de extremidad flexibles, es de tal modo que una dirección en la cual el dispositivo entra en contacto con y/o accede al objetivo es diferente (por ejemplo, al menos 90° más grande o más pequeña que, en al menos un plano tridimensional) de una dirección de entrada de dispositivo en el cuerpo.
- 45 En algunas realizaciones, el doblado de las porciones de extremidad flexibles, es cuando al menos dos ángulos de articulación son, cada uno, mayores que 0°, en donde los ángulos de articulación se miden como el ángulo entre los ejes largos de segmento de dispositivo (y/o segmento eficaz) acoplado. En algunas realizaciones, el doblado de la extremidad es de tal modo que una suma de todos los ángulos de articulación de extremidad es más de 0°, 10° o más, 45° o más, o 90° o más, o 180° o más o 360° o más.
- 50 En algunas realizaciones, el doblado de la extremidad es de tal modo que una dirección de la entrada de dispositivo en el cuerpo es diferente (por ejemplo, al menos 10° más grande o más pequeña, al menos 45° más grande o más pequeña, al menos 90° más grande o más pequeña) de una dirección de una línea recta que conecta el objetivo a la incisión.
- 55 En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye una o más extremidades accede a un objetivo al doblarse alrededor de un obstáculo. Por ejemplo, una o más extremidades se doblan en una trayectoria que se curva lejos de una línea recta entre el punto de inserción y el objetivo (por ejemplo, no pasando la trayectoria a través del objetivo, por ejemplo, en donde el obstáculo está entre un punto de inserción del dispositivo y el objetivo). En algunas

realizaciones, un dispositivo incluye más de una extremidad. En algunas realizaciones, las extremidades de dispositivo se aproximan a un objetivo desde la misma dirección, en algunas realizaciones, las extremidades de dispositivo se aproximan a un objetivo desde diferentes direcciones, por ejemplo, con una diferencia de dirección de acceso de hasta 20°, 20° o más, o 45° o más, o 90° o más, o 180° o más o 270° o más.

- 5 En algunas realizaciones, el objetivo es una porción de un órgano y el obstáculo es una porción diferente del órgano. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una región objetivo está en la parte posterior de un órgano y el dispositivo se inserta a través de una incisión delante del órgano. A medida que se introduce el dispositivo, una o más partes del dispositivo se doblan alrededor del órgano, para acceder al objetivo en la parte posterior del órgano, "abrazando" el órgano, por ejemplo, entrando en contacto con y/o rodeando, el dispositivo, un 10 - 100 %, o un 20 - 90 %, o un 50 - 10 90 %, o intervalos o porcentajes inferiores o superiores o intermedios de una circunferencia del órgano.

En algunas realizaciones, el doblado del dispositivo que incluye una o más extremidades dentro del cuerpo es para acceder a un objetivo debajo (por ejemplo, más profundamente dentro del cuerpo) de un obstáculo, en donde una línea recta más corta dibujada entre el objetivo y la superficie del cuerpo (por ejemplo, la superficie de la piel) pasa a través del obstáculo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la caja torácica es un obstáculo (por ejemplo, un obstáculo para los órganos debajo de la caja torácica) y la cirugía torácica se realiza al insertar un dispositivo a través de una 15 incisión abdominal. En una realización ilustrativa, el dispositivo insertado en la incisión abdominal sigue una trayectoria bajo las costillas, doblándose desde una posición bajo las costillas para acceder a un objetivo dentro de la caja torácica.

En algunas realizaciones, un dispositivo mecánico se inserta en un paciente desde una dirección que no es sustancialmente desde arriba, por ejemplo, en donde un ángulo de inserción del dispositivo con respecto a la vertical es de más de 75°, o más de 90°, 75 - 175° (en donde los ángulos de más de 90° corresponden a un ángulo de inserción desde una dirección debajo del paciente cuando el paciente está en una posición en decúbito supino o en decúbito prono). En algunas realizaciones, el dispositivo mecánico se inserta en el paciente lateralmente, por ejemplo entre las 20 piernas del paciente, por ejemplo, dentro de un paciente a través de una salida pélvica.

En algunas realizaciones, las imágenes guían a un usuario que realiza el tratamiento. Por ejemplo, las imágenes adquiridas por una cámara insertada con el dispositivo mecánico. En algunas realizaciones, la cámara se monta en (por ejemplo, un extremo distal de) una extremidad mecánica doblable, en donde, por ejemplo, la estructura y/o flexibilidad de cámara es como se ha descrito anteriormente para la extremidad o extremidades de dispositivo mecánico. En algunas realizaciones, las imágenes recogidas por otros métodos de formación de imágenes, por 25 ejemplo, IRM, TC, ultrasonidos, etc. (por ejemplo, imágenes adquiridas previamente) se usan para guiar el tratamiento.

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un método de tratamiento en el que una o más extremidades de dispositivo mecánico dentro de un cuerpo de paciente siguen una trayectoria larga, en donde una longitud de la extremidad dentro del cuerpo (por ejemplo, medida una suma de longitudes de eje largo de porciones de la extremidad dentro del cuerpo) es larga en comparación con una distancia entre el objetivo y el punto de inserción del dispositivo en el cuerpo, denominado en el presente documento "punto de entrada". En algunas realizaciones, la 35 longitud de una extremidad de dispositivo dentro del cuerpo es al menos 1,2 veces, o al menos 1,5 veces, o al menos el doble, o al menos triple, o al menos el cuádruple, o al menos 5 veces una distancia en línea recta entre el objetivo y el punto de entrada. Un beneficio potencial de una trayectoria larga es el acceso a una amplia gama de objetivos deseados para un punto de entrada (por ejemplo, una incisión) dado. Un beneficio potencial de una trayectoria larga es la capacidad de insertar el dispositivo en una amplia gama de puntos de entrada, para un objetivo dado.

En algunas realizaciones, el dispositivo incluye más de una extremidad, en donde las extremidades juntas acceden a y tratan un objetivo. En una realización ilustrativa, el dispositivo incluye dos extremidades, en donde, opcionalmente, ambas extremidades se doblan para acceder a, y tratar, un objetivo.

Un beneficio potencial del doblado de dispositivo dentro del cuerpo es la capacidad de insertar el dispositivo en un punto de entrada deseable y/o a un ángulo de inserción deseable mientras se trata un objetivo desde una dirección deseable. En algunas realizaciones, hay disponible una amplia gama de ángulos de tratamiento (el ángulo con el que una extremidad de dispositivo se aproxima a un objetivo) para un ángulo de inserción dado y/o para un punto de 45 entrada dado.

En algunas realizaciones, el tratamiento (por ejemplo, cirugía) es mediante el acceso al objetivo desde una dirección en una posición superior con respecto al objetivo, (por ejemplo, como es habitualmente el caso en la cirugía laparoscópica) mientras que la inserción del dispositivo es a través de un orificio natural ubicado en una posición inferior con respecto al objetivo.

Por ejemplo, en una relación ilustrativa, un dispositivo se inserta en un cuerpo a través de una vagina (la incisión es inferior con respecto a un útero) y se dobla dentro del cuerpo para acceder a una región objetivo en la parte de arriba (porción superior) de un útero, desde una dirección inferior (por ejemplo, una dirección laparoscópica convencional, por ejemplo, una dirección que incide más directamente sobre una región objetivo que una la de una dirección laparoscópica convencional, por ejemplo, en una dirección sustancialmente posterior - inferior). Un beneficio potencial de acceder al útero desde una dirección inferior a través de una incisión en la vagina es la capacidad de operar usando 55

técnicas quirúrgicas laparoscópicas establecidas, pero a través de una incisión en la vagina, que es potencialmente menos invasiva que una incisión abdominal

- En algunas realizaciones, el doblado del dispositivo se produce mediante el doblado de las porciones de dispositivo flexibles a medida que el dispositivo se inserta en el cuerpo, por ejemplo, un segmento que se dobla a medida que se inserta y/o segmentos previamente insertados que se doblan a medida que se insertan segmentos sucesivos. En algunas realizaciones, un dispositivo recto se inserta en el cuerpo y, una vez que el dispositivo se ha insertado, este se dobla, por ejemplo, por accionamiento de las porciones de dispositivo y/o bajo fricción entre el dispositivo y tejido de paciente dentro del cuerpo. En algunas realizaciones, un dispositivo con una o más porciones plegadas se inserta en el cuerpo y se dobla para desplegarse.
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un método de histerectomía a través de la vagina. En algunas realizaciones, un dispositivo se inserta a través de una incisión realizada en la vagina. En una realización ilustrativa, un dispositivo se inserta a través de una incisión en el fondo de saco posterior de la vagina en el fondo de saco rectouterino. En algunas realizaciones, una o más porciones del dispositivo se doblan alrededor del útero para realizar una cirugía en el área uterina (por ejemplo, útero, vagina, cuello uterino, tejido que rodea el útero, trompa o trompas de Falopio, ovario u ovarios). En algunas realizaciones, una o más porciones del dispositivo se doblan para acceder al útero desde el exterior del útero, por ejemplo, debido a que la entrada de dispositivo a través del fondo de saco posterior está en una dirección lejos del útero. En algunas realizaciones, el dispositivo entra en la cavidad abdominal en la base del útero, más cerca del cuello uterino que el fondo uterino y se dobla, para aproximarse al útero desde una dirección al menos parcialmente inferior y/o desde una dirección de una línea recta desde un punto en una superficie de piel abdominal externa (por ejemplo, el ombligo) hasta el útero (por ejemplo, una dirección laparoscópica). En algunas realizaciones, uno o más dispositivos de hombro se sitúan más cerca del cuello uterino que del fondo uterino. En algunas realizaciones, uno o más dispositivos de hombro se colocan más cerca del fondo uterino que del cuello uterino.
- En algunas realizaciones, la incisión en el fondo de saco posterior se realiza usando una aguja Veres a través de la cual se infla entonces, opcionalmente, la cavidad abdominal. En algunas realizaciones, la incisión se agranda y/o se dilata antes de la inserción del dispositivo. En algunas realizaciones, la incisión en el fondo de saco posterior se realiza con un trócar.
- En algunas realizaciones, un puerto insertado en la vagina sella la cavidad abdominal y/o proporciona soporte al dispositivo quirúrgico (por ejemplo, insertado a través del puerto) y/o a un manipulador de útero (por ejemplo, insertado a través del puerto).
- Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, se coloca un puerto en la incisión que sella la incisión y/o que proporciona soporte al dispositivo. Opcionalmente, el puerto se acopla al cuello uterino, por ejemplo, para proporcionar soporte al puerto. Opcionalmente, el puerto se acopla a un manipulador de útero.
- Opcionalmente, se usa un manipulador de útero en cirugía ginecológica (por ejemplo, cirugía de histerectomía). En algunas realizaciones, se asegura un manipulador de útero al tiempo que se permite el acceso al fondo de saco posterior de la vagina. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo se soporta al acoplarse a un puerto, acoplado al puerto, por ejemplo, al cuello uterino. Opcionalmente, un puerto se acopla al manipulador de útero. Un beneficio potencial de soportar el dispositivo mediante un puerto acoplado al cuello uterino es la capacidad de acceder a la cavidad abdominal a través de una incisión en una capa de tejido delgada, en donde la capa es, por ejemplo, incapaz de proporcionar un soporte suficiente a un puerto, (por ejemplo, una incisión en el fondo de saco posterior de la vagina).
- En algunas realizaciones, la cavidad abdominal se infla antes de que se haga una incisión desde la cavidad vaginal en el fondo de saco posterior de la vagina. Siendo un beneficio potencial que, en general, la inflación aumenta la separación entre órganos, reduciendo potencialmente el riesgo de que realizar incisiones cause daño a otro tejido (por ejemplo, el recto). En algunas realizaciones, inicialmente se hace una incisión en el abdomen (por ejemplo, una incisión umbilical), a través de la cual se infla el abdomen (por ejemplo, con dióxido de carbono).
- En algunas realizaciones, la inflación del abdomen se hace a través de una incisión interna en una trompa de Falopio. En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye una cavidad interna y un borde cortante se inserta desde el útero en una trompa de Falopio. En algunas realizaciones, el borde cortante perfora a través de la trompa de Falopio hasta la cavidad abdominal. La cavidad abdominal se infla entonces mediante gas insertado a través de la cavidad interna de dispositivo. En algunas realizaciones, el dispositivo que incluye una cavidad interna usa succión y realimentación de presión, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, cuando se hace la incisión en la trompa de Falopio.
- Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un puerto que se acopla a una porción de un cuerpo de paciente a través del cual se inserta un dispositivo que incluye un brazo mecánico. En algunas realizaciones, el puerto se inserta y/o se acopla a un orificio natural (por ejemplo, la vagina). En algunas realizaciones, un manipulador de útero y/u otras herramientas opcionales se insertan en el paciente a través del puerto. Potencialmente, el puerto evita y/o reduce el movimiento con respecto al paciente de (por ejemplo, porciones de soporte) de las herramientas insertadas a través del mismo. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el puerto se acopla a una porción del sistema,

por ejemplo, una superficie de soporte de paciente.

En algunas realizaciones, un tratamiento (por ejemplo, histerectomía) incluye insertar un puerto en un orificio natural y/o acoplar un puerto a un orificio natural y, entonces, insertar una o más extremidades de dispositivo mecánico en un paciente a través del puerto.

- 5 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere se refieren a hacer una incisión en donde se lleva tejido hacia un borde cortante (por ejemplo, se lleva tejido a un elemento que comprende un borde cortante), por ejemplo, al aumentar la presión entre el tejido que se va a cortar y un borde cortante (por ejemplo, usando succión). En algunas realizaciones, una vez que se ha hecho una incisión, la presión entre el borde cortante y el tejido se reduce, evitando cortar adicionalmente. En algunas realizaciones, la presión se reduce adicionalmente (por ejemplo, mediante el cese de la succión aplicada) una vez que una reducción medida en la presión ha indicado que se ha realizado una incisión.

En algunas realizaciones, un dispositivo para incisión tiene un tamaño y una forma de tal modo que aumentar la presión entre el un extremo de dispositivo que incluye un borde cortante y el tejido corporal que se va a cortar pone el tejido en contacto con el dispositivo.

- 15 Por ejemplo, en algunas realizaciones, se hace una incisión en el fondo de saco posterior de la vagina usando un dispositivo que incluye un borde cortante con una porción cóncava (por ejemplo, una entrada y/o hueco y/o depresión y/o forma de copa) dimensionada de tal modo que el cuello uterino encaja en la porción cóncava y que un aumento en la presión en la depresión pone en contacto el fondo de saco posterior con un borde de la porción cóncava. En algunas realizaciones, un borde de la porción cóncava incluye un borde de corte opcionalmente agudo. En algunas realizaciones, la porción cóncava se coloca sobre el cuello uterino con la porción de borde agudo ubicada en el fondo de saco posterior de la vagina. La copa y/o el tejido se juntan hasta que el borde cortante hace una incisión en el fondo de saco posterior de la vagina. Un beneficio potencial es el control sobre la posición y/o amplitud de la incisión (por ejemplo, usando una porción cóncava de profundidad diferente y/o un borde cortante de longitud diferente).

- 20 En algunas realizaciones, el tejido y la parte cóncava se juntan por succión. Opcionalmente, la reducción en la presión de succión se usa para determinar que se ha realizado con éxito una incisión. Un beneficio potencial de usar una succión es cortar con una fuerza mínimo y/o un control mínimo sobre la velocidad y/o la fuerza de corte, por ejemplo, reduciendo el riesgo de dañar el recto.

En algunas realizaciones, se realiza una incisión en una trompa de Falopio mediante un dispositivo que incluye un borde cortante insertado en la trompa de Falopio. En algunas realizaciones, se reduce la presión entre el borde cortante y la trompa de Falopio, aplastar el tubo pone una parte del tubo en contacto con el borde cortante.

- 30 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a la protección de un tejido de usuario, por ejemplo, al empujar y/o mantener la anatomía de paciente alejada y/o protegerla de una zona quirúrgica. En algunas realizaciones, un sistema que incluye brazos mecánicos (por ejemplo, como se describe en el presente documento) incluye una herramienta separadora (por ejemplo, como se describe en el presente documento).

- 35 En algunas realizaciones, la herramienta se monta en un soporte y un dispositivo que incluye brazos mecánicos se monta en el soporte.

En alguna realización, la herramienta es extensible lejos de uno o más brazos mecánicos (por ejemplo, en una o más direcciones), en donde la herramienta se extiende por expansión y/o es empujada (por ejemplo, por un motor).

En algunas realizaciones, el brazo o brazos de dispositivo mecánico y la herramienta son accionados por la misma unidad de motor.

- 40 En algunas realizaciones, la herramienta separadora se acopla a un brazo mecánico y/o un brazo mecánico incluye un efector de extremo de herramienta separadora.

- 45 En algunas realizaciones, una herramienta insertada en un paciente incluye una porción expansible. En algunas realizaciones, la herramienta se inserta, se expande y se usa para empujar y/o sujetar tejido de usuario lejos de una porción o porciones de un cuerpo de paciente en el que se está operando. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los intestinos son empujados por la herramienta lejos del útero, por ejemplo, durante una histerectomía. En algunas realizaciones, la herramienta se inserta en la misma dirección de inserción y/o a través de la misma incisión que un dispositivo que incluye brazos mecánicos.

- 50 En algunas realizaciones, una o más extremidades mecánicas se insertan a un ángulo diferente y/o se insertan a una profundidad diferente y/o se insertan a través de una incisión diferente. Por ejemplo, ayudando al acceso a un objetivo por más de una extremidad mecánica, opcionalmente desde diferentes direcciones.

En algunas realizaciones, al menos una porción de una extremidad mecánica de dispositivo quirúrgico está cubierta con una cubierta, por ejemplo, una cubierta estéril, por ejemplo, que proporciona una separación estéril entre un brazo de dispositivo y el paciente. Por ejemplo, una cubierta eléctricamente aislante.

En algunas realizaciones, los dispositivos y/o sistemas y/o métodos descritos en el presente documento se usan en

tratamientos torácicos (por ejemplo, tiroidectomía).

En algunas realizaciones, los dispositivos y/o sistemas y/o métodos descritos en el presente documento se usan en esplenectomía.

5 En algunas realizaciones, los dispositivos y/o sistemas y/o métodos descritos en el presente documento se usan en cirugía reproductiva (por ejemplo, tratamiento de infertilidad, esterilización).

En algunas realizaciones, los dispositivos y/o sistemas y/o métodos descritos en el presente documento se usan en cirugía pélvica reconstructiva.

10 En algunas realizaciones, el tratamiento se realiza sobre un objetivo abdominal al insertar un brazo o brazos de dispositivo en el abdomen, por ejemplo, a través de una incisión abdominal superficial y/o a través de la salida pélvica (por ejemplo, a través de un orificio reproductivo y/o excretor natural) y doblar los brazos para aproximarse a un objetivo.

15 En algunas realizaciones, el tratamiento se realiza en un objetivo torácico al insertar uno o más brazos de dispositivo bajo la caja torácica desde una incisión superior o inferior con respecto a la caja torácica, en donde el brazo o brazos de dispositivo se doblan para acceder al objetivo. En algunos ejemplos, por ejemplo, como se describe en el presente documento, uno o más brazos de dispositivo se insertan entre costillas adyacentes.

20 En algunas realizaciones, una o más extremidades de dispositivo incluyen una cadena de al menos dos segmentos rígidos acoplados por secciones de conexión flexibles, también denominadas en el presente documento "articulaciones". En algunas realizaciones, al menos dos segmentos rígidos son largos, en donde, por ejemplo, una longitud de eje largo de uno o más segmentos rígidos largos es al menos 1,5 veces, o al menos el doble, o al menos el triple, o al menos 5 veces, o al menos 10 veces, o valores intermedios, una amplitud máxima del segmento perpendicular a dicho eje largo. Un beneficio potencial de unas porciones rígidas largas, por ejemplo, en comparación con un número más grande de porciones más cortas, es que los errores de movimiento y/o de control se reducen, por ejemplo, debido a que los errores de movimiento y/o de control son una suma del movimiento de error para cada articulación.

25 En algunas realizaciones, una proporción de una longitud de eje largo de dispositivo y/o de extremidad de dispositivo que es rígida (y/o está formada por segmentos rígidos) es alta, por ejemplo, un 20 % o más, un 40 % o más, más de un 60 % o más, o un 80 % o más. En algunas realizaciones, una proporción de una suma de longitudes de eje largo de segmento rígido es grande en comparación con una longitud de eje largo de extremidad y/o de dispositivo total, por ejemplo, un 20 % o más, un 40 % o más, más de un 60 % o más, o un 80 % o más.

30 En algunas realizaciones, un método de tratamiento incluye insertar un dispositivo que incluye una o más extremidades mecánicas (por ejemplo, como se describe en el presente documento) y una o más herramientas laparoscópicas. En algunas realizaciones, un objetivo es tratado simultáneamente y/o secuencialmente por una o más extremidades mecánicas y una herramienta laparoscópica.

35 Antes de explicar con detalle al menos una realización de la invención, se ha de entender que la aplicación de la invención no se limita necesariamente a los detalles de construcción y a la disposición de los componentes y/o métodos expuestos en la siguiente descripción y/o ilustrados en los dibujos y/o en los ejemplos. La invención es apta para otras realizaciones o se puede poner en práctica o llevarse a cabo de diversas formas.

### Dispositivo ilustrativo con brazos

40 Con referencia a continuación a los dibujos, la figura 1 es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo 100 (por ejemplo, un dispositivo quirúrgico) que incluye una pluralidad de brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el dispositivo incluye un primer brazo 104 y un segundo brazo 102.

45 En algunas realizaciones, cada brazo 104, 106 incluye un segmento de soporte 102, 103, acoplado a un primer segmento 112, 114 por una primera sección de conexión 108, 110, en donde el primer segmento 112, 114 es acoplado a un segundo segmento 116, 118 por una segunda sección de conexión 120, 122, y un tercer segmento 124, 126 acoplado al segundo segmento 116, 118 por una tercera sección de conexión 128, 130.

En uno o más de los segmentos de soporte 102, 103 son flexibles o incluyen una porción flexible

50 En algunas realizaciones, los segmentos de soporte 102, 103 están acoplados, por ejemplo, por una cubierta 102a. En algunas realizaciones, los segmentos de soporte se acoplan en solo una parte de la longitud de torso, o no se acoplan: la figura 1B es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo 100 que incluye una pluralidad de brazos 104, 106, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, uno o más brazos incluyen una estructura de tipo humanoide. Por razones de claridad, en algunas porciones del presente documento, los segmentos de dispositivo y las secciones de conexión se denominan

mediante nombres anatómicos: Los segmentos de soporte 102, 103 también se denominan primer torso 102 y segundo torso, las primeras secciones de conexión 108, 110 también se denominan primera articulación de hombro 108, segunda articulación de hombro 110, los primeros segmentos 112, 114 también se denominan primer húmero 112 y segundo húmero 114, las segundas secciones de conexión 120, 122 también se denominan primera articulación de codo 120 y segunda articulación de codo 122, los segundos segmentos 116, 118 también se denominan primer radio 116 y segundo radio 118 y los terceros segmentos 124 y 126 también se denominan primera herramienta de mano 124 y segunda herramienta de mano 126.

En algunas realizaciones, una o más secciones de conexión incluyen una bisagra. En algunas realizaciones, una o más secciones de conexión son flexibles y/o incluyen una porción flexible. En una realización ilustrativa, por ejemplo, como se describe con más detalle a continuación, un brazo de dispositivo incluye una articulación de codo y una articulación de hombro en donde el doblado de la articulación se distribuye a lo largo de la articulación en una dirección de un eje largo de articulación.

En algunas realizaciones, los torsos 102, 103 están muy juntos, por ejemplo, un eje largo del primer torso 102 y un eje largo del segundo torso 103 están a no más de 5 mm, o de 3 mm, o de 1 mm uno de otro.

En algunas realizaciones, uno o más segmentos de dispositivo tienen una forma externa sustancialmente cilíndrica (por ejemplo, radio, húmero). En algunas realizaciones, las articulaciones tienen una sección transversal de eje largo circular. Como alternativa, en algunas realizaciones, uno o más segmentos y/o articulaciones de dispositivo tienen una forma externa en sección transversal no circular, por ejemplo, ovalada, cuadrada, rectangular, formas irregulares.

En algunas realizaciones, un brazo mecánico incluye uno o más segmentos cortos y/o ajustables. En algunas realizaciones, las porciones flexibles se conectan directamente.

Las figuras 1C - D son vistas laterales esquemáticas simplificadas de brazos mecánicos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 1C ilustra una realización ilustrativa en la que un segmento de húmero 212 es corto, por ejemplo, incluyendo el segmento una longitud de eje J larga de 1 - 50 mm, o de 1 - 35 mm, o de 10 - 20 mm, o de aproximadamente 10 mm o intervalos o longitudes inferiores o superiores o intermedios.

En algunas realizaciones, un usuario selecciona un brazo o brazos que incluyen unas longitudes de segmento deseadas, en donde, por ejemplo, la selección se basa en una anatomía de paciente y/o un procedimiento que se va a realizar. Por ejemplo, cuando se trata a un niño, un usuario, en algunas realizaciones, selecciona uno o más brazos con uno o más segmentos cortos (por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 1C). Por ejemplo, cuando se trata a un paciente obeso, un usuario, en algunas realizaciones, selecciona un brazo con uno o más segmentos largos, por ejemplo, un brazo convencional con un segmento de húmero largo (por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 1D) (por ejemplo, la longitud de segmento de húmero, J', es 10 - 100 mm, o de 20 - 35 mm, o de 10 - 20 mm, o intervalos o longitudes inferiores o superiores o intermedios).

En algunas realizaciones, un dispositivo incluye un kit con brazos estructurados diferentes (por ejemplo, diferentes longitudes de segmento, por ejemplo, diferentes tamaños de brazo).

Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, la longitud de uno o más segmentos es ajustable, por ejemplo, durante un tratamiento y/o durante la estructuración del dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el brazo ilustrado en la figura 1C es ajustable (por ejemplo, mediante el movimiento telescópico del segmento de húmero 212), es ajustable a la configuración ilustrada en la figura 1D.

En algunas realizaciones, la extensión y/o retracción de uno o más segmentos se efectúa al ser movida, una porción conectada al segmento (por ejemplo, una extensión de segmento), con respecto a otras porciones de un brazo mecánico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una extensión de segmento (por ejemplo, la extensión 3316E, la figura 33B) es movida (por ejemplo, por un motor ubicado en una unidad de motor, por ejemplo, la unidad de motor 4000, la figura 40) para aumentar una longitud de un segmento (por ejemplo, el segmento 3316, la figura 33B). En algunas realizaciones, un motor usa un mecanismo de tornillo para mover la extensión de segmento (por ejemplo, un mecanismo de tornillo similar a un mecanismo de tornillo para accionar un sujetador, por ejemplo, como se describe con respecto a las figuras 36A - B).

#### **Libertad de movimiento ilustrativa, libertad de movimiento humana ilustrativa**

En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo tiene al menos la libertad de movimiento de los brazos humanos. En general, los segmentos de las extremidades humanas (por ejemplo, los brazos, las piernas) se mueven por flexión y extensión con respecto a una articulación de segmento proximal, y una rotación alrededor de la articulación de segmento proximal. Por ejemplo, un radio humano se flexiona y se extiende en el codo y rota alrededor del codo.

La expresión articulación proximal en el presente documento se refiere a la articulación que está menos retirada del torso al que se acopla un segmento, por ejemplo, una articulación proximal de mano es la muñeca, una articulación

proximal de radio es la articulación de codo, una articulación proximal de húmero es la articulación de hombro.

La expresión segmento proximal en el presente documento se refiere al segmento que está menos retirado del torso al que se acopla un segmento (por ejemplo, por una articulación de segmento proximal). Por ejemplo, un segmento proximal de mano es el radio, un segmento proximal de radio es el húmero, un segmento proximal de húmero es el torso.

En algunas realizaciones, una o más articulaciones son unidireccionalmente doblables y extensibles. En algunas realizaciones, la rotación de segmento alrededor de una articulación proximal de segmento se logra mediante la rotación de un segmento proximal alrededor de un eje largo de segmento proximal. Por ejemplo, la rotación de la mano alrededor de la articulación de muñeca se produce mediante la rotación del radio alrededor de un eje largo de radio.

En general, la libertad de movimiento humana para los brazos incluye límites a los ángulos de rotación y flexión. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo se restringe a la libertad de movimientos humana, por ejemplo, durante uno o más modos de control.

La figura 2A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo mecánico 204, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Cada segmento del brazo 204 es rotatorio alrededor de un eje largo de segmento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el torso 202 es rotatorio 202R alrededor de un eje largo de torso 202L. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el húmero 212 es rotatorio 212R alrededor de un eje largo de húmero 212L. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el radio 216 es rotatorio 216R alrededor del eje largo de radio 216L.

La figura 3A es una vista lateral esquemática simplificada de un segmento de mano 224, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el segmento de mano 324 es rotatorio alrededor de un eje largo de mano.

En algunas realizaciones, uno o más segmentos son rotatorios en ambos sentidos (por ejemplo, en sentido dextrógiro y en sentido levógiro alrededor del eje largo de segmento). Como alternativa, en algunas realizaciones, uno o más segmentos son rotatorios alrededor de un eje largo de segmento en solo una dirección.

Con referencia de nuevo a la figura 2A, en algunas realizaciones, por ejemplo, análogamente a la capacidad humana de estar de pie y/o agacharse y/o saltar, el dispositivo es móvil 232 en una dirección paralela al eje largo de torso 202L.

En algunas realizaciones, cada segmento se flexiona y se extiende en una articulación proximal de segmento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el radio 216 se flexiona y se extiende en la articulación de codo 220. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el húmero 212 se flexiona y se extiende en la articulación de hombro 208. Con referencia a la figura 3, por ejemplo, en algunas realizaciones, la herramienta de mano 324 se flexiona y se extiende en la muñeca 328.

En algunas realizaciones, la flexión y extensión de un segmento en una articulación se mide como un ángulo a través del cual la articulación se dobla. En algunas realizaciones, la flexión y extensión de un segmento se mide como un ángulo entre un eje largo del segmento flexionado y un eje largo de un segmento proximal al segmento flexionado. Por ejemplo, el ángulo entre un eje largo de radio flexionado y un eje largo de húmero.

En una realización ilustrativa, unas porciones flexibles (por ejemplo, una articulación de codo 220, un húmero 212) se doblan uniformemente, por ejemplo, en donde el doblado de un radio de curvatura es constante a lo largo de la porción flexible cuando la porción está doblada. En algunas realizaciones, una o más porciones flexibles incluyen una subporción o subporciones con diferentes radios de curvatura (por ejemplo, en donde una pila de una pluralidad de enlaces que forman una porción flexible está compuesta de enlaces con una dimensión o dimensiones diferentes (por ejemplo, longitudes diferentes) y/o los huecos (por ejemplo, los huecos 2799, la figura 27) entre enlaces tienen dimensiones diferentes.

La figura 2B es un diagrama esquemático simplificado de dos segmentos 212, 216 conectados por una articulación 220, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 2B ilustra una medición de la flexión del segmento 216 como un ángulo, 0, entre un primer eje largo de segmento 216L y un segundo eje largo de segmento 212L.

En algunas realizaciones, 0 es más de 180°, debido a, por ejemplo, una suficiente longitud de articulación (por ejemplo, la longitud de un eje largo de la articulación es más larga que el doble del diámetro combinado/amplitud máxima en sección transversal de ambos segmentos) y la capacidad de la articulación para flexionarse y/o extenderse.

La figura 2C muestra ilustraciones de posibles posiciones de extremidad y/o movimiento de un dispositivo con el tiempo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 2C muestra una flexibilidad potencial de una extremidad de dispositivo ilustrativa que incluye ángulos ilustrativos de doblado de articulaciones de 180° y más.

Con referencia de nuevo a la figura 2A, en algunas realizaciones, el húmero 212 se flexiona y se extiende 209 en la articulación de hombro 208 (también denominada en el presente documento flexión de hombro), hasta al menos 45°,



o hasta al menos 90°, o hasta al menos 180°. En algunas realizaciones, la flexión de hombro es de más de 180°. En algunas realizaciones, la flexión de hombro es de hasta 250°, o de hasta 300°. En una realización ilustrativa, la flexión de hombro es de aproximadamente 200°.

5 En algunas realizaciones, el radio 216 se flexiona y se extiende desde la articulación de codo 220 (también denominada en el presente documento flexión de codo), hasta al menos 45°, o hasta al menos 90°, o hasta al menos 180°. En algunas realizaciones, la flexión de codo es de más de 180°. En algunas realizaciones, la flexión de codo es de hasta 250°, o de hasta 300°. En una realización ilustrativa, la flexión de codo es de aproximadamente 200°.

10 Con referencia a continuación a la figura 3, en algunas realizaciones, un segmento de mano 324 (por ejemplo, una herramienta de mano) se flexiona y se extiende 329b en la articulación de muñeca 328. En algunas realizaciones, el segmento de mano 324 es rotatorio alrededor de la articulación de muñeca en un plano perpendicular al eje largo de radio 329a (por ejemplo, en un plano que incluye las hojas de tijeras 325a, 325b), por ejemplo, en un movimiento correspondiente a la desviación radial y/o cubital humana. En algunas realizaciones, la flexión y extensión del segmento de mano 324 es alrededor de un eje 329b perpendicular a un eje largo del radio 316L. En algunas realizaciones, la desviación radial y cubital es alrededor de un eje 329c.

15 En algunas realizaciones, el segmento de mano 224, 324 se flexiona y se extiende desde la articulación de muñeca 228, 328 (también denominada en el presente documento flexión de muñeca), hasta al menos 45°, o hasta al menos 60°, o hasta al menos 90°, o hasta al menos 180°. En una realización ilustrativa, la flexión de la muñeca es de 90° (por ejemplo,  $\pm 45^\circ$ ).

20 En algunas realizaciones, un brazo mecánico incluye menos complejidad estructural (por ejemplo, menos porciones) y/o menos libertad de movimiento que la de los brazos humanos.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un brazo mecánico no incluye una articulación de muñeca. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la flexión y extensión de un efector de extremo se controla mediante una sección flexible que corresponde a una articulación de codo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un efector de extremo se acopla a una porción rígida (por ejemplo, correspondiente a un radio) y la flexión tanto del efector de extremo como de la porción rígida se controla mediante una sección flexible conectada a la porción rígida.

25 A continuación, con referencia de nuevo a la figura 1C, en algunas realizaciones, un brazo mecánico 104c incluye un efector de extremo 124 acoplado a un segundo segmento 116 en donde el acoplamiento es un acoplamiento rígido (por ejemplo, sin una tercera sección de conexión, por ejemplo, sin una articulación de muñeca). En algunas realizaciones, el brazo mecánico 104c incluye un segmento de soporte 102 acoplado a una primera porción flexible 108, en donde la primera porción flexible 108 se acopla a una segunda porción flexible 116.

En algunas realizaciones, el efector de extremo 124 y el segundo segmento 116 forman una sola pieza y/o están conectados rigidamente.

En algunas realizaciones, el efector de extremo 124 es rotatorio independientemente del segundo segmento 116, por ejemplo, el efector de extremo 124 es rotatorio alrededor de un eje largo de efector de extremo 124L.

35 En algunas realizaciones, el segmento de mano (por ejemplo, 124, 126, la figura 1A y la figura 1B, 224, la figura 2A, 324, la figura 3) incluye una herramienta de mano. En algunas realizaciones, una herramienta de mano incluye unas tijeras (por ejemplo, 124, la figura 1A, 224, la figura 2A, 324, la figura 3). A continuación, se describen herramientas de mano con más detalle.

40 En algunas realizaciones, un dispositivo incluye al menos dos porciones flexibles, en donde cada porción flexible es doblable al menos 120°. En algunas realizaciones, dos porciones flexibles son doblables conjuntamente hasta 180°. En algunas realizaciones, dos porciones flexibles son doblables conjuntamente más de 180°. En algunas realizaciones, cada una de una o dos o más porciones flexibles de dispositivo es doblable 180° o más. En una realización ilustrativa, las flexiones combinadas proporcionan un doblado total del dispositivo de 360° o más. Por ejemplo, las articulaciones de dispositivo se doblan de tal modo que el dispositivo forma un círculo y/o una espira en el espacio, por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 2C.

45 En algunas realizaciones, uno o más segmentos de brazo se pueden mover con una libertad de movimiento mayor que la humana: Por ejemplo, en una realización ilustrativa, una rotación de húmero alrededor de un eje largo de húmero y/o una rotación de radio alrededor de un eje largo de radio y/o una rotación de mano alrededor de un eje largo de húmero.

50

### **Flexibilidad de dispositivo ilustrativa**

En algunas realizaciones, el dispositivo, por ejemplo, dentro de un paciente, es altamente flexible. Siendo un beneficio potencial, por ejemplo, la flexibilidad de la trayectoria y/o movimiento del dispositivo dentro de un paciente (por ejemplo, reduciendo el daño al tejido) y/o la capacidad de realizar procedimientos quirúrgicos de una forma deseada (por

ejemplo, la posición de las incisiones, el ángulo desde el cual se hacen las incisiones).

Como se ha descrito previamente, en algunas realizaciones, el ángulo de cada segmento (y/o segmento eficaz) con respecto a segmentos adyacentes es ajustable, por ejemplo, por flexión/extensión de los segmentos alrededor de las articulaciones de acoplamiento. Opcionalmente, cada segmento es flexible/extensible y rotatorio alrededor de una articulación proximal de segmento.

En algunas realizaciones, para uno o más segmentos, la flexión de segmento es de hasta 180° o más, y el segmento es rotatorio hasta 180° o más alrededor de una articulación de segmento proximal: En algunas realizaciones, las posiciones posibles de un segmento distal forman un cilindro alrededor de la articulación proximal de segmento. Siendo un beneficio potencial una amplia gama de posiciones posibles del dispositivo en el espacio.

#### *Distancia ilustrativa de manos a torso, ángulo entre radios de brazo*

En algunas realizaciones, el dispositivo es flexible de tal modo que, las posiciones de una o más manos de un dispositivo y/o uno o más extremos distales de un radio de un dispositivo se pueden ubicar sustancialmente en el torso y/o la articulación de hombro. En algunas realizaciones, más de una mano y/o extremo distal de los radios se pueden ubicar sustancialmente en el torso y/o la articulación de hombro cuando los torsos están muy juntos (por ejemplo, a no más de 10 mm, a no más de 5 mm, o de 3 mm, o de 1 mm uno de otro) y opcionalmente. Siendo un beneficio potencial la capacidad de acceder a un objetivo (por ejemplo, con una o más herramientas de mano) cerca del torso.

En algunas realizaciones, la separación entre un extremo distal del radio y la articulación de hombro es reducible a un 40 %, o un 20 %, o un 10 %, o un 5 %, o un 1 %, de una longitud del húmero o radio. En algunas realizaciones, la separación entre un extremo distal del radio y el torso es reducible a un 40 %, o un 20 %, o un 10 %, o un 5 %, o un 1 %, de una longitud del húmero o radio.

En algunas realizaciones, un ángulo (en el presente documento "ángulo de radio") entre un primer eje largo de radio de brazo y un segundo eje largo de radio de brazo es ajustable entre sustancialmente cero (los brazos se mantienen extendidos en paralelo, hacia delante del torso), a través de ángulos intermedios, por ejemplo, en donde las manos están hacia delante del torso y juntas, y hasta 180°, por ejemplo, en donde los codos están hacia afuera y las manos están juntas.

Un beneficio potencial de los radios paralelos (y otros ángulos de radio bajos, por ejemplo, de menos de 20°) es la capacidad del dispositivo para interaccionar (por ejemplo, operar) en un área con acceso restringido, por ejemplo, en algunas realizaciones, el dispositivo accede a un objetivo a través de un pasaje estrecho. Un beneficio potencial de ángulos más grandes entre radios de brazo (por ejemplo, más de 45°), es la capacidad de los brazos (por ejemplo, manos de brazo) para acceder a un objetivo cerca del torso.

#### *Dispositivo largo ilustrativo*

En algunas realizaciones, una longitud potencial de un dispositivo (por ejemplo, una longitud que incluye una longitud axial de mano, una longitud axial de radio, una longitud axial de húmero y una longitud axial de torso) dentro de un cuerpo es larga.

En algunas realizaciones, una longitud potencial de un dispositivo dentro de un cuerpo humano con respecto a una amplitud más profunda del dispositivo dentro de un cuerpo humano es larga. En algunas realizaciones, una longitud del segmento de húmero es de 20 - 100 mm, o de 40 - 80 mm, o de 50 - 70 mm, o de aproximadamente 60 mm. En algunas realizaciones, una longitud del segmento de radio es de 10 - 90 mm, o de 20 - 70 mm, o de 30 - 60 mm, o de aproximadamente 50 mm.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, una capacidad del dispositivo para doblarse y/o plegarse significa que el dispositivo se desplaza por una trayectoria larga dentro del cuerpo de un paciente, opcionalmente, en comparación con una profundidad de inserción máxima en un cuerpo (profundidad máxima, por ejemplo, medida como la trayectoria recta más larga desde una superficie de piel y/o un sitio de incisión a una porción del dispositivo).

#### *Articulaciones largas ilustrativas*

En algunas realizaciones, una o más articulaciones son largas en una dirección axial. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una articulación es larga con respecto a una o más longitudes de segmento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una articulación es larga con respecto a uno o más dimensiones en sección transversal máximas de segmento (por ejemplo, un diámetro de segmento).

En algunas realizaciones, las articulaciones de dispositivo son largas con respecto a las longitudes de articulación de

anatomía humana (por ejemplo, con respecto a las longitudes y/o diámetros de segmento).

En algunas realizaciones, la longitud de eje largo de articulación es al menos 1,5 veces, o 2 veces, o 3 veces, o 5 veces una amplitud en sección transversal máxima de la articulación (por ejemplo, el diámetro de la articulación).

- 5 Un beneficio potencial de una articulación larga es una flexión y/o extensión posible aumentada, por ejemplo, en algunas realizaciones, una articulación larga significa que, la flexión y/o extensión no es evitada por que unos segmentos entren en contacto entre sí.

- 10 Un beneficio potencial de un dispositivo que incluye una o más articulaciones largas (por ejemplo, en contraposición a un dispositivo con articulaciones pivotantes y/o bisagras) es la capacidad de doblar el dispositivo con una amplitud lateral más pequeña del dispositivo. Otro beneficio potencial es una curva más redondeada y/o menos pronunciada de la articulación, por ejemplo, potencialmente menos invasiva y/o dañina para el tejido. Por ejemplo, con referencia a la figura 5A, unas articulaciones largas y/o articulaciones con un radio de curvatura grande (por ejemplo, en algunas realizaciones, un radio mínimo de curvatura de una articulación es de 2 - 15 mm, o de 4 - 12 mm, o de 6 - 10 mm o valores intermedios) tienen una amplitud lateral pequeña. Por ejemplo, una amplitud lateral pequeña se asocia con una longitud, L, siendo entre un punto medio de una articulación larga y una intersección de ejes largos de segmento eficaz un 5 - 50 %, o un 10 - 40 %, o intervalos o porcentajes inferiores o superiores o intermedios, de una longitud eficaz de una extremidad distal con respecto a la articulación (por ejemplo, de la longitud de extremidad B'), por ejemplo, cuando la articulación se dobla 45° o más.

#### Estructura, dimensiones, ilustrativas

- 20 En algunas realizaciones, un espesor (por ejemplo, diámetro) de torso y/o un espesor (por ejemplo, diámetro) de articulación de hombro es de 1 mm - 20 mm, o 3 mm - 15 mm, o 5 mm - 10 mm o valores intermedios. En una realización ilustrativa, un diámetro de torso y/o un diámetro de articulación de hombro es de aproximadamente 8 mm.

- 25 En algunas realizaciones, un espesor (por ejemplo, diámetro) de húmero y/o un espesor (por ejemplo, diámetro) de articulación de codo es de 1 mm - 15 mm, o 2 mm - 10 mm, o 4 mm - 8 mm o valores intermedios. En una realización ilustrativa, un espesor (por ejemplo, diámetro) de húmero y/o un espesor (por ejemplo, diámetro) de articulación de codo es de aproximadamente 6 mm.

- 30 En algunas realizaciones, un espesor (por ejemplo, diámetro) de radio y/o un espesor (por ejemplo, diámetro) de articulación de hombro es de 0,5 mm - 10 mm, o 1 mm - 6 mm, o 3 mm - 4 mm o valores intermedios. En una realización ilustrativa, un espesor (por ejemplo, diámetro) de radio y/o un espesor (por ejemplo, diámetro) de articulación de muñeca es de aproximadamente 3 - 4 mm.

En algunas realizaciones, una longitud de eje largo central del segmento de húmero es de 20 - 100 mm, o de 40 - 80 mm, o de 50 - 70 mm, o de aproximadamente 60 mm o valores intermedios. En algunas realizaciones, una longitud de eje largo central del segmento de radio es de 10 - 90 mm, o de 20 - 70 mm, o de 30 - 60 mm, o valores intermedios o de aproximadamente 50 mm.

- 35 En algunas realizaciones, un radio mínimo de curvatura de una articulación es de 2 - 15 mm, o de 4 - 12 mm, o de 6 - 10 mm o valores intermedios.

En una realización ilustrativa, un radio mínimo de curvatura de una articulación es de aproximadamente 10 mm. En una realización ilustrativa adicional, un radio mínimo de curvatura de una articulación es de 6 mm.

- 40 En algunas realizaciones, uno o más segmentos son delgados. En algunas realizaciones, un segmento delgado tiene una amplitud máxima perpendicular a un eje largo de segmento de aproximadamente un 20 % de una longitud de eje largo o menos, o un 10 % de la longitud de eje largo o menos, o un 8 % de la longitud de eje largo o menos o un 6 % de la longitud de eje largo o menos o valores intermedios. Un beneficio potencial de un dispositivo delgado es una invasividad reducida del dispositivo dentro de un cuerpo, por ejemplo, el dispositivo desplaza y/o daña menos tejido que un dispositivo más ancho de la misma longitud.

- 45 La figura 4B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo mecánico 404, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En una realización ilustrativa,

- 50 En algunas realizaciones, un segmento de soporte y una articulación de hombro tienen aproximadamente el mismo espesor y/o forma en sección transversal y/o dimensión o dimensiones. En algunas realizaciones, una articulación de hombro y un segmento de húmero tienen aproximadamente el mismo espesor y/o forma en sección transversal y/o dimensión o dimensiones. En algunas realizaciones, una articulación de codo y un segmento de radio tienen aproximadamente el mismo espesor y/o forma en sección transversal y/o dimensión o dimensiones.

En algunas realizaciones, un espesor de una articulación de codo y/o un segmento de radio, (por ejemplo, la dimensión C, la figura 4B) es de 1 - 20 mm, o de 3 - 15 mm, o de 7 - 11 mm, o de aproximadamente 9 mm, o intervalos o espesores inferiores o superiores o intermedios. En una realización ilustrativa, la dimensión C es de 9 mm.

En una realización ilustrativa, un espesor (por ejemplo, diámetro) de segmento de soporte, la dimensión D, es de 8 mm.

5 En algunas realizaciones, una longitud de eje largo central E de una porción del brazo mecánico que incluye una articulación de hombro, un segmento de húmero, una articulación de codo y un segmento de radio que incluye una longitud de un efector de extremo es de 50 - 200 mm, o de 80 - 150 mm, o de 90 - 120 mm, o de aproximadamente 110 mm, o intervalos o longitudes inferiores o superiores o intermedios. En una realización ilustrativa, la longitud E es de 111,7 mm.

10 En algunas realizaciones, dos segmentos de soporte (segmentos de torso) de un dispositivo que incluye dos o más extremidades mecánicas se configuran (por ejemplo, se unen a una base) de tal modo que un eje largo de los segmentos de soporte de extremidad son sustancialmente paralelos (por ejemplo, a no más de 5°, o de 10°, o de 20° de ser paralelos). En algunas realizaciones, los ejes largos de los segmentos de soporte de extremidad están configurados en diferentes direcciones.

*Diferencias y similitudes estructurales ilustrativas con brazos humanos*

15 En algunas realizaciones, dos o más segmentos tienen relaciones de longitud similares a las relaciones de longitud de segmentos humanas. La figura 4A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo 400 en donde se ilustran proporciones humanoides de dispositivo mediante una comparación con un diagrama esquemático simplificado de la parte superior de un cuerpo humano 401, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, una relación entre dos dimensiones de un dispositivo y/o un brazo es sustancialmente similar  
20 a una relación humana promedio equivalente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la longitud de eje largo central de segmento de húmero es aproximadamente un 20 % más larga que la longitud de eje largo central de segmento de radio. En algunas realizaciones, la longitud de eje largo de segmento de húmero es aproximadamente un 15 % más larga o aproximadamente un 25 % más larga que una longitud de radio.

25 En algunas realizaciones, la longitud eficaz de un segmento se mide a lo largo de un eje largo central entre puntos medios de secciones flexibles o, si el segmento es el segmento más distal, a lo largo de un eje largo central entre un extremo distal del segmento y un punto medio de la sección flexible que une un extremo proximal del segmento al brazo.

30 En algunas realizaciones, el dispositivo carece de uno o más segmentos (por ejemplo, está compuesto completamente de porciones flexibles). En algunas realizaciones, la longitud de segmento eficaz, en algunas realizaciones, se mide a lo largo de un eje largo central (o, en algunas realizaciones, como la longitud de una línea recta) entre puntos medios de porción flexible. En algunas realizaciones, para la porción flexible más distal, una longitud de segmento eficaz se mide a lo largo de un eje largo central (o, en algunas realizaciones, como la longitud de una línea recta) entre un extremo distal de la porción flexible más distal a un punto medio de la porción flexible acoplada a un extremo proximal de la porción flexible más distal.

35 En algunas realizaciones, la longitud de segmento eficaz se mide como una longitud de una línea recta entre intersecciones de extensiones de ejes tangenciales a ejes largos en los puntos centrales de segmentos adyacentes (o, en donde no haya segmento alguno, extensiones de ejes tangenciales a ejes largos de porciones flexibles en donde se conectan las porciones flexibles). En donde una longitud de segmento eficaz del segmento eficaz más distal, en algunas realizaciones, se mide como una longitud de una línea recta entre intersecciones de una extensión de eje  
40 largo de un eje tangencial a un eje largo en un punto central de un segmento adyacente (o, en donde no haya segmento alguno, una extensión de un eje tangencial a un eje largo de las porciones flexibles en donde se conectan las porciones flexibles) a un extremo distal del segmento más distal (o, en donde no haya segmento más distal alguno, terminando distalmente el dispositivo en un efector de extremo y/o porción flexible, a un extremo distal de la porción flexible más distal).

45 En algunas realizaciones, una o más relaciones de longitud eficaz de segmento son casi iguales que una relación de longitud de segmento humanoide promedio. Por ejemplo, con referencia de nuevo a la figura 4B, en algunas realizaciones, una longitud de radio eficaz es A y una longitud de húmero eficaz es B, en donde la relación de longitudes de eje largo A con respecto a B es aproximadamente la de las longitudes de un radio humano con respecto a un húmero (por ejemplo, aproximadamente 1 : 1,2).

50 En algunas realizaciones, cuando un brazo de dispositivo está en diferentes configuraciones, por ejemplo, diferentes amplitudes de doblado de las diferentes porciones flexibles, una o más relaciones de longitud de segmento eficaces permanecen dentro de un intervalo que es similar al de la relación de segmentos humana correspondiente.

55 La figura 5A muestra ilustraciones de posibles posiciones de dispositivo y/o movimiento de un dispositivo con el tiempo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Por ejemplo, la configuración de brazo 504 muestra una configuración en donde las longitudes de segmento eficaces, A', B' se aumentan con respecto a sus longitudes cuando el brazo de dispositivo está recto. Las longitudes de segmento eficaces se miden desde las intersecciones entre el eje largo central extendido de una porción central del segmento y, en el caso del segmento más distal (por ejemplo, la

longitud eficaz A'), desde el extremo distal del segmento hasta una intersección.

En algunas realizaciones, aumentar el doblado en las articulaciones, aumenta las longitudes de segmento eficaces individuales. Por ejemplo, la longitud eficaz B" es menor que la longitud eficaz B'. Sin embargo, las relaciones entre longitudes eficaces, por ejemplo, entre la longitud de radio y de húmero eficaz, se cambia más con respecto a la relación cuando el brazo está en una posición recta en donde una articulación está doblada y otra articulación está recta. Por ejemplo, cuando un brazo de dispositivo está doblado en la articulación de hombro y recto en la articulación de codo, la longitud eficaz de húmero se aumenta con respecto a la longitud de húmero cuando el brazo está en una posición recta, mientras que la longitud eficaz de radio no cambia desde el momento en el que el brazo está en una posición recta.

Las figuras 5B - D son vistas laterales esquemáticas simplificadas de un brazo mecánico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Como alternativa, se considera que las extremidades eficaces son líneas rectas que conectan los puntos centrales (longitudinales y/o radiales) de las secciones flexibles. La figura 5B y la figura 5C muestran extremidades eficaces, en donde un primer segmento eficaz, con una longitud C', es la línea recta que conecta el punto medio de hombro 591 y el punto medio de codo 593 y un segundo segmento eficaz con una longitud D' es la línea recta que conecta el punto medio de muñeca 595 y el punto medio de codo 593.

En una realización ilustrativa, la longitud A (la figura 4B) es de 36,2 mm y la longitud B es de 44 mm (la figura 4B). En una realización ilustrativa, la longitud C' (la figura 5B) es de 48 mm, la longitud D' (la figura 5B) es de 40 mm, la longitud C" (la figura 5B) es de 44 mm y la longitud D" (la figura 5B) es de 36,6 mm y una relación de la longitud de primer segmento eficaz con respecto a la longitud de segundo segmento eficaz sigue siendo aproximadamente igual, aproximadamente de 1,2 (por ejemplo, para diferentes ángulos de doblado de la articulación de codo cuando la articulación de hombro permanece estacionaria).

Como alternativa, se considera que las extremidades eficaces se miden a lo largo de los ejes largos longitudinales centrales de porciones del brazo, donde la longitud de primer segmento eficaz se mide a lo largo de un eje largo longitudinal medido desde un punto medio de muñeca hasta un punto medio de codo (por ejemplo, la longitud E + F ilustrada en la figura 5D) y la longitud de segundo segmento eficaz se mide a lo largo de un eje largo longitudinal medido desde un punto medio de muñeca a un punto medio de codo (por ejemplo, la longitud G + H ilustrada en la figura 5D). En donde, en una realización ilustrativa, la longitud E es de 31,3 mm, la longitud F es de 18,3 mm, la longitud G es de 18,3 mm y la longitud H es de 23 mm.

A continuación, con referencia de nuevo a la figura 4A, en algunas realizaciones, el dispositivo es más delgado que la anatomía humana. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una relación de una longitud axial de segmento de dispositivo con respecto a un área en sección transversal de segmento de dispositivo máxima es mayor que una relación de anatomía humana promedio, por ejemplo, más de 1,5 veces, o más de 2 veces, o más de 4 veces, o más de 10 veces.

Un beneficio potencial de un dispositivo delgado es la capacidad de aproximarse a un objetivo de cuerpo interno al desplazar tejido mínimamente y/o con un daño mínimo al tejido. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el tamaño de incisión requerido para la inserción del dispositivo es pequeño. En algunas realizaciones, un dispositivo incluye un brazo y un tamaño de incisión es de menos de 17 mm, o de menos de 15 mm, o de menos de 10 mm o de aproximadamente 8 mm. En algunas realizaciones, un dispositivo incluye más de un brazo y el tamaño de una incisión es o de menos de 30 mm, o de menos de 20 mm, o de aproximadamente 16 mm.

En algunas realizaciones, el dispositivo tiene un hombro más estrecho con respecto a las longitudes de segmento de dispositivo, que un hombro humano promedio, por ejemplo, un hombro de dispositivo máximo tal como se mide entre un primer extremo de brazo del húmero proximal al primer torso y un segundo extremo de brazo del húmero proximal al segundo torso es menor que con respecto a una longitud de húmero, de menos de un 75 % de una relación humana promedio, o de menos de un 50 %, o de menos de un 25 %.

En algunas realizaciones, una longitud de torso, por ejemplo, con respecto a una o más longitudes de segmento de brazo, es más larga que la de una longitud de torso humano. Un beneficio potencial de un torso largo es la capacidad de insertar el dispositivo en un paciente a una amplia gama de profundidades requeridas.

## Configuraciones de brazo ilustrativas

En algunas realizaciones, los brazos tienen diferentes geometrías y/o características. Por ejemplo, en algunas realizaciones, diferentes brazos tienen diferentes herramientas de mano: Con referencia de nuevo a la figura 1, el primer brazo 104 tiene una herramienta de mano de tijeras 124 y el segundo brazo 106 tiene una herramienta de mano de sujetador 126. A continuación, se describirán herramientas de mano con más detalle.

En algunas realizaciones, diferentes brazos tienen diferentes geometrías de segmento y/o de articulación. La figura 6

es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un primer brazo 604 tiene una articulación de hombro 608 más larga que una segunda articulación de hombro de brazo 610. Opcionalmente, en algunas realizaciones, las dimensiones de segmento y/o dimensiones de bisagra, y/o la libertad de movimiento, son diferentes para diferentes brazos.

#### *Número de brazos ilustrativo*

En algunas realizaciones, el dispositivo incluye dos brazos. En algunas realizaciones, el dispositivo incluye un brazo. En algunas realizaciones, el dispositivo incluye más de dos brazos. La figura 7 es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo 700 que incluye más de dos brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el dispositivo 700 incluye un primer brazo 704, un segundo brazo 706 y un tercer brazo 705.

Opcionalmente, uno o más brazos tienen una herramienta de mano diferente. En algunas realizaciones, el primer brazo 704 tiene una herramienta de mano de tijeras 724 y el segundo brazo 706 y el tercer brazo 705 tienen herramientas de mano de sujetador 726, 725. A continuación, se describen herramientas de mano con más detalle.

Opcionalmente, dos o más torsos se acoplan entre sí.

En algunas realizaciones, una o más extremidades mecánicas de dispositivo son más grandes que otras una o más extremidades. En algunas realizaciones, un dispositivo incluye tres brazos mecánicos y con un primer y un segundo brazo con aproximadamente las mismas dimensiones, por ejemplo, longitudes de eje largo de segmento y/o longitudes de eje largo de articulación y/o amplitud de segmento máxima perpendicular a un eje largo de segmento y/o amplitud de articulación máxima perpendicular a un eje largo de articulación. En una realización ilustrativa, un tercer brazo es más grande que un primer y un segundo brazo.

En algunas realizaciones, un brazo más grande tiene una o más dimensiones de porción (en donde las dimensiones incluyen eje largo de segmento, eje largo de articulación, amplitud máxima de segmento perpendicular al eje largo de segmento y amplitud máxima de articulación perpendicular al eje largo de articulación) 1,5 veces más grande, o 2 veces más grande, o 5 veces más grande, o 10 veces más grande, que una primera y/o segunda dimensión de segmento de brazo correspondiente. Siendo un beneficio potencial de un brazo más grande, por ejemplo, la capacidad del brazo para aplicar más fuerza (por ejemplo, al tejido) y/o la capacidad del brazo para entrar en contacto con un área superficial más grande de tejido.

En algunas realizaciones, un brazo más grande (por ejemplo, un tercer brazo más grande) incluye elementos alargados adicionales para controlar el movimiento del brazo (por ejemplo, como se describe a continuación). Por ejemplo, en algunas realizaciones, un brazo más grande incluye dos elementos alargados, o más de dos elementos alargados, o cuatro elementos alargados. En algunas realizaciones, un tercer brazo incluye menos articulaciones que un primer y un segundo brazo. En algunas realizaciones, un tercer brazo se usa para sujetar y/o empujar y/o reposicionar una anatomía de paciente, por ejemplo, para proporcionar acceso y/o aumentar la tensión sobre un área objetivo.

En algunas realizaciones, un tercer brazo se controla al imitar un movimiento de pierna. En algunas realizaciones, un tercer brazo se controla al imitar un movimiento de una primera pierna de usuario y un cuarto brazo se controla al imitar un movimiento de una segunda pierna de usuario.

#### *Herramientas adicionales ilustrativas*

Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo 700 incluye uno o más componentes adicionales, en donde el componente se acopla, por ejemplo, a una extremidad mecánica. En algunas realizaciones, el componente se inserta en el cuerpo, opcionalmente en la misma incisión que una o más extremidades de dispositivo mecánico, por ejemplo, el componente es una herramienta adicional.

En algunas realizaciones, el dispositivo 700 incluye un túnel de servicio 740. En algunas realizaciones, el túnel de servicio está formado por una abertura y una porción hueca dentro de un brazo de dispositivo. En algunas realizaciones, el túnel de servicio es un componente separado. En algunas realizaciones, el túnel de servicio 740 proporciona acceso al sitio de los brazos, por ejemplo, para la transferencia de hilos de sutura.

En algunas realizaciones, el dispositivo 700 incluye un tubo 742 para succión y/o irrigación. Opcionalmente, el tubo 742 se inserta a través del túnel de servicio 740. En algunas realizaciones, el tubo de succión se usa para extraer líquido durante una cirugía, por ejemplo, sangre, como se conoce en la técnica de la cirugía.

En algunas realizaciones, el dispositivo incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes (por ejemplo, cámara, dispositivo de ultrasonidos), por ejemplo, para proporcionar imágenes desde dentro del paciente. A continuación, se describen cámaras internas con más detalle.

5 En algunas realizaciones, el dispositivo incluye uno o más sensores, por ejemplo, para proporcionar información con respecto a las condiciones dentro del dispositivo y/o en el interior del paciente, por ejemplo, un sensor de temperatura, un sensor de movimiento, un sensor de presión. En algunas realizaciones, se usan uno o más sensores de presión para proporcionar una realimentación de fuerza a un usuario.

10 En algunas realizaciones, los torsos y, opcionalmente, herramientas adicionales, y se sitúan y/o se acoplan muy juntos, por ejemplo, a no más de 20 mm, o de 10 mm o de 5 mm uno de otro, siendo un beneficio potencial la inserción del dispositivo en una incisión pequeña y/o un orificio natural pequeño.

15 En algunas realizaciones, se usa una herramienta adicional para sujetar y/o empujar tejido de usuario, por ejemplo, para mantener un tejido alejado para el corte, para proporcionar tensión a un tejido que se va a cortar. Opcionalmente, una herramienta de mano para sujetar tejido incluye una porción expansible cuya superficie se puede expandir mediante el despliegue y/o inflado y/o deslizamiento de una o más porciones más allá de otras porciones (por ejemplo, una construcción de tipo abanico).

### Sistema ilustrativo

20 En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos es parte de un sistema quirúrgico y/o de tratamiento. La figura 8 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un sistema, 850 de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, el sistema incluye un control de usuario 852 a través del cual un usuario dirige un dispositivo 800 que incluye una pluralidad de brazos.

En algunas realizaciones, el dispositivo 800 incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes 856.

25 En algunas realizaciones, el dispositivo 800 incluye un controlador de dispositivo 855, por ejemplo, motores (por ejemplo, para controlar el movimiento de segmentos de brazo).

Opcionalmente, una o más partes del control de dispositivo son externas al dispositivo. Opcionalmente, una o más partes del control de dispositivo son manuales, por ejemplo, en donde un usuario controla directamente el movimiento (por ejemplo, al insertar y/o extraer el dispositivo en un cuerpo, por ejemplo, al tirar de uno o más elementos alargados, por ejemplo, al rotar una o más extensiones de segmento).

30 En algunas realizaciones, el sistema 850 incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes 858, por ejemplo, un dispositivo de formación de imágenes externo, por ejemplo, ultrasonidos.

En algunas realizaciones, el sistema incluye un visualizador 854, por ejemplo, para mostrar información y/o imágenes al usuario.

35 En algunas realizaciones, el sistema 850 incluye una base de datos 860, por ejemplo, para almacenar imágenes recogidas por dispositivos de formación de imágenes 856, 858.

Opcionalmente, el sistema 850 incluye una o más aplicaciones de procesamiento. En algunas realizaciones, el control de dispositivo es automático, en donde una aplicación de procesamiento, por ejemplo, controla el movimiento de motor y/o de accionador.

40 En algunas realizaciones, uno o más del dispositivo de formación de imágenes 856 y/o el dispositivo de formación de imágenes 858 y/o la base de datos 860 y/o el visualizador 854 incluyen una aplicación de procesamiento. En algunas realizaciones, una única aplicación de procesamiento controla más de un elemento de sistema. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el control de usuario 852 y el visualizador 854 son parte de una única unidad (por ejemplo, un ordenador y/o una pantalla táctil).

45 En algunas realizaciones, una o más partes del sistema 850 están en diferentes ubicaciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el dispositivo 800 está en una primera ubicación y el control de usuario 852 y el visualizador 854 están en una segunda ubicación. Por ejemplo, facilitando que un paciente sea operado por un cirujano en una ubicación diferente, por ejemplo, en una sala diferente y/o a una distancia de varios kilómetros.

### Formación de imágenes y visualizador ilustrativos

50 *Dispositivo ilustrativo que incluye dispositivo de formación de imágenes*

Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo incluye uno o más dispositivos de formación de imágenes (por ejemplo, cámara, endoscopio, ultrasonidos, etc.), que se inserta opcionalmente con el dispositivo que incluye una o más extremidades mecánicas en el paciente. En una realización ilustrativa, el dispositivo de formación de imágenes es una cámara.

- 5 En algunas realizaciones, la situación de la cámara con respecto a las extremidades de dispositivo es aproximadamente la de la situación promedio de una cabeza humana con respecto a los brazos humanos correspondientes.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, una relación entre una distancia de la cámara con respecto a una o más porciones de un brazo mecánico es aproximadamente igual que una relación de una o más porciones del dispositivo con respecto a una porción de cuerpo humano equivalente.

- 10 En algunas realizaciones, la cámara se sitúa en la misma posición relativa a los brazos y/o manos de dispositivo en la que están los ojos humanos con respecto a los brazos y/o manos humanos, por ejemplo, la cámara se sitúa a la longitud (por ejemplo, ajustada a escala) correspondiente del húmero sobre la articulación de hombro.

- 15 En algunas realizaciones, la cámara se sitúa de tal modo que las imágenes tienen un campo de visión (CdV) y/o ángulo de la porción o porciones de dispositivo como el que tienen los ojos humanos de una porción o porciones de cuerpo de usuario correspondientes. Siendo un beneficio potencial que la cámara proporciona una vista intuitiva del dispositivo que asiste al control de usuario usando un movimiento de cuerpo de usuario.

- 20 La figura 9A es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo 900 que incluye una pluralidad de brazos 904, 906 y una cámara 978, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 9B es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo 900 que incluye una pluralidad de brazos 904, 906, y una cámara 978, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

- 25 En algunas realizaciones, una posición de la cámara 978 con relación a los brazos es ajustable. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 9B, en algunas realizaciones, la cámara 978 se mueve, por ejemplo, más cerca de las herramientas de mano 924, 926, por ejemplo, para proporcionar imágenes detalladas para un trabajo cercano. Tal movimiento es análogo a la situación humana natural para un trabajo cercano, en donde, a menudo, las manos y la cabeza se juntan mucho para un trabajo fino.

Opcionalmente, el usuario controla la posición de la cámara. En algunas realizaciones, la posición y/o movimiento de cabeza y/o cuello de usuario se mide y se usa para controlar la cámara.

- 30 En algunas realizaciones, un dispositivo de formación de imágenes (por ejemplo, una cámara) se dobla, por ejemplo, con una o más articulaciones de dispositivo. La figura 9C es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo 900 que incluye una pluralidad de brazos 904, 906 y una cámara 978 doblado en una articulación de hombro de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

- 35 La figura 9D es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo 900 que incluye una pluralidad de brazos 904, 906 y una cámara 978 doblado en una articulación de hombro de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Como se ilustra en la figura 9D, en algunas realizaciones, el dispositivo de formación de imágenes doblado es móvil, por ejemplo, con respecto a los brazos de dispositivo.

- 40 En algunas realizaciones, un brazo mecánico (por ejemplo, con una estructura como se describe en otra parte del presente documento) incluye una cámara. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un efector de extremo de brazo mecánico y/o un tercer segmento incluye una o más cámaras. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un brazo mecánico incluye una estructura con más de una sección flexible conectada por más de una sección rígida, en donde se dispone una cámara sobre el brazo (por ejemplo, en un extremo distal del brazo).

Como se menciona en otra parte del presente documento (por ejemplo, con respecto a la figura 7) en algunas realizaciones, uno o más brazos incluyen menos articulaciones que un primer y un segundo brazo.

- 45 La figura 10A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo 1000 que incluye un brazo mecánico 1005 que incluye una cámara 1078, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el brazo mecánico 1005 incluye una sección de soporte 1002 conectada por una primera sección flexible 1010 a la cámara 1078. En algunas realizaciones, la cámara 1078 se dispone en un extremo distal del brazo 1005.

- 50 En algunas realizaciones, el movimiento de un brazo mecánico que incluye una cámara se controla mediante un movimiento medido de la cabeza de un usuario. Por ejemplo, mediante un movimiento de la cabeza de un usuario en el espacio y/o mediante un movimiento de la cabeza de un usuario con respecto a una u otra parte del cuerpo (por ejemplo, el torso y/o el cuello).

En algunas realizaciones, el movimiento de un brazo mecánico que incluye una cámara se controla mediante un movimiento medido de una extremidad de un usuario (por ejemplo, un brazo). Por ejemplo, el brazo incluye al menos una primera y una segunda porción flexible (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento),



cuyo movimiento se controla mediante una articulación de hombro y de codo de usuario, respectivamente).

Adicionalmente o como alternativa, en algunas realizaciones, el movimiento de un brazo mecánico que incluye una cámara se controla mediante el movimiento de una porción o porciones de un dispositivo de entrada (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento).

- 5 Adicionalmente o como alternativa, en algunas realizaciones, una posición de una o más herramientas insertadas en un cuerpo de paciente (por ejemplo, una cámara, por ejemplo, un brazo mecánico, por ejemplo, el tubo 742, la figura 7) se controla mediante uno o más brazos de dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una herramienta es agarrada por uno o más brazos de dispositivo y se mueve a una posición deseada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una herramienta (por ejemplo, una cámara, por ejemplo, la cámara 1378, la figura 13) incluye una porción elásticamente deformable de tal modo que, tras la situación de la herramienta, la herramienta permanece en posición hasta que se reposiciona la herramienta. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un tubo de succión (por ejemplo, el tubo 742, la figura 7) es situado por un brazo quirúrgico que mueve el tubo. En algunas realizaciones, una herramienta (por ejemplo, un tubo, por ejemplo, el tubo 742, la figura 7) incluye una o más porciones elásticamente deformables, de tal modo que, por ejemplo, se mueve la herramienta a una posición deseada mediante un movimiento de un brazo de dispositivo mecánico, volviendo hacia una posición original una vez que se ha liberado la herramienta.

#### *Dispositivo de formación de imágenes externo ilustrativo*

- 20 A continuación, con referencia de nuevo a la figura 8, opcionalmente, en algunas realizaciones, el sistema incluye un dispositivo de formación de imágenes 858 separado del dispositivo 800. En algunas realizaciones, el dispositivo de formación de imágenes 858 proporciona una formación de imágenes en tiempo real cuando el dispositivo 800 se está moviendo dentro del paciente (por ejemplo, realizando una cirugía). Por ejemplo, en algunas realizaciones, se usa un ultrasonido externo, por ejemplo, para proporcionar imágenes del dispositivo 800 dentro del cuerpo.

- 25 En algunas realizaciones, el dispositivo de formación de imágenes 858 (por ejemplo, IRM, TC, formación nuclear de imágenes, ultrasonidos, etc.) recoge imágenes antes de la inserción del dispositivo 800, por ejemplo, para proporcionar un mapa anatómico para ayudar a la cirugía. En algunas realizaciones, el dispositivo de formación de imágenes 858 proporciona imágenes durante el uso del dispositivo 800 dentro del cuerpo y/o después de que se haya retirado el dispositivo.

#### *Visualizador ilustrativo*

- 30 En algunas realizaciones, se visualizan imágenes (por ejemplo, a un usuario). Por ejemplo, en algunas realizaciones, las imágenes a partir de un dispositivo de formación de imágenes interno se visualizan para proporcionar una realimentación con respecto a una posición del dispositivo dentro del paciente. Con referencia de nuevo a la figura 8, en algunas realizaciones, una o más imágenes se visualizan en el visualizador 854 a un usuario.

- 35 En algunas realizaciones, el visualizador 854 es una pantalla (por ejemplo, un monitor de ordenador) visible por el usuario. En algunas realizaciones, el visualizador 864 es parte de un entorno de realidad virtual (VR), por ejemplo, el visualizador 864 son una o más pantallas dentro de un visor de VR.

#### *Imágenes visualizadas ilustrativas*

- 40 En algunas realizaciones, el visualizador 854 muestra imágenes del dispositivo 800 dentro de un paciente. En algunas realizaciones, se visualizan imágenes que son proporcionadas por una o más cámaras internas en donde la cámara se inserta, por ejemplo, con el dispositivo 800 (por ejemplo, la cámara 978, la figura 9A). En algunas realizaciones, las imágenes son proporcionadas por un generador de imágenes separado, por ejemplo, un generador de imágenes por ultrasonidos externo. En algunas realizaciones, se visualizan imágenes en tiempo real, por ejemplo, imágenes en tiempo real a partir de la cámara dentro del paciente, formación de imágenes en tiempo real externa (por ejemplo, ultrasonidos externos). En algunas realizaciones, las imágenes visualizadas se adquieren previamente, por ejemplo, TC, IRM, imágenes por formación nuclear de imágenes. En algunas realizaciones, las imágenes son imágenes calculadas, por ejemplo, un modelo anatómico.

#### *Procesamiento de imagen ilustrativo*

- 50 En algunas realizaciones, se visualizan imágenes recogidas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se visualizan directamente imágenes capturadas por una cámara interna. Por ejemplo, en la figura 45, la imagen superior 4554a visualizada por el visualizador 4554 es una imagen proporcionada por la cámara 4501.

Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, las imágenes se procesan antes de su visualización.

En algunas realizaciones, las imágenes se combinan y/o se superponen para su visualización. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la formación de imágenes en tiempo real (por ejemplo, a partir de una cámara dentro del paciente) se superpone o se visualiza simultáneamente con imágenes previamente adquiridas u otros datos (por ejemplo, TC y/o IRM y/o un modelo anatómico y/o datos de sensor de dispositivo, etc.).

En algunas realizaciones, las imágenes se reorientan antes de su visualización. Con referencia a continuación a la figura 45, por ejemplo, en algunas realizaciones, la cámara interna 4501 tiene un campo de visión (CdV) 4501a y ve una parte del cuerpo desde una dirección y una vista de usuario 4564a de este órgano es desde otra dirección: En algunas realizaciones, las imágenes capturadas desde la cámara se reorientan a la vista de usuario, por ejemplo, la imagen inferior 4554b visualizada en el visualizador 4554 que muestra una imagen recogida por la cámara 4501 que se ha orientado a la vista de usuario del paciente 4564a. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo que incluye una cámara se inserta a través de la vagina proporcionando una vista proximal de los brazos de dispositivo y el útero, pero el paciente está en una posición en decúbito supino en una cama de cirugía y, por ejemplo, una vista de usuario del útero está en la dirección posterior. En algunas realizaciones, las imágenes capturadas desde la cámara se procesan (por ejemplo, mediante una aplicación de procesamiento) y se reorientan a la vista de usuario.

En algunas realizaciones, un usuario controla (por ejemplo, a través de una interfaz de usuario) la vista visualizada, por ejemplo, el usuario rota y/o acerca o aleja la imagen. En algunas realizaciones, se usa una vista de usuario medida (por ejemplo, distancia y orientación de la cabeza del usuario con respecto al paciente y/o dispositivo) con respecto al paciente para reorientar las imágenes capturadas.

*Soporte de dispositivo ilustrativo, opcionalmente el dispositivo no requiere soporte de un usuario*

En algunas realizaciones, el dispositivo es autónomo y, por ejemplo, no requiere soporte de un usuario. En algunas realizaciones, una o más porciones del dispositivo son soportadas, al menos parcialmente, por un soporte. En algunas realizaciones, el usuario no interacciona directamente con el dispositivo. En algunas realizaciones, el movimiento del dispositivo está sustancialmente automatizado.

La figura 11A es una vista esquemática simplificada de un sistema 1150 en donde un dispositivo 1100 es sostenido por un soporte 1182, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un dispositivo 1100 se acopla a una cama 1180. En algunas realizaciones, un paciente 1160 yace sobre la cama 1180 para procedimientos quirúrgicos usando el dispositivo 1100. En algunas realizaciones, uno o más componentes del dispositivo, por ejemplo, una o más partes de un control de dispositivo (por ejemplo, motores) se ubican debajo de la cama, por ejemplo, en una carcasa 1184. En algunas realizaciones, el soporte 1182 conecta el dispositivo 1100 a la carcasa 1184. Opcionalmente, otros componentes, por ejemplo, transformadores, la conectividad a otros componentes, por ejemplo, el visualizador, se ubican en la carcasa 1184.

En una realización ilustrativa, una unidad de motor principal para el control del movimiento del dispositivo se ubica en la carcasa 1184, en donde, por ejemplo, en algunas realizaciones, un elemento o elementos de transferencia de par transfieren par desde el motor o motores dentro de la carcasa 1184 al dispositivo 1100 y/o unos elementos alargados para efectuar la flexión de las articulaciones de dispositivo se acoplan a motores dentro de la carcasa 1184.

En algunas realizaciones, el control del movimiento del dispositivo sobre la cama, usando una unidad de motor debajo de la cama es a través de un controlador de orientación, por ejemplo, usando una articulación en paralelogramo, por ejemplo, como se describe en la publicación de solicitud de patente internacional n.º WO2011/036626.

Un beneficio potencial de que uno o más componentes estén ubicados debajo de una cama (por ejemplo, dentro de la carcasa 1184), es una planta reducida del sistema en una sala de operaciones. Un beneficio potencial adicional de que los componentes se ubiquen debajo de una cama en lugar de arriba y/o alrededor de la cama es un acceso potencialmente mejorado a un paciente (por ejemplo, en una situación de emergencia).

Un beneficio potencial de que el dispositivo se acople a una cama es la capacidad de mover y/o cambiar un ángulo de la cama, por ejemplo, durante una cirugía, mientras el dispositivo permanece en la misma posición con respecto a la cama y/o el paciente. Como alternativa, o adicionalmente, en algunas realizaciones, una posición de dispositivo con respecto al paciente y/o la cama es ajustable, por ejemplo, antes del tratamiento con el dispositivo y/o durante una cirugía.

Opcionalmente, en algunas realizaciones, el soporte 1182 mueve el dispositivo a su posición para una cirugía. En algunas realizaciones, el soporte 1182 mueve el dispositivo a una posición deseada para su inserción en el paciente 1160. En algunas realizaciones, el soporte 1182 mueve el dispositivo verticalmente y/u horizontalmente y/o lateralmente, y/o inserta el dispositivo 1100 en un paciente 1160 y/o retira el dispositivo 1100 del paciente.

En la realización ilustrada mediante la figura 11A, el brazo de soporte 1182 y la carcasa 1184 se sitúan en el extremo

de pie de 1584. Un beneficio potencial de esta ubicación es la facilidad de la cirugía a través de los genitales de un paciente, por ejemplo, a través de la vagina. En la figura 11A, el paciente 1160 se ilustra en una posición adecuada para la inserción del dispositivo en la vagina, las piernas del paciente están elevadas y separadas (por ejemplo, sostenidas por estribos que no se muestran).

- 5 La figura 11B es una vista esquemática simplificada de un sistema 1150 en donde un dispositivo 1500 es sostenido por un soporte 1582, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En la realización ilustrada mediante la figura 11B, el brazo de soporte 1182 y la carcasa 1184 se sitúan en un centro de eje largo de la cama 1180. Un beneficio potencial de esta ubicación es la facilidad de la cirugía abdominal y/o torácica usando el dispositivo.

- 10 En algunas realizaciones, una posición de alojamiento debajo de la cama y/o una posición alrededor de la cama desde donde el brazo se encuentra con el alojamiento son ajustables. Por ejemplo, el brazo y/o la carcasa se mueven para diferentes cirugías.

La figura 12 es una vista lateral esquemática simplificada de un sistema 1250 que incluye un dispositivo con dos brazos 1200 sostenido por un soporte 1282, y acoplado a una superficie de operación 1280, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

- 15 Opcionalmente, en algunas realizaciones, el soporte de dispositivo 1282 acopla el dispositivo 1200 a la superficie de operación 1280 (por ejemplo, una mesa/cama, por ejemplo, mediante la cual se soporta un paciente). En algunas realizaciones, el soporte de dispositivo 1282 es flexible, por ejemplo, a lo largo de toda la longitud de soporte de dispositivo. En algunas realizaciones, el soporte de dispositivo 1282 incluye una cadena de segmentos acoplados. En algunas realizaciones, el motor o motores 1284 para el accionamiento del dispositivo 1200 están situados dentro de un cabezal de soporte.

- 20 Un beneficio potencial de un soporte de dispositivo flexible y/o ajustable es la capacidad de situar el dispositivo con relación a la superficie de operación en una amplia diversidad de posiciones y/o ángulos. Los beneficios potenciales adicionales incluyen; una planta de sistema pequeña, un tiempo de preparación más corto, por ejemplo, preparación de paciente (por ejemplo, anestesia), un proceso de acoplamiento fácil. Los beneficios potenciales adicionales incluyen, una capacidad de cambiar la posición de la parte inferior del cuerpo del paciente con respecto a la parte superior del cuerpo del paciente, opcionalmente durante el tratamiento y/o la cirugía con el dispositivo, por ejemplo, la capacidad de ajustar la posición de Trendelburg, opcionalmente durante el tratamiento y/o la cirugía. Los beneficios potenciales adicionales incluyen un coste y/o tamaño pequeño de los bienes de equipo y/o no necesitar una sala de operaciones dedicada, por ejemplo, debido a que el dispositivo y/o sistema se puede mover fácilmente (por ejemplo, un pequeño y/o peso tamaño y/o falta de requisitos de infraestructura de sala de operaciones especial).

En algunas realizaciones, un dispositivo se inserta en un paciente desde una dirección que no está por encima del paciente (por ejemplo, lateralmente, por ejemplo, entre las piernas del paciente). En algunas realizaciones, la fijación del dispositivo a una cama de paciente posibilita direcciones de inserción que no son desde arriba.

- 35 En algunas realizaciones, un sistema quirúrgico incluye un puerto, por ejemplo, a través del cual se inserta un dispositivo en un paciente. En algunas realizaciones, el puerto se acopla al paciente, por ejemplo, se inserta en un orificio natural y/o una incisión.

- 40 En algunas realizaciones, un puerto se acopla a un soporte. La figura 13 es una vista lateral esquemática simplificada de un sistema 1350 que incluye un puerto 1312 acoplado a una superficie de operación 1380 por un soporte 1382, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un dispositivo 1300 y un puerto 1312 están acoplados por el mismo soporte 1382.

- 45 En algunas realizaciones, un dispositivo y un puerto son sostenidos por diferentes elementos de soporte. La figura 14 es una vista lateral esquemática simplificada de un sistema 1450 que incluye un soporte de puerto 1482b y un soporte de dispositivo 1482a, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, tanto un dispositivo 1400 como un puerto 1412 se acoplan a una superficie de operación 1480. Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo 1400 y/o el puerto 1412 son sostenidos por un soporte acoplado a otros uno o más objetos, por ejemplo, el suelo, el techo.

Un beneficio potencial de los soportes (por ejemplo, los soportes de dispositivo y/o de puerto) es la reducción del movimiento no deseado del dispositivo y/o puerto.

- 50 En algunas realizaciones, un soporte es un posicionador laparoscópico, por ejemplo, que incluye una fijación a un carril de superficie de soporte. En algunas realizaciones, algunos brazos de posicionamiento quirúrgico comercialmente disponibles son adecuados para su uso con el dispositivo de la invención, por ejemplo, brazos quirúrgicos vendidos por Fisso® de Suiza.

La figura 15 es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo 1500, sostenido por un soporte 1582, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

- 55 En algunas realizaciones, el soporte 1582 se une a una porción de una superficie de operación de paciente, por

ejemplo, el carril 1502. En algunas realizaciones, la posición de fijación del soporte 1582 sobre el carril 1502 es ajustable, por ejemplo, posibilitando un ajuste lineal de la posición de fijación del soporte a la superficie de operación de paciente.

5 En algunas realizaciones, el soporte 1582 se une al puerto 1512 y una unidad de motor 1514 (el funcionamiento de la unidad de motor 1514 es, en algunas realizaciones, por ejemplo, como se describe con respecto a la unidad de motor 4000, la figura 40), estando soportado el dispositivo 1500 mediante una conexión a la unidad de motor 1514.

10 En algunas realizaciones, el soporte 1582 incluye una pluralidad de articulaciones en donde los ángulos entre segmentos y/o las longitudes de segmento son ajustables, por ejemplo, posibilitando el ajuste de la posición y/o ángulo de un dispositivo 1500 que incluye extremidades mecánicas y/o un puerto 1512 y/o una unidad de motor 1514 (por ejemplo, que accionan la extremidad o extremidades del dispositivo 1500).

15 En algunas realizaciones, se usan uno o más motores para mover el dispositivo 1500, con respecto a una o más porciones del sistema (por ejemplo, con respecto al puerto 1512 y/o la unidad de motor 1514), por ejemplo, al interior y/o al exterior de un paciente. En algunas realizaciones, la unidad de motor 1514 incluye uno o más motores para el movimiento de uno o más brazos de dispositivo con respecto a la unidad de motor, en donde, por ejemplo, se cambian una o más posiciones de segmento de soporte con respecto a la unidad de motor. En algunas realizaciones, el movimiento del dispositivo 1500 se controla al usar un usuario un control de objeto de entrada y/o una interfaz de usuario.

#### *Dispositivo sostenido por usuario ilustrativo*

20 En algunas realizaciones, el dispositivo es sostenido por un usuario.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario sujeta, sitúa y/o inserta el dispositivo al tiempo que controla el dispositivo, por ejemplo, sosteniendo el dispositivo con un brazo, controlando el movimiento de brazo de dispositivo con el otro brazo, por ejemplo, insertando manualmente el dispositivo, una vez que se ha insertado el dispositivo, controlando movimientos de brazo de dispositivo con brazos de usuario.

25 Por ejemplo, en algunas realizaciones, un primer usuario soporta y/o inserta el dispositivo en un paciente y un segundo usuario controla el movimiento de los brazos de dispositivo dentro del paciente.

En algunas realizaciones, un dispositivo es soportado parcialmente por un soporte y un usuario proporcionó soporte y/o guía manual adicional del dispositivo.

#### *Método ilustrativo de uso*

30 La figura 16 es un diagrama de flujo de un método de uso de un dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

35 En 1686, un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos se inserta a través de una incisión en un paciente. En 1688, un objeto controla el movimiento de brazo de dispositivo, por ejemplo, movimientos de brazo de usuario medidos y/o movimiento medido de un dispositivo de entrada (por ejemplo, movido por un usuario) dirigen un movimiento de brazo de dispositivo dentro del paciente. En 1690, el dispositivo se retira a través de la incisión.

#### *Incisiones y tipos de cirugía ilustrativos*

40 En algunas realizaciones, el dispositivo se usa en cirugías que usan una única incisión. En algunas realizaciones, el dispositivo se usa en cirugía laparoscópica, incluyendo, por ejemplo, SILS (cirugía laparoscópica por incisión única). La figura 17A es un diagrama esquemático simplificado de una única incisión en un paciente, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el dispositivo se inserta a través de una única incisión, por ejemplo, como se ilustra en la figura 17A, que ilustra una única incisión umbilical.

45 En algunas realizaciones, diferentes partes del dispositivo se insertan en más de una incisión. La figura 17B es un diagrama esquemático simplificado de múltiples incisiones en un paciente, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un primer brazo de dispositivo se inserta a través de una primera incisión y un segundo brazo de dispositivo se inserta en una segunda incisión. En algunas realizaciones, el dispositivo se inserta a través de una única incisión y herramientas adicionales, por ejemplo, una herramienta para el inflado de la cavidad abdominal, se insertan a través de una o más incisiones separadas.

50 La figura 17C es un diagrama esquemático simplificado de una incisión en un paciente, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La incisión ilustrada en la figura 17C es más grande de lo necesario para la inserción del dispositivo en el cuerpo y/o más grande que una incisión de cirugía laparoscópica. Por ejemplo, la amplitud más grande de la incisión sobre la superficie de la piel es mayor que 1 cm o más, o 2 cm o más, o 10 cm o más o 20 cm o

más. En algunas realizaciones, el dispositivo se usa en donde al menos una porción del dispositivo insertado y/o una porción del dispositivo bajo un nivel de piel son visibles por un usuario. Opcionalmente, por ejemplo, cuando el dispositivo es al menos parcialmente visible, el sistema carece de un generador de imágenes insertado en el cuerpo y/o no se visualizan imágenes al usuario.

5

#### *Insertión ilustrativa en un orificio natural*

En algunas realizaciones, el dispositivo se usa en NOTES (Cirugía Endoscópica Transluminal por Orificio Natural). En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye al menos una extremidad mecánica (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) se inserta en un orificio natural, por ejemplo, la vagina, recto, boca.

10 En algunas realizaciones, una vez que se ha insertado el dispositivo en un orificio natural, el dispositivo se inserta adicionalmente en el cuerpo a través de una incisión en el orificio natural. En algunas realizaciones, una vez que se ha insertado el dispositivo en el orificio natural, el dispositivo se inserta adicionalmente en el cuerpo a través de un canal natural (por ejemplo, esófago, colon) y, entonces, opcionalmente, a través de una incisión en el canal natural.

15 Un beneficio potencial de los tratamientos y/u operar usando el dispositivo cuando se realiza NOTES es la capacidad del dispositivo de doblarse dentro del cuerpo, proporcionando potencialmente una amplia gama de ángulos de aproximación a un objetivo (por ejemplo, cirugía y/o tratamiento del objetivo).

En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye uno o más brazos mecánicos articulados proporciona una amplia gama de direcciones de acceso y/o movimientos de tratamiento cuando se inserta en una luz y/u orificio estrecho, por ejemplo, más grande que la de herramientas laparoscópicas menos flexibles.

20 La figura 18 es un diagrama esquemático simplificado de un dispositivo que incluye al menos una extremidad mecánica (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) que se inserta a través de un orificio natural realizando una cirugía, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el dispositivo se inserta en la vagina de un paciente y adicionalmente en el cuerpo de un paciente a través de una incisión, por ejemplo, en la vagina. La figura 18 ilustra un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos 1804, 1806, que se ha insertado desde la vagina a través del cuello uterino hasta el útero 1892. Las herramientas de mano de dispositivo 1824, 1826 están operando en una trompa de Falopio 1894 en donde se proporciona acceso a través de una incisión 1862 en el útero.

30 En una realización ilustrativa, un dispositivo que incluye al menos una extremidad mecánica (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) se inserta a través de la vagina y una incisión en el fondo de saco posterior en el fondo de saco rectouterino para, por ejemplo, operar en el útero (por ejemplo, realizar una histerectomía). En una realización alternativa, un dispositivo que incluye al menos una extremidad mecánica (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) se inserta a través de la fosa nasal y/o la boca hasta un seno para operar en el seno. En una realización alternativa, un dispositivo que incluye al menos una extremidad mecánica (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) se inserta a través del esófago para

35

#### **Controlador de brazo mecánico ilustrativo ubicado de forma remota**

En algunas realizaciones, un controlador que incluye elementos (por ejemplo, motores) para la rotación de segmentos de brazo de dispositivo y/o el doblado de segmentos de brazo de dispositivo se sitúa de forma remota, por ejemplo,

40 en algunas realizaciones, unos elementos de control (por ejemplo, motores) se sitúan en un torso de dispositivo y/o en un soporte de dispositivo (por ejemplo, como se ha descrito previamente).

#### *Control remoto ilustrativo de flexión y extensión*

45 En algunas realizaciones, la flexión y/o extensión de segmentos alrededor de articulaciones y/o el doblado (por ejemplo, la flexión y/o extensión de segmentos eficaces uno con respecto a otro) se controla de forma remota por medio de elementos alargados (por ejemplo, hilo, tira, cinta, cable) acoplados a cada segmento; al cambiar la tensión de uno o más de los elementos alargados (por ejemplo, tirar de, liberar), el segmento acoplado al elemento se flexiona o se extiende. En algunas realizaciones, un segmento se dobla en una dirección al tirar de un primer elemento alargado, por ejemplo, acoplado a un primer lado del segmento) y se endereza al tirar de un segundo elemento alargado, por ejemplo, acoplado a un segundo lado del segmento (por ejemplo, opuesto al primer lado del segmento).

50

En algunas realizaciones, uno o más elementos alargados para el control del doblado de un segmento o segmentos y/o de un segmento o segmentos eficaces se acoplan al dispositivo dentro de una o más porciones huecas del dispositivo. Por ejemplo, como se describe con respecto al elemento alargado 3480, la figura 34B, y/o los elementos alargados 3580 y 3581, la figura 35B, en donde, por ejemplo, los elementos alargados se acoplan a una superficie

interna de una o más porciones de dispositivo huecas, por ejemplo, mediante elementos de guía, por ejemplo, 3486a 3486b 3486c, la figura 34, 3586a 3586b, la figura 35.

5 En algunas realizaciones, uno o más elementos alargados se acoplan a una superficie externa de una o más porciones de dispositivo (por ejemplo, una porción de dispositivo hueca). Por ejemplo, con referencia a la figura 31C, en algunas realizaciones, unos elementos alargados (no ilustrados) se acoplan a superficies externas de una porción o porciones de un brazo de dispositivo mediante unas aletas 3181, 3183. En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo quirúrgico está cubierta (por ejemplo, en una funda), por ejemplo, protegiendo potencialmente un elemento o elementos alargados externamente acoplados.

10 En una realización ilustrativa, uno o más elementos alargados tienen forma de tira, por ejemplo, incluyendo una forma en sección transversal aplanada (por ejemplo, la sección transversal de elemento alargado es perpendicular a un eje largo de elemento alargado), en donde, por ejemplo, una amplitud más grande de la sección transversal es 1,25 veces, o 1,5 veces, o 2 veces, o 3 veces, o 4 veces o 10 veces una amplitud más pequeña de la sección transversal. Un beneficio potencial de un elemento alargado en forma de tira, por ejemplo, en comparación con un elemento alargado de hilo, es una resistencia aumentada para una amplitud en sección transversal más pequeña dada. En algunas realizaciones, un elemento alargado en forma de tira es ventajoso en una estructura anidada, en donde múltiples elementos se sitúan en un espacio en sección transversal limitado.

15 En algunas realizaciones, la flexión y/o extensión de uno o más segmentos se realiza al tirar de un componente alargado elástico (por ejemplo, hecho de nitinol, NiTi), en donde, tras la liberación del componente alargado, el componente alargado devuelve elásticamente el segmento, por ejemplo, como se describe en la publicación de solicitud de patente internacional n.º WO2011/036626.

#### *Control remoto ilustrativo de la rotación*

25 En algunas realizaciones, la rotación de los segmentos se controla mediante la rotación de una extensión del segmento acoplada al segmento (por ejemplo, mediante un conector), extensión que se extiende hasta una ubicación, por ejemplo, a una distancia del segmento (por ejemplo, extendiéndose fuera del dispositivo). En algunas realizaciones, la rotación de un segmento es por la rotación de una extensión de segmento doblada.

En algunas realizaciones, las extensiones de segmento están anidadas (dispuestas) dentro de uno o más segmentos proximales, por ejemplo, una extensión de mano está anidada dentro del radio y/o húmero y/o torso, una extensión de radio está anidada dentro de un húmero y/o torso.

30 La figura 19 es un diagrama esquemático simplificado de un brazo 2004 con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, una mano 2024 acoplada a una extensión de mano 2024E (sombreada de color gris) es rotatoria mediante la rotación de la extensión de mano 2024E, como se ilustra mediante las flechas de color blanco en la figura 19. En algunas realizaciones, la extensión de mano está anidada dentro de un húmero 2012, y una extensión de radio 2016E. En algunas realizaciones, la extensión de radio 2016E está anidada dentro del húmero 2012.

35 En algunas realizaciones, una extensión de segmento incluye una porción de transferencia de par, de tal modo que un segmento es rotatorio usando una extensión de segmento cuando se dobla la extensión de segmento. La figura 20 es un diagrama esquemático simplificado de un brazo 2004, incluyendo una extensión de segmento 2024E con una porción de transferencia de par doblable, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

40

#### *Porción de transferencia de par ilustrativa*

En algunas realizaciones, una porción de transferencia de par doblable incluye una pluralidad de elementos de transferencia de par acoplados.

45 La figura 21 es un diagrama esquemático simplificado de un elemento de transferencia de par de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la porción de transferencia de par incluye una pila de elementos acoplados por conectores de porción de transferencia de par.

50 En algunas realizaciones, los elementos de transferencia de par se conforman y se apilan de tal modo que la rotación de un único elemento de transferencia de par crea un par (por ejemplo, transferido por un conector o conectores entre elementos) en el mismo sentido sobre elementos de transferencia de par adyacentes, haciendo que roten los elementos de transferencia de par adyacentes.

En una realización ilustrativa, un elemento de transferencia de par se acopla a un elemento de transferencia de par superior con dos conectores 2196a, 2196b, y un elemento inferior con dos conectores 2196c, 2196d. En algunas realizaciones, cada elemento incluye cuatro vástagos, dos vástagos superiores 2198a, 2198b, conectados a un elemento adyacente superior (no ilustrado) y dos vástagos inferiores 2198c, 2198d, conectados a un elemento

adyacente inferior (no ilustrado). En algunas realizaciones, los conectores entre elementos transfieren par entre elementos. En algunas realizaciones, uno o más vástagos son rígidos a lo largo de un eje largo de vástago, por ejemplo, resistiendo el aplastamiento del vástago y/o la torsión de la porción de transferencia de par.

5 En algunas realizaciones, una porción de transferencia de par con dos o más elementos, por ejemplo, como se ilustra en la figura 21, tiene espacios abiertos a unos intervalos de 90° alrededor de la porción de transferencia de par, lo que significa que la porción de transferencia de par es doblable y/o desviable desde una posición recta en cualquier dirección perpendicular a un eje largo de porción de transferencia de par por compresión y expansión de espacios abiertos.

10 En algunas realizaciones, los enlaces incluyen más de cuatro vástagos y/o más de cuatro conectores y, por ejemplo, la porción de transferencia de par tiene espacios abiertos a menos de 90° alrededor de la porción de transferencia de par.

15 En algunas realizaciones, una flexión y/o deflexión máxima de la porción de transferencia de par corresponde a donde están cerrados los espacios abiertos en la curva interna. En algunas realizaciones, un radio de curvatura mínimo de una porción de transferencia de par es de 15 mm, o 10 mm, u 8 mm, o 6 mm o 4 mm. En una realización ilustrativa, un radio de curvatura mínimo de una porción de transferencia de par es de 10 mm. En una realización ilustrativa alternativa, un radio de curvatura mínimo de una porción de transferencia de par es de 6 mm. La figura 22 es un patrón de expansión de porción de transferencia de par, de acuerdo con algunas realizaciones, de la invención. En la figura 22 son visibles unas conexiones 2296 entre elementos y unos espacios abiertos 2299 entre los vástagos.

20 La figura 23 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par recta con un primer y un segundo elemento 2397a, 2397b, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 24 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par doblada con dos elementos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En la figura 23, los puntos medios 2402 ilustran un doblado elástico ilustrativo de los vástagos.

25 En algunas realizaciones, como se ilustra mediante la figura 24, cuando la porción de transferencia de par se dobla, los espacios abiertos entre elementos en el lado externo de la curva se expanden 2499E y/o los espacios abiertos en el lado interno de la curva se contraen 2499C.

En algunas realizaciones, durante el curvado, una longitud de porción de transferencia de par (por ejemplo, como se ilustra mediante una línea de puntos en la figura 23 y la figura 24) no cambia de longitud (mantiene una longitud original).

30 En algunas realizaciones, los elementos se construyen al cortar con láser un tubo hueco.

En algunas realizaciones, una porción de transferencia de par puede transferir 100 g a lo largo de 100 mm, 0,1 Nm. En algunas realizaciones, una porción de transferencia de par puede transferir 0,01 - 1 Nm o 0,01 - 0,5 Nm o intervalos o pares inferiores o superiores o intermedios. En algunas realizaciones, la capacidad de transferencia de par de la porción de transferencia de par se asocia con la resistencia de las conexiones, por ejemplo, las conexiones 2292, la figura 22, y/o una resistencia al aplastamiento de las porciones de transferencia de par.

35 La figura 25 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par recta con una pluralidad de elementos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 26 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de transferencia de par doblada con una pluralidad de elementos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

40

#### *Articulaciones ilustrativas*

En algunas realizaciones, las articulaciones están formadas por uno o más enlaces. En algunas realizaciones, las articulaciones están formadas por una pila de una pluralidad de enlaces. La figura 27 es un diagrama esquemático simplificado de una articulación recta 2700 que incluye dos enlaces 2702, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

45 La figura 28 es un diagrama esquemático simplificado de una articulación 2800 que incluye dos enlaces, en donde los enlaces se rotan alrededor de un eje largo de articulación, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

De acuerdo con la invención, los enlaces incluyen uno o más espacios de aire 2799, 2899, por ejemplo, permitiendo la deflexión en una dirección (por ejemplo, de tal modo que, la flexión y/o extensión es unidireccional). En algunas realizaciones, los espacios de aire 2799, 2899 se sitúan en el mismo lado de enlaces secuenciales. En algunas realizaciones, los espacios de aire 2799, 2899, no se extienden alrededor de los enlaces, restringiendo una dirección de doblado de la articulación.

50 En algunas realizaciones, uno o más enlaces incluyen una cuña 2760, 2860, que, por ejemplo, evita que los enlaces se desensamblen, por ejemplo, cuando la articulación se dobla. En algunas realizaciones, los enlaces incluyen unos

conectores 2762, 2862 (por ejemplo, unos pasadores de enlace), que acoplan un enlace a enlaces adyacentes.

En una realización ilustrativa, cada enlace es rotatorio hasta 16° con respecto al eje largo de articulación. En algunas realizaciones, para 90° de flexión se usan 6 enlaces, en algunas realizaciones, para 180° de flexión se usan 12 enlaces.

- 5 La figura 29 es una vista lateral de una articulación que incluye una pluralidad de enlaces, en donde los enlaces se rotan alrededor de un eje largo de articulación, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un elemento de guía, (por ejemplo, una aleta o anillo como se describe con más detalle a continuación), se acopla a un enlace. En algunas realizaciones, los elementos de guía se acoplan a más de un enlace. La figura 30 es una vista lateral esquemática simplificada de una articulación que incluye una pluralidad de enlaces, en donde una pluralidad de enlaces incluye unos elementos de guía 3086, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En la realización ilustrada mediante la figura 30, los elementos de guía son anillos.

- 10

En algunas realizaciones, los elementos de guía son acoplados a enlaces por una porción del anillo que sobresale a través de un orificio o ranura. Con referencia de nuevo a la figura 29, las ranuras 2994 son visibles en algunos enlaces.

En una realización ilustrativa, las aletas y/o anillos de guía se ajustan a las articulaciones al insertar los anillos dentro de las articulaciones.

- 15

### Realizaciones de brazo ilustrativas

La figura 31A es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo 3104 con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 31B es un diagrama esquemático simplificado de una vista lateral de una porción de un brazo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Unas líneas de trazo discontinuo ilustran la porción del brazo ilustrado en la figura 31A ilustrada mediante la figura 31B.

- 20

En algunas realizaciones, el brazo 3104 incluye una herramienta de mano 3124 acoplada a un radio 3116 en una articulación de muñeca 3128.

En algunas realizaciones, el radio 3116 se acopla a una extensión de radio que incluye dos porciones de transferencia de par; una porción de transferencia de par de codo 3116ETT dispuesta dentro de una articulación de codo 3120 y una porción de transferencia de par de hombro 3116STT dispuesta dentro de una articulación de hombro 3108. En algunas realizaciones, el radio 3116 es acoplado a un húmero 3112 por un conector 3116C. En algunas realizaciones, la porción 3116C conecta el radio 3116 al húmero 3112 al tiempo que se permite una rotación libre del húmero 3122.

- 25

En algunas realizaciones, en la región A de la figura 31A, una protuberancia o protuberancias en la porción de radio 3116 encajan en una muesca o muescas en la porción 3116C. En una realización ilustrativa, una protuberancia en forma de anillo en la porción de radio 3116 (por ejemplo, un anillo de un material conectado (por ejemplo, soldado) a la porción de radio 3116) encaja en una muesca en la porción 3116C. De forma similar, en algunas realizaciones, las porciones 3112C y 3112 están conectadas por una protuberancia o protuberancias y una muesca o muescas coincidentes (por ejemplo, una protuberancia de anillo en la porción 3112 que encaja en una muesca coincidente en la porción 3112C).

- 30

En algunas realizaciones, una "sección de conexión" incluye un conector y una articulación, por ejemplo, una articulación de hombro 3108 y un conector 3112C, por ejemplo, una articulación de codo 3120 y un conector 3116C.

La figura 31C es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una porción de un brazo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, por ejemplo, en una porción incluye una protuberancia de anillo que encaja en una muesca en la porción 3116C.

- 40

En algunas realizaciones, la porción 3116C proporciona un anclaje para uno o más elementos alargados: por ejemplo, en donde un elemento o elementos alargados están conectados/acoplados a la porción 3116Canc.

En algunas realizaciones, uno o más conectores acoplan porciones al tiempo que se permite que una porción rote dentro del conector alrededor del eje largo de la porción. Por ejemplo, la porción de conexión 3116C permite que el radio 3116 rote dentro de la porción de conexión 3116C alrededor de un eje largo de radio.

- 45

En algunas realizaciones, el húmero 3112 se acopla a una extensión de húmero que incluye una porción de transferencia de par, una porción de transferencia de par de hombro 3112STT dispuesta dentro de la articulación de hombro 3108. En algunas realizaciones, el húmero se acopla a un torso 3102 mediante un conector 3112C.

En algunas realizaciones, un brazo mecánico incluye una primera porción flexible y una porción flexible de sección (por ejemplo, una articulación de codo y una articulación de hombro) que se acoplan conjuntamente con un segmento de conexión corto (por ejemplo, una sección de húmero que acopla una articulación de hombro y de codo es corta). En algunas realizaciones, el acoplamiento entre las porciones flexibles es una conexión puntual (por ejemplo, una

- 50



articulación de hombro y de codo están conectadas directamente).

En algunas realizaciones, una porción de anclaje rígida (por ejemplo, la porción 3116C) conecta dos porciones flexibles, en donde la porción de anclaje proporciona un anclaje de elementos alargados que controlan la flexión y extensión de la articulación, que es, por ejemplo, proximal a la porción alargada. En algunas realizaciones, un anclaje es proporcionado por una porción de una de las articulaciones, por ejemplo, una porción distal de la articulación proximal.

En algunas realizaciones, están ausentes uno o más segmentos rígidos: la figura 32 es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo 3204 con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la articulación de codo 3220 y la articulación de hombro 3208 se acoplan directamente (por ejemplo, el brazo 3204 carece de una porción de húmero).

La figura 33A es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo 3204 ilustrativo con extensiones de segmento anidadas, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

La figura 33B es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano 3324 acoplada a un radio, acoplada a una extensión de segmento de radio 3316E, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la extensión de segmento de radio 3316E incluye una porción de transferencia de par de codo 3316ETT y una porción de transferencia de par de hombro 3316STT.

Como se ha descrito previamente, en algunas realizaciones, se usan unos elementos alargados para controlar la flexión y la extensión de los segmentos de brazo en las articulaciones de brazo. En algunas realizaciones, unos elementos alargados pasan a través de un vacío axial en un segmento y/o articulación y/o extensión de segmento y/o porción de transferencia de par.

La figura 33C es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una porción de una extensión de radio, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, uno o más elementos alargados 3370 se acoplan a unos enlaces de porción de transferencia de par 3324STT, 3324ETT, mediante elementos de guía. En algunas realizaciones, los elementos de guía son unas aletas 3386. Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, los elementos de guía son anillos.

En algunas realizaciones, durante la rotación de una extensión de segmento (y un segmento), los elementos alargados permanecen en posición dentro del elemento, por ejemplo, rotan con el elemento, por ejemplo, debido a que los mismos se acoplan en posición mediante unos elementos de guía (por ejemplo, las aletas 3386).

En algunas realizaciones, un cable de suministro de electricidad 3371 pasa a través de la extensión de segmento de radio, por ejemplo, para suministrar electricidad a una herramienta de mano (por ejemplo, para una electrocirugía).

La figura 34A es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de brazo de dispositivo que incluye un húmero acoplado a una extensión de húmero 3412E, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 34B es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un húmero 3412 acoplado a una extensión de húmero 3412E, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, la articulación de codo 3420 se acopla a dos o más elementos alargados, se tira de un primer elemento alargado 3480 para doblar (flexionar o extender) el radio 3416 en una dirección, y se tira de un segundo elemento alargado (no ilustrado) para doblar el radio en la dirección opuesta. En algunas realizaciones, la articulación de codo 3420 se acopla a más de dos elementos alargados, aumentando potencialmente una carga máxima (por ejemplo, radio, tejido sujeto por una herramienta de mano) que los elementos mueven.

En una realización ilustrativa, el elemento alargado 3480 se acopla a enlaces de una articulación de codo 3420 mediante elementos de guía (por ejemplo, las aletas 3486a) y a enlaces de porción de transferencia de par de hombro mediante elementos de guía (por ejemplo, las aletas 3486c). En algunas realizaciones, las aletas 3486 sujetan, cada una, el elemento alargado, en un hueco 3488, al tiempo que se permite que el elemento alargado 3480 se deslice (por ejemplo, que se tire del mismo, que se libere) dentro del hueco 3488. En algunas realizaciones, uno o más elementos de guía son un anillo. En algunas realizaciones, las aletas y/o anillos sujetan un elemento alargado en un borde interno de una región hueca (por ejemplo, de un segmento y/o articulación, y/o porción de transferencia de par).

De forma similar, en algunas realizaciones, un segundo elemento alargado (no ilustrado) se acopla a una parte diferente del borde interno de la región hueca. Por ejemplo, el segundo elemento alargado es acoplado a un lado diametralmente opuesto de la articulación de codo 3420 por unas segundas aletas de elemento alargado 3486b acopladas a enlaces en el lado opuesto de la articulación de codo 3420. En algunas realizaciones, las primeras aletas de elemento alargado 3486a y las segundas aletas de elemento alargado 3486b se acoplan a enlaces diferentes, por ejemplo, enlaces alternos. En una realización ilustrativa, las primeras aletas de elemento alargado y las segundas aletas de elemento alargado se acoplan a enlaces alternativos, con dos enlaces sin aletas entre cada par de primera aleta de elemento alargado - segunda aleta de elemento alargado.

En algunas realizaciones, uno o más elementos alargados 3420 se fijan a una porción 3416C. Por ejemplo, en algunas

realizaciones, un extremo distal del elemento alargado 3420 se fija a la porción 3416C. Como alternativa, en algunas realizaciones, el elemento alargado se acopla solo de forma deslizante, por ejemplo, formando un lazo a través de un hueco en la porción 3416C.

La figura 35A es una vista lateral esquemática simplificada de una articulación de hombro 3508 acoplada a un torso 3502, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 35B es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una articulación de hombro 3508 acoplada a un torso 3502, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un primer elemento alargado (por ejemplo, cable, tira, hilo, cinta) 3580 es acoplado a enlaces en la articulación de hombro por las aletas 3586a. En algunas realizaciones, un segundo cable de elemento alargado 3581 se acopla a enlaces en la articulación de hombro mediante unas aletas 3586b. En algunas realizaciones, uno o más elementos alargados adicionales se acoplan a un primer elemento alargado, proporcionando potencialmente una fuerza aumentada. En algunas realizaciones, los cables y las aletas tienen una funcionalidad según se ha descrito anteriormente, con respecto al radio y la extensión de radio.

### **Accionamiento de motor ilustrativo**

En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye una o más extremidades mecánicas (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) es accionado por una unidad de motor acoplada a un extremo proximal del brazo o brazos.

En una realización ilustrativa, el doblado (la flexión y extensión) y la rotación de una única articulación se controlan mediante el movimiento de dos engranajes. La figura 39 es una vista lateral esquemática simplificada de un mecanismo de accionamiento 3901 para el control de una articulación de extremidad mecánica, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un engranaje de rotación 3902 se acopla a un eje central 3904, en donde el eje central 3904 se acopla a una extensión (por ejemplo, 3316E, la figura 33A). En algunas realizaciones, una porción distal del eje central 3904 (en la dirección D del engranaje de rotación 3902) se acopla a la extensión. En algunas realizaciones, la rotación del engranaje de rotación 3902 da lugar a la rotación del eje central 3904 que, a su vez, rota la extensión acoplada al eje central.

En algunas realizaciones, un engranaje de doblado 3906 se acopla a una porción que incluye una rosca de tornillo 3908. La rotación del engranaje de doblado 3906 da lugar a la rotación de la rosca de tornillo 3908. En algunas realizaciones, una primera tuerca 3910 y una segunda tuerca 3912 se acoplan a la rosca de tornillo 3908 de tal modo que la rotación de la rosca de tornillo genera un movimiento lineal de tuercas paralelo a un eje largo 3914 del eje central 3904, en donde la primera tuerca 3910 y la segunda tuerca 3912 se mueven en sentidos diferentes. En algunas realizaciones, la primera tuerca 3910 y la segunda tuerca 3912 están conectadas a los elementos alargados 3910ee y 3912ee respectivamente, en donde un movimiento lineal de las tuercas tira de un elemento alargado al tiempo que se libera y/o se empuja el otro, generando una flexión/extensión de la articulación.

En algunas realizaciones, la rotación de la articulación se efectúa mediante la rotación tanto del engranaje de rotación 3902 como del engranaje de doblado 3904. En algunas realizaciones, el doblado de la articulación se efectúa mediante la rotación del engranaje de doblado únicamente. En algunas realizaciones, la flexión y rotación simultánea de la articulación se efectúa mediante la rotación del engranaje de rotación y el engranaje de doblado unas amplitudes diferentes y/o en sentidos diferentes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el doblado y rotación simultáneos de la articulación se efectúan al mantener el engranaje de doblado estacionario al tiempo que se rota el engranaje de rotación.

En algunas realizaciones, una cubierta 3916 cubre el eje central, la rosca de tornillo y las tuercas, por ejemplo, evitando potencialmente que entren residuos u otro material en el mecanismo.

En algunas realizaciones, cada articulación de dispositivo mecánico se acopla a un mecanismo de accionamiento como se ha descrito anteriormente (por ejemplo, mediante una extensión acoplada a la articulación). Por ejemplo, en algunas realizaciones, cada porción de extensión (por ejemplo, como se ha descrito anteriormente) se acopla a un eje central, y las porciones alargadas para el control de la flexión y extensión (por ejemplo, como se ha descrito anteriormente) se acoplan a tuercas del mecanismo de accionamiento. En algunas realizaciones, los mecanismos de accionamiento para una única extremidad mecánica se disponen linealmente, con ejes centrales dispuestos en una configuración anidada, sobresaliendo los ejes centrales internos para un control por los engranajes.

La figura 40 es una vista lateral esquemática simplificada de una unidad de motor 4000 para el accionamiento de un dispositivo que incluye brazos mecánicos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye un primer brazo mecánico 4002 y un segundo brazo mecánico 4006 se controlan mediante la unidad de motor 4000.

En algunas realizaciones, un primer mecanismo de accionamiento 4001a, que incluye un primer engranaje de rotación 4002a y un primer engranaje de doblado 4006a, acciona la flexión/extensión y la rotación de una articulación de

hombro. Con referencia a continuación a las figuras 35A - B, por ejemplo, en algunas realizaciones, el primer mecanismo de accionamiento 4001a rota la articulación de hombro al rotar la porción 3502 y efectúa la flexión y extensión de la articulación 3508 mediante el movimiento de unos elementos alargados (por ejemplo, 3581 en la figura 35B) unidos a la porción 3512C.

5 En algunas realizaciones, un segundo mecanismo de accionamiento 4001b, que incluye el segundo engranaje de rotación 4002b y el segundo engranaje de doblado 4006b, acciona la flexión/extensión y la rotación de una articulación de codo. En algunas realizaciones, uno o más engranajes de accionamiento acoplados a un motor se disponen debajo de la unidad de motor 4000. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un engranaje que acciona el segundo engranaje de doblado 4006b, engranaje que se acopla a un motor, se dispone sobre una parte inferior de la unidad de motor  
10 4000. Por ejemplo, el engranaje 4099 acciona un segundo mecanismo de accionamiento correspondiente al segundo brazo mecánico 4006. Con referencia a continuación a las figuras 34A - B, por ejemplo, en algunas realizaciones, el segundo mecanismo de accionamiento 4001b rota la articulación de codo al rotar la porción 3412E y efectúa la flexión y extensión de la articulación 3508 mediante el movimiento de unos elementos alargados (por ejemplo, 3480 en la figura 34B) unidos a la porción 3416C.

15 En algunas realizaciones, un tercer mecanismo de accionamiento 4001c, que incluye el tercer engranaje de rotación 4002c y el tercer engranaje de doblado 4006c, acciona un efector de extremo (por ejemplo, abre y cierra un sujetador) y acciona la rotación de una articulación de muñeca. Con referencia a la figura 1C, en algunas realizaciones, el tercer mecanismo de accionamiento 4001b rota y acciona el efector de extremo 124; Por ejemplo, en algunas realizaciones, la rotación del tercer engranaje de rotación 4006c abre y cierra un efector de extremo (por ejemplo, el efector de  
20 extremo 124, la figura 1A). Por ejemplo, en algunas realizaciones, un sujetador incluye un mecanismo de apertura - cierre de rotación/enroscado, por ejemplo, como se describe con respecto a la figura 36B, y la rotación del tercer engranaje de rotación 4006c abre y cierra un efector de extremo. En algunas realizaciones, la rotación del engranaje de rotación 4006c rota la tuerca 3602.

25 En algunas realizaciones en las que un brazo de dispositivo también incluye una articulación de muñeca (por ejemplo, como se ilustra en las figuras 33B - C) que se puede doblar, la unidad de motor incluye un mecanismo adicional para accionar la flexión/extensión de la articulación de muñeca.

En algunas realizaciones, de forma similar, la segunda extremidad mecánica 4006 es accionada por tres mecanismos de accionamiento, incluyendo, por ejemplo, 6 motores. En una realización ilustrativa, un dispositivo para su inserción en el cuerpo incluye dos extremidades mecánicas, accionadas por 12 motores.

30 En algunas realizaciones, uno o más motores adicionales (por ejemplo, un 13<sup>er</sup> motor) mueve los brazos de dispositivo hacia y/o lejos de la unidad de motor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una posición de fijación de la unidad de motor (por ejemplo, a un soporte y/o a una superficie de soporte de paciente) es cambiada, por ejemplo, por un motor.

Por ejemplo, con referencia a la figura 15, en algunas realizaciones, una posición de fijación del soporte 1582 con respecto al carril 1502 es cambiada (por ejemplo, por un motor ubicado sobre el soporte 1582). Por ejemplo, en  
35 algunas realizaciones, una posición de fijación de la unidad de motor 1514 con respecto al soporte 1482 es cambiada (por ejemplo, por un motor ubicado sobre el soporte 1582).

Por ejemplo, moviendo el dispositivo al interior y/o al exterior de un cuerpo de paciente, por ejemplo, cuando la unidad de motor se soporta en una configuración fija y/o automatizar el movimiento del dispositivo al interior del paciente. En algunas realizaciones, un motor ubicado dentro de la unidad de motor 4000 mueve los brazos de dispositivo al interior  
40 y/o al exterior de un paciente.

En algunas realizaciones, por ejemplo, de tal modo que la rotación de una articulación también da lugar a la rotación de las articulaciones distales con respecto a la articulación rotada, más de un mecanismo de accionamiento se acciona en la rotación de la articulación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para la rotación de la articulación de hombro, los engranajes 4002a, 4006a, 4002b, 4006b, 4002b, 4006b se rotan en el mismo sentido. Por ejemplo, en algunas  
45 realizaciones, para la rotación de la articulación de codo, los engranajes 4002b, 4006b, 4002b, 4006b se rotan en el mismo sentido. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para la rotación del efector de extremo, los engranajes 4002b, 4006b se rotan en el mismo sentido. En algunas realizaciones, una rotación simultánea de porciones anidadas con porciones externas evita imponer un esfuerzo sobre y/o un enredo de elementos alargados internos (por ejemplo, un elemento o elementos alargados que se usan para efectuar la flexión/extensión, por ejemplo, un elemento o elementos  
50 alargados que proporcionan un suministro de alimentación).

En algunas realizaciones, uno o más mecanismos de accionamiento se usan para flexionar/extender una articulación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para doblar una articulación de hombro, se mueven unos elementos alargados para el doblado tanto de la articulación de hombro como de la articulación de codo. En algunas realizaciones, si no se mueven y/o liberan los elementos alargados para el codo, la tensión en los elementos alargados asociados con la  
55 articulación de codo resiste el movimiento de la articulación de hombro. Por ejemplo, el doblado de la articulación de hombro se efectúa mediante la rotación de los engranajes en el primer mecanismo de accionamiento 4001a y el segundo mecanismo de accionamiento 4001b se rotan.

En algunas realizaciones, la unidad de motor incluye uno o más sensores de posición, y/o se controla mediante un

procesador que incluye una memoria que almacena órdenes. En algunas realizaciones, los datos a partir del sensor o sensores de posición y/o a partir de la memoria de control se usan para inferir una posición de una porción o porciones de dispositivo.

5 En algunas realizaciones, una unidad de motor es pequeña, por ejemplo, con una longitud de eje largo de 100 - 600 mm, o de 200 - 400 mm, o de aproximadamente 300 mm y una amplitud máxima de aproximadamente 20 - 100 mm, o de 30 - 80 mm, o de 60 mm perpendicular al eje largo de unidad de motor.

10 En algunas realizaciones, la unidad de motor 4002 incluye una estructura (por ejemplo, incluyendo un contacto o contactos eléctricos), por ejemplo, para la entrega de energía monopolar y/o bipolar al dispositivo (por ejemplo, a un dispositivo de efector de extremo). La figura 41 es una vista lateral simplificada de una porción de una unidad de motor que incluye elementos para el suministro eléctrico a un efector de extremo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

15 En algunas realizaciones, la porción 4130 se acopla a un efector de extremo de tal modo que, cuando se rota 4130, esta rota un efector de extremo, por ejemplo, la porción 4120 se acopla a la porción 3316C de la figura 33B. En algunas realizaciones, el engranaje 4132 acciona el efector de extremo, por ejemplo, abriendo y/o cerrando, la rotación del engranaje 4132, las mordazas de un efector de extremo de pinza. En algunas realizaciones, los contactos 4122 y 4124 proporcionan un suministro de electricidad a las porciones de anillo 4126 y 4128, respectivamente. En algunas realizaciones, uno de los contactos 4122, 4124 proporciona un voltaje positivo, y el otro, negativo, proporcionando un suministro de alimentación bipolar. En algunas realizaciones, cada una de las porciones de anillo 4126 y 4128 se conectan eléctricamente (por ejemplo, a través de unos hilos que discurren a través de 4130) a un efector de extremo, 20 en donde una de las porciones de anillo se acopla a un lado de una pinza y la otra al otro lado de una pinza. Por ejemplo, con referencia a la figura 36B, en algunas realizaciones, 3624a y 3624b se acoplan eléctricamente a las porciones de anillo 4126 y 4128.

25 En algunas realizaciones, el suministro de alimentación eléctrica se suministra a través de hilos a la unidad de motor, por ejemplo, con referencia a la figura 40, en algunas realizaciones, los contactos 4020 se conectan a un suministro de alimentación eléctrica.

30 En algunas realizaciones, una unidad de motor acciona más de dos extremidades mecánicas y/o acciona elementos de dispositivo adicionales. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una unidad de motor acciona dos extremidades de dispositivo y una cámara. La figura 10B es una vista lateral esquemática simplificada de parte de una unidad de motor 1050 para el accionamiento de un dispositivo que incluye más de dos brazos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la unidad de motor 1050 incluye un dispositivo o dispositivos de accionamiento para una articulación o articulaciones de una tercera extremidad. Por ejemplo, en la realización ilustrada mediante la figura 10A, una unidad de motor tiene una única unidad de accionamiento para el accionamiento de la articulación 1010. En algunas realizaciones, la unidad de motor incluye una o más porciones curvadas 1052, por ejemplo, a través de las cuales pasan un eje o ejes centrales. En algunas realizaciones, el eje o ejes centrales que 35 pasan a través de la porción curvada 1052 incluye una porción o porciones de transferencia de par (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento).

### Herramientas de mano ilustrativas

40 En algunas realizaciones, uno o más segmentos más distales de extremidad de dispositivo (por ejemplo, un segmento de mano) incluyen una herramienta de mano.

En algunas realizaciones, las herramientas tratan directamente el paciente (por ejemplo, cortar, mover tejido), por ejemplo, ubicando otra porción de las extremidades de dispositivo la herramienta o herramientas en la posición correcta y/o moviendo la herramienta o herramientas.

45 En algunas realizaciones, adicionalmente y/o como alternativa, una herramienta de mano recoge información. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una herramienta de mano es una cámara. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una herramienta de mano incluye uno o más sensores.

50 En una realización ilustrativa, una articulación de muñeca es unida por una articulación de muñeca al extremo distal del segmento de radio. En algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo incluye una o más herramientas acopladas a la extremidad en un punto que no sea el extremo distal de la extremidad, por ejemplo, una articulación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una extremidad incluye una herramienta acoplada a la articulación de codo o cerca de la articulación de codo en el radio y/o húmero, la herramienta, por ejemplo, para sujetar el tejido lejos de las herramientas de mano.

55 En algunas realizaciones, una extremidad no incluye una herramienta de mano y, por ejemplo, el radio (por ejemplo, el extremo distal) empuja o mueve tejido. En algunas realizaciones, una herramienta, por ejemplo, unas tijeras, una pinza, se usa como un instrumento romo, por ejemplo, para empujar tejido.

*Tijeras ilustrativas*

En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo incluye una herramienta de mano de tijeras. Con referencia de nuevo a la figura 3, la herramienta de mano de tijeras 324 incluye una primera porción 325a acoplada a una segunda porción 325b. En algunas realizaciones, una herramienta de mano de tijeras 324 cortada por una superficie plana de la primera porción 325a deslizándose hasta estar muy cerca y/o en contacto con una superficie plana de la segunda porción 325b. Opcionalmente, una o más porciones 325a, 325b incluyen un borde afilado. En algunas realizaciones, la herramienta de mano de tijeras 324 corta tejido. Como alternativa, o adicionalmente, en algunas realizaciones, la herramienta de mano de tijeras 324 se usa para empujar y/o sujetar tejido de paciente, por ejemplo, cuando las tijeras están cerradas. En algunas realizaciones, una o más partes de la herramienta de mano de tijeras 324 se cargan para una electrocirugía, como se describe con más detalle a continuación.

*Pinza ilustrativa*

En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo incluye una herramienta de mano de pinza. En algunas realizaciones, una pinza incluye dos o más porciones opuestas y la pinza se cierra al juntar dos o más porciones opuestas, por ejemplo, para agarrar un objeto (por ejemplo, tejido de paciente). En algunas realizaciones, porciones opuestas se alejan para abrir la pinza. La figura 36A es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de pinza 3624 cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 36B es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de pinza 3624 abierta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un primer lado de pinza 3624a se acopla de manera pivotante a un segundo lado de pinza 3624b. En algunas realizaciones, al pasar de una configuración de pinza abierta a una configuración de pinza cerrada, las superficies opuestas del primer lado de pinza y el segundo lado de pinza se mueven una hacia otra. En algunas realizaciones, como se ilustra en la figura 36A, si no hay objeto alguno entre los lados de pinza 3624a, 3624b, el cierre de la pinza pone en contacto las superficies opuestas 3624c de los lados.

Opcionalmente, en algunas realizaciones, uno o más lados de una pinza incluyen protuberancias, por ejemplo, uno o más bordes serrados y/o uno o más dientes salientes. Potencialmente, las protuberancias proporcionan una sujeción mejorada (por ejemplo, una fuerza de sujeción aumentada) sobre el tejido que el sujetador está sujetando.

En algunas realizaciones, las superficies opuestas de sujetador son lisas y/o planas (por ejemplo, como se ilustra en la figura 36A y la figura 36B). En algunas realizaciones, las superficies opuestas de sujetador son serradas y/o se pueden entrelazar y/o incluyen dientes, potencialmente una presión y/o sujeción creciente, por ejemplo, como se conoce en la técnica de los sujetadores quirúrgicos.

En algunas realizaciones, el tejido de usuario se sujeta entre unas superficies opuestas 3624c. En algunas realizaciones, la herramienta de mano de pinza sujeta tejido entre las superficies opuestas 3624c, siendo un beneficio potencial la capacidad de tirar de, y/o desgarrar, tejido de paciente.

En algunas realizaciones, un mecanismo de giro y/o enroscado abre y cierra los lados de pinza: En algunas realizaciones, una tuerca 3602 se acopla a un primer vástago 3604 y un segundo vástago 3606. El primer vástago 3604 se acopla al primer lado de pinza 3624a y el segundo vástago 3606 se acopla al segundo lado de pinza 3624b. En algunas realizaciones, una tuerca rotatoria 3602, por ejemplo, en un sentido (por ejemplo, en sentido dextrógiro) empuja la tuerca hacia los lados de pinza, aumentando un ángulo entre el primer y el segundo vástagos y abriendo los lados de pinza, como se ilustra en la transición entre la figura 36A y la figura 36B. En algunas realizaciones, la tuerca 3602 se gira al girar un elemento alargado acoplado a la tuerca, en donde el elemento alargado se extiende opcionalmente fuera de la herramienta de mano y/o brazo de dispositivo. En una realización ilustrativa, el elemento alargado es un único elemento (por ejemplo, cable, cinta, hilo) de nitinol. En la presente solicitud se prevén y se incluyen otros métodos de accionamiento (apertura y cierre) de lados de tenaza usando un par.

Un beneficio potencial del uso de par y/o un mecanismo de autobloqueo tal como una tuerca y/o tornillo es que el movimiento del brazo que interacciona con los elementos alargados no afloja el agarre de la pinza.

Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, la apertura y cierre de una herramienta de mano de pinza se controla al tirar de y liberar uno o más elementos alargados, como se conoce en la técnica del control de pinzas. La figura 37 es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de pinza 3724 cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, una herramienta de mano se acopla (por ejemplo, mediante una articulación de muñeca 3628) a una porción de conexión 3624Cou que acopla la herramienta de mano al radio. En algunas realizaciones, la articulación de muñeca es un pivote. Como alternativa, en algunas realizaciones, un brazo de dispositivo no incluye una articulación de muñeca doblable, por ejemplo, la herramienta de mano 3624 se acopla directamente a un segmento de radio.

*Pinza ilustrativa con estructura humanoide*

En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo incluye una pinza con una estructura humanoide (una herramienta de mano de sujetador). En algunas realizaciones, una o más porciones opuestas de una herramienta de mano de pinza están articuladas. En algunas realizaciones, una o más porciones opuestas incluyen el mismo número de segmentos y articulaciones de conexión que un dedo humano. La figura 38 es un diagrama esquemático simplificado de una herramienta de mano de sujetador 3824, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Los beneficios potenciales de una herramienta de mano con una estructura humanoide incluyen un movimiento intuitivo de la herramienta, la capacidad de realizar movimientos quirúrgicos (por ejemplo, sutura) de la misma forma que en una cirugía manual.

*Otras herramientas de mano ilustrativas*

En algunas realizaciones, se usa una herramienta de mano para sujetar y/o empujar tejido de usuario, por ejemplo, para mantener un tejido alejado para el corte, para proporcionar tensión a un tejido que se va a cortar. Opcionalmente, una herramienta de mano para sujetar tejido incluye una porción expansible cuya superficie se puede expandir mediante el despliegue y/o inflado y/o deslizamiento de una o más porciones más allá de otras porciones (por ejemplo, una construcción de tipo abanico).

En algunas realizaciones, una o más herramientas de mano son, por ejemplo, un taladro, un destornillador, una aguja, un bisturí, un dispositivo de succión, un bisturí armónico, otros dispositivos (por ejemplo, dispositivos quirúrgicos) como se conocen en la técnica de los procedimientos endoscópicos.

*Electrocirugía ilustrativa*

Opcionalmente, en algunas realizaciones, una o más herramientas de mano de dispositivo incluyen una o más porciones cargadas para una electrocirugía. En algunas realizaciones, una herramienta de mano de dispositivo incluye una parte monopolarmente cargada para una electrocirugía monopolar. En algunas realizaciones, una parte de una herramienta de mano está cargada negativamente y otra parte de la herramienta de mano está cargada positivamente, para una electrocirugía bipolar.

En una realización ilustrativa, con referencia a la figura 36A y la figura 36B, el primer lado de pinza 3624a está cargado de forma opuesta al segundo lado de pinza 3624b (por ejemplo, el primer lado de pinza 3624a está cargado positivamente, el segundo lado de pinza 3624b está cargado negativamente, o viceversa), para una electrocirugía bipolar.

En una realización ilustrativa, con referencia a la figura 3, la primera porción 325a está cargada de forma opuesta a la segunda porción 325b (por ejemplo, la primera porción 325a está cargada positivamente, la segunda porción 325b está cargada negativamente, o viceversa), para una electrocirugía bipolar.

En algunas realizaciones, por ejemplo, un usuario que controla el movimiento de un dispositivo con movimientos de brazo de usuario activa una carga para una electrocirugía usando una interfaz de usuario adicional (por ejemplo, un pedal).

**Desechabilidad, sustituibilidad, esterilidad ilustrativas**

En algunas realizaciones, una o más porciones del dispositivo que incluye brazos mecánicos (por ejemplo, como se describe en el presente documento) son estériles y/o esterilizables (por ejemplo, las extremidades de dispositivo son estériles). En algunas realizaciones, una o más partes del dispositivo son sustituibles, por ejemplo, en algunas realizaciones, se sustituyen una o más extremidades de dispositivo y/o se sustituyen una o más herramientas, por ejemplo, entre tratamientos.

En algunas realizaciones, un efector de extremo se une mediante tornillos al brazo mecánico y, por ejemplo, se desenrosca para retirarlo del brazo.

En algunas realizaciones, uno o más brazos mecánicos se acoplan por fricción a la unidad de motor, por ejemplo, posibilitando potencialmente la retirada y/o intercambio de los brazos mecánicos.

En algunas realizaciones, los brazos mecánicos incluyen una funda estéril y/o una funda estéril se coloca sobre un brazo mecánico, por ejemplo, antes de que comience el tratamiento con el dispositivo.

### Sistemas de control de dispositivo quirúrgico ilustrativos

5 En algunas realizaciones, un dispositivo quirúrgico se controla (por ejemplo, el movimiento del sistema quirúrgico) usando un dispositivo de entrada. Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, un sistema quirúrgico se controla mediante un movimiento de cuerpo de usuario medido.

La figura 42 es un diagrama de bloques esquemático simplificado de un sistema de control, 4250 de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

10 En algunas realizaciones, el sistema 4250 incluye un dispositivo de entrada 4200ip, en donde el dispositivo de entrada 4200ip incluye uno o más sensores 4210. En algunas realizaciones, uno o más sensores 4210 producen una salida basándose en una posición del dispositivo de entrada (por ejemplo, se describen sensores con más detalle en otra parte del presente documento).

Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 4200ip incluye una o más interfaces de usuario 4212, por ejemplo, uno o más botones y/o una pantalla táctil (por ejemplo, montada en un brazo de dispositivo de entrada).

15 Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, la interfaz o interfaces de usuario se montan en otra porción de un dispositivo de entrada, por ejemplo, en un soporte de dispositivo quirúrgico y/o en otra ubicación, por ejemplo, una cama de paciente.

20 Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 4200ip incluye una memoria y/o procesador interno (no ilustrados), por ejemplo, para procesar y/o almacenar señales producidas por un sensor o sensores 4210 y/o una interfaz o interfaces de usuario.

25 Alternativa o adicionalmente al dispositivo de entrada 4200ip, en algunas realizaciones, el sistema 4250 incluye un aparato de detección de movimiento de usuario 4256. En algunas realizaciones, el aparato 4256 incluye uno o más sensores de detección de movimiento 4758. En una realización ilustrativa, los sensores de detección de movimiento 4758 son una o más cámaras. En algunas realizaciones, uno o más sensores de detección de movimiento 4758 incluyen un procesador interno, para la detección de la posición y/o movimiento de porción de cuerpo de usuario a partir de imágenes recogidas, y los procesadores internos envían posiciones de porción de cuerpo detectadas al procesador 4716. En algunas realizaciones, los sensores 4758 envían datos de imagen sin procesar al procesador 4216.

30 En algunas realizaciones, el sistema 4250 incluye un procesador 4216 que recibe señales a partir del dispositivo de entrada 4200ip (y/o a partir del aparato de detección de movimiento de usuario 4256) y, basándose en señales recibidas, genera una señal o señales de control que controlan uno o más motores de dispositivo quirúrgico 4214.

En algunas realizaciones (por ejemplo, como se describe en la sección posterior "Filtrado ilustrativo"), se filtran las señales recibidas por el procesador del dispositivo de entrada, por ejemplo, en la generación de las señales de control.

35 Opcionalmente, en algunas realizaciones, el procesador 4216 se comunica con un visualizador 4254. Por ejemplo, en una realización ilustrativa, un visualizador visualiza una representación gráfica del dispositivo de entrada y/o dispositivo quirúrgico, por ejemplo, basándose en señales recibidas a partir del dispositivo de entrada 4200ip y/o los motores de dispositivo quirúrgico 4214.

### *Método ilustrativo de control*

40 En algunas realizaciones, el movimiento y orientación de las manos de dispositivo se controla mediante el movimiento de las manos de usuario y/o el movimiento de un dispositivo de entrada y el movimiento de otras porciones del dispositivo, es controlado mediante robótica, por ejemplo, controlado por cinemática inversa, como se conoce en la técnica, en donde la cinemática inversa se refiere al cálculo de ángulos de articulación de segmentos de cuerpo, dado el movimiento de algunos segmentos de cuerpo en el espacio tridimensional.

45 En algunas realizaciones, el movimiento y/o posición de una o más articulaciones del dispositivo se controla mediante robótica, por ejemplo, cinemática inversa, opcionalmente con restricciones de movimiento.

50 En algunas realizaciones, el movimiento de una o más articulaciones (y/o segmentos) se controla mediante un movimiento correlacionado medido de la articulación de usuario correspondiente y/o un movimiento medido de una articulación de dispositivo de entrada correspondiente, en donde otras una o más articulaciones se controlan automáticamente, por ejemplo, mediante robótica. Un beneficio potencial de que un usuario controle una o más articulaciones es que el usuario controla una trayectoria del dispositivo, por ejemplo, evitando obstáculos (por ejemplo, evitando daños a un obstáculo, por ejemplo, un órgano).

- En algunas realizaciones, el movimiento de un efector de extremo de brazo de dispositivo (por ejemplo, herramienta de mano) se controla mediante un movimiento correlacionado medido de una porción de cuerpo de usuario correspondiente y/o el movimiento correlacionado medido de una porción de dispositivo de entrada correspondiente (por ejemplo, la articulación de muñeca y/o la posición de la mano y/o el extremo distal del radio del usuario) y el movimiento de otras una o más articulaciones se controla automáticamente, por ejemplo, mediante robótica.
- En algunas realizaciones, un usuario dirige (por ejemplo, asistido por imágenes visualizadas) el dispositivo por la trayectoria deseada (por ejemplo, dentro de un cuerpo), por ejemplo, alrededor de obstáculos. Debido a que la trayectoria y/o el movimiento de las articulaciones son especificados por el usuario, en algunas realizaciones, el movimiento del dispositivo es menos eficiente (por ejemplo, menos rápido, una longitud de trayectoria mayor) que el de un dispositivo controlado mediante robótica en donde, por ejemplo, el movimiento a la posición de un efector de extremo en una posición deseada se calcula y/o se optimiza automáticamente.
- En algunas realizaciones, el control de uno o más brazos de dispositivo es semirrobótico, en donde un movimiento medido de la porción o porciones de cuerpo de usuario y/o un movimiento medido de un dispositivo de entrada se usa como un punto de partida para cálculos robóticos en donde se calcula la posición y/o el movimiento del dispositivo (por ejemplo, usando cinemática inversa). En algunas realizaciones, al correlacionar el movimiento de cuerpo de usuario medido, la posición de una o más porciones de dispositivo está dentro de un 30 % o dentro de un 20 % o dentro de un 10 % de la posición de cuerpo de usuario.
- La figura 43 es un diagrama de flujo de un método de control de un brazo de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.
- En 4302, opcionalmente, se inicializa (por ejemplo, se pone en coincidencia) una posición de brazos de usuario y/o un dispositivo quirúrgico y/o brazos de dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, en 4302, se inicializan una posición de brazo de dispositivo quirúrgico (por ejemplo, ángulos entre ejes largos de segmento) y una posición de brazo de usuario.
- En 4304, se mide el movimiento de articulación de usuario y/o el movimiento de dispositivo de entrada.
- En algunas realizaciones, una vez que un brazo de dispositivo y un brazo de usuario (y/o brazo de dispositivo de entrada) están aproximadamente (por ejemplo, en algunas realizaciones, solo se requiere una coincidencia una vez que una discrepancia entre posiciones de brazos de usuario - dispositivo está por encima de una tolerancia) en las mismas posiciones, en 4304, se mide la posición de al menos un brazo de usuario.
- En 4306, se procesa el movimiento medido. En algunas realizaciones, el procesamiento incluye una correlación del movimiento de objeto de entrada medido con respecto al movimiento de articulación de dispositivo quirúrgico, por ejemplo, en donde se usa un movimiento de cuerpo de usuario para controlar el dispositivo, por ejemplo, usando una correlación de la anatomía de usuario con respecto a la anatomía de articulación.
- En algunas realizaciones, la correlación del movimiento de dispositivo de entrada con respecto al movimiento de dispositivo quirúrgico incluye la correlación de los ángulos entre segmentos de dispositivo de entrada eficaces con respecto a los ángulos entre segmentos de dispositivo quirúrgico eficaces. Previamente se han descrito diferentes descripciones de segmentos de dispositivo quirúrgico eficaces, en diferentes realizaciones, cada método descrito en el presente documento para determinar y/o medir segmentos de dispositivo quirúrgico eficaces se usa en la correlación del movimiento de dispositivo de entrada con respecto al movimiento de dispositivo quirúrgico.
- En algunas realizaciones, los puntos medios correlacionados de porciones de dispositivo de objeto de entrada (por ejemplo, un punto o puntos medios de una articulación o articulaciones) se usan para controlar un dispositivo quirúrgico (por ejemplo, al correlacionar el movimiento de los puntos medios de articulación de dispositivo de objeto de entrada con respecto a los puntos medios de articulación de dispositivo quirúrgico).
- En algunas realizaciones, la correlación incluye la corrección de discrepancias entre la estructura de objeto de entrada y la estructura de dispositivo quirúrgico.
- Opcionalmente, en algunas realizaciones, el procesamiento incluye el filtrado del movimiento medido (por ejemplo, para eliminar los movimientos no permitidos). En algunas realizaciones, el procesamiento incluye un procesamiento de acuerdo con un modo de control, por ejemplo modos de control como se describe con respecto a la figura 63A (por ejemplo, la introducción de un retardo de tiempo en un modo de temporización).
- En 4308, se mueven uno o más brazos de dispositivo quirúrgico de acuerdo con el movimiento de dispositivo deseado procesado.

#### **Sistema quirúrgico ilustrativo que incluye un dispositivo de entrada**

En algunas realizaciones, un sistema quirúrgico incluye un dispositivo quirúrgico que es controlable por el movimiento de un dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico se inserta en un paciente (por ejemplo,



durante una cirugía laparoscópica).

La figura 44A es una fotografía de un usuario 4464 que controla un dispositivo quirúrgico 4400 usando un dispositivo de entrada 4400ip, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

5 En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye un primer brazo de dispositivo de entrada 4404ip y un segundo brazo de dispositivo de entrada 4406ip. En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye menos o más de dos brazos, por ejemplo, un brazo, tres brazos, 2 - 6 brazos.

10 En algunas realizaciones, cada brazo de dispositivo de entrada controla el movimiento de un brazo de dispositivo quirúrgico correspondiente, por ejemplo, controlando el primer brazo de dispositivo de entrada 4404ip un primer brazo de dispositivo quirúrgico 4404ip, y controlando el segundo brazo de dispositivo de entrada 4406ip un segundo brazo de dispositivo quirúrgico 4406.

En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo de entrada se usa para controlar otra porción de un dispositivo quirúrgico, por ejemplo, un generador de imágenes insertado con el dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, se usa más de un brazo para controlar una única porción (por ejemplo, brazo) de un dispositivo quirúrgico.

15 En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico incluye un primer brazo quirúrgico 4404 y un segundo brazo quirúrgico 4406. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada incluye un primer brazo de dispositivo de entrada y un segundo brazo de dispositivo de entrada, en donde, por ejemplo, el movimiento del primer brazo de dispositivo de entrada 4404ip controla el movimiento del primer brazo quirúrgico y/o el movimiento del segundo brazo de dispositivo de entrada controla el movimiento del segundo brazo quirúrgico 4406ip.

20 En algunas realizaciones, un usuario mueve un dispositivo de entrada manualmente, por ejemplo, al agarrar y/o guiar una porción del dispositivo de entrada con una mano de usuario. En algunas realizaciones, un usuario guía más de una porción de un brazo de dispositivo de entrada con la mano y/o brazo del usuario. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 44, el usuario 4464 controla un radio de brazo de dispositivo de entrada al agarrar y/o guiar el radio de dispositivo de entrada 4424ip con la mano 4464h del usuario al tiempo que se guía el húmero de dispositivo de entrada 4416ip con la muñeca y/o brazo 4464w del usuario.

25 En una realización ilustrativa, un usuario agarra una porción de un brazo de dispositivo de entrada en cada mano. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 44, un usuario mueve cada brazo de dispositivo de entrada 4404ip, 4406ip, al agarrar y/o guiar los radios de dispositivo de entrada.

La figura 44B es una fotografía de un usuario 4464 que controla un dispositivo quirúrgico 4400 usando un dispositivo de entrada 4400ip, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

30 La figura 44B ilustra un ejemplo donde la anatomía de cerdo 4461 se introdujo en un modelo anatómico 4460, entonces un usuario realiza una histerectomía usando un enfoque transvaginal, con el dispositivo quirúrgico 4400 moviendo porciones del dispositivo de entrada 4400ip. La figura 44B ilustra el uso de un dispositivo de entrada humanoide donde el dispositivo quirúrgico se inserta en una dirección no laparoscópica mientras el cirujano 4464 está en una posición laparoscópica.

35 En algunas realizaciones, como se ha descrito previamente, un sistema quirúrgico usa un movimiento de cuerpo de usuario medido para controlar un dispositivo quirúrgico.

40 La figura 45 es un diagrama esquemático simplificado que ilustra el uso de un sistema quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el movimiento de un dispositivo 4500 que se ha insertado en un paciente 4560 (por ejemplo, a través de una incisión 4562) se controla al imitar un movimiento del usuario 4564.

Por ejemplo, como se ha descrito previamente con respecto a la figura 42, en algunas realizaciones, un sistema incluye un aparato de detección de movimiento. En una realización ilustrativa, uno o más sensores se montan en un visualizador (en donde la funcionalidad ilustrativa de los visualizadores se describe, por ejemplo, en otra parte del presente documento).

45 La figura 46 es una vista lateral esquemática simplificada de un visualizador 4654 que incluye sensores 4658 de detección de movimiento, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, los sensores 4658 incluyen cámaras. La figura 46 ilustra una realización ilustrativa, donde el visualizador 4654 visualiza una representación del dispositivo quirúrgico y/o las imágenes del dispositivo quirúrgico.

#### *Situación ilustrativa de partes de un sistema quirúrgico*

50 La figura 47A y la figura 47B son diagramas esquemáticos simplificados de un sistema quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el paciente 4760 que está siendo tratado (por ejemplo, siendo sometido a una cirugía) es soportado, al menos parcialmente, por una superficie de soporte de paciente 4780 (por ejemplo, una mesa quirúrgica y/o una cama de paciente, la expresión superficie de soporte de paciente también se denomina en el presente documento, de manera intercambiable, "cama"). En algunas realizaciones, un dispositivo

quirúrgico 4700, que se monta opcionalmente en la cama 4780, se usa para tratar (por ejemplo, realizar una cirugía sobre) el paciente 4760. En algunas realizaciones, al menos una porción del dispositivo quirúrgico 4700 se inserta en el paciente 4760, por ejemplo, a través de un orificio natural (por ejemplo, la vagina) y/o a través de una incisión.

5 En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada 4700ip se sitúa en las proximidades del paciente, por ejemplo, montado en una cama de paciente y/o a no más de 1 m, o 50 cm o 20 cm del paciente. En algunas realizaciones, la capacidad de ubicar a un usuario (por ejemplo, cirujano) en las proximidades del paciente posibilita al usuario estar dentro del campo estéril y/o reduce potencialmente el tiempo de respuesta del usuario en una situación de emergencia, por ejemplo, posibilitando potencialmente la comunicación del cirujano con el paciente y/u otros miembros de un equipo médico.

10 En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 4700ip se une a una cama de paciente y/o al suelo (por ejemplo, el soporte 5101 ip, la figura 51, se acopla a una cama de paciente y/o suelo).

En algunas realizaciones, por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 47A, el dispositivo de entrada 4700ip se sitúa de tal modo que el cirujano se sitúa en una posición quirúrgica laparoscópica tradicional, por ejemplo, cerca del torso de un paciente.

15 En algunas realizaciones, por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 47B, el dispositivo de entrada 4700ip se sitúa entre las piernas de un paciente (por ejemplo, el dispositivo de entrada 4700ip está dimensionado y/o conformado de tal modo este que encaja entre las piernas (por ejemplo, al menos parcialmente separadas) del paciente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la planta quirúrgica de dispositivo de entrada (por ejemplo, el espacio de suelo ocupado por un dispositivo de entrada) es de 1 cm<sup>2</sup> - 1 m<sup>2</sup> o de 10 cm<sup>2</sup> - 50 cm<sup>2</sup> o de 20 cm<sup>2</sup> - 50 cm<sup>2</sup>, o intervalos o áreas inferiores, o superiores, o intermedios.

20 Por ejemplo, en una realización ilustrativa, (por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 47B) las piernas del paciente 4760 están separadas, por ejemplo, en donde las piernas están sostenidas por estribos (no ilustrados) unidos a la cama 4780. El dispositivo quirúrgico 4700 se inserta, por ejemplo, en el paciente 4760 vaginalmente y el dispositivo de entrada 4700ip y/o el cirujano 4764 se ubican entre las piernas del paciente.

25 En algunas realizaciones, un sistema quirúrgico incluye un visualizador 4764 (por ejemplo, como se describe con referencia al visualizador 854, la figura 8). En algunas realizaciones, el visualizador 4764 se sitúa y/o se inclina para replicar una posición de un visualizador en un procedimiento laparoscópico, por ejemplo, como se ilustra en la figura 47A. En algunas realizaciones, un cuerpo de paciente forma una visualización en donde, por ejemplo, sobre el cuerpo del paciente se proyectan una imagen o imágenes (por ejemplo, a partir de una cámara o cámaras insertadas en el paciente y/o recogidas por un generador de imágenes, por ejemplo, IRM, TC, ultrasonidos, etc.).

30 En algunas realizaciones, el visualizador 4764 se sitúa y/o se inclina para replicar una vista del tratamiento de un cirujano de cirugía abierta, a pesar de que el tratamiento es un procedimiento laparoscópico, por ejemplo, como se ilustra en la figura 47B.

35 Con referencia a continuación a la figura 45, en algunas realizaciones, un dispositivo se controla, adicionalmente o como alternativa, por un movimiento de cuerpo medido de un usuario. En algunas realizaciones, para que un usuario controle un movimiento de dispositivo con un movimiento de cuerpo medido, el usuario está en un área permitida, por ejemplo, un campo de visión designado de una cámara o cámaras que detectan un movimiento de cuerpo de usuario. En algunas realizaciones, un sistema incluye una indicación con respecto al área permitida (por ejemplo, marcas en el suelo, una silla marcada y/o designada). En algunas realizaciones, un área permitida es ajustable por el usuario (por ejemplo, el usuario, en algunas realizaciones, mueve un equipo de detección de movimiento a una ubicación deseada).

#### **Control ilustrativo usando un dispositivo de entrada**

45 En algunas realizaciones, un usuario controla el dispositivo al mover un objeto (denominado en el presente documento "objeto de entrada" o "avatar").

50 En algunas realizaciones, la posición y/o movimiento de una o más porciones del dispositivo dentro del paciente es controlada al mover el usuario un avatar de una o más porciones del dispositivo. En algunas realizaciones, el avatar es un modelo, opcionalmente en miniatura o agrandado, de una o más porciones del dispositivo. Opcionalmente, el avatar incluye uno o más sensores que, en algunas realizaciones, miden la posición y/o movimiento del avatar. En algunas realizaciones, el movimiento del avatar se mide usando una tecnología de captura de movimiento. En algunas realizaciones, el avatar incluye marcadores y/o se reviste, al menos parcialmente, en material reflectante, por ejemplo, para ayudar a la captura de movimiento. En algunas realizaciones, el avatar es parte de una consola de control fija.

En algunas realizaciones, el avatar es manual y/o se puede fijar a una mesa y/o escritorio.

*Correlación ilustrativa del movimiento de dispositivo de entrada con el movimiento de dispositivo quirúrgico*

La figura 48A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada 4804ip, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 48B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico 4804, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el brazo de dispositivo de entrada 4804ip controla el brazo de dispositivo quirúrgico 4804.

En algunas realizaciones, una estructura de dispositivo de entrada tiene una o más relaciones y/o dimensiones que son sustancialmente iguales que (lo que también se denomina en el presente documento "coincidir con") una relación y/o dimensión (opcionalmente ajustada a escala) de un dispositivo quirúrgico y, opcionalmente, otras una o más dimensiones y/o relaciones que no coinciden con las de un dispositivo quirúrgico.

Por ejemplo, en una realización ilustrativa, una relación de longitud entre dos longitudes de segmento eficaces de un dispositivo de entrada y un dispositivo quirúrgico son sustancialmente iguales, por ejemplo, con un 0 - 5 %, o un 0 - 1 %, o un 0 - 0,5 %, o intervalos o valores inferiores o superiores o intermedios de una diferencia entre las relaciones. En donde una longitud de segmento eficaz es la longitud de un eje largo central del segmento entre intersecciones de ejes largos de otros segmentos y/o entre una intersección de eje y una terminación del segmento.

Por ejemplo, con referencia a la figura 48A: Una longitud eficaz del húmero 4812ip de un brazo de dispositivo de entrada 4800ip es la longitud Hip, medida entre intersecciones del eje largo de húmero 4813ip con el soporte (por ejemplo, el eje largo de soporte 4803ip) y el eje largo de radio 4817ip. Una longitud eficaz del radio 4816ip de un brazo de dispositivo de entrada 4800ip es la longitud Rip, medida entre la intersección del eje largo de radio 4817ip y la terminación del radio de dispositivo de entrada 4816ip.

Potencialmente, una longitud de radio de dispositivo de entrada eficaz correspondiente a una longitud de radio de dispositivo quirúrgico eficaz que no incluye una longitud de un efector de extremo significa que se mantiene la precisión del control para dispositivos quirúrgicos con diferentes efectores de extremo (por ejemplo, efectores de extremo de diferentes tamaños).

En algunas realizaciones, una o más relaciones de longitud de segmento coincidentes entre un dispositivo de entrada y un dispositivo quirúrgico posibilitan un control intuitivo del dispositivo quirúrgico con el dispositivo de entrada, por ejemplo, a pesar de las diferencias estructurales entre los dispositivos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo quirúrgico (por ejemplo, como se describe en otra parte del presente documento) incluye porciones de conexión largas, mientras que, en algunas realizaciones (por ejemplo, como se ilustra en la figura 44 y/o la figura 48A y/o la figura 49A), las articulaciones de brazo de dispositivo de entrada incluyen pivotes.

En algunas realizaciones, las relaciones de longitud de segmento eficaz entre el dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico coinciden, pero las relaciones de longitud de segmento real no coinciden. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo quirúrgico incluye unas porciones de conexión largas (por ejemplo, como se describe en la sección del presente documento titulada "Articulaciones largas ilustrativas"), y un dispositivo de entrada capaz de controlar el dispositivo quirúrgico incluye porciones de conexión cortas, por ejemplo, conexiones de pivote (por ejemplo, como se ilustra en la figura 48A). Potencialmente, siendo una ventaja la facilidad de control del dispositivo de entrada (por ejemplo, los segmentos de dispositivo de entrada rotan libremente alrededor de pivotes, por ejemplo, los segmentos de dispositivo de entrada no se mueven con grados de libertad no deseados con respecto a articulaciones largas) y/o un dispositivo quirúrgico que tiene una forma no angular (por ejemplo, es menos probable que dañe tejido de paciente).

En una realización ilustrativa, un espesor de uno o más segmentos de dispositivo de entrada (por ejemplo, el diámetro de segmentos cilíndricos y/o la dimensión en sección transversal de segmento más grande) es diferente (por ejemplo, más grande) que los de un dispositivo quirúrgico. Un espesor de segmento de dispositivo de entrada aumentado proporciona, potencialmente, espacio para sensores y/o dispositivos de bloqueo (por ejemplo, como se describe con respecto a la figura 54A, las figuras 55A-B, la figura 56, en otra parte del presente documento) y/o proporciona un dispositivo de entrada con dimensiones que hacen cómodo y/o fácil que un usuario maniobre.

En una realización ilustrativa, el espesor de segmento de dispositivo de entrada es de 20 - 26 cm, o de 13 - 18 cm, o de 13 - 26 cm, o intervalos o espesores inferiores, superiores o intermedios.

En una realización ilustrativa, el espesor de segmento de dispositivo quirúrgico es de 6 - 8 cm, o de 4 - 8 cm, o de 4 - 6 cm o menos, o intervalos o espesores superiores o intermedios.

En una realización ilustrativa, una relación entre el espesor de segmento de dispositivo quirúrgico y el espesor de segmento de dispositivo de entrada es de 1 : 0,5, a 1 : 3, o intervalos o relaciones inferiores, superiores o intermedios.

En una realización ilustrativa, una relación entre la longitud de segmento de dispositivo quirúrgico y la longitud de segmento de dispositivo de entrada es de 1 : 0,5, a 1 : 3, o intervalos o relaciones inferiores, superiores o intermedios.

*Control ilustrativo de ángulos entre segmentos de dispositivo quirúrgico*

En algunas realizaciones, un ángulo y/o cambio de ángulo medido entre ejes largos de dos segmentos de dispositivo de entrada, se usa para controlar y/o cambiar un ángulo entre ejes largos correspondientes de dos segmentos de dispositivo quirúrgico.

- 5 En algunas realizaciones, la medición es de un ángulo físico (por ejemplo, un ángulo  $\alpha$ ) entre ejes largos de dos segmentos de dispositivo. En algunas realizaciones, la medición es de un cambio de ángulo entre ejes largos de dos segmentos de dispositivo.

10 Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo  $\alpha'$  entre un eje largo 4813 de un húmero de dispositivo quirúrgico 4812 y un eje largo 4803 de un soporte de dispositivo quirúrgico 4802 se controla mediante un ángulo  $\alpha$  entre un eje largo 4813ip de un húmero de dispositivo de entrada 4812ip y un eje largo 4803ip de un soporte de dispositivo de entrada 4802ip.

15 Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo  $\beta'$  entre un eje largo 4817 de un radio de dispositivo quirúrgico 4816 y un eje largo 4813 de un húmero de dispositivo quirúrgico 4812 se controla mediante un ángulo  $\beta$  entre un eje largo 4817ip de un radio de dispositivo de entrada 4816ip y un eje largo 4813ip de un húmero de dispositivo de entrada 4812ip.

En una realización ilustrativa, un dispositivo quirúrgico se controla usando una correlación uno a uno de un ángulo entre segmentos de dispositivo de entrada adyacentes y segmentos de dispositivo quirúrgico adyacentes correspondientes.

20 *Control ilustrativo de rotación de segmentos de dispositivo quirúrgico*

La figura 48C es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada 4804ip, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, la rotación de un segmento de dispositivo de entrada alrededor de un eje largo del segmento se usa para controlar la rotación de un segmento de dispositivo quirúrgico correspondiente.

- 25 En algunas realizaciones, la medición es de un ángulo de rotación físico. En algunas realizaciones, la medición es de un cambio de ángulo de rotación.

*Estructura de dispositivo de entrada ilustrativa*

30 La figura 49A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo de entrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, uno o más segmentos de brazo de dispositivo de entrada (por ejemplo, segmentos) en donde segmentos adyacentes se conectan mediante secciones de conexión (por ejemplo, articulaciones). En algunas realizaciones, por ejemplo, a diferencia de algunas realizaciones del dispositivo quirúrgico, una o más secciones de conexión de brazo son una articulación de pivote.

- 35 En algunas realizaciones, uno o más brazos de dispositivo de entrada (por ejemplo, el brazo 4904ip y/o el brazo 4906ip) incluyen un segmento de soporte (por ejemplo, 4902ip, 4902aip) acoplado a un primer segmento (por ejemplo, 4912ip, 4914ip) por una primera sección de conexión (por ejemplo, 4908, 4910), en donde el primer segmento (por ejemplo, 4912ip, 4914ip) es acoplado a un segundo segmento (por ejemplo, 4916ip, 4918ip) por una segunda sección de conexión (por ejemplo, 4920ip, 4922ip) y un tercer segmento (por ejemplo, 4924ip, 4926ip) es acoplado al segundo segmento (por ejemplo, 4916ip, 4918ip) por una tercera sección de conexión (por ejemplo, 4928ip, 4930ip).

40 En algunas realizaciones, uno o más de (por ejemplo, todos) los segmentos de dispositivo de entrada son rotatorios alrededor de un eje largo de segmento.

En algunas realizaciones, un ángulo entre ejes largos de segmento adyacente (flexión) es ajustable.

- 45 En algunas realizaciones, uno o más segmentos de soporte 4902ip, 4904ip están conectados a una plataforma de dispositivo de entrada 4960.

50 En algunas realizaciones, un ángulo de un segmento o segmentos de soporte con respecto a la plataforma 4960 son ajustables, en donde el ajuste es, por ejemplo, durante la estructuración del dispositivo (por ejemplo, los brazos son ajustados por un usuario) y/o durante el uso del dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, una o más secciones de soporte de brazo de entrada (por ejemplo, la sección de soporte 4920ip) están conectadas a la plataforma 4960 en un punto ajustable en el orificio 4982. En algunas realizaciones, un ángulo de una o más secciones de soporte de

brazo de entrada se inicializa, por ejemplo, para ser paralelo o perpendicular al suelo. En algunas realizaciones, el ángulo ajustable de una sección o secciones de soporte de brazo de entrada posibilita inicializar la posición de brazo en donde, por ejemplo, la plataforma está inclinada con respecto al suelo.

5 En algunas realizaciones, el ajuste de un ángulo de una sección de soporte de dispositivo de entrada se usa para cambiar un ángulo de un segmento de soporte de dispositivo quirúrgico, por ejemplo, un ángulo de entrada del dispositivo quirúrgico en un paciente (por ejemplo, a través de un puerto). En algunas realizaciones, se usa un método de control diferente para cambiar un ángulo de entrada de una o más porciones de un dispositivo quirúrgico que entra en un paciente (por ejemplo, a través de un puerto y/o un orificio natural). En algunas realizaciones, diferentes porciones de un dispositivo quirúrgico (por ejemplo, diferentes extremidades) se insertan en el paciente a diferentes ángulos. En algunas realizaciones, un segmento de soporte es un elemento alargado, por ejemplo, en donde las porciones de conexión y los segmentos conectados al segmento de soporte de extremidad tienen una longitud máxima de menos de un 50 % de la longitud de la estructura de soporte, o de menos de un 20 % (por ejemplo, en donde una extremidad de dispositivo quirúrgico incluye una estructura similar a una herramienta laparoscópica tradicional).

15 En algunas realizaciones, una separación entre los brazos de dispositivo de entrada 4904ip, 4906ip es ajustable, por ejemplo, mediante una fijación ajustable de uno o más brazos de dispositivo de entrada a la plataforma de dispositivo de entrada 4960. En algunas realizaciones, la posición de uno o más brazos de dispositivo de entrada en una plataforma de dispositivo es ajustable en una, dos o tres dimensiones.

20 En una realización ilustrativa, la plataforma 4960 incluye unos carriles de guía de deslizamiento 4962, y cada brazo está unido a una guía de deslizamiento 4964, 4966 que se aprieta en su posición en los carriles de guía de deslizamiento usando unas tuercas de mariposa 4968.

La figura 49B es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo de entrada que incluye unos mangos 4960, 4961, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, una o más extremidades de dispositivo de entrada incluyen un mango. En algunas realizaciones, cada extremidad de dispositivo de entrada incluye un mango.

25 En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada es pequeño, por ejemplo, reduciendo potencialmente el coste y/o facilitando la situación deseada (cerca de un paciente, por ejemplo, como se describe con respecto a las figuras 47A - B). Por ejemplo, en algunas realizaciones, una extremidad de dispositivo de entrada pequeña tiene una dimensión máxima (por ejemplo, cuando se endereza) de 5 - 100 cm, o de 10 - 50 cm, o de 10 - 30 cm, o intervalos o dimensiones inferiores o superiores o intermedios.

30 En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada se estructura de tal modo que un punto de pivote de sección de conexión no está en una intersección entre segmentos eficaces. Por ejemplo, con referencia a la figura 48A, el punto de pivote 4820piv de una sección de conexión 4820ip no está en una intersección entre los ejes 4813ip y 4817ip. En algunas realizaciones, un punto de pivote (por ejemplo, un punto de pivote) 4820piv se dispone más cerca de un punto central longitudinal, pivotando los segmentos alrededor del punto de pivote (por ejemplo, los segmentos 4av12ip, 4816ip), que la intersección de los ejes de los segmentos (por ejemplo, la intersección entre los ejes 4813ip y 4817ip). Potencialmente, una estructura de dispositivo de entrada en donde los puntos de pivote entre segmentos se disponen más cerca de un punto central longitudinal de los segmentos que rotan alrededor del punto de pivote coincide con la estructura de dispositivo quirúrgico en donde las articulaciones entre segmentos son largas. En algunas realizaciones, los puntos de pivote permiten un doblado de 180° y/o más de 180°.

40 En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye un brazo. En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye dos brazos, o más de dos brazos. En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye un brazo para cada brazo de dispositivo quirúrgico insertado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye un brazo para cada brazo de dispositivo quirúrgico mecánico y un brazo de dispositivo de entrada adicional para el control de una cámara (por ejemplo, la cámara 1078, la figura 10A).

45

#### *Dispositivo de entrada ilustrativo*

50 En algunas realizaciones, el usuario controla el dispositivo usando un controlador de mano. La figura 50A es un esquema simplificado de un controlador 5007, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 50B es un esquema simplificado de un controlador 5070 sujetado por un usuario, de acuerdo con las realizaciones de la invención.

55 En algunas realizaciones el controlador 5070 incluye un estilete 5072 acoplado a un acoplamiento de muñeca 5074. Refiriéndose a la figura 50B, en algunas realizaciones, el estilete 5062 se sujeta entre los dedos de usuario 5064F (por ejemplo, como un bolígrafo). En algunas realizaciones, una porción del acoplamiento de muñeca 5074 descansa en la palma de usuario y una porción del acoplamiento de muñeca se fija a una muñeca de usuario 5064W. En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo imita los movimientos del estilete. En algunas realizaciones, en ángulo entre el estilete y el acoplamiento de muñeca 5074 controla la flexión del codo del brazo de dispositivo. En algunas realizaciones cambiar el ángulo de muñeca controlará la flexión del hombro de dispositivo.

En algunas realizaciones, el controlador incluye una herramienta de mano 5024 (por ejemplo, un sujetador). En algunas realizaciones, la herramienta de mano 5024 se acopla al estilete 5072 por una articulación 5076, por ejemplo, una articulación universal. En algunas realizaciones, un usuario controla la herramienta de mano moviendo la herramienta de mano en la articulación. Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, un usuario controla la herramienta de mano usando uno o más controles de usuario (por ejemplo, un botón) sobre el estilete.

En algunas realizaciones, un usuario controla el movimiento de dispositivo usando, por ejemplo, el control o controles de activación por voz, el movimiento de usuario que no imitado (por ejemplo, piernas, dedos) una palanca de mando, un ratón, un teclado, uno o más controles d pie (por ejemplo, un pedal)

#### Dispositivo de entrada ilustrativo que incluye un mango

En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo de entrada incluye uno o más mangos. En algunas realizaciones, un usuario que mueve el brazo de dispositivo de entrada (por ejemplo, con el fin de controlar el movimiento de una porción correspondiente del dispositivo quirúrgico) agarra un mango.

La figura 51A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada que incluye un mango 5160, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un usuario agarra el mango 5160 con una mano, por ejemplo, en algunas realizaciones, el usuario controla dos brazos de dispositivo de entrada, uno con cada mano.

En una realización ilustrativa, el mango 5160 incluye una forma de pistola con una porción de cañón 5162 y una porción de sujeción 5164 (por ejemplo, el mango 5160 es un mango de herramienta laparoscópica, en algunas realizaciones, se usan otros mangos de herramienta laparoscópica de la técnica para el mango 5160). En donde, por ejemplo, la porción de cañón 5162 tiene un eje largo de cañón 5166 que es paralelo (por ejemplo, colineal) a un eje largo 5117ip de un radio de dispositivo de entrada 5116ip.

En algunas realizaciones, un eje largo 5168 de la porción de sujeción 5164 incluye un componente que es perpendicular al eje largo de porción de cañón 5166, por ejemplo, estando el eje largo de porción de sujeción 5168 a un ángulo  $\theta$  de 45 - 135°, o de 70 - 110° o de aproximadamente 90°, o intervalos inferiores o superiores o intermedios o al eje largo de porción de cañón. En algunas realizaciones, el eje largo de porción de cañón y el eje largo de porción de sujeción son coplanarios.

En algunas realizaciones, la porción de sujeción 5164 se dimensiona y se conforma para ser sujeta cómodamente por una mano de usuario, por ejemplo, con una sección transversal redondeada en donde una dimensión en sección transversal máxima de la sujeción es de 2 - 8 cm.

Un beneficio potencial del mango 5160 es un control de usuario cómodo, al tiempo que se mantiene una relación intuitiva entre la geometría del dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico (por ejemplo, una o más relaciones de longitud de extremidad del dispositivo de entrada son sustancialmente iguales que una relación de entrada del dispositivo quirúrgico). Un beneficio potencial adicional del mango 5160 es la capacidad de hacer que el dispositivo de entrada sea pequeño al tiempo que se mantiene la capacidad de usuario para mover el dispositivo de entrada de una forma deseada (por ejemplo, más pequeño de lo que, para un usuario, es cómodo y/o fácil controlar el movimiento del mismo).

La figura 52A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada que incluye un mango, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 52B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 52A y la figura 52B ilustran un control de un brazo quirúrgico por un dispositivo de entrada, en donde los ángulos de ejes largos de dispositivo de entrada coinciden sustancialmente con ejes largos de segmento del dispositivo quirúrgico.

#### Interfaz o interfaces de usuario ilustrativas

En algunas realizaciones, un sistema incluye una o más interfaces de usuario, por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye una o más interfaces de usuario.

En algunas realizaciones, una o más interfaces de usuario de dispositivo de entrada se montan en un brazo de dispositivo de entrada, por ejemplo, de tal modo que, un usuario que agarra el brazo, usa la interfaz de usuario al tiempo que se mantiene una posición de mano de usuario. Por ejemplo, con referencia de nuevo a la figura 44, el brazo de entrada 4404ip incluye un botón 4462 que, en la figura 44, el usuario 4464 está usando (el dedo del usuario está en una posición para presionar el botón 4462) al tiempo que se sujeta el brazo de dispositivo de entrada 4404ip. En una realización ilustrativa, el botón 4462 se acopla a una palanca cargada por resorte en donde la opresión del botón 4462 hace que rote una porción acoplada. En algunas realizaciones, un sensor de rotación detecta la amplitud de rotación.

Las interfaces de usuario ilustrativas incluyen un botón o botones pulsadores, un botón o botones deslizantes, una rueda o ruedas de desplazamiento, botones sensibles al tacto y/o visualizadores LCD.

5 En algunas realizaciones, una interfaz de usuario montada en un dispositivo de entrada a controla un efector de extremo, por ejemplo, la apertura y/o cierre de un efector de extremo (por ejemplo, la apertura y/o cierre de un efector de extremo con porciones opuestas, por ejemplo, tijeras, sujetador). Por ejemplo, en una realización ilustrativa, una señal a partir del sensor de rotación asociado con el botón 4462 se usa para controlar un efector de extremo correspondiente.

Por ejemplo, con referencia de nuevo a la figura 44, en algunas realizaciones, el botón 4462 controla la apertura y cierre de un efector de extremo de dispositivo quirúrgico 4424.

10 En algunas realizaciones, un usuario oprime el botón 4462 para cambiar la configuración de un efector de extremo 4424 (de abierto a cerrado, o de cerrado a abierto). En algunas realizaciones, una amplitud de opresión del botón 4462 controla una amplitud de apertura del efector de extremo 4424. En donde, por ejemplo, una opresión completa del botón 4462 está relacionada con que el efector de extremo 4424 esté completamente abierto y/o una falta de opresión del botón 4462 está relacionada con que el efector de extremo 4424 esté cerrado, y/o una amplitud de opresión del botón 4462 está relacionada con una amplitud de apertura del efector de extremo 4424. En algunas realizaciones, un botón

Se ilustran botones de interfaz de usuario ilustrativos adicionales en el botón 4862 de las figuras 4avA - B, los botones 4962, 4964 de la figura 49A y los botones 5166, 5164 de la figura 51A.

20 En algunas realizaciones, un botón de interfaz de usuario vuelve a un estado original cuando un usuario deja de aplicar presión al botón (por ejemplo, un botón cargado por resorte). Opcionalmente, un botón que vuelve a un estado original devuelve un efector de extremo de dispositivo quirúrgico a un estado original. Como alternativa, en algunas realizaciones, un botón permanece en posición (por ejemplo, una posición oprimida y/o semi-oprimida) hasta que un usuario libera el botón.

25 En una realización ilustrativa, el movimiento relativo de un botón 5166 se usa para controlar el accionamiento de un efector de extremo. En algunas realizaciones, un usuario presiona sobre el botón 5166, para abrir y cerrar un efector de extremo de brazo de dispositivo quirúrgico correspondiente.

30 En una realización ilustrativa, un botón de desplazamiento 5165 se acopla a una barra en donde un sensor de rotación mide la rotación del botón 5165. En algunas realizaciones, el botón de desplazamiento 5165 se usa para controlar la apertura y/o cierre de un efector de extremo. En algunas realizaciones, uno o más botones (por ejemplo, el botón de desplazamiento 5165) controlan una cámara insertada con el brazo o brazos mecánicos y/o un visualizador de imágenes recogidas.

35 En algunas realizaciones, la rotación de un efector de extremo de dispositivo quirúrgico correspondiente alrededor de un eje largo de efector de extremo y/o alrededor de un eje largo de un segmento al que se acopla el efector de extremo se controla mediante la rotación del mango 5160 alrededor del eje 5166. Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, la rotación de un efector de extremo de dispositivo quirúrgico correspondiente se controla mediante la rotación del botón 5165. En algunas realizaciones, tanto una rotación del mango 5160 alrededor del eje 5166 como el botón 5165 controlan la rotación de un efector de extremo de dispositivo quirúrgico correspondiente, por ejemplo, posibilitando que un usuario evite y/o salga de posiciones de mango incómodas y/o no ergonómicas.

40 No sé si está bien descrito . la rotación del sujetador se puede controlas tanto por la rotación del mango (5160) alrededor del eje 5166, o por rotación del pomo 5165.

Por tanto el cirujano acciona el mango como un mago laparoscópico y si llega a una postura no ergonómica puede usar el pomo 5165 para cambiar la rotación del mango a una posición más cómoda.

45 En algunas realizaciones, un usuario mueve manualmente una o más porciones de un dispositivo de entrada para accionar un efector de extremo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye unas tijeras, y un usuario abre y cierra manualmente las tijeras, por ejemplo, controlando la apertura y el control de unas tijeras de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye una pluralidad de porciones acopladas a un extremo distal de una extremidad de dispositivo de entrada y, por ejemplo, el movimiento (por ejemplo, movimiento manual) de una o más de las porciones controla el movimiento de la porción o porciones correspondientes de un efector de extremo de dispositivo quirúrgico.

50

*Ajuste a escala ilustrativo usando un dispositivo de entrada*

En algunas realizaciones, un brazo o brazos de dispositivo de entrada incluyen una porción o porciones que son del mismo tamaño o más grandes que los brazos de dispositivo quirúrgico. En una realización ilustrativa, una relación de una longitud eficaz de segmento de un dispositivo de entrada con respecto a una longitud eficaz de un segmento de

un dispositivo quirúrgico está entre 5 : 1 y 1 : 1, o entre 3 : 1 y 1 : 1, o intervalos o relaciones inferiores o superiores o intermedios. Potencialmente, un sistema que incluye brazos de dispositivo de entrada más grandes que los brazos quirúrgicos, asiste a un usuario en el control de movimiento fino del dispositivo quirúrgico.

5 En algunas realizaciones, un sistema quirúrgico incluye brazos de dispositivo de entrada de diferentes tamaños y/o brazos de dispositivo quirúrgico de diferentes tamaños. Por ejemplo, en algunas realizaciones, dependiendo de la cirugía (por ejemplo, la dimensión de los movimientos quirúrgicos en una cirugía) y/o la preferencia de usuario, un usuario selecciona un tamaño de brazo de dispositivo de entrada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye brazos de diferentes tamaños, por ejemplo, los brazos controlan unos brazos de dispositivo quirúrgico del mismo tamaño. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario selecciona un brazo o brazos de dispositivo quirúrgico y, entonces, selecciona un tamaño de dispositivo de entrada (por ejemplo, de entre un kit de brazos de dispositivo de entrada de diferentes tamaños). En algunas realizaciones, un usuario cambia el dispositivo de entrada durante un tratamiento (por ejemplo, cirugía), por ejemplo, cambiando un dispositivo de entrada a un dispositivo más grande cuando se requieren movimientos quirúrgicos finos.

15 En algunas realizaciones, un usuario controla manualmente el ajuste a escala de los movimientos de mano de usuario en el dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, un usuario puede generar movimientos más grandes o más pequeños de un extremo distal de un radio de brazo de dispositivo de entrada (por ejemplo, en relación con una posición de un efector de extremo de dispositivo quirúrgico) para el mismo movimiento de mano, al seleccionar una porción del radio para agarrarla: Por ejemplo, el movimiento de la mano de un usuario que agarra un brazo de dispositivo de entrada en y/o cerca del extremo distal del radio de dispositivo de entrada (por ejemplo, como se ilustra en la figura 44), genera un movimiento más pequeño de la porción distal del radio que el mismo movimiento de mano cuando un usuario agarra el radio de dispositivo de entrada más proximalmente (más cerca de la conexión entre el radio y el húmero).

20 En algunas realizaciones, un mango conectado a un segmento que el usuario usa para mover al menos una porción del dispositivo de entrada (por ejemplo, un mango, por ejemplo, como se describe en la sección previa "Dispositivo de entrada ilustrativo que incluye un mango") proporciona un ajuste a escala de los movimientos del usuario. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el mango se extiende distalmente con respecto a un segmento de dispositivo de entrada, lo que significa que unos movimientos de mano de usuario grandes se traducen en unos movimientos más pequeños del extremo proximal del segmento al que está unido el mango.

### 30 *Dispositivo de entrada ilustrativo con ajuste a escala ajustable*

En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye un ajuste a escala ajustable, en donde, por ejemplo, el movimiento de usuario (por ejemplo, el movimiento de mano de usuario) se ajusta a escala en diferentes cantidades

El mango se desliza para cambiar la distancia desde el mango al sujetador

35 La figura 53A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada 5304ip que incluye un mango 5360, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 53B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada 5304ip que incluye un mango extendido 5360, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, se aumenta una separación del mango 5360 con respecto al segmento 5316ip (por ejemplo, de la separación L ilustrada en la figura 53A a la separación L' ilustrada en la figura 53B), lo que significa que los movimientos de usuario del mango se traducen en movimientos más pequeños del segmento 5316ip.

40 En algunas realizaciones, la cantidad posible de separación del mango es continua de un mínimo a un máximo y, por ejemplo, un usuario selecciona la cantidad de separación. Como alternativa, en algunas realizaciones, unas cantidades discretas de separación del mango son proporcionadas por el brazo de dispositivo de entrada 11av094ip.

### 45 *Porciones de conexión de dispositivo de entrada ilustrativas*

Las figuras 54A - B son vistas laterales esquemáticas simplificadas de una porción de un brazo de dispositivo de entrada 5404ip que incluye una conexión 5408ip entre segmentos de dispositivo de entrada 5412ip, 5415ip, en diferentes configuraciones, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

50 Como se describe en otra parte del presente documento (por ejemplo, como se describe con respecto a la figura 48C, la figura 49A), en algunas realizaciones, los segmentos de dispositivo de entrada son rotatorios alrededor de un eje largo de segmento, por ejemplo, la rotación del segundo segmento 5412ip alrededor de un eje largo central de segmento, en una dirección D1, transfiere la porción del brazo de dispositivo de entrada 5404ip ilustrado en la figura 54A a la configuración ilustrada en la figura 54B.

En algunas realizaciones, una o más conexiones entre segmentos de brazo de dispositivo de entrada adyacentes



incluyen una conexión de pivote. En algunas realizaciones, la flexión de segmentos adyacentes entre sí es alrededor de conexiones de pivote. Por ejemplo, el primer segmento 5412ip que rota alrededor de la conexión de pivote 5408ip en una dirección D2 transfiere la porción del brazo de dispositivo de entrada 5404ip ilustrado en la figura 54B a la configuración ilustrada en la figura 54C.

5

*Medición ilustrativa de movimiento de dispositivo de entrada*

En algunas realizaciones, un sensor o sensores montados en y/o dentro del dispositivo de entrada miden el movimiento de dispositivo de entrada, y este movimiento medido se usa para controlar el movimiento del dispositivo quirúrgico.

10

En algunas realizaciones, una o más porciones de un dispositivo de entrada incluyen un sensor. En algunas realizaciones, uno o más segmentos de dispositivo de entrada incluyen un sensor que mide la rotación del segmento. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada incluye uno o más sensores que detectan una amplitud de flexión de una o más articulaciones de dispositivo de entrada.

15

Con referencia de nuevo a la figura 54A, en algunas realizaciones, los sensores de movimiento se montan en porciones de conexión de dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, uno o más sensores detectan la rotación del primer segmento 5412ip alrededor del eje de pivote 5470, produciendo un sensor o sensores, por ejemplo, una señal correspondiente a la flexión del primer segmento 5412ip con respecto al segmento 5404ip. En algunas realizaciones, uno o más sensores detectan la rotación del segundo segmento 5412ip alrededor de un eje largo de segmento (no ilustrado en la figura 54A).

20

De acuerdo con la invención, una porción de conexión incluye dos soportes, un soporte conectado y que se flexiona con cada segmento, los soportes conectados entre sí en un punto de pivote alrededor.

La porción de conexión 5408ip incluye un soporte externo 5472 acoplado al primer segmento 5412ip, que pivota alrededor de un soporte interno 5474. El segundo segmento 5412ip se acopla al soporte interno 5474 y es rotatorio dentro del soporte interno 5474.

25

En una realización ilustrativa, el segmento 5404ip se acopla a un engranaje de eje 5476 en donde el engranaje de eje 5476 rota con el segmento 5416ip, dentro del soporte interno 5474, por ejemplo, deslizándose el engranaje de eje 5476 dentro del soporte interno 5474 cuando el segmento 10av16ip rota. El soporte externo 5472 incluye un primer y un segundo engranajes 5478, 5479. En algunas realizaciones, el primer y el segundo engranajes 5478, 5479 rotan con la flexión del segundo segmento 5412ip con respecto al primer segmento 5412ip.

30

En algunas realizaciones, el engranaje de eje 5476 interacciona con el primer y el segundo engranajes 5478, 5479, dando lugar a la rotación del engranaje de eje 5476 alrededor del eje largo del segmento 5404ip a que el primer engranaje 5478 y el segundo engranaje 5479 roten en sentidos de rotación diferentes alrededor del eje 5470. En algunas realizaciones, la flexión de los segmentos 5412ip, 5414ip uno con respecto al otro hace que el primer y el segundo engranajes 5478, 5479 roten en el mismo sentido de rotación alrededor del eje 5470.

35

En algunas realizaciones, la porción de conexión 5408ip incluye dos sensores. Por ejemplo, en una realización ilustrativa, un primer sensor 5482 conectado a (por ejemplo, montado sobre y/o dentro de) el soporte externo 5472 detecta la rotación (por ejemplo, la dirección y/o cantidad de rotación) del primer engranaje 5478 y un segundo sensor 5484 detecta la rotación del segundo engranaje 5479. En algunas realizaciones, dos sensores, detectando cada sensor la rotación de uno del primer y el segundo engranajes 5478, 5479, proporciona una información suficiente para medir ambas flexiones de los segmentos entre sí 5412ip, 5416ip, en donde ambos engranajes 10av78, 5479 rotan en el mismo sentido y rotación del segundo segmento 5474 alrededor de un eje largo de segmento en donde los engranajes 10av78, 5479 rotan en sentidos diferentes.

40

Como alternativa, en algunas realizaciones, cada segmento de brazo de dispositivo de entrada incluye al menos un sensor que detecta la rotación del segmento y un sensor o sensores adicionales detectan la flexión entre segmentos.

45

En una realización ilustrativa, los sensores 5482, 5484 son codificadores diferenciales magnéticos (por ejemplo, un codificador o codificadores de rotor), en donde, por ejemplo, un sensor detecta una posición de un imán montado en el engranaje. Se prevén y están abarcados por la invención otros sensores de movimiento, por ejemplo, codificadores ópticos.

50

En algunas realizaciones, cada conexión entre cada par de segmentos adyacentes del dispositivo de entrada incluye una porción de conexión como se describe con respecto a la figura 54A. En algunas realizaciones, las salidas de sensor a partir de más de una porción de conexión se usan para determinar la flexión y/o rotación en un segmento o segmentos, por ejemplo, en la circunstancia en la que los segmentos se flexionan y rotan simultáneamente.

Con referencia de nuevo a la figura 51, en algunas realizaciones, los sensores de posición incluyen unos conectores eléctricos 5164. En donde los conectores 5164, por ejemplo, transmiten una señal o señales desde sensores de posición (por ejemplo, de forma inalámbrica, y/o los conectores se conectan usando hilos y/o cables).

*Mecanismo o mecanismos de bloqueo de dispositivo de entrada ilustrativos*

En algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye uno o más mecanismos de bloqueo. En algunas realizaciones, un usuario bloquea una o más porciones de un dispositivo de entrada.

5 Por ejemplo, en algunas realizaciones, durante un procedimiento, un usuario desea que una o más porciones de dispositivo quirúrgico permanezcan estacionarias mientras se mueven otro segmento o segmentos, el usuario bloquea la porción o porciones de dispositivo de entrada correspondientes en su posición y, entonces, continúa moviendo otras porciones del dispositivo quirúrgico, usando el dispositivo de entrada.

10 Por ejemplo, en algunas realizaciones, tras una alerta de seguridad, un usuario bloquea manualmente y/o un sistema bloquea automáticamente una o más porciones del dispositivo de entrada, por ejemplo, evitando un movimiento adicional del dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, el bloqueo es en una última posición. En algunas realizaciones, el bloqueo es en una posición de autorregreso (por ejemplo, el dispositivo de entrada se mueve a una posición de autorregreso y, entonces, se bloquea en esa posición).

15 Por ejemplo, en algunas realizaciones, cuando un usuario suelta y/o afloja el agarre y/o se toma un descanso con respecto a controlar el dispositivo de entrada, una o más porciones del dispositivo de entrada se bloquean manual y/o automáticamente en su posición. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye uno o más sensores que detectan una cantidad (por ejemplo, un área de contacto y/o una fuerza y/o presión de contacto) de contacto de usuario con el dispositivo de entrada (por ejemplo, un sensor de presión). En algunas realizaciones, tras la detección (por ejemplo, mediante una comparación de una señal o señales de sensor con un umbral, en donde el  
20 umbral se almacena, por ejemplo, en una memoria) de una pérdida de contacto y/o un contacto insuficiente, el dispositivo de entrada se bloquea automáticamente (por ejemplo, un procesador que recibe señales de sensor genera y/o envía señales de orden a un mecanismo o mecanismos de bloqueo de dispositivo de entrada).

25 En algunas realizaciones, un único mecanismo de bloqueo, cuando está en una configuración bloqueada, evita la rotación de un segmento y la flexión entre segmentos adyacentes. En algunas realizaciones, un mecanismo de bloqueo se ubica en una conexión entre dos segmentos.

En algunas realizaciones, un mecanismo de bloqueo incluye uno o más elementos que evitan la rotación de uno o más de los engranajes 5476, 5478, 5479

30 La figura 55A es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de conexión de brazo de dispositivo de entrada 5508ip que incluye un elemento de bloqueo en una configuración desbloqueada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 55B es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de una porción de conexión de brazo de dispositivo de entrada 5508ip que incluye un elemento de bloqueo en una configuración bloqueada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

35 En una realización ilustrativa, un elemento de bloqueo 5586 bloquea el primer y el segundo engranajes 5578, 5579, por ejemplo, evitando la rotación de los engranajes 5578, 5579. En algunas realizaciones, el elemento de bloqueo 5586 se conecta al soporte externo 5572.

Con referencia a la figura 55B, en donde el elemento de bloqueo 5586 está en una configuración bloqueada. En algunas realizaciones, el elemento de bloqueo 5586 incluye un engranaje fijado al soporte externo 5572 que evita que roten el primer y el segundo engranajes 5578, 5579. En algunas realizaciones, el primer y el segundo engranajes estacionarios 5578, 5579 evitan que rote el engranaje de eje 5576, (y, en algunas realizaciones, el segmento 5516ip).

40 En algunas realizaciones, se mueve manualmente el elemento de bloqueo entre configuraciones bloqueada y desbloqueada, por ejemplo, al empujar un usuario el elemento manualmente. En algunas realizaciones, un accionador mueve el elemento de bloqueo 5586 (por ejemplo, automáticamente y/o tras la recepción de una entrada de usuario).

45 En algunas realizaciones, un único mecanismo de bloqueo (por ejemplo, 5586) en cada porción de conexión es capaz de bloquear la rotación y la flexión de todos los segmentos de dispositivo de entrada. Siendo una ventaja potencial un tamaño y/o complejidad reducidos de los brazos de dispositivo de entrada.

Como alternativa, en algunas realizaciones, cada porción de conexión incluye más de un mecanismo de bloqueo, por ejemplo, un mecanismo para evitar la rotación de un segmento y otro mecanismo para evitar la flexión del segmento.

50 Una ventaja potencial de un elemento de bloqueo de engranaje es la alta capacidad resistiva del bloqueo, proporcionando un bloqueo seguro. Sin embargo, el bloqueo de engranaje, en algunas realizaciones, proporciona un número discreto de posiciones de bloqueo.

La figura 56 es una vista lateral esquemática simplificada de una porción de conexión de brazo de dispositivo de entrada 5608ip que incluye un mecanismo de bloqueo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un mecanismo de bloqueo evita la rotación de al menos uno de los engranajes 5676, 5678, 5679.

En algunas realizaciones, se usa un primer elemento de bloqueo 5686 para evitar la rotación del primer engranaje 5678. En algunas realizaciones, el primer elemento de bloqueo 6286 es un elemento que se aprieta alrededor de un eje (no visible en la figura 56) conectado al primer engranaje 5678 y aumenta la fricción entre el elemento de bloqueo 6286 y el eje, cuando, por ejemplo, el elemento de bloqueo 5686 se aprieta alrededor del eje.

5 En una realización ilustrativa, cada uno del primer y el segundo engranajes 5678, 5679 se puede bloquear usando un primer y un segundo elementos de bloqueo 5686, 5688 respectivamente. Un beneficio potencial de bloquear dos de los engranajes, es una fuerza de bloqueo aumentada. En algunas realizaciones, el engranaje de eje 5676 también es bloqueado por un mecanismo de bloqueo.

10 En una realización ilustrativa, el segundo elemento de bloqueo 5688 tiene una forma que rodea parcialmente un eje conectado al segundo engranaje 5679 y el segundo engranaje se bloquea en su posición al tirar de uno de los extremos de elemento de bloqueo 5690, 5692 hacia el otro, por ejemplo, al tirar de un hilo o hilos (no ilustrados) unidos a los extremos 5690, 5692. Un beneficio potencial de los elementos de bloqueo 5688, 5690 es la capacidad de bloquear la articulación en cualquier posición (por ejemplo, un bloqueo continuo). Sin embargo, la fuerza de bloqueo, en algunas realizaciones, está limitada por la fuerza de fricción entre el elemento de bloqueo (por ejemplo, 5688) y la porción sobre la cual se aprieta el elemento de bloqueo (por ejemplo, el árbol 5691).

### Control ilustrativo al imitar un movimiento de cuerpo de usuario

20 En algunas realizaciones, el movimiento de una o más porciones (por ejemplo, articulaciones) de un brazo de dispositivo se controla mediante un movimiento medido de una porción correspondiente en un brazo de usuario (por ejemplo, un movimiento de articulación de dispositivo controla un movimiento de la articulación de dispositivo correspondiente). En algunas realizaciones, el nombre anatómico usado en el presente documento para una porción de dispositivo es el nombre de una porción correspondiente en un usuario cuando se usa el movimiento de usuario para controlar el dispositivo.

25 En algunas realizaciones, una posición de segmentos de un brazo de dispositivo uno con respecto a otro (ángulos entre ejes largos de segmento) se controla mediante una posición de segmentos de un brazo de usuario uno con respecto a otro (por ejemplo, se ponen en coincidencia las posiciones de brazo de dispositivo y brazo de usuario).

30 En algunas realizaciones, la posición de dispositivo y de brazo (los ángulos entre ejes largos de segmento) se alinean en un proceso de inicialización y la puesta en coincidencia y/o el control de posición se mantiene mediante un control de movimiento. Por ejemplo, si el brazo de dispositivo y el brazo de usuario comienzan en la misma posición y los movimientos de usuario se correlacionan con precisión con el dispositivo, los brazos permanecen en una posición puesta en coincidencia. En una realización ilustrativa, tanto el movimiento del dispositivo como la posición de los segmentos de dispositivo se controlan mediante un movimiento de usuario medido. Con referencia a la figura 11, las imágenes B1 - B4 ilustran un brazo de dispositivo en donde la posición de dispositivo y el brazo se controlan mediante mediciones de un brazo de usuario (las imágenes A1 - A4).

35 La figura 10 es una serie de ilustraciones fotográficas que muestran el movimiento de un usuario y de un brazo de dispositivo, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

40 A1 muestra un brazo de usuario extendido y B1 muestra un brazo de dispositivo imitando esta orientación de brazo con aproximadamente 180° entre un eje largo del húmero de dispositivo y un eje largo del radio de dispositivo. Con el fin de moverse de la posición en A1 a la de A2, el usuario dobla su brazo por el codo (flexión de codo). B2 muestra el brazo de dispositivo imitando esta orientación de brazo con aproximadamente 90° entre el eje largo de húmero y el eje largo de radio. Con el fin de moverse de la posición en A2 a la de A3, el usuario rota su húmero en una dirección hacia adelante (del usuario) (rotación medial).

45 B3 muestra el brazo de dispositivo imitando esta orientación de brazo al rotar el húmero de dispositivo aproximadamente 90°. Con el fin de moverse de la posición en A3 a la de A4, el usuario rota su mano, de tal modo que su palma está orientada hacia delante del usuario (pronación de muñeca). B3 muestra el brazo de dispositivo imitando esta orientación de brazo mediante la rotación en sentido dextrógiro del radio aproximadamente 90°.

50 Opcionalmente, en algunas realizaciones, una posición de cámara de dispositivo, por ejemplo, con respecto a los brazos de dispositivo, se controla mediante una posición de cabeza de usuario, por ejemplo, con respecto a los brazos de usuario. En algunas realizaciones, la posición de cámara de dispositivo se controla selectivamente mediante un movimiento de cabeza de usuario, por ejemplo, permitiendo que un usuario gire su cabeza, por ejemplo, para ver un visualizador, sin mover la cámara de dispositivo. En algunas realizaciones, la imitación de una posición de cabeza de usuario está dentro de un intervalo de posiciones. En algunas realizaciones, los movimientos de cabeza se filtran antes de usarse para controlar la cámara (por ejemplo, unas posiciones de cabeza de usuario rápidas y/o inesperadas no son imitadas por la cámara de dispositivo).

55

*Medición ilustrativa de movimiento de usuario*

- En algunas realizaciones, por ejemplo, con el fin de que un usuario controle el dispositivo, se mide el movimiento de brazo de usuario, (por ejemplo, al medir repetitivamente la posición y/u orientación de una porción o porciones de brazo). En algunas realizaciones, la medición se produce usando una tecnología de captura de movimiento (por ejemplo, usando una o más cámaras de detección de movimiento de infrarrojos). La figura 11 ilustra el control de un brazo de dispositivo usando una tecnología de captura de movimiento, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En la figura 11, las posiciones de articulación medidas se ilustran como círculos de color blanco en las imágenes A1 - A4.
- En algunas realizaciones, se capturan imágenes de uno o más brazos de usuario. En algunas realizaciones, la medición incluye extraer la posición y/o movimiento de articulaciones, por ejemplo, la posición y/o el movimiento de las articulaciones en un espacio tridimensional, la posición y/o el movimiento de las articulaciones entre sí. En algunas realizaciones, las articulaciones se modelan como puntos y/o regiones en el espacio, que, por ejemplo, se extraen de imágenes.
- Como alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, se miden otros uno o más parámetros de brazo, por ejemplo, el movimiento de uno o más segmentos, ángulos entre segmentos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más segmentos son modelados por una línea de eje largo de segmento en el espacio, línea que, por ejemplo, se extrae de imágenes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se miden (por ejemplo, se extraen de imágenes) los ángulos entre segmentos y/o el cambio de ángulos entre segmentos.
- En algunas realizaciones, la medición de la posición de brazo de usuario se asiste al colocar marcadores en el usuario (por ejemplo, marcadores reflectantes), por ejemplo, en la articulación, como se conoce en la técnica de la captura de movimiento. En una realización ilustrativa, los marcadores son esferas de 4 mm. En una realización ilustrativa, se usa la tecnología de captura de movimiento kinect™.
- Adicionalmente o como alternativa, en algunas realizaciones, uno o más sensores, por ejemplo, fijados al usuario, miden la posición y/o movimiento de cuerpo de usuario (por ejemplo, un sensor de posición, un sensor de movimiento).
- La figura 59A y la figura 59B son ilustraciones esquemáticas simplificadas de puntos de cuerpo la posición y/o movimientos que son medidos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, se miden los puntos de la parte superior del cuerpo (por ejemplo, de la articulaciones), por ejemplo, como se ilustra en la figura 59A. En algunas realizaciones, se miden los puntos de cuerpo que incluye puntos en la parte superior del cuerpo (por ejemplo que incluyendo la cabeza) y/o la parte inferior del cuerpo, por ejemplo, como se ilustra en la figura 59B.
- En algunas realizaciones, un usuario sujeta un avatar de herramienta (por ejemplo, tijeras, pinza) y se toman mediciones de la posición y/u orientación y/o movimiento y/o accionamiento (por ejemplo, apertura, cierre) de la herramienta (por ejemplo, usando captura de movimiento) y se usan para controlar una herramienta de dispositivo (por ejemplo, una herramienta de mano). En algunas realizaciones, se usa una orientación medida de un avatar de herramienta para medir la rotación de muñeca de usuario. En algunas realizaciones, un avatar de herramienta incluye un revestimiento reflectante para ayudar a la captura de movimiento.

*Posiciones de control de movimiento de usuario ilustrativas, por ejemplo, sentado o de pie*

- En algunas realizaciones, un usuario controla un dispositivo quirúrgico con un movimiento de cuerpo de usuario cuando el usuario está en una posición sentada. En algunas realizaciones, el usuario está de pie. Otras posiciones ilustrativas incluyen, por ejemplo, posiciones tales como apoyarse en un soporte (por ejemplo, un escritorio y/o pared). En algunas realizaciones, la detección de movimiento (por ejemplo, implementada por un procesador, por ejemplo, el procesador 4216, la figura 42) se adapta dependiendo de la posición de usuario (por ejemplo, si el usuario está sentado o de pie).
- Como se describe con más detalle a continuación, en algunas realizaciones, la transición entre una posición sentada y una posición de pie se usa para cambiar el modo del sistema
- En algunas realizaciones, la detección de si un usuario está sentado o de pie se basa en una diferencia de altura medida entre una posición medida de la columna vertebral y/o una distancia medida entre el centro de las caderas a los pies, y/o distancias entre otras partes del cuerpo.

*Correlación ilustrativa de movimiento de usuario medido*

En algunas realizaciones, se correlacionan mediciones de una extremidad o extremidades de usuario con el dispositivo para el control del dispositivo. En algunas realizaciones, se correlacionan porciones de brazo de usuario (por ejemplo, segmentos y/o articulaciones) con porciones de dispositivo correspondientes. En algunas realizaciones, la correlación es automática y la medición extraída del movimiento de una porción se correlaciona automáticamente con el

equivalente anatómico (por ejemplo, un radio con un radio, un húmero con un húmero) para el control. Como alternativa, en algunas realizaciones, el usuario define una correlación de segmentos de usuario medidos con segmentos de dispositivo, antes y/o durante el uso del dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario establece el control de una articulación de hombro de dispositivo por el segmento de mano de usuario, por ejemplo, para facilitar el control, por ejemplo, cuando la articulación de hombro está cerca de una porción de tejido delicada.

En algunas realizaciones, por ejemplo, una vez que una porción de brazo de usuario se ha correlacionado con una porción de brazo de dispositivo, el movimiento medido de la porción de usuario se correlaciona para controlar el movimiento de la porción de dispositivo.

En algunas realizaciones, una o más relaciones entre segmentos de brazo de dispositivo son aproximadamente iguales que las relaciones humanas (por ejemplo, una longitud de un segmento de radio es un 20 % más corta que una longitud de un segmento de húmero) y, por ejemplo, una o más partes de una correlación entre unos movimientos de brazo de usuario medidos y un movimiento de brazo de dispositivo están a escala. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las longitudes de segmentos de dispositivo son aproximadamente una versión reducida a escala de las longitudes de segmentos de brazo humano y los movimientos de brazo de usuario, por ejemplo, se reducen a escala al dispositivo para el control del dispositivo.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un brazo de dispositivo tiene una longitud (excluyendo el torso) que es una décima parte de una longitud de brazo de usuario (excluyendo el torso), en donde la longitud se mide como una longitud de eje largo del brazo (tanto de usuario como de dispositivo) cuando está recto, desde donde el húmero se encuentra con el torso hasta la punta distal de la herramienta de mano y/o el radio. Entonces, en algunas realizaciones, si, por ejemplo, se mueve un extremo distal del radio de usuario 10 cm en una dirección x, entonces, se mueve correspondientemente el extremo distal del radio de dispositivo 1 cm en la dirección x.

En una realización ilustrativa, se mide el movimiento de las articulaciones de usuario. A partir de las mediciones de articulación, se calculan ángulos y/o cambios de ángulo entre segmentos de usuario. En algunas realizaciones, los ángulos y/o cambios de ángulo calculados se usan para controlar el dispositivo, el movimiento de segmento, por ejemplo, un aumento de 10° en el ángulo entre dos segmentos de brazo de usuario correspondiente a un aumento de 10° en el ángulo entre los segmentos correspondientes en el brazo de dispositivo, ajustándose a escala correctamente la distancia movida por los segmentos de dispositivo.

En algunas realizaciones, los movimientos medidos de diferentes porciones de un usuario se correlacionan para el control de dispositivo usando diferentes correlaciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una correlación para el control de unos efectores de extremo de dispositivo es una correlación diferente de la del control de otras porciones de dispositivo, por ejemplo, para un movimiento reducido de algunas porciones de dispositivo.

En algunas realizaciones, por ejemplo, debido a que diferentes brazos humanos tienen diferentes relaciones entre segmentos, un dispositivo se calibra para un usuario individual (por ejemplo, antes de que el usuario comience a usar el dispositivo). En algunas realizaciones, una longitud de brazo de usuario se mide al medir una longitud de segmentos de brazo de usuario cuando el brazo del usuario está recto. Por ejemplo, cuando un brazo de usuario se mantiene recto, las posiciones de articulación medidas (por ejemplo, en el espacio tridimensional) proporcionan longitudes de segmentos entre las articulaciones. En algunas realizaciones, antes de usar el dispositivo en el tratamiento, el sistema realiza una calibración automática entre un brazo (o brazos) de usuario y un brazo (o brazos) de dispositivo.

En algunas realizaciones, los brazos humanos y los brazos de dispositivo tienen diferentes relaciones de segmentos (por ejemplo, el dispositivo, es de tipo cangrejo con un radio más largo que el húmero) y, por ejemplo, se mueve el dispositivo con movimientos relativos (como se describe en otra parte). Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo con segmentos de relaciones diferentes se controla al mover unos efectores de extremo de dispositivo de acuerdo con la posición y/o el movimiento de una mano de usuario, al tiempo que se usa la posición y/o el movimiento de articulación de codo y de hombro de usuario medidos como un punto de partida para el control robótico de otras articulaciones de dispositivo.

En algunas realizaciones, el control de dispositivo incluye más de un modo de correlación. En un primer modo, por ejemplo, para movimientos de situación bruscos, el dispositivo imita los ángulos de segmento de usuario con una correlación 1 : 1. En un modo alternativo, por ejemplo, para un trabajo fino (por ejemplo, una cirugía una vez que se ha colocado el dispositivo), se usan gestos de usuario más grandes para controlar movimientos de dispositivo finos, por ejemplo, en algunas realizaciones, una deflexión de 20° de un húmero de usuario alrededor de una articulación de hombro da como resultado una deflexión de 2° de un húmero de dispositivo.

En algunas realizaciones, un usuario selecciona un modo de trabajo fino al mover los brazos a una posición designada, por ejemplo, a un reposabrazos.

## 55 Inicialización ilustrativa

En algunas realizaciones, durante la inicialización, el usuario hace coincidir una posición de brazo de usuario y/o de

dispositivo de entrada (posición de brazo, por ejemplo, como se ha definido anteriormente) con una posición de brazo de dispositivo quirúrgico (opcionalmente para dos brazos de usuario y dos brazos de dispositivo, cada brazo de usuario correspondiente a un brazo de dispositivo).

5 Por ejemplo, en algunas realizaciones, el usuario ve una imagen del dispositivo y mueve su brazo o brazos (y/o los brazos de dispositivo de entrada) para copiar una orientación del brazo de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, el usuario recibe una realimentación, por ejemplo, visual, en el visualizador y/o audio, para guiar la coincidencia del brazo o brazos de usuario (y/o los brazos de dispositivo de entrada) con el brazo de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, el usuario combina dos brazos simultáneamente.

10 En algunas realizaciones, una posición de brazo de dispositivo quirúrgico se pone en coincidencia con una posición de brazo de usuario (y/o con una posición de brazo de dispositivo de entrada). Por ejemplo, una vez que un brazo de usuario (y/o un brazo de dispositivo de entrada) está en una posición deseada, el brazo de dispositivo quirúrgico se mueve (por ejemplo, automáticamente) a una posición en donde las posiciones de las articulaciones de brazo de dispositivo quirúrgico y/o los ángulos de los segmentos entre sí y/o la orientación del brazo de dispositivo imitan el brazo de usuario (y/o el brazo de dispositivo de entrada). En algunas realizaciones, cuando se inicializa un par de  
15 brazo de dispositivo - usuario, una porción del brazo de dispositivo quirúrgico permanece estática en el espacio (por ejemplo, el torso o torsos y el efector o efectores de extremo) y la otra porción o porciones se mueven para inicializar el dispositivo quirúrgico a la posición de usuario (y/o la posición de dispositivo de entrada). En algunas realizaciones, un usuario define la porción estática.

20 Opcionalmente, la inicialización de un brazo de dispositivo quirúrgico es automática, por ejemplo, mediante el uso de robótica (por ejemplo, cinemática y/o restricciones de movimiento).

En algunas realizaciones, por ejemplo, antes de la inserción del dispositivo quirúrgico en un cuerpo, un dispositivo quirúrgico se inicializa a una anatomía de usuario específica. Por ejemplo, una o más longitudes de segmento son ajustables. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se ajustan una o más longitudes de segmento, por ejemplo, de tal modo que las relaciones de segmentos sean iguales que la relación de segmentos de extremidad de un usuario. Por  
25 ejemplo, en algunas realizaciones, se ajustan una o más longitudes de segmento, por ejemplo, de tal modo que el segmento y/o una relación de dos longitudes de segmento coincida con la de un dispositivo de entrada.

En algunas realizaciones, por ejemplo, si la correlación del movimiento del dispositivo quirúrgico no es completamente precisa, durante el uso (por ejemplo, durante un tratamiento y/o cirugía), los brazos de dispositivo quirúrgico se reinician después de un período de tiempo y/o número de movimientos y/o distancia movida.

30 En algunas realizaciones, se establecen un origen de usuario (y/o un origen de dispositivo de entrada) para la medición de la orientación de usuario y/o un origen de dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una orientación de dispositivo en el espacio se pone en coincidencia con una orientación de usuario en el espacio (y/o una orientación de dispositivo de entrada en el espacio).

35 En algunas realizaciones, un sistema que incluye un brazo o brazos quirúrgicos es capaz de reconocer cuándo el brazo o brazos están en una posición recta y/o inicializada. Por ejemplo, el brazo o brazos incluyen un sensor o sensores y un procesador que recibe la señal o señales de sensor infiere una posición a partir de la señal o señales, en algunas realizaciones, identificando si los brazos son rectos.

40 En algunas realizaciones, por ejemplo, antes de que se lleve a cabo un tratamiento usando un dispositivo quirúrgico, se inicializan un dispositivo quirúrgico y un dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, la inicialización de un dispositivo de entrada a un dispositivo quirúrgico incluye la alineación de configuraciones estructurales (por ejemplo, ángulos entre ejes largos de segmentos) de los dispositivos de entrada y quirúrgico. En algunas realizaciones, por ejemplo, una vez que se han alineado las configuraciones estructurales (por ejemplo, durante la inicialización y/o reinicialización), se establece un punto inicial de sensores.

45 En algunas realizaciones, los brazos de dispositivo quirúrgico se inicializan a una posición recta, los ejes largos de segmento son paralelos (por ejemplo, colineales). En algunas realizaciones, los brazos de dispositivo quirúrgico se proporcionan en una posición recta, por ejemplo, calibrados en fábrica a una posición recta. En algunas realizaciones, se usa un posicionador para enderezar un brazo o brazos de dispositivo quirúrgico.

50 En algunas realizaciones, por ejemplo, antes de que se use un sistema quirúrgico (por ejemplo, el sistema 4250 ilustrado en la figura 42), se inicializan un brazo o brazos de dispositivo de entrada usando un posicionador. Por ejemplo, en una realización ilustrativa, se usa un posicionador para enderezar un brazo o brazos de dispositivo de entrada para coincidir con un brazo o brazos de dispositivo quirúrgico rectos.

55 La figura 60A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico en una configuración recta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 60B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada enderezado por un posicionador 6082, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, el posicionador 6082 incluye uno o más elementos conformados para enderezar el brazo

de dispositivo de entrada 6004ip cuando se presiona el posicionador contra el brazo de entrada. En algunas realizaciones, el posicionador 6082 incluye uno o más huecos en que encaja al menos una porción del brazo de dispositivo de entrada 6004ip.

5 En algunas realizaciones, el posicionador 6082 incluye un orificio o mango 6084, por ejemplo, para ayudar a un usuario sujetando y/o llevando y/o usando el posicionador

#### *Reinicialización ilustrativa*

10 En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico no incluye sensor de movimiento alguno y/o no proporciona realimentación alguna en cuanto a la configuración (por ejemplo, los ángulos entre segmentos, etc.) del dispositivo quirúrgico.

15 En algunas realizaciones, se reinician un brazo o brazos de dispositivo quirúrgico y un brazo o brazos de dispositivo de entrada (por ejemplo, poniendo en coincidencia los ángulos entre ejes largos). En algunas realizaciones, se lleva a cabo una reinicialización en el caso de un error o errores de sistema, por ejemplo, un problema o problemas mecánicos en los brazos de dispositivo quirúrgico y/o de entrada y/o problemas eléctricos (por ejemplo, en un motor o motores y/o sensores).

La figura 61 es un diagrama de flujo de un método de reinicialización, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

20 La figura 62A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico 6204, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 62B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico 6204ip desalineado con el brazo de dispositivo quirúrgico de la figura 62A, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 62C es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico 6204ip realineado con el brazo de dispositivo quirúrgico de la figura 62A, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

25 En 6100, en algunas realizaciones, se detecta una diferencia entre una configuración del dispositivo quirúrgico y la de un objeto de entrada (por ejemplo, porciones de dispositivo de entrada y/o de cuerpo de usuario).

En algunas realizaciones, un usuario detecta la diferencia, por ejemplo, identificar visualmente una diferencia en la configuración de brazos quirúrgicos (por ejemplo, como se ve usando una imagen insertada con el dispositivo quirúrgico y/o un modelo de los brazos quirúrgicos visualizado en un visualizador).

30 En algunas realizaciones, el sistema quirúrgico detecta automáticamente la diferencia, por ejemplo, basándose en una discrepancia entre una configuración de objeto de entrada detectada y un modelo de configuración de dispositivo quirúrgico (por ejemplo, basándose en movimientos de motor del dispositivo quirúrgico).

Por ejemplo, refiriéndose a las figuras 62A-B, que ilustran una diferencia de 90° en orientación de un radio de dispositivo de entrada 6216ip con respecto a la orientación del radio de brazo de dispositivo quirúrgico 6216.

35 En 6102, en algunas realizaciones, una vez que se ha detectado una diferencia (por ejemplo, una diferencia sobre un valor umbral, por ejemplo, que se determina mediante el procesador 4216, la figura 42) entre una configuración de objeto de entrada y de dispositivo quirúrgico, el control del movimiento de dispositivo quirúrgico por el dispositivo de entrada está pausado, por ejemplo, al introducir un usuario manualmente una instrucción de "pausa" en una interfaz de usuario y/o un pausado automático (por ejemplo, iniciado por el procesador 4216, la figura 42).

En 6102, una configuración del objeto de entrada se alinea con el del dispositivo quirúrgico.

40 Por ejemplo, refiriéndose a la figura 62A y la figura 62C, donde la orientación de una radio de dispositivo de entrada 6216ip se ha alineado con la orientación radio de dispositivo quirúrgico 6216.

45 En algunas realizaciones, la alineación es al mover un usuario manualmente el objeto de entrada (por ejemplo, el usuario mueve manualmente un dispositivo de entrada, el usuario mueve el cuerpo del usuario), opcionalmente en donde el usuario es guiado por imágenes visualizadas (por ejemplo, imagen real y/o modelada del dispositivo quirúrgico) y/o instrucciones.

En algunas realizaciones, al menos una porción de un dispositivo de entrada se alinea automáticamente, por ejemplo, por un accionador o accionadores en el dispositivo de entrada (por ejemplo, controlados por un procesador) y/o por un dispositivo de alineación separado.

50 En algunas realizaciones, se usa un dispositivo de entrada para calibrar un procesador asociado con el accionamiento del dispositivo quirúrgico con los brazos de dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la calibración se realiza tras una falta de coincidencia (por ejemplo, debido a un problema mecánico y/o pérdida de potencia) entre una orientación real del brazo o brazos de dispositivo quirúrgico y una orientación de brazos almacenada en una

memoria (por ejemplo, una orientación de brazos obtenida a partir de, por ejemplo, una señal o señales de control de accionamiento). En algunas realizaciones, un usuario alinea un brazo o brazos de dispositivo quirúrgico con la configuración de brazo almacenada usando un objeto de entrada (por ejemplo, un dispositivo de entrada).

5 En 6102, en algunas realizaciones, después de que se hayan realineado el dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico, se reanuda el control del movimiento del dispositivo quirúrgico mediante el movimiento del dispositivo de entrada.

10 En algunas realizaciones, la inicialización y/o alineación de un brazo de dispositivo de entrada se usa para cambiar qué brazo de dispositivo de entrada controla qué brazo de dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada incluye menos brazos que brazos quirúrgicos hay, por ejemplo, en algunas realizaciones, cinco brazos de dispositivo quirúrgico se controlan usando un dispositivo de entrada con dos brazos.

En algunas realizaciones, cuando un usuario cambia qué brazo de dispositivo quirúrgico se controla mediante un brazo de dispositivo de entrada, en algunas realizaciones, los brazos respectivos se alinean y/o se inicializan, por ejemplo, en algunas realizaciones, moviéndose el brazo de dispositivo de entrada automáticamente a una posición del nuevo dispositivo quirúrgico que se va a controlar.

15 En algunas realizaciones, más de un dispositivo quirúrgico se controla usando un dispositivo de entrada y/o unos brazos mecánicos insertados a través de diferentes incisiones se controlan mediante un dispositivo de entrada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo de entrada que controla el movimiento del brazo o brazos mecánicos que se han insertado en un paciente transvaginalmente se usa entonces para controlar un brazo o brazos mecánicos que se han insertado en el mismo paciente (por ejemplo, se han insertado simultáneamente) a través de una incisión en el abdomen (por ejemplo, a través de una incisión en el ombligo).

En algunas realizaciones, se usa más de un dispositivo de entrada (y/u objeto de entrada, por ejemplo, un movimiento de cuerpo de usuario medido) para controlar uno o más dispositivos quirúrgicos, por ejemplo, posibilitando que más de un cirujano opere a un paciente, por ejemplo, al mismo tiempo, por ejemplo, de forma secuencial.

25 Alternativa o adicionalmente a mover el dispositivo de entrada, en algunas realizaciones, alinear el dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico incluye mover una o más porciones del dispositivo quirúrgico.

Adicionalmente o como alternativa, en algunas realizaciones, la reinicialización (por ejemplo, como se describe en esta sección) es entre una o más porciones de un dispositivo quirúrgico y una o más porciones del cuerpo de un usuario (por ejemplo, cuando se usa un movimiento medido de un cuerpo de usuario para controlar el movimiento de una porción o porciones del dispositivo quirúrgico).

30

### Filtrado ilustrativo

Opcionalmente, en algunas realizaciones, unos movimientos de usuario medidos y/o un movimiento de dispositivo deseado correlacionado a partir de movimientos de usuario se filtran (por ejemplo, para eliminar movimientos no deseados y/o dañinos) antes de que se mueva el dispositivo. Adicionalmente o como alternativa, en algunas realizaciones, se filtra un movimiento medido de un dispositivo de entrada, por ejemplo, antes de que se mueva el dispositivo de acuerdo con el movimiento del dispositivo de entrada.

40 En algunas realizaciones, los movimientos se filtran para eliminar movimientos grandes. En donde, por ejemplo, en algunas realizaciones, los movimientos grandes son movimientos que sacan el dispositivo de un área de trabajo definida (por ejemplo, el abdomen) y/o son movimientos de más de una suma de las longitudes de eje largo de húmero y de radio. En algunas realizaciones, los movimientos se filtran para eliminar movimientos súbitos. Por ejemplo, se ralentiza y/o se elimina un movimiento súbito medido. En algunas realizaciones, se eliminan los temblores (por ejemplo, movimientos pequeños y rápidos, por ejemplo, movimientos que se correlacionan con menos de un 20 %, o un 10 %, o un 5 % de una longitud de eje largo de radio, en donde la duración de movimiento es menor que 0,1 s o menor que 0,05 s o menor que 0,01 s).

45 En algunas realizaciones, los movimientos se filtran para eliminar un movimiento a una región no permitida y/o dañina. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se evita que el dispositivo se mueva a una región no permitida, por ejemplo, un órgano. En algunas realizaciones, un usuario que intenta mover el dispositivo a una región no permitida recibe una alarma y/o alerta, por ejemplo, a través del visualizador, una alerta de audio, a través de una realimentación de fuerza de un avatar, a través de una realimentación (por ejemplo, una vibración y/o una realimentación visual (por ejemplo, iluminada y/o luz intermitente)) de un dispositivo acoplado a un usuario (por ejemplo, el dispositivo de entrada proporciona una realimentación).

50 En algunas realizaciones, las regiones no permitidas están marcadas (por ejemplo, por un usuario), por ejemplo, antes de que comience el tratamiento (por ejemplo, cirugía) con el dispositivo.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario delinea regiones no permitidas, por ejemplo, al dar instrucciones a



un dispositivo quirúrgico para moverse para definir bordes de una región permitida y guardar (por ejemplo, en una memoria) indicaciones de la región permitida. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario mueve (por ejemplo, usando un dispositivo de entrada y/o un movimiento de usuario medido) un dispositivo quirúrgico a través de una frontera (y/o a puntos de frontera individuales) en donde se guardan la línea o líneas y/o puntos de frontera.

- 5 En algunas realizaciones, las regiones no permitidas se identifican en y/o se marcan sobre imágenes recogidas, por ejemplo, imágenes recogidas por un generador de imágenes (por ejemplo, una cámara) insertado en el paciente (por ejemplo, con el dispositivo quirúrgico) y/o imágenes recogidas por un generador de imágenes adicional (por ejemplo, TC, IRM, ultrasonidos, etc.). En algunas realizaciones, las regiones no permitidas identificadas a partir de imágenes antes del tratamiento se correlacionan con imágenes recogidas durante el tratamiento para generar regiones no permitidas para el filtrado.

Por ejemplo, en una realización ilustrativa, un usuario cae, el movimiento de brazo de usuario se filtra para eliminar la caída, y el dispositivo quirúrgico pausa el movimiento.

- 15 En algunas realizaciones, un mapa anatómico, por ejemplo, especificado por un usuario y/o a partir de una formación imágenes, por ejemplo, TC, IRM incluye regiones no permitidas. En algunas realizaciones, si un usuario intenta mover el dispositivo quirúrgico a una región no permitida y/o mueve el dispositivo quirúrgico cerca de una región no permitida, se inicia una alarma, por ejemplo, una alarma de audio, una alarma de visualización.

### Modos de sistema ilustrativos

- 20 En algunas realizaciones, un sistema (por ejemplo, el sistema 4250, la figura 42 y/o el sistema 850, la figura 8 y/o el sistema 4550, la figura 45) incluye una pluralidad de modos de operación (también denominados en el presente documento "estados").

La figura 63A es un diagrama esquemático simplificado de modos de sistema ilustrativos, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

- 25 En algunas realizaciones, un sistema incluye un modo de control de movimiento de dispositivo 6302 en donde el movimiento de un objeto de entrada (por ejemplo, un dispositivo de entrada y/o un movimiento de cuerpo de usuario medido) controla el movimiento del dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones (por ejemplo, como se describe con más detalle a continuación), hay más de un estado de movimiento de dispositivo. En algunas realizaciones, el sistema está en más de un modo simultáneamente (por ejemplo, el sistema está en más de un modo de control de movimiento de dispositivo quirúrgico actualmente), por ejemplo, en algunas realizaciones, un modo de movimiento fino y un modo de movimiento relativo se ejecutan simultáneamente.

- 30 A continuación se describen con más detalle algunos modos de control de movimiento de dispositivo quirúrgico 6302 ilustrativos, y estos incluyen, por ejemplo, modo o modos de ajuste a escala 6304, modos de electrocirugía 6306 en donde una o más porciones de un dispositivo quirúrgico se cargan eléctricamente, modo o modos de control relativo 6308, modo o modos de temporización, modo o modos de control simultáneo 6310, modo o modos de región o regiones no permitidas 6312, modo o modos de correlación 6318 en donde los movimientos de objeto de entrada se correlacionan y/o se filtran antes de usarse para controlar el movimiento del dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, los modos son seleccionados por un usuario usando una o más interfaces de usuario. En algunas realizaciones, los modos son seleccionados por un usuario usando gestos (por ejemplo, como se describe con más detalle a continuación).

- 40 En algunas realizaciones, el sistema incluye un modo de pausa 6320, en donde se pausa el control del movimiento del dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, se entra en el modo de pausa 6304 antes de la selección de otro modo, por ejemplo, en algunas realizaciones, se entra en un modo de pausa antes de transferir entre y/o seleccionar y/o deseleccionar los modos de control de movimiento de dispositivo quirúrgico 6302.

- 45 En algunas realizaciones, el sistema incluye uno o más modos de reanudación 6322 (por ejemplo, como se describe con más detalle a continuación).

En algunas realizaciones, el sistema incluye uno o más modos de calibración, en donde, por ejemplo, se calibran y/o se inicializan una o más porciones del sistema.

- 50 En algunas realizaciones, el sistema incluye uno o más modos de control de cámara, en donde se controlan 6330, por ejemplo, una cámara o cámaras insertadas con los brazos de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, la cámara o cámaras se controlan con uno o más de los modos de control de movimiento de dispositivo quirúrgico 6302, por ejemplo, la posición de cámara se controla con un modo o modos de control relativo y/o modos de temporización, modo o modos de región no permitida, etc. En algunas realizaciones, el modo o modos de control de cámara 6330 incluyen modos de formación de imágenes, por ejemplo, zum.

En algunas realizaciones, el sistema incluye modos para diferentes posturas de usuario, por ejemplo, el usuario está

sentado o de pie. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el control de gestos es diferente en diferentes posturas de usuario.

*Modos de control de movimiento de dispositivo quirúrgico ilustrativos*

- 5 En algunas realizaciones, un sistema incluye un modo de control de movimiento de usuario, en donde un usuario controla el movimiento de un dispositivo quirúrgico mediante el movimiento del cuerpo del usuario. En algunas realizaciones, un sistema incluye un modo de control de dispositivo de entrada, en donde un usuario controla el movimiento de un dispositivo quirúrgico al mover un dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, un sistema incluye un modo de control de movimiento de usuario y de control de dispositivo de entrada combinado en donde, por ejemplo, el movimiento de una o más porciones de un dispositivo quirúrgico se controla mediante el movimiento de un dispositivo de entrada y una o más porciones del dispositivo quirúrgico se controlan mediante un movimiento de cuerpo de usuario medido.

*Modo de pausa ilustrativo*

- 15 En algunas realizaciones, hay diversas situaciones en las que se pausa y/o se ajusta el dispositivo que imita un movimiento de usuario.

En algunas realizaciones, un sistema incluye un estado de pausa, en donde, por ejemplo, un movimiento de cuerpo de usuario y/o un movimiento de un dispositivo de entrada no efectúa un movimiento del dispositivo quirúrgico.

- 20 En algunas realizaciones, un usuario pausa selectivamente la imitación de dispositivo quirúrgico del movimiento y/o control de movimiento de usuario por un dispositivo de entrada (por ejemplo, a través de una interfaz de usuario). Por ejemplo, si un usuario se quiere tomar un descanso (por ejemplo, debido a fatiga muscular) y/o quiere cambiar a una posición más cómoda, el usuario pausa la imitación del movimiento y/o control de movimiento de usuario por un dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, un usuario pausa el dispositivo con el fin de (por ejemplo, antes de) realizar una transferencia a un modo diferente.

- 25 En algunas realizaciones, un usuario pausa selectivamente uno o más brazos y, entonces, reanuda selectivamente el control de uno o más brazos usando un movimiento de brazo de usuario (y/o un control de movimiento por un dispositivo de entrada). En algunas realizaciones, un usuario controla más de dos brazos usando una pausa y selección de brazos. Por ejemplo, un usuario que controla el movimiento de dos brazos (por ejemplo, usando movimientos de brazo de usuario), pausa uno o ambos brazos y, entonces, selecciona dos brazos, uno o más de los cuales son opcionalmente diferentes de los dos brazos iniciales para reanudar el movimiento.

En algunas realizaciones, un usuario pausa una porción de un dispositivo, por ejemplo, con el fin de usar una libertad de movimiento de dispositivo que es más que una libertad de movimiento humana (y/o de usar una libertad de movimiento de dispositivo que es más que la libertad de movimiento de un dispositivo de entrada que se está usando).

- 35 Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario rota un segmento de usuario hasta que el usuario deja de poder rotar el segmento. El usuario pausa entonces el dispositivo, reposiciona el segmento de tal modo que el usuario pueda continuar rotando el segmento, por ejemplo, volteando el segmento.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario pausa la imitación del movimiento de mano de usuario para la rotación de una mano de dispositivo más grados de lo posible con una mano de usuario, por ejemplo, para usar la mano como un taladro y/o un destornillador.

- 40 En algunas realizaciones, un usuario pausa el control con un dispositivo de entrada de usuario con el fin de conmutar dispositivos de entrada (por ejemplo, para usar un dispositivo de entrada ajustado a escala diferente, por ejemplo, para usar un dispositivo de entrada con un número diferente de extremidades, por ejemplo, tras insertar y/o retirar una herramienta y/o brazo de dispositivo).

- 45 En algunas realizaciones, un usuario pausa la imitación para uno o más brazos, por ejemplo, con el fin de conmutar entre métodos de control (por ejemplo, como se describe a continuación).

Opcionalmente, después de reanudar la imitación, se inicializa el brazo de dispositivo y/o de usuario, por ejemplo, como se ha descrito previamente.

*Modo de reanudación ilustrativo*

- 50 En algunas realizaciones, después de que se haya pausado un dispositivo quirúrgico, hay diferentes tipos de modo de reanudación, en donde se reanuda el control de movimiento del dispositivo quirúrgico.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, tras entrar en un modo de pausa (y/o tras la reanudación del control cuando se sale de un modo de pausa), un brazo de dispositivo quirúrgico y/o un brazo de dispositivo de entrada se mueven a una posición de autorregreso (por ejemplo, se enderezan); el sistema está en un modo de autorregreso.

5 Por ejemplo, en algunas realizaciones, para que el sistema salga de un modo de pausa, una porción o porciones de cuerpo de usuario y/o una porción o porciones de dispositivo de entrada se alinean con una extremidad o extremidades de dispositivo quirúrgico.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, después de entrar en un modo de pausa, el control se reanuda con un control relativo (por ejemplo, como se describe en la sección a continuación "Modo de movimiento relativo ilustrativo"). Opcionalmente, para entrar en un modo de control relativo después de un modo de pausa, se selecciona un modo de movimiento relativo, por ejemplo, con una interfaz de usuario y/o con un gesto de usuario.

10

#### *Modos de ajuste a escala ilustrativos*

En algunas realizaciones, un sistema tiene diferentes modos con los que un movimiento de usuario del mismo tamaño (un movimiento de cuerpo de usuario medido y/o un movimiento de usuario de un dispositivo de entrada) da como resultado unos movimientos de dispositivo quirúrgico de diferentes tamaños. En algunas realizaciones, un usuario realiza una transferencia entre diferentes modos de escala (en donde el movimiento de usuario se ajusta a escala mediante diferentes cantidades). Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario realiza unos movimientos quirúrgicos iniciales (por ejemplo, incisiones) grandes usando un primer modo de escala y, entonces, realiza una transferencia a un modo de trabajo fino en donde los movimientos de usuario se reducen a escala cuando son realizados por el dispositivo quirúrgico, por ejemplo, para suturar.

15

20

#### *Temporización ilustrativa, retardo ilustrativo, modos ilustrativos*

En algunas realizaciones, un sistema incluye diferentes modos para la temporización de los movimientos de control (por ejemplo, un movimiento medido de una porción o porciones de cuerpo de dispositivo de usuario y/o un movimiento de usuario de un dispositivo de entrada), dando como resultado un movimiento correspondiente del dispositivo quirúrgico.

25

En algunas realizaciones, un movimiento del dispositivo (por ejemplo, un brazo de dispositivo) es sustancialmente al mismo tiempo que el movimiento de los brazos de usuario y/o los brazos de dispositivo de entrada (por ejemplo, con un retardo de menos de 2 segundos, o de menos de 1 segundo, o de menos de 0,5 segundos, o de menos de 0,1 segundos).

30

Como alternativa, en algunas realizaciones, se retarda el movimiento del dispositivo (por ejemplo, brazo de dispositivo), por ejemplo, un usuario hace un movimiento, autorizando entonces, opcionalmente, el movimiento para el control del movimiento del dispositivo.

En algunas realizaciones, el dispositivo se mueve de acuerdo con mediciones de articulaciones de usuario a la misma velocidad que el movimiento de usuario. Como alternativa, en algunas realizaciones, el dispositivo se mueve a una velocidad diferente (por ejemplo, más lenta).

35

En algunas realizaciones, un usuario selecciona una cantidad de retardo y/o cambio de velocidad (por ejemplo, a través de una interfaz de usuario y/o con un gesto de cuerpo de usuario).

En algunas realizaciones, un usuario realiza un movimiento o movimientos de control (por ejemplo, al mover un dispositivo de entrada y/o mediante un movimiento de cuerpo de usuario) para controlar el movimiento del dispositivo quirúrgico, pero el movimiento o movimientos de control de usuario se almacenan y se usan para controlar el movimiento o movimientos de dispositivo quirúrgico después de un retardo de tiempo.

40

Por ejemplo, en una realización ilustrativa, un usuario registra movimientos de control de usuario (por ejemplo, en una memoria, por ejemplo, en donde la memoria es accesible por el procesador 4216, la figura 42). Después del registro, en algunas realizaciones, el usuario (o un usuario diferente), inicia el control del dispositivo quirúrgico usando el movimiento o movimientos previamente registrados.

45

En algunas realizaciones, un usuario controla el movimiento de un dispositivo quirúrgico al seleccionar de entre una lista de movimientos y/o secuencias de movimiento previamente programados.

En algunas realizaciones, un usuario que registra una secuencia de movimientos de control selecciona (por ejemplo, a través de una interfaz de usuario) uno o más puntos de descanso dentro de la secuencia. En algunas realizaciones, cuando una secuencia de movimientos de control que incluye uno o más puntos de descanso es realizada por un dispositivo quirúrgico, el dispositivo quirúrgico hace una pausa en cada punto de descanso (por ejemplo, durante un período de tiempo y/o hasta la recepción de una orden de "reanudar movimiento" procedente de un usuario).

50

En algunas realizaciones, se visualiza una representación de un movimiento y/o secuencia de movimientos registrado a un usuario que controla un dispositivo quirúrgico (por ejemplo, usando un dispositivo de entrada y/o con un movimiento de cuerpo de usuario), por ejemplo, que asiste y/o que da instrucciones al usuario con respecto a cómo llevar a cabo un procedimiento. En algunas realizaciones, se visualiza una representación de una desviación de un movimiento o movimientos de usuario con respecto al movimiento o movimientos registrados.

#### *Modo de movimiento relativo ilustrativo*

Opcionalmente, el movimiento medido de una o más porciones del cuerpo del usuario y/o una porción de un dispositivo de entrada controla una porción del dispositivo quirúrgico, sin que esa porción del dispositivo quirúrgico tenga la misma posición que la porción o porciones medidas, en donde la posición de dispositivo quirúrgico es la orientación de segmentos relativamente entre sí.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, el movimiento relativo de uno o más segmentos se controla mediante un movimiento de usuario (por ejemplo, una o más porciones de un brazo de dispositivo no se inicializan a una posición de brazo de usuario). Por ejemplo, una porción de un brazo de dispositivo está doblada (por ejemplo, el ángulo entre el radio de dispositivo y el húmero de dispositivo es menor que  $180^\circ$ ), y el brazo de usuario está recto (el ángulo entre el radio de usuario y el húmero de usuario es de  $180^\circ$ ), pero el doblado del radio de usuario con respecto al húmero de usuario da como resultado un movimiento del radio de dispositivo con respecto al húmero de dispositivo, por ejemplo, en algunas realizaciones, el mismo número de grados.

Por ejemplo, en una realización ilustrativa, uno o más brazos de dispositivo están extendidos (por ejemplo, para acceder a un objetivo dentro del cuerpo), por ejemplo, con un ángulo de  $90^\circ$  o más entre el húmero y la sección de soporte, y (por ejemplo, para proporcionar al usuario una posición de brazo de trabajo cómoda) un segmento de húmero de usuario se mantiene hacia abajo (por ejemplo, a los lados del usuario), por ejemplo, con unos ángulos de menos de  $70^\circ$  entre el húmero y la sección de soporte. El movimiento relativo de la mano y/o radio y/o muñeca de usuario controla entonces el movimiento de la mano, radio y muñeca de dispositivo, respectivamente.

#### *Modo de movimiento simultáneo ilustrativo*

En algunas realizaciones, la medición de articulaciones de usuario es de más de una extremidad (por ejemplo, ambos brazos de usuario, un brazo y una pierna, dos brazos y una o más piernas) simultáneamente. En algunas realizaciones, la medición del movimiento de más de una extremidad de dispositivo de entrada es simultánea.

Opcionalmente, se mueven entonces simultáneamente los brazos de dispositivo quirúrgico, por ejemplo, de acuerdo con la medición. Siendo una ventaja potencial la capacidad de dos o más brazos de dispositivo para trabajar conjuntamente, por ejemplo, para agarrar conjuntamente una porción de tejido, por ejemplo, para pasar un objeto desde una herramienta de mano a otra, etc.

En algunas realizaciones, se miden simultáneamente el movimiento de un brazo de usuario y el movimiento de una mano de usuario y/o un avatar de herramienta. Opcionalmente, se mueve un brazo de dispositivo quirúrgico y se acciona una herramienta de mano de dispositivo (por ejemplo, apertura, cierre) simultáneamente. Una ventaja potencial, el control de usuario de una posición y/u orientación de una herramienta y el uso de la herramienta simultáneamente, por ejemplo, similar a la cirugía tradicional.

#### *Límite ilustrativo al modo de libertad de movimiento*

En algunas realizaciones, en un modo de libertad de movimiento restringida, el movimiento de un dispositivo de entrada y/o dispositivo quirúrgico está limitado en donde, por ejemplo, se restringe el sentido de la rotación de una o más articulaciones y/o se restringen la cantidad y/o la flexión de una o más articulaciones. En algunas realizaciones, un usuario especifica los límites de libertad de movimiento de una o más articulaciones. En algunas realizaciones, un sistema incluye un modo de libertad de movimiento humana, en donde la libertad de movimiento de una porción del dispositivo quirúrgico y/o dispositivo de entrada se restringe a la de una parte correspondiente del cuerpo (por ejemplo, un brazo de dispositivo quirúrgico y/o un brazo de dispositivo de entrada se limita a una libertad de movimiento correlacionada de la de un humano brazo).

En general, la libertad de movimiento humana (por ejemplo, para los brazos) incluye límites a los ángulos de rotación y flexión de los segmentos. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo se restringe a la libertad de movimiento humana, por ejemplo, durante uno o más modos de control.

#### *Control ilustrativo de transferencia entre modos y/o selección de modo*

En algunas realizaciones, un sistema se transfiere entre modos y/o los modos se seleccionan a través de una interfaz

de usuario (por ejemplo, un botón o botones y una pantalla táctil y/o un terminal informático y/o una unidad de reconocimiento de voz, etc.).

Como alternativa, o adicionalmente, en algunas realizaciones, un usuario selecciona un modo y/o realiza una transferencia de un modo a otro al realizar un gesto, que es reconocido por el sistema.

- 5 En algunas realizaciones, un gesto es un único movimiento de usuario, por ejemplo, un usuario eleva una pierna de usuario, por ejemplo, un usuario realiza una transferencia de posición (por ejemplo, entre estar sentado y estar de pie). En algunas realizaciones, un gesto se realiza con una porción de cuerpo de usuario (por ejemplo, una extremidad - por ejemplo, elevar una pierna de usuario). En algunas realizaciones, un gesto implica un movimiento y/o situación de más de una porción del cuerpo, por ejemplo, siendo un gesto ilustrativo que un usuario cruce las piernas del usuario.
- 10 En algunas realizaciones, un gesto implica más de un movimiento secuencial, por ejemplo, que un usuario eleve una pierna de usuario y que, entonces, baje de nuevo la pierna. Un gesto secuencial ilustrativo adicional incluye: Elevar uno o los brazos de tal modo que el húmero esté a un ángulo de aproximadamente 45° con respecto al suelo y, entonces, bajar el brazo elevado de vuelta hacia abajo hasta la cadera (realizando un ángulo de 90° con el mismo húmero). Este gesto se usa, por ejemplo, para iniciar y/o reanudar el movimiento de los brazos laparoscópicos.
- 15 En algunas realizaciones, el usuario cambia de modo (por ejemplo, inicia un modo de pausa) al mover una o más porciones del cuerpo a una posición designada y/o a un objeto designado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario pausa el control de los brazos de dispositivo al descansar los brazos de usuario sobre un reposabrazos (por ejemplo, un reposabrazos designado).

#### 20 *Iniciación ilustrativa de control de movimiento, convertirse en un operador*

En algunas realizaciones, el sistema almacena uno o más identificadores para cada usuario (por ejemplo, en una memoria, por ejemplo, en donde la memoria es accesible por un procesador, por ejemplo, el procesador 4216, la figura 42). En algunas realizaciones, un identificador de usuario incluye una dimensión de cuerpo de usuario (por ejemplo, un esqueleto construido a partir de posiciones de articulación relativas). En algunas realizaciones, solo los usuarios con esqueletos almacenados y/o permitidos son capaces de accionar el dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario entra en un campo de visión de unas cámaras de sistema y/o realiza un gesto inicial (por ejemplo, un gesto de iniciación), y el sistema verifica si la posición de la porción o porciones de cuerpo detectadas coincide con un esqueleto almacenado antes de permitir que el usuario controle el dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, un usuario que realiza un gesto de iniciación se convierte en el operador.

- 30 En algunas realizaciones, un usuario se convierte en un operador tras detectar que el usuario se sienta, por ejemplo, en una silla de control y/o se sienta en una zona de control.

La figura 63B es una ilustración esquemática simplificada de estados y gestos ilustrativos para la transición entre estados, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un usuario decide si estar sentado o de pie (por ejemplo, al empezar a usar el sistema y/o durante el uso del sistema) y el sistema es controlable por un usuario tanto en una posición sentada como de pie.

- 35 En algunas realizaciones, el sistema está en un "estado de inicio" inicial antes de que un operador empiece a usar el sistema. En algunas realizaciones, un gesto inicial transfiere el sistema de un "estado de inicio" a un estado donde el usuario controla los movimientos del dispositivo quirúrgico por un gesto inicial. En algunas realizaciones, dependiendo de la posición de usuario (por ejemplo, sentado o de pie), los gestos iniciales diferentes transfieren el usuario del estado de inicio a un estado de control.

- 40 En algunas realizaciones, por ejemplo, dependiendo de si el usuario está sentado o de pie, el usuario realiza un gesto diferente para transferir los estados de sistema (por ejemplo, de un modo de control a uno de pausa). Por ejemplo, en algunas realizaciones (por ejemplo, en una posición de pie, elevar una pierna transfiere el estado de sistema entre modos. En algunas realizaciones, cuando un usuario está sentado, se realiza la misma transferencia, por ejemplo, por el cruce de piernas de un usuario. Potencialmente esto ayuda en la facilitación del control de usuario puesto que cruzar las piernas mientras de pie puede ser incómodo, como puede ser levantar una pierna mientras sentado.

En algunas realizaciones, un usuario ajusta y/o define los movimientos de control de usuario y/o gestos (por ejemplo, de acuerdo con la comodidad de usuario y/o en la situación donde, por ejemplo, al usuario le falta una extremidad).

- 50 En algunas realizaciones, dependiendo del gesto realizado, el sistema reanuda usando un modo de reanudación diferente (por ejemplo, diferentes tipos de modo de reanudación como se describió anteriormente)

La figura 63B muestra la transferencia ilustrativa entre estados de reanudación y pausa, para dos estados de reanudación diferentes para posiciones de usuario diferentes (por ejemplo, de pie y sentado). En algunas realizaciones, el usuario puede cambiar una posición de usuario (por ejemplo, entre de pie y sentado) mientras el sistema está pausado y/o cuando el sistema está controlado por los movimientos de cuerpo de usuario (y/o los

movimientos de un dispositivo de entrada).

En algunas realizaciones, un usuario mueve una pierna izquierda para transferir de un estado de control de movimiento y un estado de pausa donde un usuario sentado, por ejemplo para transferir eleva el pie izquierdo y un usuario de pie, por ejemplo para transferir eleva una rodilla izquierda. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario sentado transfiere de forma repetitiva entre un modo de pausa y un modo de control de movimiento elevando y bajando el pie izquierdo de forma repetitiva. En algunas realizaciones, mover la pierna izquierda entre el estado de pausa y el estado de control de movimiento donde la reanudación del control después de la pausa es de una posición de autorregreso (modo de autorregreso).

En algunas realizaciones, un usuario mueve la pierna derecha para transferir entre un estado de control de movimiento y un estado de pausa donde un usuario sentado, por ejemplo, para transferir eleva el pie derecho y un usuario de pie, por ejemplo, para transferir eleva la rodilla derecha. En algunas realizaciones, mover la pierna derecha transfiere entre un estado de pausa y un estado de control de movimiento donde el control reanuda sin movimiento del dispositivo quirúrgico durante y/o en la iniciación de la entrada al modo de pausa.

#### *Determinación ilustrativa de gestos*

En algunas realizaciones, en uno o más puntos en el uso de usuario de un sistema, por ejemplo, al comenzar un usuario el uso del sistema, al cambiar un usuario la posición (por ejemplo, de sentado a de pie), una o más posiciones de una o más partes del cuerpo se miden y, en algunas realizaciones, se registran.

En algunas realizaciones, el reconocimiento de gestos usa una posición o posiciones de parte de cuerpo de usuario registradas (y/o una posición promedio almacenada para la parte del cuerpo). Por ejemplo, en una realización ilustrativa, cuando un usuario se sienta, se mide y/o se registra la altura de uno o más pies de usuario (por ejemplo, en una memoria). En algunas realizaciones, una altura de pie registrada se usa para determinar si una altura de pie medida y/o un cambio en la altura de pie se refiere a si un operador ha realizado un gesto de "elevar el pie". En un modo de control de movimiento, por ejemplo, cuando se usa una pierna y/o pie para controlar el movimiento de una porción de un dispositivo quirúrgico (por ejemplo, una extremidad de dispositivo), una posición de pie sentada previamente registrada se usa para determinar si el pie de un usuario se ha movido y/o se usa para cuantificar la cantidad de movimiento del pie del usuario.

#### **Control ilustrativo de herramientas de mano de dispositivo quirúrgico**

Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente (por ejemplo, en la sección titulada "Interfaz o interfaces de usuario ilustrativas"), un usuario controla una herramienta de mano (también denominada en el presente documento efector de extremo) usando una interfaz de usuario.

En algunas realizaciones, un usuario controla una herramienta de mano al mover una porción o porciones de un dispositivo de entrada, en donde las porciones corresponden a una porción o porciones de la herramienta de mano.

Como alternativa, o adicionalmente, en algunas realizaciones, una o más herramientas de mano (también denominadas en el presente documento "efector de extremo") se controlan mediante un movimiento medido de una mano o manos de usuario. En algunas realizaciones, el accionamiento (por ejemplo, la apertura y cierre) de una herramienta de mano se controla mediante la posición relativa de los dedos y/o el pulgar de un usuario. En algunas realizaciones, el cierre de una herramienta es cuando dos o más puntos y/o superficies de la herramienta se acercan más entre sí (por ejemplo, se deslizan las superficies planas de unas hojas de tijeras hasta hacer contacto y/o muy cerca). En algunas realizaciones, la apertura de una herramienta es cuando dos o más puntos y/o superficies de la herramienta se separan más.

En algunas realizaciones, un usuario controla una posición y/o un movimiento de una herramienta de mano, (por ejemplo, al situar el extremo distal del radio usando movimientos de brazo de usuario, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente) y acciona simultáneamente la herramienta de mano (por ejemplo, controla la apertura y el cierre de una herramienta de mano).

En una realización ilustrativa, una herramienta de mano se cierra cuando se juntan los extremos distales de un pulgar y un dedo o dedos de usuario y/o se abre cuando se separan los extremos distales del pulgar y el dedo o dedos de usuario.

La figura 64A es un diagrama esquemático simplificado de una mano de usuario abierta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. La figura 64B es un diagrama esquemático simplificado de una porción de un brazo de dispositivo que incluye una herramienta de mano en donde la herramienta de mano está en una posición abierta, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

La figura 64C es un diagrama esquemático simplificado de una mano de usuario cerrada, de acuerdo con algunas

realizaciones de la invención. La figura 64D es un diagrama esquemático simplificado de una porción de un brazo de dispositivo que incluye una herramienta de mano en donde la herramienta de mano está en una posición cerrada, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la transición de la herramienta de mano de dispositivo desde la posición abierta ilustrada en la figura 64B a la posición ilustrada en la figura 64D se logra mediante el movimiento de la mano del usuario desde la posición ilustrada en la figura 64A a la posición de mano de usuario ilustrada en la figura 64B.

En algunas realizaciones, la rotación de una mano de usuario se mide al detectar la posición relativa de los extremos distales del pulgar y/o uno o más dedos de usuario. En algunas realizaciones, la rotación de mano de dispositivo alrededor de una rotación de eje largo de mano se controla mediante la rotación de mano de usuario correlacionada medida.

En algunas realizaciones, un usuario realiza un movimiento de "atajo" para iniciar un movimiento o secuencia de movimientos de mano y/o brazo de dispositivo (por ejemplo, un gesto), por ejemplo, movimientos para dar un punto de sutura, una rotación repetitiva para un enroscado y/o taladrado.

La figura 65 es una serie de ilustraciones fotográficas que muestran un control ilustrativo de una mano de dispositivo usando una posición de mano de usuario medida, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la posición y/o movimiento de las puntas de los dedos y el pulgar del usuario se captura usando una tecnología de captura de movimiento, en donde las posiciones capturadas se ilustran como círculos de color blanco en la imagen A.

En algunas realizaciones, una orientación y/o movimiento medido correlacionado de un avatar de herramienta sujeto por el usuario controla la orientación y/o movimiento de una herramienta de mano de dispositivo. En algunas realizaciones, un avatar de herramienta es un modelo en miniatura de la herramienta de mano de usuario. En algunas realizaciones, un avatar de herramienta incluye porciones que el usuario manipula con la mano agarrando al avatar, para accionar el avatar de herramienta: Por ejemplo, en algunas realizaciones, una herramienta de mano de tijeras es controlada por un usuario que sujeta un par de tijeras.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario sujeta un par de tijeras, el movimiento y/o apertura y cierre de las cuales son imitados por una herramienta de mano de tijeras de dispositivo (por ejemplo, usando una captura de movimiento de una o más partes de las tijeras). En algunas realizaciones, un avatar de herramienta de mano incluye marcadores y/o se reviste, al menos parcialmente, en material reflectante, por ejemplo, para ayudar a la captura de movimiento.

En algunas realizaciones, el avatar de herramienta de mano es parte del avatar de dispositivo, como se ha descrito anteriormente.

Opcionalmente, en algunas realizaciones, el avatar proporciona una realimentación de fuerza del tejido al usuario. Por ejemplo, un avatar de tijeras resiste la apertura y el cierre, correspondiente a la resistencia del tejido que está siendo cortado por unas tijeras de herramienta de mano de dispositivo. Por ejemplo, unas tijeras o un sujetador que realizan electrocirugía.

En algunas realizaciones, un avatar de herramienta proporciona una realimentación de fuerza a un usuario, por ejemplo, proporcionando información al usuario acerca de condiciones de herramienta de dispositivo. Por ejemplo, el dispositivo incluye uno o más sensores de presión, los datos a partir de los cuales se usan para proporcionar una realimentación, por ejemplo, a través de uno o más accionadores, a un usuario. Por ejemplo, en una realización ilustrativa, un avatar de tijeras proporciona resistencia a la apertura y el cierre, por un usuario, de las tijeras, reflejando la resistencia del tejido que está cortando una herramienta de mano de tijeras de dispositivo correspondiente.

### Generalidades

A pesar de que 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 materia. En consecuencia, se pretende abarcar todas aquellas alternativas, modificaciones y variaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

La citación o identificación de cualquier referencia en esta solicitud no se interpretará como una admisión de que tal referencia esté disponible como técnica anterior a la presente invención. En cuanto al uso de títulos de sección, no se deberían interpretar necesariamente como limitativos.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema quirúrgico que comprende:  
un dispositivo quirúrgico (4400) dimensionado y conformado para inserción en un cuerpo humano que comprende:  
al menos una extremidad articulada de dispositivo quirúrgico (104, 106, 4404, 4406, 4804), la extremidad que  
5 comprende:  
una porción de soporte (102, 103, 202, 4802, 3102);  
una primera porción flexible (108, 110, 208, 3108) doblable de forma separada acoplada a dicha porción de soporte;  
una segunda porción flexible (120, 122, 220, 3120), doblable de forma separada de dicha primera porción flexible y  
acoplada a dicha primera porción flexible;  
10 cada una de dicha primera y segunda porciones flexibles definen una articulación larga de dicha extremidad articulada;  
comprendiendo dicho dispositivo quirúrgico uno o más motores (4214) configurados para doblar dicha primera y dicha  
segunda porciones flexibles;  
dicho sistema quirúrgico que comprende además:  
un dispositivo de entrada (4200ip), en donde en uso dicho dispositivo quirúrgico esta configurado para ser colocado  
15 en una primera ubicación, y dicho dispositivo de entrada esta configurado para ser colocado en una segunda ubicación  
diferente;  
comprendiendo dicho dispositivo de entrada que al menos una extremidad articulada de dispositivo de entrada (4404ip,  
4406ip, 4804ip), la extremidad de dispositivo de entrada que comprende:  
un segmento de soporte (4802ip, 4902ip, 4902aip) que se conecta a y se extiende de una plataforma de dispositivo  
20 de entrada (4960);  
un primer segmento (4416ip, 4812ip, 4918ip, 4916ip) acoplado a dicho segmento de soporte por una primera  
articulación (4910ip, 4908);  
un segundo segmento (4424ip, 4816ip, 4924ip, 4926) acoplado a dicho primer segmento por una segunda articulación  
(4820ip, 4920ip, 4922ip); y  
25 al menos un sensor (4210) configurado para medir un primer ángulo de dispositivo de entrada ( $\alpha$ ) entre dicho primer  
segmento y dicho segmento de soporte y para medir un segundo ángulo de dispositivo de entrada ( $\beta$ ) entre dicho  
primer segmento y dicho segundo segmento; y  
un procesador (4216) configurado para:  
30 recibir una señal de dicho al menos un sensor, y generar y enviar al menos una señal de control de motor para dar  
instrucciones a dicho uno o más motores:  
en donde comprende cada una de dicha primera y segunda porciones flexibles que definen dichas articulaciones  
largas de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico múltiples enlaces dispuestos con espacios de aire  
(2799, 2899) entre los enlaces secuenciales; cada porción flexible es doblable solo en un único plano de doblado;  
35 en donde dichas primera y segunda articulaciones de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada  
comprenden, cada una, una articulación de pivote;  
en donde dicho procesador correlaciona dicha primera articulación de pivote de dicha extremidad articulada de  
dispositivo de entrada con dicha primera sección flexible de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico, y  
dicha segunda articulación de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada con dicha segunda sección flexible  
40 de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico; dicha correlación comprende generar una señal que da  
instrucciones a dicha unidad de motor para:  
doblar dicha primera porción flexible a un primer ángulo de dispositivo quirúrgico ( $\alpha'$ ) que se ajusta a escala en relación  
con, o es similar a, dicho primer ángulo de dispositivo de entrada medido en dicha primera articulación de pivote; y  
doblar dicha segunda porción flexible a un segundo ángulo de dispositivo quirúrgico ( $\beta'$ ) que se ajusta a escala en  
45 relación con, o es similar a, dicho segundo ángulo de dispositivo de entrada medido en dicha segunda articulación de  
pivote;  
se define dicho primer y segundo ángulos de dispositivo quirúrgico entre las tangentes del eje largo de dichas  
porciones flexibles en los extremos de las porciones flexibles; y



en donde dicho segmento de soporte, dicho primer segmento y dicho segundo segmento de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada son cada uno rotatorios alrededor del eje largo del segmento;

en donde se acopla secuencialmente cada una de dicha porción flexible de extremidad articulada de dispositivo quirúrgico doblable y rotatoria de forma independiente, y se acopla secuencialmente cada uno de dicho segmento de extremidad de dispositivo de entrada doblable y rotatorio de forma independiente;

en donde el movimiento de la primera porción flexible y la segunda porción flexible es controlable independientemente;

en donde cada una de las porciones flexibles son rotatorias de forma independiente alrededor de un eje largo de porción flexible correspondiente,

en donde

cada porción flexible es flexible y doblable de forma independiente, en donde la flexión y rotación alrededor de un eje largo de porción flexible de cada porción flexible se puede controlar simultáneamente.

2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1,

en donde dicho al menos un sensor se configura para:

medir la rotación de dicho primer segmento alrededor de un primer eje largo de segmento; y

medir la rotación de dicho segundo segmento alrededor de un segundo eje largo de segmento;

en donde dicho uno o más motores se configuran para rotar dicha primera porción flexible alrededor de un primer eje largo de porción flexible y para rotar dicha segunda porción flexible alrededor de un segundo eje largo de porción flexible;

en donde dicha señal de control da instrucciones a dicho uno o más motores:

para rotar dicha primera porción flexible basándose en dicha rotación medida de dicho primer segmento; y

para rotar dicha segunda porción flexible basándose en dicha rotación medida de dicho segundo segmento.

3. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde dicho al menos un sensor es un sensor de movimiento unido a dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada.

4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho al menos un sensor comprende:

un primer sensor configurado para medir dicho primer ángulo de dispositivo de entrada; y

un segundo sensor configurado para medir dicho segundo ángulo de dispositivo de entrada.

5. El sistema de la reivindicación 4, en donde dicho primer sensor se configura para medir la rotación de dicho primer segmento alrededor de un primer eje largo de segmento; y

en donde dicho segundo sensor se configura para medir la rotación de dicho segundo segmento alrededor de un segundo eje largo de segmento.

6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dicho al menos un sensor comprende:

un tercer sensor configurado para medir la rotación de dicho primer segmento alrededor de un primer eje largo de segmento; y

un cuarto sensor configurado para medir la rotación de dicho segundo segmento alrededor de un segundo eje largo de segmento.

7. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6,

en donde dicha primera porción flexible es doblable en un primer plano de doblado único y

en donde dicha segunda porción flexible es doblable en un segundo plano de doblado único.

- 5 8. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde dicho primer segmento es doblable con respecto a dicho segmento de soporte en un primer plano de doblado único de articulación alrededor de dicha primera articulación;

en donde dicho segundo segmento es doblable con respecto a dicho primer segmento en un segundo plano de doblado único de articulación alrededor de dicha segunda articulación.

- 10 9. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde dicho dispositivo quirúrgico comprende una herramienta (4424) acoplada a dicha segunda porción flexible;

En donde el accionamiento de dicha herramienta se controla por uno o más interfaces de usuario en dicho dispositivo de entrada (4462).

- 15 10. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, comprendiendo una primera (4404ip) y segunda (4406ip) extremidad de dispositivo de entrada y una primera y segunda extremidad de dispositivo quirúrgico, en donde

20 dicha primera extremidad de dispositivo de entrada controla dicha primera extremidad de dispositivo quirúrgico (4404), de acuerdo con la reivindicación 1 y en donde dicha segunda extremidad de dispositivo de entrada controla dicha segunda extremidad de dispositivo quirúrgico (4406), de acuerdo con la reivindicación 1.

- 25 11. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde una relación entre un espesor de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico y un espesor de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada esta en el intervalo de 1:0,5 a 1:3.

12. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde una longitud de cada una de dichas porciones flexible a lo largo del eje largo de porción flexible es al menos 4 veces una amplitud máxima de dicha porción flexible perpendicular a dicho eje largo.

- 30 13. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde dicha primera articulación de pivote de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada y dicha primera sección flexible de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico se pueden doblar el mismo ángulo;

dicha segunda articulación de pivote de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada y dicha segunda sección flexible de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico se pueden doblar el mismo ángulo.

- 35 14. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde porciones de dicha extremidad articulada de dispositivo quirúrgico corresponden con segmentos de dicha extremidad articulada de dispositivo de entrada y tienen los mismos grados de libertad.

- 40 15. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde dicho primero y segundo articulaciones de dicho dispositivo de entrada comprende cada uno dos soportes, incluyendo un soporte externo que puede pivotar alrededor del soporte interno.

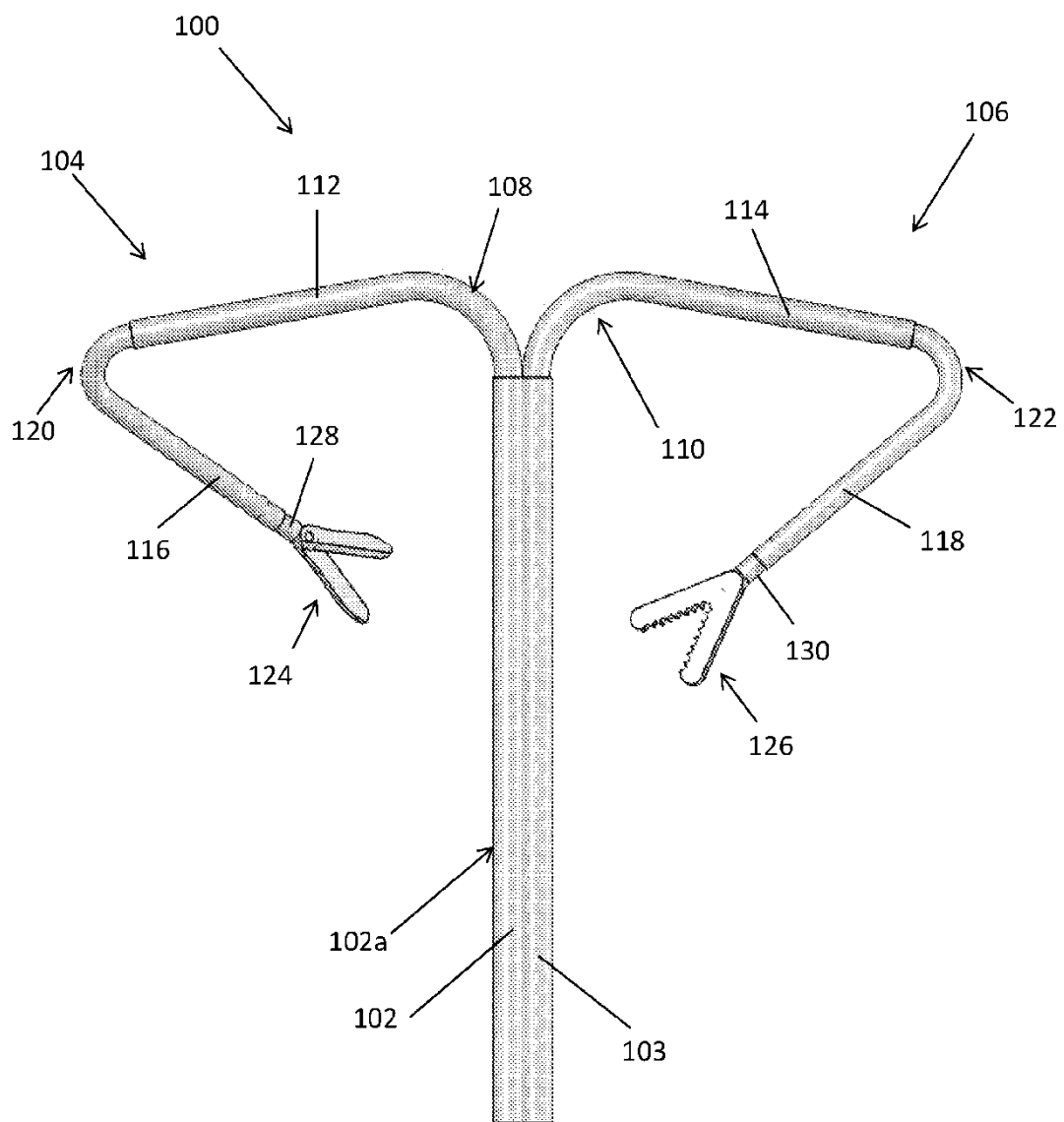


FIG. 1A

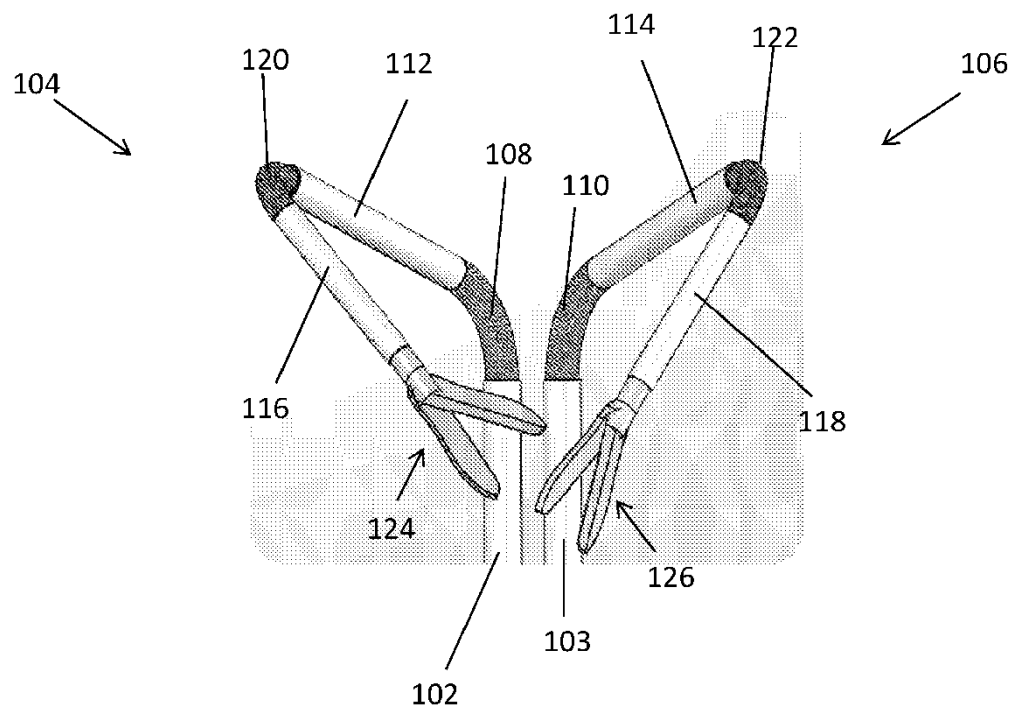


FIG. 1B

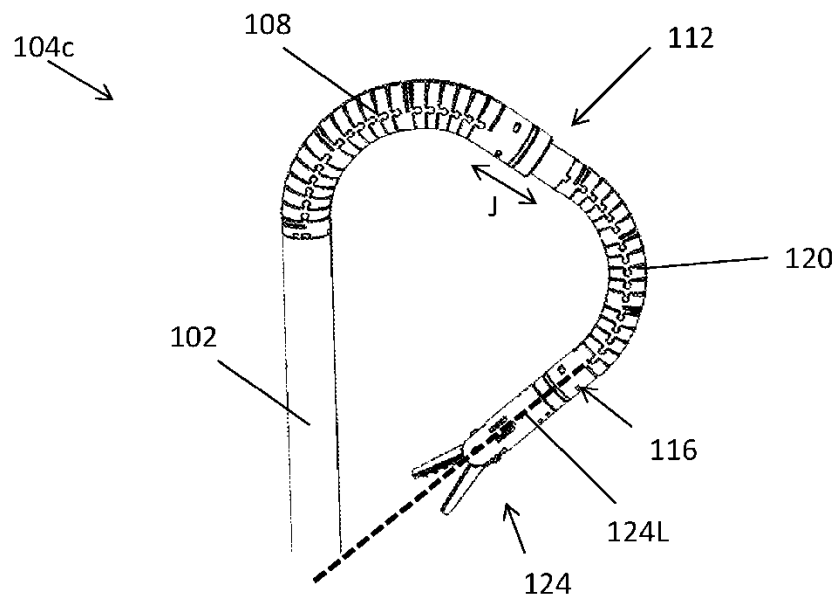


FIG. 1C

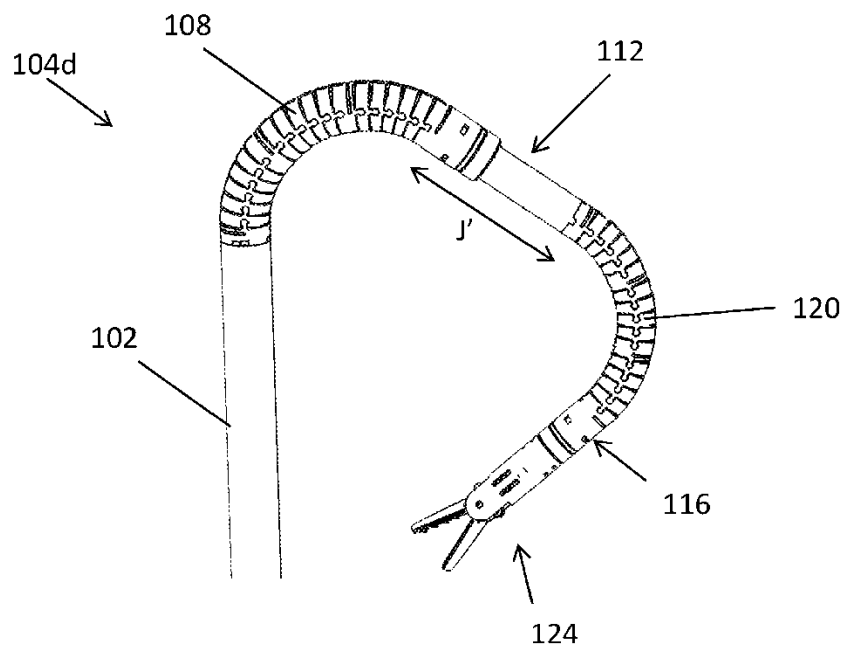


FIG. 1D

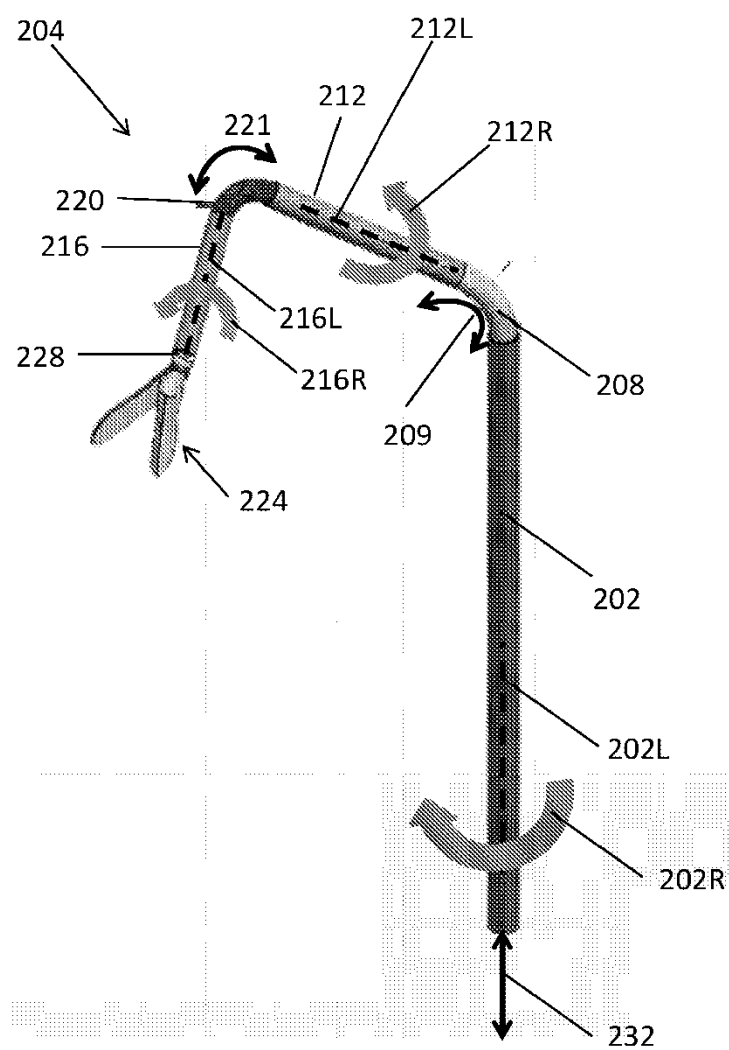


FIG. 2A

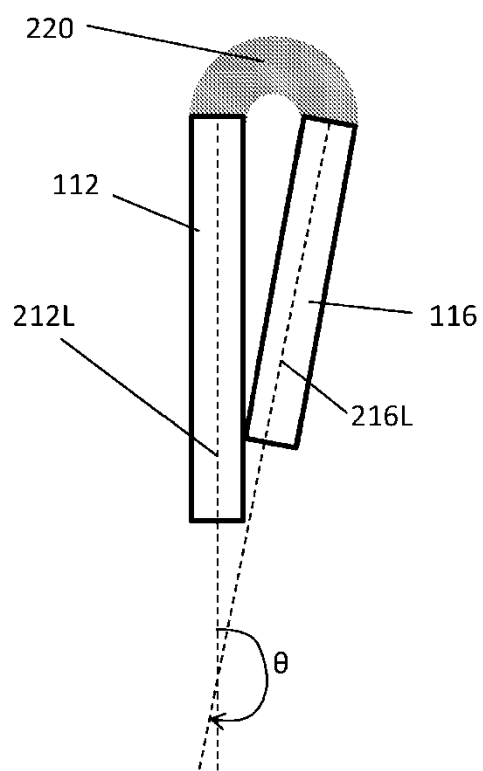


FIG. 2B

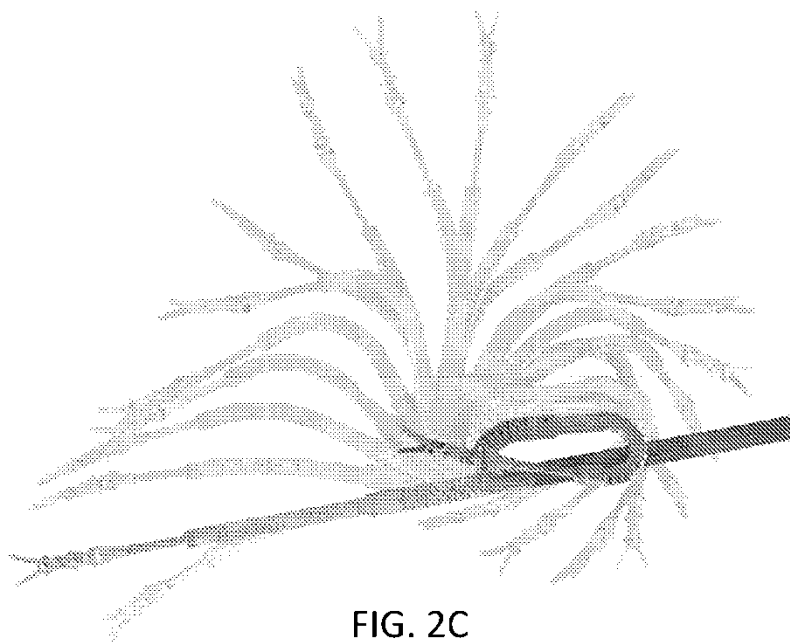


FIG. 2C

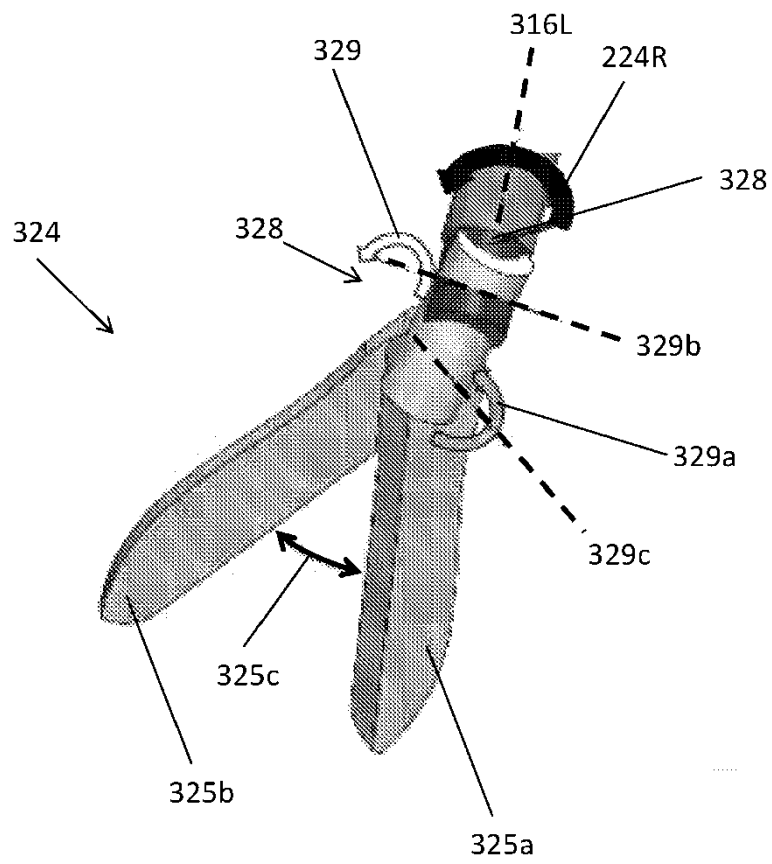


FIG. 3



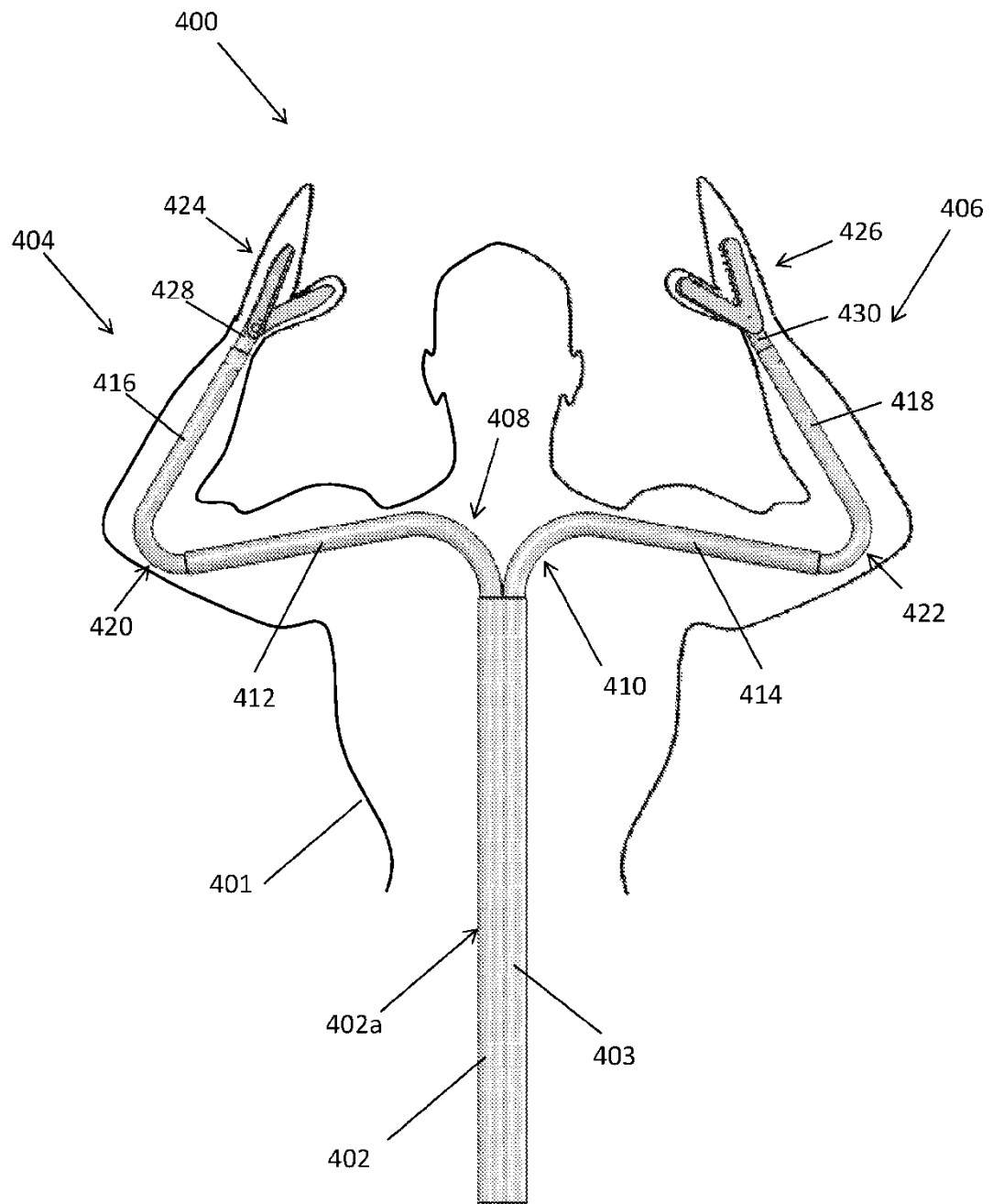


FIG. 4A

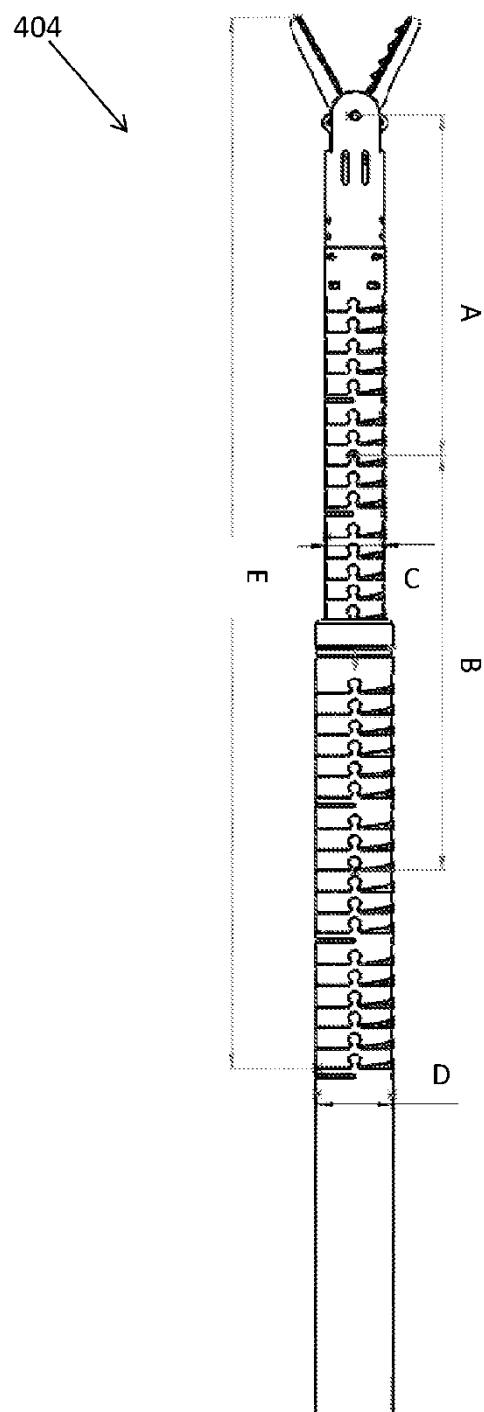


FIG. 4B

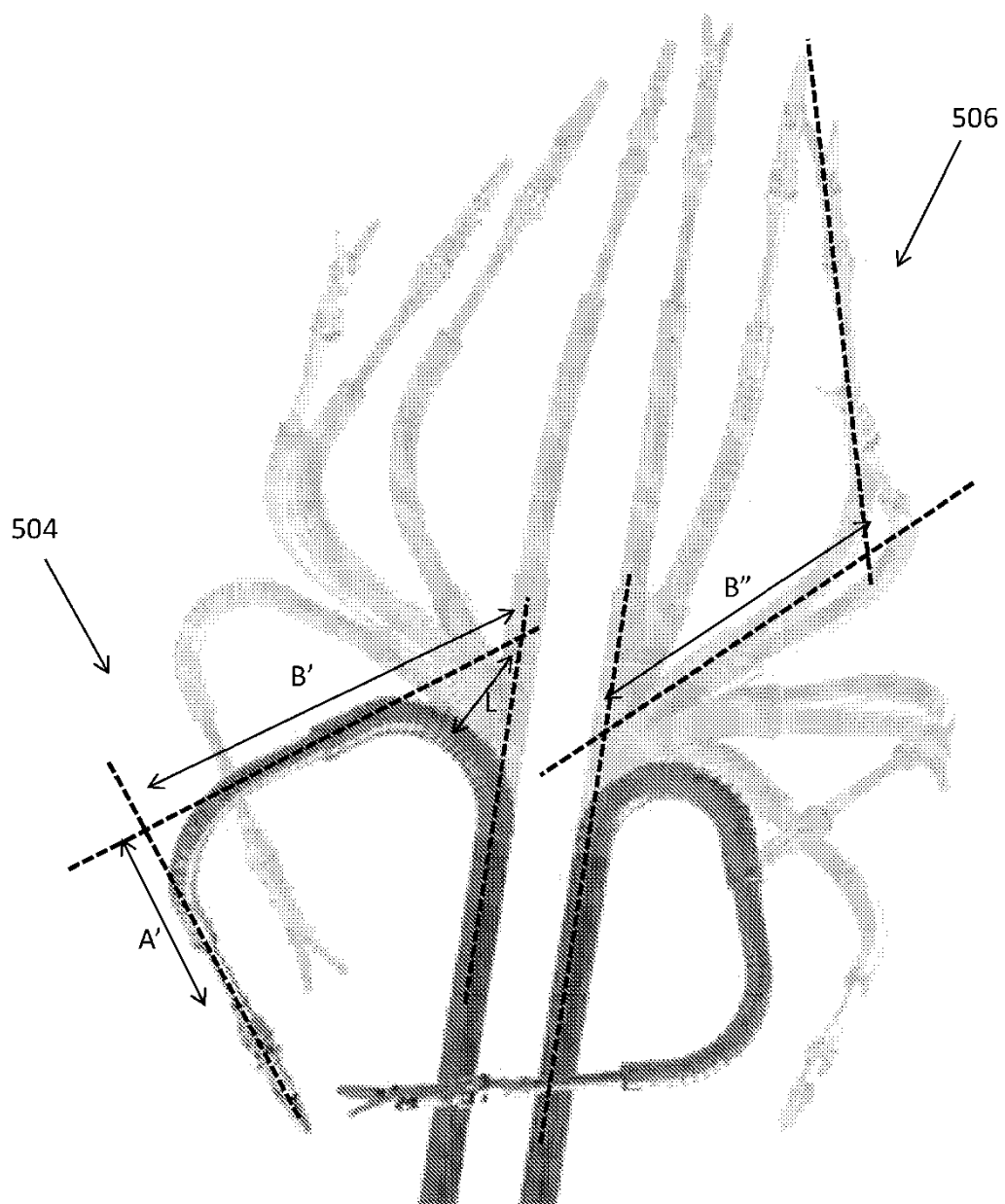


FIG. 5A

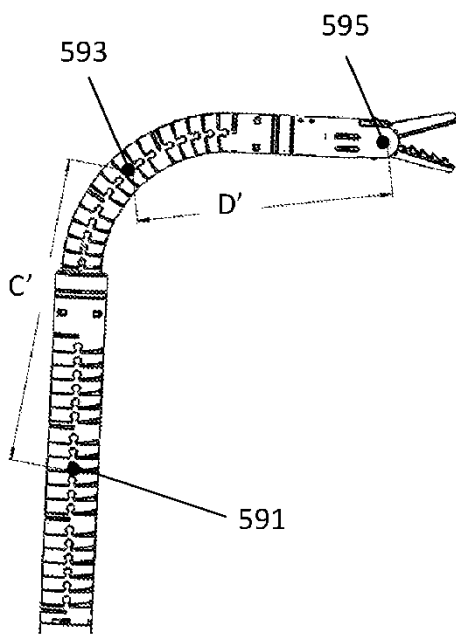


FIG. 5B

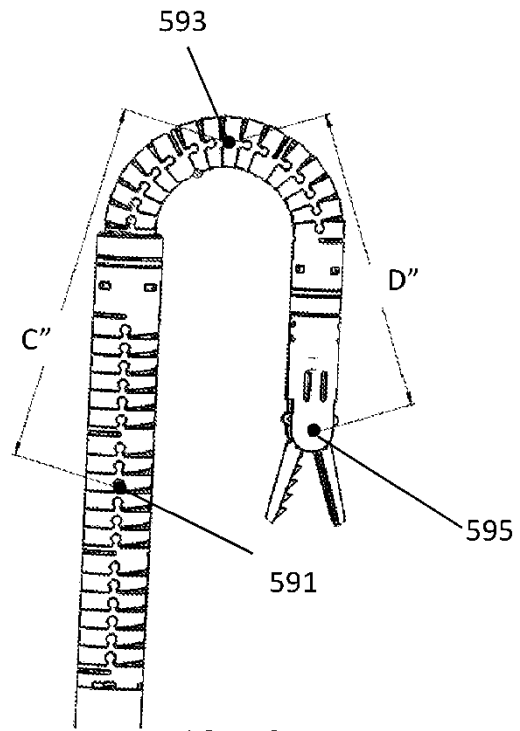


FIG. 5C

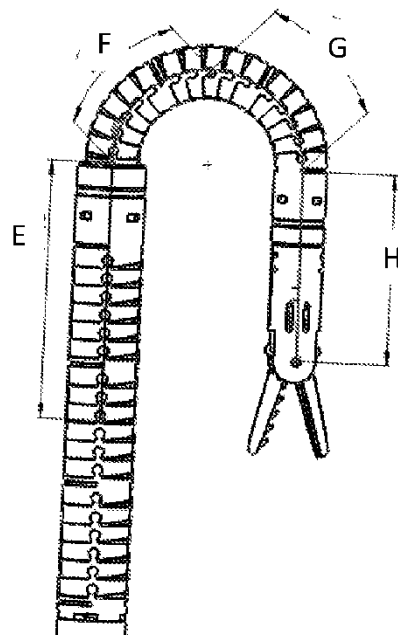


FIG. 5D

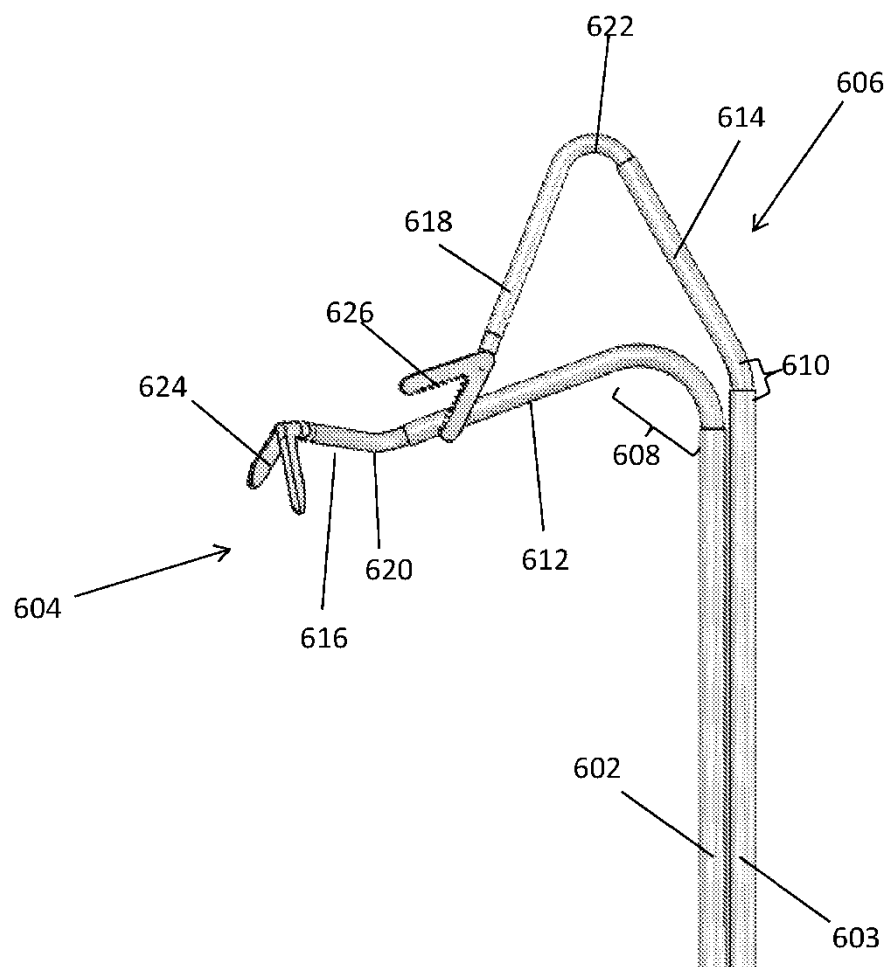


FIG. 6

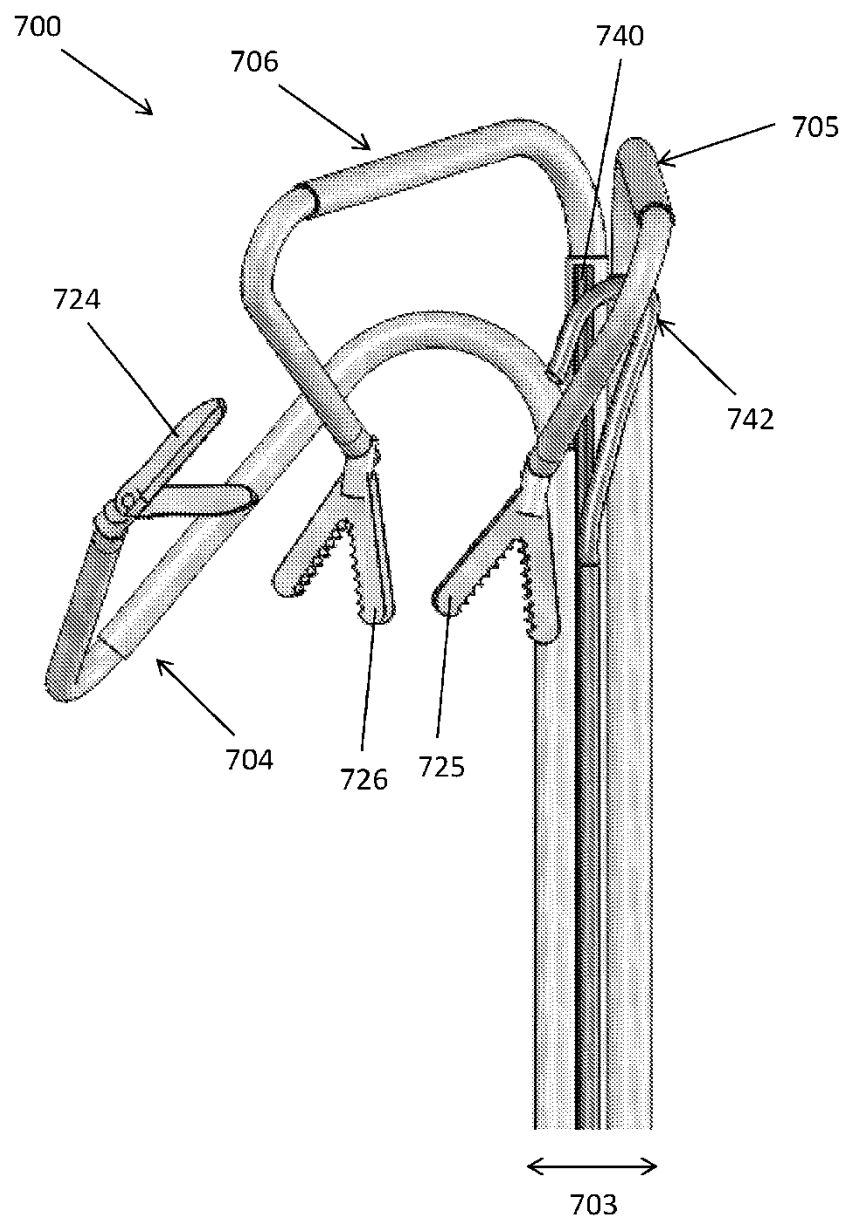


FIG. 7

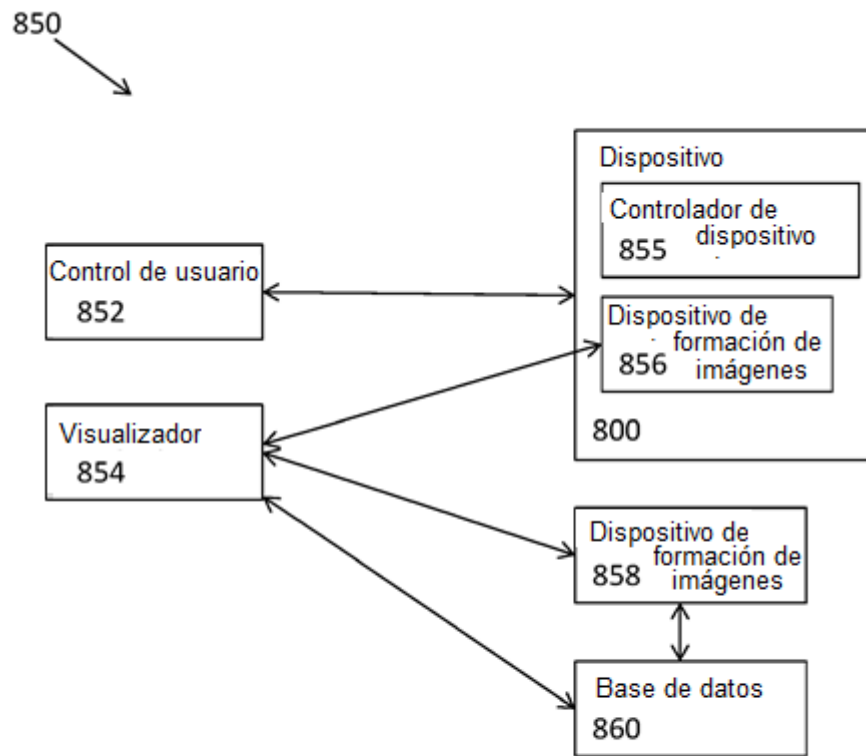


FIG. 8

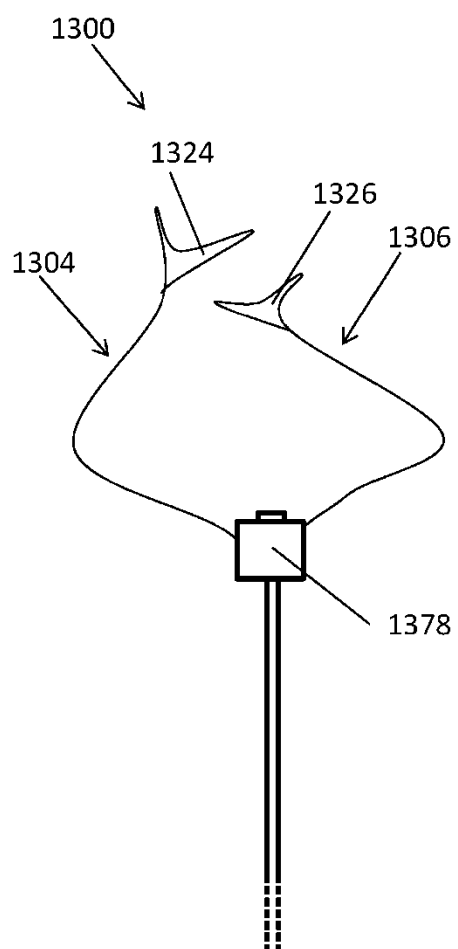


FIG. 9A

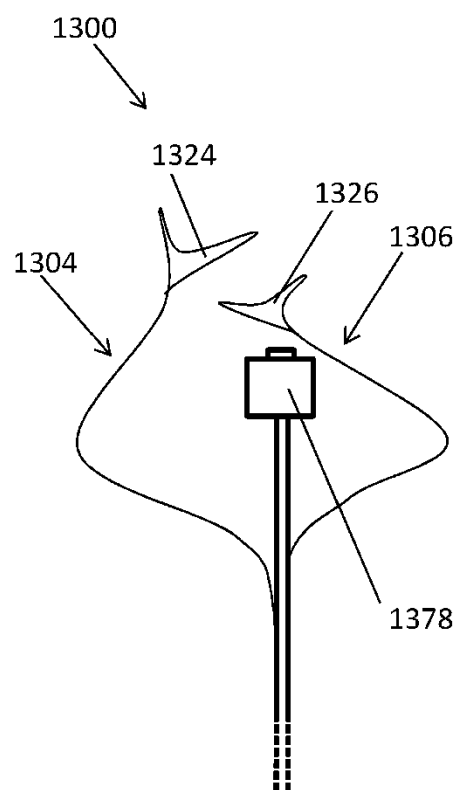


FIG. 9B



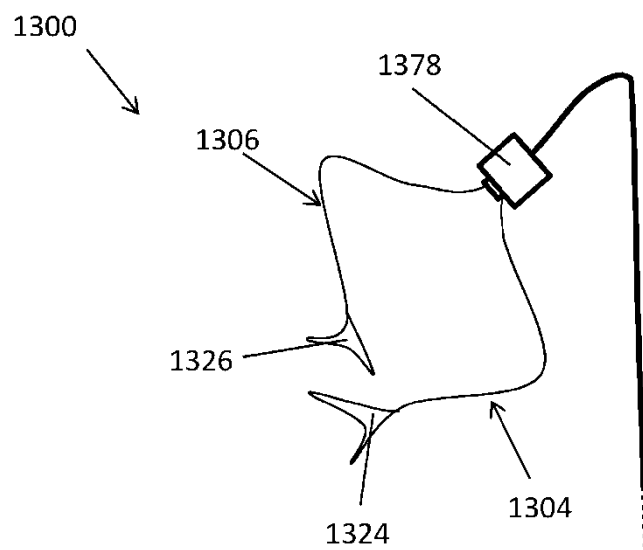


FIG. 9C

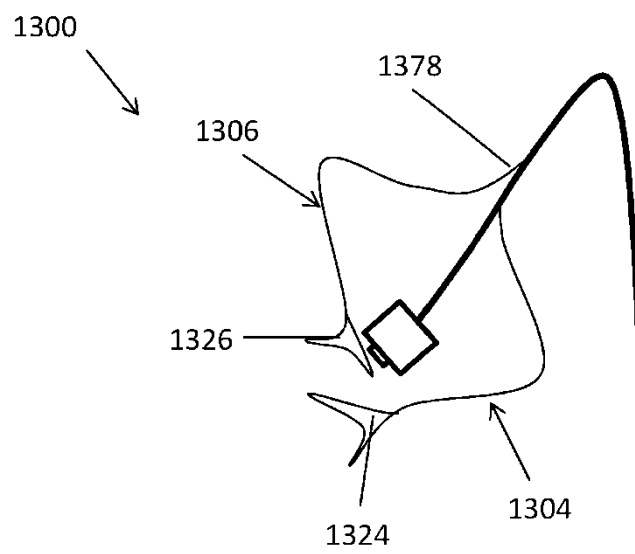


FIG. 9D

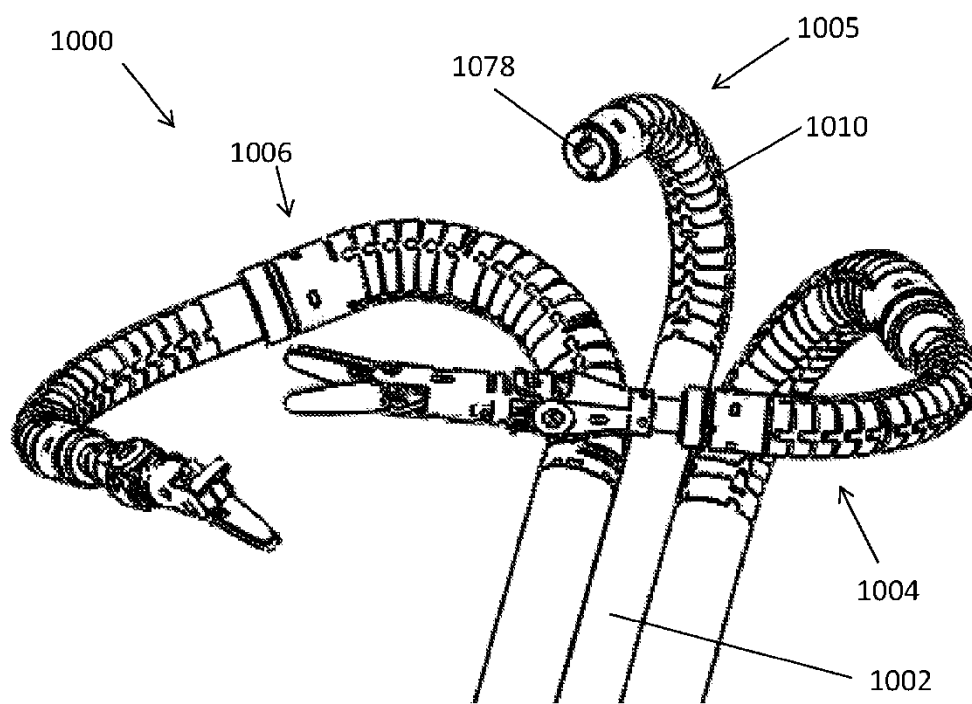


FIG. 10A

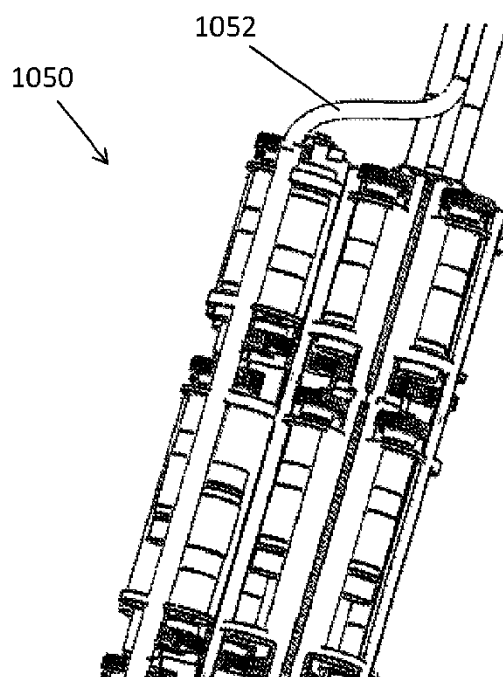


FIG. 10B

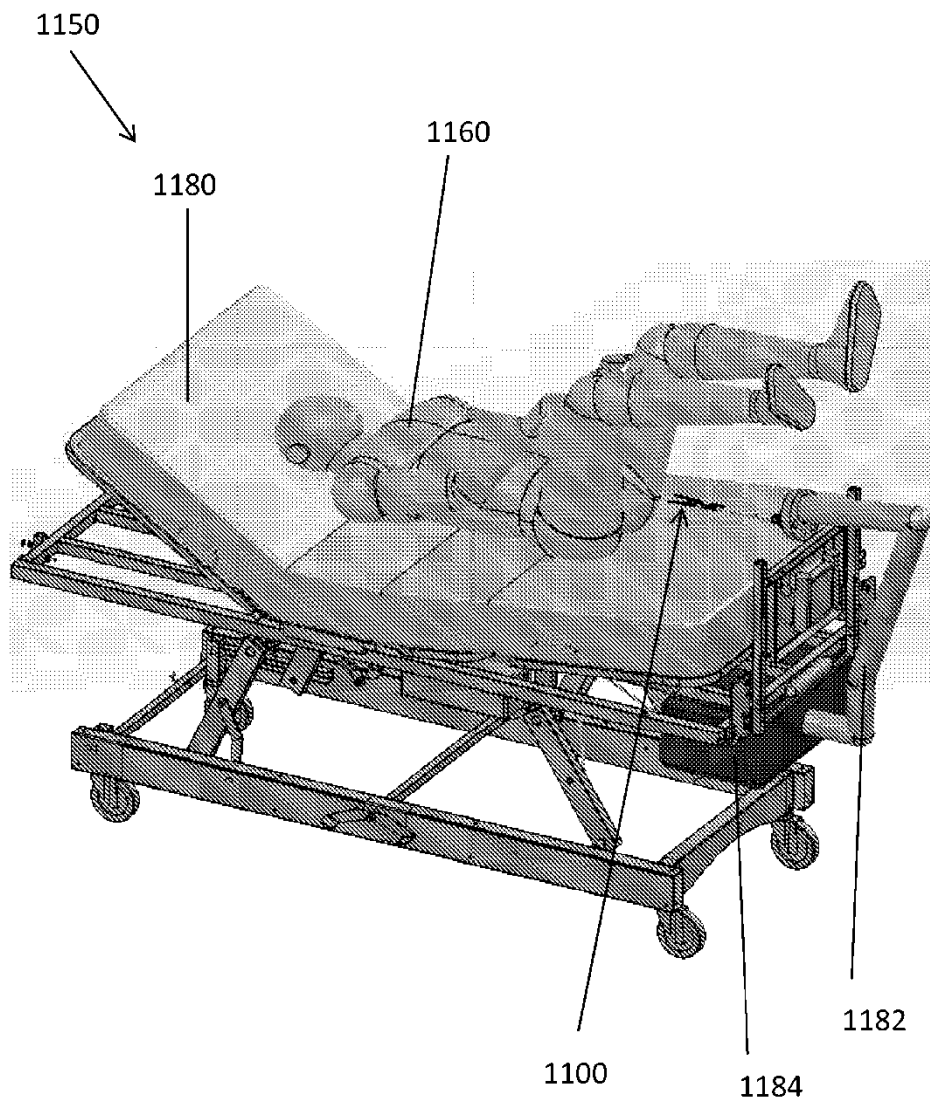


FIG. 11A

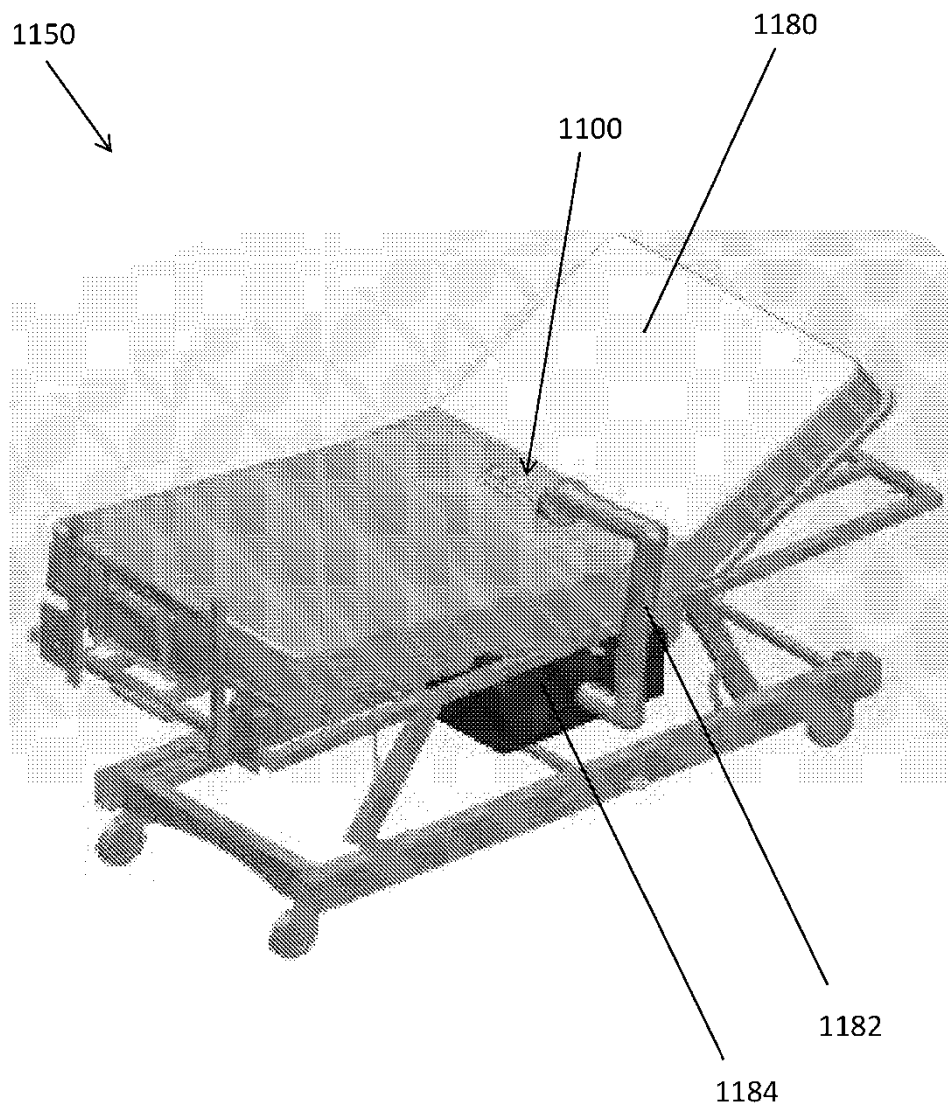


FIG. 11B

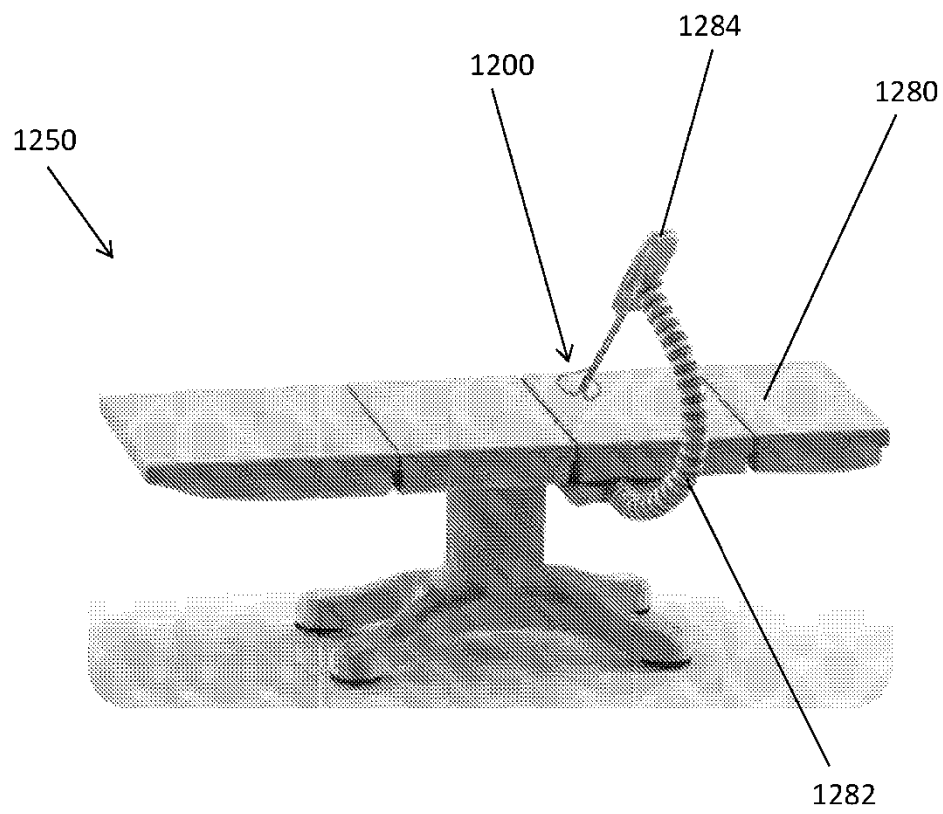


FIG. 12

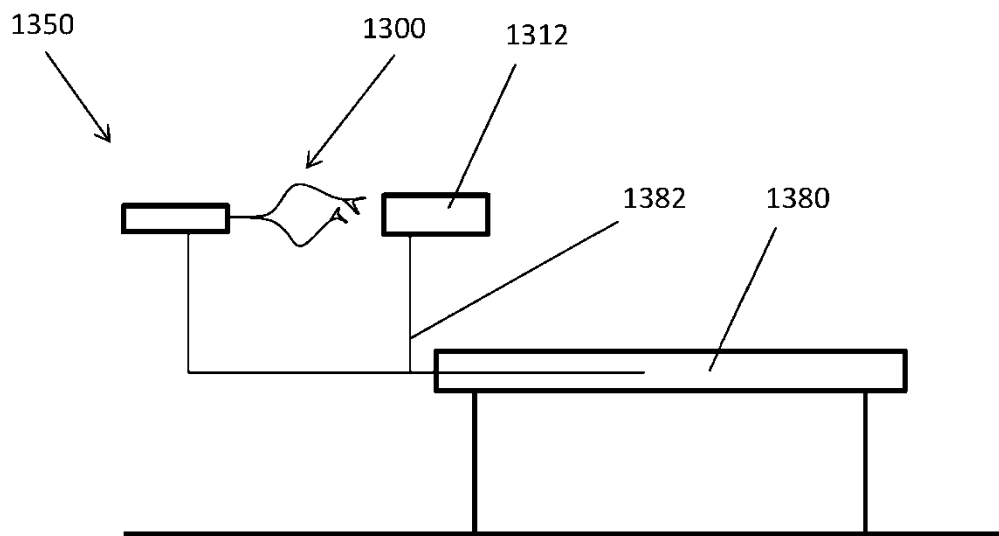


FIG. 13

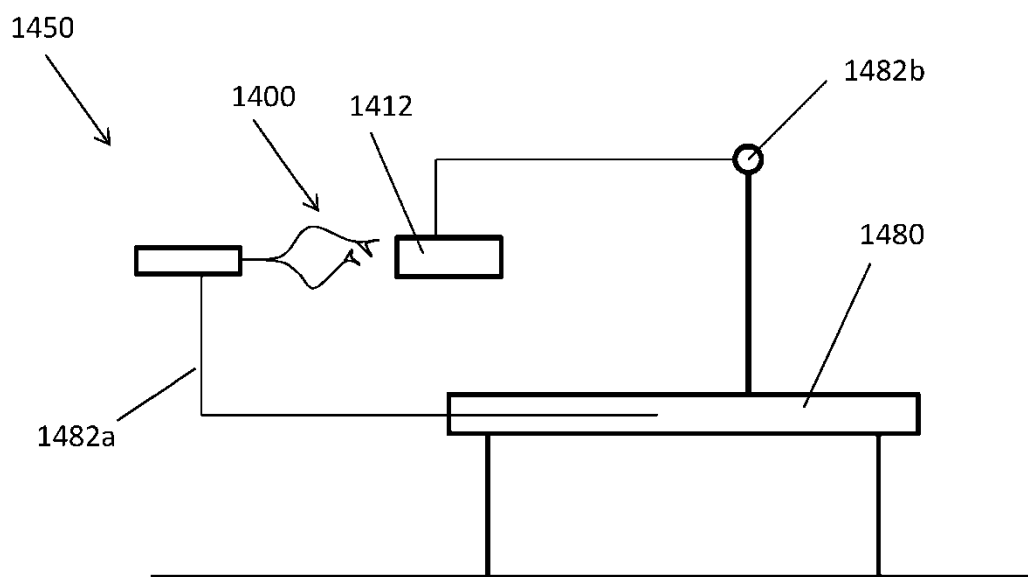


FIG. 14

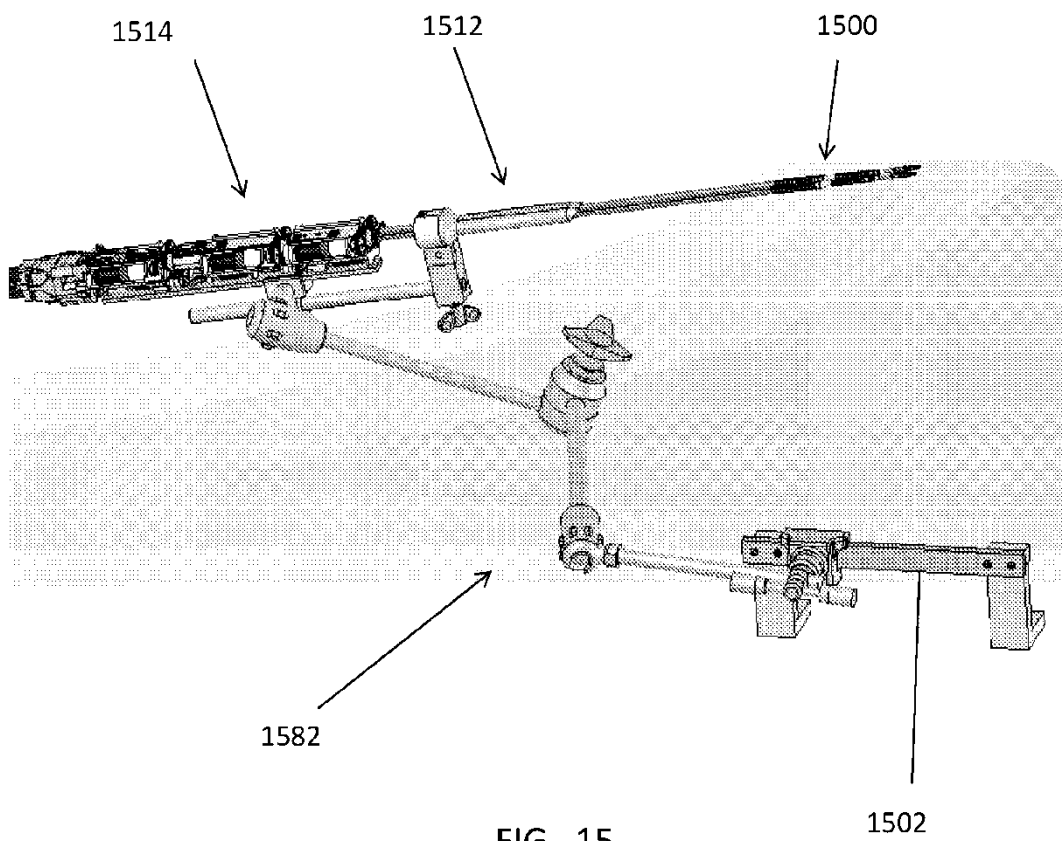


FIG. 15

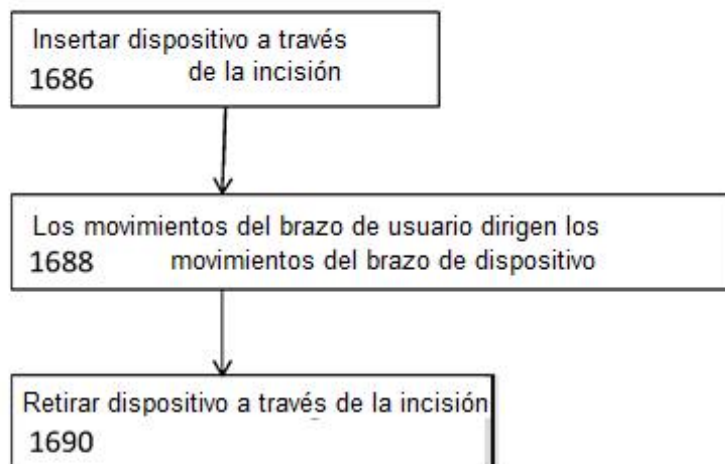


FIG. 16

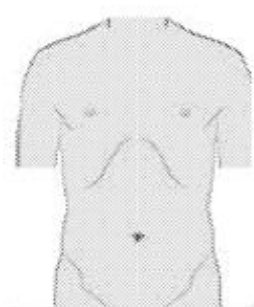


FIG. 17A

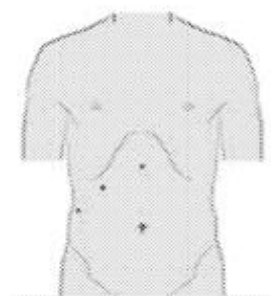


FIG. 17B

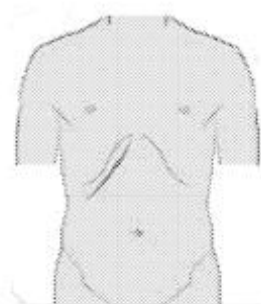


FIG. 17C



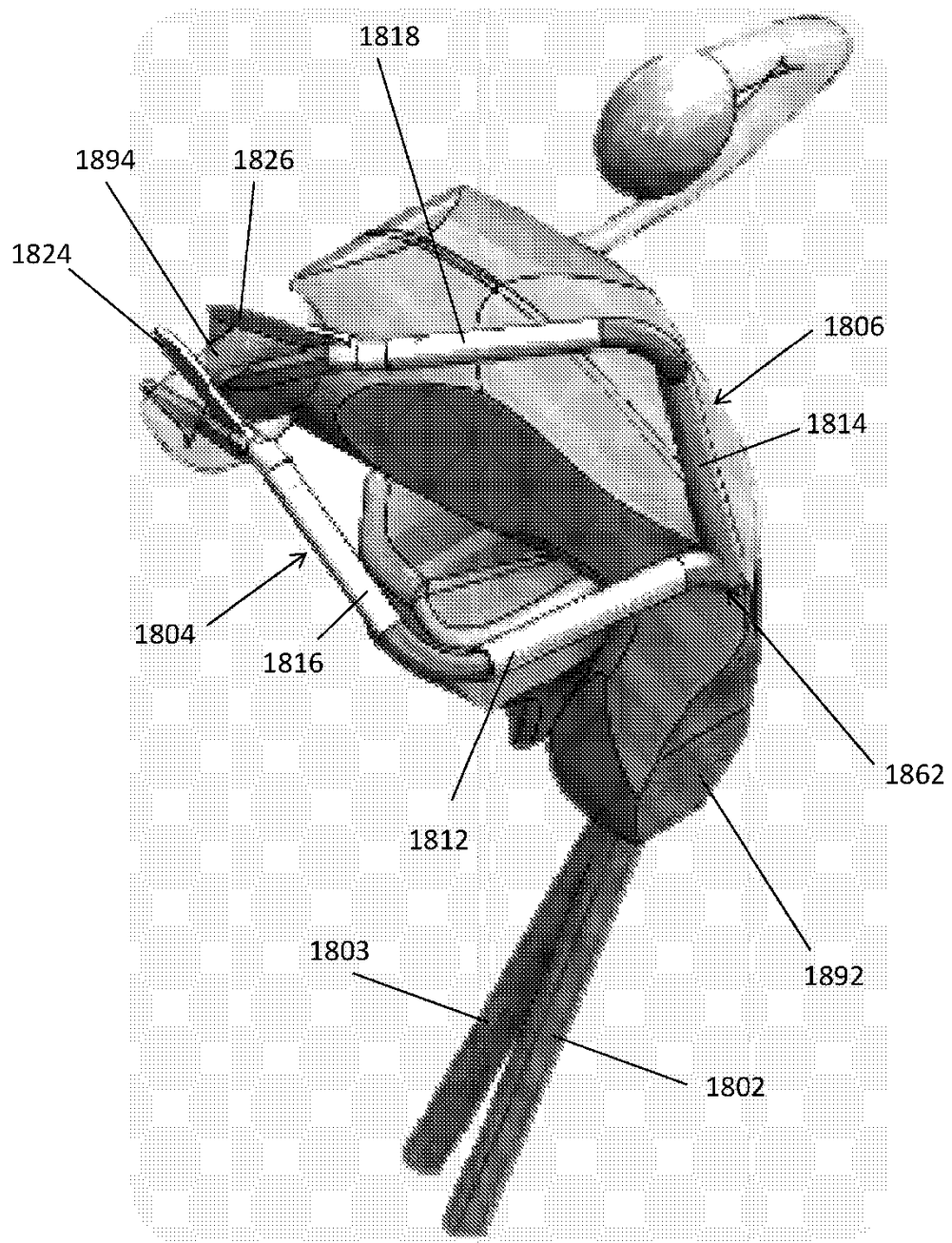


FIG. 18

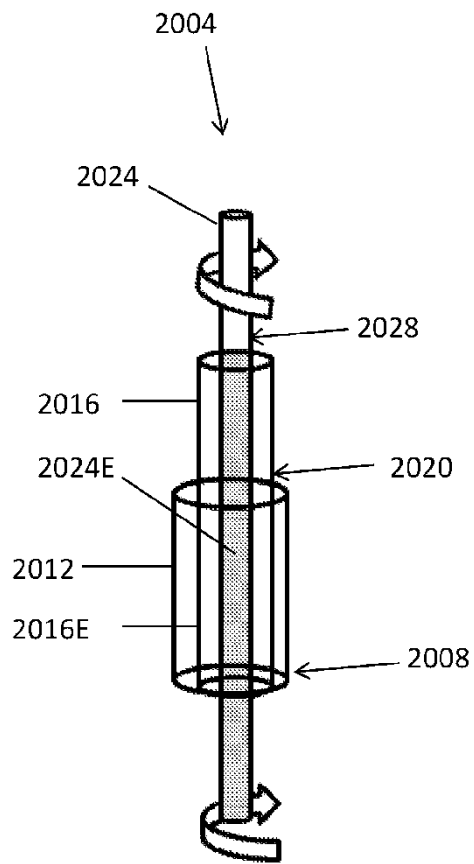


FIG. 19

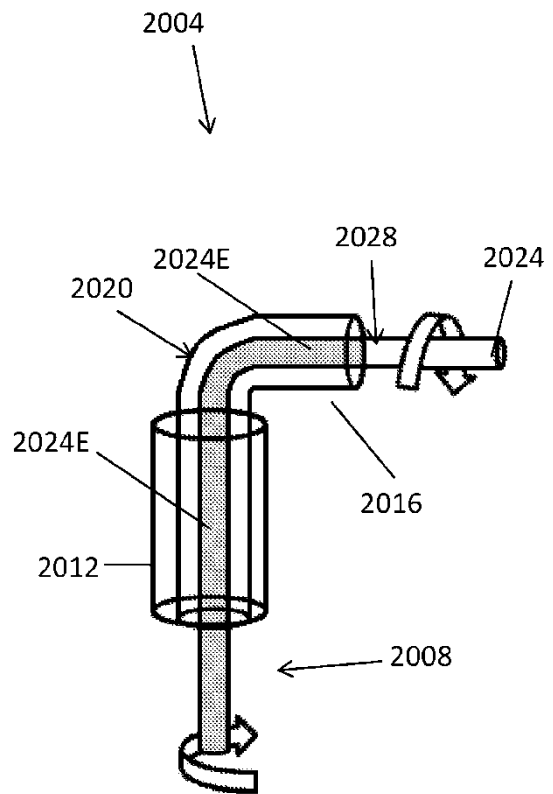


FIG. 20

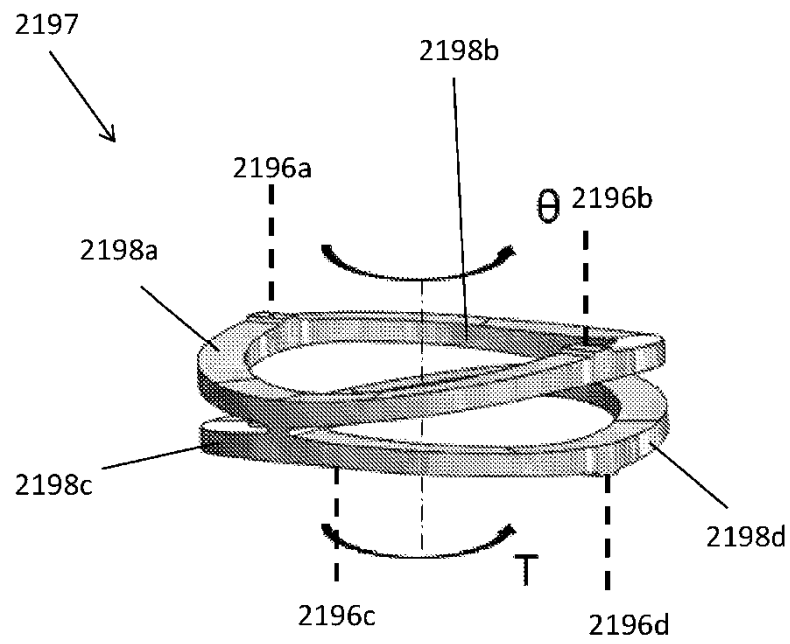


FIG. 21

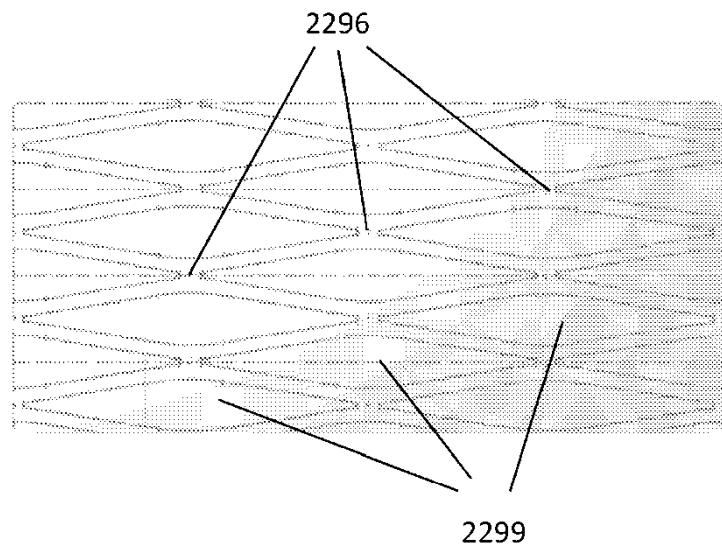


FIG. 22

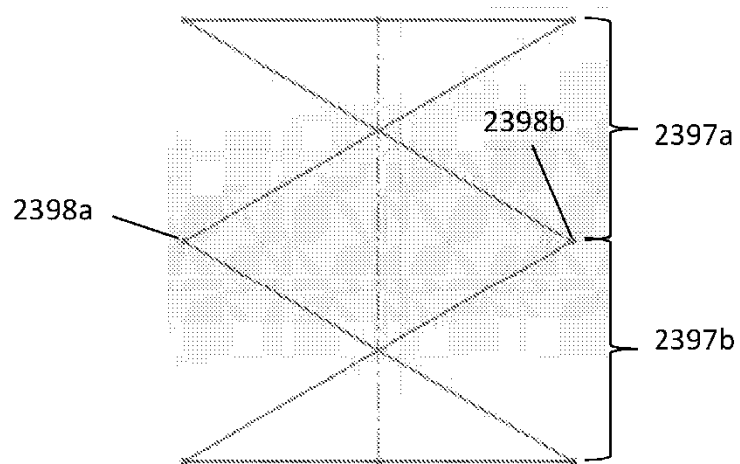


FIG. 23

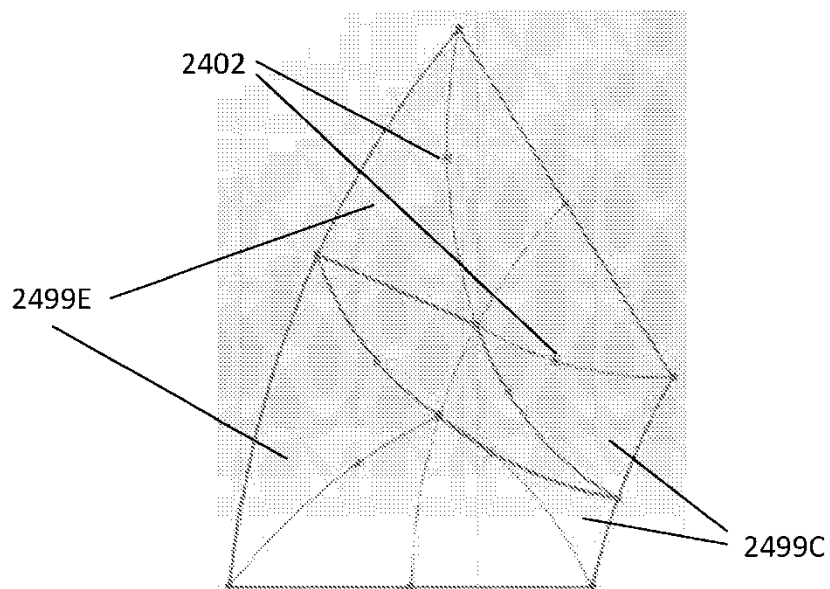


FIG. 24

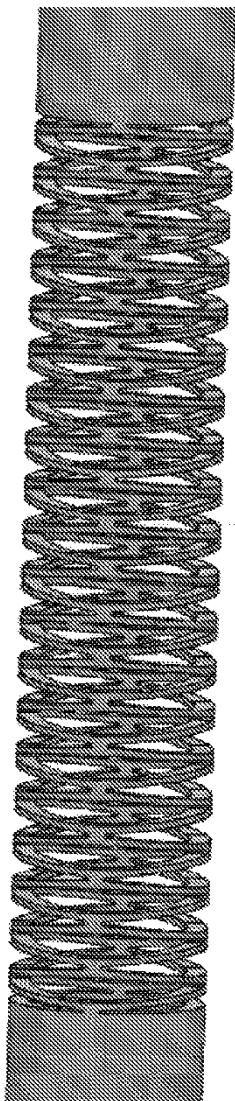


FIG. 25



FIG. 26

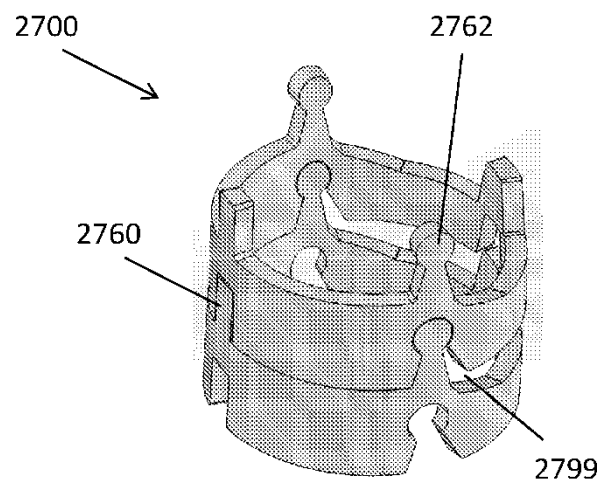


FIG. 27

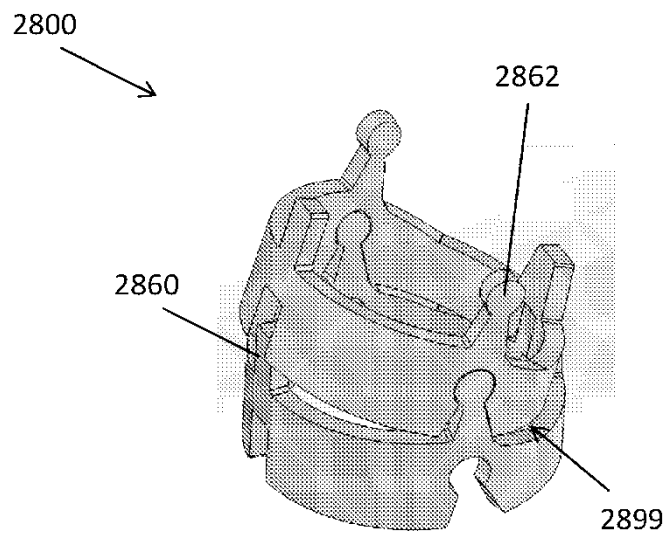


FIG. 28

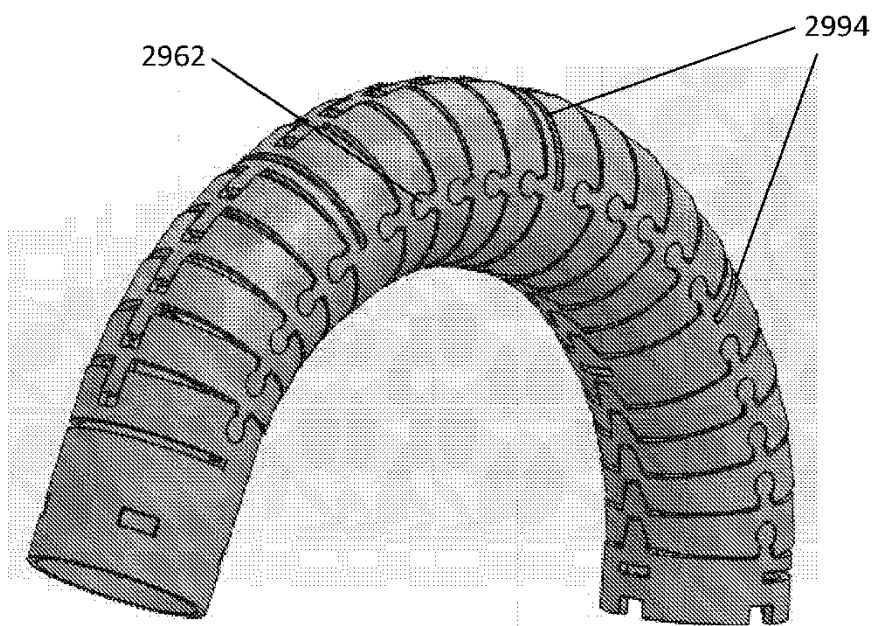


FIG. 29

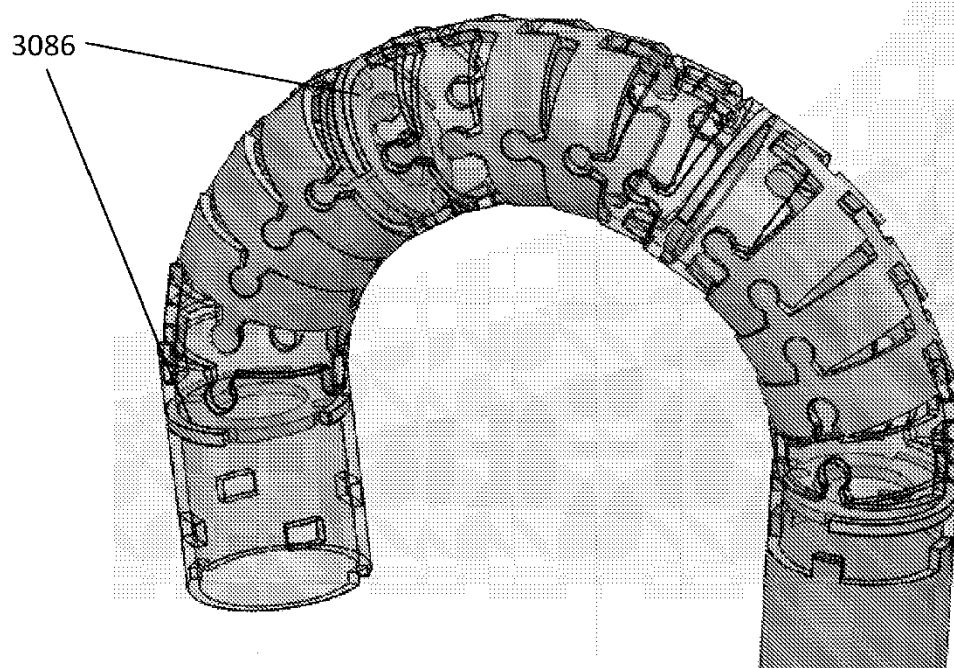


FIG. 30

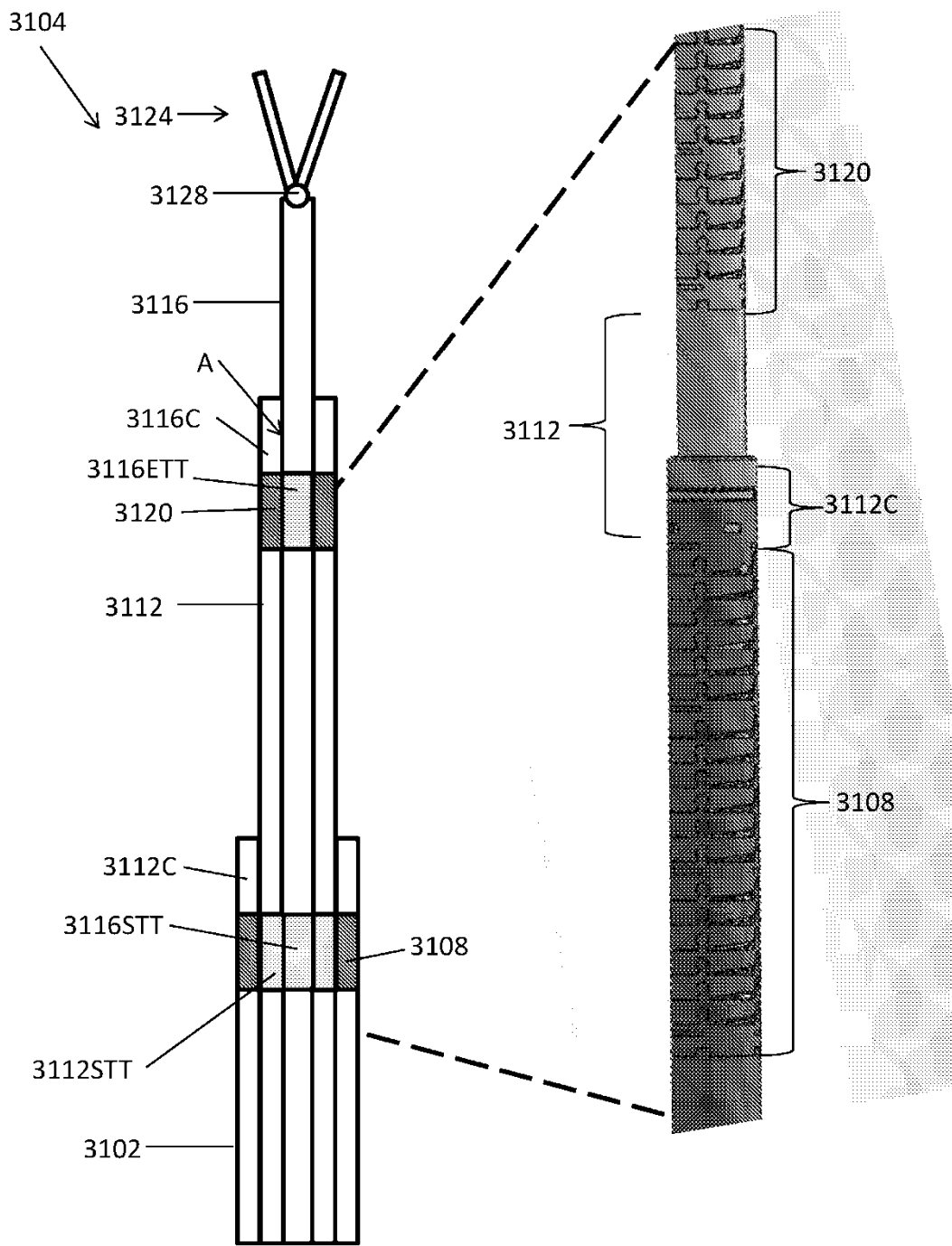


FIG. 31A

FIG. 31B



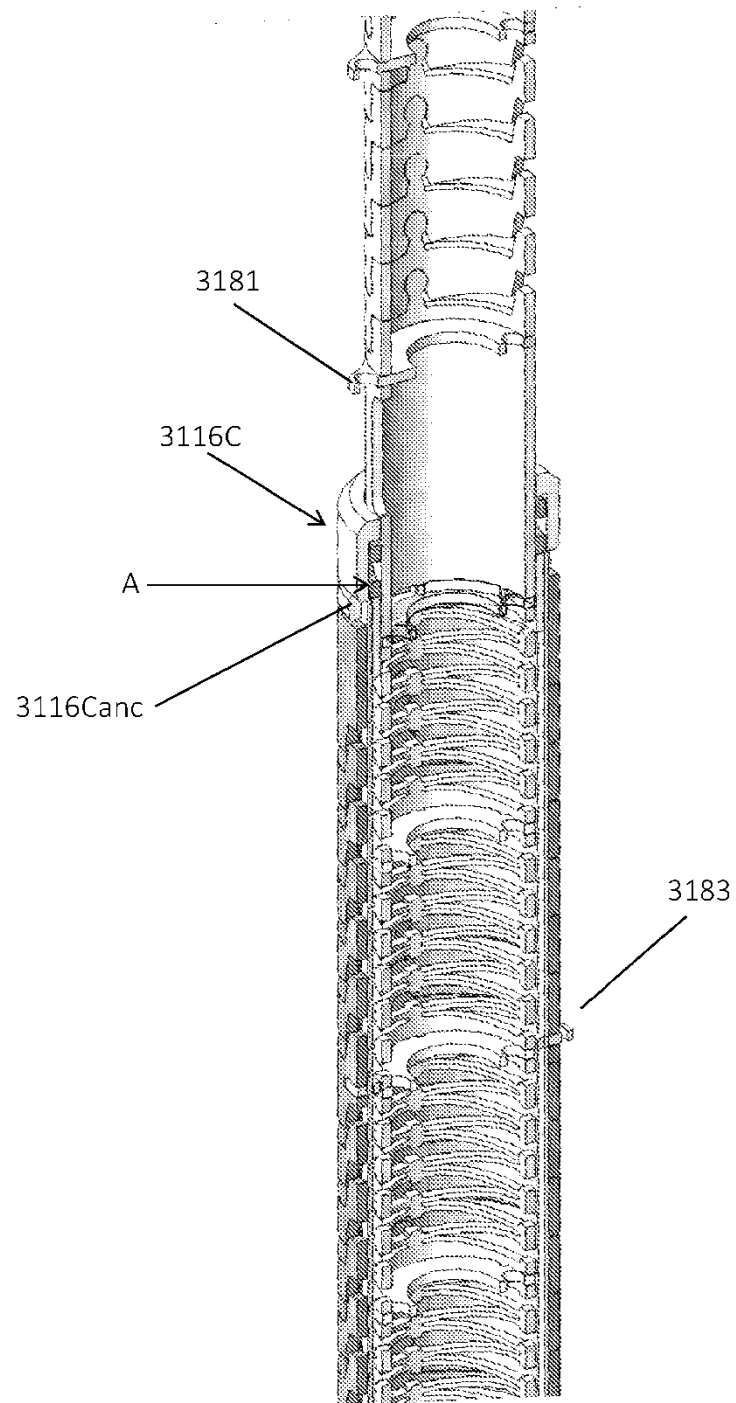
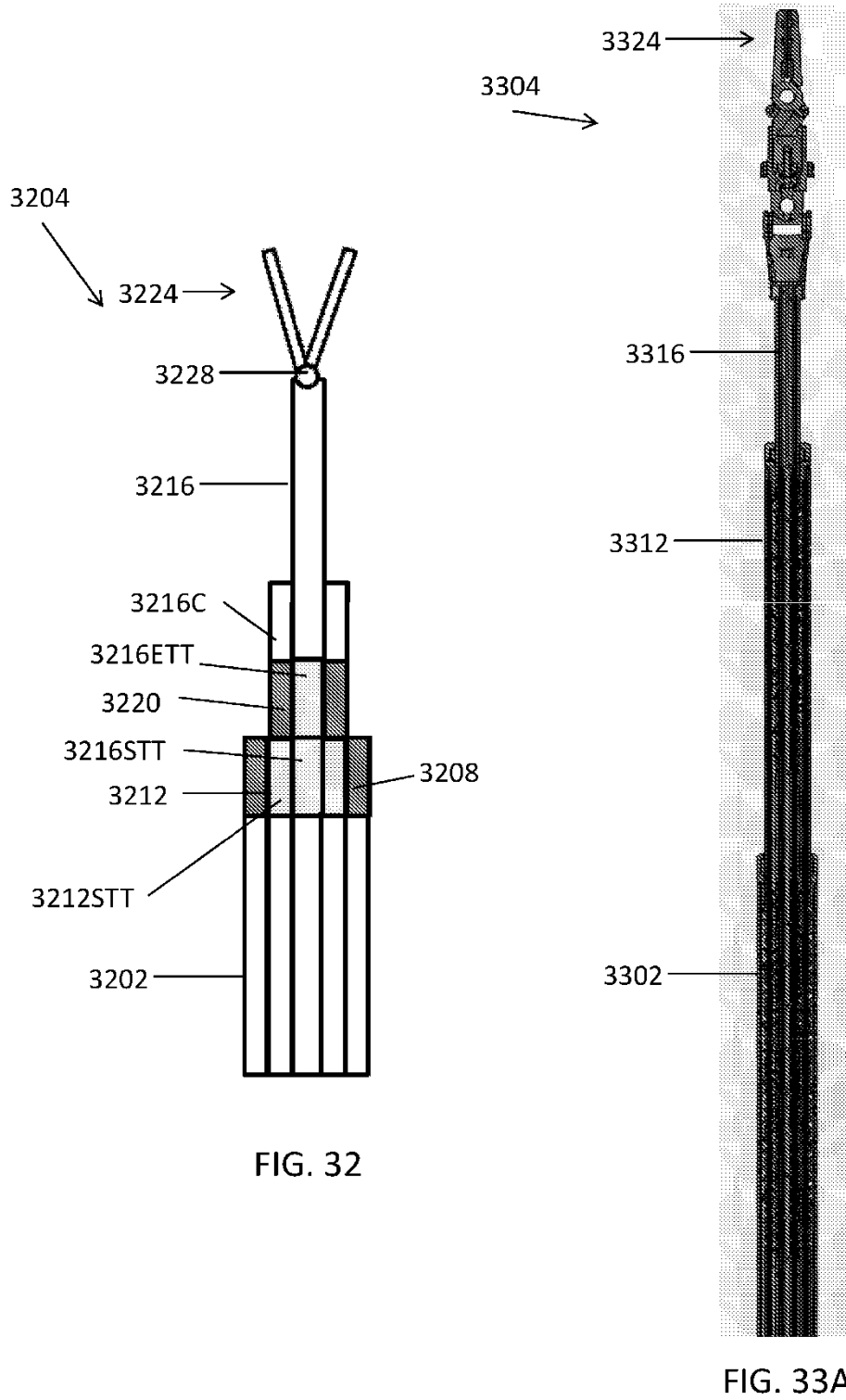


FIG. 31C



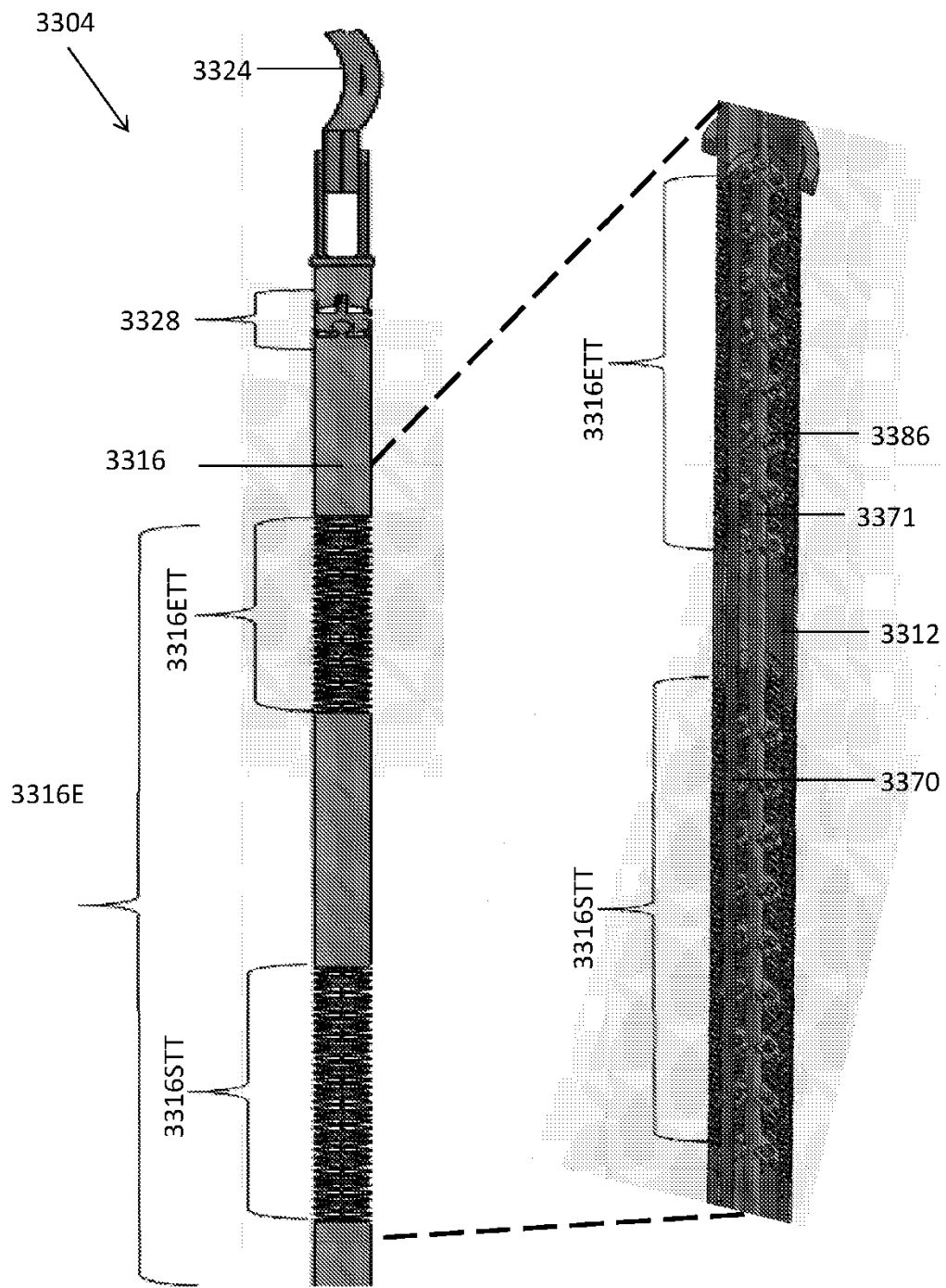
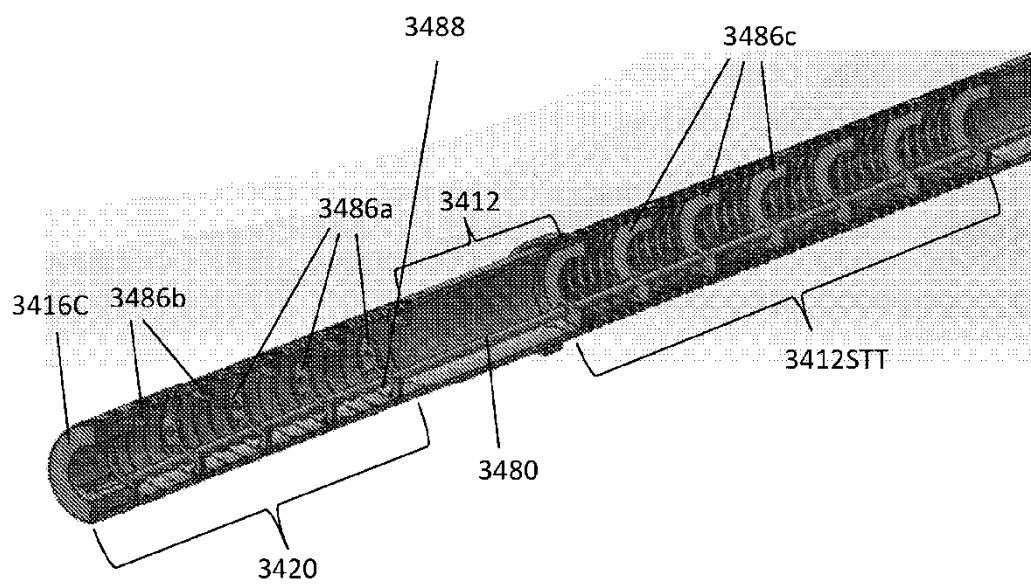
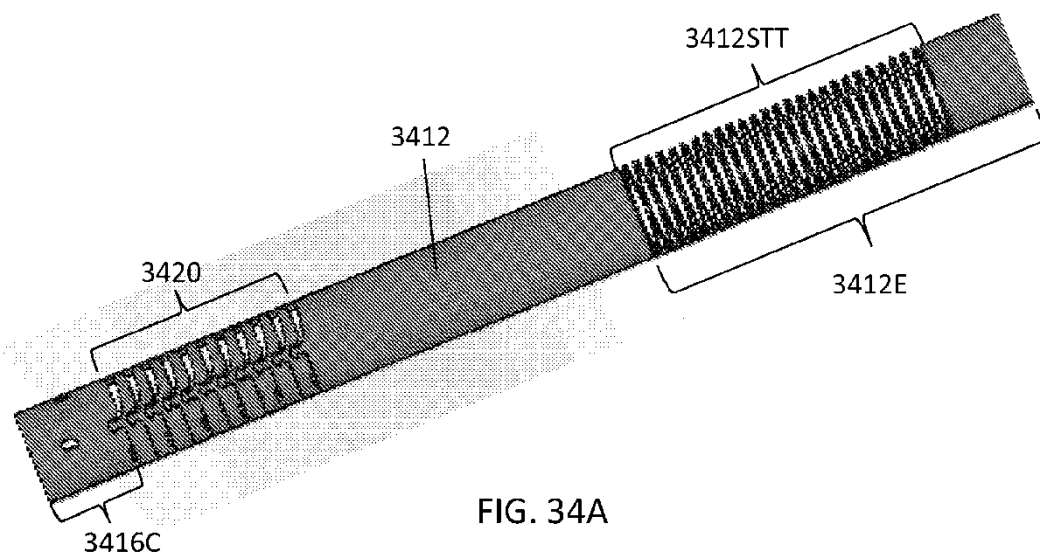


FIG. 33B

FIG. 33C



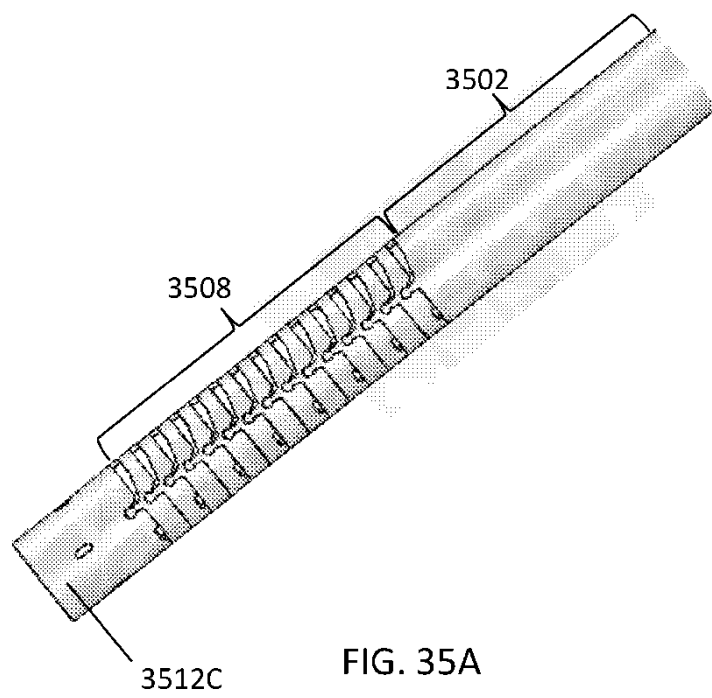


FIG. 35A

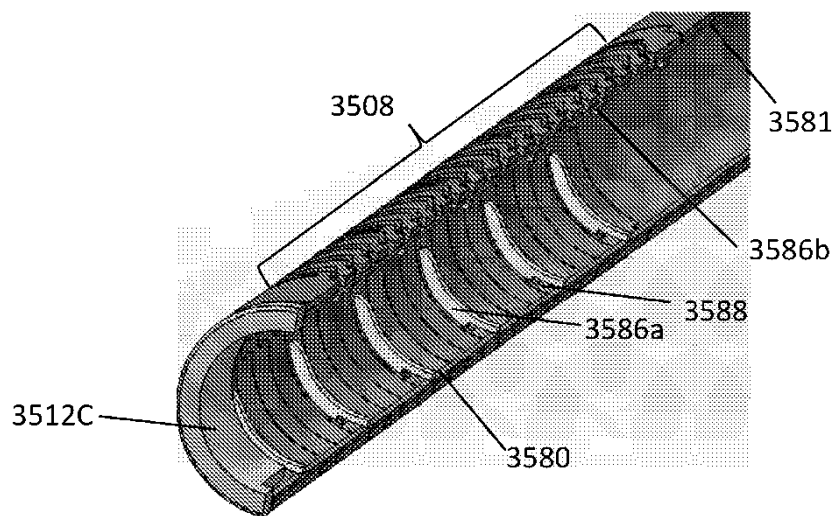
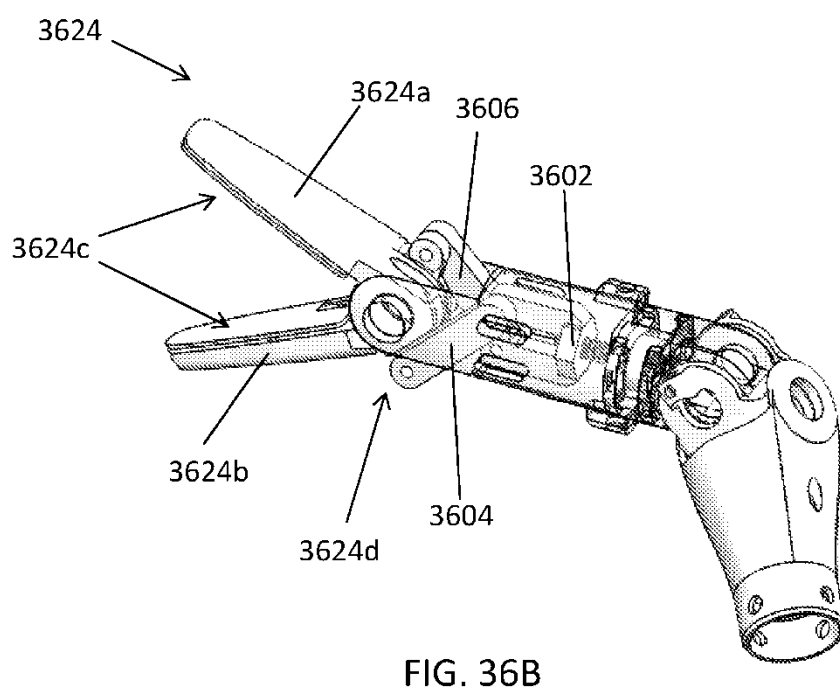
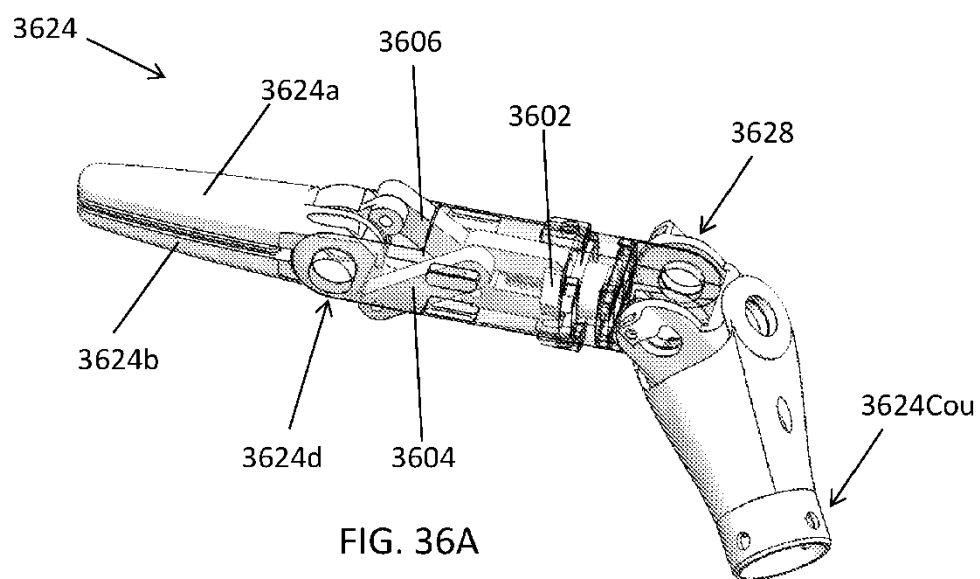


FIG. 35B



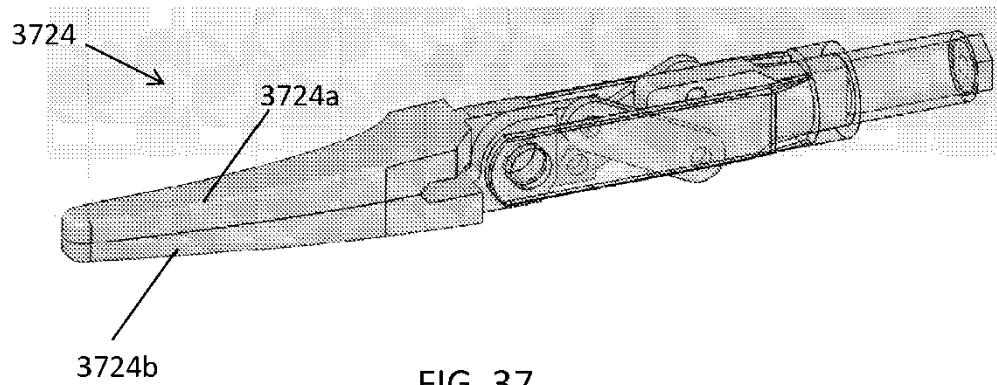


FIG. 37

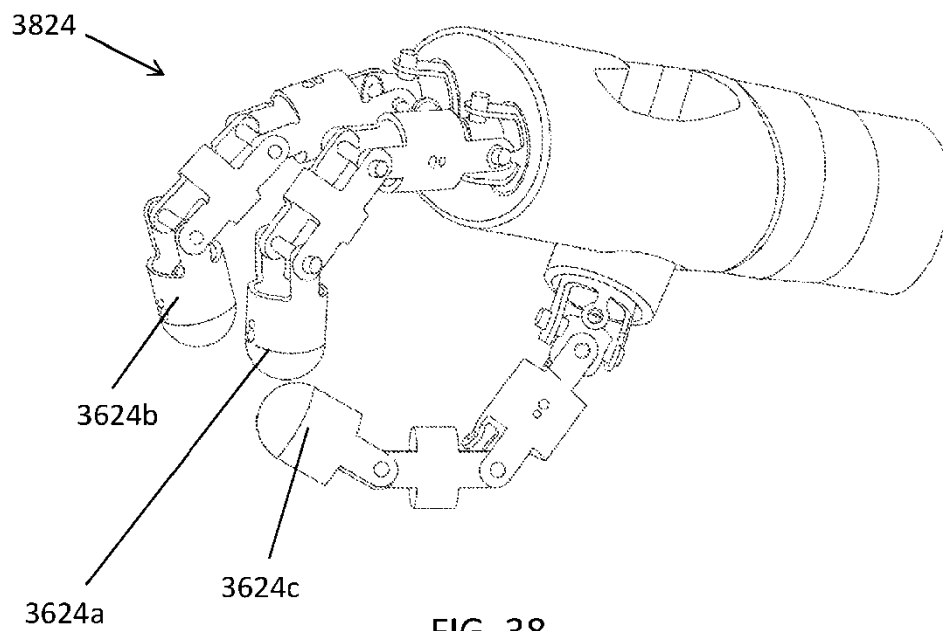


FIG. 38

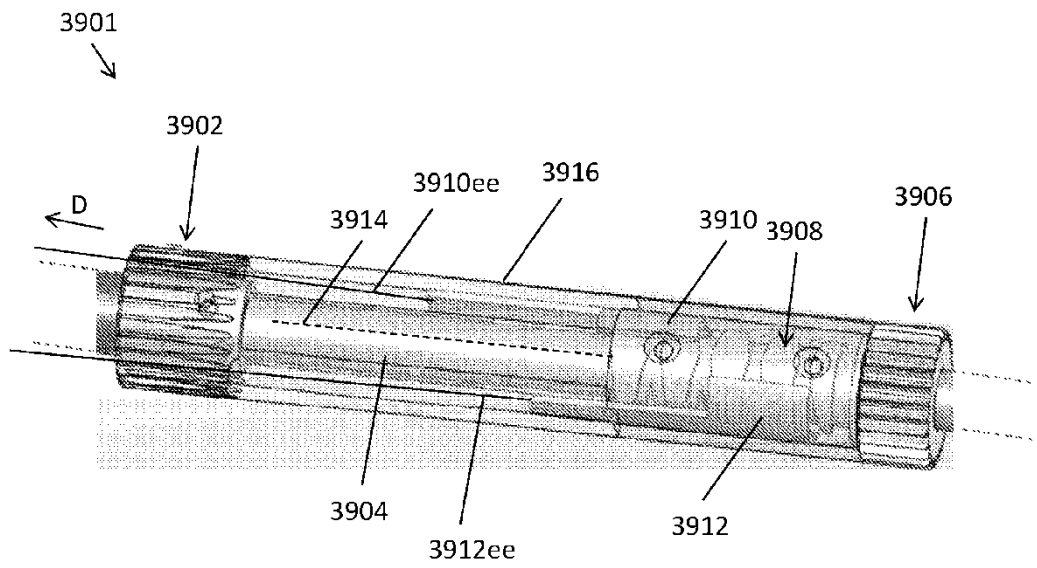


FIG. 39

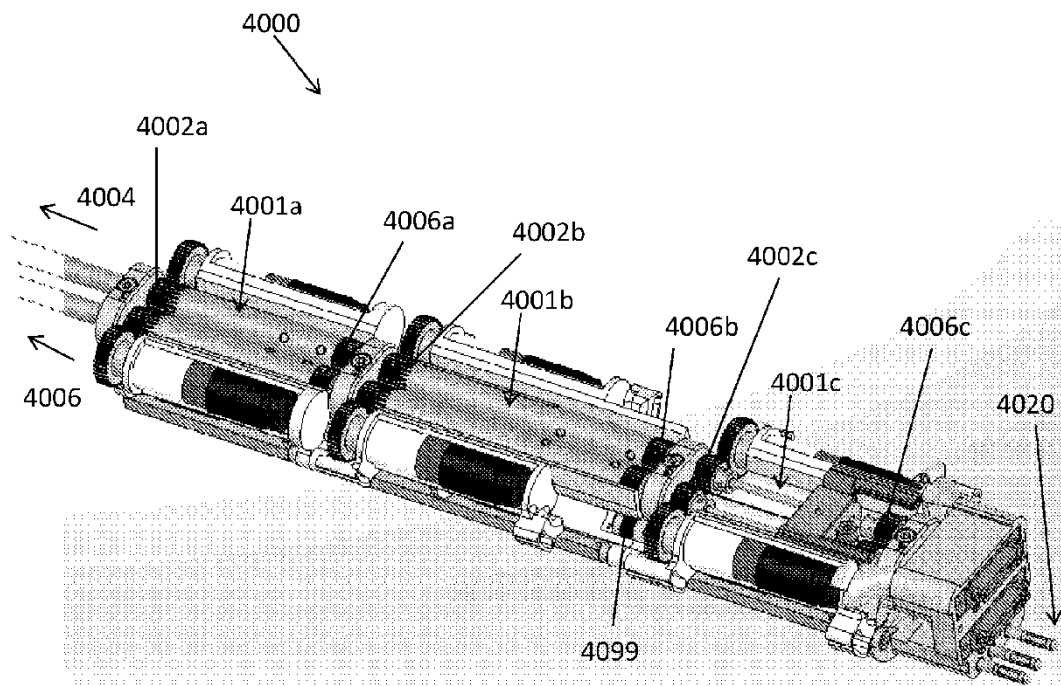


FIG. 40



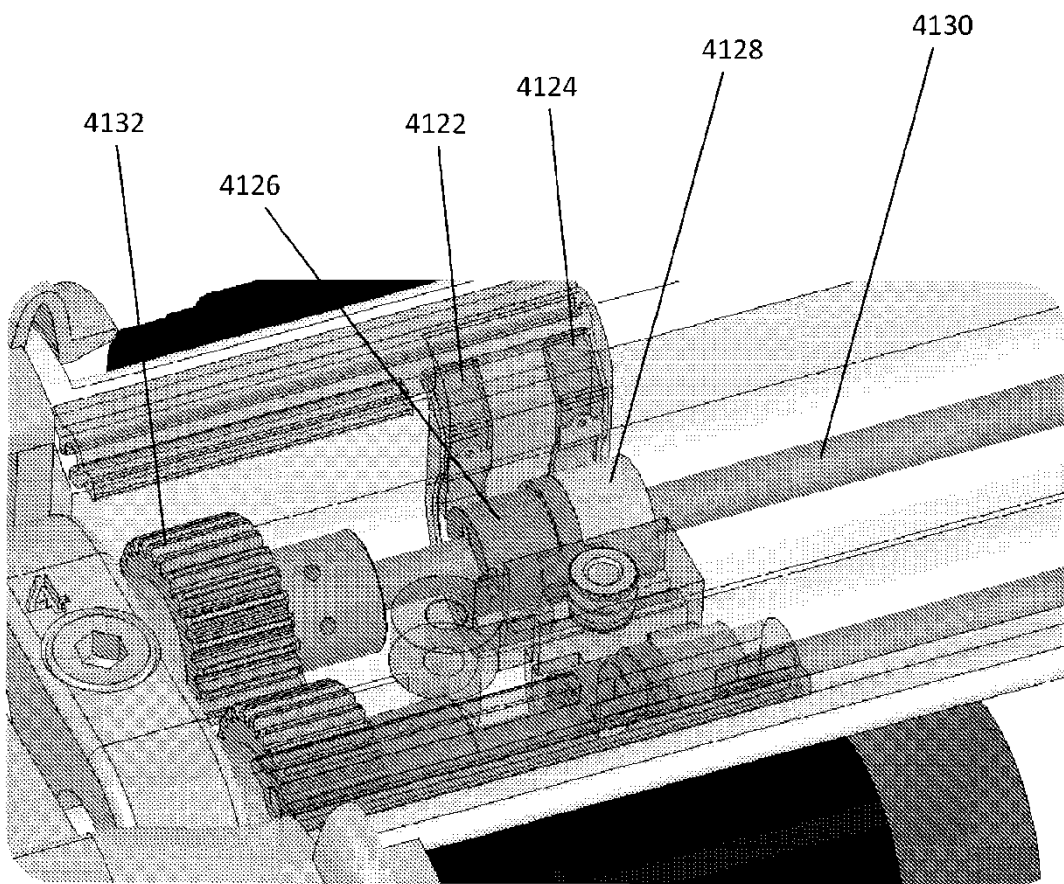


FIG. 41

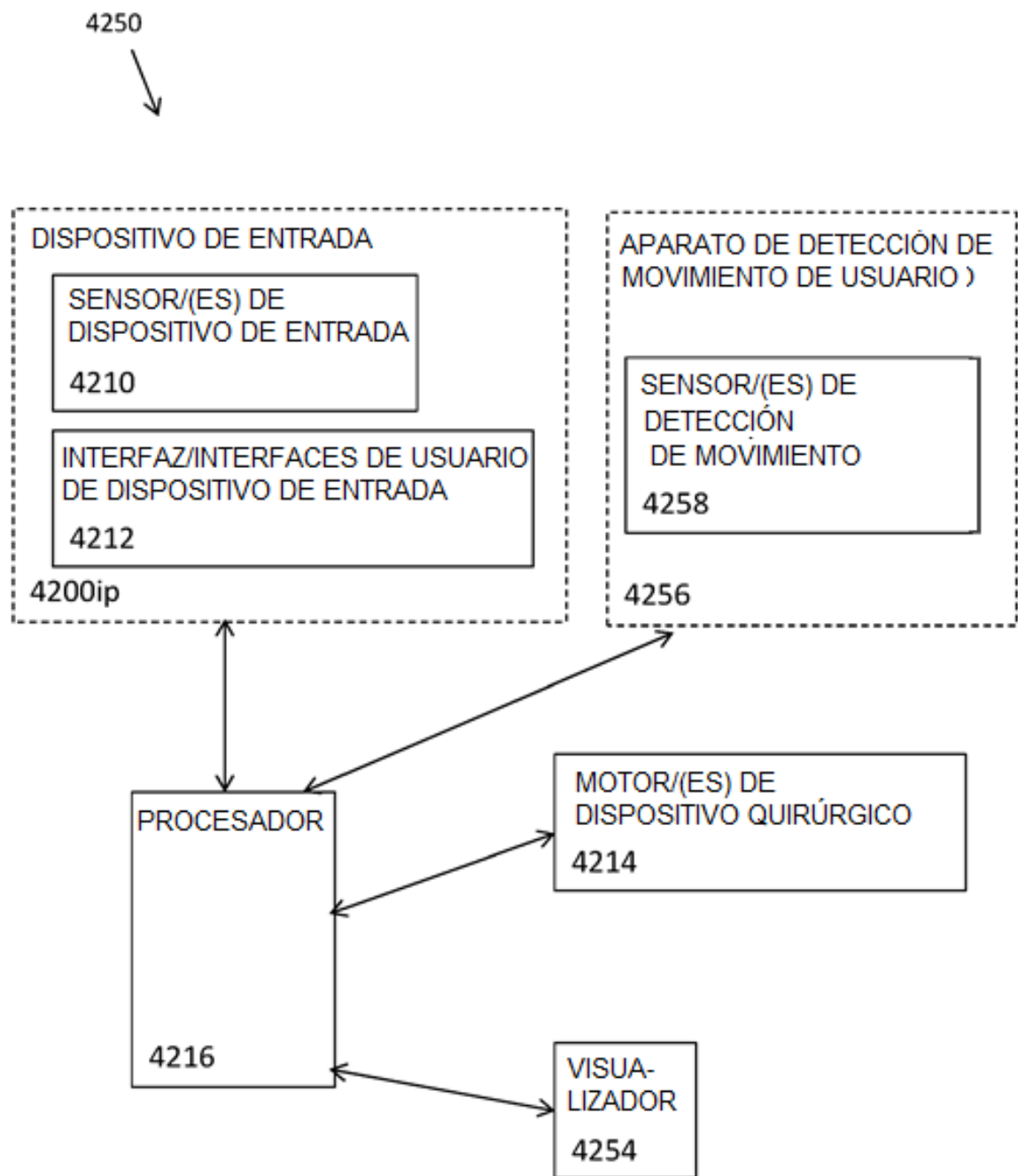


FIG. 42

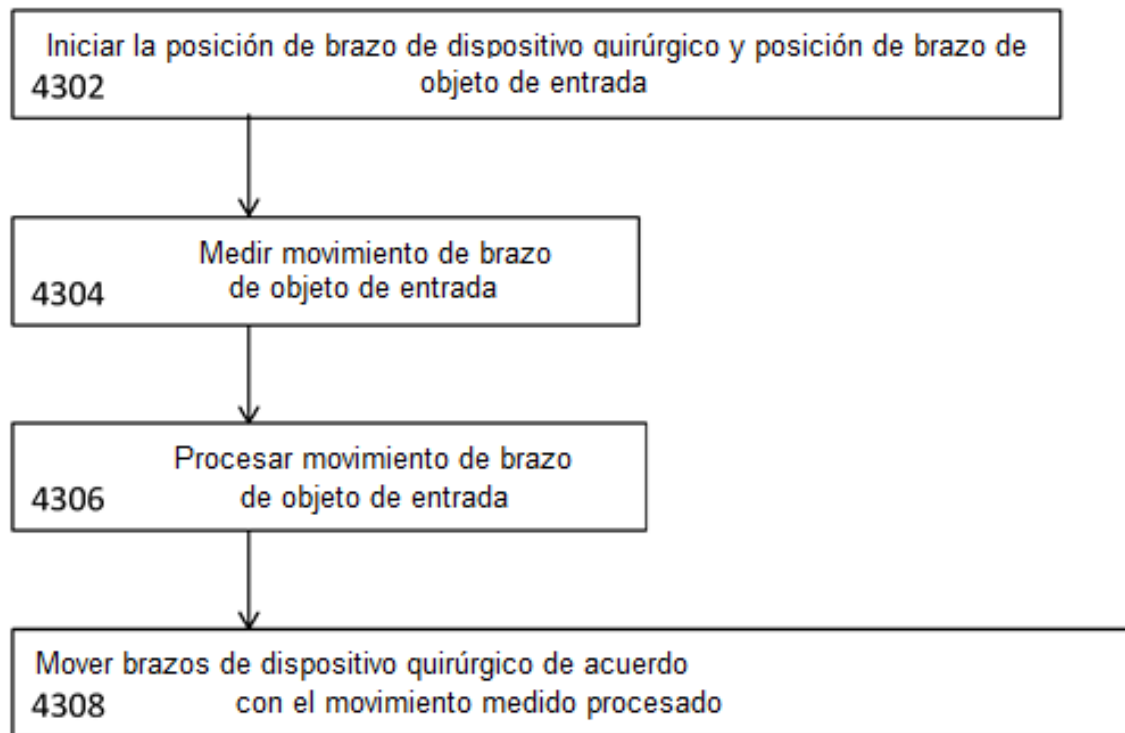


FIG. 43

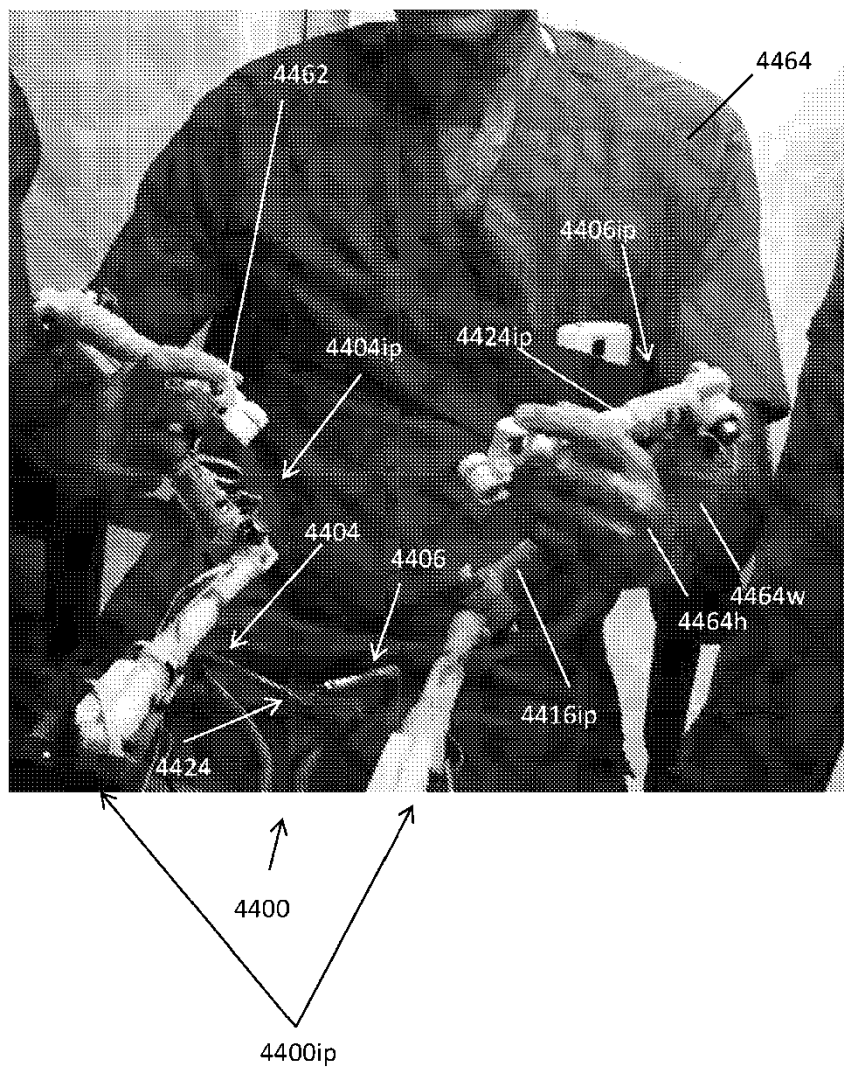


FIG. 44A

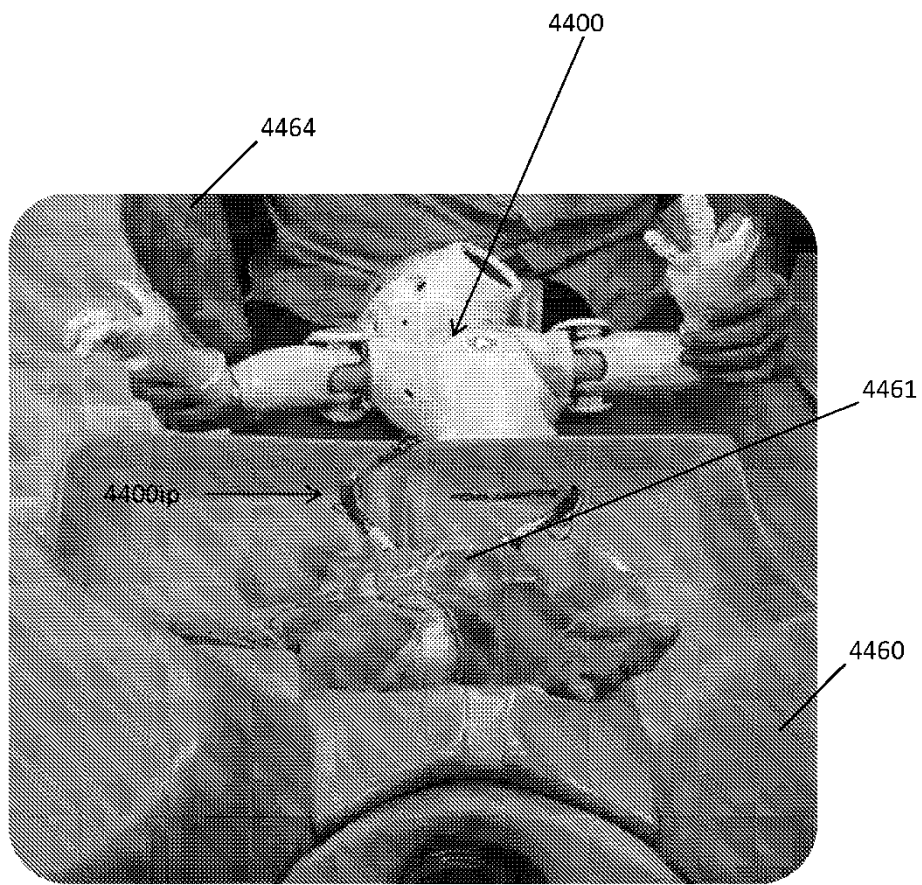


FIG. 44B

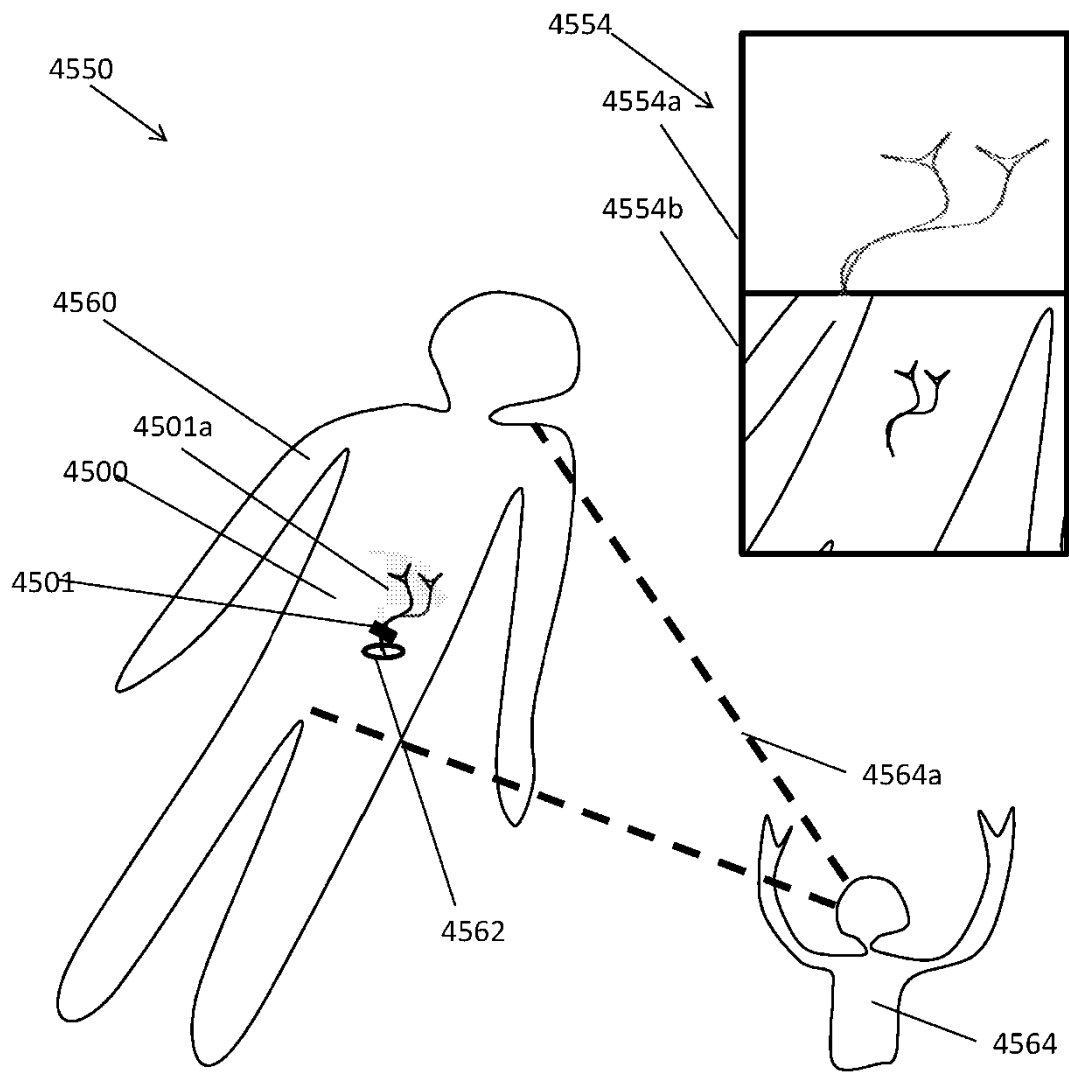


FIG. 45

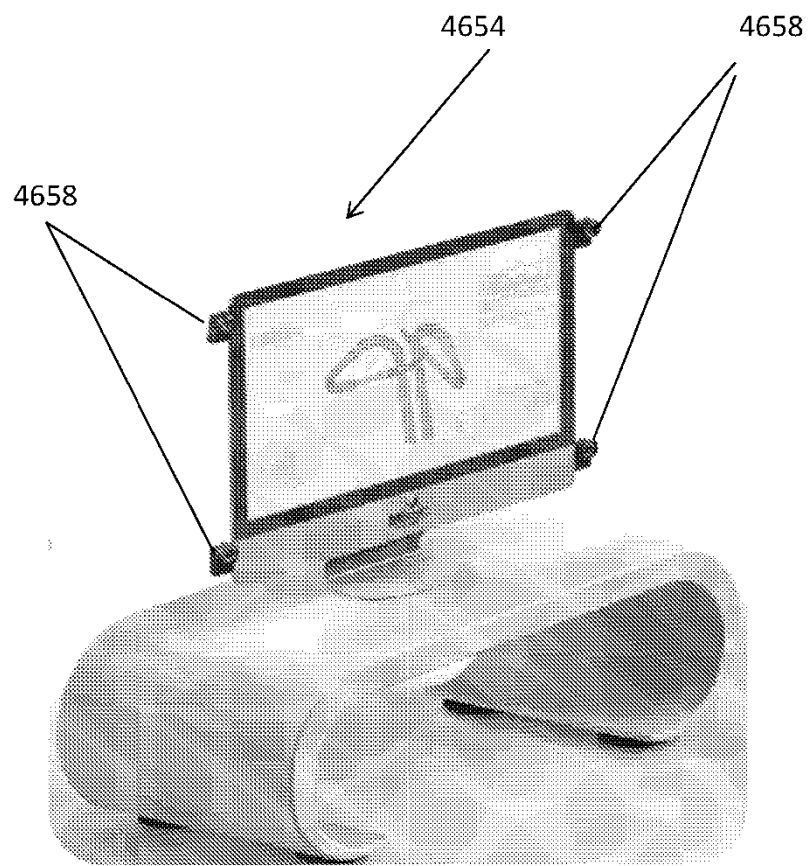
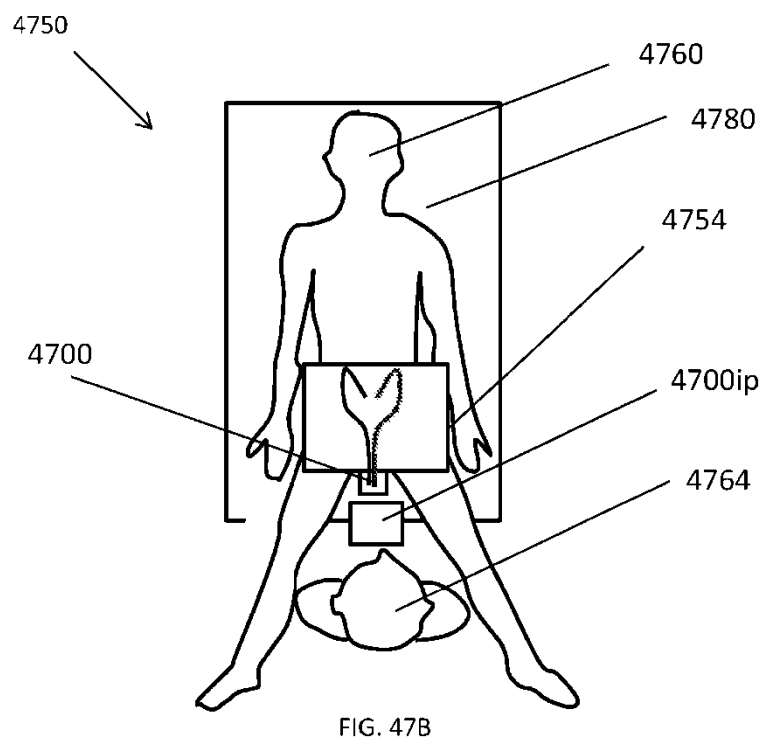
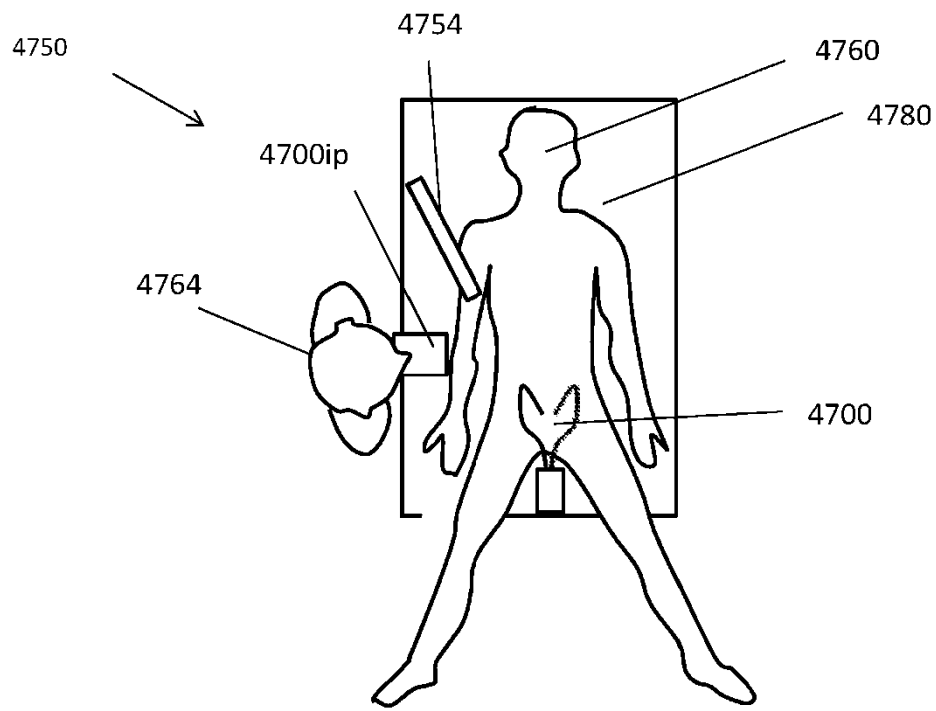


FIG. 46





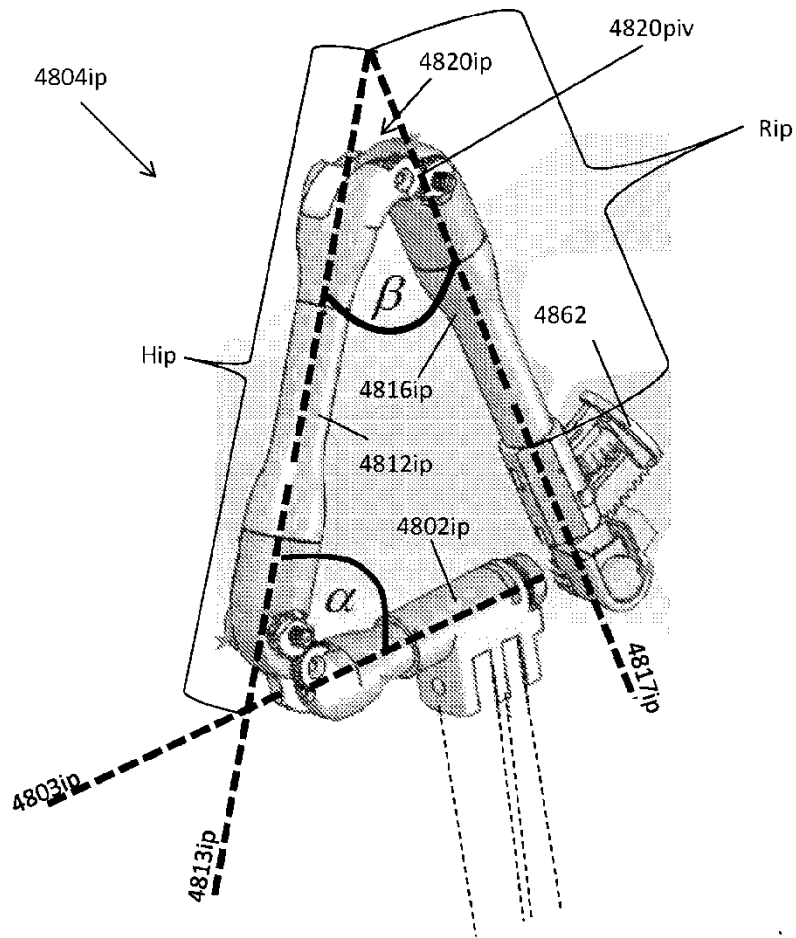


FIG. 48A

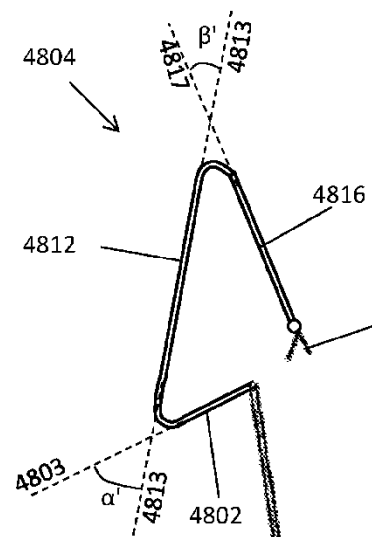


FIG. 48B

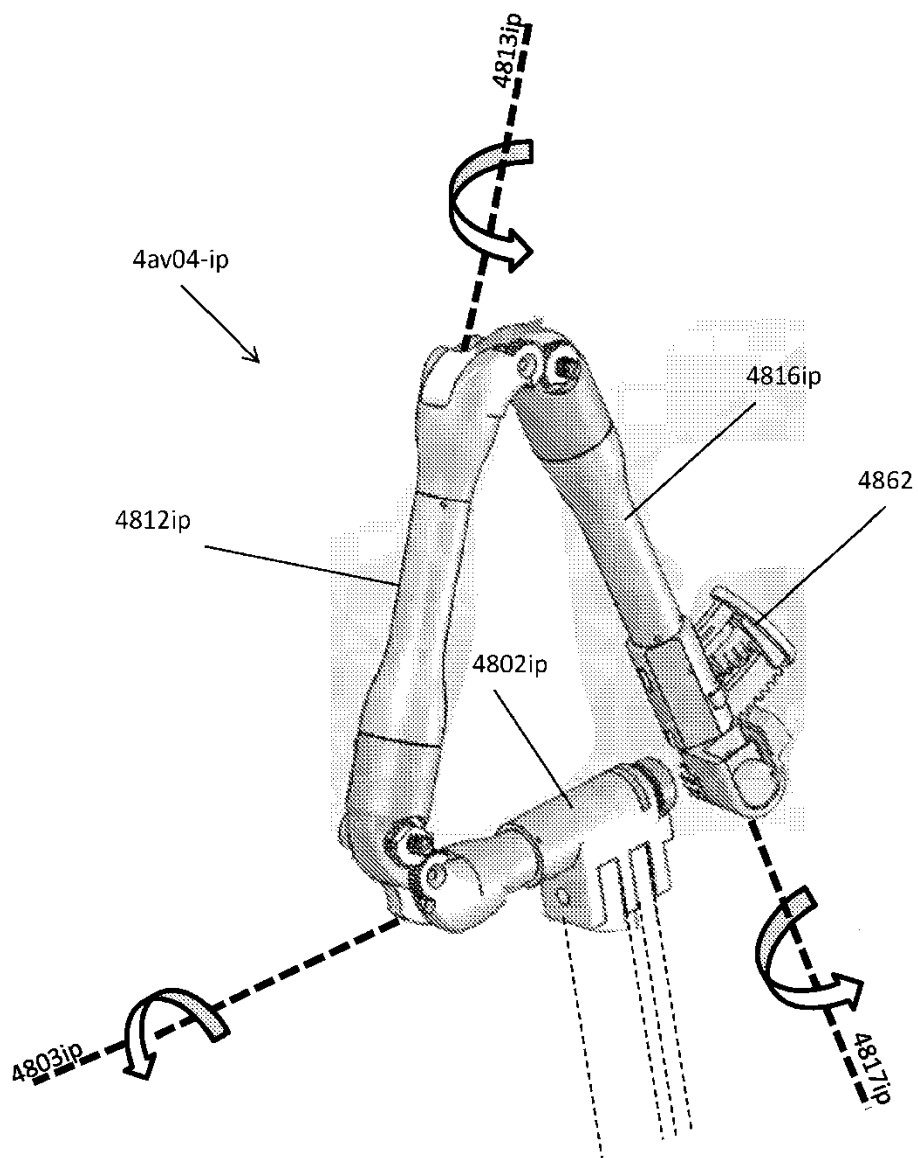


FIG. 48C

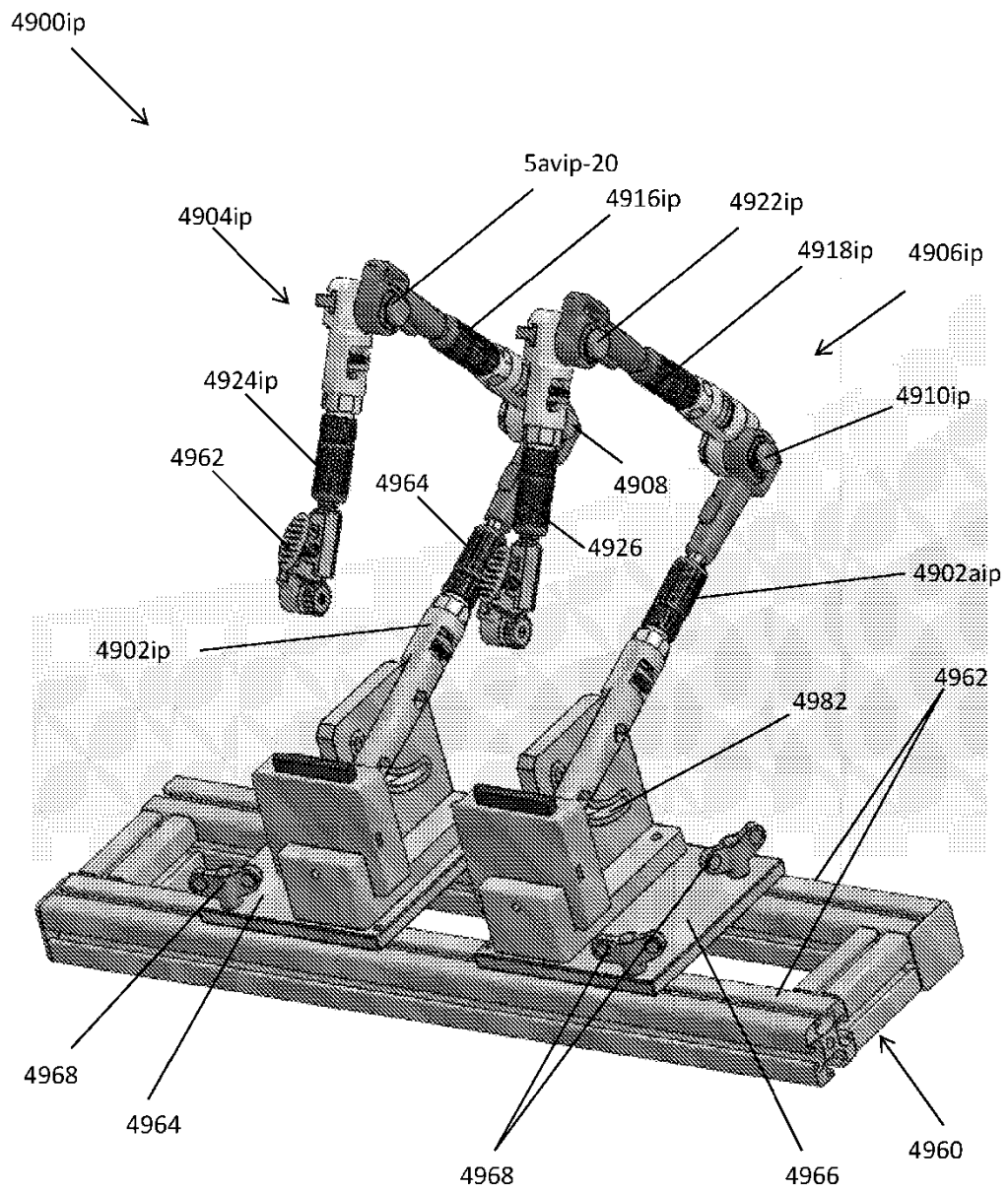


FIG. 49A

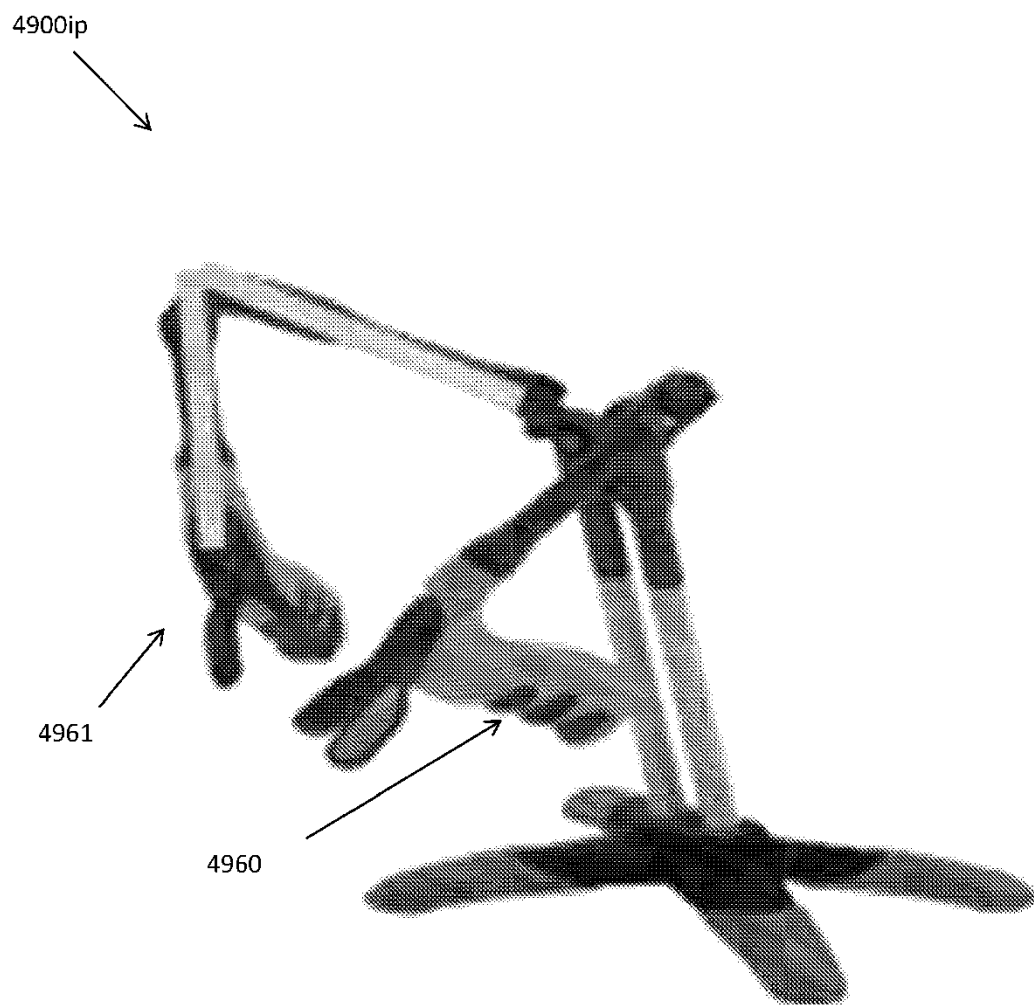


FIG. 49B

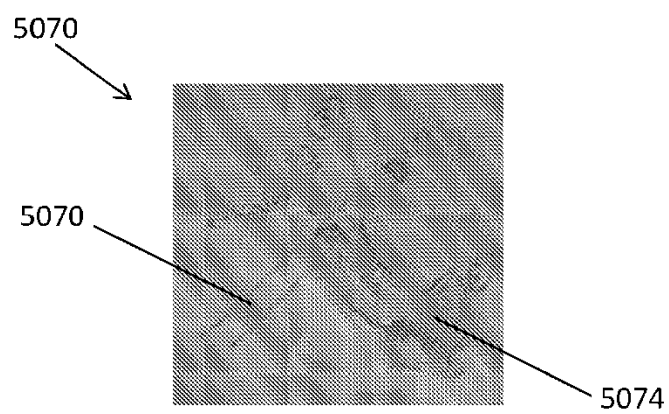


FIG. 50A

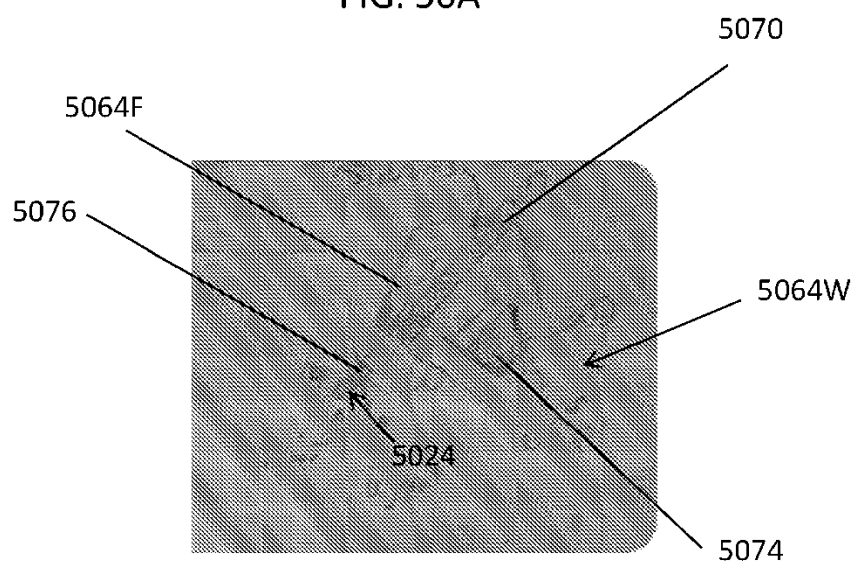


FIG. 50B

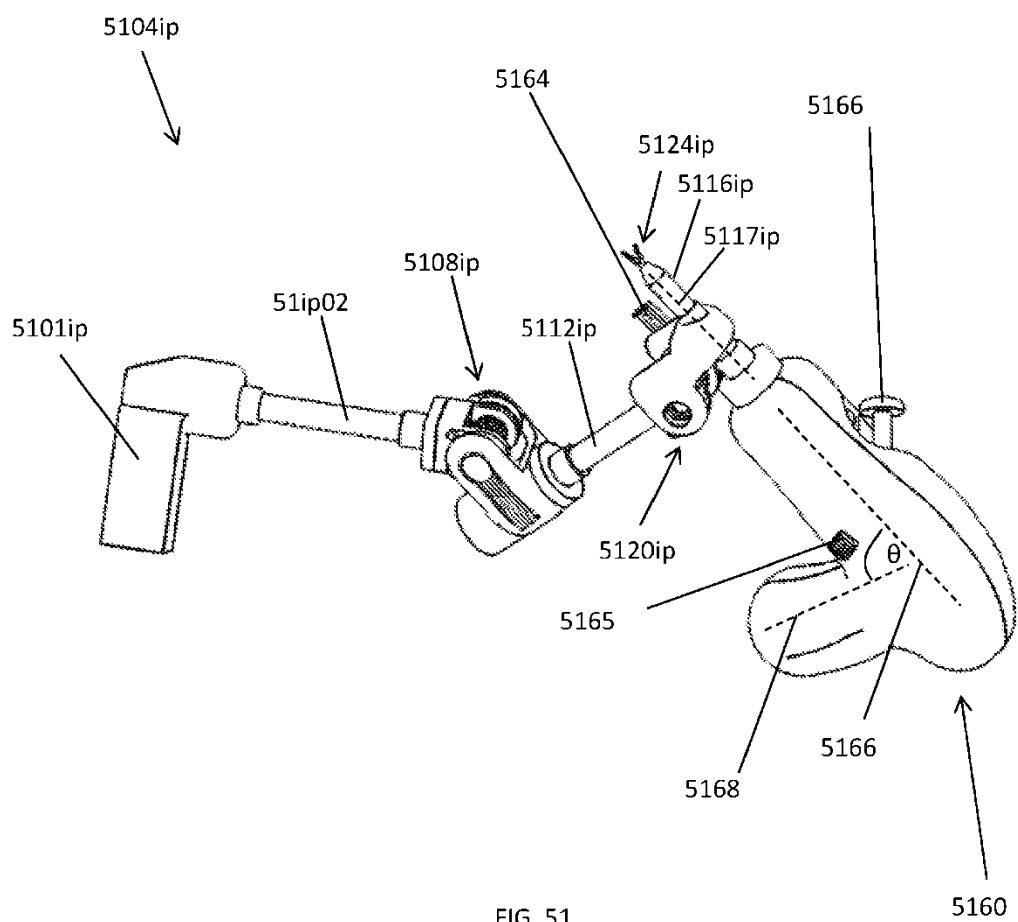


FIG. 51

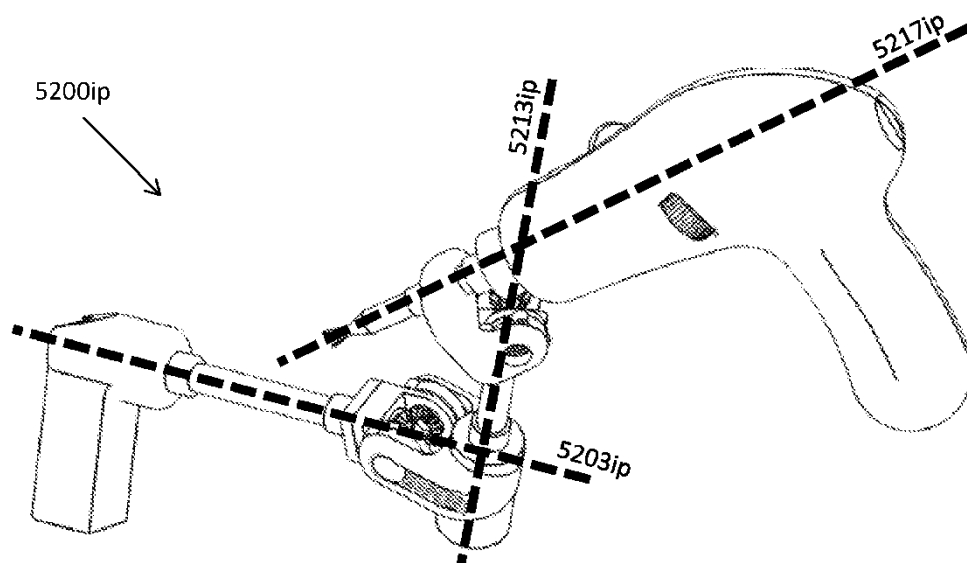


FIG. 52A

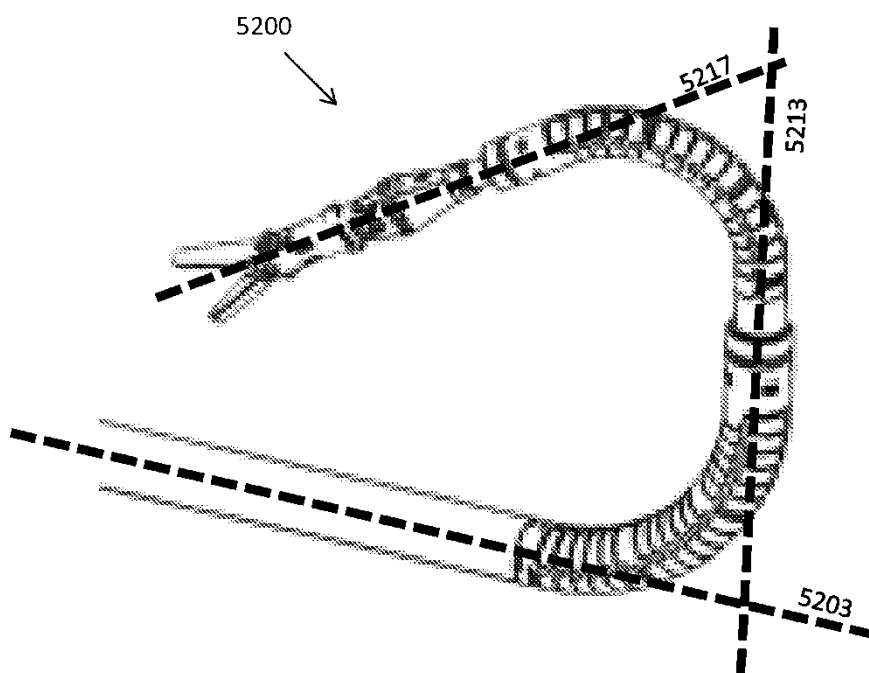


FIG. 52B

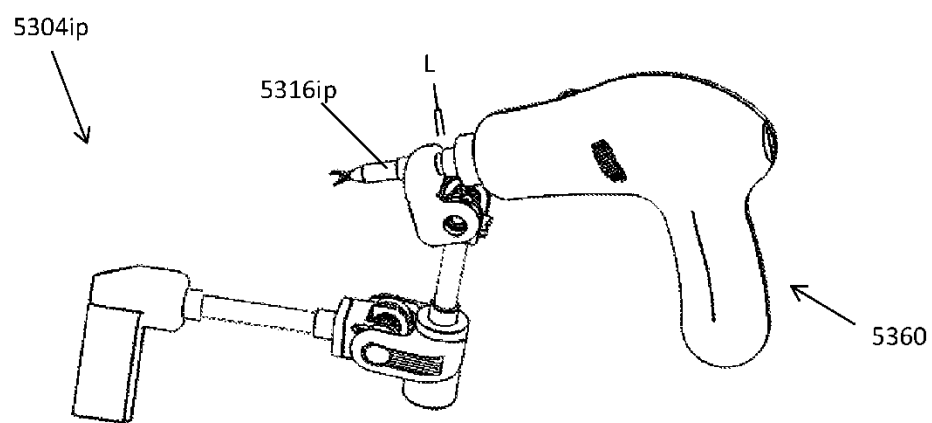


FIG. 53A

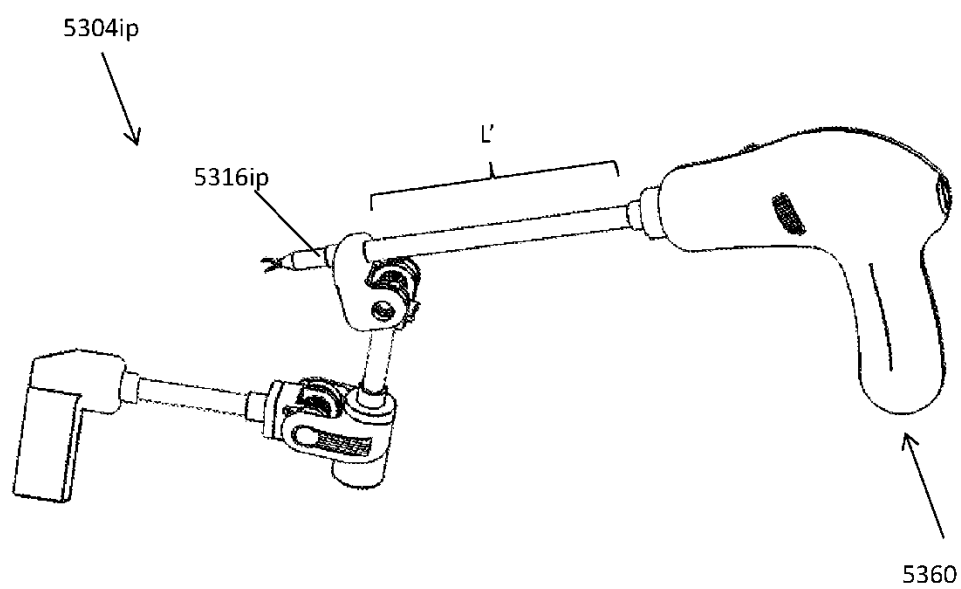


FIG. 53B



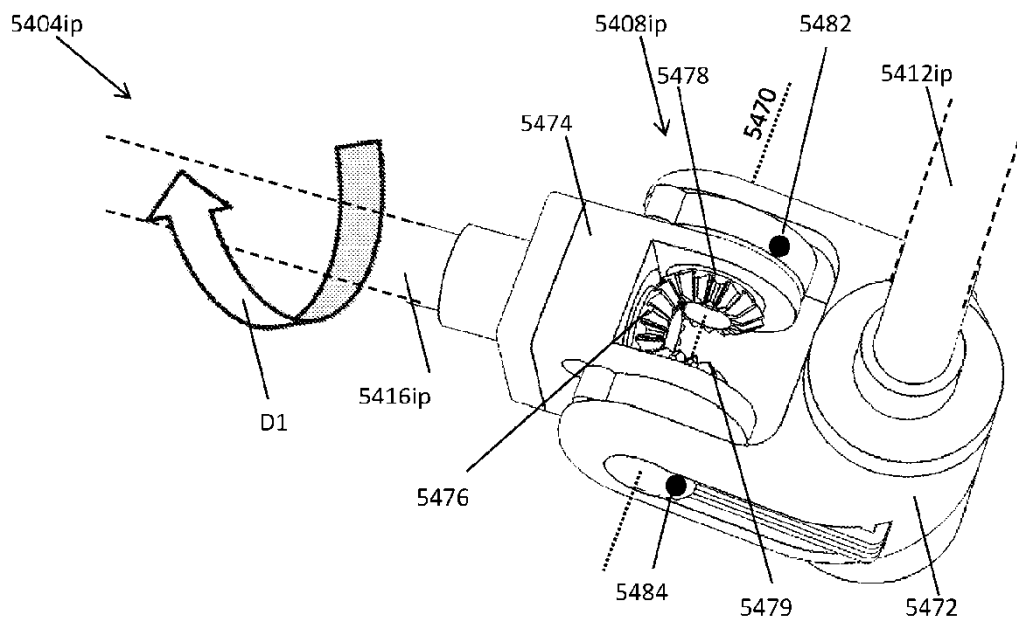


FIG. 54A

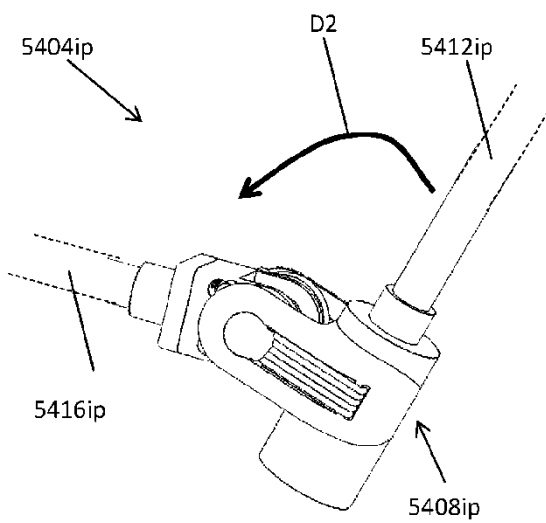


FIG. 54B

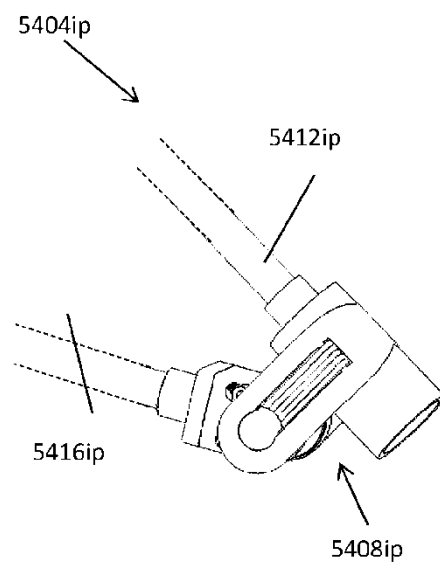


FIG. 54C

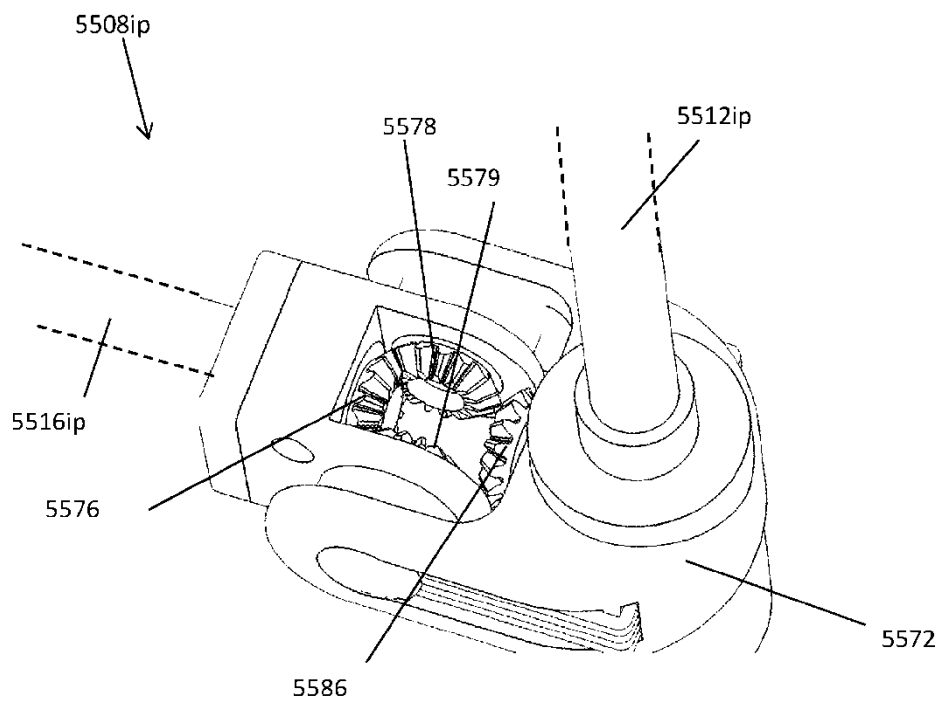


FIG. 55A

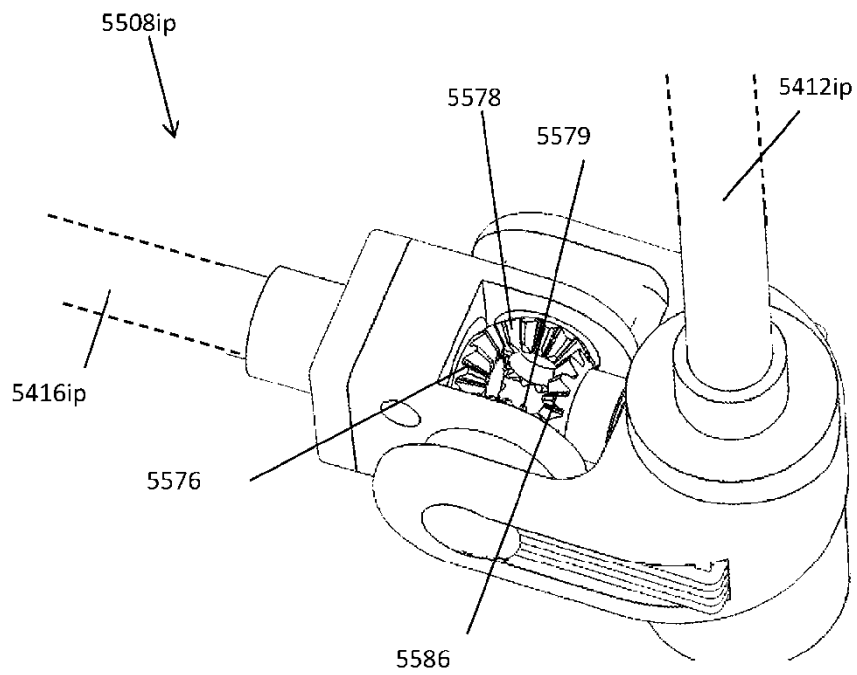


FIG. 55B

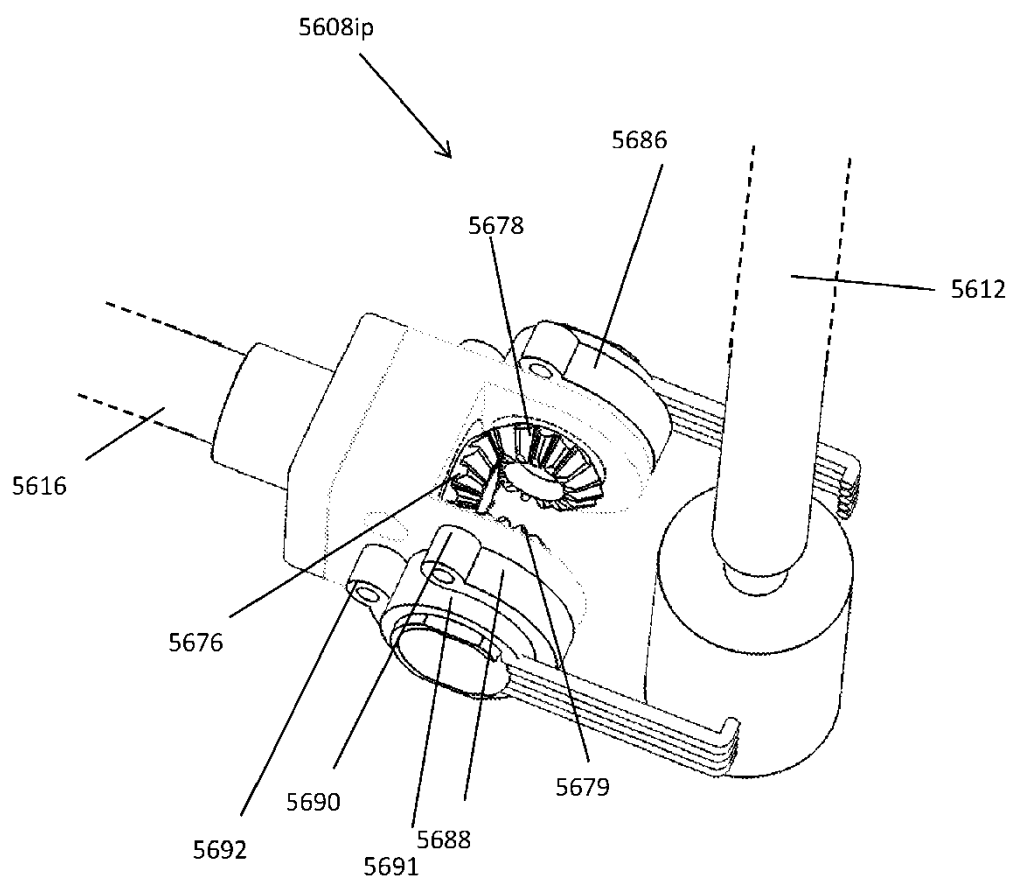
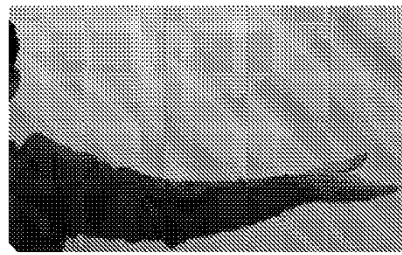
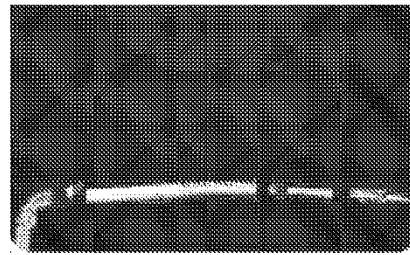


FIG. 56



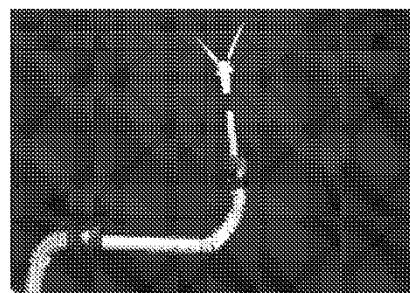
A1



B1



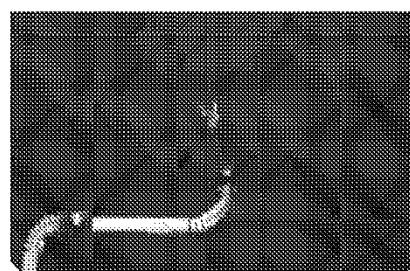
A2



B2



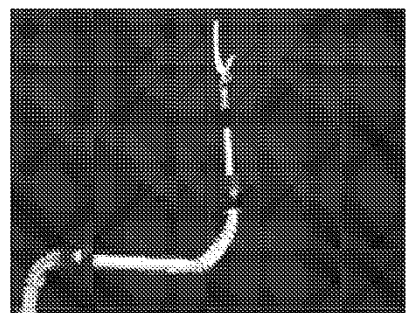
A3



B3

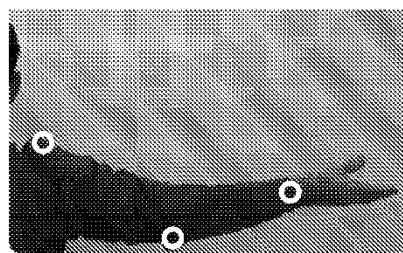


A4

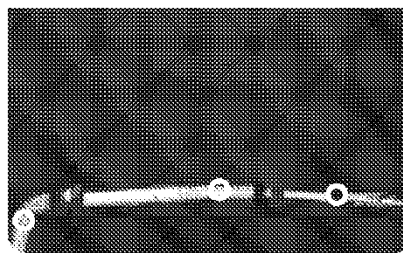


B4

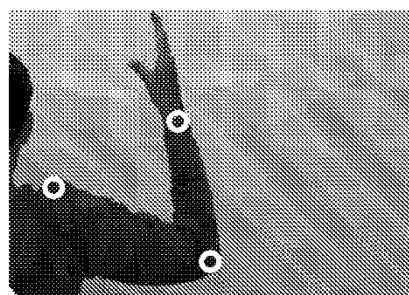
FIG. 57



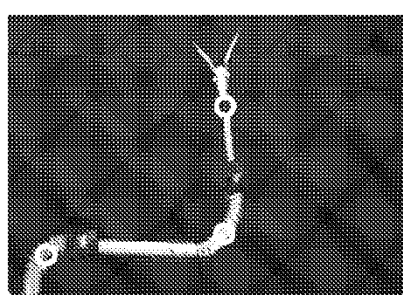
A1



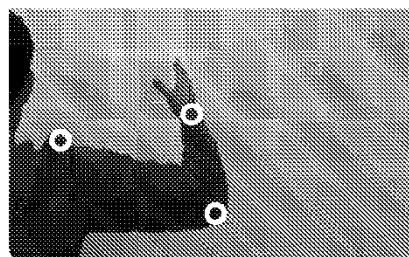
B1



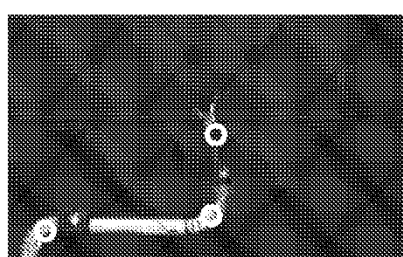
A2



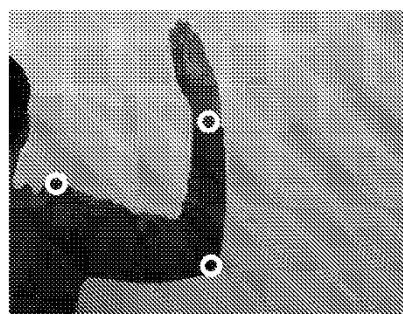
B2



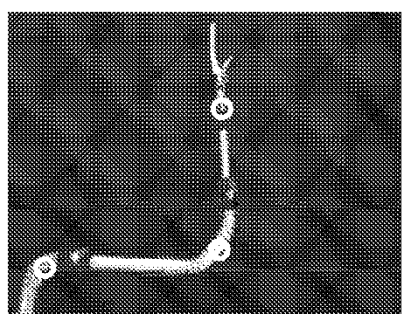
A3



B3



A4



B4

FIG. 58

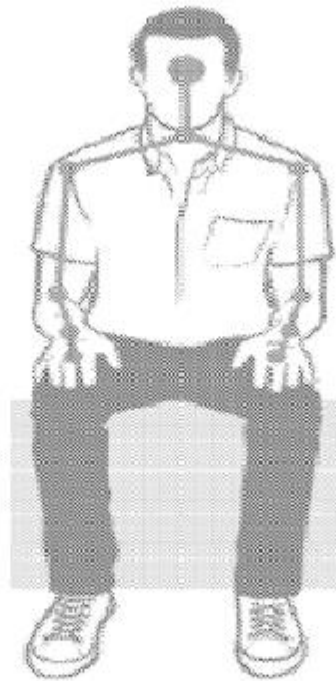


FIG. 59A

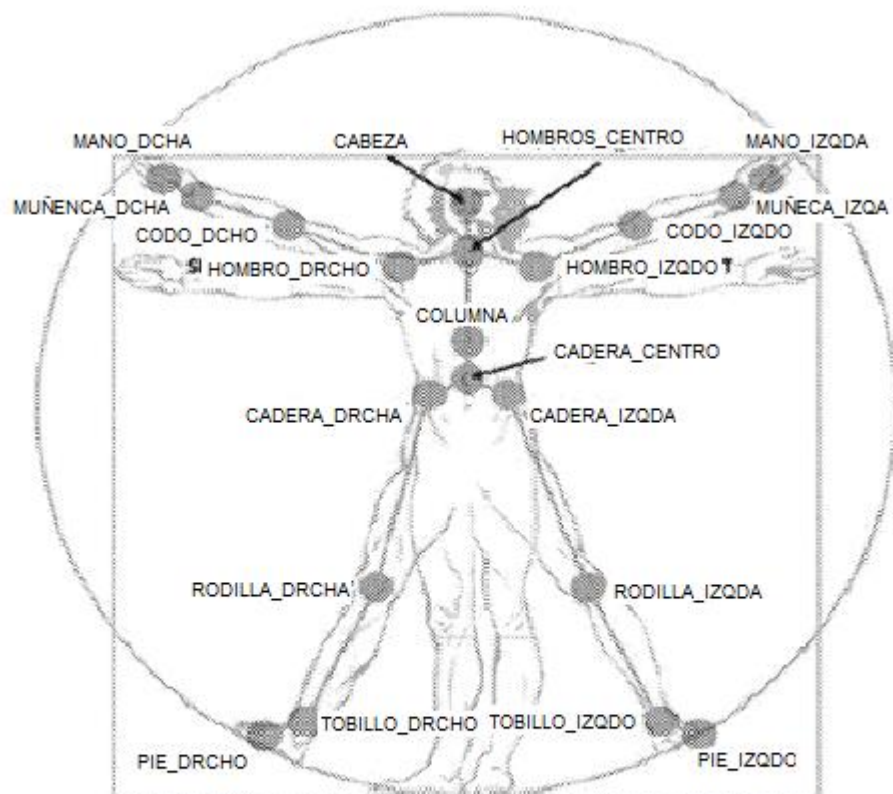


FIG. 59B

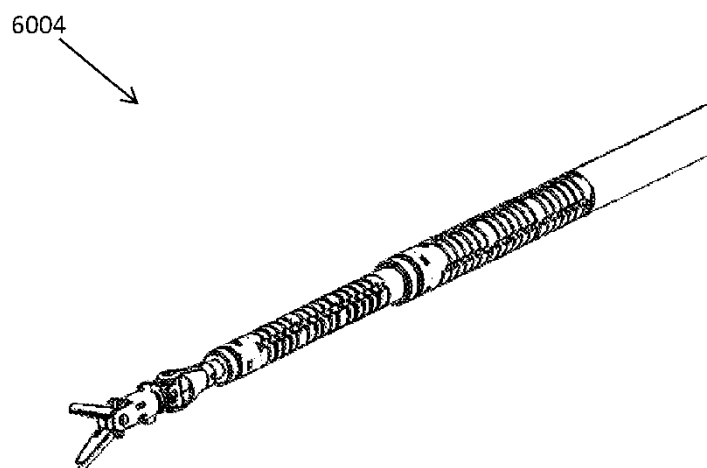


FIG. 60A

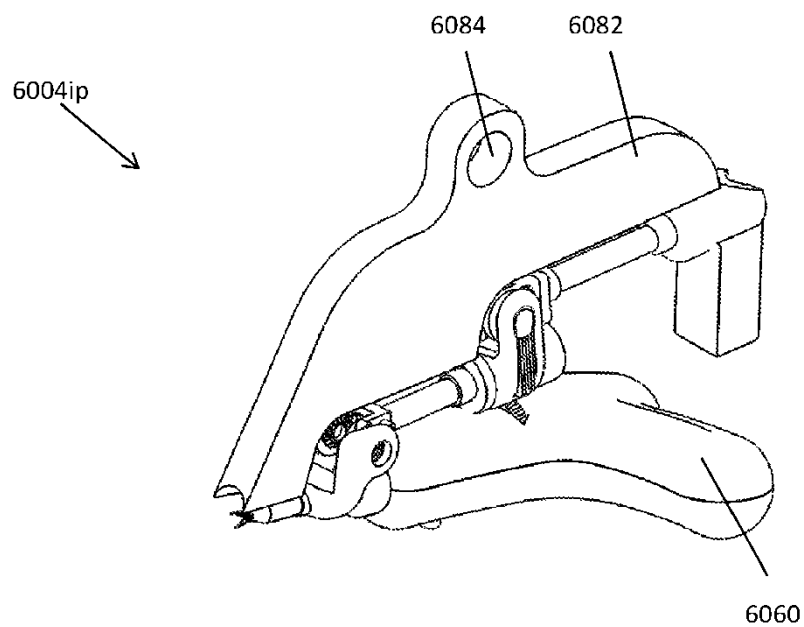


FIG. 60B

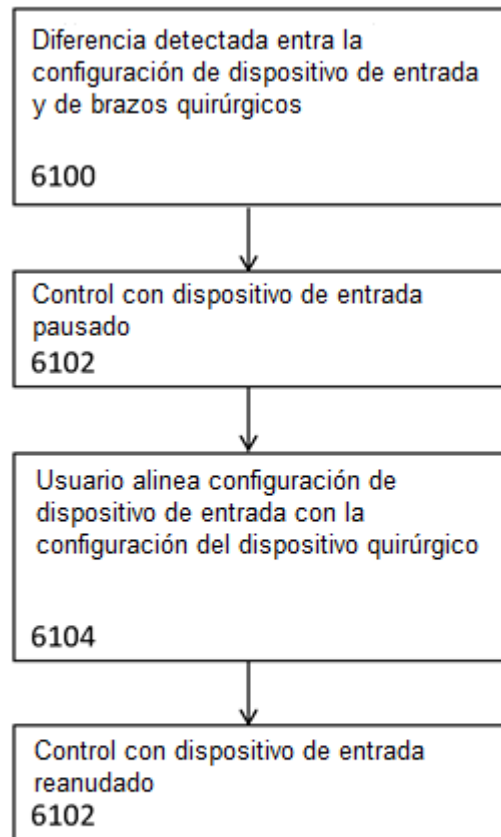


FIG. 61



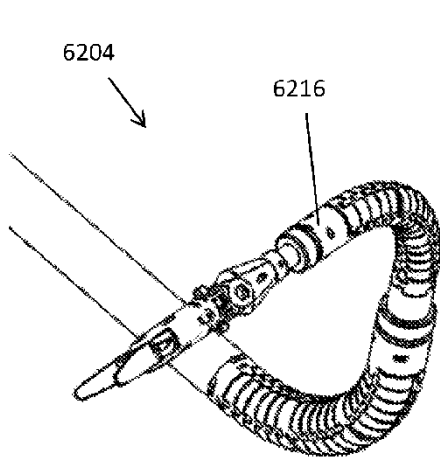


FIG. 62A

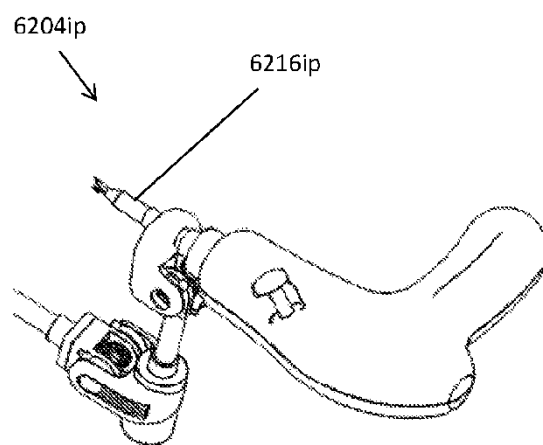


FIG. 62B

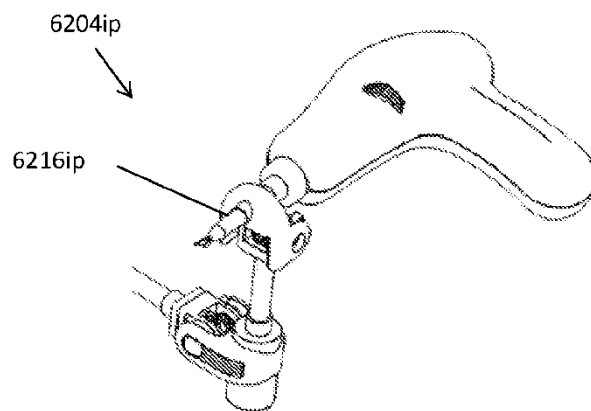


FIG. 62C

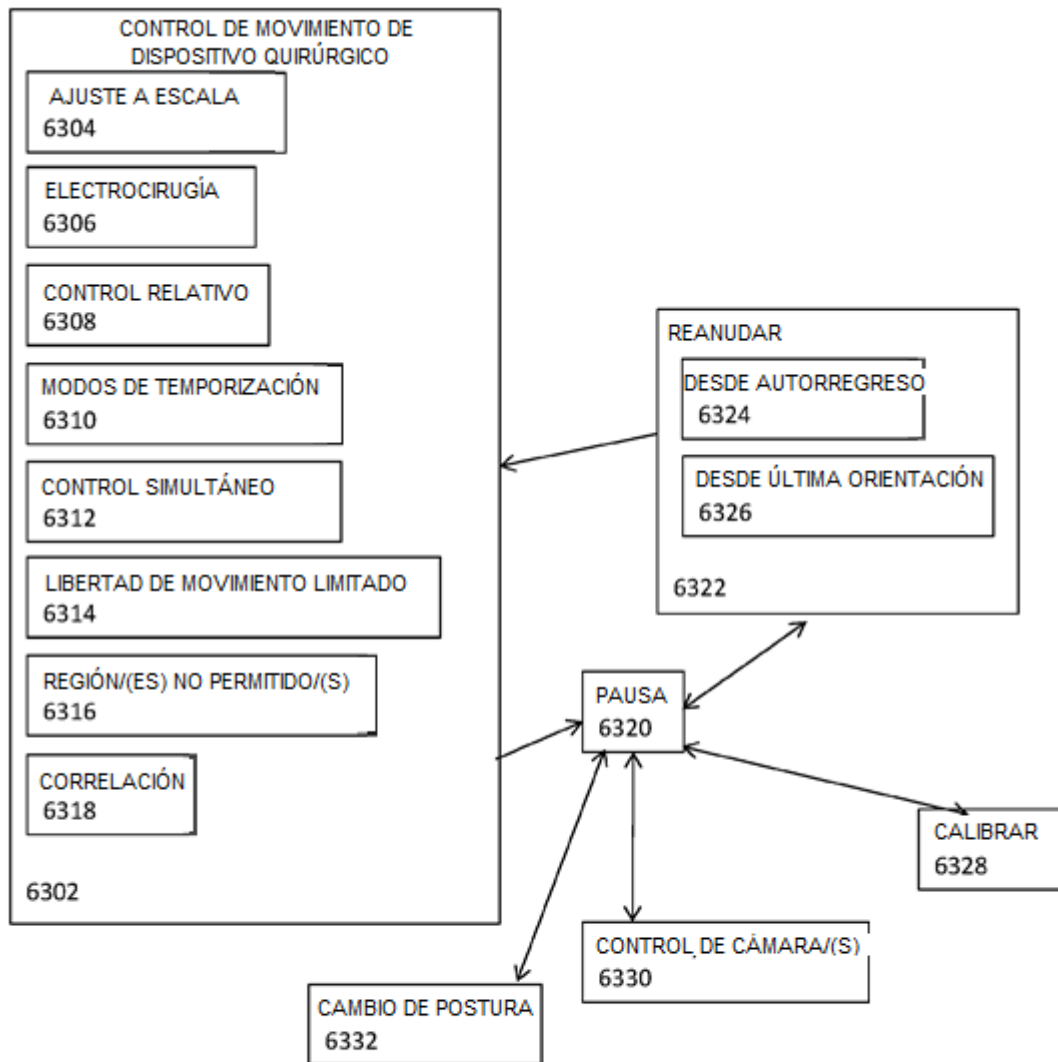


FIG. 63A



FIG. 63B

I

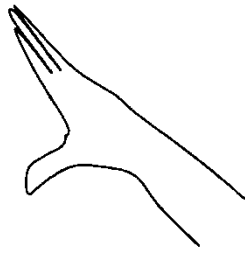


FIG. 64A

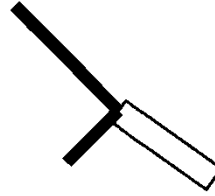


FIG. 64B

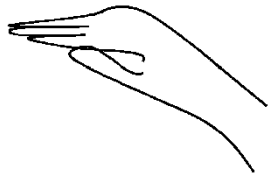


FIG. 64C

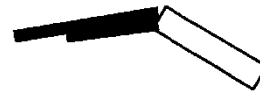
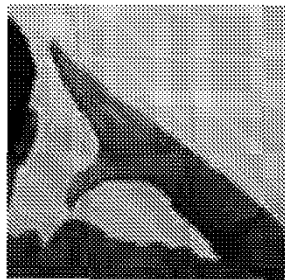
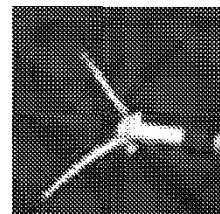


FIG. 64D



A



B

FIG. 65