

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 856 865**

51 Int. Cl.:

**A61B 34/30** (2006.01)

**A61B 90/50** (2006.01)

**A61B 34/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2017 E 17160061 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2020 EP 3219283**

54 Título: **Dispositivo quirúrgico modular que comprende brazos mecánicos**

30 Prioridad:

**09.03.2016 US 201662305631 P**

**09.03.2016 US 201662305613 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.09.2021**

73 Titular/es:

**MEMIC INNOVATIVE SURGERY LTD. (100.0%)**

**17 Atir Yeda Street**

**4464313 Kfar-Saba, IL**

72 Inventor/es:

**COHEN, DVIR y**

**LEVINSON, YARON**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 856 865 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo quirúrgico modular que comprende brazos mecánicos

**5 CAMPO Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere al accionamiento de un dispositivo que incluye al menos un brazo quirúrgico y, más particularmente, pero no exclusivamente, a un conjunto motor configurado para accionar al menos un brazo quirúrgico.

10

La técnica anterior incluye: "Design of a Compact Robotic Manipulator for Single-Port Laparoscopy" por Claudio Quaglia y col., No de Artículo: MD-13-1148 en J. Mech. Des. 136(9), 095001 (Jun 13, 2014); "An inverse kinematics method for 3D FIGs. with motion data" por Taku Komura y col., Proceedings of the Computer Graphics International (CGI'03);

15

Hubens y col., 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; Jeong Rim Lee, 2014, "Anesthetic considerations for robotic surgery", Korean Journal of Anesthesiology;

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

20

Box y col., 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.

La técnica anterior adicional incluye US2014/046340 A1, US2009/171373 A1, WO2016/035084 A2, US2010/016659 A1, Patente EE. UU. No. US 8224485, Patente EE. UU. No. US 8347754, Patente EE. UU. No. US 7833156, Patente EE. UU. No. US 8518024, Publicación de Solicitud de Patente Internacional No. WO 2010096580, y Publicación de Solicitud de Patente Internacional No. WO 2013116869.

25

**RESUMEN DE LA INVENCION**

30

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema quirúrgico según la reivindicación independiente 1 adjunta. Aunque el término "Realización" se usa en toda la descripción, solo aquellos que caen dentro del alcance de la reivindicación 1 adjunta son parte de la invención. Realizaciones adicionales preferidas de la invención son descritas en las reivindicaciones dependientes.

35

Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto motor está configurado para unirse operativamente al brazo quirúrgico de manera que el brazo quirúrgico se extiende desde la primera cara de la carcasa del conjunto motor.

Según algunas realizaciones de la invención, la segunda cara está a 60-120° con respecto a la primera cara.

40

Según algunas realizaciones de la invención, la carcasa del conjunto motor tiene una forma alargada, donde la segunda cara es una cara longitudinal de la carcasa del conjunto motor.

Según algunas realizaciones de la invención, un eje largo central del conjunto motor es paralelo a un eje largo central de al menos una porción del brazo quirúrgico que se extiende desde el conjunto motor, comprendiendo el conjunto motor una extensión proximal del brazo quirúrgico.

45

Según algunas realizaciones de la invención, la geometría de conexión está configurada de manera que cuando el conjunto modular está conectado al segundo conjunto modular, la separación entre la segunda cara de la carcasa del conjunto modular y la segunda cara de la carcasa del segundo conjunto modular es menor que 2 mm.

50

Según algunas realizaciones de la invención, la geometría de conexión está configurada de manera que cuando el conjunto modular está conectado al segundo conjunto modular, la segunda cara de la carcasa del conjunto modular contacta directamente la segunda cara de la carcasa del segundo conjunto modular.

55

Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto modular está unido al segundo conjunto modular en la geometría de conexión, la distancia entre los ejes largos de los brazos quirúrgicos adyacentes a las carcasas del conjunto motor es menor de 5 mm.

60 Según algunas realizaciones de la invención, el sistema incluye una pluralidad de conjuntos modulares.

Según algunas realizaciones de la invención, la geometría de conexión comprende uno o ambos salientes y muescas para acoplar las respectivas muescas y salientes de la carcasa del conjunto motor del segundo conjunto modular.

- 5 Según algunas realizaciones de la invención, la geometría de la conexión comprende uno o ambos salientes y muescas para acoplar las respectivas muescas y salientes de uno o más conectores.

Según algunas realizaciones de la invención, los salientes y las muescas se extienden en una dirección sustancialmente perpendicular con respecto a la segunda cara de la carcasa.

10

Según algunas realizaciones de la invención, el brazo quirúrgico se sitúa a una distancia lateral menor de 1 mm de la segunda cara de la carcasa.

- 15 Según algunas realizaciones de la invención, cada uno de los conjuntos modulares está configurado para funcionar de forma independiente.

Según algunas realizaciones de la invención, la segunda cara es una porción de la carcasa del conjunto motor en la que el 90-99% de una superficie corresponde a una porción de la carcasa que varía como máximo 0,1-1 mm de una tangente plana.

20

Según algunas realizaciones de la invención, al menos uno de los conjuntos motores comprende un conjunto lineal integral, el conjunto lineal configurado para accionar al menos un elemento de avance y retroceso del conjunto modular.

- 25 Según algunas realizaciones de la invención, al menos uno de los conjuntos motores está configurado para acoplarse a un conjunto lineal, estando configurado el conjunto lineal para accionar al menos un elemento de avance y retroceso del conjunto modular.

Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto lineal comprende:

30

un carril alargado que comprende un extremo proximal y un extremo distal;  
un elemento deslizante que se puede colocar sobre el carril, el elemento deslizante acoplable al conjunto motor; el elemento deslizante configurado para moverse proximal y distalmente sobre el carril para mover el conjunto motor.

- 35 Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende una pluralidad de conjuntos modulares y donde un solo conjunto lineal está configurado para accionar el movimiento lineal de la pluralidad de conjuntos modulares.

Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende dos conjuntos modulares, donde los conjuntos motores de los dos conjuntos modulares están unidos en las geometrías de conexión y adicionalmente entrelazados entre sí.

40

Según algunas realizaciones de la invención, al menos una tercera cara de la carcasa comprende una geometría de conexión adecuada para acoplarse a una cara de un conjunto modular adicional.

- 45 Según algunas realizaciones de la invención, al menos una tercera cara longitudinal de la carcasa comprende una geometría de conexión adecuada para acoplarse a una cara de un conjunto modular adicional.

Según algunas realizaciones de la invención, cada cara longitudinal de la carcasa comprende una geometría de conexión adecuada para acoplarse a una cara longitudinal de un conjunto modular adicional.

50

Según algunas realizaciones de la invención, un acoplamiento entre los conjuntos motores comprende un mecanismo de liberación rápida que comprende un cerrojo configurado para liberar un bloqueo de los conjuntos motores.

- 55 Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto motor está configurado para accionar una o ambas de rotación y flexión de al menos una porción del brazo quirúrgico.

Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende además un tercer brazo.

- 60 Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende tres conjuntos modulares, un tercer conjunto modular que comprende un tercer conjunto motor y el tercer brazo.

Según algunas realizaciones de la invención, el tercer brazo lleva una cámara.

Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto lineal comprende un sensor para detectar si el conjunto está  
5 conectado a un dispositivo o sistema externo.

Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto modular comprende un sensor para detectar si el conjunto modular está conectado a un conjunto o conjuntos adicionales.

10 Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un procedimiento para construir un sistema que comprende uno o más brazos quirúrgicos, que comprende:

proporcionar:

15 una pluralidad de conjuntos modulares, comprendiendo cada conjunto modular al menos un brazo quirúrgico unido a al menos un conjunto motor configurado para accionar el movimiento del brazo quirúrgico;  
acoplar uno o más conjuntos modulares entre sí en una configuración de unión;  
mostrar en una interfaz de usuario una o ambas de una indicación de la configuración de unión y una selección de una configuración de unión.

20 Según algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende seleccionar una estrategia quirúrgica usando la interfaz de usuario.

Según algunas realizaciones de la invención, el acoplamiento se realiza según la estrategia quirúrgica seleccionada.

25 Según algunas realizaciones de la invención, el acoplamiento se realiza durante una o ambas de: configuración del sistema antes de la cirugía y durante la cirugía.

Según algunas realizaciones de la invención, la selección de una estrategia quirúrgica comprende decidir una serie de puertos quirúrgicos para acceder al cuerpo de un paciente.

30 Según algunas realizaciones de la invención, la selección de una estrategia quirúrgica comprende decidir una ubicación en el cuerpo de un paciente para cada puerto para acceder al cuerpo del paciente.

Según algunas realizaciones de la invención, varios conjuntos modulares se seleccionan según el número de puertos  
35 quirúrgicos a través de los cuales se realiza la cirugía.

Según algunas realizaciones de la invención, se selecciona una disposición espacial de conjuntos modulares según varios puertos quirúrgicos a través de los cuales se realiza la cirugía.

40 Según algunas realizaciones de la invención, se seleccionan varios brazos quirúrgicos según varios puertos quirúrgicos a través de los cuales se realiza la cirugía.

Según algunas realizaciones de la invención, un puerto comprende un orificio corporal natural o una abertura incisa.

45 Según algunas realizaciones de la invención, el orificio natural del cuerpo es una vagina.

Según algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende introducir uno o más brazos quirúrgicos a través de los puertos.

50 Según algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende introducir dos brazos quirúrgicos a través de los puertos.

Según algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende introducir dos brazos quirúrgicos a través de un único puerto.

55 Según algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende modificar una arquitectura del sistema en tiempo real acoplando o desacoplando conjuntos modulares.

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema quirúrgico que  
60 comprende:



- una pluralidad de brazos quirúrgicos,  
una pluralidad de conjuntos motores, cada conjunto motor configurado para accionar el movimiento de un brazo quirúrgico, donde al menos dos de la pluralidad de conjuntos motores están configurados cada uno para unirse a otro conjunto motor; y  
una memoria configurada para almacenar un modelo de una configuración de unión de la pluralidad de conjuntos motores.
- 5
- Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende un procesador conectado a la memoria.
- 10
- Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende una interfaz de usuario a través de la cual un usuario ingresa una configuración de unión seleccionada de la pluralidad de conjuntos motores, donde la interfaz de usuario está conectada al procesador.
- 15
- Según algunas realizaciones de la invención, el procesador recibe la configuración de unión seleccionada y la almacena en la memoria.
- Según algunas realizaciones de la invención, la memoria almacena una pluralidad de posibles configuraciones de unión y el usuario selecciona, a través de la interfaz de usuario, una de la pluralidad de configuraciones de unión.
- 20
- Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende al menos un sensor configurado para detectar la conexión de un conjunto motor a otro conjunto motor y para enviar una señal indicadora de conexión o falta de la misma al procesador, donde el procesador deriva una configuración de unión de la señal.
- 25
- Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende una interfaz de usuario;
- donde el procesador está configurado para indicar a la interfaz de usuario que muestre una indicación de la configuración de unión de la pluralidad de conjuntos motores
- 30
- Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un procedimiento de construcción de un sistema que comprende uno o más brazos quirúrgicos, que comprende: proporcionar:  
una pluralidad de conjuntos modulares, cada conjunto modular comprende al menos un brazo quirúrgico unido a al menos un conjunto motor configurado para accionar el movimiento del brazo quirúrgico;  
seleccionar una estrategia quirúrgica; y
- 35
- acoplar uno o más conjuntos modulares entre sí en una configuración de unión según la estrategia quirúrgica seleccionada.
- Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:
- 40
- un primer conjunto motor modular operable separablemente;  
un segundo conjunto motor modular operable separablemente configurado para acoplarse al primer conjunto motor modular;
- 45
- dos brazos mecánicos quirúrgicos modulares, cada brazo configurado para acoplarse a y ser accionado por al menos uno de los conjuntos motores;  
un sistema de entrada;  
un controlador configurado para recibir movimiento medido desde el sistema de entrada y para enviar una señal de control basada en el movimiento medido del sistema de entrada a los conjuntos motores.
- 50
- Según algunas realizaciones de la invención, el sistema de entrada incluye un primer brazo de dispositivo de entrada y un segundo brazo de dispositivo de entrada;
- donde el controlador está configurado para recibir el movimiento medido de los brazos del dispositivo de entrada y para enviar:
- 55
- una primera señal de control basada en el movimiento medido del primer brazo del dispositivo de entrada al primer conjunto motor; y  
una segunda señal de control basada en el movimiento medido del segundo brazo del dispositivo de entrada al segundo conjunto motor.
- 60
- Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un conjunto motor modular

configurado para accionar un brazo quirúrgico alargado que comprende una pluralidad de engranajes de brazo quirúrgico coaxiales, comprendiendo el conjunto motor modular:

- 5 una carcasa de conjunto motor;
- una pluralidad de engranajes de motor dispuestos dentro de la carcasa, cada engranaje de motor configurado para accionar un engranaje de brazo quirúrgico dispuesto dentro de la carcasa, donde los engranajes de brazo quirúrgico son coaxiales entre sí y son coaxiales con un eje largo del brazo quirúrgico;
- donde los engranajes del motor están dimensionados y situados de manera que el eje largo del brazo quirúrgico se extienda desde la carcasa a una pequeña distancia de una cara de la carcasa.

10

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:

- 15 una pluralidad de conjuntos modulares, comprendiendo cada conjunto modular:
- un brazo quirúrgico;
- un conjunto motor configurado para acoplarse y accionar el brazo quirúrgico; y
- una carcasa del conjunto motor que incluye una pluralidad de caras, donde más de una cara incluye al menos una geometría de conexión configurada para conectar la carcasa del conjunto motor a una carcasa de otro conjunto motor.

20

Según algunas realizaciones de la invención, la carcasa del conjunto motor tiene simetría rotacional.

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:

25

- una pluralidad de brazos quirúrgicos;
- una pluralidad de conjuntos motores operables separablemente, cada conjunto motor configurado para unirse a y accionar al menos uno de los brazos quirúrgicos;
- una pluralidad de interfaces de usuario modulares, cada interfaz de usuario configurada para generar una señal de entrada;
- 30 un controlador configurado para recibir las señales de entrada y configurado para generar una señal de control basada en cada señal de entrada y enviar cada señal de control a un conjunto motor diferente;
- donde uno o más de los conjuntos motores está configurado para acoplarse a al menos otro de los conjuntos motores.

35

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una composición que comprende:

- al menos un brazo quirúrgico, comprendiendo el brazo al menos una articulación móvil;
- un conjunto motor configurado para accionar el movimiento del brazo quirúrgico, comprendiendo el conjunto motor
- 40 una extensión lineal del brazo quirúrgico; y
- donde una porción de la extensión configurada entre el conjunto motor y la al menos una articulación móvil comprende una curvatura fija mecánicamente.

Según algunas realizaciones de la invención, la porción de la extensión comprende un segmento de eje flexible superpuesto por un tubo superior más rígido.

45

Según algunas realizaciones de la invención, un extremo proximal del sobretubo está unido de forma fija al conjunto motor.

Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende dos brazos quirúrgicos, donde al menos uno de los brazos está curvado de modo que los brazos convergen entre sí o se alejan entre sí.

Según algunas realizaciones de la invención, el sistema comprende un tercer brazo.

Según algunas realizaciones de la invención, el brazo lleva una cámara.

55

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un conjunto para accionar el movimiento lineal de un sistema que comprende uno o más brazos quirúrgicos, que comprende:

- 60 un carril alargado que comprende un extremo proximal y un extremo distal;

un elemento deslizante que se puede colocar sobre el carril, el elemento deslizante acoplable al conjunto motor del sistema; el elemento deslizante configurado para moverse proximal y distalmente sobre el carril para mover el conjunto motor.

- 5 Según algunas realizaciones de la invención, el movimiento lineal del sistema sobre el carril es accionado por un motor configurado en el conjunto motor.

Según algunas realizaciones de la invención, el motor comprende un freno.

- 10 Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto comprende un sensor para detectar si el conjunto está conectado a un dispositivo o sistema externo.

Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un sistema quirúrgico que comprende:

- 15 dos brazos quirúrgicos;  
una estructura motora que comprende dos conjuntos motores dispuestos uno al lado del otro, configurado cada conjunto motor para accionar el movimiento de uno de los brazos quirúrgicos;  
donde cada brazo quirúrgico se extiende distalmente desde su respectivo conjunto motor; y  
20 donde los conjuntos motores están alineados entre sí en lados opuestos del eje central largo de la estructura motora, sosteniendo los brazos quirúrgicos a una distancia lateral de menos de 5 mm entre los brazos.

Según un aspecto de la invención, se proporciona un conjunto modular, que comprende:

- 25 un brazo mecánico quirúrgico;  
un conjunto motor alargado que comprende: uno o más elementos de accionamiento configurados para accionar el brazo y un rebajo alargado dimensionado y conformado para recibir una porción del brazo quirúrgico de manera que los elementos de accionamiento contacten con el brazo quirúrgico.  
30 Según algunas realizaciones de la invención, el uno o más elementos de accionamiento es un engranaje accionado por un motor;  
donde el brazo mecánico quirúrgico comprende uno o más engranajes de rotación del brazo que dan como resultado el movimiento de una porción del brazo quirúrgico;  
35 donde, cuando el brazo está dentro del rebajo, el engranaje hace contacto con el engranaje del brazo

Según algunas realizaciones de la invención, el brazo mecánico quirúrgico incluye una pluralidad de engranajes y el conjunto motor incluye una pluralidad de engranajes configurados para accionar los engranajes del brazo, cuando el brazo está dentro del rebajo.

- 40 Según algunas realizaciones de la invención, un eje largo del rebajo forma un ángulo de menos de 20° de un eje largo del conjunto motor.

- Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto motor se activa mediante la inserción de una porción del  
45 brazo quirúrgico en el rebajo.

Según un aspecto de algunas realizaciones de la invención, se proporciona un procedimiento para controlar el movimiento de un brazo mecánico quirúrgico que comprende:

- 50 movimiento que incluye una o más de las porciones de flexión y rotación del brazo mecánico quirúrgico usando un conjunto motor acoplado al brazo mecánico quirúrgico;  
movimiento lineal del brazo quirúrgico usando un conjunto lineal acoplado al brazo.

Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto lineal está acoplado al conjunto motor.

- 55 Según algunas realizaciones de la invención, el conjunto lineal es parte integral del conjunto motor.

Según algunas realizaciones de la invención, el movimiento lineal incluye el avance y la retracción lineal del brazo quirúrgico.

60

Según algunas realizaciones de la invención, el movimiento lineal incluye el movimiento lineal del brazo quirúrgico moviendo linealmente el conjunto motor.

Según un aspecto de algunas realizaciones de la invención, se proporciona un sistema quirúrgico que comprende: un dispositivo quirúrgico dimensionado y conformado para su inserción en un cuerpo humano que comprende: al menos un miembro articulado del dispositivo quirúrgico, miembro que comprende: una porción de soporte; una primera porción flexible que se puede doblar separablemente acoplada a la porción de soporte; una segunda porción flexible, que se puede doblar separablemente de la primera porción flexible, acoplada a la primera porción flexible; y al menos un actuador configurado para doblar la primera y la segunda porciones flexibles, un dispositivo de entrada, que comprende al menos un dispositivo de entrada de brazo articulado, cuyo dispositivo de entrada de miembro comprende: un segmento de soporte; un primer segmento acoplado al segmento de soporte mediante una primera articulación; un segundo segmento acoplado al primer segmento mediante una segunda articulación; y al menos un sensor configurado para medir un primer ángulo del dispositivo de entrada entre el primer segmento y el segmento de soporte y mide un segundo ángulo del dispositivo de entrada entre el primer segmento y el segundo segmento; y un controlador configurado para: recibir una señal del al menos un sensor; enviar al menos una señal de control que instruya a al menos un actuador para: doblar la primera porción flexible, basándose en el primer ángulo del dispositivo de entrada; y doblar la segunda porción flexible, basándose en el ángulo del segundo dispositivo de entrada.

En algunas realizaciones, la señal de control ordena al actuador: doblar la primera porción flexible de modo que un primer ángulo del dispositivo quirúrgico medido entre un primer segmento efectivo del dispositivo quirúrgico y un segmento de soporte del dispositivo quirúrgico corresponda al primer ángulo del dispositivo de entrada; y doblar la segunda porción flexible de modo que un segundo ángulo del dispositivo quirúrgico medido entre el primer segmento efectivo del dispositivo quirúrgico y un segundo segmento efectivo del dispositivo quirúrgico corresponda al segundo ángulo del dispositivo de entrada; donde el primer segmento efectivo del dispositivo quirúrgico es una línea recta que conecta un punto central del eje largo de la primera porción flexible con un punto medio del eje largo de la segunda porción flexible; donde el segundo segmento efectivo del dispositivo quirúrgico es una línea recta que conecta un punto medio del eje largo de la segunda porción flexible a un extremo distal de la segunda porción flexible.

En algunas realizaciones, al menos un sensor está configurado para medir una orientación del primer segmento con respecto al segundo segmento y una orientación del primer segmento con respecto al segmento de soporte; donde al menos un actuador está configurado para girar la primera porción flexible alrededor de un primer eje largo de la porción flexible y para girar la segunda porción flexible alrededor de un segundo eje largo de la porción flexible; donde la señal de control ordena al actuador: que gire la primera porción flexible basándose en la orientación medida del primer segmento con respecto al segundo segmento; y girar la segunda porción flexible basándose en la orientación medida del segundo segmento con respecto al primer segmento.

En algunas realizaciones, al menos un sensor es un sensor de movimiento unido a la extremidad articulada. En algunas realizaciones, al menos un sensor es un codificador diferencial magnético. En algunas realizaciones, al menos un sensor comprende: un primer sensor configurado para medir el ángulo del primer dispositivo de entrada; y un segundo sensor configurado para medir el ángulo del segundo dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, el primer sensor está configurado para medir la orientación del primer segmento con respecto al segundo segmento; donde el segundo sensor está configurado para medir la orientación del segundo segmento con respecto al primer segmento. En algunas realizaciones, al menos un sensor comprende: un tercer sensor configurado para medir la orientación del primer segmento con respecto al segundo segmento; y un cuarto sensor configurado para medir la orientación del segundo segmento con respecto al primer segmento.

En algunas realizaciones, la primera porción flexible se puede doblar en un plano de doblado único de la primera porción flexible; donde la segunda porción flexible se puede doblar en un plano de doblado único de la segunda porción flexible.

En algunas realizaciones, el primer segmento se puede doblar con respecto al segmento de soporte en un plano de doblado único de la primera articulación alrededor de la primera articulación; donde el segundo segmento se puede doblar con respecto al primer segmento en un plano de doblado único de la segunda articulación alrededor de la segunda articulación. En algunas realizaciones, la primera articulación y la segunda articulación son articulaciones de pivote. En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico comprende una herramienta acoplada a la segunda porción flexible. En algunas realizaciones, el accionamiento de la herramienta es controlado por una o más interfaces de usuario en el dispositivo de entrada.

En algunas realizaciones, una relación entre la longitud del eje largo del primer segmento y la longitud del eje largo del segundo segmento es aproximadamente una relación entre la longitud del primer segmento efectivo y la longitud

de un segundo segmento efectivo. En algunas realizaciones, una longitud efectiva del eje largo del primer segmento es aproximadamente un 10-30% más larga que una longitud efectiva del eje largo del segundo segmento.

En algunas realizaciones, el sistema comprende una primera y una segunda extremidad del dispositivo de entrada y una primera y segunda extremidad del dispositivo quirúrgico, donde la primera extremidad del dispositivo de entrada controla la primera extremidad del dispositivo quirúrgico, según la reivindicación 1 y donde la segunda extremidad del dispositivo de entrada controla el segundo miembro del dispositivo quirúrgico, según la reivindicación 1.

En algunas realizaciones, la relación entre la longitud efectiva de una primera porción y la longitud del primer segmento está entre 3:1 y 1:1 y la relación entre la longitud efectiva de una segunda porción y la longitud de un segundo segmento está entre 3:1 y 1:1.

En algunas realizaciones, el acoplamiento del primer segmento, segundo segmento y segmento de soporte del dispositivo de entrada tiene una fricción lo suficientemente baja como para que mover una porción del dispositivo de entrada provoque el movimiento de porciones acopladas a la porción que no está restringida individualmente.

En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico no incluye sensores de movimiento.

En algunas realizaciones, el controlador no recibe retroalimentación del dispositivo quirúrgico.

Tal como lo comprenderá un experto en la técnica, algunas realizaciones de la presente invención pueden incorporarse como un sistema, procedimiento o producto de un programa informático. Por consiguiente, los aspectos de la presente invención pueden adoptar la forma de una modalidad totalmente de hardware, una modalidad totalmente de software (que incluye, firmware, software residente, microcódigo, etc.) o una modalidad que combina aspectos de software y hardware que puede denominarse generalmente en esta invención como «circuito», «módulo» o «sistema». Adicionalmente, algunas realizaciones de la presente invención pueden adoptar la forma de un producto de programa informático incorporado en uno o más medios legibles por ordenador que tienen un código de programa legible por ordenador incorporados en estos. Implementación del procedimiento y/o sistema de algunas realizaciones de la invención puede implicar la realización y/o completar las tareas seleccionadas de forma manual, automática o una combinación de las mismas. Además, según la instrumentación y el equipo reales de algunas realizaciones del procedimiento y/o sistema de la invención, varias tareas seleccionadas podrían ser implementadas por hardware, por software o por firmware y/o mediante una combinación de los mismos, por ejemplo, utilizando un sistema operativo.

Por ejemplo, el hardware para realizar tareas seleccionadas según algunas realizaciones de la invención podría implementarse como un chip o un circuito. Como software, las tareas seleccionadas según algunas realizaciones de la invención podrían implementarse como una pluralidad de instrucciones de software ejecutadas por un ordenador utilizando cualquier sistema operativo adecuado. En una realización ejemplar de la invención, una o más tareas según algunas realizaciones ejemplares del procedimiento y/o sistema como se describe en esta invención se realiza mediante un procesador de datos, tal como una plataforma informática para ejecutar una pluralidad de instrucciones. Opcionalmente, el procesador de datos incluye una memoria volátil para almacenar instrucciones y/o datos y/o un almacenamiento no volátil, por ejemplo, un disco duro magnético y/o medio extraíble, para almacenar instrucciones y/o datos. Opcionalmente, también se proporciona una conexión de red. También se proporciona opcionalmente una pantalla y/o un dispositivo de entrada de usuario, como un teclado o un ratón.

Puede utilizarse cualquier combinación de uno o más medios legibles por ordenador para algunas realizaciones de la invención. El medio legible por ordenador puede ser un medio de señal legible por ordenador o un medio de almacenamiento legible por ordenador. Un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo, de forma no taxativa, un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) de los medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen los siguientes: una conexión eléctrica que tiene uno o más hilos, un disquete para ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable borrable (EPROM o memoria flash), una fibra óptica, una memoria de sólo lectura en disco compacto portátil (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético o cualquier otra combinación adecuada de los anteriores. En el contexto del presente documento, un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser cualquier medio tangible que pueda contener o almacenar un programa para utilizar con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones o en relación con estos.

Un medio de señal legible por ordenador puede incluir una señal de datos propagada con un código de programa legible por ordenador incorporado en el mismo, por ejemplo, en una banda base o como parte de una onda portadora.

Dicha señal propagada puede tener cualquier variedad de formas, inclusive, de forma no taxativa, electromagnética, óptica o cualquier combinación adecuada de las mismas. Un medio de señal legible por ordenador puede ser cualquier medio legible por ordenador que no sea un medio de almacenamiento legible por ordenador y que pueda comunicar, propagar o transportar un programa relacionado con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones o aplicables por estos.

El código de programa comprendido en un medio legible por ordenador puede transmitirse mediante cualquier medio adecuado, que incluye, de forma no taxativa, inalámbrico, por cable eléctrico, cable de fibra óptica, RF, etc., o cualquier combinación adecuada de los anteriores.

10

El código de programa informático para realizar operaciones para algunas realizaciones de la presente invención puede escribirse en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluido un lenguaje de programación orientado a objetos como Java, Smalltalk, C++ o lenguajes de programación procedimentales similares y convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. También, el

15 código de programa puede ejecutarse totalmente en el dispositivo informático de un usuario, parcialmente en el dispositivo informático del usuario, como un paquete de software autónomo, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o totalmente en el ordenador remoto o un ordenador de servidor. En el último escenario, el ordenador remoto puede estar conectado al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluida una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión puede realizarse a un ordenador

20 externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet).

Algunas realizaciones de la presente invención pueden describirse a continuación con referencia a ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques de procedimientos, aparatos (sistemas) y productos de programas informáticos según realizaciones de la invención. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones del diagrama de flujo y/o los diagramas de bloques, y las combinaciones de bloques en las ilustraciones del diagrama de flujo y/o los diagramas de bloques, pueden implementarse mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones del programa informático pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de uso general, un ordenador especializado, un procesador integrado u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina de modo que las instrucciones, que se ejecutan por medio del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, crean medios para implementar las funciones especificadas en el bloque o los bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones del programa informático también pueden almacenarse en un medio legible por ordenador que puede dirigir un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable u otros dispositivos para que funcionen de una manera particular, de modo que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación, incluidas las instrucciones que implementan la función/acto especificado en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

Las instrucciones del programa informático también se pueden cargar en un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable u otros dispositivos para hacer que se realicen una serie de etapas operativas en el ordenador, otro aparato programable u otros dispositivos para producir un procedimiento implementado por ordenador de manera que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionan procedimientos para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

45 Algunos de los procedimientos descritos en esta invención generalmente están diseñados solo para su uso por un ordenador, y pueden no ser factibles o prácticos para realizarlos de forma puramente manual, por un experto humano. Se podría esperar que un experto humano que quisiera realizar manualmente tareas similares, como seleccionar una configuración de unión en función de una estrategia quirúrgica seleccionada, use procedimientos completamente diferentes, por ejemplo, haciendo uso del conocimiento de experto y/o las capacidades de reconocimiento de patrones del cerebro humano, que sería mucho más eficiente que seguir manualmente las etapas de los procedimientos descritos en esta invención.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES VISUALIZACIONES DE LOS DIBUJOS**

55 El archivo de patente o solicitud contiene al menos un dibujo ejecutado en color. Si se solicitara, y luego de efectuado el pago de la tasa necesaria, la oficina entregará copias de esta publicación de patente o solicitud de patente con el o los dibujos en color.

Algunas realizaciones de la invención se describen en esta invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos. Con referencia específica ahora a los dibujos en detalle, se destaca que los detalles que se muestran

60

son a modo de ejemplo y con el propósito de una discusión ilustrativa de las realizaciones de la invención. A este respecto, la descripción tomada con los dibujos pone de manifiesto para los expertos en la técnica cómo se pueden poner en práctica las realizaciones de la invención.

5 En los dibujos:

- La FIG. 1A es una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo quirúrgico que incluye una pluralidad de brazos, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 1B es una vista esquemática simplificada de un dispositivo que incluye una pluralidad de brazos, según algunas realizaciones de la invención;
- 10 Las FIG. 1C-D son vistas laterales esquemáticas simplificadas de brazos quirúrgicos, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 2A es un esquema simplificado de un dispositivo, sostenido por un soporte, según algunas realizaciones de la invención;
- 15 Las FIG. 2B-C ilustran el accionamiento de un dispositivo mediante un conjunto lineal, según algunas realizaciones de la invención;
- Las FIG. 3A-B son vistas esquemáticas simplificadas de un sistema donde un dispositivo está sujeto por un soporte, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 4A es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo con extensiones de segmento encajadas, según algunas realizaciones de la invención;
- 20 La FIG. 4B es un esquema simplificado de una vista lateral de una porción de un brazo, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 4C es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo con extensiones de segmento encajadas, según algunas realizaciones de la invención;
- 25 La FIG. 5A es un diagrama de flujo de un procedimiento de construcción de un sistema modular según una estrategia quirúrgica, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 5B ilustra estrategias quirúrgicas ejemplares, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 5C es un diagrama esquemático de actuación de un brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;
- 30 Las FIG. 6A-D son varias vistas de una estructura motora para accionar un brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;
- Las FIG. 7A-D son diagramas de varias configuraciones de sistemas que comprenden diferentes combinaciones de conjuntos modulares, según algunas realizaciones de la invención;
- Las FIG. 8A-B ilustran una configuración ejemplar que incluye dos conjuntos modulares, según algunas realizaciones de la invención;
- 35 Las FIG. 9A-B ilustran una configuración ejemplar de un sistema que incluye dos conjuntos modulares separados, según algunas realizaciones de la invención;
- Las FIG. 10A-C son diseños de brazos mecánicos ejemplares, según algunas realizaciones de la invención;
- Las FIG. 11A-B son una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo 1100 que incluye 3 brazos, según algunas realizaciones de la invención;
- 40 Las FIG. 12A-E ilustran esquemáticamente diferentes estrategias para usar uno o más brazos mecánicos en una cirugía con múltiples puertos, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 13 ilustra el uso de dos sistemas en una cirugía multipuerto, según algunas realizaciones de la invención;
- Las FIG. 14A-D ilustran un acoplamiento entre dos conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención;
- 45 Las FIG. 15A-E son vistas en sección transversal de varias disposiciones de un acoplamiento entre engranajes del conjunto motor y un brazo quirúrgico, y un acoplamiento entre una estructura motora (por ejemplo, que comprende más de un conjunto motor) y una pluralidad de brazos quirúrgicos, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 16A es un esquema simplificado de un brazo quirúrgico que incluye engranajes de brazo quirúrgico y un carcasa de un conjunto motor, según algunas realizaciones de la invención;
- 50 La FIG. 16B es una vista superior esquemática simplificada de un conjunto motor donde la carcasa de un conjunto motor incluye una pluralidad de anclajes, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 17 es una vista superior esquemática simplificada de un conector de conjunto motor, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 18 es un diagrama de flujo de un procedimiento para conectar una pluralidad de carcasas de conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención;
- 55 La FIG. 19 es un diagrama de flujo de un procedimiento para conectar una pluralidad de carcasas de conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención;
- La FIG. 20A es una vista desarrollada esquemática simplificada de una pluralidad de conjuntos motores, brazos quirúrgicos asociados y una pluralidad de conectores antes de la conexión, según algunas realizaciones de la invención;
- 60

La FIG. 20B es una vista superior esquemática simplificada de una estructura motora que incluye una pluralidad de conjuntos motores conectados por conectores en una configuración cuadrada, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 21 es un esquema simplificado de una pluralidad de conjuntos motores conectados en una configuración alargada, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 22A es un esquema simplificado de una pluralidad de conjuntos motores conectados y brazos quirúrgicos asociados, donde uno de los conjuntos motores tiene una posición axial diferente, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 22B es una vista ampliada de una porción de los conjuntos motores ilustrados en la FIG. 22A, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 23 es un esquema simplificado del sistema que incluye una primera pluralidad de brazos quirúrgicos insertados en un primer puerto y una segunda pluralidad de brazos quirúrgicos insertados en un segundo puerto, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 24A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 24B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 24C es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada, según algunas formas de realización de la invención;

La FIG. 24D es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada, según algunas formas de realización de la invención;

La FIG. 24E es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada, según algunas formas de realización de la invención;

La FIG. 25 es un esquema simplificado de engranajes de brazo A1-6 y engranajes de motor dentro de una carcasa de conjunto motor, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 26 es un esquema simplificado de engranajes de brazo y engranajes de motor dentro de una carcasa de conjunto motor, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 27 es un esquema simplificado de un primer y un segundo brazo quirúrgico, incluyendo cada brazo engranajes de brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 28A es un esquema simplificado de un sistema que incluye dos conjuntos modulares separados configurados para unirse entre sí, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 28B es una sección transversal esquemática simplificada de una estructura motora, que muestra la unión entre conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 28C es una vista ampliada del accesorio de la FIG. 28B, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 28D es un esquema simplificado de un accesorio deslizante, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 28E es un esquema simplificado de una pluralidad de brazos quirúrgicos modulares, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 29 es una vista lateral esquemática simplificada de un mecanismo de actuación para el control de una articulación de brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 30 es un esquema simplificado de un sistema quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 31A es un esquema simplificado de la parte inferior de un conjunto modular que incluye una carcasa de conjunto motor y un brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención;

La FIG. 31B es un esquema simplificado de un conjunto lineal, según algunas realizaciones de la invención; y

La FIG. 31C es un esquema simplificado de un elemento deslizante unido a una porción de un soporte, según algunas realizaciones de la invención.

## **DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES ESPECÍFICAS DE LA INVENCION**

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a un sistema que comprende uno o más conjuntos modulares, cada conjunto modular (también denominado en esta invención "conjunto modular quirúrgico") comprende un brazo quirúrgico y un conjunto motor configurado para accionar el movimiento del brazo quirúrgico.

En algunas realizaciones, al menos dos conjuntos modulares están configurados para unirse entre sí. En algunas realizaciones, cada conjunto modular está configurado para funcionar por separado. En algunas realizaciones, se usa el mismo sistema quirúrgico para realizar cirugía laparoscópica de un solo puerto (por ejemplo, donde todos los conjuntos modulares que se usan en la cirugía están unidos y los brazos quirúrgicos se insertan a través de un solo puerto) y cirugía laparoscópica de múltiples puertos. Por ejemplo, la cirugía laparoscópica de múltiples puertos se realiza cuando un primer subconjunto de la pluralidad de conjuntos modulares se separa de un segundo subconjunto de conjuntos modulares, y los brazos quirúrgicos del primer subconjunto se insertan a través de un puerto diferente al segundo subconjunto. En algunas realizaciones, una pluralidad de subconjuntos separados de conjuntos modulares



se insertan en un cuerpo a través de una pluralidad de puertos. En una realización ejemplar, un sistema quirúrgico incluye dos conjuntos modulares configurados para operación quirúrgica cuando se conectan e insertan en un cuerpo a través de un solo puerto y cuando se desconectan e insertan a través de dos puertos.

- 5 En algunas realizaciones, el sistema incluye un controlador que envía una señal de control a la pluralidad de conjuntos motores para controlar el movimiento de los brazos quirúrgicos. En algunas realizaciones, el controlador incluye al menos un brazo de dispositivo de entrada que, cuando se mueve, envía una señal de dispositivo de entrada al controlador. En algunas realizaciones, el controlador genera la señal de control basándose en el dispositivo de entrada. En una realización ejemplar, el controlador incluye dos brazos de dispositivo de entrada, donde la señal de control
- 10 incluye una primera señal de control que indica el movimiento de un primer brazo quirúrgico y una segunda señal de control que indica el movimiento de un segundo brazo quirúrgico, donde la primera señal de control se genera en el movimiento medido del primer brazo del dispositivo de entrada y la segunda señal de control se genera basándose en el movimiento medido del segundo brazo del dispositivo de entrada.
- 15 En algunas realizaciones, el controlador está configurado para ser utilizado por una o más personas. En algunas realizaciones, el controlador está configurado para ser utilizado por una persona cuando los brazos de entrada y/o los conjuntos modulares están conectados y deben ser utilizados por más de una persona (por ejemplo, dos personas) cuando los brazos de entrada y/o los conjuntos modulares son independientes.

- 20 En algunas realizaciones, una pluralidad de conjuntos modulares están configurados para, cuando se unen, fijarse a un soporte del paciente (por ejemplo, una cama) mediante un solo soporte.

En algunas realizaciones, los conjuntos modulares están acoplados o unidos mecánicamente. En algunas realizaciones, los conjuntos modulares comparten el acoplamiento y/o alineación. En algunas realizaciones, la carcasa de los conjuntos motores proporciona la alineación de los conjuntos modulares. En algunas realizaciones, los

25 conjuntos motores se alinean magnéticamente, por ejemplo, usando uno o más imanes situados en las proximidades de una o más carcasas de conjuntos motores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los conjuntos motores se alinean entre sí alineando porciones de una carcasa de conjunto motor, por ejemplo, alineando una o más caras de las carcasas de conjunto motor.

- 30 En algunas realizaciones, los conjuntos modulares no comparten la fuente de alimentación y/o no comparten una conexión con un controlador. Por ejemplo, cada conjunto motor tiene una conexión separada a una o más fuentes de alimentación y/o uno o más controladores.

- 35 Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un sistema quirúrgico que incluye un brazo quirúrgico modular configurado para acoplarse a un conjunto motor modular que está configurado para accionar el brazo quirúrgico.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un sistema incluye una pluralidad de brazos y una pluralidad de conjuntos

40 motores donde: Uno o más de los brazos son compatibles con más de uno de la pluralidad de conjuntos motores y/o una pluralidad de brazos son compatibles con uno o más de los conjuntos motores. En algunas realizaciones, la modularidad de los brazos quirúrgicos y/o los conjuntos motores permiten, por ejemplo, que se sustituya un brazo quirúrgico, por ejemplo, moviendo un brazo quirúrgico de un conjunto motor a otro conjunto motor. En algunas realizaciones, un sistema incluye una pluralidad de brazos y una pluralidad de conjuntos motores donde cada brazo

45 es compatible con más de un conjunto motor (por ejemplo, cada brazo es compatible con cada conjunto motor).

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a la fijación de un brazo quirúrgico modular a un conjunto motor. En algunas realizaciones, una porción del brazo quirúrgico se inserta en el conjunto motor. En algunas realizaciones, la porción del brazo que se inserta en el conjunto motor incluye engranajes de brazo quirúrgico (por

50 ejemplo, incluye un conjunto de engranaje de brazo quirúrgico) que están configurados para accionar el brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, los engranajes del brazo están configurados para hacer contacto con los engranajes del conjunto motor, una vez que el brazo quirúrgico se inserta en el conjunto motor. En algunas realizaciones, la porción del brazo quirúrgico es alargada y se inserta en un rebajo alargado en una cara longitudinal de un conjunto motor.

- 55 En algunas realizaciones, los elementos de accionamiento del conjunto motor hacen contacto con el brazo quirúrgico, cuando el brazo se inserta en el rebajo. Por ejemplo, los engranajes del conjunto motor contactan operativamente con los engranajes del brazo quirúrgico.

- 60 Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más elementos de accionamiento del conjunto motor (por ejemplo,

engranaje del motor) están expuestos dentro del rebajo, por ejemplo, al menos cuando el brazo se inserta en el rebajo. En algunas realizaciones, uno o más elementos accionables (por ejemplo, engranaje de brazo quirúrgico) están expuestos en el brazo quirúrgico, al menos una vez que el brazo se inserta en el rebajo del conjunto motor. En algunas realizaciones, una vez que el brazo se inserta en el rebajo, los elementos de actuación del conjunto motor entran en  
5 contacto con el brazo quirúrgico, por ejemplo, los engranajes del conjunto motor entran en contacto con los engranajes del brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, la inserción del brazo activa el conjunto motor, por ejemplo, un sensor detecta que el brazo quirúrgico ha sido insertado y permite el accionamiento del brazo por el conjunto motor.

En algunas realizaciones, la conexión entre el brazo quirúrgico y el conjunto motor es a lo largo de una longitud del  
10 brazo quirúrgico y/o conjunto motor. Por ejemplo, donde está la fijación, entre el conjunto de engranajes del brazo quirúrgico y el conjunto motor. Potencialmente, la conexión realizada a lo largo del brazo y/o el conjunto motor permite una conexión segura entre el conjunto motor y el brazo quirúrgico, por ejemplo, asegurando potencialmente la estabilidad de una posición del brazo quirúrgico. Potencialmente, la conexión se realiza a lo largo del brazo y/o el  
15 conjunto motor permite el contacto entre una pluralidad de elementos de accionamiento del conjunto motor y los brazos quirúrgicos (por ejemplo, el contacto entre una pluralidad de engranajes de motor y engranajes de brazo quirúrgico, donde el brazo quirúrgico y/o los engranajes del motor están separados axialmente y/o son coaxiales).

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo del eje largo de una porción del brazo quirúrgico (por ejemplo, un conjunto de engranaje quirúrgico que, en algunas realizaciones forma un extremo distal del brazo quirúrgico) dentro  
20 de un conjunto motor es 0-30° o 0- 20° o 0-10° o menores o mayores o ángulos o intervalos intermedios, de un eje largo del conjunto motor.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un eje largo de un brazo quirúrgico, cuando el brazo está unido al conjunto motor, se aloja dentro del conjunto motor, extendiéndose dentro del conjunto motor para 80-99%, o 80-95% o 60-99%  
25 de una longitud del conjunto motor.

Por ejemplo, donde 20-50%, o 25-40%, o aproximadamente el 35% o porcentajes o intervalos inferiores o superiores o intermedios, de una longitud de un brazo quirúrgico se une al conjunto motor.

30 En algunas realizaciones, un kit proporcionado a un usuario incluye un conjuntos motores y brazos quirúrgicos separados que a continuación se ensamblan antes de usar el sistema. En algunas realizaciones, los brazos quirúrgicos en el kit se suministran estériles.

En algunas realizaciones, uno o más brazos quirúrgicos están configurados para operar usando una pluralidad de  
35 herramientas (por ejemplo, diferentes tipos de herramientas), donde las herramientas, en algunas realizaciones, están configuradas para unirse de forma desmontable a un brazo quirúrgico.

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un conjunto motor configurado para accionar un brazo quirúrgico donde un brazo quirúrgico se extiende fuera del conjunto motor en una primera cara del conjunto motor, y  
40 donde el conjunto motor está configurado para ser acoplado a otro conjunto motor en una segunda cara de conjunto motor. En algunas realizaciones, la primera cara del conjunto motor generalmente define un plano que está en un ángulo de 60-120°, 70-110° u 80-100° o aproximadamente 90° o menor o mayor o intervalos o ángulos intermedios a un eje central (por ejemplo, un eje central largo) de al menos una porción del brazo quirúrgico que se extiende desde la primera cara. Por ejemplo, una porción del brazo que se extiende desde la primera cara en 10 mm, 20 mm, 50 mm  
45 o 100 mm, o distancias más bajas o más altas o intermedias. En algunas realizaciones, la segunda cara forma un ángulo con la primera cara, por ejemplo, forma un ángulo de 60-120°, 70-110° u 80-100° o aproximadamente 90° con respecto a la primera cara. En algunas realizaciones, el conjunto motor tiene una forma alargada y la segunda cara es una cara longitudinal del conjunto motor.

50 En algunas realizaciones, el brazo quirúrgico está articulado en la cara del conjunto motor.

Un aspecto de algunas realizaciones se refiere a la alineación paralela entre conjuntos motores en la que una cara longitudinal de una carcasa de un conjunto motor comprende una geometría de conexión adecuada para acoplarse a una cara (por ejemplo, una cara longitudinal) de una carcasa del segundo conjunto motor y/o adecuada para acoplar  
55 un conector. En algunas realizaciones, la geometría comprende uno o más elementos para lograr un ajuste de interferencia entre las carcasas del conjunto motor, tales como salientes e muescas respectivas.

En algunas realizaciones, una cara de la carcasa de un conjunto motor es una porción de la carcasa donde el 90-99%, o el 90-99,5%, o el 95-99% del área de la superficie de la carcasa varía como máximo en 0,1-2 mm, o 0,1-1 mm, o  
60 intervalos o valores inferiores o superiores o intermedios desde un plano de la cara, donde el plano es un plano

tangencial que contacta con el área de superficie más grande de la cara de la carcasa. En algunas realizaciones, una tangente plana de una cara longitudinal de la carcasa de un conjunto motor está a 0-5°, o 0-1°, del paralelo a un eje central largo de la carcasa.

- 5 En algunas realizaciones, por ejemplo, además de las geometrías de conexión en las segundas caras de la carcasa del conjunto motor, los conjuntos motores están configurados para entrelazarse entre sí, por ejemplo, utilizando medios mecánicos como un bloqueo de émbolo, pines y/o otros sujetadores. En algunas realizaciones, los conjuntos motores se entrelazan entre sí utilizando medios electromagnéticos. En algunas realizaciones, el entrelazamiento entre los conjuntos motores se libera mediante un mecanismo de liberación rápida, que comprende, por ejemplo, un cerrojo  
10 móvil para liberar el bloqueo.

- En algunas realizaciones, se utilizan uno o más conectores para conectar dos o más motores, por ejemplo, en geometrías de conexión en las carcasas de conjuntos motores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector conecta dos anclajes, un anclaje ubicado en cada una de las dos carcasas de conjuntos motores. En algunas  
15 realizaciones, un anclaje incluye una o más muescas y/o salientes. En una realización ejemplar, un anclaje es una muesca dimensionada y conformada para recibir una porción de un conector.

- En algunas realizaciones, un conector está configurado para tirar de una pluralidad de conjuntos motores que están conectados, juntos. Por ejemplo, las fuerzas resistivas del conector en reacción al peso de los conjuntos motores sobre  
20 el conector actúan para tirar de los conjuntos motores juntos. En algunas realizaciones, un conector es un componente desechable. En algunas realizaciones, el conector está configurado para acoplarse y desconectarse de anclajes. En algunas realizaciones, el conector, una vez insertado, está configurado para romperse para separar los conjuntos motores entre sí. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector, una vez insertado, se bloquea en su posición y, al ser retirado, se rompe, siendo un beneficio potencial los conectores que pueden no reutilizarse. En algunas  
25 realizaciones, un conector, una vez en posición uniendo una pluralidad de conjuntos motores, no sobresale de las superficies exteriores de los conjuntos motores. Alternativamente, en algunas realizaciones, una porción de un conector sobresale, por ejemplo, permitiendo la extracción del conector. y/o indicando presencia y/o posición del conector.

- 30 En algunas realizaciones, cuando un conjunto motor está conectado a un segundo conjunto motor, las caras adjuntas están en estrecho contacto, por ejemplo, cuando una separación entre las caras adjuntas es de 0,01-2 mm o 0,01-1 mm, o como máximo 1 mm o como máximo. 0,5 mm o menores o mayores o distancias o intervalos intermedios. En algunas realizaciones, cuando un conjunto motor se une a un segundo conjunto motor, las caras unidas contactan directamente entre sí. En algunas realizaciones, el contacto directo es de al menos el 90% del área superficial de las  
35 caras o al menos el 80% o al menos el 95% o al menos el 98% o 80-95%, o intervalos o porcentajes inferiores o superiores o intermedios.

- En algunas realizaciones, las caras de la carcasa de un conjunto motor (en algunas realizaciones, excluyendo porciones de las caras con geometrías de conexión) son suficientemente planas (p. ej., desviándose del plano como  
40 máximo 2 mm o 1 mm o 0,5 mm o 0,1 mm o distancias más bajas o más altas o intermedias para al menos 80% o 90% o 95% o 99% de un área de superficie de la placa, o porcentajes más bajos o más altos o intermedios) que cuando las caras que están conectadas entran en contacto cercano (por ejemplo, como se cuantificó anteriormente). En algunas realizaciones, las geometrías de conexión de dos conjuntos motores están dimensionadas y/o tienen formas tales que las caras, cuando se conectan en las geometrías de conexión, están en estrecho contacto (por  
45 ejemplo, como se cuantificó anteriormente). Por ejemplo, en algunas realizaciones, un saliente en una primera carcasa de conjunto motor encaja en una muesca en una segunda carcasa de conjunto motor lo suficientemente bien como para que los conjuntos motores cuando estén conectados estén en estrecho contacto.

- En algunas realizaciones, se utiliza un solo conjunto modular de forma independiente para realizar la cirugía. Adicional  
50 o alternativamente, se utilizan múltiples conjuntos modulares como 2, 3, 4, 6 conjuntos o un número intermedio o mayor de conjuntos para realizar la cirugía.

- En algunas realizaciones, un conjunto motor está configurado para detectar si se ha conectado a uno o más conjuntos  
55 motores adicionales, por ejemplo mediante un sensor como un microinterruptor.

- En algunas realizaciones, los conjuntos motores se alinean por medios magnéticos, por ejemplo, mediante uno o más  
60 imanes que actúan en la cara de un conjunto motor (por ejemplo, una cara longitudinal).

- Un aspecto de algunas realizaciones se refiere a sujetar los brazos quirúrgicos uno cerca del otro de manera que una  
60 distancia lateral entre los brazos (por ejemplo, una distancia lateral entre los ejes longitudinales de los brazos) sea

menor de 10 mm, menor de 5 mm, menor de 1 mm o distancias intermedias, mayores o menores. En algunas realizaciones, cada conjunto motor es colineal con el brazo quirúrgico accionado por el conjunto motor, de modo que cuando los brazos están conectados a los conjuntos motores, se mantienen en una posición paralela entre sí. En algunas realizaciones, un conjunto motor es un elemento alargado, al menos una porción del brazo quirúrgico que se  
5 extiende fuera del conjunto motor es alargada. En algunas realizaciones, un eje largo del conjunto motor alargada es paralelo a un eje largo de la porción alargada del brazo quirúrgico que se extiende fuera del conjunto motor.

En algunas realizaciones, el brazo quirúrgico se extiende distalmente desde el conjunto motor a una distancia lateral menor de 5 mm, menor de 3 mm, menor de 1 mm desde una cara longitudinal del conjunto motor que se acopla a una  
10 respectiva cara del segundo conjunto motor que sostiene el segundo brazo. En algunas realizaciones, más de dos brazos se mantienen cerca uno del otro de manera que la distancia lateral entre los brazos sea menor de 10 mm, menor de 5 mm, menor de 1 mm o distancias intermedias, mayores o menores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, 3 o 4 o 5 o 3-10 brazos quirúrgicos se mantienen cerca uno del otro.

15 Una ventaja potencial del brazo quirúrgico situado cerca de la cara de acoplamiento del motor puede incluir sostener los brazos de los conjuntos motores adyacentes muy cerca entre sí, permitiendo potencialmente la inserción de los brazos juntos a través de una abertura relativamente estrecha al cuerpo del paciente. Por ejemplo, a través de una pequeña incisión de p. ej. menos de 5 cm de largo y/o ancho, o menos de 3 cm, o menos de 2 cm, o menos de 1 cm, o 0,1-5 cm, o 0,1-3 cm, o dimensiones o intervalos inferiores o superiores o intermedios. Por ejemplo, a través de un  
20 orificio corporal natural, por ejemplo, la vagina, por ejemplo, el ano, por ejemplo, la tráquea, por ejemplo, el esófago. Por ejemplo, a través de una incisión contenida dentro del ombligo.

En algunas realizaciones, se construyen 3 conjuntos motores juntos para sujetar 3 brazos quirúrgicos próximos entre sí. En un ejemplo, un primer brazo se define para imitar el brazo izquierdo; un segundo brazo se define para imitar el  
25 brazo derecho; y un tercer brazo lleva un dispositivo de asistencia quirúrgica, como una cámara.

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere a la interconexión de una pluralidad de módulos de conjuntos motores en una variedad de configuraciones espaciales. En algunas realizaciones, un conjunto motor está configurado para entrelazarse con uno o más conjuntos motores adicionales en una pluralidad de posiciones. Por  
30 ejemplo, en algunas realizaciones, un conjunto motor tiene una carcasa que incluye una pluralidad de anclajes que están, por ejemplo, ubicados en diferentes partes de la carcasa del conjunto motor.

En algunas realizaciones, un conjunto motor está configurado para conectarse a otro u otros conjuntos motores (por ejemplo, incluye una pluralidad de anclajes) en diferentes posiciones radiales desde un eje central largo del conjunto  
35 motor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conjunto motor (por ejemplo, una carcasa de conjunto motor) tiene al menos un anclaje en más de una cara longitudinal.

Además o alternativamente, en algunas realizaciones, un conjunto motor está configurado para conectarse a otros conjuntos motores (por ejemplo, incluye una pluralidad de anclajes) en diferentes posiciones axiales en el conjunto  
40 motor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conjunto motor tiene una pluralidad de anclajes distribuidos en diferentes posiciones axiales a lo largo de una sola cara longitudinal del conjunto motor.

En algunas realizaciones, uno o más anclajes proporcionan más de una geometría de conexión entre conjuntos motores. En algunas realizaciones, uno o más anclajes proporcionan un intervalo de posiciones de conexión, por  
45 ejemplo, un intervalo continuo, por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más conjuntos motores tienen un anclaje configurado para conexión deslizante.

En algunas realizaciones, una pluralidad de conjuntos motores están conectados por uno o más conectores. En algunas realizaciones, se configura un solo conector para conectar dos conjuntos motores. Por ejemplo, en una  
50 realización ejemplar, un primer y un segundo conjunto motor, que tienen un primer y un segundo anclaje de conexión deslizante respectivamente, están conectados por un conector que está dimensionado y/o conformado para encajarse en los anclajes conectando así el primero y el segundo conjuntos motores. En algunas realizaciones, una pluralidad de conectores conectan dos conjuntos motores.

55 En algunas realizaciones, se conecta una pluralidad de conjuntos motores colocando los conjuntos motores en un conector, por ejemplo, el conector tiene un tamaño y forma de manguito para sujetar e/o interconectar una pluralidad de conjuntos motores.

En algunas realizaciones, el sistema quirúrgico incluye un modelo de una configuración de fijación de los conjuntos  
60 motores. En algunas realizaciones, un procesador almacena el modelo en una memoria. En algunas realizaciones, un

modelo es seleccionado por un usuario, por ejemplo, antes y/o después de la conexión (por ejemplo, mecánica) de los módulos.

En algunas realizaciones, existen dos conjuntos modulares y el modelo incluye una primera y una segunda opción, la primera opción donde se conectan los conjuntos modulares y la segunda opción donde se desconectan los conjuntos modulares.

En algunas realizaciones, un conjunto motor está configurado, en una pluralidad de posiciones, para su conexión a otro conjunto motor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, son posibles una pluralidad de fijaciones alrededor de una circunferencia de un conjunto motor.

En algunas realizaciones, un conjunto motor está configurado para unirse a otros conjuntos motores en múltiples posiciones alrededor de una circunferencia en sección transversal del conjunto motor. En una realización ejemplar, un conjunto motor incluye cuatro posiciones igualmente espaciadas.

En algunas realizaciones, los conjuntos motores se unen entre sí mediante uno o más conectores. En algunas realizaciones, el conector es una pieza aparte. En algunas realizaciones, cada conjunto motor incluye uno o más anclajes, el anclaje incluye una muesca, donde se forma y/o dimensiona un conector para encajar simultáneamente en dos anclajes, por ejemplo, conectando así dos conjuntos motores. En una realización ejemplar, la unión entre el conector y los anclajes incluye una unión deslizante. En algunas realizaciones, el accesorio deslizante permite el ajuste axial de la posición y/o selección de la posición axial de los conjuntos motores entre sí.

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere al dimensionamiento y posicionamiento de engranajes de motor con respecto a un eje de brazo quirúrgico dentro de una carcasa de conjunto motor. Donde, en algunas realizaciones, los engranajes del motor accionan los engranajes del brazo quirúrgico para efectuar el movimiento del brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, una pluralidad de ejes de engranajes del brazo quirúrgico (por ejemplo, todos los engranajes del brazo quirúrgico para un brazo) son colineales, donde un eje de engranajes es un eje alrededor del cual gira el engranaje.

En algunas realizaciones, un eje longitudinal de un brazo quirúrgico y los engranajes del brazo asociados se sitúa entre una o más caras exteriores (por ejemplo, una cara longitudinal) de la carcasa del conjunto motor y un eje o ejes de engranajes de motor que accionan los engranajes del brazo.

En algunas realizaciones, uno o más engranajes de motor tienen un tamaño tal que un brazo quirúrgico está a una pequeña distancia lateral de una cara (por ejemplo, una cara longitudinal) de una carcasa de conjunto motor, por ejemplo, 0,1-5 mm o 0,1-2 mm, o 0,5- 2 mm, o distancias o intervalos más bajos o más altos o intermedios. En algunas realizaciones, una pluralidad de engranajes están dimensionados de manera que un brazo quirúrgico esté a una pequeña distancia lateral de una cara longitudinal de la carcasa del motor. Por ejemplo, en las realizaciones, donde un eje de uno o más engranajes de motor está entre un eje del brazo quirúrgico y una cara del conjunto motor, la reducción del tamaño del engranaje del motor reduce la distancia entre el eje del brazo quirúrgico y la cara del conjunto motor.

En algunas realizaciones, más de un engranaje motor acciona un solo engranaje de brazo quirúrgico, por ejemplo, permitiendo potencialmente la reducción del tamaño de los engranajes del motor mientras se mantiene un nivel de par requerido.

En algunas realizaciones, uno o más engranajes de motor son pequeños, por ejemplo un engranaje (o engranajes, o todos los engranajes de motor de un conjunto motor, en algunas realizaciones) que tienen 1-20 mm de diámetro, o 1-5 mm de diámetro o diámetros o intervalos inferiores o superiores o intermedios. En algunas realizaciones, un conjunto motor tiene uno o más engranajes de motor (por ejemplo, todos los engranajes de motor de un conjunto motor) que son del mismo tamaño o más pequeños que uno o más engranajes de brazo quirúrgico, por ejemplo, donde el diámetro del engranaje del motor es 20-100. % o 20-95% o 40-70% de un engranaje del brazo quirúrgico, o porcentajes o intervalos más bajos o más altos o intermedios.

Un beneficio potencial de los engranajes de motor pequeños es la capacidad de conectar un conjunto motor a otro conjunto motor en una pluralidad de caras del conjunto motor (por ejemplo, todas las caras del conjunto motor) mientras se mantienen los brazos quirúrgicos muy juntos. Esto permite potencialmente una amplia gama de configuraciones de conjuntos motores en las que los brazos quirúrgicos se mantienen juntos.

En algunas realizaciones, los engranajes del motor son todos colineales, lo que potencialmente reduce el tamaño

mínimo requerido de un conjunto motor y/o reducir la distancia entre el eje del brazo quirúrgico y la cara o caras longitudinales de un conjunto motor.

- Un aspecto de algunas realizaciones se refiere a la actuación automatizada del movimiento lineal de un sistema que comprende uno o más brazos quirúrgicos. En algunas realizaciones, un mecanismo al que se hace referencia en esta invención como una "conjunto lineal" está configurado para activar el avance. y/o retracción de uno o más conjuntos modulares, por ejemplo avance y/o retraer un brazo quirúrgico en y/o fuera del cuerpo del paciente. En alguna realización, el conjunto lineal está integrada en el conjunto motor. Adicional o alternativamente, el conjunto lineal está configurada para acoplarse al conjunto motor.
- En algunas realizaciones, el conjunto lineal comprende un carril y un elemento deslizante que se puede colocar sobre el carril. En algunas realizaciones, el elemento deslizante se conecta al conjunto motor para permitir el deslizamiento del conjunto motor con respecto al carril.
- En algunas realizaciones, la activación del movimiento lineal es impulsada por un motor. Opcionalmente, el motor está dispuesto en el conjunto motor de tal manera que cuando el conjunto motor está unida, a través del elemento deslizante, al carril, el motor impulsa el movimiento del conjunto motor sobre el carril.
- En algunas realizaciones, el conjunto lineal está configurada para conectarse a un dispositivo o sistema externo. Opcionalmente, el conjunto lineal comprende un sensor, como un microinterruptor, configurado para detectar si el conjunto lineal estaba conectada a un dispositivo o sistema externo.
- En algunas realizaciones, se usa una única conjunto lineal para mover más de un conjunto motor, por ejemplo, para mover dos conjuntos motores unidas entre sí.
- Un aspecto de algunas realizaciones se refiere a la construcción de un sistema modular según una estrategia quirúrgica. En algunas realizaciones, un número y/o una disposición espacial de conjuntos modulares y/o un número de brazos mecánicos se selecciona según una estrategia quirúrgica seleccionada.
- En algunas realizaciones, seleccionar una estrategia quirúrgica comprende seleccionar un puerto o puertos quirúrgicos a través de los cuales se realiza la cirugía. Por ejemplo, incluida la selección de un número y/o una forma y/o ubicación del o de los puertos quirúrgicos a través de los cuales se realiza la cirugía.
- Un puerto puede comprender un orificio corporal natural, una abertura incisa y/o cualquier otra abertura que permita el acceso al cuerpo del paciente. En algunas realizaciones, un puerto comprende un elemento de puerto que, por ejemplo, está acoplado al cuerpo del paciente y a través del cual uno o más brazos quirúrgicos acceden al cuerpo del paciente.
- En algunas realizaciones, los conjuntos modulares se seleccionan y/o disponen (por ejemplo, se disponen espacialmente) de manera que uno o más brazos quirúrgicos operen dentro de un puerto. Adicional o alternativamente, conjuntos modulares separados se sitúan en diferentes puertos. Adicional o alternativamente, uno o más brazos quirúrgicos operan dentro de un primer puerto y a continuación se mueven a un segundo puerto.
- En algunas realizaciones, una disposición espacial de conjuntos modulares se basa en una forma y/o tamaño del puerto a través del cual se insertan los brazos quirúrgicos asociados con los conjuntos modulares.
- Por ejemplo, en una realización ejemplar, se selecciona una disposición espacial lineal de conjuntos modulares, donde los conjuntos se conectan secuencialmente en una línea, para su inserción en un paciente a través de un puerto lineal (por ejemplo, incisión lineal).
- En algunas realizaciones, seleccionar una estrategia quirúrgica incluye seleccionar un camino quirúrgico (p. ej. que delinean los brazos quirúrgicos) a través de un paciente hasta una diana quirúrgica. En algunas realizaciones, se selecciona más de una ruta quirúrgica, por ejemplo, múltiples rutas desde un puerto (por ejemplo, diferentes brazos insertados en un solo puerto siguen diferentes rutas dentro del cuerpo de un paciente), por ejemplo, una o más rutas desde cada puerto donde hay múltiples puertos.
- En algunas realizaciones, se selecciona una disposición espacial de conjuntos modulares en función de las rutas quirúrgicas seleccionadas. Por ejemplo, en una realización ejemplar, se selecciona una configuración espacial lineal de conjuntos modulares, para la inserción en un paciente cuando se desea un perfil de acceso estrecho, por ejemplo, donde el acceso es entre las costillas, por ejemplo, donde una ruta quirúrgica dentro del sujeto para evitar obstáculos

quirúrgicos es estrecha. En algunas realizaciones, un procesador proporciona una configuración espacial recomendada de conjuntos modulares (una o más recomendaciones, por ejemplo, mostradas a un usuario), basada en información ingresada por el usuario que incluye, por ejemplo, características de una ruta y/o estrategia quirúrgica seleccionada, número de puertos, tamaño y/o posición de los puertos, información anatómica, por ejemplo, 5 proporcionadas por imágenes y/o mapas anatómicos.

En algunas realizaciones, el sistema incluye una interfaz de usuario que está configurada para mostrar una indicación de una configuración de unión de la pluralidad de conjuntos modulares y/o conjuntos motores. En algunas realizaciones, la interfaz de usuario recibe un modelo de una configuración de unión y a continuación muestra una 10 indicación de la configuración de unión en base al modelo recibido. Donde, por ejemplo, la indicación es una ilustración de conjuntos modulares unidos y/o una indicación numérica y/o una o más luces encendidas. En algunas realizaciones, el modelo recibido se basa en señales producidas por los conjuntos modulares y recibidas por un procesador. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario coloca y/o conecta una pluralidad de conjuntos modulares, y uno o más de los conjuntos envía una señal que indica su configuración de conexión al procesador. En algunas realizaciones, 15 basándose en esta señal, el procesador genera y/o selecciona (por ejemplo, de una lista) un modelo de una configuración de unión. En algunas realizaciones, un usuario selecciona una configuración de unión en una interfaz de usuario (por ejemplo, seleccionando la configuración de una lista, por ejemplo, conectando conjuntos modulares virtuales en un espacio virtual), y el procesador genera un modelo de una configuración de unión desde la entrada del usuario. En algunas realizaciones, el modelo seleccionado por el usuario de una configuración de unión se almacena 20 en una memoria y/o se muestra en una interfaz de usuario.

En algunas realizaciones, un modelo de una configuración de unión incluye, por ejemplo, una o más de un número de conjuntos modulares, una indicación de qué caras de qué conjuntos motores están unidas entre sí, una indicación del tipo de conjunto motor, una indicación de un tipo de brazo quirúrgico. 25

En algunas realizaciones, los conjuntos modulares están dispuestos espacialmente (por ejemplo, para funcionar dentro de un solo puerto) mediante el entrelazamiento de una pluralidad de conjuntos modulares. En algunas realizaciones, los brazos quirúrgicos se sitúan previamente y/o se mueven a una posición seleccionada con respecto a los puertos para acceder al cuerpo del paciente. En algunas realizaciones, los brazos están configurados para converger entre sí. 30 Adicional o alternativamente, los brazos están configurados para divergir unos de otros. En algunas realizaciones, una porción de brazo (por ejemplo, una porción de brazo que se extiende entre un conjunto motor y una primera articulación del brazo quirúrgico) está configurada para darle forma (por ejemplo, doblada) a una configuración seleccionada. Algunas realizaciones comprenden un tubo flexible para fijar la posición de uno o más brazos con respecto al cuerpo del paciente. y/o con respecto a los demás. 35

Un aspecto amplio de algunas realizaciones de la invención se refiere al control del movimiento de los brazos quirúrgicos de un conjunto modular que utiliza conjuntos de control modulares. En algunas realizaciones, una configuración de una pluralidad de conjuntos de control modulares conectados coincide con una configuración de conjuntos modulares quirúrgicos conectados. Por ejemplo, en algunas realizaciones, dos conjuntos modulares 40 quirúrgicos están conectados (por ejemplo, en las caras longitudinales de los conjuntos quirúrgicos) y el movimiento de los conjuntos modulares quirúrgicos se controla mediante dos conjuntos de control modulares conectados. En algunas realizaciones, un conjunto de control modular incluye un brazo del dispositivo de entrada donde un soporte del brazo del dispositivo de entrada está configurado para unir el brazo del dispositivo de entrada en proximidad a otro brazo del dispositivo de entrada. En algunas realizaciones, los brazos del dispositivo de entrada están configurados 45 para unirse entre sí, donde la unión está, por ejemplo, en sus soportes.

En algunas realizaciones, conjuntos modulares que están configurados para separarse entre sí, por ejemplo, permitiendo potencialmente la limpieza de los conjuntos modulares, por ejemplo, incluyendo superficies que están próximas y/o en contacto entre sí cuando los conjuntos modulares (por ejemplo, en las carcasas del conjunto motor) 50 están unidos (por ejemplo, facilidad de limpieza de las caras longitudinales de la carcasa del conjunto motor).

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a un sistema quirúrgico que incluye una pluralidad de brazos quirúrgicos, cada brazo unido a un conjunto motor configurado para accionar el brazo donde uno o más de los brazos quirúrgicos incluye una curvatura fija mecánicamente. 55

En algunas realizaciones, la curvatura acerca los brazos entre sí, por ejemplo, una porción distal de los brazos está a una separación menor que una porción de los brazos que se extienden desde los conjuntos motores. Potencialmente, en algunas realizaciones, esta separación más pequeña permite la inserción de los brazos a través de un único puerto pequeño. 60

En algunas realizaciones, la curvatura aumenta la separación entre los brazos quirúrgicos, estando una porción distal de los brazos a una separación mayor que una porción de los brazos que se extienden desde los conjuntos motores. Potencialmente, en algunas realizaciones, esta separación mayor permite la inserción del brazo a través de más de un puerto y/o desde más de una dirección, mientras son accionados por conjuntos motores conectados.

5

Antes de explicar al menos una realización de la invención en detalles, debe entenderse que la invención no está necesariamente limitada en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes y / o procedimientos establecidos en la siguiente descripción y / o lo ilustrado en los dibujos y / o los Ejemplos. La invención es capaz de otras realizaciones o de ser practicada o llevada a cabo de varias formas, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

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

15

En algunas realizaciones, uno o ambos brazos quirúrgicos tienen un tamaño de arco y/o son moldeados para su inserción en un cuerpo humano.

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

20

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

25

En algunas realizaciones, los segmentos de soporte 102, 103 están acoplados, por ejemplo, mediante una cubierta 102a. En algunas realizaciones, los segmentos de soporte están acoplados en solo una porción de la longitud del torso o no están acoplados: la FIG. 1B es un esquema simplificado de un dispositivo 100 que incluye una pluralidad de brazos 104, 106, según algunas realizaciones de la invención.

30

En algunas realizaciones, uno o más brazos incluyen una estructura de tipo humanoide. Para mayor claridad, en algunas partes de este documento, los segmentos del dispositivo y las secciones de conexión se denominan con nombres anatómicos: Los segmentos de soporte 102, 103 también se denominan primer torso 102 y segundo torso 103, las primeras secciones de conexión 108, 110 también se denominan primera articulación del hombro 108, segunda articulación del 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 del codo 120 y segunda articulación del codo 122, los segundos segmentos 116, 118 son también denominados 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.

35

40

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 ejemplar, un brazo del dispositivo incluye una articulación de codo y una articulación de hombro donde la flexión de la articulación se distribuye a lo largo de la articulación en la dirección de un eje longitudinal de la articulación.

45

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 5 mm, 3 mm o 1 mm entre sí. Alternativamente, los torsos 102, 103 están separados entre sí. Adicional o alternativamente, los torsos 102, 103 están configurados para converger o divergir entre sí. Opcionalmente, un torso está curvado.

50

En algunas realizaciones, uno o más segmentos del dispositivo tienen una forma externa sustancialmente cilíndrica (por ejemplo, radio, húmero). En algunas realizaciones, las articulaciones tienen una sección transversal circular de eje largo. Alternativamente, en algunas realizaciones, uno o más segmentos de dispositivo y/o articulación tiene una forma externa de sección transversal no circular, por ejemplo, formas ovaladas, cuadradas, rectangulares e irregulares.

55

En algunas realizaciones, un brazo quirúrgico incluye uno o más segmentos cortos y/o ajustables. En algunas realizaciones, las porciones flexibles están conectadas directamente.

60

En algunas realizaciones, una porción flexible comprende una pluralidad de enlaces apilados.



**Las FIG. 1C-D** son vistas laterales esquemáticas simplificadas de brazos quirúrgicos, según algunas realizaciones de la invención. La FIG. 1C ilustra una realización ejemplar en la que un segmento de húmero 112 es corto, por ejemplo, el segmento incluye una longitud de eje largo, J de 1-50 mm, o 1-35 mm, o 10-20 mm, o aproximadamente 10 mm o menor o mayor o intervalos o longitudes intermedios.

En algunas realizaciones, un usuario selecciona brazos incluyendo las longitudes de segmento deseadas, donde, por ejemplo, la selección se basa en la anatomía del paciente y/o un procedimiento 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 en la FIG. 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 estándar con un segmento de húmero largo (por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 1D) (por ejemplo, la longitud del segmento del húmero, J' es 10-100 mm, o 20-35 mm, o 10-20 mm, o intervalos o longitudes inferiores o superiores o intermedias).

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

Alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, la longitud de uno o más segmentos es ajustable, por ejemplo, durante un tratamiento. y/o durante la configuración del dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el brazo ilustrado en la FIG. 1C es ajustable (por ejemplo, mediante la extensión telescópica del segmento de húmero 112) es ajustable a la configuración ilustrada en la FIG. 1D.

En algunas realizaciones, la extensión y/o la retracción de uno o más segmentos se efectúa moviendo una porción conectada al segmento (por ejemplo, una extensión de segmento) con respecto a otras porciones de un brazo quirúrgico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se mueve una extensión de segmento (por ejemplo, mediante un motor ubicado en un conjunto motor) para aumentar la longitud de un segmento. En algunas realizaciones, un motor usa un mecanismo de tornillo para mover la extensión del segmento.

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

El término articulación proximal en esta invención se refiere a la articulación que menos se retira del torso a la que se acopla un segmento, por ejemplo, una articulación proximal de la mano es la muñeca, una articulación proximal del radio es la articulación del codo, una articulación proximal del húmero es la articulación del hombro.

El término segmento proximal en esta invención se refiere al segmento que menos se retira del torso al que se acopla un segmento (por ejemplo, mediante una articulación del segmento proximal). Por ejemplo, un segmento proximal de la mano es el radio, un segmento proximal del radio es el húmero, un segmento proximal del húmero es el torso.

En algunas realizaciones, una o más articulaciones se pueden doblar y extender unidireccionalmente. En algunas realizaciones, la rotación del segmento alrededor de una articulación proximal del segmento se logra mediante la rotación de un segmento proximal alrededor de un eje largo del segmento proximal. Por ejemplo, la rotación de la mano alrededor de la articulación de la muñeca es mediante la rotación del radio alrededor de un eje largo del radio.

Generalmente, la libertad humana de movimiento de los brazos incluye límites a los ángulos de rotación y flexión. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo está restringido a la libertad de movimientos humana, por ejemplo, durante uno o más modos de control. Alternativamente, el dispositivo está configurado para permitir el movimiento con grados de libertad adicionales con respecto al movimiento del brazo humano.

**La FIG. 2A** es un esquema simplificado de un dispositivo 200, sostenido por un soporte 282, según algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, el soporte 282 se fija a una porción de la superficie operativa del paciente, por ejemplo, el carril 202. En algunas realizaciones, la posición de fijación del soporte 282 sobre el carril 202 es ajustable, por ejemplo permitiendo el ajuste lineal de la posición de fijación del soporte a la superficie operativa del paciente.

En algunas realizaciones, el soporte 282 está unido al puerto 212 de una estructura motora 214, el dispositivo 200 está soportado por una unión a la estructura motora 214. En este ejemplo, la estructura motora 214 comprende dos

conjuntos motores configurados para accionar dos brazos del dispositivo 200, según algunas realizaciones. Se observa que en algunas realizaciones, el dispositivo comprende un número diferente de brazos como 1, 3, 4, 6, 8 brazos o un número intermedio, mayor o menor. Opcionalmente, cada brazo es accionado por un conjunto motor respectivo.

5

En algunas realizaciones, el puerto 212 se sitúa en una abertura del cuerpo del paciente, por ejemplo, en una incisión y/o en un orificio natural del cuerpo como la vagina y/o ano y/o boca. En algunas realizaciones, el puerto 212 se une al cuerpo del paciente mediante suturas. y/o otros medios de unión. Adicional o alternativamente, el puerto 212 está fijado a la superficie operativa 202.

10

En algunas realizaciones, el soporte 282 incluye una pluralidad de articulaciones donde los ángulos entre segmentos y/o las longitudes de los segmentos son ajustables, por ejemplo, permitiendo el ajuste de la posición y/o ángulo de un dispositivo 200 que incluye brazos quirúrgicos y/o un puerto 212 y/o estructura o estructura motora 214 (por ejemplo, que acciona los brazos del dispositivo 200).

15

En algunas realizaciones, se usa uno o más motores para mover el dispositivo 200, con respecto a una o más porciones del sistema (por ejemplo, con respecto al puerto 212 y/o estructura motora 214), por ejemplo, dentro y/o fuera de un paciente. En algunas realizaciones, la estructura motora 214 incluye uno o más motores para el movimiento de uno o más brazos del dispositivo con respecto a la estructura motora, donde, por ejemplo, se cambia la posición de uno o más segmentos de soporte con respecto a la estructura motora. En algunas realizaciones, el movimiento del dispositivo 200 es controlado por un usuario, opcionalmente usando el control del objeto de entrada y/o una interfaz de usuario.

20

En algunas realizaciones, el conjunto motor incluye uno o más sensores de posición. En algunas realizaciones, se sitúa un sensor de posición adyacente al motor para detectar un ángulo de rotación actual del motor. En algunas realizaciones, el sensor de posición se opera magnéticamente, usando un imán situado en el engranaje del motor y detectando el flujo magnético para determinar una posición actual del engranaje del motor.

25

En algunas realizaciones, el conjunto motor es controlado por un procesador que incluye una memoria que almacena comandos. En algunas realizaciones, los datos de los sensores de posición y/o de la memoria de control se utilizan para inferir la posición de porciones del dispositivo. En algunas realizaciones, el conjunto motor está controlado por un procesador configurado en el dispositivo de entrada del usuario.

30

En algunas realizaciones, el conjunto motor incluye una estructura (por ejemplo, que incluye contactos eléctricos), por ejemplo, para la entrega de energía monopolar y/ bipolar al dispositivo (por ejemplo, a un efector final de dispositivo).

35

En algunas realizaciones, el soporte 282 está configurado para mover la estructura motora 214 linealmente, por ejemplo para hacer avanzar el dispositivo 200 hacia dentro y/o fuera del cuerpo del paciente. En algunas realizaciones, el movimiento lineal se obtiene mediante un conjunto lineal 290.

40

**Las FIG. 2B-C** ilustran el accionamiento de un dispositivo mediante el conjunto lineal 290, según algunas realizaciones.

En algunas realizaciones, el conjunto lineal 290 define un carril 270 donde se aloja de forma deslizante un elemento 272 acoplado a la estructura motora 214. Opcionalmente, el movimiento lineal (por ejemplo, deslizamiento) de la estructura motora 214 con respecto al conjunto lineal 290 es accionado por un motor 296. En algunas realizaciones, el motor 296 es un componente de la estructura motora 214. En un ejemplo, en una estructura motora que comprende 12 motores para el accionamiento de articulación de dos brazos quirúrgicos (por ejemplo, 6 motores accionando el movimiento de cada brazo), el motor 296 es un 13<sup>er</sup> motor. Opcionalmente, el motor 296 está dispuesto externamente a una carcasa del conjunto motor.

50

La FIG. 2B ilustra la estructura motora 214 en una posición inicial con respecto al conjunto lineal 290. En la FIG. 2C, la estructura motora 214 se ha movido en una dirección distal (por ejemplo, deslizada) a una posición avanzada con respecto al conjunto lineal 290.

55

Una ventaja potencial de la entrada y/o retracción motorizada del cuerpo usando el conjunto lineal puede incluir obtener un mayor grado de precisión de movimiento, por ejemplo en comparación con la entrada en el cuerpo accionada manualmente.

En algunas realizaciones, el movimiento lineal de la estructura motora que a su vez acciona el movimiento lineal del o

60

de los brazos se realiza simultáneamente con una o más de otras articulaciones proporcionadas por el soporte 282, como se muestra en la FIG. 2A. Tal accionamiento puede ser ventajoso, por ejemplo, durante la inserción en el cuerpo, proporcionando, por ejemplo, la flexión y el avance simultáneos dentro del cuerpo.

5 **La FIG. 3A** es una vista esquemática simplificada de un sistema 350 donde un dispositivo 300 está sujeto por un soporte 382, según algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un dispositivo 300 está acoplado a una cama 380. En algunas realizaciones, un paciente 360 se acuesta en la cama 380 para procedimientos quirúrgicos usando el dispositivo 300. En algunas realizaciones, uno o más componentes del dispositivo, por ejemplo, una o más partes de control del dispositivo (por ejemplo, motores), se encuentran debajo de la cama, por ejemplo, en una carcasa 384. En algunas realizaciones, el soporte 382 conecta el dispositivo 300 a la carcasa 384. Opcionalmente, otros componentes, por ejemplo, transformadores, conectividad a otros componentes, como la pantalla, se encuentran en la carcasa 384.

15 En una realización ejemplar, un conjunto motor principal (o una estructura motora que comprende una pluralidad de conjuntos motores) para el control del movimiento del dispositivo está ubicada en la carcasa 384, donde, por ejemplo, en algunas realizaciones, los elementos de transferencia de par de los motores dentro de la carcasa 384 al dispositivo 300 y/o los elementos alargados para efectuar la flexión de las articulaciones de los dispositivos están acoplados a motores dentro de la carcasa 384.

20 En algunas realizaciones, el control del movimiento del dispositivo por encima de la cama, utilizando un conjunto motor debajo de la cama, se realiza mediante un controlador de orientación, por ejemplo, utilizando un acoplamiento en paralelogramo, por ejemplo, como se describe en la publicación de solicitud de patente internacional No. WO2011/036626.

25 Un beneficio potencial de que uno o más componentes se ubiquen debajo de una cama (por ejemplo, dentro de la carcasa 384), es la huella reducida del sistema en una sala de operaciones. Otro beneficio potencial de los componentes que se encuentran debajo de una cama en lugar de arriba y/o alrededor de la cama es que se puede mejorar el acceso a un paciente (por ejemplo, en una situación de emergencia).

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

Opcionalmente, en algunas realizaciones, el soporte 382 mueve el dispositivo a su posición para la cirugía. En algunas realizaciones, el soporte 382 mueve el dispositivo a una posición deseada para su inserción en el paciente 360. En algunas realizaciones, el soporte 382 mueve el dispositivo verticalmente, y/o horizontalmente, y/o lateralmente, y/o inserta el dispositivo 300 en un paciente 360 y/o retira el dispositivo 1100 del paciente.

En la realización ilustrada por la FIG. 3A, el brazo de soporte 382 y la carcasa 384 están ubicados en el extremo del pie de 384. Un beneficio potencial de esta ubicación es la facilidad de la cirugía a través de un acceso natural de un paciente, por ejemplo, a través de la vagina.

45 En la FIG. 3A, el paciente 360 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).

**La FIG. 3B** es una vista esquemática simplificada de un sistema 350 donde un dispositivo 300 está sujeto por un soporte 382, según algunas realizaciones de la invención. En la realización ilustrada por la FIG. 3B, el brazo de soporte 382 y la carcasa 384 están ubicados en el centro de un eje largo de la cama 380. Un beneficio potencial de esta ubicación es la facilidad de la cirugía abdominal y/o torácica con el dispositivo.

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

**La FIG. 4A** es una vista en sección transversal esquemática simplificada de un brazo 404 con extensiones de segmento encajadas, según algunas realizaciones de la invención. La FIG. 4B es un esquema simplificado de una vista lateral de una porción de un brazo, según algunas realizaciones de la invención. Las líneas discontinuas ilustran

la porción del brazo ilustrada en la FIG. 4A ilustrada por la **FIG. 4B**.

En algunas realizaciones, el brazo 404 incluye una herramienta manual 424 acoplada a un radio 416 en una articulación de muñeca 428.

5

En algunas realizaciones, el radio 416 está acoplado a una extensión de radio que incluye dos porciones de transferencia de par; una porción de transferencia de par de codo 416ETT dispuesta dentro de una articulación de codo 420 y una porción de transferencia de par de hombro 416STT dispuesta dentro de una articulación de hombro 408. En algunas realizaciones, el radio 416 está acoplado a un húmero 412 mediante un conector 416C. En algunas

10

realizaciones, la porción 416C conecta el radio 416 al húmero 412 mientras permite la rotación libre del húmero 412. En algunas realizaciones, en la región A de la FIG. 4A, salientes en la porción de radio 416 encajan en muescas en la porción 416C. En una realización ejemplar, un saliente en forma de anillo en la porción de radio 416 (por ejemplo, un anillo de material conectado (por ejemplo, soldado) a la porción de radio 416) encaja en una muesca en la porción 416C. De manera similar, en algunas realizaciones, las porciones 412C y 412 están conectadas haciendo coincidir

15

salientes y muescas (por ejemplo, un saliente anular en la porción 412 que encaja en una muesca coincidente en la porción 412C).

En algunas realizaciones, una "sección de conexión" incluye un conector y una articulación, por ejemplo la articulación del hombro 408 y el conector 412C, por ejemplo la articulación del codo 420 y el conector 416C.

20

En algunas realizaciones, la herramienta manual 424 se acciona (por ejemplo, se abre y/o cierra) mediante la rotación de una extensión de herramienta manual (no ilustrada). En algunas realizaciones, la extensión de la herramienta manual incluye una o más porciones de transferencia de par. En algunas realizaciones, la porción de la herramienta manual está encajada en un centro del brazo quirúrgico. Alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, una

25

herramienta manual se acciona cambiando la tensión en uno o más elementos alargados acoplados a porciones de la herramienta manual.

**La FIG. 4C** es una vista en sección transversal esquemática simplificada de una porción de un brazo, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, por ejemplo, una porción incluye un saliente anular que encaja

30

en una muesca de la porción 416C.

En algunas realizaciones, la porción 416C proporciona anclaje a uno o más elementos alargados: por ejemplo, donde elementos alargados (por ejemplo, un cable, un alambre, una cinta) son conectados/acoplados a la porción 416Canc.

35

En algunas realizaciones, uno o más conectores acoplan porciones mientras permiten que una porción gire dentro del conector alrededor del eje largo de la porción. Por ejemplo, la porción de conexión 416C permite que el radio 416 gire dentro de la porción de conexión 416C alrededor de un eje largo del radio.

40

En algunas realizaciones, el húmero 412 está acoplado a una extensión del húmero que incluye una porción de transferencia de par, una porción de transferencia de par del hombro 412STT dispuesta dentro de la articulación del hombro 408. En algunas realizaciones, el húmero está acoplado a un torso 402 mediante un conector 412C.

45

En algunas realizaciones, un brazo quirúrgico incluye una primera porción flexible y una sección flexible (por ejemplo, articulación del codo y articulación del hombro) que están acopladas con un segmento de conexión corto (por ejemplo, una sección del húmero que acopla una articulación de hombro y codo que es corta). En algunas realizaciones, el acoplamiento entre las porciones flexibles es una conexión puntual (por ejemplo, una articulación de hombro y codo están conectadas directamente).

50

En algunas realizaciones, una porción de anclaje rígida (por ejemplo, la porción 416C) conecta dos porciones flexibles, donde la porción de anclaje proporciona anclaje de elementos alargados que controlan la flexión y extensión de la articulación que está, por ejemplo, proximal a la porción alargada. En algunas realizaciones, el anclaje se proporciona mediante una porción de una de las articulaciones, por ejemplo, una porción distal de la articulación proximal.

55

En algunas realizaciones, uno o más ejes (o porciones de los mismos) del brazo quirúrgico son rígidos. En algunas realizaciones, un eje flexible está encajado dentro de un eje exterior rígido. En algunas realizaciones, el eje exterior es flexible en menor medida que el eje interior.

**La FIG. 5A** es un diagrama de flujo de un procedimiento de construcción de un sistema modular según una estrategia quirúrgica, según algunas realizaciones de la invención.

60

En algunas realizaciones, un cirujano (y/o otro personal clínico) deciden una estrategia quirúrgica (500a). En algunas realizaciones, se realizan una o más incisiones para proporcionar acceso al tejido diana. Adicional o alternativamente, el acceso al tejido diana se obtiene a través de un orificio natural del cuerpo, como a través del orificio vagina. y/o anal y/o oral. En algunas realizaciones, se inserta un puerto (como el 212, FIG. 2A) y/o acoplado al orificio natural y/o a la

5 incisión. Potencialmente, el puerto impide y/o reduce el movimiento con respecto al paciente (por ejemplo, porciones de soporte) de las herramientas insertadas a través del mismo. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el puerto está acoplado a una porción del sistema, por ejemplo, una superficie de apoyo al paciente.

En algunas realizaciones, el acceso al tejido diana se realiza mediante una combinación de una o más incisiones con

10 entrada a través de uno o más orificios naturales.

En algunas realizaciones, el dispositivo quirúrgico se construye según la estrategia quirúrgica seleccionada (502a). En algunas realizaciones, el dispositivo se construye acoplando un conjunto modular más entre sí, por ejemplo acoplando 2, 3, 5, 6 o un número intermedio o mayor de conjuntos modulares juntos. En algunas realizaciones, un conjunto

15 modular comprende un brazo acoplado a un conjunto motor que está configurado para accionar la articulación del brazo. Adicional o alternativamente, un conjunto modular comprende cualquier combinación de brazos y/o conjuntos motores que componen un conjunto independiente, configurados para ser utilizados tanto en solitario como con conjuntos modulares adicionales.

En algunas realizaciones, el dispositivo construido comprende múltiples conjuntos (por ejemplo, 2, 3, 4, 6) de brazos acoplados a las respectivas conjuntos motores que están unidos entre sí, por ejemplo, de modo que el dispositivo comprende 3 brazos accionados por 3 conjuntos motores correspondientes, 5 brazos accionados por 5 conjuntos

20 motores correspondientes, etc. Además o alternativamente, más de un brazo (por ejemplo, 2, 3, 5 brazos) están configurados para ser accionados por un solo conjunto motor. Adicional o alternativamente, más de un conjunto motor

25 acciona un solo brazo.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un brazo tiene y/o está acoplado a una base de brazo. En algunas realizaciones, una base de brazo incluye un conjunto motor. En algunas realizaciones, más de un brazo está acoplado a una base de brazo único, cuya base de brazo incluye uno o más conjuntos motores.

30

En algunas realizaciones, los conjuntos modulares están configurados para conectarse entre sí mediante un accesorio mecánico. En algunas realizaciones, el accesorio mecánico comprende uno o más elementos configurados en una carcasa de un conjunto motor, por ejemplo, un saliente en un primer conjunto motor recibido en una muesca respectiva en un segundo conjunto motor, un conector que encaja simultáneamente en una pluralidad de muescas en diferentes

35 conjuntos motores, un acoplamiento de ajuste de interferencia, un acoplamiento de ajuste deslizante, y/o otras configuraciones de accesorios.

En una realización ejemplar, la unión entre dos conjuntos motores incluye un accesorio deslizante donde se dimensiona un saliente en un primer conjunto motor y/o conformado para encajar en una ranura en un segundo

40 conjunto motor. En algunas realizaciones, la profundidad de la ranura disminuye a lo largo de una longitud de la ranura hacia un escalón donde la profundidad de la ranura disminuye (por ejemplo, abruptamente, por ejemplo, en un escalón). En algunas realizaciones, un cerrojo accionado por resorte en el saliente del primer conjunto motor impide que los conjuntos motores se deslicen separándose, una vez que el saliente se desliza dentro de la ranura.

Adicional o alternativamente, los conjuntos motores están conectados entre sí mediante medios electromagnéticos, como trabas electromagnéticas. Opcionalmente, una porción de electroimán de la traba está acoplada a una carcasa de un primer conjunto motor, y una armadura de acoplamiento está acoplada a una carcasa de un segundo conjunto motor. En algunas realizaciones, la traba electromagnética se usa para identificar si se adicionó otro conjunto motor.

Alternativamente, la construcción comprende desacoplar conjuntos modulares previamente unidos entre sí, por ejemplo, mediante un mecanismo de liberación rápida. En algunas realizaciones, el mecanismo de liberación rápida comprende abrir un cerrojo, por ejemplo para liberar un acoplamiento mecánico entre los conjuntos motores. En algunas realizaciones, el mecanismo de liberación rápida comprende presionar un botón y/o interruptor para desactivar un acoplamiento electromagnético. En algunas realizaciones, la construcción comprende acoplar un conjunto lineal,

55 por ejemplo el conjunto 290 como se muestra en la FIG. 2B, a uno o más de los conjuntos motores.

En algunas realizaciones, un número y/o estructura de los conjuntos modulares a partir de los cuales se construye el dispositivo se selecciona según la estrategia quirúrgica seleccionada. En algunas realizaciones, el número de brazos se selecciona de modo que cada uno de los brazos se inserte a través de una abertura del cuerpo (por ejemplo, a

60 través de una incisión y/o a través de un orificio natural). Adicional o alternativamente, el número de brazos se

selecciona de modo que se inserte más de un brazo a través de una abertura, por ejemplo, se inserten dos brazos a través de la vagina. Adicional o alternativamente, el número de conjuntos se selecciona de modo que uno o más brazos estén configurados para insertarse a través de una primera abertura y a continuación moverse a una o más aberturas adicionales.

5

En algunas realizaciones, el número de brazos se selecciona según el número de herramientas necesarias para realizar la operación. En un ejemplo, 3 herramientas finales como una cámara, pinzas y succión/irrigación son accionados, por ejemplo, por 3 brazos.

10 En algunas realizaciones, la construcción de la estructura motora se realiza durante la configuración del procedimiento. Opcionalmente, la construcción se realiza en la sala de operaciones antes y/o después de que el paciente entre en la sala. En algunas realizaciones, la construcción o desconstrucción de la estructura motora se realiza durante el procedimiento, por ejemplo, cuando se cambia una estrategia quirúrgica, como cambiar de un procedimiento de puerto único a un procedimiento de puerto múltiple o viceversa.

15

En algunas realizaciones, por ejemplo, durante el procedimiento (por ejemplo, un procedimiento quirúrgico) se reemplaza un brazo quirúrgico y/o es extraído de un área quirúrgica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se separa un brazo quirúrgico modular y/o es extraído de un conjunto motor. Opcionalmente, en algunas realizaciones, antes de retirar el brazo quirúrgico de un conjunto motor, se retrae de una zona quirúrgica dentro de un paciente. y/o del cuerpo del paciente, opcionalmente, mientras que otros brazos permanecen in situ y/o son empleados. En algunas realizaciones, se retira un brazo quirúrgico de un primer conjunto motor y se conecta a un segundo conjunto motor, con y/o sin retraer el brazo del paciente. En algunas realizaciones, un brazo quirúrgico se retira de un brazo motor y se reemplaza con un segundo brazo quirúrgico que se une al conjunto motor, opcionalmente sin mover y/o retraer el conjunto motor de una posición inicial.

25

En algunas realizaciones, se retira una herramienta de brazo quirúrgico y/o es sustituida y/o movida a un brazo quirúrgico diferente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, opcionalmente, durante un procedimiento, opcionalmente cuando brazos permanecen dentro de un paciente, se retira una herramienta de brazo quirúrgico de un brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, la herramienta se mueve a continuación y se une a un segundo brazo quirúrgico.

30 En algunas realizaciones, la herramienta se reemplaza por una segunda herramienta que a continuación se une al brazo.

En algunas realizaciones, cuando se quita un brazo y/o es movido y/o es reemplazado, un usuario ingresa en un dispositivo de entrada un identificador de, por ejemplo, los brazos y/o conjuntos motores involucrados y/o una

35 indicación de la acción que está teniendo lugar, por ejemplo, la eliminación y/o reemplazo y/o movimiento a un conjunto motor diferente. En algunas realizaciones, un brazo incluye un identificador físico, por ejemplo, una etiqueta RFID, un código de barras que, en algunas realizaciones, es escaneado por un lector en, por ejemplo, una o más de una interfaz de usuario y/o conjunto motor. En algunas realizaciones, una señal que proporciona identificadores del o de los brazos involucrados y/o de los conjuntos motores involucrados es enviada por el conjunto motor y/o sensores en el brazo y/o

40 mediante un sensor externo (por ejemplo, lector de RFID) a un procesador que, en algunas realizaciones, almacena los identificadores en una memoria. En algunas realizaciones, el procesador y/o memoria se encuentran en una consola de control. Adicional o alternativamente, en algunas realizaciones, cuando una herramienta es retirada y/o movida y/o reemplazada, un usuario ingresa en un dispositivo de entrada un identificador de, por ejemplo, la o las herramientas, brazos y/o conjuntos motores involucrados y/o una indicación de la acción que está teniendo lugar, por

45 ejemplo, extracción y/o sustitución y/o traslado a un brazo quirúrgico diferente. En algunas realizaciones, una herramienta incluye un identificador físico, por ejemplo, una etiqueta RFID, un código de barras que, en algunas realizaciones, es escaneado por un lector en, por ejemplo, una o más de una interfaz de usuario y/o conjunto motor.

En algunas realizaciones, una señal que proporciona identificadores de la o de las herramientas y/o del o de los brazos involucrados y/o de los conjuntos motores involucrados es enviada por el conjunto motor y/o sensores en el brazo y/o

50 mediante un sensor externo (por ejemplo, lector de RFID) a un procesador que, en algunas realizaciones, almacena los identificadores en una memoria. En algunas realizaciones, el procesador y/o memoria se encuentran en una consola de control.

En algunas realizaciones, el uno o más brazos se insertan en el cuerpo a través de una o más aberturas,

55

opcionalmente a través de uno o más puertos de entrada configurados en una o más aberturas (504a).

En algunas realizaciones, los brazos se activan para realizar el procedimiento quirúrgico (506a). En algunas realizaciones, el movimiento mecánico del brazo está dirigido por el movimiento del brazo de un usuario (por ejemplo, un cirujano), opcionalmente a través de un dispositivo de entrada.

60

En algunas realizaciones, cada conjunto motor está conectado (a través de una conexión por cable o inalámbrica) a un puerto de comunicación diferente en el controlador del dispositivo. En algunas realizaciones, el controlador del dispositivo está configurado para reconocer el número de brazos conectados. En algunas realizaciones, el controlador del dispositivo está configurado para asignar automáticamente pares de brazos, por ejemplo, definiendo los brazos izquierdo y derecho. Adicional o alternativamente, el controlador del dispositivo recibe una asignación de par de brazos del usuario. Opcionalmente, la asignación se cambia en tiempo real (por ejemplo, el brazo derecho se redefine como el brazo izquierdo y viceversa). Por ejemplo, un usuario cambia los brazos quirúrgicos seleccionados al pausar el control (por ejemplo, control del movimiento de los brazos del dispositivo quirúrgico mediante el movimiento del objeto de entrada mapeado) de uno o más brazos de dispositivo quirúrgico seleccionados y volver a seleccionar uno o más brazos del dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, el usuario hace una pausa y vuelve a seleccionar los brazos para cambiar el control de un primer brazo del dispositivo mediante un brazo izquierdo del usuario y el control de un segundo brazo del dispositivo para controlar el segundo brazo del dispositivo con el brazo derecho del usuario y el control del segundo brazo del dispositivo por el brazo izquierdo de un usuario.

- 15 En algunas realizaciones, un usuario hace una pausa en el brazo del dispositivo quirúrgico inicial en una posición deseada (por ejemplo, para mantener la anatomía del usuario en posición) y selecciona otro brazo del dispositivo quirúrgico (por ejemplo, un tercer brazo) para el movimiento continuo de dos brazos.

- 20 En algunas realizaciones, el control del dispositivo reconoce una estructura de dispositivo actual (por ejemplo, número de brazos, asignación de brazos izquierdo y derecho, una postura actual de cada brazo) identificando uno o más circuitos impulsores de un conjunto motor que acciona un brazo.

- En algunas realizaciones, el controlador del dispositivo está configurado para el control cruzado de una pluralidad de brazos, por ejemplo, dos brazos pueden activarse o desactivarse mediante un solo interruptor de seguridad. En algunas realizaciones, el control cruzado se proporciona a través del dispositivo de entrada del usuario. En un ejemplo, una sola activación (por ejemplo, presionar una vez) de un botón en el dispositivo de entrada imitando el brazo derecho y/o en el dispositivo de entrada que imita el brazo izquierdo está configurada para desactivar ambos brazos quirúrgicos; la activación recurrente (por ejemplo, presionar el botón dos veces) está configurada para desactivar solo el brazo respectivo (por ejemplo, brazo quirúrgico derecho o brazo quirúrgico izquierdo).

- 30 Opcionalmente, una estructura del dispositivo se modifica durante el funcionamiento (508a). Opcionalmente, la estructura se modifica según la estrategia quirúrgica, por ejemplo, si se realiza una primera etapa de la cirugía a través de una pluralidad de aberturas (por ejemplo, incisiones y/o orificios naturales) y se realiza una segunda etapa de la cirugía mediante una única abertura, se unen uno o más conjuntos modulares para la primera etapa y se separan para la segunda etapa.

- La FIG. 5B** ilustra estrategias quirúrgicas ejemplares, según algunas realizaciones. En algunas realizaciones, se realiza una única incisión, por ejemplo, una única incisión umbilical como se muestra en 510a. En algunas realizaciones, se realizan múltiples incisiones, por ejemplo, como se muestra en 512a. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se inserta un primer brazo del dispositivo a través de una primera incisión y se inserta un segundo brazo del dispositivo en una segunda incisión. En algunas realizaciones, el dispositivo se inserta a través de una única incisión y se insertan herramientas adicionales, por ejemplo, una herramienta para inflar la cavidad abdominal a través de una o más incisiones separadas.

- 45 En algunas realizaciones, el uno o más brazos del dispositivo se insertan a través de una incisión sin tener que agrandar la incisión. En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en 514a, se hace una incisión más grande de lo necesario para la inserción del dispositivo. Por ejemplo, la mayor extensión de la incisión en la superficie de la piel es mayor de 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 donde al menos una porción del dispositivo insertado y/o porción del dispositivo debajo del nivel de la piel es visible para 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 las imágenes no se muestran al usuario.

**La FIG. 5C** ilustra esquemáticamente el accionamiento de un brazo quirúrgico 500, según algunas realizaciones.

- 55 En algunas realizaciones, una extensión de eje 502 que se extiende proximalmente (por ejemplo, una extensión de un torso 503) del brazo 500 está unida a un conjunto de motor 504. En algunas realizaciones, extensiones de eje proximal de segmentos de brazo que están encajadas dentro de la extensión 502 (por ejemplo, una extensión de eje proximal 506 del húmero 507, una extensión de eje proximal 508 de radio 509 que está encajada dentro de la extensión de húmero 506, una extensión de eje proximal 510 de una porción de mano 511 que está encajada dentro de la extensión de radio 508 y así sucesivamente) son accionados por una pluralidad de mecanismos de actuación del conjunto motor,

tales como 3 mecanismos de actuación 520, 522 y 524. En algunas realizaciones, el número de mecanismos de actuación se establece según el número de articulaciones del brazo, por ejemplo, como se muestra en esta invención, un brazo que incluye 3 articulaciones (por ejemplo, articulaciones de hombro, codo y muñeca) se activa mediante 3 mecanismos de actuación, un brazo que incluye 4 articulaciones es accionado por 4 mecanismos de actuación, un  
5 brazo que incluye 2 articulaciones es accionado por 2 mecanismos de actuación, un brazo que incluye 1 articulación es accionado por un solo mecanismo de actuación.

En algunas realizaciones, un mecanismo de actuación 520 (mostrado en la vista ampliada) está configurado para mover al menos un segmento de brazo 500, por ejemplo rotar el segmento y/o doblar el segmento y/o de otra forma,  
10 mover el segmento. En algunas realizaciones, un mecanismo de actuación comprende uno o más actuadores, por ejemplo 1, 2, 3, 4, 5 y/o 6 actuadores. En algunas realizaciones, los actuadores pueden funcionar de forma independiente, sin embargo, en algunas realizaciones, una manipulación del eje (por ejemplo, rotación, flexión) obtenida por un primer actuador efectúa el control de uno o más de otros actuadores.

15 En algunas realizaciones, los actuadores del mismo mecanismo de actuación se accionan juntos. Adicional o alternativamente, los actuadores de diferentes mecanismos de actuación se accionan juntos, por ejemplo para proporcionar la articulación de un segmento de brazo proximal, un segmento de brazo distal (que está al menos parcialmente anidado dentro del segmento de brazo proximal) necesita moverse también. En un ejemplo, para proporcionar la flexión del hombro, también se acciona un actuador de flexión de un codo.

20 En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en esta invención, las extensiones de eje 502 y 506 (que están encajadas, en parte, dentro de la extensión de eje 502) se reciben dentro del mecanismo de actuación 520. En algunas realizaciones, el mecanismo de actuación 520 comprende un primer actuador 540 y un segundo actuador 542. En algunas realizaciones, el primer actuador 540 está configurado para girar una porción de brazo, tal como para  
25 girar el torso girando la extensión del eje 502 alrededor de su propio eje. En algunas realizaciones, el segundo actuador 542 está configurado para doblar una porción de brazo, tal como doblar una articulación del hombro en un extremo distal del torso (no mostrado en esta invención). Opcionalmente, la flexión se logra mediante el respectivo movimiento lineal de los elementos alargados 544 y 546, que se extienden desde el actuador 542 y están conectados distalmente a la articulación.

30 En algunas realizaciones, un motor primario de un actuador como 540 y/o 542 comprende un motor 532. En algunas realizaciones, una velocidad del motor 532 varía entre, por ejemplo, 10-100 rpm, como 20 rpm, 50 rpm, 70 rpm, 80 rpm o velocidades intermedias, superiores o inferiores. En algunas realizaciones, el motor 532 está configurado para aplicar un par entre 0,5 N\*m y 3 N\*m, tal como 1 N\*m, 1,5 N\*m, 2 N\*m o valores intermedios, superiores o inferiores.  
35 En algunas realizaciones, el motor 532 es un motor de rotación continua.

Adicional o alternativamente, un motor primario de un actuador comprende un motor lineal. Adicional o alternativamente, un motor primario de un actuador comprende una polea. En algunas realizaciones, el motor primario de un actuador se opera manualmente, por ejemplo, comprende uno o más cables que se tiran para accionar el  
40 movimiento del engranaje.

En algunas realizaciones, un solo motor está configurado para mover más de un actuador (por ejemplo, girar los engranajes de flexión y rotación). En algunas realizaciones, la actuación dual se habilita mediante el uso de un mecanismo de bloqueo y otro motor configurado para conmutar entre los actuadores, en base a la articulación  
45 seleccionada (por ejemplo, flexión o rotación).

En algunas realizaciones, el motor 532 se sitúa paralelo a la extensión del eje, por ejemplo debajo de la extensión del eje, superpuesto a la extensión y/o situado al lado de la extensión. Alternativamente, el motor 532 está dispuesto dentro de un lumen interno de la extensión del eje. Alternativamente, la extensión del eje está configurada como parte  
50 del motor, por ejemplo contenida dentro de una carcasa externa del motor 532.

En algunas realizaciones, un actuador comprende un solo engranaje o un tren de engranajes. En algunas realizaciones, el tren de engranajes está configurado para amplificar el par de entrada generado por el motor 532. Alternativamente, el tren de engranajes está configurado para reducir el par de entrada generado por el motor 532. En  
55 algunas realizaciones, el tren de engranajes está configurado para reducir la velocidad de rotación generada por el motor. En un ejemplo, la velocidad del motor es de 12.000 RPM y el engranaje o tren de engranajes reduce la velocidad en una relación de, por ejemplo, 134:1, 43:1, 9:1 y / o relaciones intermedias, superiores o inferiores. En un ejemplo, un engranaje o un movimiento de accionamiento del tren de engranajes de un efector final del brazo, como pinzas, está configurado para reducir la velocidad en una relación de 9:1, lo que permite una rápida apertura y cierre de la  
60 pinza. Esto puede resultar ventajoso, por ejemplo, cuando se diseña tejido utilizando la pinza.



Alternativamente, en algunas realizaciones, el tren de engranajes está configurado para aumentar la velocidad de salida generada por el motor. En un ejemplo, la velocidad de salida del motor aumenta para la ablación eléctrica autónoma de tejido.

5

En algunas realizaciones, los actuadores de un mecanismo de actuación comprenden engranajes o trenes de engranajes que son diferentes entre sí. En algunas realizaciones, los motores de los dos actuadores giran a velocidades similares, pero los engranajes de manipulación del movimiento "final" de cada actuador giran a velocidades diferentes. En un ejemplo, el actuador 542 comprende una transmisión de engranajes mientras que el actuador 540 es impulsado directamente por el motor. En otro ejemplo, los actuadores comprenden cada uno un solo engranaje, pero los engranajes son de diferentes tamaños. y/o formas (por ejemplo, que comprenden un número diferente de dientes).

10

En un ejemplo, el actuador 540 comprende un engranaje que está configurado para girar la extensión del eje 502 directamente, girando a una velocidad de, por ejemplo, 2000 RPM; El actuador 542 comprende un engranaje que está configurado para accionar la flexión moviendo linealmente elementos alargados 544 y 546, opcionalmente mediante la rotación de un tornillo roscado acoplado a los elementos, por ejemplo, como se describe a continuación, y debido a esta transmisión adicional, el engranaje del actuador 542 necesita girar más rápido que el engranaje 540, por ejemplo girar a una velocidad de 4000 RPM.

15

20

En otro ejemplo, un actuador que acciona un efector final, como una pinza, está configurado para girar a una velocidad relativamente rápida, por ejemplo 9000 RPM para permitir un movimiento rápido.

Alternativamente, en algunas realizaciones, se desea accionar un efector final a una velocidad relativamente baja, por ejemplo para una acción que requiera la aplicación de una fuerza relativamente grande a través del efector final, como separar tejido, grapar tejido, y/o otras acciones.

25

En algunas realizaciones, los actuadores 540 y 542 giran sobre un solo eje de rotación 548. En algunas realizaciones, el eje 548 también es el eje de rotación de las extensiones de eje 502 y 506.

30

En algunas realizaciones, los mecanismos de actuación 520, 522, 524 del conjunto motor son colineales.

En algunas realizaciones, el conjunto motor incluye uno o más sensores de posición 552.

35

En algunas realizaciones, se sitúa un sensor de posición 552 adyacente al motor para detectar un ángulo de rotación actual del motor.

En algunas realizaciones, el sensor de posición se opera magnéticamente, usando un imán situado en el engranaje del motor y detectando el flujo magnético para determinar una posición actual del engranaje del motor.

40

En algunas realizaciones, el conjunto motor es controlado por un procesador 550 que incluye una memoria que almacena comandos.

En algunas realizaciones, los datos de los sensores de posición y/o de la memoria de control se utilizan para inferir la posición de porciones del dispositivo.

45

En algunas realizaciones, el conjunto motor es controlado por un procesador configurado en el dispositivo de entrada del usuario.

50

**La FIG. 29** es una vista lateral esquemática simplificada de un mecanismo de actuación para el control de una articulación de brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, un engranaje de rotación 2902 está acoplado a un eje 2904, donde el eje 2904 está acoplado a una extensión (por ejemplo, al torso 402, FIG. 4A). En algunas realizaciones, la rotación del engranaje de rotación 2902 provoca la rotación del eje 2904 que a su vez hace girar la extensión distal acoplada al eje.

55

En algunas realizaciones, un eje 2980 que está encajado, al menos en parte, dentro del eje 2904 se extiende en la dirección proximal a un engranaje de doblado 2906.

60

En algunas realizaciones, el engranaje de doblado 2906 está acoplado a una porción que incluye roscado de tornillo,

al que se hace referencia en esta invención como tornillo roscado 2908. En algunas realizaciones, una rosca en el tornillo 808 comprende una rosca doble. En algunas realizaciones, la rotación de la rosca doble en una dirección consigue el movimiento lateral bidireccional de uno o más elementos conductores, tales como las medias tuercas a las que se hace referencia a continuación, acopladas al tornillo.

5

En algunas realizaciones, se selecciona un paso 882 de la rosca del tornillo según el uso del brazo. Por ejemplo, un paso de rosca pequeño es más ventajoso cuando el brazo está configurado para operar cargas grandes, por ejemplo, una carga de 2000 gramos, 1500 gramos, 3000 gramos o cargas intermedias, más grandes o más pequeñas a baja velocidad (por ejemplo, 0,5 rondas por segundo, 1 ronda por segundo, 0,2 rondas por segundo). Alternativamente, un

10

paso de rosca grande es más ventajoso cuando el brazo está configurado para operar cargas pequeñas, por ejemplo, 100 gramos, 50 gramos, 300 gramos o cargas intermedias, más grandes o más pequeñas a una velocidad más alta (por ejemplo, 2,5 rondas por segundo, 4 rondas por segundo, 5 rondas por segundo).

En algunas realizaciones, la rotación del engranaje de doblado 2906 provoca la rotación del tornillo roscado 2908. En algunas realizaciones, una primera media tuerca 2910 y una segunda media tuerca 2912 se acoplan al tornillo roscado 2908 de modo que la rotación del roscado genera un movimiento lineal de medias tuercas paralelo a un eje largo 2914 del eje central 2904, donde la primera media tuerca 2910 y la segunda media tuerca 2912 se mueven en diferentes direcciones.

15

En algunas realizaciones, cada una de las medias tuercas está limitada al movimiento en una única dirección, por ejemplo, una media tuerca a la derecha y una media tuerca a la izquierda. En algunas realizaciones, el movimiento de las medias tuercas está limitado por uno o más salientes, por ejemplo salientes que se extienden radialmente hacia adentro desde una pared interior de la carcasa 2916, por ejemplo, como se describe adicionalmente en esta invención.

20

En algunas realizaciones, la primera media tuerca 2910 y la segunda media tuerca 2912 están conectadas a elementos alargados 2910ee y 2912ee respectivamente, donde el movimiento lineal de las tuercas tira de un elemento alargado mientras se suelta y/o empuja al otro, generando flexión/extensión de la articulación. En algunas realizaciones, una distancia 820 entre las medias tuercas, medida a lo largo de un eje perpendicular al eje largo, define la distancia entre los elementos alargados. En algunas realizaciones, la distancia 820 entre los elementos alargados permanece constante. En algunas realizaciones, la primera tuerca 2910 está configurada para permanecer alineada con el elemento alargado 2910ee, y la segunda tuerca 2912 está configurada para permanecer alineada con el elemento alargado 2912ee.

25

En algunas realizaciones, un elemento alargado como 2910ee y/o 2912ee comprende un alambre, cable, cinta, banda y/o cualquier otro elemento que pueda tensarse y soltarse para permitir la flexión de la articulación.

30

Se observa que en algunas realizaciones, solo se usa un elemento alargado. En un ejemplo, el mecanismo comprende un elemento alargado y un elemento elástico como un resorte. Opcionalmente, el resorte está configurado para moverse con relación al elemento alargado, por ejemplo, si el elemento alargado está flexionado, el resorte se extiende y viceversa. También se observa que en algunas realizaciones, se pueden usar más de dos elementos alargados (por ejemplo, 3, 4, 6, 8).

40

En algunas realizaciones, el accionamiento del engranaje de rotación hace girar el segmento del brazo y, por lo tanto, tira de los elementos alargados, moviendo las medias tuercas. Si el engranaje de flexión se mantiene estacionario (por ejemplo, mediante el engranaje del motor), el tornillo roscado no girará, lo que generará una rotación y flexión simultáneas del segmento del brazo. Si el engranaje de doblado puede girar libremente, al tirar de los elementos alargados se moverán las medias tuercas, haciendo girar el tornillo roscado. La fricción en la interfaz 2984 entre la cabeza del tornillo roscado y el engranaje de doblado 2906 hará girar a su vez el engranaje de doblado, generando la rotación del segmento de brazo como una sola pieza.

50

En algunas realizaciones, uno o ambos elementos alargados están acoplados a un elemento elástico, como un resorte. Opcionalmente, el resorte está configurado para limitar la tensión del elemento o elementos alargados, cediendo en respuesta a una fuerza (p. ej., par y/o fuerza de tracción) por encima de un cierto umbral.

55

La FIG. 6A es una vista lateral esquemática simplificada de una estructura motora 600 para el accionamiento de un dispositivo que incluye brazos quirúrgicos, según algunas realizaciones de la invención. Como se indica en las FIGs. 6A-6D, la estructura motora 600 consta de dos conjuntos modulares, cada uno de los cuales comprende un conjunto motor acoplado a un brazo y configurado para accionar el movimiento del brazo, según algunas realizaciones.

60

En algunas realizaciones, un dispositivo que incluye un primer brazo quirúrgico 604 y un segundo brazo quirúrgico

606 son controlados por la estructura motora 600. La **FIG. 6B** es una vista detallada de la estructura motora 600, según algunas realizaciones.

En algunas realizaciones, un primer conjunto motor 690 configurado para el brazo de actuación 604 comprende, por ejemplo, 3 mecanismos de actuación 601a, 601b, 601c. En algunas realizaciones, de manera similar, el segundo brazo quirúrgico 606 es accionado por un conjunto motor 692 que comprende tres mecanismos de accionamiento. Opcionalmente, los conjuntos motores son paralelos entre sí. Opcionalmente, los conjuntos motores están dispuestos de manera que los mecanismos de actuación estén dispuestos simétricamente a lo largo de un eje largo 650 de la estructura motora 600.

En algunas realizaciones, un primer mecanismo de actuación 601a, que incluye el primer engranaje de rotación 602a y el primer engranaje de flexión 606a, acciona flexión/extensión y rotación de una articulación del hombro. Con referencia ahora a las FIGs. 4A-B, por ejemplo, en algunas realizaciones, el primer mecanismo de actuación 601a hace girar la articulación del hombro rotando el torso 402 y efectúa la flexión y extensión de la articulación del hombro 408 mediante el movimiento de elementos alargados unidos al conector 412C.

En algunas realizaciones, un segundo mecanismo de actuación 601b, que incluye un segundo engranaje de rotación 602b y un segundo engranaje de flexión 606b, acciona flexión/extensión y rotación de la articulación del codo. En algunas realizaciones, uno o más engranajes impulsores acoplados a un motor 670 están dispuestos debajo del conjunto motor 690. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un engranaje que acciona el segundo engranaje de flexión 606b, cuyo engranaje está acoplado a un motor, está dispuesto en la parte inferior del conjunto motor 690. Por ejemplo, el engranaje 699 acciona un segundo mecanismo de actuación correspondiente al segundo brazo quirúrgico 606.

Con referencia ahora a las FIGs. 4A-B, por ejemplo, en algunas realizaciones, el segundo mecanismo de actuación 601b hace girar la articulación del codo al girar el húmero 412 y efectúa la flexión y extensión de la articulación del codo 420 mediante el movimiento de elementos alargados unidos a la porción 416C.

En algunas realizaciones, un tercer mecanismo de actuación 601c, que incluye un tercer engranaje de rotación 602c y un tercer engranaje de flexión 606c, acciona un efector final (por ejemplo, abre y cierra una pinza) e impulsa la rotación de una articulación de muñeca. Refiriéndose a la FIG. 4A, en algunas realizaciones, el engranaje de rotación 602c gira el radio 416 y el engranaje de doblado 606c acciona la herramienta manual 424; Por ejemplo, en algunas realizaciones, la rotación del tercer engranaje de flexión 606c abre y cierra un efector final.

En algunas realizaciones, de manera similar, el segundo brazo quirúrgico 606 es accionado por tres mecanismos de actuación, que incluyen, por ejemplo, 6 motores. En una realización ejemplar, por ejemplo como se muestra en esta invención, un dispositivo para la inserción en el cuerpo incluye dos brazos quirúrgicos, accionados por 12 motores.

En algunas realizaciones, uno o más motores adicionales (por ejemplo, un motor 13) mueve los brazos del dispositivo hacia y/o lejos del conjunto motor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una posición de fijación del conjunto motor (por ejemplo, a un soporte y/o a una superficie de apoyo del paciente) se cambia, por ejemplo, mediante un motor.

En algunas realizaciones, el dispositivo comprende un solo brazo accionado por un conjunto motor que comprende 6 motores (por ejemplo, 2 motores por cada mecanismo de actuación). En algunas realizaciones, un 7° motor se utiliza para mover linealmente el brazo, por ejemplo hacia y/o lejos del conjunto motor y/o del cuerpo del paciente. En algunas realizaciones, se utilizan uno o más motores (por ejemplo, un 8° motor, un 9° motor). Opcionalmente, el motor o motores adicionales accionan el movimiento de un efector final del brazo alrededor de un punto de pivote (movimiento de fulcro), por ejemplo alrededor de la incisión.

Por ejemplo, haciendo referencia a las FIGs. 2A-C, en algunas realizaciones, se cambia una posición de unión del soporte 282 con respecto al carril 202 (por ejemplo, mediante un motor ubicado en el soporte 282). Por ejemplo, en algunas realizaciones, se cambia una posición de unión del conjunto motor 214 con respecto al soporte 1482 (por ejemplo, mediante un motor ubicado en el soporte 282).

Por ejemplo, mover el dispositivo a y/o fuera del cuerpo del paciente, por ejemplo, cuando el conjunto motor se apoya en una configuración fija y/o para automatizar el movimiento del dispositivo hacia el paciente. En algunas realizaciones, un motor ubicado dentro de la estructura motora 600 mueve los brazos del dispositivo hacia y/o lejos de un paciente.

En algunas realizaciones, por ejemplo, para que la rotación de una articulación también provoque la rotación de las articulaciones distales de la articulación rotada, se acciona más de un mecanismo de actuación en rotación de la articulación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para la rotación de la articulación de hombro, los engranajes 602a,

606a, 602b, 606b, 602c, 606c se giran en la misma dirección. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para la rotación de la articulación de codo, los engranajes 602b, 606b, 602c, 606c se giran en la misma dirección. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para la rotación de la articulación del efector final, los engranajes 602c, 606c se giran en la misma dirección. En algunas realizaciones, la rotación simultánea de porciones anidadas con porciones exteriores evita la tensión en y/o enredo de elementos internos alargados (por ejemplo, elementos alargados que se utilizan para efectuar flexión/extensión, por ejemplo, elementos alargados que proporcionan fuente de alimentación).

En algunas realizaciones, se usa uno o más mecanismos de actuación para flexionar/extender una articulación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, para doblar una articulación de hombro, se mueven elementos alargados para doblar tanto la articulación de hombro como la articulación de codo, por ejemplo accionando el engranaje de flexión 606a y el engranaje de flexión 606b.

En algunas realizaciones, si los elementos alargados para el codo no se mueven y/o liberan, la tensión en los elementos alargados asociados con la articulación del codo resisten el movimiento de la articulación del hombro.

En algunas realizaciones, un conjunto motor es pequeño. En algunas realizaciones, un conjunto motor comprende una longitud de eje largo 650 de entre 100-600 mm, o 200-400 mm, o 300-500 mm, o 150-400 mm, o una longitud intermedia, más larga o más corta.

En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en esta invención, una estructura motora que comprende dos disposiciones paralelas para accionar dos brazos comprende una anchura de 652 (por ejemplo, medida perpendicular al eje largo) entre 20-100 mm, o 30-80 mm, o 50-70 mm, o tamaño intermedio, más largo o más corto.

En algunas realizaciones, el motor 670 es cilíndrico. Opcionalmente, un diámetro del motor 670 es menor de 17 mm, menor de 35 mm, menor de 10 mm o diámetros intermedios, mayores o menores. Una ventaja potencial de disponer un motor de un diámetro relativamente pequeño en una posición paralela con respecto al brazo puede incluir mantener pequeñas las dimensiones del conjunto motor.

Alternativamente, el motor no es cilíndrico, por ejemplo rectangular. En algunas realizaciones, el motor comprende un eje hueco. Una ventaja potencial de un eje hueco puede incluir la reducción de la huella del sistema en la sala de operaciones.

En algunas realizaciones, la energía eléctrica se suministra a través de cables a los conjuntos motores, por ejemplo, en algunas realizaciones, los contactos 620 están conectados a una fuente de alimentación eléctrica. La fuente de alimentación eléctrica puede incluir una batería (opcionalmente recargable) y/o un generador y/o conexión a la red eléctrica a través de un enchufe de pared y/o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, el intervalo de potencia está entre 100-300W, por ejemplo 150W, 200W, 250W o intervalos intermedios, superiores o inferiores. En algunas realizaciones, se utiliza una fuente de alimentación ininterrumpida para proteger de las interrupciones de la alimentación.

En algunas realizaciones, una estructura motora impulsa más de dos brazos quirúrgicos y/o impulsa elementos adicionales del dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una estructura motora acciona dos brazos de dispositivo y una cámara.

**La FIG. 6C** es una sección transversal de la estructura motora a lo largo de la estructura, que muestra el primer conjunto motor 690, según algunas realizaciones.

En algunas realizaciones, el conjunto motor comprende una placa base 622, opcionalmente subyacente a los mecanismos de actuación. En algunas realizaciones, uno o más circuitos controladores 624 están acoplados operativamente a la placa base 622 para controlar el funcionamiento del conjunto motor. En algunas realizaciones, cada circuito de excitación está configurado para controlar la activación de uno de los motores (por ejemplo, uno de los 6 motores descritos anteriormente). En algunas realizaciones, se proporciona un control cruzado de los motores. En un ejemplo, un sensor de posición de un primer motor es controlado por un controlador de un segundo motor. Opcionalmente, en tal configuración, el controlador del segundo motor puede detectar el mal funcionamiento del primer motor. En algunas realizaciones, el controlador del segundo motor detecta el mal funcionamiento del primer motor.

En algunas realizaciones, una carcasa externa 626 del conjunto motor comprende un mango 628 para sujetar y/o liberar el brazo 604 de una cara extrema distal 630 del conjunto motor.

En algunas realizaciones, uno o más cerrojos 632 están configurados en una carcasa externa. Opcionalmente, el

cerrojo 632 está configurado para liberar un mecanismo de fijación de engranajes utilizado, por ejemplo, durante la unión del brazo quirúrgico al conjunto motor para mantener la calibración del conjunto motor, por ejemplo, como se describe con más detalle en esta invención.

5 **La FIG. 6D** es una sección transversal de la estructura motora 600 a lo largo de un eje perpendicular al eje largo, según algunas realizaciones.

En algunas realizaciones, la estructura motora está configurada para accionar dos brazos quirúrgicos; en este ejemplo, un brazo quirúrgico 604 (una extensión del cual) se muestra para ser recibido dentro del primer conjunto motor 690, mientras que el segundo conjunto motor opuesto 692 se muestra en una configuración adecuada para recibir un  
10 segundo brazo, por ejemplo recibido dentro de un lumen interno 640.

Se observa que, en algunas realizaciones, un conjunto motor configurado para accionar un solo brazo se compone únicamente de uno de los lados de la estructura motora mostrada en esta invención, que incluye, por ejemplo, 3  
15 mecanismos de actuación.

En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en esta invención, los engranajes de actuación 672 y 676 de los motores 670 y 674 respectivamente están configurados para impulsar un engranaje de un mecanismo de actuación, por ejemplo el engranaje de actuación 672 del motor 670 está configurado para impulsar el engranaje de rotación o el  
20 engranaje de flexión 678 (como el engranaje 602a o 606a o 602b o 606b o 602c o 606c).

En algunas realizaciones, el cerrojo 632 configurado en el conjunto motor 690 que, en esta ilustración, incluye el brazo, se muestra en una posición cerrada. En algunas realizaciones, una posición cerrada del cerrojo libera un mecanismo de fijación del engranaje 678, lo que permite que gire libremente. Como se muestra además en esta figura, un segundo  
25 cerrojo 634 configurado en el segundo conjunto motor 692 se muestra en una posición abierta y levantada.

En algunas realizaciones, un motor como el 674 está dispuesto de manera que no se extienda a una distancia 682 mayor de 5 mm, 10 mm, 20 mm o distancias intermedias, mayores o menores con respecto a un eje central largo de un mecanismo de actuación, por ejemplo pasando a través de un centro 680 de un engranaje de rotación/doblado.  
30 Una ventaja potencial de un motor dispuesto adyacente a un mecanismo de actuación, opcionalmente en paralelo al mecanismo de actuación, de modo que sustancialmente no sobresalga hacia afuera o sobresalga hacia afuera en una distancia corta, puede incluir reducir el volumen del conjunto motor, permitiendo potencialmente la inserción del o de los brazos del dispositivo quirúrgico, así como el conjunto motor en el cuerpo durante el funcionamiento.

35 En algunas realizaciones, el conjunto motor está acoplado a un conjunto lineal 680a, configurado para accionar el movimiento lineal del conjunto motor (y por lo tanto del o de los brazos), por ejemplo accionar el avance y/o retracción del dispositivo hacia y/o desde el cuerpo del paciente. En algunas realizaciones, el conjunto lineal 680a comprende un carril 682a sobre el cual un elemento deslizante 684 acoplado al conjunto motor puede moverse linealmente. En algunas realizaciones, el movimiento (por ejemplo, deslizamiento) del conjunto motor en el carril del conjunto lineal es  
40 accionado por un motor.

Alternativamente, en algunas realizaciones, el conjunto lineal es un componente integral del conjunto motor.

En algunas realizaciones, el conjunto lineal comprende uno o más sensores, tales como microinterruptores, para  
45 detectar el movimiento del conjunto motor. En algunas realizaciones, el conjunto lineal comprende uno o más botones de actuación configurados para permitir que un usuario (por ejemplo, una enfermera) mueva el conjunto motor según la necesidad. En algunas realizaciones, el motor que impulsa el movimiento lineal (no mostrado en esta invención) comprende un freno electromagnético. Opcionalmente, el freno está configurado para evitar movimientos no deseados (por ejemplo, deslizamiento) del conjunto motor, por ejemplo, durante un corte de energía.

50 **La FIG. 31A** es un esquema simplificado de un lado inferior 3102 de un conjunto modular 3100 que incluye una carcasa de conjunto de motor 3104 y un brazo quirúrgico 3106, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el conjunto motor incluye un conjunto lineal 3108. En algunas realizaciones, una o más porciones de un conjunto lineal están dispuestas dentro de una carcasa de conjunto motor y una o más porciones del conjunto lineal  
55 se extienden fuera de la carcasa del conjunto motor, por ejemplo, la segunda porción 3108b.

**La FIG. 31B** es un esquema simplificado de un conjunto lineal 3108, según algunas realizaciones de la invención. La carcasa del conjunto motor no se ilustra en la FIG. 31B. En algunas realizaciones, el conjunto lineal 3108 incluye un elemento deslizante 3110 acoplado a un motor 3112 donde el motor 3112 está configurado para mover el elemento  
60 deslizante 3108 sobre un carril 3114. En algunas realizaciones, el elemento deslizante 3110 está acoplado al motor

3112 mediante un mecanismo de tornillo donde el motor hace girar el tornillo para mover el elemento deslizante sobre el carril. En algunas realizaciones, el elemento deslizante 3110 incluye una primera porción 3108a que, en algunas realizaciones, está ubicada dentro de una carcasa de conjunto motor y una segunda porción 3108b que, en algunas realizaciones, está ubicada fuera de la carcasa del conjunto motor. En algunas realizaciones, la segunda porción 5 3108b está fijada a un soporte (por ejemplo, soporte 282 FIG. 2A, por ejemplo soporte 382 FIG. 3A) y el movimiento del elemento deslizante 3108 mueve el conjunto modular con respecto al soporte.

**La FIG. 31C** es un esquema simplificado de un elemento deslizante 3108 unido a una parte de un soporte 3116, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la porción de soporte 3116 incluye un 10 anclaje 3118 que tiene el tamaño y/o está conformado para recibir la segunda porción 3108b. En algunas realizaciones, la porción de soporte tiene uno o más bordes salientes 3120. En algunas realizaciones, la fuerza reactiva de los bordes salientes al peso del conjunto modular sostiene el conjunto modular sobre la porción de soporte. En algunas realizaciones, la segunda porción 3108b se desliza en el anclaje 3118. En algunas realizaciones, la porción de soporte 15 tiene un tamaño y/o forma de manera que esa segunda porción 3108b se sitúe en el anclaje 3118 y a continuación se desliza por debajo de los lados que sobresalen. En algunas realizaciones, la porción de soporte 3116 y la segunda porción 3108b incluyen un mecanismo de bloqueo que bloquea las dos porciones juntas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un saliente cargado por resorte (en una porción) que encaja en una muesca coincidente (en la otra porción).

20 En algunas realizaciones, un sistema incluye una pluralidad de conjuntos motores, cada uno de los cuales incluye un conjunto lineal integral. En algunas realizaciones, cuando se conecta una pluralidad de conjuntos motores, se usa un único conjunto lineal (por ejemplo, que es integral a uno de los conjuntos motores) para accionar el movimiento lineal de la estructura motora (que incluye una pluralidad de conjuntos motores conectados). Por ejemplo, refiriéndose a la FIG. 31A, en algunas realizaciones, cuando el conjunto modular 3100 está conectado a un conjunto modular adicional, 25 solo la segunda porción 3108b del conjunto modular 3100 (y no una segunda porción del conjunto modular adicional) está unida a una porción de soporte, el accionamiento de 3108b se mueve la estructura motora de los dos conjuntos motores adjuntos.

**Las FIG. 7A-D** son diagramas de varias configuraciones de sistemas que comprenden diferentes combinaciones de 30 conjuntos modulares, según algunas realizaciones de la invención.

La FIG. 7A es un diagrama de una configuración que comprende dos brazos accionados por dos conjuntos motores que están acoplados entre sí (por ejemplo, como se mostró anteriormente en la FIG. 6A). En algunas realizaciones, los conjuntos motores están estrechamente acoplados entre sí de una manera que se aproxima a los brazos y los 35 mantiene adyacentes entre sí. En algunas realizaciones, un conjunto lineal (por ejemplo, el conjunto 290 como se describe anteriormente en las FIGs. 2A-C) está acoplado a uno o ambos conjuntos motores. Opcionalmente, el conjunto lineal está configurado para mover el dispositivo como un todo (por ejemplo, avanzar y/o retraer ambos conjuntos motores como una sola pieza).

40 En algunas realizaciones, el conjunto lineal está configurado para acoplarse de forma desmontable al conjunto motor. Opcionalmente, el conjunto lineal comprende un motor configurado para accionar el conjunto lineal. En algunas realizaciones, el conjunto motor comprende un controlador adicional configurado para controlar el motor del conjunto lineal (por ejemplo un 7° controlador, por ejemplo, en un conjunto motor que comprende 6 motores controlados por 6 respectivos controladores). En algunas realizaciones, el controlador adicional (por ejemplo 7° controlador) está 45 configurado para detectar si un conjunto lineal se une al conjunto motor, por ejemplo mediante la detección eléctrica de la fijación del motor del conjunto lineal al conjunto motor del brazo.

Una configuración, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 7A puede ser especialmente ventajoso para su uso en operaciones realizadas a través de una sola abertura (por ejemplo, un orificio natural o una sola incisión), como SILS 50 (Cirugía Laparoscópica de Incisión Única) u operaciones vaginales, por ejemplo, histerectomía.

En la FIG. 7B, se utilizan dos conjuntos modulares independientes, según algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el conjunto lineal es una parte integral del conjunto motor. En algunas realizaciones, por ejemplo en un sistema estructurado para operar a través de un solo puerto, (por ejemplo, donde los conjuntos motores están unidos 55 entre sí para aproximar los brazos entre sí), solo uno de los conjuntos lineales se usa para accionar la estructura motora que comprende los dos conjuntos motores adjuntos. Una ventaja potencial de usar solo uno de los conjuntos lineales para accionar el movimiento puede incluir reducir el uso no intencional de los conjuntos lineales, por ejemplo, instruir a un conjunto motor para que se mueva proximalmente y al otro conjunto motor para que se mueva distalmente.

60 En algunas realizaciones, el conjunto motor comprende un sensor (por ejemplo, un microinterruptor) configurado para

detectar si un conjunto lineal estaba acoplado operativamente a un conector exterior. Una ventaja potencial de un sensor configurado para detectar la conexión del conjunto lineal a un componente externo puede incluir detectar una arquitectura de uso, por ejemplo, detectar si el sistema está configurado para una estrategia de puerto único (por ejemplo, que comprende conjuntos motores acoplados entre sí para definir una estructura móvil por un solo conjunto lineal) o una estrategia multipuerto (por ejemplo, que comprende conjuntos motores separados, cada uno configurado para ser movido por un conjunto lineal respectivo). En algunas realizaciones, una forma y/o el tamaño del conector exterior se selecciona de modo que solo se pueda unir un número predefinido de conjuntos lineales, por ejemplo, un conjunto lineal, dos conjuntos lineales, y/o otro número de conjuntos. En un ejemplo, cuando se usa una estructura motora que comprende dos conjuntos lineales (por ejemplo, de dos conjuntos motores), el conector externo puede tener forma y/o ser dimensionado para permitir que solo uno de los conjuntos lineales sea adjuntado. Limitar la conexión al conector exterior, por ejemplo, utilizando un conector exterior de una forma y/o tamaño seleccionados puede ser ventajoso para reducir los errores del usuario (por ejemplo, conectar dos conjuntos lineales de dos conjuntos motores que están acoplados, por ejemplo, para su uso en una estrategia de un solo puerto).

- 15 La FIG. 7C es un diagrama de una configuración en la que ambos conjuntos motores están acoplados a conjuntos lineales, según algunas realizaciones. Opcionalmente, los conjuntos lineales están configurados para moverse (por ejemplo, avanzar y/o retraerse) cada uno de los conjuntos motores independientemente unos de otros. Una configuración, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 7C puede ser especialmente ventajosa para su uso en operaciones en las que se utilizan múltiples aberturas, por ejemplo en operaciones quirúrgicas como cirugías de cuadrantes múltiples, operaciones para tratar adherencias de tejido en el abdomen y/o en el ombligo.

La FIG. 7D es un diagrama de una configuración que comprende un primer conjunto modular que incluye un brazo, un conjunto motor y un conjunto lineal; y un segundo conjunto modular que comprende un conjunto motor configurado para accionar dos brazos, según algunas realizaciones.

- 25 En algunas realizaciones, un conjunto o estructura motora no está acoplada a un conjunto lineal. Opcionalmente, el conjunto o estructura motora se acopla a un mecanismo deslizante manual.

- 30 **Las FIGs. 8A-B** ilustran una configuración ejemplar que incluye dos conjuntos modulares, en los que los conjuntos motores 804 y 806 están unidos entre sí. Opcionalmente, los conjuntos están unidos por uno o más de un ajuste de interferencia entre las carcasas de los conjuntos motores, medios de fijación mecánica (por ejemplo, tornillos, pasadores, sujetadores y/o otros conectores), y/o medios electromagnéticos. Adicional o alternativamente, los conjuntos motores se mantienen juntos mediante una carcasa externa (no mostrada) en la que se reciben los conjuntos motores.

- 35 En algunas realizaciones, un brazo tal como el brazo 800 se sitúa a una distancia 803 de una cara longitudinal 807 del conjunto motor 804. Opcionalmente, la distancia 803 es menor de 7 mm, menor de 5 mm, menor de 2 mm o distancias intermedias, mayores o menores. Opcionalmente, cuando los dos conjuntos motores están alineados uno junto al otro, los brazos 800 y 802 que están acoplados a los conjuntos motores 804 y 806 respectivamente se mantienen cerca entre sí por los conjuntos motores, por ejemplo, de modo que una distancia 805 entre los brazos, a lo largo de un eje perpendicular al eje largo de los brazos, sea menor de 20 mm, menor de 8 mm, menor de 1 mm, o distancias intermedias, mayores o menores.

- 45 **Las FIGs. 9A-B** ilustran una configuración ejemplar de un sistema que incluye dos conjuntos modulares independientes 900 y 902, cada uno de las cuales comprende un brazo 904 operado por un conjunto motor 906. En algunas realizaciones, durante el funcionamiento, cada conjunto modular se sitúa en una ubicación diferente con respecto a la cama (por ejemplo, la cama 380, FIGs. 3A-B). y/o relativo al paciente. En algunas realizaciones, los conjuntos están situados con respecto a diferentes puertos quirúrgicos, por ejemplo, de una manera en la que cada brazo está configurado para entrar en un puerto diferente. La inserción de brazos quirúrgicos a través de diferentes puertos puede ser ventajosa en operaciones en las que se aplica fuerza (por ejemplo, tracción) en una dirección y se aplica una contrafuerza en la dirección opuesta (por ejemplo, cuando se trata la adhesión de tejido).

- 55 **La FIG. 28A** es un esquema simplificado de una configuración ejemplar de un sistema que incluye dos conjuntos modulares separados configurados para unirse entre sí, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un primer conjunto modular incluye un primer brazo quirúrgico 2800 y un primer conjunto motor 2804 y un segundo conjunto modular incluye un segundo brazo quirúrgico 2802 y un segundo conjunto motor 2806. En algunas realizaciones, los conjuntos se unen utilizando más de un accesorio, por ejemplo, más de un accesorio deslizante 2810, 2808.

- 60 En algunas realizaciones, una pluralidad de accesorios no están alineados en una cara longitudinal del conjunto motor.

Por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 28A, el accesorio 2810 está más cerca de una cara superior 2816 del conjunto motor 2804 que un segundo accesorio 2808. Potencialmente, tener una pluralidad de accesorios con diferentes posiciones tanto paralelas a un eje largo como perpendiculares a un eje largo de la cara longitudinal del conjunto del motor en la que están ubicadas aumenta la resistencia de la unión bajo carga desde direcciones que incluyen

5 componentes perpendiculares a un plano de la cara longitudinal y un componente paralelo a un plano de la cara longitudinal.

En algunas realizaciones, los brazos quirúrgicos y/o los conjuntos motores son modulares. En algunas realizaciones, uno o más brazos quirúrgicos están configurados para acoplarse de forma desmontable a un conjunto motor. La FIG. 10 28E es un esquema simplificado de una pluralidad de brazos quirúrgicos modulares 2802, 2804, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un brazo quirúrgico 2804 incluye un conjunto de engranaje 2822 que incluye engranajes de brazo quirúrgico 2810. En algunas realizaciones, los engranajes 2810 del brazo quirúrgico, cuando el brazo 2804 está conectado a un conjunto motor, accionan el brazo (por ejemplo, como se describe con referencia a la FIG. 5C y la FIG. 29). En algunas realizaciones, el brazo 2804 incluye uno o más mangos, 15 por ejemplo, dos mangos 2812, 2814, por ejemplo, configurados para ser agarrados por un usuario, uno en cada mano. En algunas realizaciones, los mangos 2812, 2814 y/o un lado del brazo opuesto a las porciones expuestas de los engranajes del brazo 2810 tiene una superficie exterior que es un material aislante. Por ejemplo, lo que significa que, cuando el brazo 2804 se inserta en un conjunto motor (por ejemplo, como se ilustra en las FIGs. 7A-B), las porciones eléctricamente vivas del dispositivo no están en una superficie del dispositivo.

En algunas realizaciones, cada conjunto motor recibe energía eléctrica de y/o señales de control en uno o más puntos de conexión, por ejemplo, puntos de conexión 2801, 2803, 2805, donde, en algunas realizaciones, cada punto de conexión está configurado para conectarse a un cable. En una realización ejemplar, el primer punto de conexión 2801 está configurado para conectarse a una fuente de alimentación monopolar, el segundo punto de conexión 2805 está 25 configurado para conectarse a una fuente de alimentación bipolar y el tercer punto de conexión 2803 está configurado para recibir energía y/o señales de control. En algunas realizaciones, el poder y/o las señales de control recibidas en el tercer punto de conexión se envían (por ejemplo, mediante conexiones dentro del conjunto motor) a los motores dentro del conjunto motor.

En una realización ejemplar, una longitud de eje largo, L1, del brazo quirúrgico es 500-1000 mm, o 650-800 mm o aproximadamente 728 mm o intervalos o longitudes intermedias o inferiores o superiores, una longitud, L2, de una unidad de engranaje de brazo quirúrgico 2822 es 150-350 mm, o 200-300 mm o aproximadamente 260 mm o menor o mayor o intervalos o longitudes intermedias, y un espesor, T1, de un cuerpo de brazos quirúrgicos es de 5-12 mm o 7-9 mm o aproximadamente 8,2 mm o intervalos o espesores inferiores o superiores o intermedios.

Volviendo ahora a la FIG. 28B, en algunas realizaciones el brazo quirúrgico 2800 encaja en un rebajo dentro del conjunto motor 2804 de manera que los engranajes del brazo quirúrgico hacen contacto con los engranajes del conjunto motor 2804 (engranajes no visibles en la FIG. 28A).

En algunas realizaciones, un brazo quirúrgico se inserta en un rebajo (por ejemplo, el rebajo 2804) en un conjunto motor sosteniendo los brazos por encima de la cara del rebajo y bajando los brazos en el rebajo. Alternativamente, en algunas realizaciones, el brazo se sostiene frente a una cara del conjunto motor desde la que se extienden los brazos quirúrgicos y a continuación se empujan hacia el interior del rebajo.

En algunas realizaciones, el rebajo incluye uno o más salientes y/o muescas que está configurada para evitar que el brazo quirúrgico se inserte incorrectamente en el rebajo. Por ejemplo, un tapón que impide la inserción del brazo más allá de un punto deseado.

En algunas realizaciones, la conexión entre el brazo quirúrgico 2800 y el conjunto motor 2804 es a lo largo de una 50 longitud del brazo quirúrgico y/o conjunto motor.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo del eje largo de una porción del brazo quirúrgico (por ejemplo, un conjunto de engranaje quirúrgico 2822 que, en algunas realizaciones forma un extremo distal del brazo quirúrgico) dentro de un conjunto motor es 0-30° o 0- 20° o 0-10° o menores o mayores o ángulos o intervalos intermedios, de un 55 eje largo del conjunto motor.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, un eje largo de un brazo quirúrgico, cuando el brazo está unido al conjunto motor, se aloja dentro del conjunto motor, extendiéndose dentro del conjunto motor para 80-99%, o 80-95% o 60-99% de una longitud del conjunto motor.



Por ejemplo, donde la unión está entre el engranaje quirúrgico 2822 y la unidad de motor. Por ejemplo, donde 20-50%, o 25-40%, o aproximadamente el 35% o porcentajes o intervalos inferiores o superiores o intermedios, de una longitud de un brazo quirúrgico se une al conjunto motor.

5 En algunas realizaciones, el brazo quirúrgico 2800 se mantiene mecánicamente en posición mediante uno o más componentes. En algunas realizaciones, el conjunto motor 2804 incluye uno o más martillos de sujeción 2852, 2854 que contactan y/o aplican presión sobre el brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, los martillos de sujeción 2852, 2854 se ponen en contacto y aplican presión al brazo quirúrgico 2800 cuando se hace girar una aleta 2850 alrededor de una unión de bisagra al conjunto motor 2804 a una posición cerrada ilustrada en la FIG. 28A.

10

En algunas realizaciones, el conjunto motor 2804 incluye un sensor que detecta si se ha acoplado un brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, el conjunto motor 2804 incluye un martillo de sujeción de bloqueo 2856 que, mediante el movimiento de la aleta 2850, se pone en contacto con un sensor (por ejemplo, un microinterruptor). En algunas realizaciones, este sensor proporciona una señal a un procesador (por ejemplo, ubicado dentro de un conjunto motor y/o ubicado dentro de una consola de control) indicando que la aleta 2850 está en una posición cerrada sosteniendo el brazo sobre el conjunto motor.

15

En algunas realizaciones, el sistema emitirá una alerta a un usuario y/o detendrá el uso del o de los brazos quirúrgicos si el sensor indica que la aleta 2850 está abierta. En algunas realizaciones, los brazos quirúrgicos solo están habilitados para su uso (movimiento y/o la electrocirugía está habilitada) cuando un procesador recibe una señal de que la aleta está cerrada.

20

En algunas realizaciones, el martillo de sujeción de bloqueo 2856 está configurado para mantenerse en posición mediante un componente insertado a través de un orificio dentro de él. En algunas realizaciones, el bloqueo del martillo de sujeción de bloqueo 2856 sujeta la aleta y/o brazo quirúrgico en posición.

25

**La FIG. 28B** es una sección transversal esquemática simplificada de una estructura motora, que muestra el accesorio 2808, 2818 entre conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención. **La FIG. 28C** es una vista ampliada del accesorio 2808, 2818 de la FIG. 28B, según algunas realizaciones de la invención. **La FIG. 28D** es un esquema simplificado de un accesorio deslizante, según algunas realizaciones de la invención.

30

En algunas realizaciones, un saliente 2808 en el conjunto motor 2804 encaja en una muesca 2818 en el segundo conjunto motor 2806. En algunas realizaciones, los conjuntos motores se mantienen juntos y se deslizan uno sobre el otro, sobresaliendo 2808 en la muesca 2818. En algunas realizaciones, el saliente 2808 se mantiene debajo de un labio 2820 que rodea la muesca 2818, donde el labio (o los labios si hay una pluralidad de tales uniones, por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 28A) son suficientemente fuertes para mantener juntos los conjuntos motores. En algunas realizaciones, un primer extremo del saliente 2808 se estrecha, lo que potencialmente facilita la alineación y/o inserción del saliente en la muesca.

35

**Las FIGs. 10A-C** son diseños de brazos mecánicos ejemplares, según algunas realizaciones.

40

En algunas realizaciones, una o más porciones de brazo tal como una porción de brazo que se extiende entre el conjunto motor y la primera articulación del brazo (por ejemplo, articulación del hombro), definida en esta invención como torso 1000, comprende una configuración no lineal.

45

En algunas realizaciones, el torso 1000 se realiza con una o más curvaturas, por ejemplo, ajustadas durante la calibración de fábrica. Además o alternativamente, el usuario dobla el torso 1000, manualmente y/o a través del dispositivo de entrada del usuario, antes y/o durante la operación.

50

En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10A, el torso 1000 de uno de los dos brazos está curvado de manera que los brazos convergen entre sí. Adicional o alternativamente, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10B, el torso 1000 de uno o ambos brazos está curvado de manera que los brazos divergen entre sí. Opcionalmente, se mantiene una alineación paralela entre las porciones más distales 1002 y 1004 de los brazos (por ejemplo, una porción de brazo distalmente a la articulación del hombro).

55

Adicional o alternativamente, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10C, el torso 1000 de uno o ambos brazos está curvado de manera que los brazos divergen entre sí y a continuación convergen entre sí, colocando las porciones de brazo 1002 y 1004 en una orientación diferente entre sí, por ejemplo, la porción de brazo 1004 está situada en un ángulo  $\alpha$  con respecto a la porción de brazo 1002. En algunas realizaciones, el ángulo  $\alpha$  varía entre, por ejemplo, 0-90 grados, como 20 grados, 55 grados, 80 grados o ángulos intermedios, mayores o menores.

60

Un diseño de brazo, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10A puede resultar ventajoso para su uso en una estrategia quirúrgica de puerto único. Diseños de brazos como se muestra en las FIGs. 10B y 10C pueden resultar ventajosos para su uso en una estrategia quirúrgica multipuerto.

5

En algunas realizaciones, una porción curva del torso comprende porciones de transferencia de par y/o elementos para transferir el par del conjunto motor a porciones más distales del brazo. En un ejemplo, la porción de transferencia de par comprende segmentos anulares apilados.

- 10 En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10B, un tubo superior 1006 situado para superponerse a al menos una porción de torso 1000. En algunas realizaciones, el tubo superior 1006 es rígido. En algunas realizaciones, el tubo superior 1006 está preformado para definir una curvatura fija. Opcionalmente, el tubo superior 1006 se une de forma fija al conjunto motor, por ejemplo, mediante uno o más accesorios 1007. En algunas realizaciones, el tubo superior 1006 no se ve afectado por el accionamiento del conjunto motor, mientras que el torso
- 15 que se extiende a lo largo del tubo superior se ve afectado, por ejemplo, el torso gira alrededor de su eje accionando el engranaje de rotación.

**Las FIGs. 11A-B** son una vista lateral esquemática simplificada de un dispositivo 1100 que incluye 3 brazos 1104, 1105, 1106, accionados por 3 conjuntos motores respectivos, 1120, 1122, 1124, según algunas realizaciones.

20

En algunas realizaciones, un brazo comprende una herramienta, dispuesta opcionalmente en un extremo distal del brazo, por ejemplo, como se muestra en esta invención, los brazos 1104 y 1106 comprenden cada uno una pinza 1130, y el brazo 1178 lleva una cámara 1178, según algunas realizaciones.

- 25 En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en esta invención, la estructura motora 1150 comprende dos conjuntos motores 1120, 1124 configurados para activar el movimiento de los brazos 1104 y 1106 respectivamente, y un tercer conjunto motor 1122 configurado para activar el movimiento del brazo 1105 que lleva la cámara. Opcionalmente, el conjunto motor 1122 comprende un único mecanismo de actuación para accionar el movimiento de la articulación 1110.

30

En algunas realizaciones, como también se muestra en esta figura, un torso 1102 del brazo 1105 comprende una o más porciones curvas 1152. Opcionalmente, el torso 1102 está curvado para permitir posicionar el brazo 1105 (y así posicionar la cámara 1178) en una ubicación y/o orientación y/o distancia seleccionada con respecto al brazo 1104 y/o al brazo 1106.

35

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

40

En algunas realizaciones, el movimiento de un brazo mecánico que incluye una cámara se controla mediante el movimiento medido de una extremidad de un usuario. Por ejemplo, el brazo incluye al menos una primera y una segunda porción flexible, cuyo movimiento está controlado por una articulación de hombro y codo del usuario, respectivamente.

45

Adicional o alternativamente, en algunas realizaciones, el movimiento de un brazo mecánico que incluye una cámara se controla mediante el movimiento de porciones de un dispositivo de entrada.

- Adicional o alternativamente, en algunas realizaciones, la posición de una o más herramientas insertadas en el cuerpo de un paciente (por ejemplo, una cámara, por ejemplo, un brazo mecánico, por ejemplo, un tubo) es controlada por uno o más brazos del dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más brazos del dispositivo agarran una herramienta y se desplazan a la posición deseada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una herramienta (por ejemplo, una cámara) incluye una porción elásticamente deformable de manera que, al colocar la herramienta, la herramienta permanece en posición hasta que se reposiciona. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un tubo de succión es colocado por un brazo quirúrgico que mueve el tubo. En algunas realizaciones, una herramienta (por ejemplo, un tubo) incluye una o más porciones elásticamente deformables, de manera que, por ejemplo, la herramienta se mueve a una posición deseada mediante un movimiento de un brazo del dispositivo mecánico, volviendo a una posición original una vez que la herramienta es liberada.
- 55

- 60 **Las FIGs. 12A-E** ilustran esquemáticamente diferentes estrategias para usar uno o más brazos mecánicos en una

cirugía con múltiples puertos, según algunas realizaciones.

En la FIG. 12A, 3 brazos 1200 son accionados por 3 respectivos conjuntos motores 1202. Opcionalmente, cada brazo está configurado para entrar en el cuerpo del paciente a través de un puerto diferente 1204, según algunas realizaciones.

En la FIG. 12B, 3 brazos son accionados por un solo conjunto motor. Opcionalmente, cada brazo está configurado para funcionar en un puerto diferente, según algunas realizaciones. En algunas realizaciones, un solo conjunto motor configurado para accionar más de un brazo (por ejemplo, 2 brazos, 3 brazos) comprende canales alargados para guiar la pluralidad de extensiones proximales de los brazos durante la inserción en el conjunto motor. Opcionalmente, cada extensión se sitúa en contacto con engranajes impulsores (o, en algunas realizaciones, engranajes impulsados) configurados para activar el movimiento del brazo específico. Algunas realizaciones comprenden un mecanismo de bloqueo que bloquea la extensión del brazo en su posición. Opcionalmente, el mecanismo de bloqueo está configurado para bloquear cada extensión por separado. Una ventaja potencial de un mecanismo de bloqueo configurado para bloquear cada una de las extensiones por separado puede incluir la capacidad de reemplazar un brazo (por ejemplo, si el brazo funciona mal y/o si es necesario utilizar un tipo diferente de herramienta) mientras se mantienen activos los otros brazos. Alternativamente, el mecanismo de bloqueo está configurado para bloquear todas las extensiones en su posición simultáneamente.

En la FIG. 12C, 2 brazos son accionados por una estructura motora que comprende dos conjuntos motores, y un tercer brazo está posicionado por separado de los dos brazos y es accionado por su propio conjunto motor. Opcionalmente, cada brazo está configurado para ingresar a través de un puerto diferente. Alternativamente, los dos brazos adyacentes están configurados para operar en el mismo puerto y el tercer brazo está configurado para operar en un puerto diferente. Alternativamente, los tres brazos operan a través del mismo puerto.

En la FIG. 12D, un solo brazo accionado por un solo conjunto motor está configurado para moverse entre múltiples puertos, por ejemplo, después de operar a través de un primer puerto, el brazo se mueve y/o curva para alcanzar un segundo y/o un tercer puerto, según algunas realizaciones.

En la FIG. 12E, 3 brazos son accionados por 3 conjuntos motores respectivas y, opcionalmente, las porciones proximales (por ejemplo, porciones del torso) de los brazos se pasan a través de un tubo superior 1206. Opcionalmente, el sobretubo 1206 es deformable y puede moldearse según la necesidad, para colocar los brazos en una ubicación y/o orientación seleccionada relativa a los conjuntos motores. Opcionalmente, el sobretubo 1206 está configurado para permanecer en una posición fija después de la deformación.

**La FIG. 13** ilustra el uso de dos sistemas en una cirugía multipuerto, según algunas realizaciones de la invención.

En la configuración ejemplar mostrada en la FIG. 13, un primer sistema 1300 comprende 3 brazos quirúrgicos, por ejemplo incluyendo dos brazos 1302 que comprenden un efector final 1304, y un tercer brazo 1308 que lleva una herramienta adicional, tal como una cámara 1306 (ver la vista ampliada). Un segundo sistema 1310 comprende dos brazos quirúrgicos 1312. En algunas realizaciones, el primer sistema 1300 está posicionado para operar a través de un primer puerto al cuerpo, por ejemplo a través de la vagina. En algunas realizaciones, el segundo sistema 1310 está configurado para operar a través de un segundo puerto corporal, por ejemplo, a través de un puerto umbilical.

**Las FIG. 14A-B** ilustran un acoplamiento entre dos conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención.

Las FIGs. 14A-B muestran, en sección transversal, carcasas de dos conjuntos motores 1400 y 1402 configuradas para acoplarse entre sí, según algunas realizaciones. Las FIGs. 14C-D muestran una vista isométrica de las carcasas del conjunto motor.

En algunas realizaciones, los conjuntos motores están acoplados entre sí mediante un ajuste de interferencia. Opcionalmente, el acoplamiento de ajuste de interferencia comprende uno o más salientes recibidos dentro de uno o más rebajos respectivos. En la configuración ejemplar mostrada en esta invención, una cara longitudinal 1401 del conjunto motor 1400 comprende un saliente 1404 que está configurado para ser recibido en una muesca respectiva 1406 del conjunto motor 1402. En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 14D, el saliente 1404 y la muesca respectiva 1406 se extienden a lo largo de al menos una porción de la longitud del conjunto motor.

En algunas realizaciones, un volumen total de elementos estructurales que se acoplan entre los conjuntos motores es relativamente pequeño, por ejemplo menos del 10%, menos del 15%, menos del 25% o porcentaje intermedio, mayor o menor de un volumen total de la estructura motora ensamblada.

En algunas realizaciones, una geometría de la cara 1401 está configurada para resistir las fuerzas de corte, por ejemplo para evitar el movimiento de los conjuntos motores entre sí una vez unidos, por ejemplo, el movimiento a lo largo de un eje perpendicular al eje largo de la construcción del motor (p. ej. movimiento de una estructura motora hacia arriba o hacia abajo con respecto al conjunto motor adyacente).

En algunas realizaciones, el conjunto motor 1400 está configurado para ser recibido de forma deslizante en el conjunto motor 1402. Opcionalmente, la unión de los conjuntos motores comprende mover (por ejemplo, deslizar) un conjunto motor con respecto a otro, por ejemplo, el conjunto motor deslizante 1400 en una dirección distal con respecto al conjunto motor 1402. Adicional o alternativamente, la unión de los conjuntos comprende colocar un conjunto motor sobre otro.

En algunas realizaciones, un acoplamiento entre los conjuntos motores es asimétrico. Cuando los brazos quirúrgicos están acoplados a los conjuntos motores, una ventaja potencial de un acoplamiento asimétrico puede incluir la aproximación de los brazos entre sí, al acercar los conjuntos motores. Potencialmente, manteniendo los brazos juntos, se puede usar un puerto más pequeño (por ejemplo, más estrecho) para acceder al cuerpo del paciente. Alternativamente, un acoplamiento entre los conjuntos motores es simétrico.

En algunas realizaciones, los conjuntos motores están configurados para bloquearse entre sí una vez conectados, por ejemplo, mediante un bloqueo de émbolo 1412 (ver la FIG. 14C). Opcionalmente, el bloqueo del émbolo está configurado en un extremo distal de una ranura 1414 (ver la FIG. 14D) en la que se recibe de forma deslizante un saliente respectivo en la carcasa del conjunto motor 1402.

En algunas realizaciones, el bloqueo se libera, por ejemplo, liberando un cerrojo configurado en la carcasa del conjunto motor. (Se observa que las carcasas presentadas en estas figuras se muestran sin los motores y los mecanismos de actuación. En algunas realizaciones, se sitúa un motor, por ejemplo, en la cavidad 1408).

**Las FIGs. 15A-E** son vistas de varias disposiciones de un acoplamiento entre engranajes del conjunto motor y una extensión del brazo quirúrgico, y un acoplamiento entre una estructura motora (por ejemplo, que comprende más de un conjunto motor) y una pluralidad de extensiones de brazos quirúrgicos, según algunas realizaciones.

La FIG. 15A muestra dos engranajes de motor 1500 y 1502 de un conjunto motor (no se muestra la carcasa), acoplados a un engranaje 1504 de una extensión 1506 de un brazo quirúrgico (p. ej. engranaje de doblado y/o engranaje de rotación, por ejemplo, como se describe anteriormente), según algunas realizaciones.

En la FIG. 15B, dos conjuntos motores están alineados uno al lado del otro, definiendo una estructura motora según algunas realizaciones. Opcionalmente, los engranajes del motor de los dos conjuntos están dispuestos simétricamente entre sí. y/o con respecto a un eje largo central de la estructura motora ensamblada. En algunas realizaciones, las extensiones 1506 de dos brazos quirúrgicos respectivos se sitúan adyacentes entre sí. Opcionalmente, las extensiones 1506 se extienden a lo largo del eje central largo 1510 de la estructura, oponiéndose entre sí (por ejemplo, una primera extensión situada en un lado (por ejemplo, a la izquierda) del eje largo, la segunda extensión situada en el otro lado (por ejemplo, a la derecha) del eje largo). En algunas realizaciones, las extensiones 1506 se reciben en la estructura motora desde la parte superior, por ejemplo, la inserción de las extensiones se realiza en la dirección de las flechas 1508. Adicional o alternativamente, la inserción se realiza deslizando la extensión en el conjunto motor, por ejemplo en una dirección distal a proximal a lo largo del eje largo del conjunto motor.

En la FIG. 15C, 3 conjuntos motores están dispuestos juntos para formar una estructura motora sustancialmente circular, según algunas realizaciones. Opcionalmente, se sitúan extensiones de 3 brazos quirúrgicos alrededor del eje largo central 1510 de la estructura motora, por ejemplo formando una configuración triangular. Opcionalmente, la inserción de las extensiones en la estructura motora comprende cargar las extensiones en la estructura motora, por ejemplo deslizando las extensiones en una dirección distal a proximal en canales predefinidos o un lumen central de la estructura. Una configuración, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 15C puede ser especialmente ventajoso para su uso en una operación de un solo puerto en la que se usan 3 brazos quirúrgicos. Opcionalmente, los tres brazos quirúrgicos se mantienen unidos entre sí por la estructura motora de modo que los brazos se puedan introducir juntos en el puerto para realizar la operación.

La FIG. 15D muestra una disposición cuádruple de conjuntos motores, según algunas realizaciones. En este ejemplo, se sitúan 4 extensiones para producir una disposición cuadrada alrededor del eje central largo 1510 de la estructura motora. Una configuración como se muestra en la FIG. 15D puede incluir 4 conjuntos motores separados acoplados entre sí o, por ejemplo, dos estructuras motoras (cada una de las cuales comprende dos conjuntos motores pre-

acoplados) dispuestas juntas.

En algunas realizaciones, una carcasa de conjunto motor incluye cuatro caras longitudinales, por ejemplo, en algunas realizaciones una carcasa de conjunto motor tiene una sección transversal de paralelogramo, al menos para una porción de una longitud longitudinal del conjunto motor. Por ejemplo, refiriéndose a la FIG. 8A, en algunas realizaciones, un conjunto motor, por ejemplo, los conjuntos motores 804 y 806, tiene cuatro caras longitudinales, donde una sección transversal de los planos tangenciales de las caras longitudinales es rectangular. Por ejemplo, cuando un ángulo en una intersección entre dos caras longitudinales es de aproximadamente  $90^\circ$  (por ejemplo, los ángulos en cada intersección entre caras longitudinales es de aproximadamente  $90^\circ$ ).

10

En algunas realizaciones, una porción de la carcasa del conjunto motor tiene una forma diferente, por ejemplo, en la FIG. 8A, el conjunto motor se estrecha hacia un extremo proximal del conjunto motor, una cara longitudinal superior del conjunto motor se dobla hacia un eje central largo del conjunto motor hacia un extremo proximal del conjunto motor.

15 En algunas realizaciones, una carcasa de conjunto motor incluye dos o tres caras longitudinales donde las intersecciones entre las caras son aproximadamente perpendiculares. En algunas realizaciones, se forma una cara que incluye salientes y/o muescas y/o curvas, por ejemplo, en las FIGs. 9A-B, los lados inferiores de las carcasas del conjunto motor tienen una sección transversal en forma de escalón.

20 En algunas realizaciones, la carcasa de un conjunto motor tiene una forma en la que una o más intersecciones entre planos de caras longitudinales forman un ángulo no perpendicular. Los beneficios potenciales incluyen la capacidad de colocar un brazo más cerca de una o más caras longitudinales de la carcasa de un conjunto motor y/o la capacidad de colocar una pluralidad de brazos quirúrgicos que se extienden desde conjuntos motores cerca uno del otro. Refiriéndose a la FIG. 15C, en algunas realizaciones, un conjunto motor tiene una sección transversal de la carcasa 25 1520 como se ilustra con líneas discontinuas. Un ángulo de intersección entre una primera y una segunda caras longitudinales 1522 y 1524 es más de  $90^\circ$ , por ejemplo,  $90^\circ$  - $140^\circ$ , o ángulos o intervalos más bajos o más altos o intermedios.

En algunas realizaciones, una o más intersecciones entre planos de caras longitudinales es menor de  $90^\circ$ , o  $20^\circ$  - $89^\circ$ , o  $30^\circ$  - $80^\circ$ , o ángulos o intervalos intermedios o inferiores o superiores.

30

En algunas realizaciones, se selecciona una serie de brazos que se insertarán en un solo puerto, a continuación un conjunto motor y/o se selecciona la carcasa del conjunto motor, donde una intersección entre caras longitudinales está relacionada con el número de carcasas a conectar, por ejemplo, donde, en algunas realizaciones, el ángulo es de  $360^\circ$  dividido por el número de conjuntos motores.

35

**La FIG. 15E** ilustra una sección transversal de una estructura motora que incluye ocho conjuntos motores y engranajes de brazo asociados 1516 (engranajes de motor no ilustrados) donde un ángulo  $\alpha$  entre las caras longitudinales de las carcasas del conjunto motor es aproximadamente  $360/8 = 45^\circ$ .

40

**La FIG. 16A** es un esquema simplificado de un brazo quirúrgico 1602 que incluye engranajes de brazo quirúrgico 1670 y una carcasa de un conjunto motor 1666, según algunas realizaciones de la invención. Los engranajes del conjunto motor no se ilustran.

45 **La FIG. 16B** es una vista superior esquemática simplificada de un conjunto motor 1600 donde la carcasa de un conjunto motor 1666 incluye una pluralidad de anclajes 1654a-d, según algunas realizaciones de la invención.

En algunas realizaciones, la carcasa de un conjunto motor tiene más de un anclaje 1654a-d. En algunas realizaciones, una carcasa de conjunto motor tiene un anclaje en más de una cara longitudinal, por ejemplo, en cada cara longitudinal, por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 16B donde cada una de las cuatro caras longitudinales 1606a-d incluye un anclaje.

50

En algunas realizaciones, los anclajes incluyen muescas y/o salientes configurados para (por ejemplo, con tamaño y/o con forma para) conectarse con otro anclaje, por ejemplo, ubicado en otra carcasa de conjunto motor. En algunas realizaciones, los anclajes incluyen muescas y/o salientes configurados para conectarse con un conector.

55

En algunas realizaciones, un conector de conjunto motor está configurado para su fijación (por ejemplo, fijación deslizante) a más de una carcasa de conjunto motor, por ejemplo, 2, 3, 4, 6 o un número intermedio o mayor de carcasas de motor.

60

En algunas realizaciones, una carcasa de conjunto motor tiene simetría de rotación, por ejemplo, alrededor de un eje central largo de la carcasa de conjunto motor.

En una realización ejemplar, un solo conector está configurado para conectar dos carcasas de conjuntos motores. La **FIG. 17** es una vista superior esquemática simplificada de un conector de conjunto motor 1756, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el conector 1756 está configurado para conectar dos carcasas de motor, por ejemplo, dos de la carcasa 1666 ilustrada en la FIG. 16B. En algunas realizaciones, el conector 1756 conecta dos carcasas de diferente tamaño y/o geometría. En algunas realizaciones, el conector 1756 conecta una carcasa de conjunto motor a otro componente, por ejemplo, un soporte (por ejemplo, soporte 282 FIG. 2A, soporte 382 FIG. 3A).

En algunas realizaciones, un conector tiene una sección transversal simétrica con al menos un eje de simetría. Un beneficio potencial de los conectores y/o anclajes de sección transversal simétrica es la capacidad de utilizar un solo conector para conectar dos anclajes cualesquiera. Otro beneficio potencial es la facilidad de conexión donde una conexión no implica hacer coincidir un lado particular de un conector con cada anclaje. En algunas realizaciones, un conector, cuando conecta una pluralidad de anclajes, tiene un eje (o ejes si la pluralidad es más de dos anclajes) de simetría en el eje (o ejes) de conexión. Por ejemplo, el conector 1756 tiene una sección transversal con dos ejes de simetría.

En algunas realizaciones, un conector tiene una forma que incluye porciones curvas 1758, 1760. Un beneficio potencial de un conector curvo es una mayor área de superficie entre el conector y el anclaje, aumentando potencialmente la fuerza de fricción entre el anclaje y el conector.

**La FIG. 18** es un diagrama de flujo de un procedimiento para conectar una pluralidad de carcasas de conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención.

En 1800, una pluralidad de carcasas de conjuntos motores, cada carcasa con al menos un anclaje, se sitúan de modo que al menos dos anclajes, cada anclaje en una carcasa diferente, se enfrentan entre sí. Aunque la descripción de este procedimiento (y el procedimiento de la FIG. 19 y en otras partes de este documento) se refiere a las carcasas de conjuntos motores, debe entenderse que este procedimiento (y/o conexión de conjuntos motores como se describe en otra parte del documento) también se refiere a la interconexión de uno o más conjuntos motores con uno o más de otros componentes que incluyen un anclaje donde el componente no es necesariamente una carcasa de conjunto motor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector conecta una carcasa de conjunto motor a otro componente, por ejemplo, un soporte (por ejemplo, soporte 282 FIG. 2A, soporte 382 FIG. 3A).

En 1802, se inserta, por ejemplo, un conector que conecta dos o más carcasas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el conector 1756 conecta dos carcasas mediante un accesorio deslizante, por ejemplo, en algunas realizaciones, las carcasas del motor se sitúan y/o son mantenidas juntas de modo que dos anclajes, uno en cada carcasa, sean adyacentes de modo que el conector 1756 se deslice dentro del hueco formado por los dos anclajes.

En 1804, opcionalmente, en algunas realizaciones, un conector adicional se adjunta a y/o es insertado en una pluralidad de carcasas. Por ejemplo, refiriéndose a la FIG. 20B, en algunas realizaciones, los cuatro conjuntos motores 2004a-d se sitúan juntos y a continuación se insertan los conectores 2056a-d.

En 1806, opcionalmente, en algunas realizaciones, carcasa o carcasas adicionales se sitúan y a continuación, opcionalmente, en 1802 se adjunta un conector adicional.

**La FIG. 19** es un diagrama de flujo de un procedimiento para conectar una pluralidad de carcasas de conjuntos motores, según algunas realizaciones de la invención.

En 1900, en algunas realizaciones, se fija un conector (por ejemplo, deslizante) un primer anclaje en un primer conjunto motor.

En 1902, opcionalmente, en algunas realizaciones, conectores adicionales están unidos al primer anclaje y/o a diferentes anclajes en el primer conjunto motor.

En 1904, en algunas realizaciones, un conector (mientras está conectado al primer conjunto motor) se fija (por ejemplo, se desliza) en un segundo anclaje en un segundo conjunto motor, o se fija el anclaje del segundo conjunto motor (por ejemplo, deslizante) en el conector. Opcionalmente, en algunas realizaciones, se unen conjuntos motores adicionales, por ejemplo, un tercer conjunto motor.

**La FIG. 20A** es un esquema simplificado de una pluralidad de conjuntos motores 2004a-d, brazos quirúrgicos asociados 2002a-d y una pluralidad de conectores 2056a-d antes de la conexión, según algunas realizaciones de la invención.

5 En la FIG. 20A es visible una longitud de los conectores 2056a-d, por ejemplo, con respecto a la longitud de los conjuntos motores 2004a-c. En algunas realizaciones, los conectores y/o los anclajes tienen una sección transversal constante (donde la sección transversal se toma perpendicularmente a un eje largo del conector). Por ejemplo, los conectores 2056a-d de la FIG. 20A tienen una sección transversal constante.

10 Alternativamente, en algunas realizaciones, un conector y/o anclaje tiene una sección transversal variable. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector se estrecha a lo largo de un eje largo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector tiene un saliente y/o hueco a lo largo de un eje largo (por ejemplo, el saliente y/o hueco que proporciona un ajuste de interferencia con un anclaje, por ejemplo, el hueco que proporciona un anclaje para un elemento de bloqueo de anclaje, por ejemplo, un elemento de bloqueo con resorte). En algunas realizaciones, una pluralidad de conectores que conectan una pluralidad de carcassas de motor tiene una forma y/o dimensiones diferentes.

20 En algunas realizaciones, las carcassas de motor y los conectores tienen diferentes longitudes de eje largo. Por ejemplo, refiriéndose a la FIG. 20A, en algunas realizaciones, un conector 2056 tiene una longitud L1 que es más corta que la longitud de uno o más de las carcassas de motores que conecta el conector, por ejemplo,  $L1 < L2$  donde L2 es una longitud de la carcassa del motor del conjunto motor 2004c. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector es de longitud corta con respecto a las carcassas (por ejemplo, con una longitud de eje largo de menos del 70% o menos del 50%, o menos del 30% o menos del 20% o menos del 10% o menos del 5% o 1-50%, o 1-20% o porcentajes más altos o más bajos o intermedios de una longitud de la carcassa de un conjunto motor al que está conectado el conector). Alternativamente, en algunas realizaciones, uno o más conectores son más largos que una o más carcassas.

30 En algunas realizaciones, una pluralidad de conectores conectan un primer anclaje en una primera carcassa y un segundo anclaje en una segunda carcassa. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se usa una pluralidad de conectores cuando los conectores son de tamaño y/o longitud pequeña con respecto a una carcassa y/o pesos de la carcassa.

En algunas realizaciones, uno o más conectores es, por ejemplo, un conector de encaje a presión, un cierre de resorte.

35 En algunas realizaciones, un conector rodea al menos una porción de uno o más conjuntos motores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conector es una chaqueta o manguito dimensionado y/o formado para aceptar y mantener juntos en estrecha proximidad dos o más conjuntos motores. En algunas realizaciones, un manguito conector está hecho de material rígido. En algunas realizaciones, un manguito conector está hecho de material flexible que incorpora opcionalmente elementos rígidos.

40 En algunas realizaciones, el uso de un conector en particular se usa para proporcionar información sobre la disposición de los conjuntos motores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, uno o más conectores incluyen un sensor (por ejemplo, traba electromagnética) que detecta la proximidad de conjuntos motores, el sensor proporciona información sobre la disposición espacial de los conjuntos motores y/o brazos quirúrgicos al sistema quirúrgico (por ejemplo, a un procesador). En algunas realizaciones, el uso de un conector de manguito, por ejemplo, un conector de manguito rígido, significa que el manguito define una disposición espacial de los motores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un usuario selecciona una configuración de conjunto motor y/o un conector de manguito adecuado e ingresa esta información y/o selecciona un modelo coincidente en una interfaz de usuario.

**La FIG. 30** es un esquema simplificado de un sistema quirúrgico 3000, según algunas realizaciones de la invención. 50 En algunas realizaciones, el sistema 3000 incluye una pluralidad de conjuntos modulares, incluyendo cada conjunto modular unos brazos quirúrgicos 3002, 3004 configurados para unirse a un conjunto motor 3006, 3008. En algunas realizaciones, una memoria 3012 almacena uno o más modelos de una configuración de unión de conjuntos modulares. En algunas realizaciones, un usuario selecciona el modelo, por ejemplo, a través de una interfaz de usuario 3010. Donde, por ejemplo, un procesador 3014 recibe una selección de usuario de la interfaz de usuario 3010, 55 enviándola para su almacenamiento en la memoria 3012.

Alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, uno o más sensores, por ejemplo, ubicados en un conjunto motor y/o brazo quirúrgico, envía una señal relacionada con una configuración de conexión al procesador 3014 que a continuación es enviada por el procesador 3014 para ser almacenada en la memoria 3012. Debe entenderse que, en 60 algunas realizaciones, el sistema incluye más de una interfaz de usuario. y/o más de un procesador y/o más de una

memoria.

En algunas realizaciones, el procesador 3014 usa el modelo y/o un controlador utiliza el modelo en la generación de señales de control que, por ejemplo, controlan el movimiento de los brazos quirúrgicos 3002, 3004. Por ejemplo, usar el modelo para evitar la colisión de los brazos quirúrgicos durante el movimiento de los brazos quirúrgicos.

En algunas realizaciones, una memoria almacena información relacionada con configuraciones recomendadas de conjuntos modulares asociadas con diferentes procedimientos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la memoria 3012 incluye una tabla de consulta de la configuración de conjunto modular recomendada con procedimiento quirúrgico, y/o con las características de un procedimiento quirúrgico (por ejemplo, número de puertos, posición de los puertos, tipo de puerto).

**La FIG. 20B** es una vista superior esquemática simplificada de una estructura motora 2014 que incluye una pluralidad de conjuntos motores 2004a-d conectados por conectores 2056a en una configuración cuadrada, según algunas realizaciones de la invención. Los engranajes de motor de los conjuntos motores no se ilustran en la FIG. 20B.

En algunas realizaciones, la FIG. 20B ilustra una vista superior de los conjuntos motores y los conectores ilustrados en la FIG. 20A, después de la fijación de los conjuntos motores 2004a-d mediante conectores 2056a-d.

En algunas realizaciones, se selecciona una disposición muy compacta de conjuntos motores (por ejemplo, de repuesto, circular), por ejemplo, para su inserción en una incisión redonda y/o una incisión lineal estirada en una entrada redonda en el cuerpo del paciente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una relación de aspecto del área de la sección transversal de la estructura del conjunto motor es 1:1-1:4 o 1:1-1:2, o intervalos o relaciones de aspecto inferiores o superiores o intermedios.

En algunas realizaciones, se selecciona una disposición alargada de conjuntos motores, por ejemplo, para su inserción en una incisión alargada (por ejemplo, a través del puerto 514 ilustrado en la FIG. 5B) y/o para un camino quirúrgico con un cuerpo estrecho y/o alargado (por ejemplo, a los brazos quirúrgicos que pasan a través de un espacio entre costillas adyacentes). En algunas realizaciones, una relación de aspecto de la sección transversal de la estructura del conjunto motor es 1:1,5 - 1:10, o 1:2-1:4, o intervalos o relaciones de aspecto inferiores o superiores o intermedios.

**La FIG. 21** es un esquema simplificado de una pluralidad de conjuntos motores 2104 conectados en una configuración alargada, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, una configuración alargada incluye una única fila de conjuntos motores unidos, por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 21.

En algunas realizaciones, la selección de una configuración espacial de los conjuntos motores conectados incluye la selección de la posición axial de los conjuntos motores. En algunas realizaciones, los conjuntos motores de posición axial afectan la posición axial de los brazos quirúrgicos y/o herramientas de brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, la posición axial de los brazos quirúrgicos y/o herramientas de brazo se seleccionan y a continuación la posición axial de los conjuntos motores se define mediante esta selección.

En algunas realizaciones, los conjuntos motores se unen entre sí de manera que los conjuntos motores tengan diferentes posiciones axiales entre sí.

**La FIG. 22A** es un esquema simplificado de una pluralidad de conjuntos motores conectados 2204a-d, y brazos quirúrgicos asociados, donde uno de los conjuntos motores tiene una posición axial diferente, según algunas realizaciones de la invención.

**La FIG. 22B** es una vista ampliada de una porción de los conjuntos motores ilustrados en la FIG. 22A, según algunas realizaciones de la invención. La FIG. 22B muestra una vista ampliada de la porción de la FIG. 22A indicada por una "X".

En las FIGs. 22A-B el conjunto motor 2204b está desplazado axialmente con respecto a los conjuntos motores 2204a, 2204c, 2204d y, como la longitud combinada de cada brazo quirúrgico y conjunto motor es aproximadamente igual, un alcance máximo de un brazo quirúrgico 2202b asociado con el conjunto motor 2204b, cuando el brazo está en una configuración recta, es más grande que el de los otros brazos quirúrgicos asociados con la estructura motora de los conjuntos motores unidos 2204a-d.

En algunas realizaciones, se usa más de un conjunto de conjuntos motores (por ejemplo, estructura motora), cada uno con una estrategia quirúrgica diferente. Por ejemplo, para un solo procedimiento, se selecciona más de una



estrategia quirúrgica. En algunas realizaciones, se implementa más de una estrategia quirúrgica simultáneamente. Por ejemplo, cuando se utiliza más de uno de los puertos 512 ilustrados en la FIG. 5B. Alternativamente, o adicionalmente, en algunas realizaciones, se implementa secuencialmente más de una estrategia quirúrgica.

5 **La FIG. 23** es un esquema simplificado del sistema que incluye una primera pluralidad de brazos quirúrgicos 2300 insertados en un primer puerto 2308 y una segunda pluralidad de brazos quirúrgicos insertados en un segundo puerto 2310, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la primera pluralidad de brazos quirúrgicos 2300 y la segunda pluralidad de brazos quirúrgicos 2302 están asociadas con una primera estructura motora 2304 y una segunda estructura motora 2306, respectivamente.

10 En algunas realizaciones, ambas pluralidades de brazos acceden a un área diana quirúrgica 2312, por ejemplo, a través de diferentes puertos y/o a través de diferentes caminos quirúrgicos. Alternativamente, en algunas realizaciones, una primera y una segunda pluralidad de brazos quirúrgicos acoplados se insertan a través de un solo puerto. En algunas realizaciones, se ha seleccionado una configuración espacial de cada estructura motora para que  
15 sea compatible con la estrategia quirúrgica asociada respectiva.

En algunas realizaciones, cada conjunto modular quirúrgico que incluye un brazo quirúrgico y un conjunto motor asociado es controlado por un conjunto de control modular. En algunas realizaciones, un sistema quirúrgico está configurado de tal manera que hay un conjunto de control separado para cada conjunto modular. Alternativamente, en  
20 algunas realizaciones, se usa un conjunto de control para controlar más de un conjunto modular quirúrgico. En algunas realizaciones, los conjuntos de control están conectados en una configuración que coincide con la de los conjuntos modulares conectados.

En algunas realizaciones, la primera pluralidad de brazos quirúrgicos 2300 está controlada por una primera pluralidad de módulos de control 2314 y la segunda pluralidad de brazos quirúrgicos 2302 está controlada por una segunda pluralidad de módulos de control 2316.  
25

En algunas realizaciones, se usa un solo módulo de control para controlar un solo brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, más de un brazo quirúrgico se controla mediante un único módulo de control, por ejemplo, de forma secuencial.  
30

En algunas realizaciones, una pluralidad de módulos de control están configurados para entrelazarse entre sí, por ejemplo utilizando medios mecánicos tales como accesorio deslizante, bloqueo de émbolo, pasadores y/o otros sujetadores. En algunas realizaciones, los módulos de control se entrelazan entre sí utilizando medios  
35 electromagnéticos. En algunas realizaciones, el entrelazamiento entre los módulos de control se libera mediante un mecanismo de liberación rápida, por ejemplo, que comprende un cerrojo móvil para liberar el bloqueo. En algunas realizaciones, se usa uno o más conectores para conectar dos o más módulos de control, por ejemplo, un conector que conecta dos anclajes, un anclaje ubicado en cada una de las dos carcassas del módulo de control. En algunas realizaciones, un anclaje incluye una o más muescas y/o salientes. En una realización ejemplar, un anclaje es una  
40 muesca dimensionada y conformada para recibir una porción de un conector. En algunas realizaciones, los módulos de control se acoplan colocando los módulos de control en un carcassa (por ejemplo, un manguito, un soporte, una consola de control) que está configurado para aceptar una pluralidad de módulos de control.

En algunas realizaciones, la primera y segunda pluralidad de brazos quirúrgicos se controlan simultáneamente, por ejemplo, por un solo usuario, por ejemplo, en algunas realizaciones, los módulos de control 2314 y 2316 son controlados por un solo usuario. Alternativamente, en algunas realizaciones, la primera y la segunda pluralidad de brazos quirúrgicos son controladas por más de un usuario. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los módulos de control 2314 son controlados por un primer usuario y los módulos de control 2316 son utilizados por un segundo usuario.  
45

50 En algunas realizaciones, uno o más módulos de control (por ejemplo, cada módulo de control) incluye un brazo de dispositivo de entrada 2320 acoplado a un soporte 2318. En algunas realizaciones, uno o más soportes de módulo de control están configurados para acoplarse a otro soporte de módulo de control.

55 En algunas realizaciones, un sistema quirúrgico es como se describe y/o incluye dispositivos de control y/o de entrada, por ejemplo, como se describe en la Solicitud de Patente EE. UU. 15/418.891, publicada como US 2017/0135776 A1.

En algunas realizaciones, un brazo quirúrgico y un brazo de dispositivo de entrada incluyen una estructura secuencial de porciones conectadas donde el movimiento de una o más porciones del brazo del dispositivo de entrada controla  
60 el movimiento de una porción correspondiente secuencialmente del brazo quirúrgico. Por ejemplo, en algunas

realizaciones, las articulaciones del brazo del dispositivo de entrada corresponden a porciones flexibles de un dispositivo quirúrgico, por ejemplo, cada articulación del dispositivo de entrada corresponde a una única porción flexible de un dispositivo quirúrgico.

- 5 En algunas realizaciones, una relación entre longitudes de segmento efectivas de un par de segmentos de dispositivo de entrada (por ejemplo, dos segmentos de dispositivo de entrada adyacentes) es sustancialmente la misma que una relación de longitud de segmento efectivo 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 mediante porciones de conexión. En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo de entrada incluye al menos el número de articulaciones y/o segmentos como 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.

15 En algunas realizaciones, una o más porciones de un dispositivo de entrada tiene los mismos grados de libertad que la porción correspondiente de un dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, porciones del dispositivo de entrada se pueden doblar aproximadamente en la misma cantidad que las correspondientes porciones del dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, porciones del dispositivo quirúrgico que pueden girar alrededor del eje largo de la porción del dispositivo quirúrgico corresponden a porciones del dispositivo de entrada que pueden girar alrededor del eje largo de la porción del dispositivo de entrada.

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

25 En algunas realizaciones, una estructura secuencial del dispositivo de entrada y/o el dispositivo quirúrgico incluye segmentos (por ejemplo, porciones rígidas) conectados mediante porciones de conexión (por ejemplo, articulaciones de pivote y/o secciones flexibles). En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo de entrada incluye segmentos acoplados secuencialmente por articulaciones. En algunas realizaciones, un brazo de dispositivo quirúrgico incluye porciones flexibles acopladas secuencialmente, acopladas opcionalmente por segmentos de dispositivo quirúrgico. En algunas realizaciones, la libertad de movimiento de los segmentos del dispositivo de entrada alrededor de las articulaciones es aproximadamente la misma que la libertad de movimiento de las correspondientes porciones flexibles del dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una porción de dispositivo quirúrgico flexible se puede doblar en 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 del dispositivo de entrada acoplados por una articulación controla un ángulo de una porción flexible del dispositivo quirúrgico correspondiente. Donde, por ejemplo, un ángulo de la porción flexible del dispositivo quirúrgico se define entre las tangentes del eje largo de la porción flexible en los extremos de la porción flexible. Donde, por ejemplo, un ángulo de la porción flexible del dispositivo quirúrgico se define como un ángulo entre el eje largo del segmento efectivo (por ejemplo, donde se describen en esta invención ejes del segmento efectivo).

45 En una realización ejemplar, un dispositivo de entrada incluye una forma más angular y/o una forma con una extensión lateral relativa mayor que la del dispositivo quirúrgico. Por ejemplo, en una realización ejemplar, las porciones de conexión del dispositivo de entrada son conexiones pivotantes entre segmentos rígidos, mientras que las porciones de conexión del dispositivo quirúrgico son secciones largas y flexibles. En algunas realizaciones, los puntos de pivote que conectan las secciones del dispositivo de entrada no están dispuestos en una intersección entre las extremidades del dispositivo de entrada efectivo, por ejemplo, reduciendo potencialmente una diferencia entre el dispositivo de entrada y las estructuras del dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, un ángulo entre el radio del dispositivo de entrada y el húmero del dispositivo de entrada controla un ángulo entre el radio de un dispositivo quirúrgico y el húmero de un dispositivo quirúrgico donde una relación entre las longitudes efectivas del radio del dispositivo de entrada y el húmero es sustancialmente la misma que la relación entre longitudes efectivas del radio y húmero del dispositivo quirúrgico.

60 En algunas realizaciones, un usuario mueve manualmente 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 miembros (también denominados en esta invención "brazos"), y un usuario controla cada miembro con

una mano.

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.

La FIG. 24A es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo 4804ip del dispositivo de entrada, según algunas realizaciones de la invención. La FIG. 24B es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo 4804 de dispositivo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el brazo 4804ip del dispositivo de entrada controla el brazo 4804 del dispositivo quirúrgico.

En algunas realizaciones, la estructura de un dispositivo de entrada tiene una o más relaciones y/o dimensión que es sustancialmente la misma que (también denominada en esta invención "correspondencia") una relación y/o dimensión (opcionalmente a escala) de un dispositivo quirúrgico y, opcionalmente, una o más de otras dimensiones y/o relación que no coincide con las de un dispositivo quirúrgico.

Por ejemplo, en una realización ejemplar, una relación de longitud entre dos longitudes de segmento efectivas de un dispositivo de entrada y un dispositivo quirúrgico es sustancialmente la misma, por ejemplo, con 0-5%, 0-1% o 0-0,5%, o intervalos o valores más bajos o más altos o intermedios de una diferencia entre las proporciones.

Donde una longitud de segmento efectiva es la longitud de un eje largo central del segmento entre intersecciones de ejes largos de otros segmentos y/o entre una intersección de ejes y una terminación del segmento.

Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 24A: Una longitud efectiva de un brazo de dispositivo de entrada 4800ip húmero 4812ip es la longitud de la cadera, medida entre las intersecciones del eje largo 4813ip del húmero con el soporte (por ejemplo, soporte del eje largo 4803ip) y el radio del eje largo 4817ip. Una longitud efectiva de un brazo de dispositivo de entrada 4800ip con radio 4816ip es la longitud Rip, medida entre la intersección del eje largo del radio 4817ip y la terminación del radio del dispositivo de entrada 4816ip.

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

En algunas realizaciones, haciendo referencia ahora a la FIG. 24E, los segmentos efectivos son líneas rectas que conectan un punto central de porciones flexibles (por ejemplo, para brazos de dispositivos quirúrgicos) y/o articulaciones (por ejemplo, para brazos de dispositivos de entrada). Donde, por ejemplo, un radio efectivo del dispositivo de entrada 2404ip es una línea recta que conecta el punto de pivote de la articulación 2420ip a un extremo distal del radio 2416ip (el extremo distal que termina en conexión con el mango 2418ip). Donde, por ejemplo, un húmero efectivo del dispositivo de entrada 2404ip es una línea recta que conecta los centros de las articulaciones de pivote 2408ip y 2420ip. Donde, por ejemplo, con referencia a la FIG. 1C, un húmero de brazo quirúrgico efectivo es una línea que conecta un punto medio de la porción flexible 108 con un punto medio de la porción flexible 120 y un radio de brazo quirúrgico efectivo es una línea que conecta un punto medio de la porción flexible 120 con un extremo distal del radio 116.

En algunas realizaciones, una o más relación de longitud de segmento coincidente entre un dispositivo de entrada y un dispositivo quirúrgico permite el 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 de este documento) incluye porciones de conexión largas, mientras que, en algunas realizaciones, (por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 24A) las articulaciones del brazo del dispositivo de entrada incluyen pivotes.

En algunas realizaciones, las relaciones de longitud de segmento efectivas entre el dispositivo de entrada y el dispositivo quirúrgico coinciden, pero las relaciones de longitud de segmento reales no coinciden. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un dispositivo quirúrgico incluye porciones de conexión largas (por ejemplo, como se describe en la sección de este documento titulada "Articulaciones largas ejemplares"), 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 FIG. 24A). Potencialmente, una ventaja es la facilidad de control del dispositivo de entrada (por ejemplo, los segmentos del dispositivo de entrada giran libremente alrededor de pivotes, por ejemplo, los

segmentos del dispositivo de entrada no se mueven con grados de libertad no deseados de las articulaciones largas) y/o un dispositivo quirúrgico que tiene una forma no angular (por ejemplo, es menos probable que dañe el tejido del paciente).

5 En una realización ejemplar, el grosor de uno o más segmentos del dispositivo de entrada (por ejemplo, el diámetro de los segmentos cilíndricos y/o la dimensión de la sección transversal del segmento más grande) es diferente (por ejemplo, más grande) que las de un dispositivo quirúrgico. El mayor grosor del segmento del dispositivo de entrada proporciona potencialmente espacio para los sensores y/o dispositivos de bloqueo y/o proporciona un dispositivo de entrada con dimensiones cómodas y/o fácil de maniobrar para el usuario.

10

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

15 En una realización ejemplar, el grosor del segmento del dispositivo quirúrgico es de 6 a 8 mm, o de 4 a 8 mm, o de 4 a 6 mm o menos, o intervalos o grosores superiores o intermedios. En algunas realizaciones, el grosor del segmento del dispositivo quirúrgico es de 0,1 a 5 mm, de 0,5 a 3 mm o de 0,1 a 1 mm, o intervalos o espesores inferiores o superiores o intermedios.

20 En una realización ejemplar, una relación entre el grosor del segmento del dispositivo quirúrgico y el grosor del segmento del dispositivo de entrada es 1:0.5, a 1:3, o intervalos o proporciones inferiores, superiores o intermedios.

En una realización ejemplar, una relación entre la longitud del segmento del dispositivo quirúrgico y la longitud del segmento del dispositivo de entrada es 1:0.5, a 1:3, o intervalos o proporciones inferiores, superiores o intermedios.

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

30 En algunas realizaciones, la medición es de un ángulo físico (por ejemplo, un ángulo  $\alpha$ ) entre los ejes largos de dos segmentos del dispositivo y/o entre segmentos efectivos (por ejemplo, como se describió anteriormente). En algunas realizaciones, la medición es de un cambio de ángulo entre ejes largos de dos segmentos del dispositivo. y/o entre segmentos efectivos.

35 Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo  $\alpha'$  entre un eje largo 4813 de un dispositivo quirúrgico húmero 4812 y un eje largo 4803 de un soporte de dispositivo quirúrgico 4802 está controlado por un ángulo  $\alpha$  entre un eje largo 4813ip de un dispositivo de entrada húmero 4812ip y un eje largo 4803ip de un dispositivo de entrada de soporte 4802ip.

40 Por ejemplo, en algunas realizaciones, un ángulo  $\beta'$  entre un eje largo 4817 de un radio 4816 de dispositivo quirúrgico y un eje largo 4813 de un húmero 4812 de dispositivo quirúrgico está controlado por un ángulo  $\beta$  entre un eje largo 4817ip de un radio de dispositivo de entrada 4816ip y un eje largo 4813ip de un húmero 4812ip de dispositivo de entrada.

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

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.

50 En algunas realizaciones, la medición es de un ángulo físico de rotación. En algunas realizaciones, la medición es de un cambio en el ángulo de rotación.

La FIG. 24D es una vista esquemática simplificada de una consola de control, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, un sistema que incluye brazos quirúrgicos y conjuntos motores incluye una consola de control para el control de los brazos quirúrgicos. En algunas realizaciones, un usuario controla el movimiento de los brazos quirúrgicos utilizando una consola de control. En algunas realizaciones, ante las acciones de un usuario, la consola de control envía señales (por ejemplo, a través de procesadores) para instruir a los engranajes motores en los conjuntos motores. En algunas realizaciones, una consola de control incluye uno o más brazos de dispositivo de entrada. En realizaciones ejemplares, la consola de control incluye dos brazos de entrada 2404ip, 2406ip. En algunas realizaciones, se utilizan dos brazos de entrada para controlar uno, dos o más de dos

brazos quirúrgicos, por ejemplo, más de una estructura de brazo quirúrgico. Donde, por ejemplo, un usuario selecciona brazos quirúrgicos para el control con los brazos quirúrgicos, por ejemplo, a continuación, cambia y/o conmuta la selección del brazo quirúrgico.

- 5 En algunas realizaciones, la consola de control incluye un asiento 2440 para que el usuario se siente y/o uno o más apoyabrazos 2438. En algunas realizaciones, la posición del asiento 2440 y/o los apoyabrazos 2438 son ajustables. En algunas realizaciones, la consola de control es móvil, por ejemplo, se puede mover (por ejemplo, dentro de un quirófano). Por ejemplo, en algunas realizaciones, la consola de control tiene el tamaño y/o tiene forma para facilitar el movimiento, por ejemplo, tiene menos de 3x2 metros, o 2x1 metro, o intervalos o áreas inferiores o superiores o intermedios, por ejemplo, pesa menos de 20-100 kg, o 60-80 kg, o aproximadamente 72 kg o menos o más o pesos o intervalos intermedios. En algunas realizaciones, la consola de control incluye una o más ruedas 2442 montadas en una base de la consola de control y configuradas para mover la consola de control.

- 15 En algunas realizaciones, la consola de control incluye una pantalla 2438, por ejemplo, para mostrar imágenes durante la cirugía (por ejemplo, desde una cámara insertada con y/o montada en brazos quirúrgicos). Opcionalmente, la pantalla 2438 es una pantalla táctil y actúa como interfaz de usuario. En algunas realizaciones, la consola incluye interfaces adicionales de usuario, por ejemplo, en algunas realizaciones que incluyen un interruptor on/off e indicador luminoso 2426 y/o un botón de apagado de emergencia 2444, y/o interfaces de usuario en los brazos de entrada 2404ip, 2406ip.

- 20 **La FIG. 24E** es una vista lateral esquemática simplificada de un brazo de dispositivo de entrada 2404ip, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, el brazo de entrada 2404ip incluye un segmento de soporte 2402, una primera articulación de entrada (también denominada articulación del hombro del dispositivo de entrada) 2408ip, un primer segmento de entrada (también denominado húmero del dispositivo de entrada) 2412ip, una segunda articulación de entrada (también denominada articulación del codo del dispositivo de entrada) 2420ip y un segundo segmento de entrada (también denominado radio de dispositivo de entrada 2416ip). En algunas realizaciones, las articulaciones 2408ip, 2420ip son articulaciones pivotantes que, en algunas realizaciones, se pueden doblar de forma separable.

- 30 En algunas realizaciones, la orientación de los segmentos entre sí se ajusta mediante la rotación de un segmento y/o por rotación de una porción de un segmento con respecto a otra porción de un segmento.

- 35 Por ejemplo, en algunas realizaciones, la segunda porción 2450ip del primer segmento de entrada 2412ip puede girar por encima de un eje largo del primer segmento de entrada, donde la rotación es con respecto a una primera porción 2452ip. La rotación se ilustra, por ejemplo, mediante la flecha A en la FIG. 24E.

- 40 Por ejemplo, en algunas realizaciones, el segmento de soporte 2402 está unido de manera giratoria a un soporte de brazo de entrada 2438ip. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un mango 2418ip puede girar con respecto al segundo segmento 2416ip.

- 45 En algunas realizaciones, el soporte del brazo de entrada 2438ip está conectado de forma pivotante a un soporte 2436ip, la rotación del brazo alrededor de la conexión de pivote permite al usuario cambiar la orientación del brazo del dispositivo de entrada 2404ip con respecto al soporte 2436ip. En algunas realizaciones, el botón 2432ip controla la capacidad de rotar de forma pivotante el brazo alrededor de la conexión de pivote, por ejemplo, en algunas realizaciones, presionar el botón permite la rotación.

- 50 En algunas realizaciones, un usuario agarra el mango 2418ip, por ejemplo, insertando un dedo (por ejemplo, el dedo índice) en el lazo 2420ip. En algunas realizaciones, mientras sujeta el mango 2428ip, un usuario interactúa con la o las interfaces de usuario montadas en el mango 2428ip. Por ejemplo, botones 2424ip y palanca 2422ip.

- 55 En algunas realizaciones, la o las interfaces de usuario del dispositivo de entrada se utilizan para controlar el brazo quirúrgico, por ejemplo, activación de una herramienta de brazo, por ejemplo, apertura y/o cierre de una pinza. Alternativa o adicionalmente, en algunas realizaciones, la o las interfaces de usuario del dispositivo de entrada se utilizan para controlar otras porciones del sistema, por ejemplo, la pantalla de la consola de control (por ejemplo, pantalla 2438 FIG. 24D).

- 60 En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada y/o las interfaces de usuario de la consola de control controlan el movimiento lineal del brazo quirúrgico (p. ej., dentro y/o fuera de un paciente) y/o pausar y/o reanudar el control del movimiento del brazo quirúrgico por el brazo de entrada. En una realización ejemplar, un primero de los botones 2424ip controla el movimiento lineal hacia adelante, un segundo de los botones 2424ip controla el movimiento lineal hacia atrás y un tercero de los botones controla la pausa y reanudación del control del movimiento del brazo quirúrgico por

el brazo de entrada.

En algunas realizaciones, la palanca 2422ip controla una herramienta de brazo quirúrgico, por ejemplo, controla la apertura y/o cierre de una herramienta de agarre (por ejemplo, 124 FIG. 1C).

5

En algunas realizaciones, 2428ip y 2430ip son conectores (en una realización ejemplar, los conectores 2428ip, 2430ip son pernos) que, cuando se retiran, proporcionan acceso a la conexión del brazo de entrada al soporte 2436ip, por ejemplo, para su extracción y/o reemplazo del brazo de entrada desde el soporte.

10 En algunas realizaciones, 2426ip es un elemento que permite la rotación del soporte 2436ip alrededor de un eje longitudinal del soporte, lo que permite al usuario cambiar la orientación del brazo del dispositivo de entrada con respecto a la consola de control.

En algunas realizaciones, uno o más módulos de control incluyen uno o más sensores que están configurados para  
15 detectar si el módulo de control se ha conectado a uno o más de otros módulos de control y/o una disposición de acoplamiento de módulos de control. En algunas realizaciones, un sensor detecta la inserción y/o conexión de un módulo de control a una consola de control. En algunas realizaciones, cada módulo de control (por ejemplo, cada módulo de control) incluye un sensor que detecta si el módulo de control está conectado a otro módulo de control. y/o una configuración de acoplamiento. En algunas realizaciones, un sensor de módulo de control proporciona una señal  
20 que incluye información de acoplamiento (por ejemplo, si el módulo de control está conectado y/o una configuración de acoplamiento) a un procesador, por ejemplo, un procesador de control, por ejemplo, ubicado en una consola de control.

En algunas realizaciones, una consola de control (por ejemplo, que proporciona una ubicación para la conexión de  
25 una pluralidad de módulos de control) incluye sensores que detectan la conexión y / o una configuración de conexión de los módulos de control.

En algunas realizaciones, un procesador (por ejemplo, ubicado en una consola de control) recibe información de conexión de módulos de motor quirúrgico. En algunas realizaciones, uno o más conjuntos motores incluyen un sensor  
30 configurado para detectar si el conjunto motor se ha conectado a uno o más de otros conjuntos motores y/o una configuración de acoplamiento de los conjuntos motores.

En algunas realizaciones, un conjunto motor incluye una pluralidad de engranajes de motor donde cada engranaje de motor está acoplado a un engranaje de una extensión de un brazo quirúrgico, también denominado en esta invención  
35 "engranaje de brazo quirúrgico" o "engranaje de brazo". Los engranajes del brazo quirúrgico incluyen, por ejemplo, engranajes de flexión y/o engranajes de rotación, por ejemplo, como se describe con referencia a la FIG. 6B.

En algunas realizaciones, un eje de los engranajes del brazo se sitúa junto a una o más caras longitudinales de un conjunto motor, con los engranajes de motor situados junto a los engranajes del brazo. Un beneficio potencial es la  
40 capacidad de colocar el brazo quirúrgico cerca de la cara longitudinal (por ejemplo, permitiendo colocar una pluralidad de brazos juntos). En algunas realizaciones, el tamaño y/o posicionamiento axial de los engranajes del motor restringen un tamaño mínimo del conjunto motor, por lo tanto, en algunas realizaciones, lo que significa que, para que los brazos quirúrgicos tengan una pequeña separación, los conjuntos motores solo pueden conectarse entre sí en caras longitudinales particulares.

45

En algunas realizaciones, los engranajes del motor rodean los engranajes del brazo quirúrgico. Por ejemplo, refiriéndose a la FIG. 16B, en algunas realizaciones, la carcasa 1666 incluye cuatro ubicaciones axiales que rodean el engranaje 1670 del brazo quirúrgico y está configurada para aceptar engranajes de motor: En la vista superior de la FIG. 16B el engranaje de motor 1662a que acciona el engranaje del brazo quirúrgico 1670 es visible en una de las  
50 ubicaciones, y la carcasa 1666 incluye tres ubicaciones adicionales 1664a, 1664b y 1664c configuradas para alojar engranajes de motor situados para impulsar el engranaje del brazo quirúrgico 1670 u otros engranajes del brazo quirúrgico que son no visible en la FIG. 16B.

En algunas realizaciones, una distancia lateral entre un brazo y una cara longitudinal de un conjunto motor a la que  
55 está acoplado el brazo, por ejemplo, la distancia 803 en la FIG. 8B, está restringido por un tamaño de engranajes del brazo quirúrgico (p. ej., y/o engranajes de rotación) y/o un tamaño y ubicación de engranajes de motor que accionan los engranajes de un brazo quirúrgico (engranajes, por ejemplo, como se describe con más detalle con referencia a la FIG. 6B).

60 En algunas realizaciones, uno o más engranajes del brazo quirúrgico tienen un diámetro más pequeño que un

engranaje de motor que acciona el engranaje del brazo quirúrgico, por ejemplo, como se ilustra en las FIGs. 15A-D. Un beneficio potencial es un par más alto (por ejemplo, que el de un engranaje con el mismo o menor diámetro que el engranaje del brazo quirúrgico) del engranaje impulsor del engranaje quirúrgico y/o una velocidad de rotación más baja del engranaje impulsor para efectuar una velocidad de rotación deseada del engranaje del brazo quirúrgico. En algunas realizaciones, uno o más engranajes de motor tienen el mismo diámetro (por ejemplo, como se ilustra en las FIGs. 25-26) o un diámetro más pequeño que un engranaje de brazo quirúrgico que está accionando.

En algunas realizaciones, por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 16A, todos los engranajes 1670 del brazo quirúrgico tienen aproximadamente el mismo diámetro. Alternativamente, en algunas realizaciones, uno o más brazos quirúrgicos tienen un diámetro diferente. De manera similar, en algunas realizaciones, todos los engranajes del motor tienen aproximadamente el mismo diámetro. Alternativamente, en algunas realizaciones, uno o más engranajes del motor tienen un diámetro diferente.

En algunas realizaciones, cada engranaje de brazo es impulsado por un solo engranaje de motor. Alternativamente, en algunas realizaciones, uno o más engranajes de brazo son accionados por más de un engranaje de motor. Por ejemplo, refiriéndose a la FIG. 16B, donde el engranaje de brazo 1670 es accionado por el engranaje de motor 1662a y un engranaje de motor adicional alojado en una de las ubicaciones de engranaje 1664a-c. Una ventaja potencial de impulsar un engranaje de brazo con más de un engranaje de motor es la capacidad de lograr un cierto par con engranajes más pequeños.

En algunas realizaciones, un conjunto motor incluye engranajes de motor con diferentes ejes. La FIG. 25 es un esquema simplificado de los engranajes del brazo A1-6 y los engranajes del motor M1-6 dentro de una carcasa del conjunto motor 2500, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la FIG. 25 ilustra la realización del conjunto motor ilustrada en la FIG. 6B donde los engranajes del motor M1, M3 y M5 están alineados axialmente y donde los engranajes del motor M2, M4 y M6 están alineados axialmente en una posición axial diferente y donde los engranajes del brazo quirúrgico A1-6 están alineados axialmente. Donde la alineación axial es cuando los ejes centrales de los engranajes sobre los cuales giran los engranajes son colineales. Una ventaja de tener engranajes de motor en diferentes posiciones axiales es la reducción de la longitud L1 del conjunto motor y/o separación entre los engranajes del brazo A1-6, cuando los motores son colineales con los engranajes impulsores (por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 6B).

En algunas realizaciones, un conjunto motor tiene engranajes de motor donde todos los engranajes tienen el mismo eje. La FIG. 26 es un esquema simplificado de engranajes de brazo a1-6 y engranajes de motor m1-6 dentro de una carcasa de conjunto motor 2600, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, todos los engranajes del motor m1-6 están alineados axialmente, lo que significa que, por ejemplo, en algunas realizaciones, los engranajes están encerrados en una carcasa de conjunto motor H2 de menor altura 2600, por ejemplo  $H2 < H1$ . Un beneficio potencial es una distancia más pequeña entre un brazo quirúrgico 2602 y las caras longitudinales 2604, 2606 de la carcasa del motor 2600.

En algunas realizaciones, el tamaño de los conjuntos motores y/o los engranajes del brazo quirúrgico no restringen una separación mínima entre los brazos quirúrgicos. La FIG. 27 es un esquema simplificado de un primer y segundo brazos quirúrgicos 2700 y 2702, incluyendo el primer brazo los primeros engranajes 2704 del brazo quirúrgico y el segundo brazo incluyendo los engranajes 2706 del brazo quirúrgico, según algunas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, los engranajes del brazo quirúrgico se sitúan en diferentes posiciones axiales (por ejemplo, escalonados axialmente). Un beneficio potencial es la capacidad de colocar los brazos juntos.

En algunas realizaciones, un conjunto motor se miniaturiza lo suficiente como para que uno o más conjuntos motores se inserten a través de un puerto en un cuerpo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la carcasa del conjunto motor y/o engranajes del motor y/o los engranajes del brazo quirúrgico son lo suficientemente pequeños para su inserción en un cuerpo, por ejemplo, a través de un puerto. En algunas realizaciones, un conjunto motor tiene una sección transversal en la que al menos una dimensión y, en algunas realizaciones, todas las dimensiones son como máximo 100%, o 70% o 0-70% o 0-50% o 0-20% más grandes que una dimensión de sección transversal (por ejemplo, diámetro) del brazo quirúrgico apoyado en el conjunto motor.

Los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "que tiene" y sus conjugados significan "que incluye pero no se limita a".

El término "que consiste en" significa "que incluye y se limita a".

El término "que consiste esencialmente en" significa que la composición, el procedimiento o la estructura pueden incluir

ingredientes adicionales, etapas y/o partes, pero solo si los ingredientes, pasos y/o piezas adicionales no alteran materialmente las características básicas y nuevas de la composición, el procedimiento o la estructura reivindicados.

5 A lo largo de esta solicitud, se pueden presentar varias realizaciones de esta invención en un formato de intervalo. Se debe entender que la descripción en formato de intervalo se da simplemente por conveniencia y brevedad y no se debe interpretar como una limitación inflexible del alcance de la invención.

10 Siempre que se indique en esta invención un intervalo numérico, se pretende que incluya cualquier numeral citado (fraccionario o integral) dentro del intervalo indicado. Las frases "varía/varía entre" un primer número indicado y un segundo número indicado y "varía/varía de" un primer número indicado "a" un segundo número indicado se utilizan en esta invención indistintamente y se pretende que incluyan el primer y segundo números indicados y todos los números fraccionarios e integrales entre ellos.

15 Tal como se utiliza en esta invención, el término "procedimiento" se refiere a maneras, medios, técnicas y procedimientos para realizar una tarea determinada, incluidos, entre otros, aquellos modos, medios, técnicas y procedimientos que se conocen o se desarrollan fácilmente a partir de maneras, medios, técnicas y procedimientos de los profesionales de la técnica química, farmacológica, biológica, bioquímica y médica.

20 Como se usa en esta invención, el término "tratar" incluye anular, inhibir sustancialmente, ralentizar o revertir la progresión de una afección, mejorar sustancialmente los síntomas clínicos o estéticos de una afección o impedir sustancialmente la aparición de síntomas clínicos o estéticos de una afección.

25 Ciertas características descritas en el contexto de diversas realizaciones no deben considerarse características esenciales de esas realizaciones, a menos que la realización no funcione sin esos elementos.

30 Aunque la invención se ha descrito junto con realizaciones específicas de la misma, es evidente que muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Por consiguiente, se pretende abarcar todas estas alternativas, modificaciones y variaciones que caen dentro del amplio alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En la medida en que se utilicen títulos de sección, no se deben interpretar como necesariamente limitativos.



## REIVINDICACIONES

1. Un sistema quirúrgico para que comprende:
  - 5 al menos dos conjuntos modulares, que comprenden un primer conjunto modular y un segundo conjunto modular, comprendiendo cada conjunto modular:
    - un brazo quirúrgico; y
    - un conjunto motor que comprende elementos de actuación configurados para activar el movimiento de dicho
    - 10 brazo quirúrgico, dicho conjunto motor configurado para ser unido operativamente a dicho brazo quirúrgico, definiendo dicho conjunto motor un eje largo; comprendiendo dicho conjunto motor una carcasa;
  - 15 donde el conjunto motor de dicho primer conjunto modular está configurado para alinearse adyacente al conjunto motor de dicho segundo conjunto modular, donde una cara longitudinal de dicha carcasa de conjunto motor de dicho primer conjunto modular comprende una geometría de conexión adecuada para conectar dicha cara longitudinal de dicha carcasa de conjunto motor a una cara longitudinal de dicha carcasa de conjunto motor de dicho segundo conjunto modular;
  - caracterizado porque** dicho conjunto motor de cada uno de dichos primer y segundo conjuntos modulares están unidos operativamente al brazo quirúrgico respectivo a través de un rebajo alargado definido en una cara
  - 20 longitudinal de dicha carcasa de conjunto motor; dicho rebajo alargado tiene forma y tamaño para recibir de forma desmontable una porción alargada de dicho brazo quirúrgico;
  - donde solamente cuando dicha porción de brazo quirúrgico se recibe dentro de dicho rebajo, dichos elementos de actuación contactan dicho brazo quirúrgico para unirse operativamente al brazo quirúrgico, siendo dicho brazo quirúrgico mantenido mecánicamente en su lugar por uno o más componentes de sujeción y extendiéndose desde
  - 25 una cara distal de dicha carcasa de conjunto motor, en paralelo a dicho eje largo axial de dicho conjunto motor.
2. El sistema según la reivindicación 1, donde dicha geometría comprende uno o ambos salientes y muescas para acoplar las respectivas muescas y salientes de dicha carcasa de dicho conjunto motor de dicho segundo conjunto modular.
- 30 3. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, donde cuando dicho brazo quirúrgico se recibe dentro de dicho rebajo, un eje largo de dicho brazo quirúrgico se sitúa a una distancia lateral menor de 5 mm de dicha cara longitudinal de dicha carcasa que comprende dicha geometría de conexión.
- 35 4. El sistema quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde dicho eje largo de dicho conjunto motor es paralelo a un eje largo de dicho brazo quirúrgico que se extiende desde dicho conjunto motor, definiendo el conjunto motor una extensión proximal de dicho brazo quirúrgico.
5. El sistema quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde dicha geometría de conexión
- 40 está configurada de tal manera que cuando dicho primer conjunto modular está conectado a dicho segundo conjunto modular, dicha cara longitudinal de dicha carcasa de primer conjunto motor contacta directamente con dicha cara longitudinal de dicha carcasa de segundo conjunto motor.
6. El sistema quirúrgico según la reivindicación 3, donde cuando dicho primer conjunto modular está unido
- 45 a dicho segundo conjunto modular en dicha geometría de conexión, la distancia entre ejes largos de los brazos quirúrgicos que se extienden desde dichas carcasas de conjunto motor es menor de 10 mm.
7. El sistema quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde dichos elementos de actuación comprenden engranajes de motor y donde dicha porción de brazo quirúrgico comprende engranajes de
- 50 brazo quirúrgico; dichos engranajes del motor contactan operativamente dichos engranajes del brazo quirúrgico.
8. El sistema quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde dicha carcasa de conjunto motor comprende un perfil de sección transversal rectangular en una dirección perpendicular a dicho eje largo de dicho conjunto motor, y donde dicho brazo quirúrgico comprende un perfil de sección transversal circular en una dirección
- 55 perpendicular a un eje longitudinal de dicho brazo quirúrgico.
9. El sistema quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde cada uno de dichos conjuntos modulares está configurado para funcionar independientemente del otro conjunto modular.
- 60 10. El sistema quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde dicho conjunto modular

comprende un sensor para detectar si dicho conjunto modular está conectado a un conjunto o conjuntos modulares adicionales.

11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde cada uno de dichos conjuntos  
5 modulares comprende un conjunto lineal integral, dicho conjunto lineal configurado para accionar al menos uno de dichos conjuntos modulares de avance y retroceso.
12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde dicha porción de brazo quirúrgico que  
se recibe dentro de dicho rebajo alargado se extiende entre 60%-99% de una longitud de dicho conjunto motor medida  
10 a lo largo de dicho eje largo de dicho conjunto motor.
13. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, donde dicha geometría de conexión está  
configurada para entrelazar dicha carcasa de conjunto motor de dicho primer conjunto modular con dicha carcasa de  
conjunto motor de dicho segundo conjunto modular.  
15
14. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, donde la longitud de dicho brazo quirúrgico a  
lo largo de un eje largo de dicho brazo quirúrgico está entre 500-1000 mm.
15. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, donde dicho rebajo incluye uno o más  
20 salientes y/o muescas que impiden que dicho brazo quirúrgico se inserte incorrectamente en dicho rebajo.
16. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-15, donde dicho conjunto motor comprende un  
sensor que detecta si dicho brazo quirúrgico ha sido acoplado.

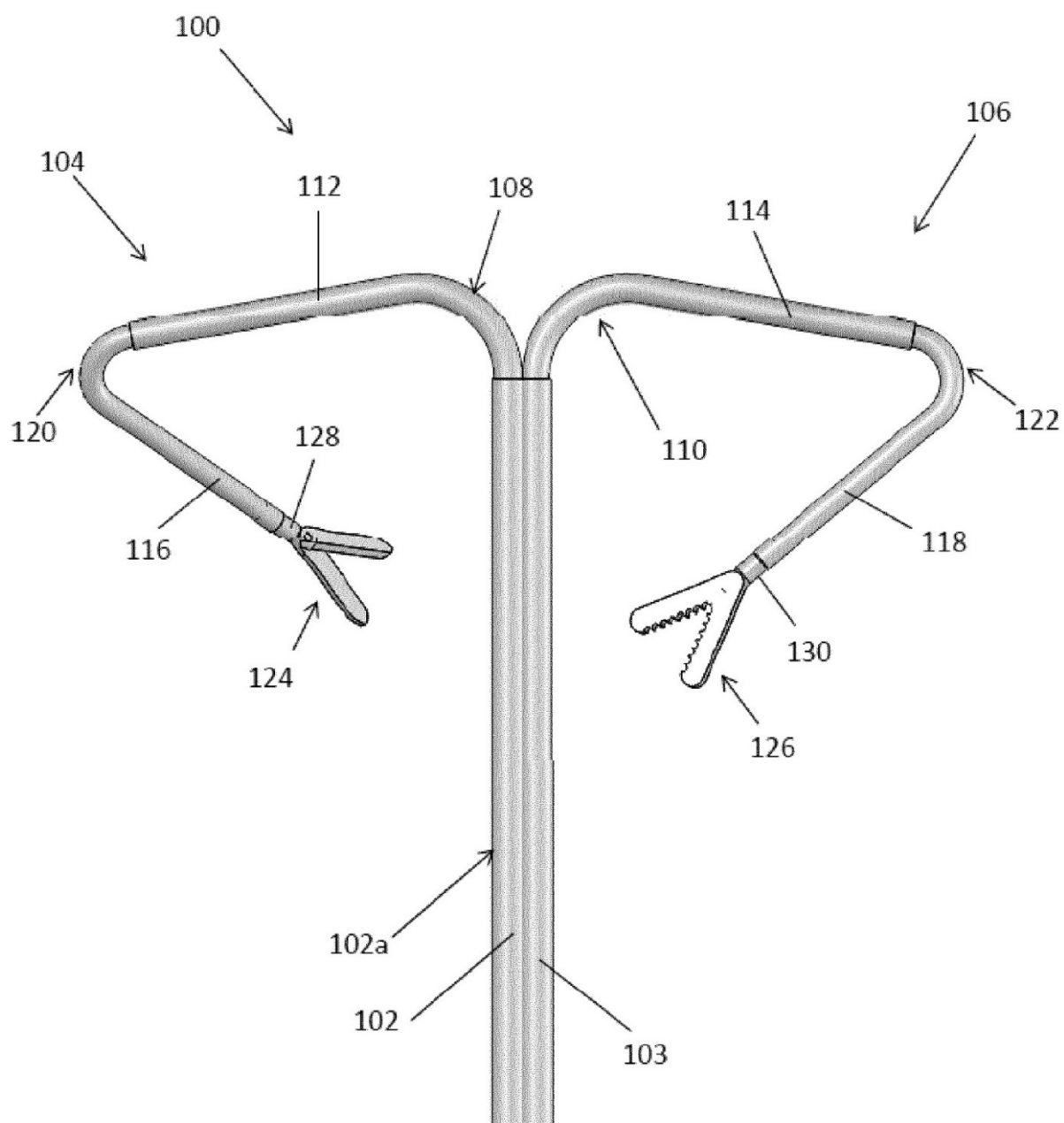


FIG. 1A

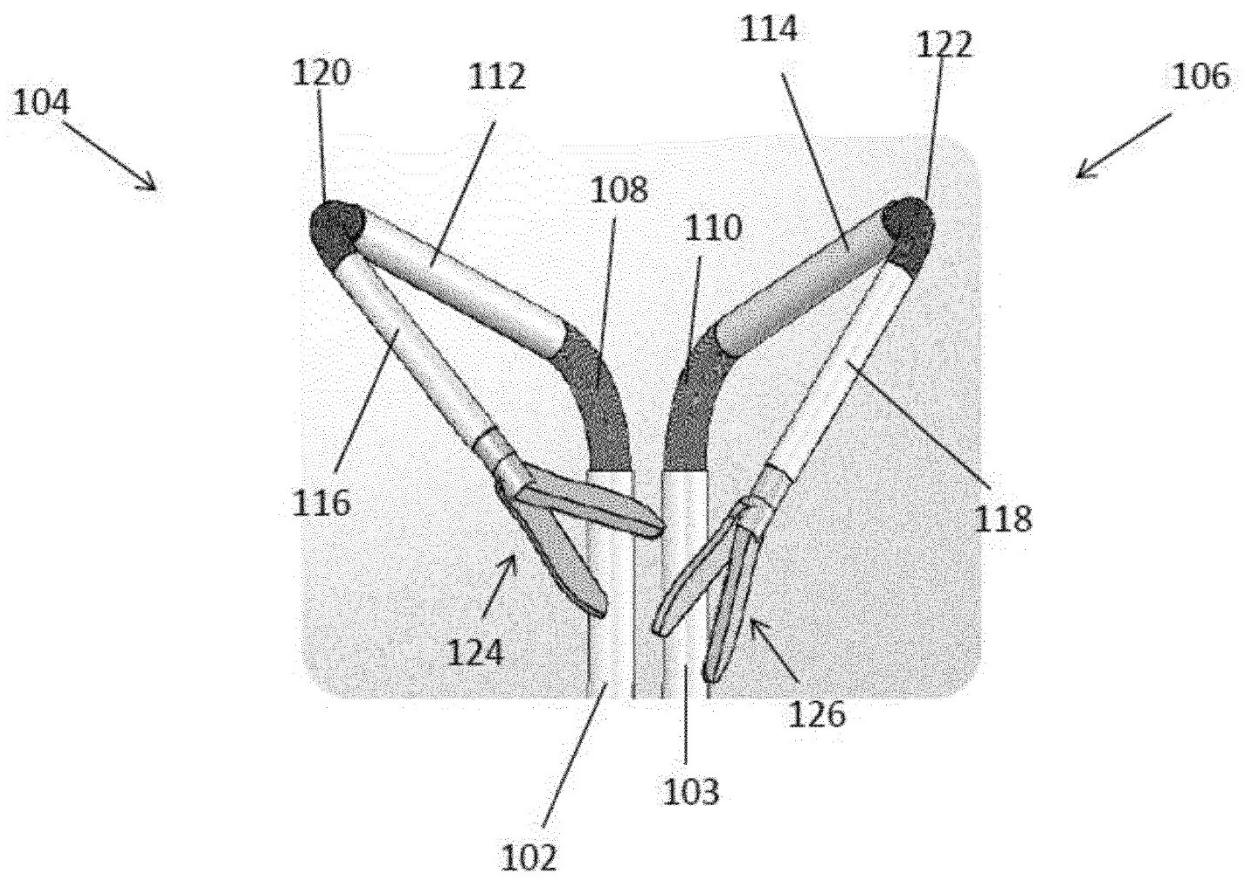


FIG. 1B

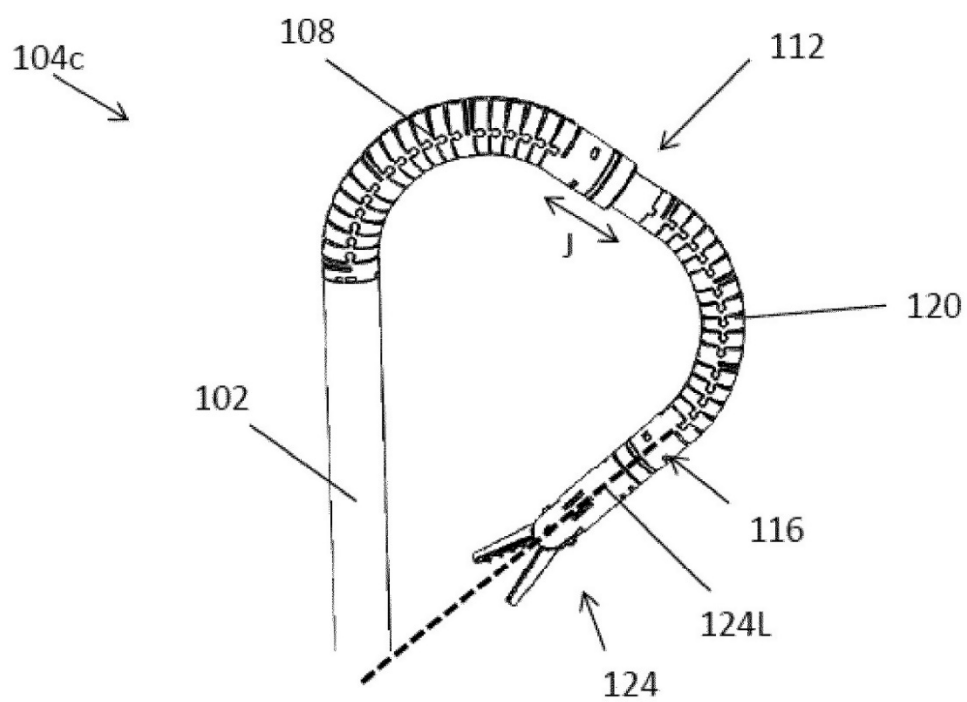


FIG. 1C

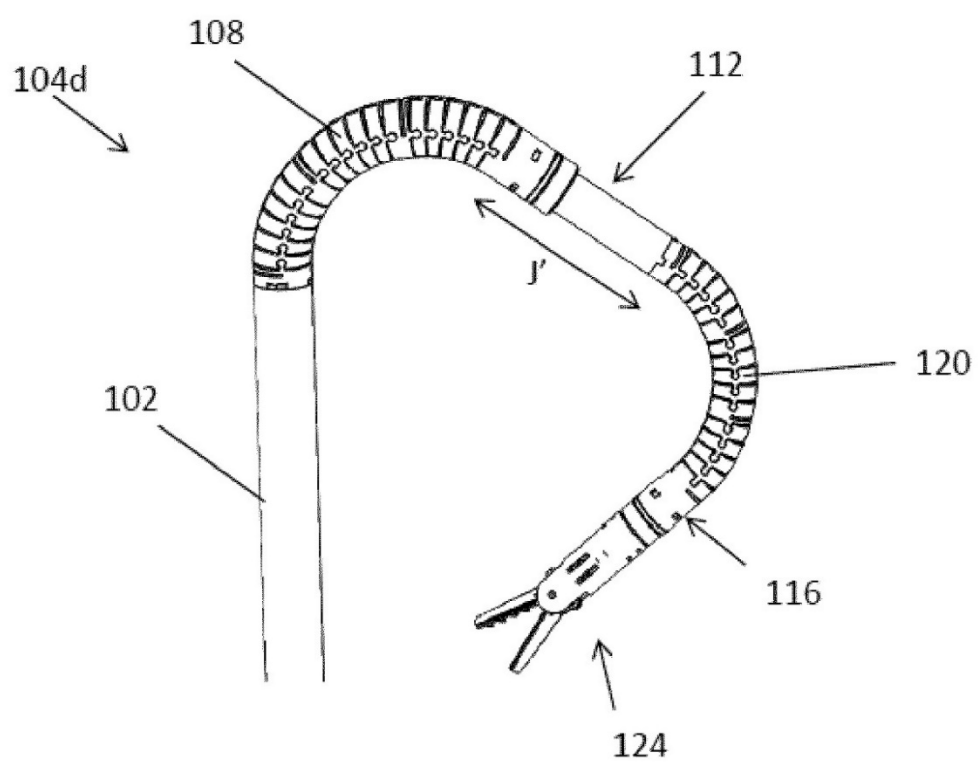


FIG. 1D

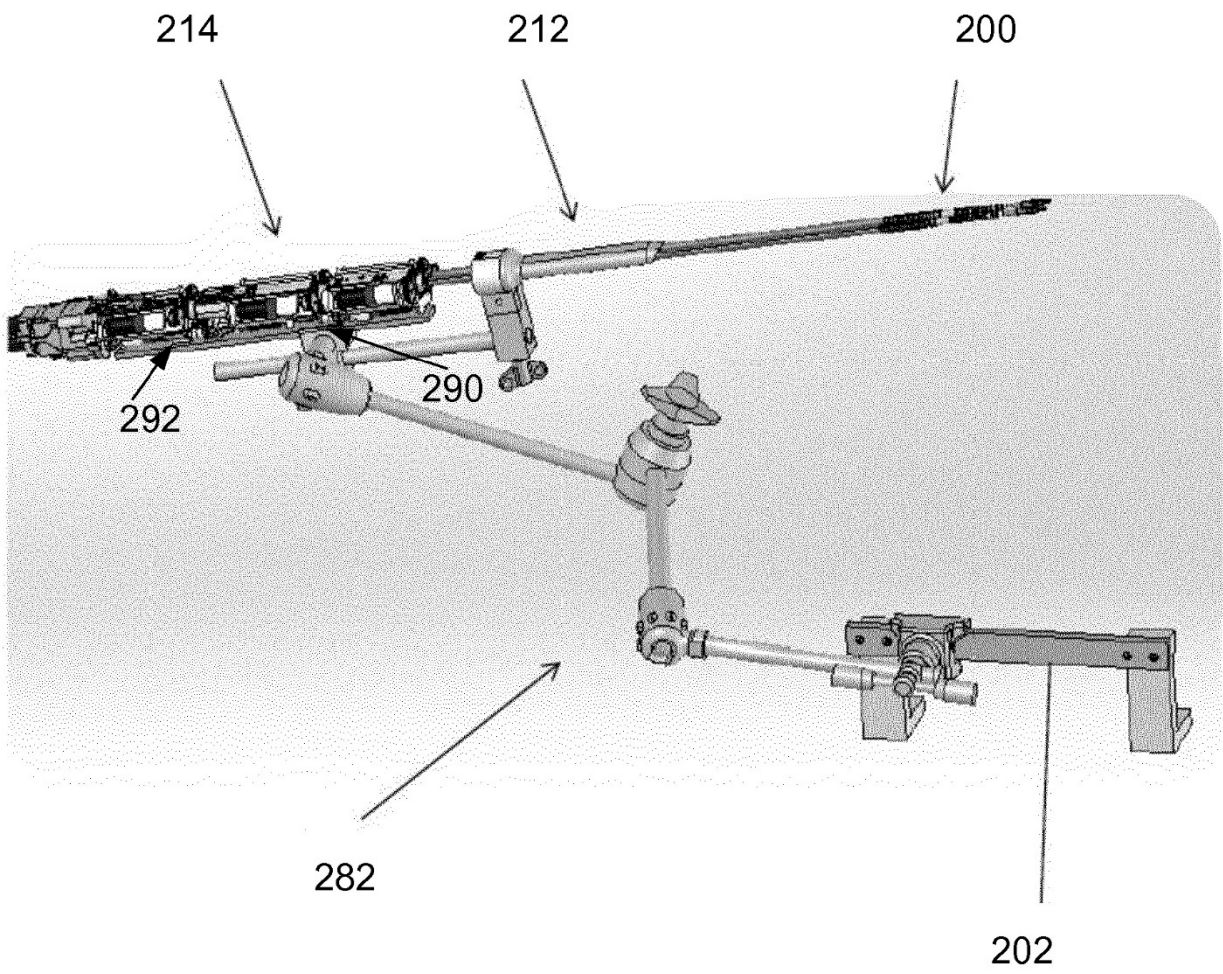


FIG. 2A

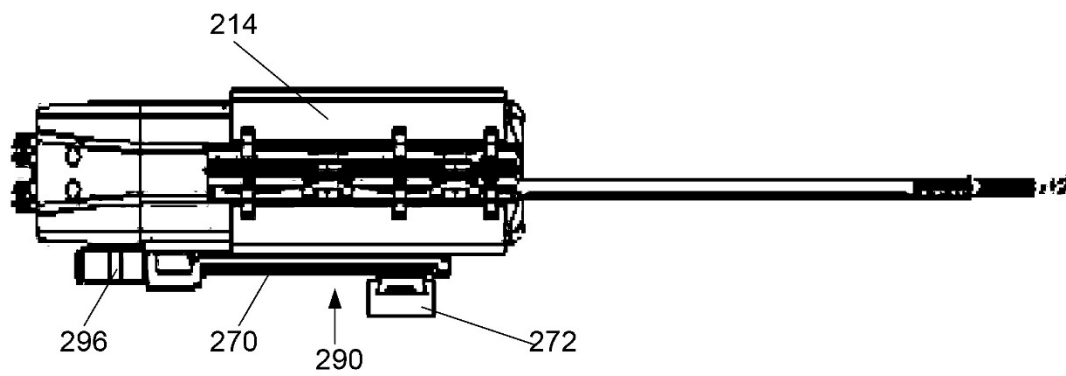


FIG. 2B

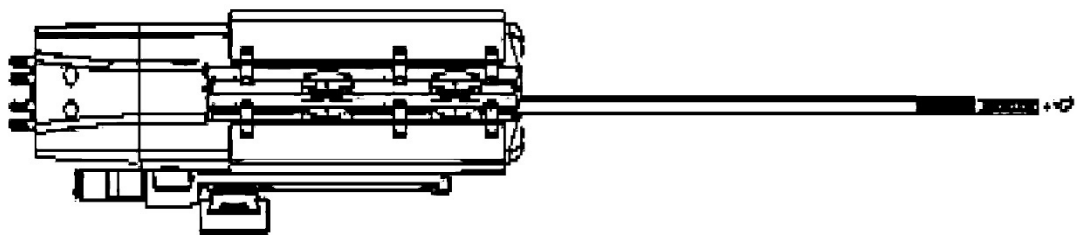


FIG. 2C

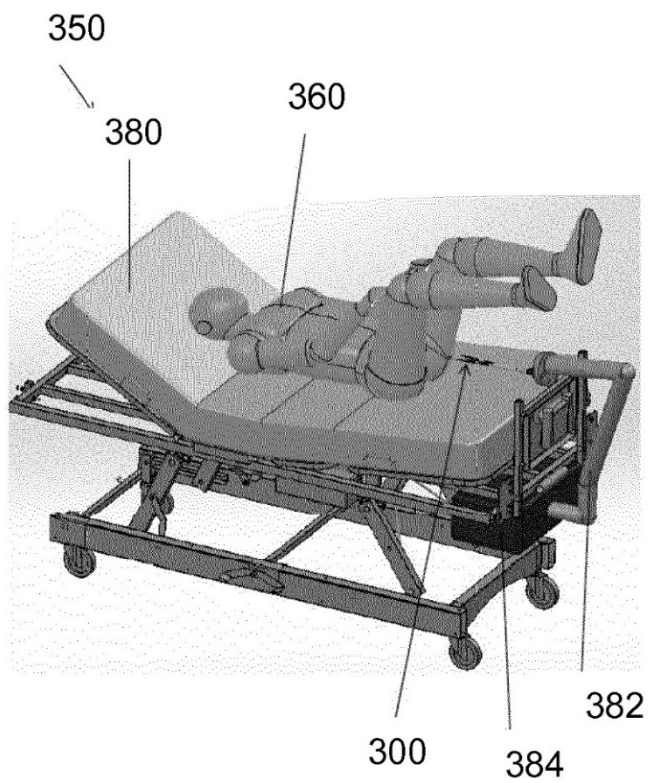


FIG. 3A

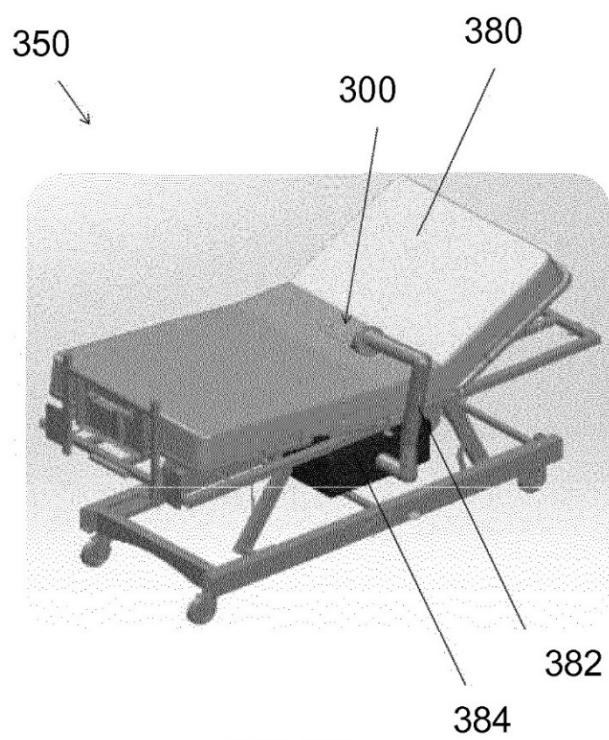


FIG. 3B



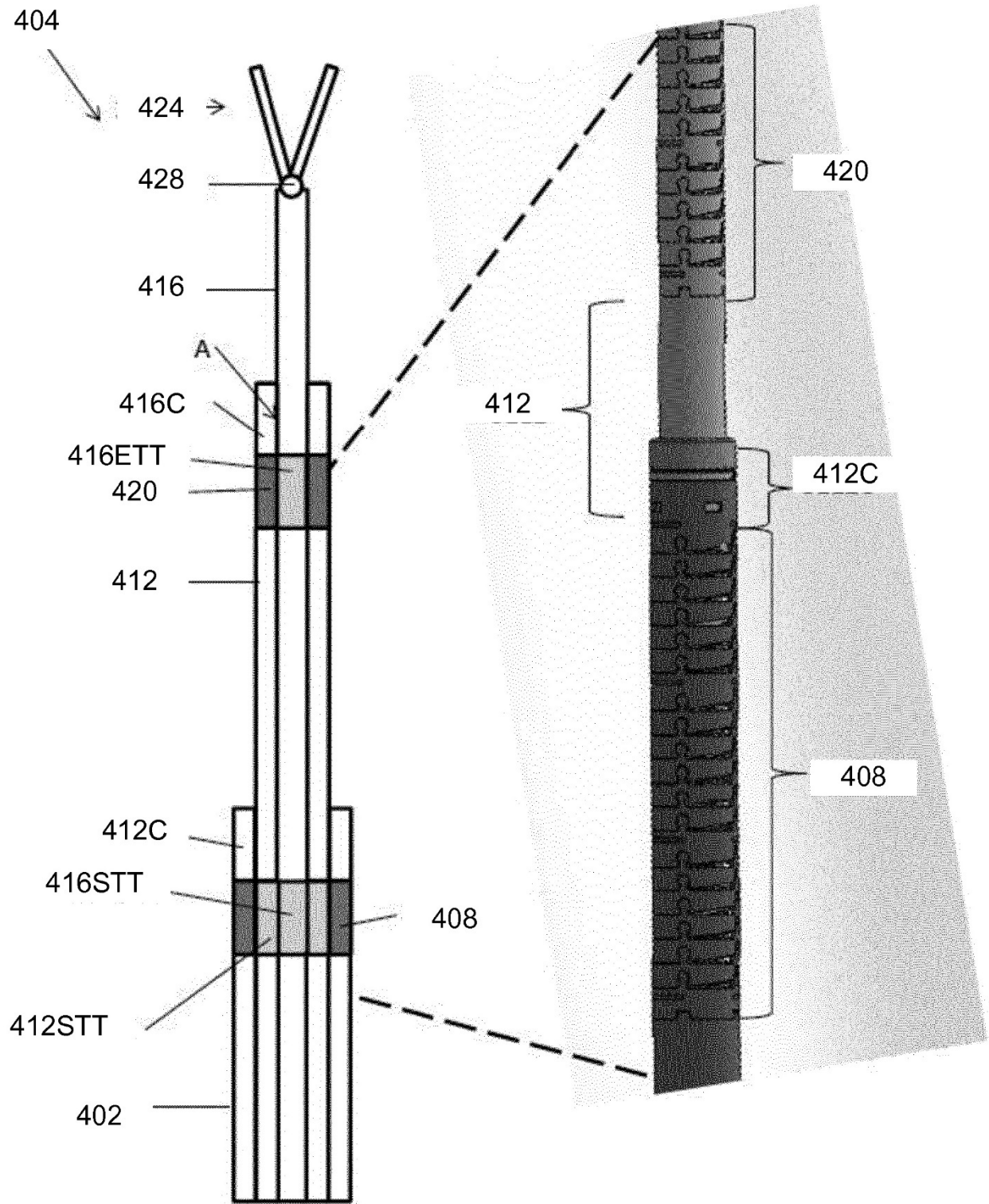


FIG. 4A

FIG. 4B

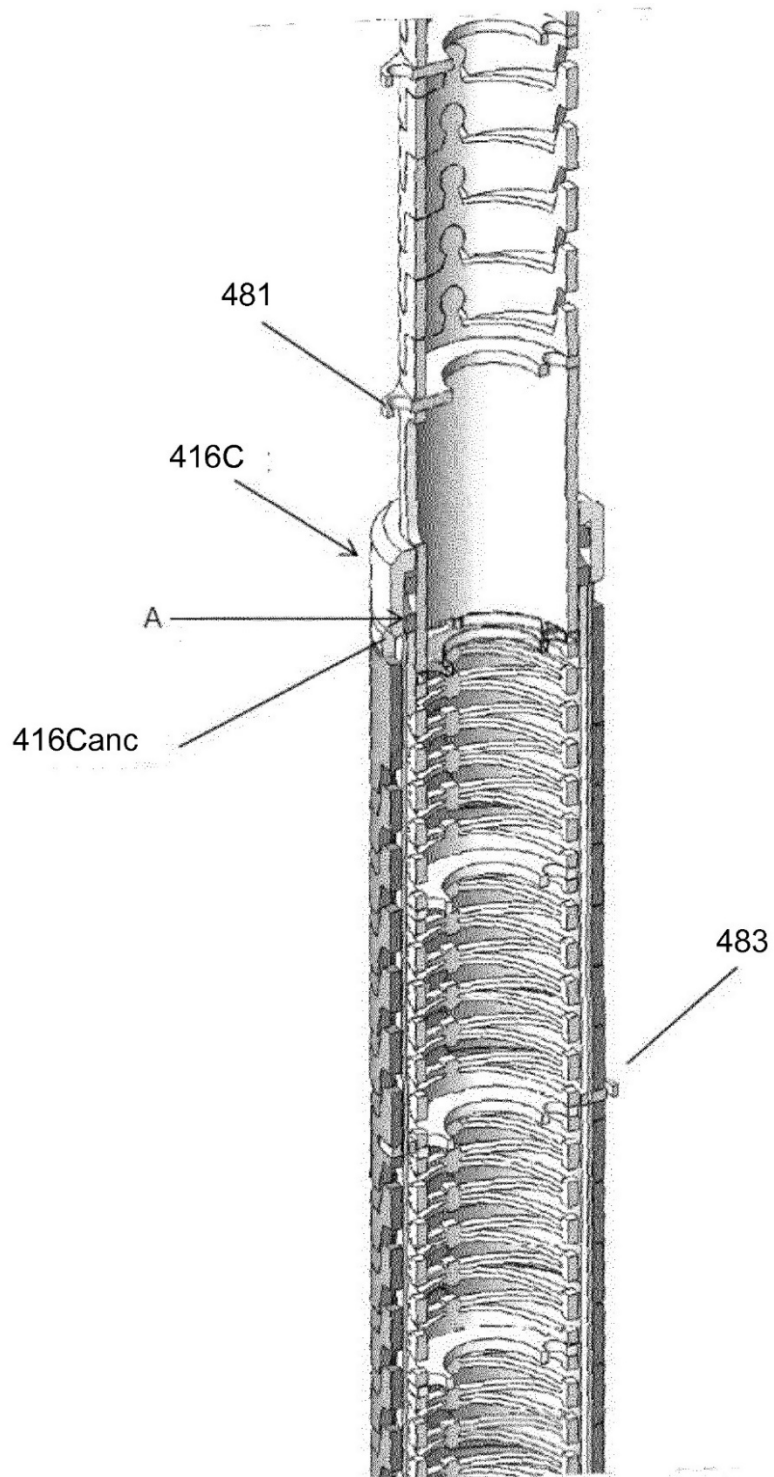


FIG. 4C

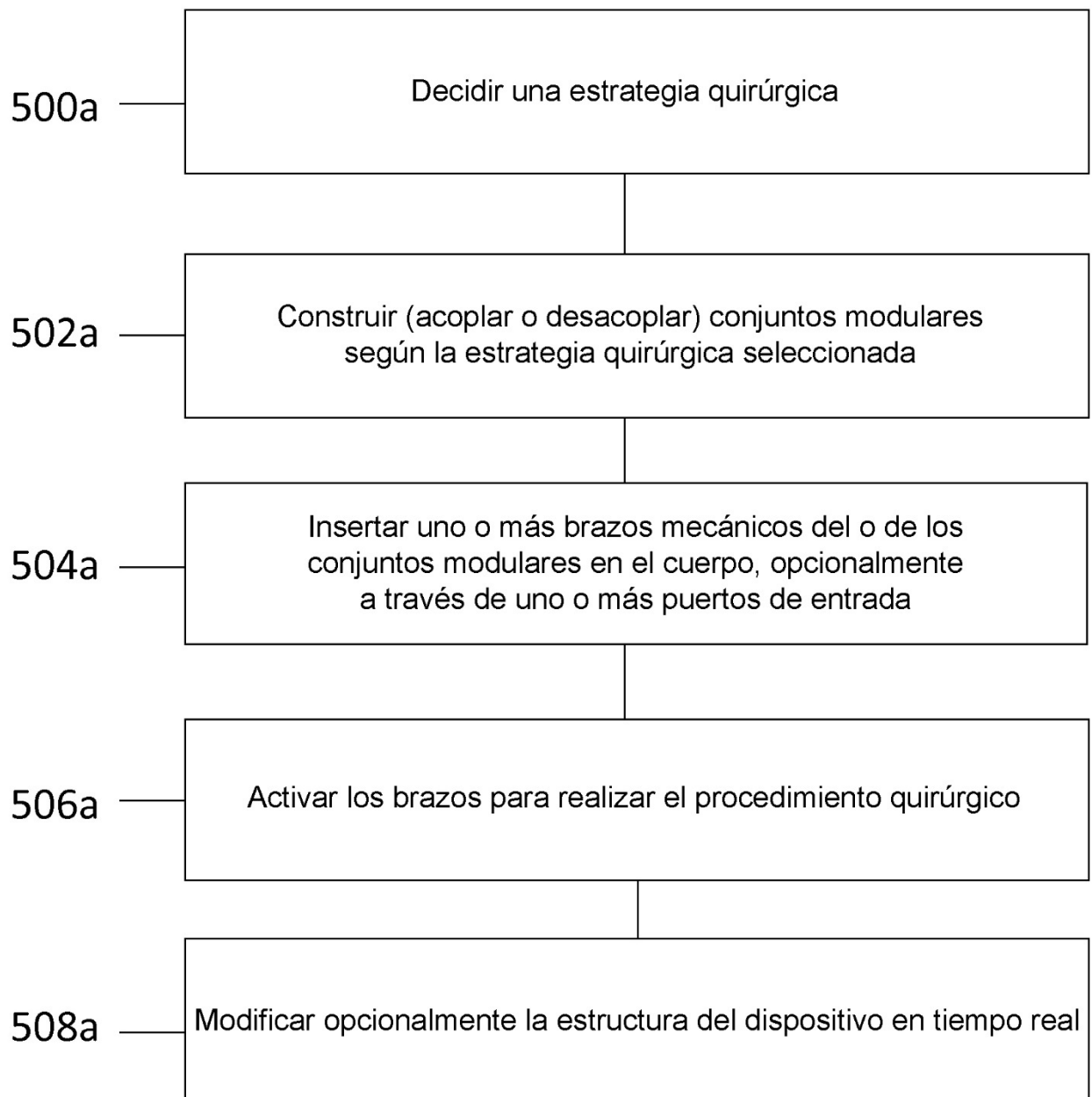
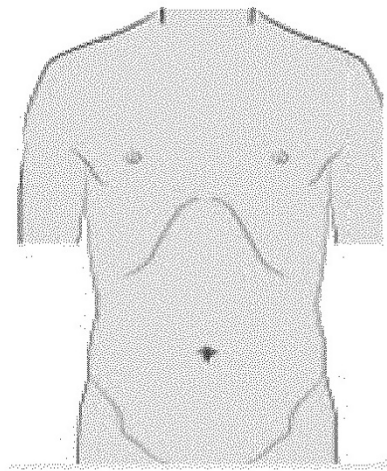
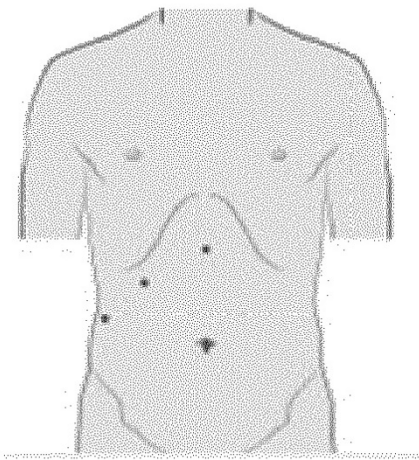


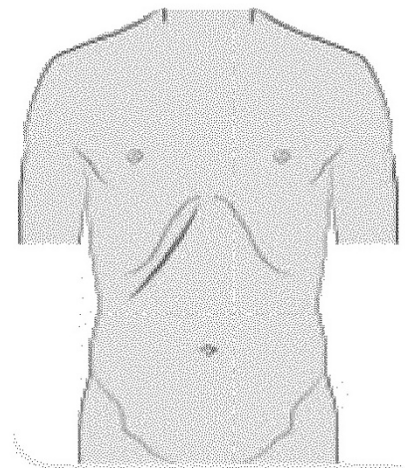
FIG. 5A



510a

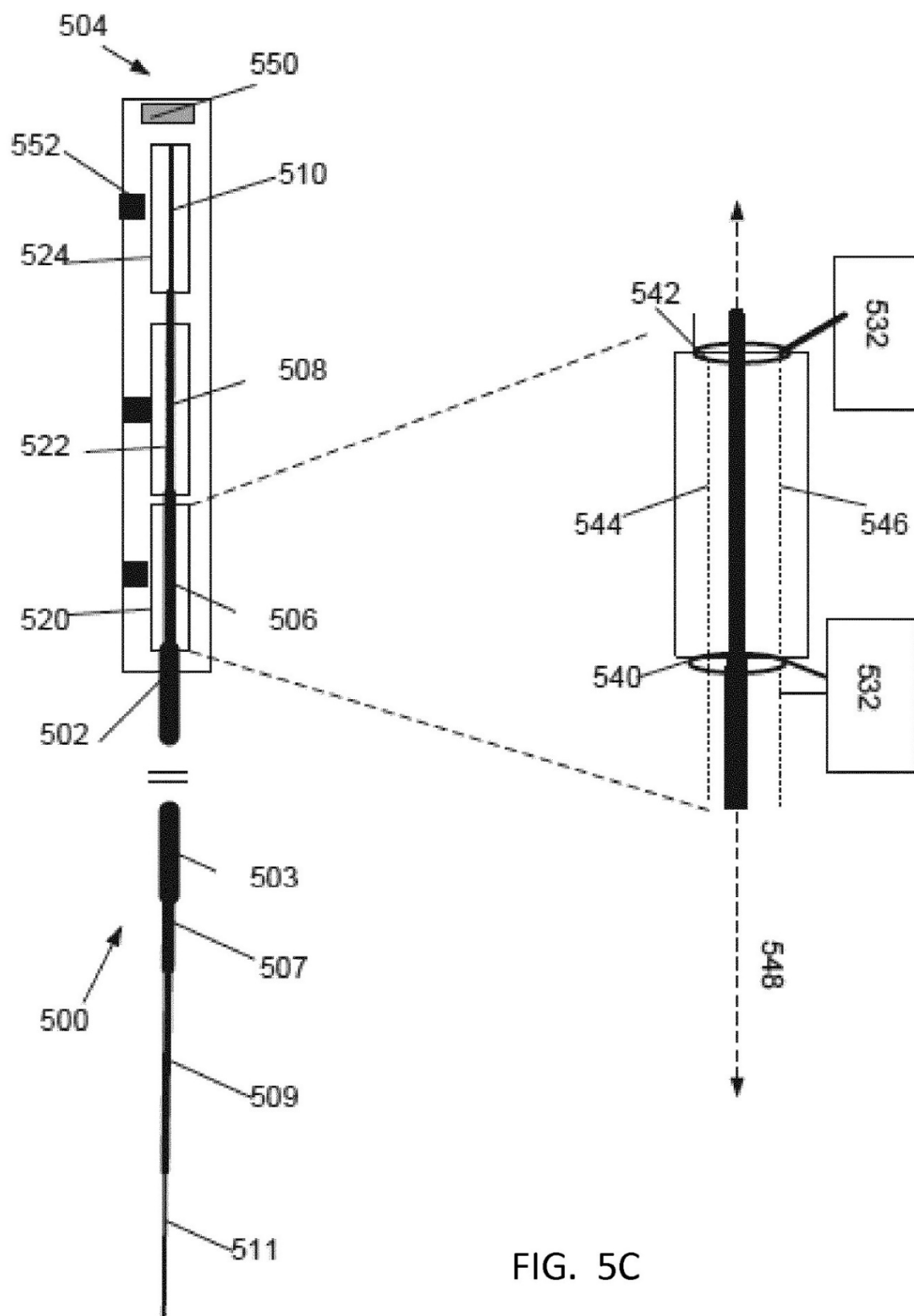


512a



514a

FIG. 5B



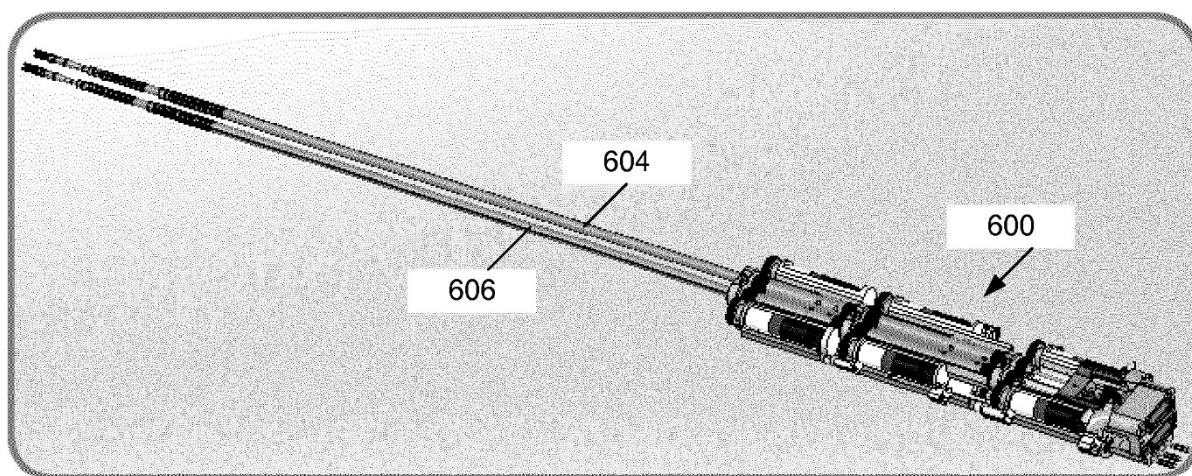


FIG. 6A

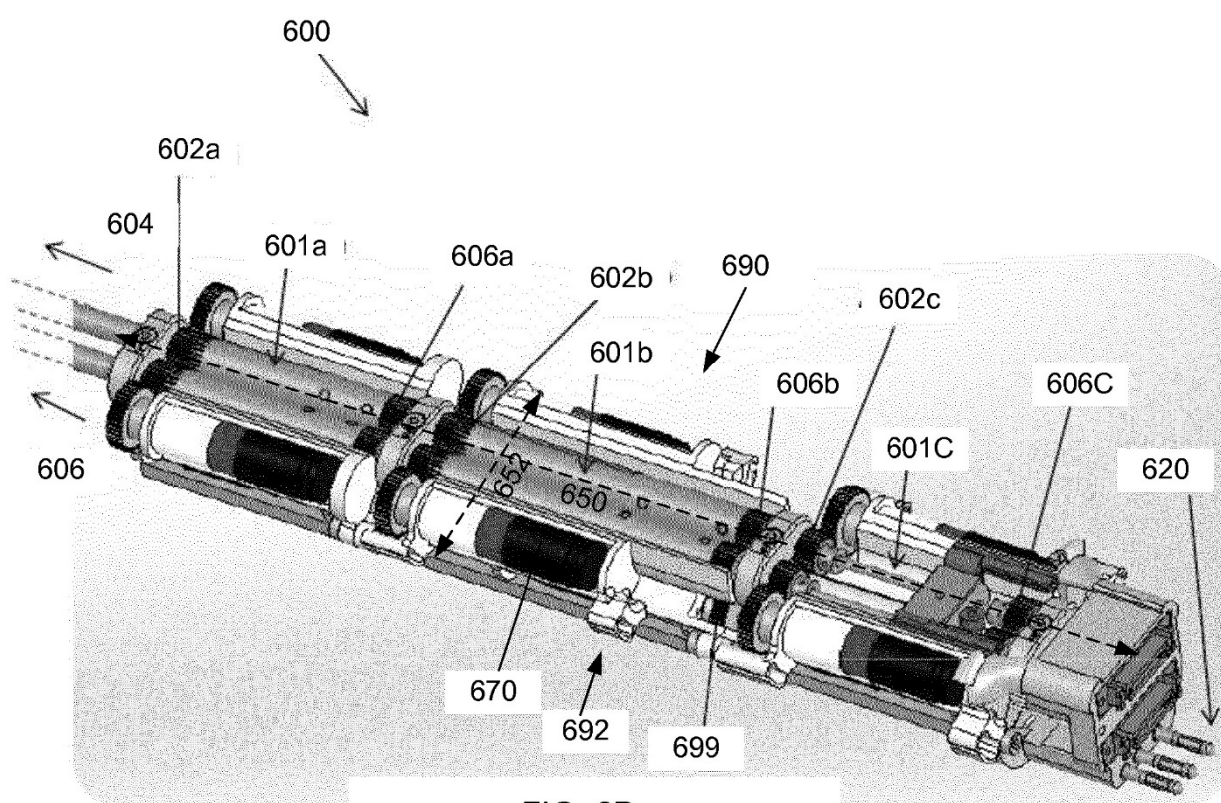


FIG. 6B

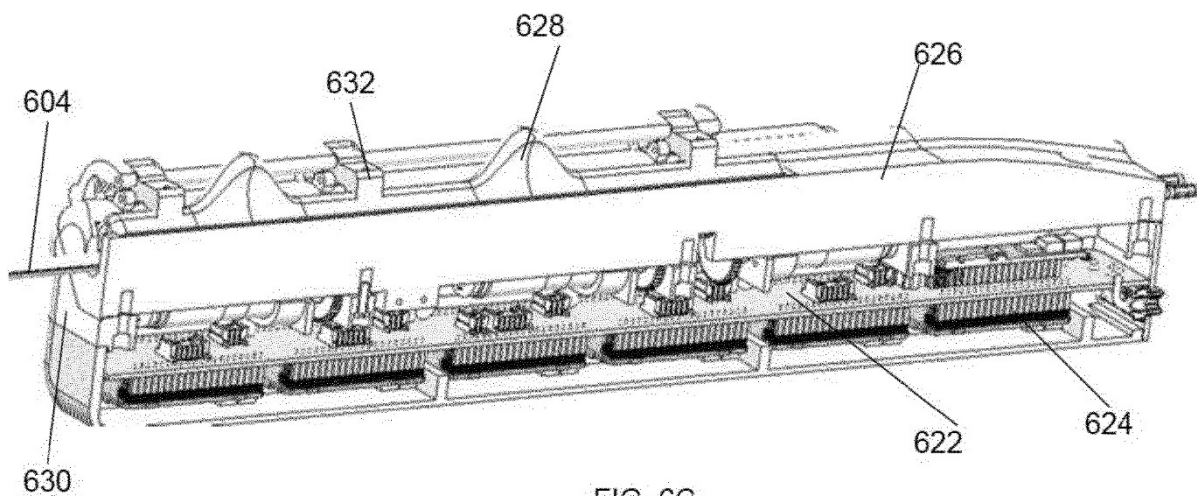


FIG. 6C

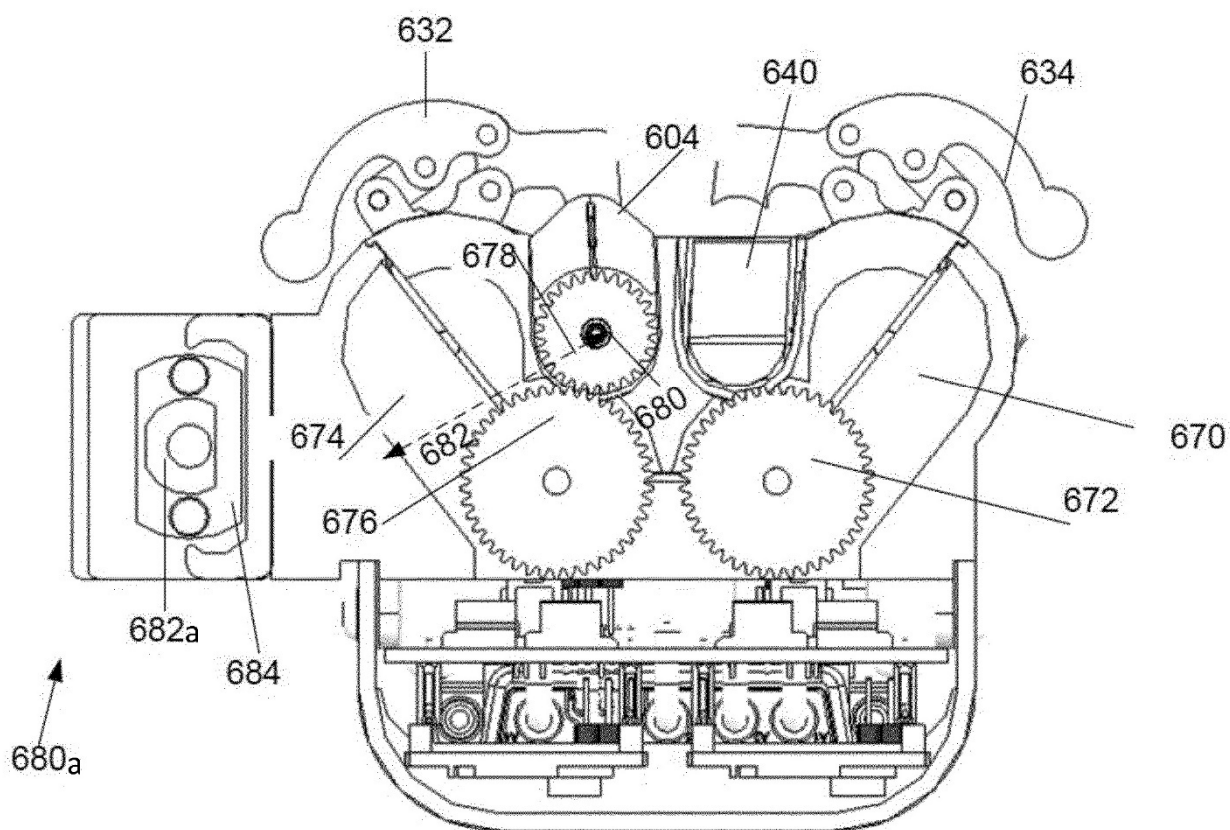


FIG. 6D



FIG. 7A

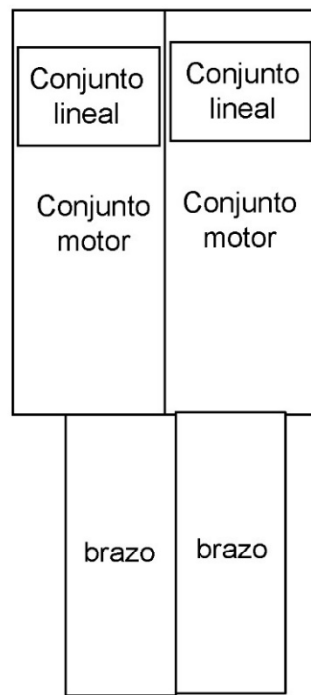


FIG. 7B

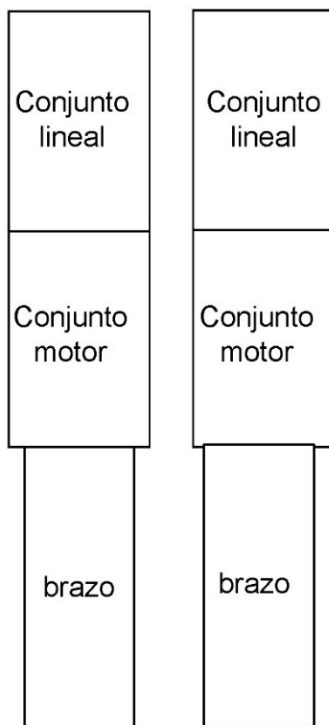
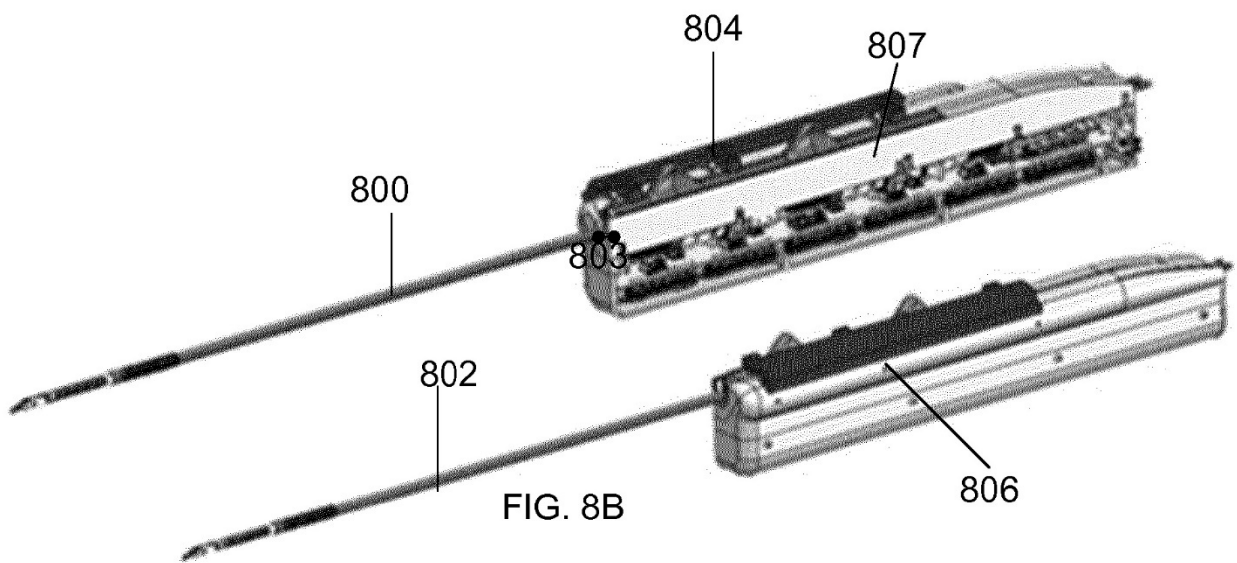
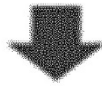
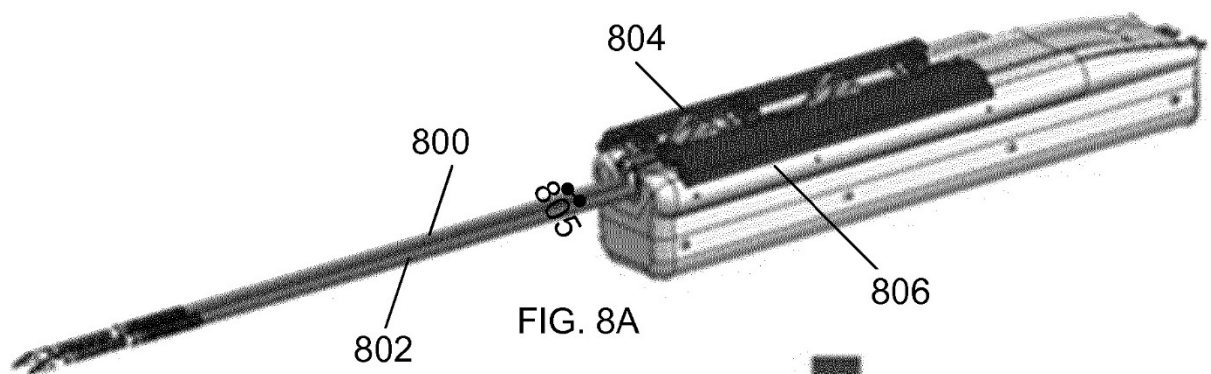


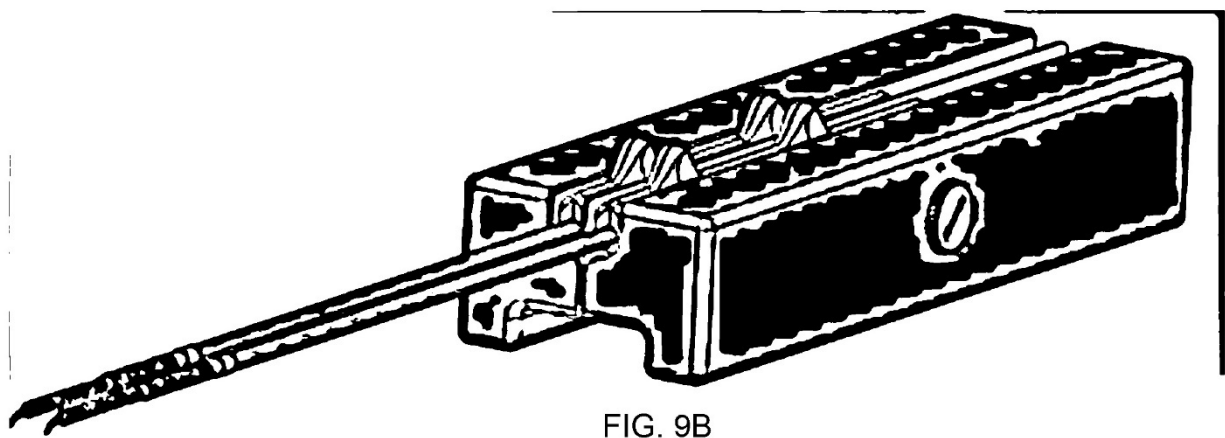
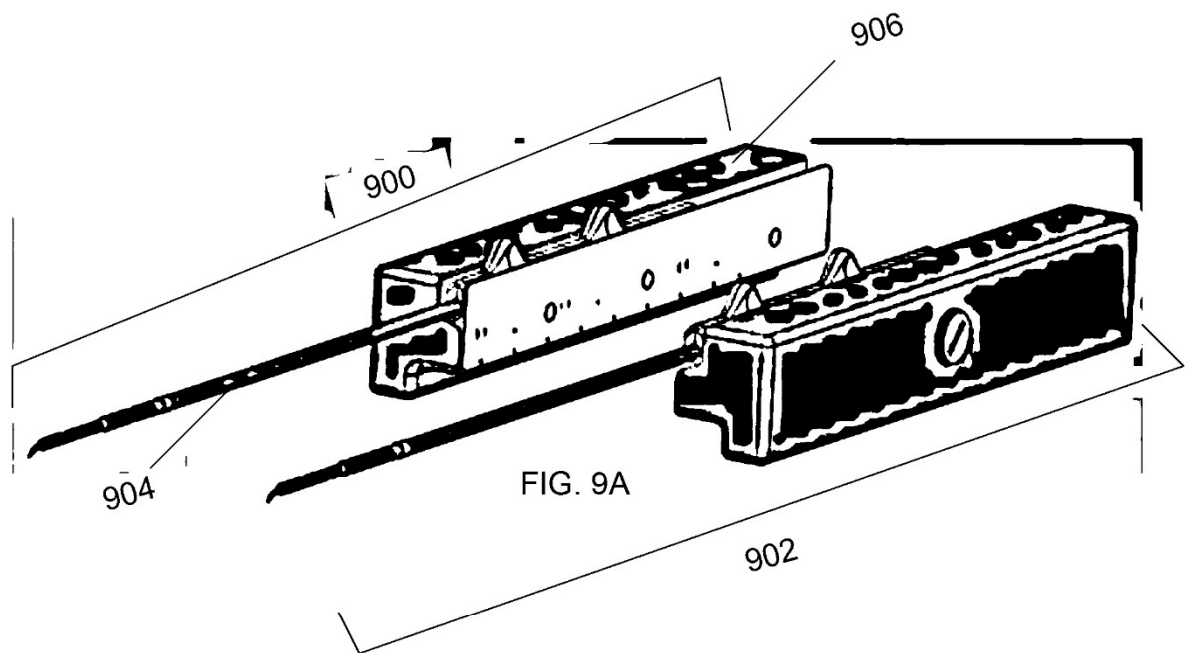
FIG. 7C



FIG. 7D







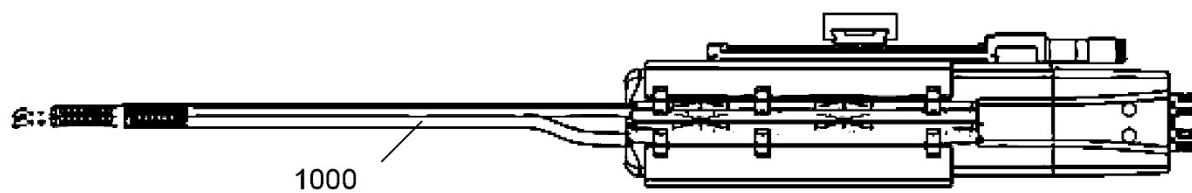


FIG. 10A

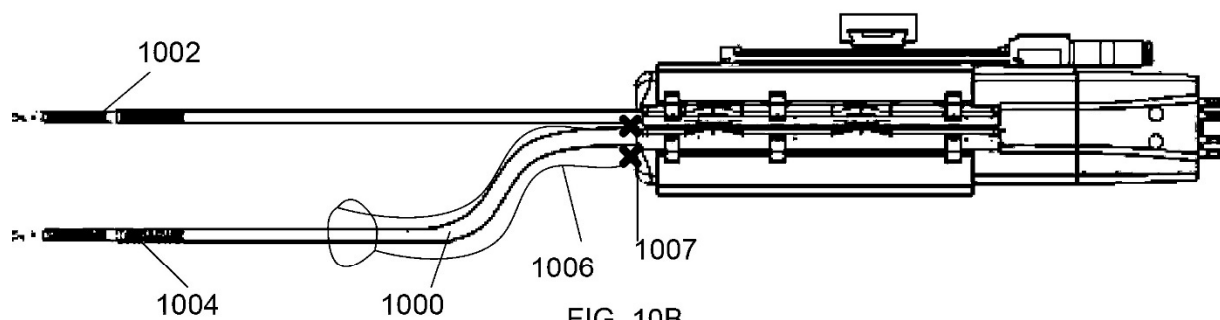


FIG. 10B

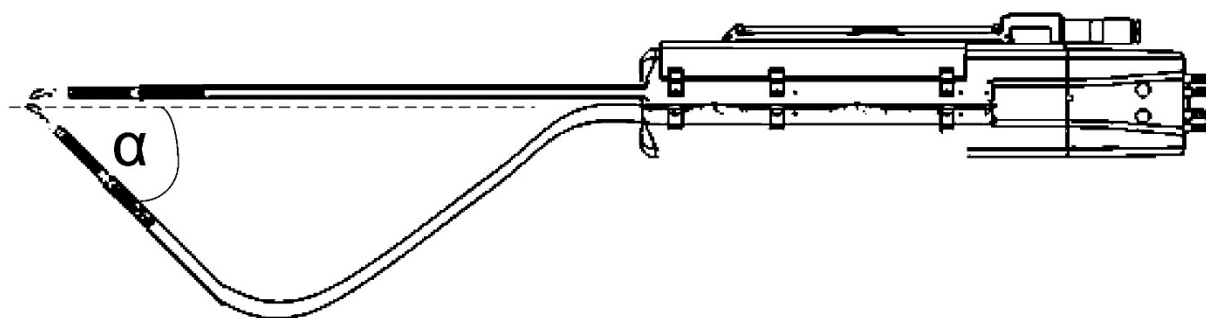


FIG. 10C

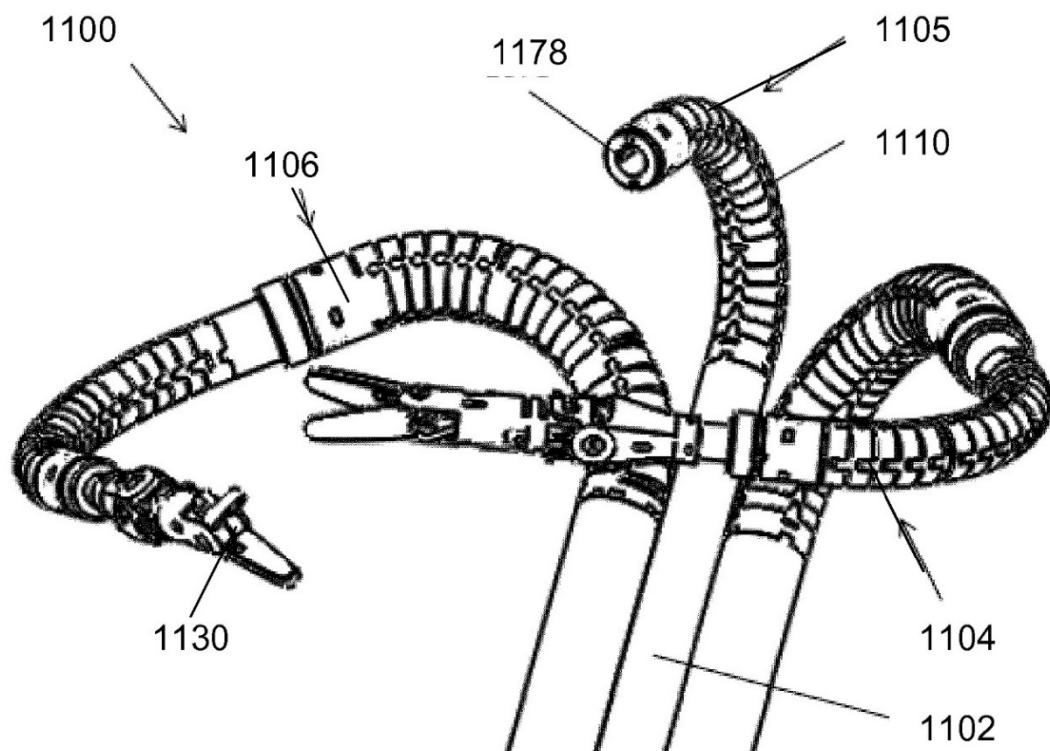


FIG. 11A

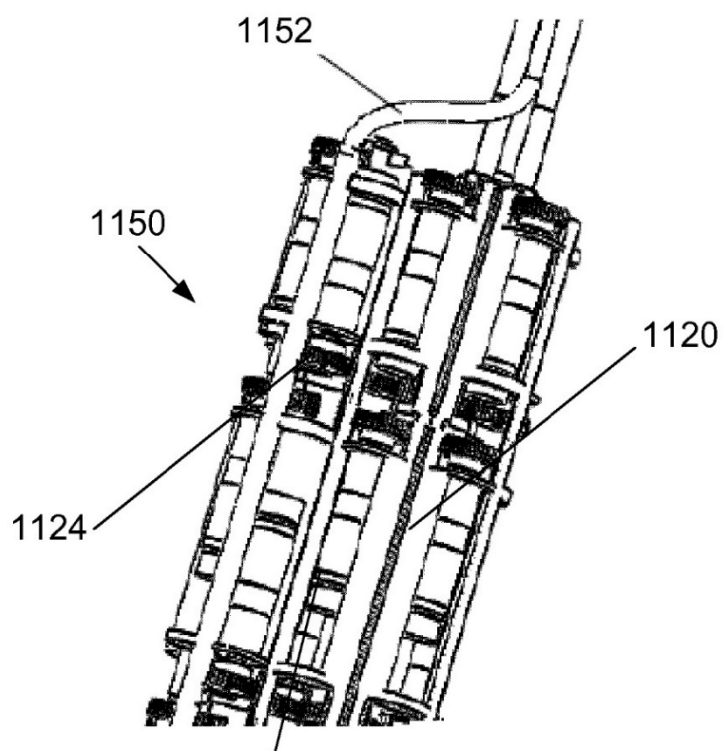


FIG. 11B

FIG. 12A

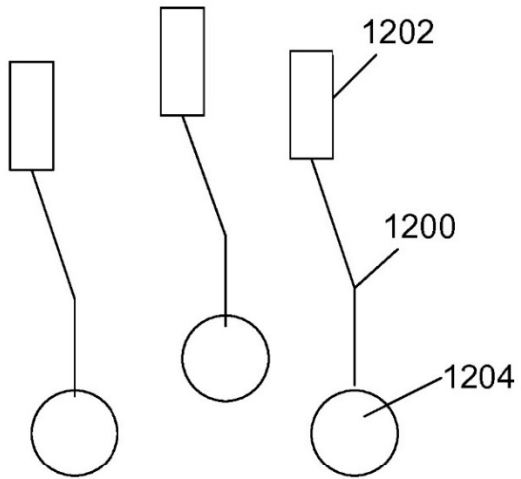


FIG. 12B

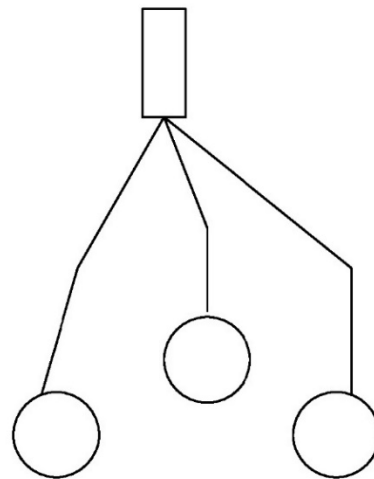


FIG. 12C

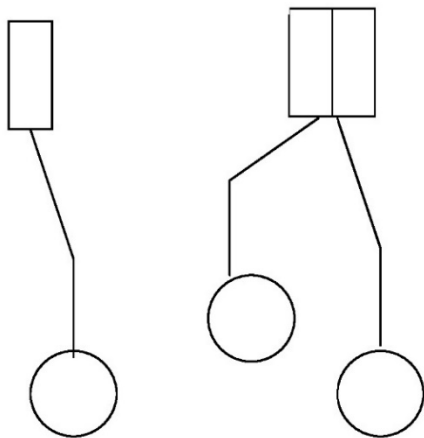


FIG. 12D

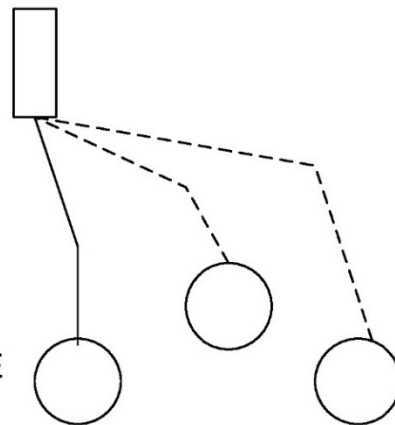
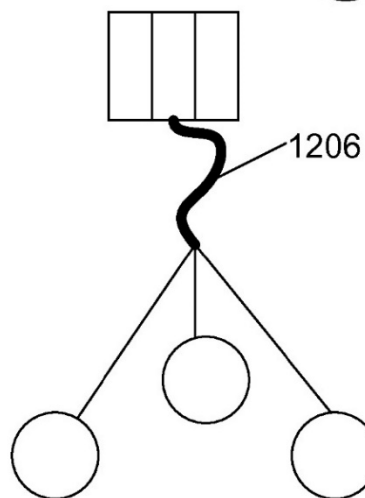


FIG. 12E



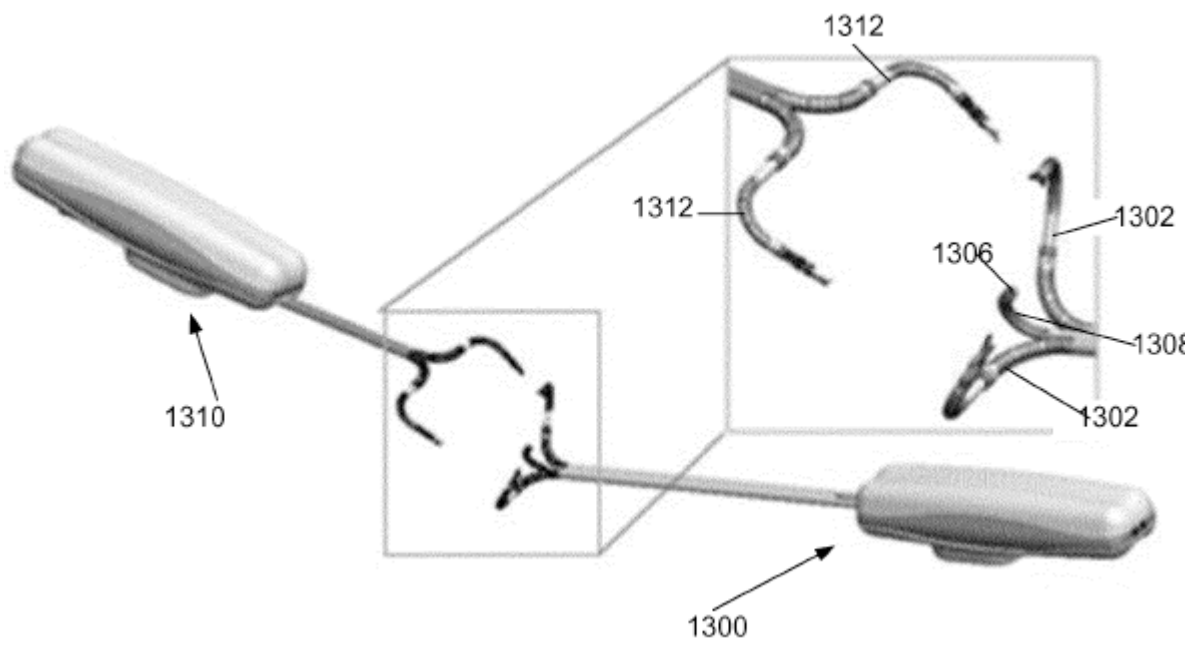


FIG. 13

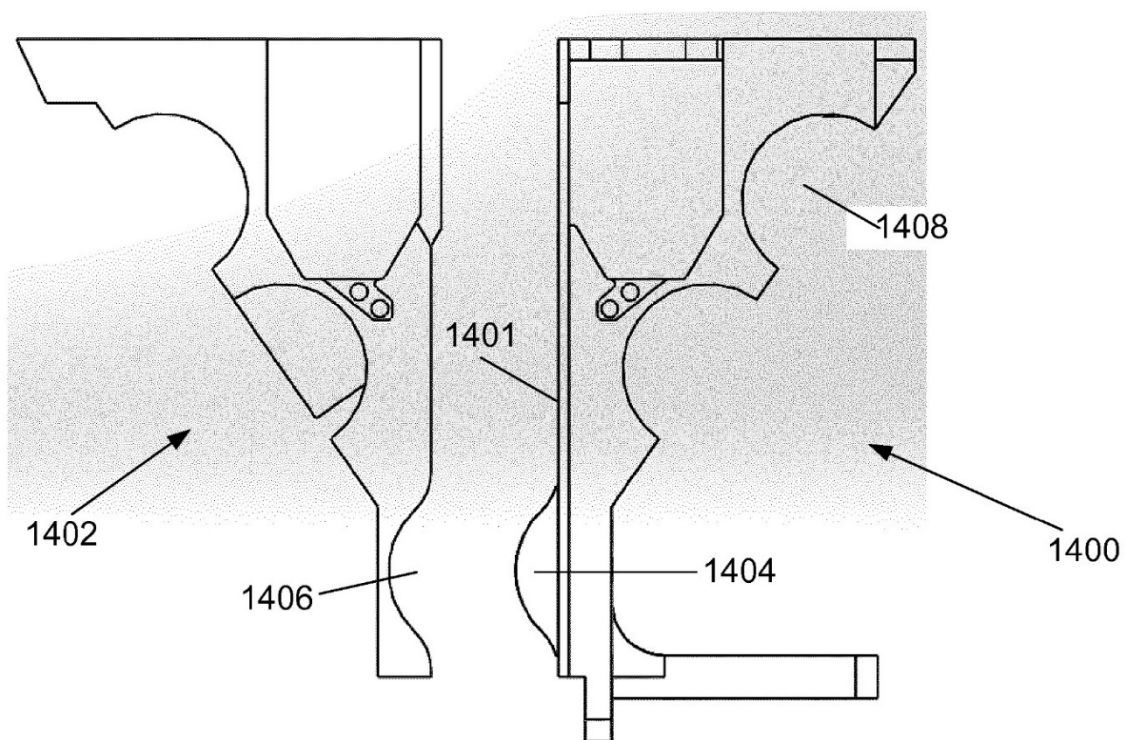
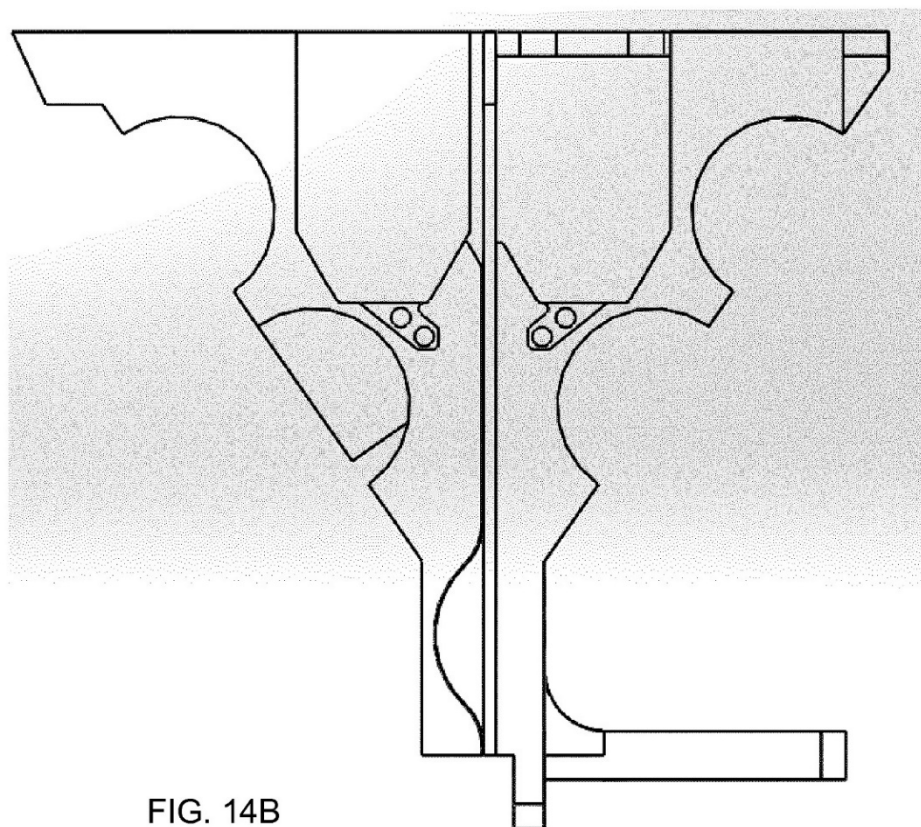


FIG. 14A



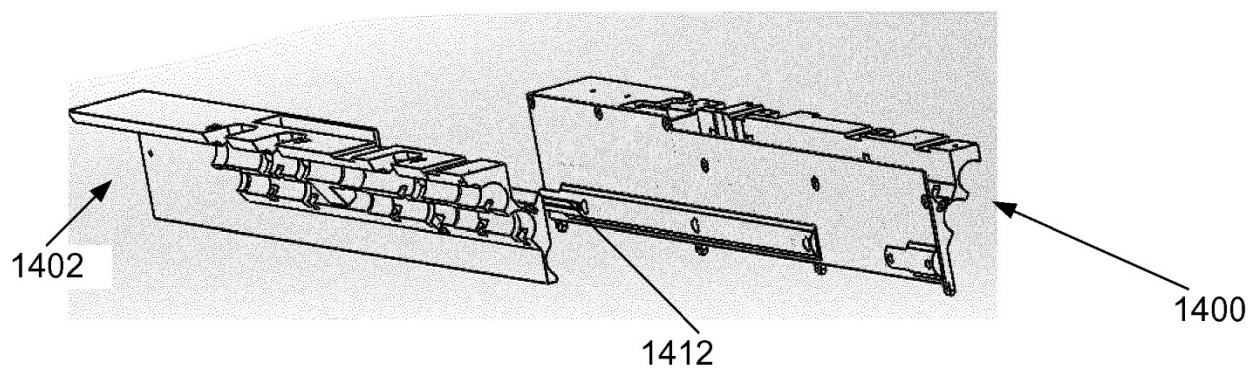


FIG. 14C

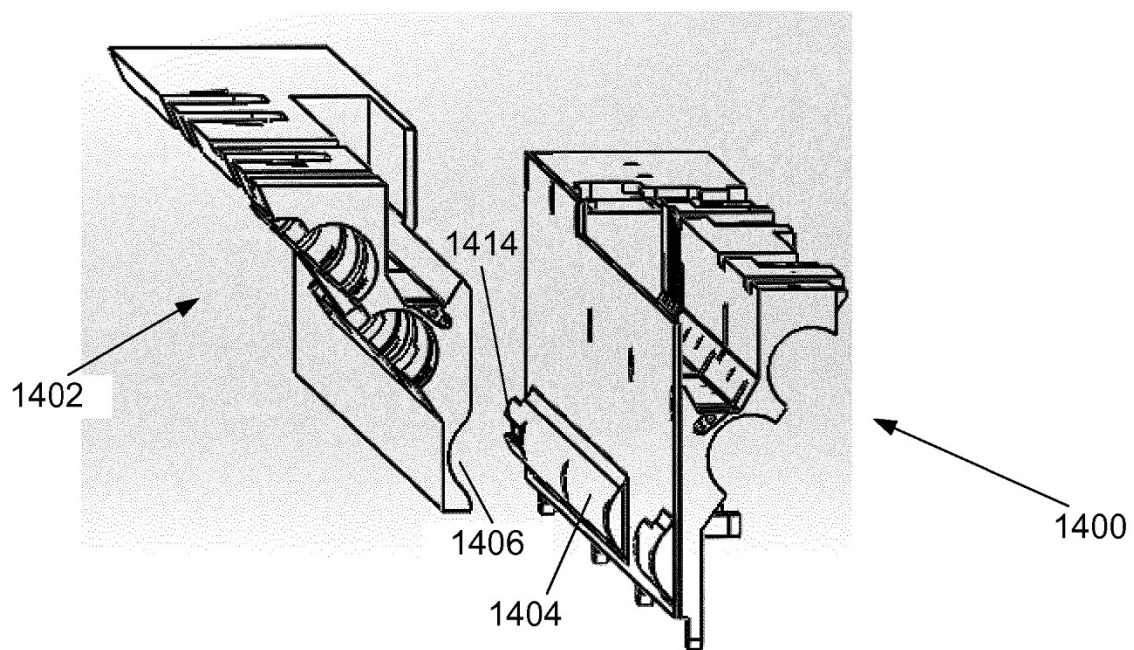


FIG. 14D



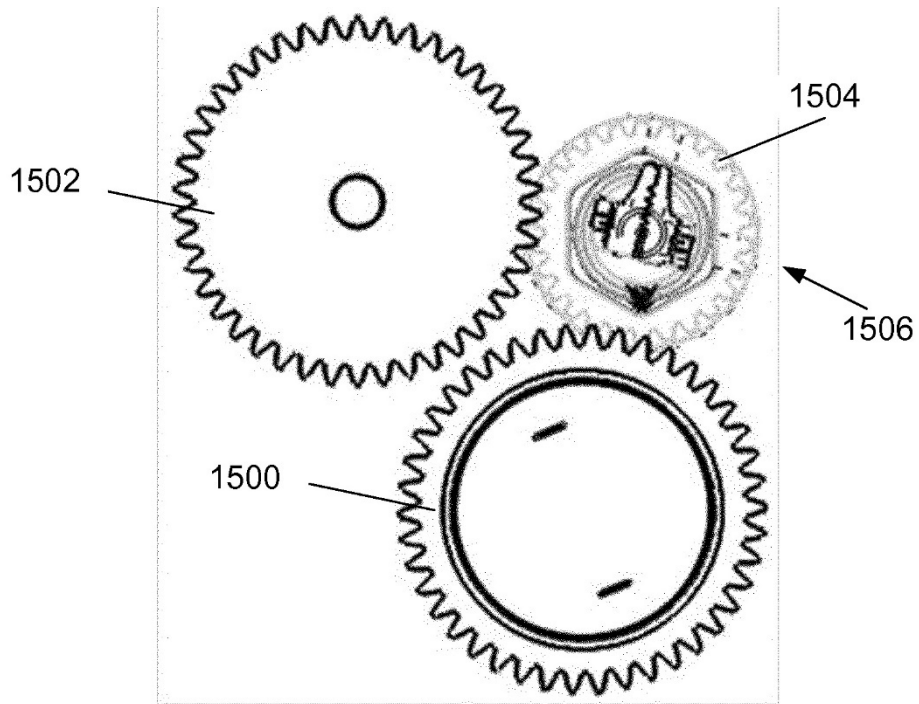


FIG. 15A

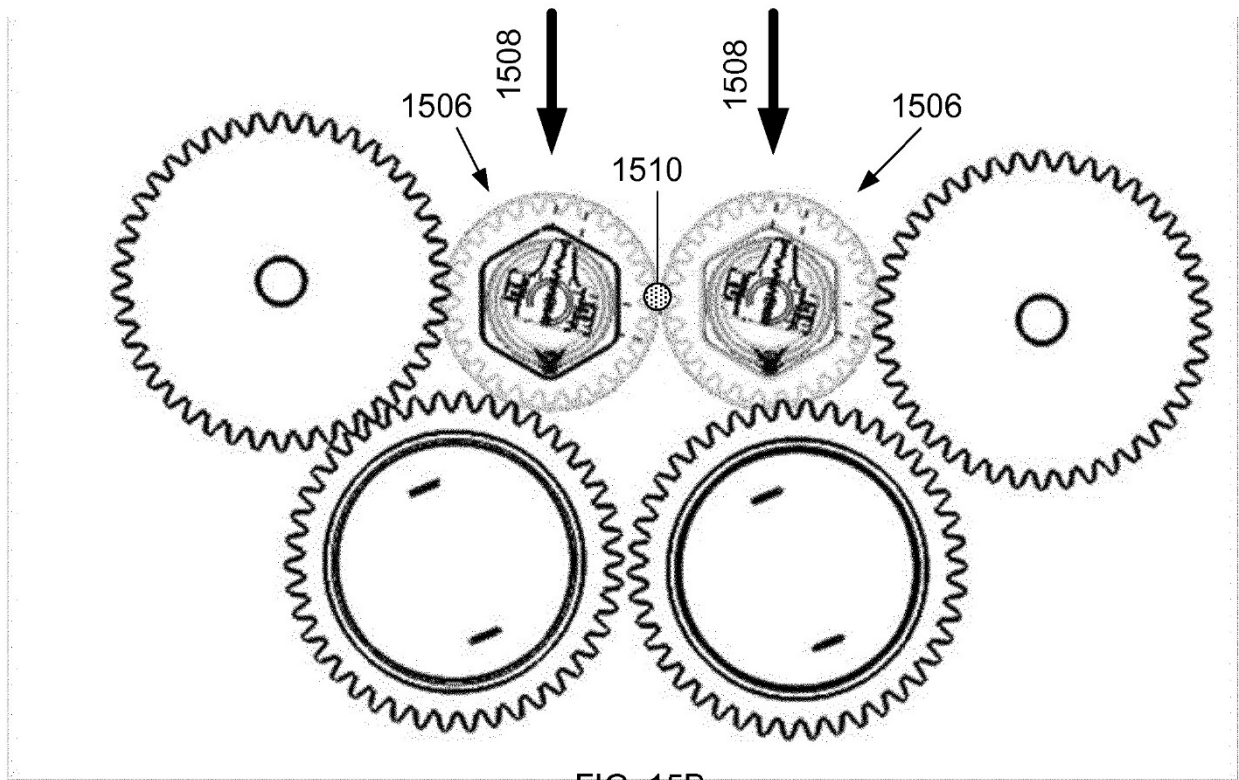


FIG. 15B

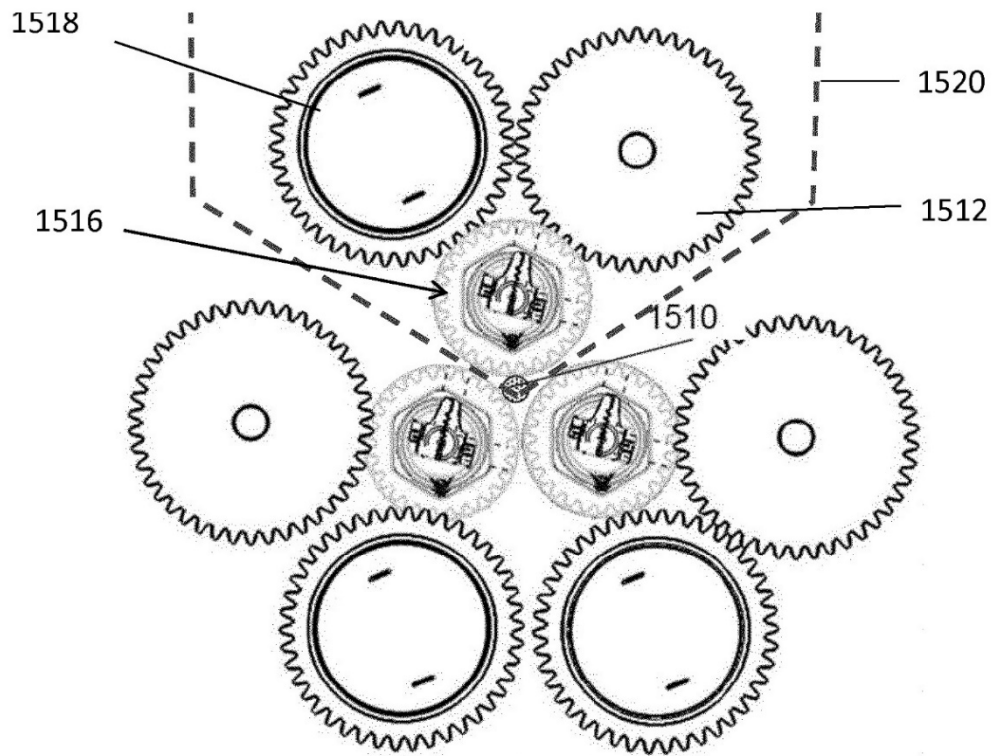


FIG. 15C

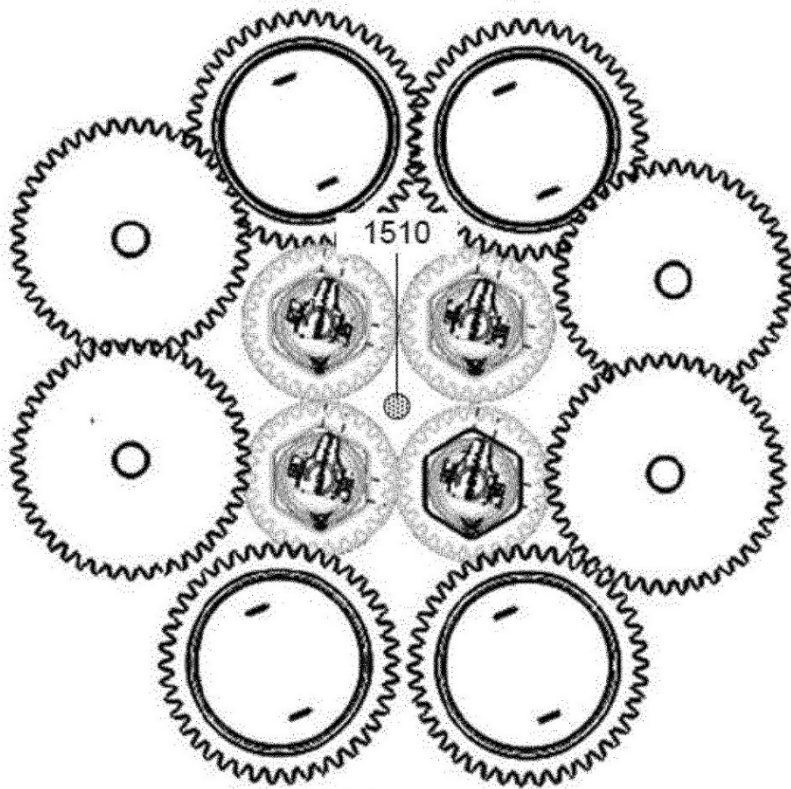


FIG. 15D

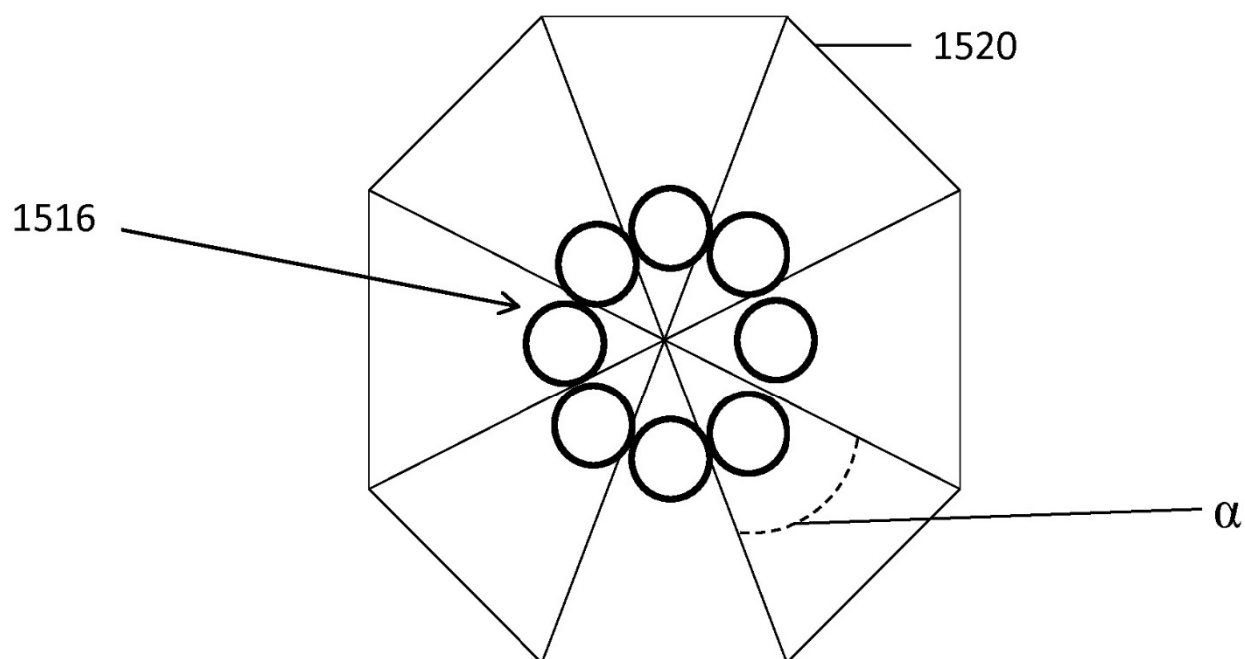


FIG. 15E

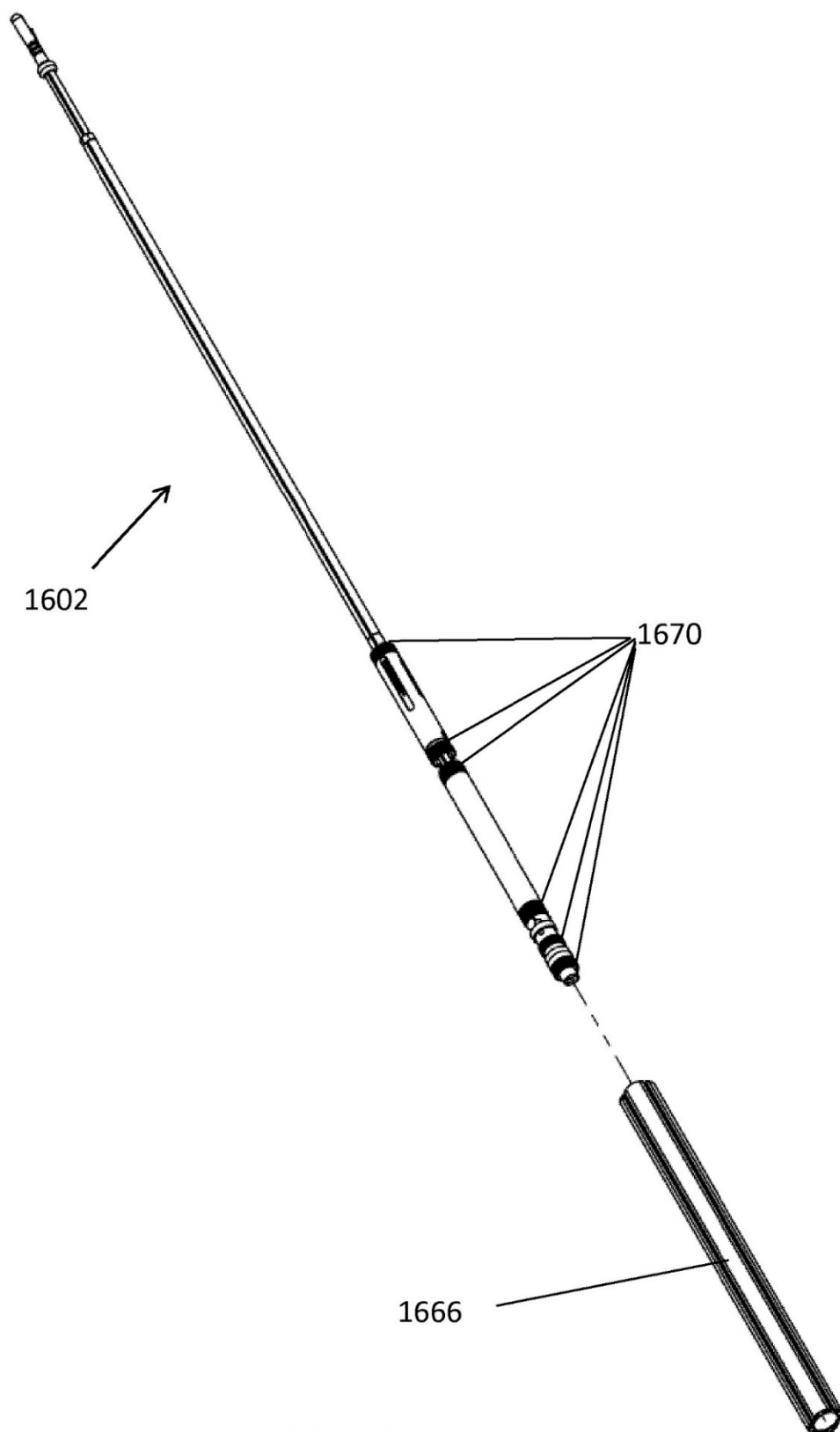


FIG. 16A

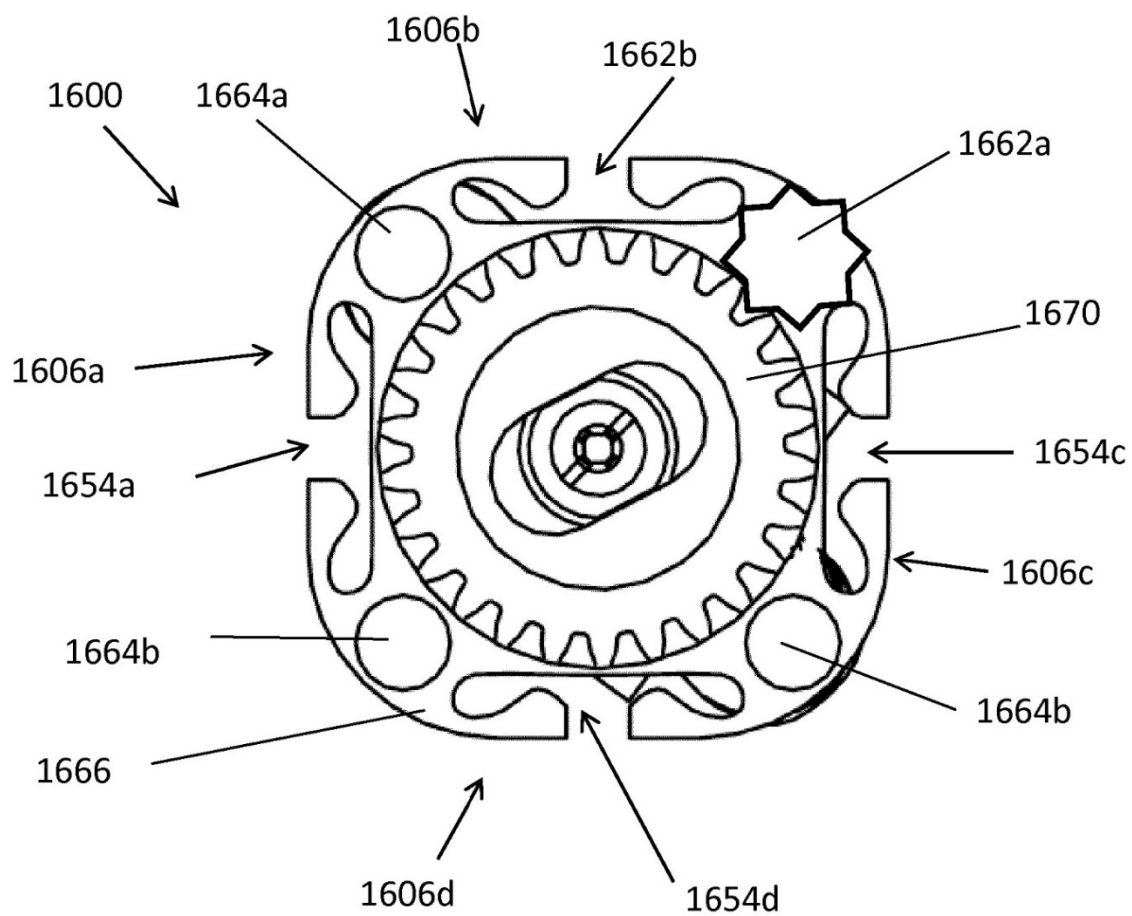


FIG. 16B

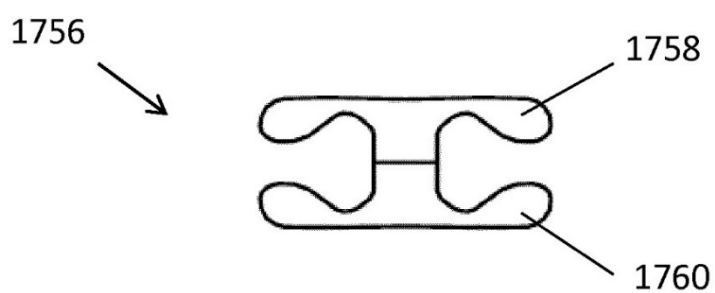


FIG. 17

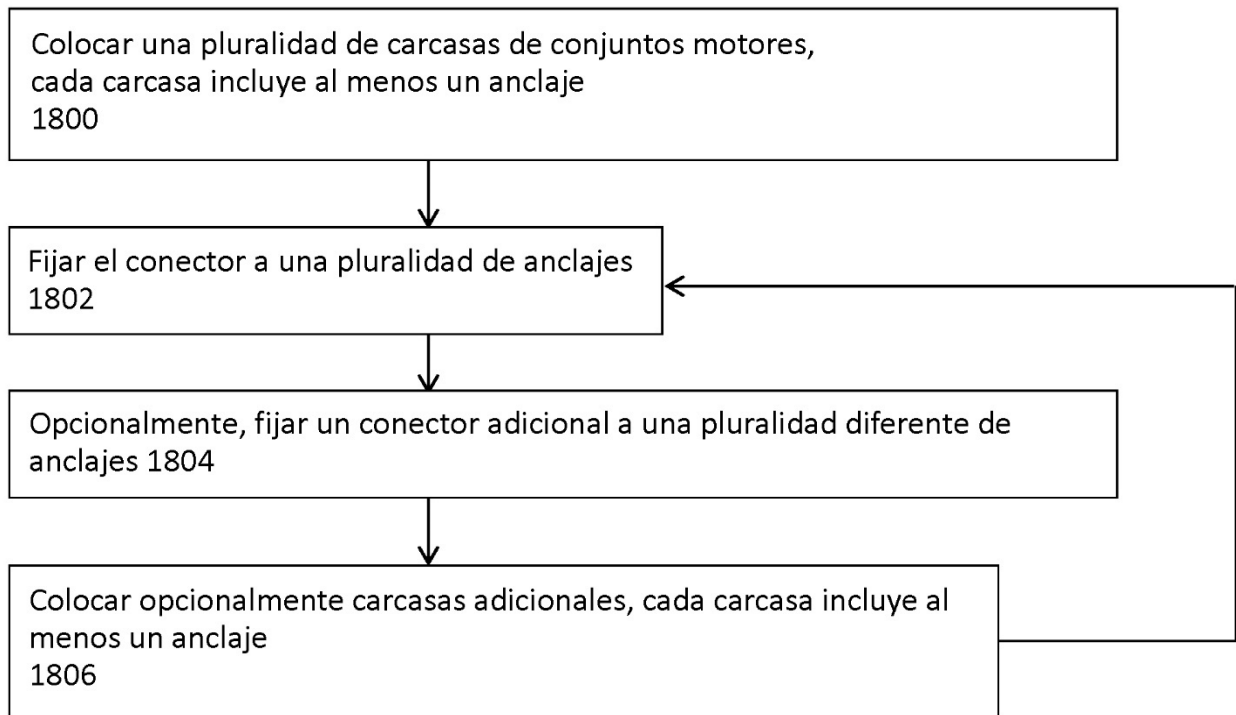


FIG. 18

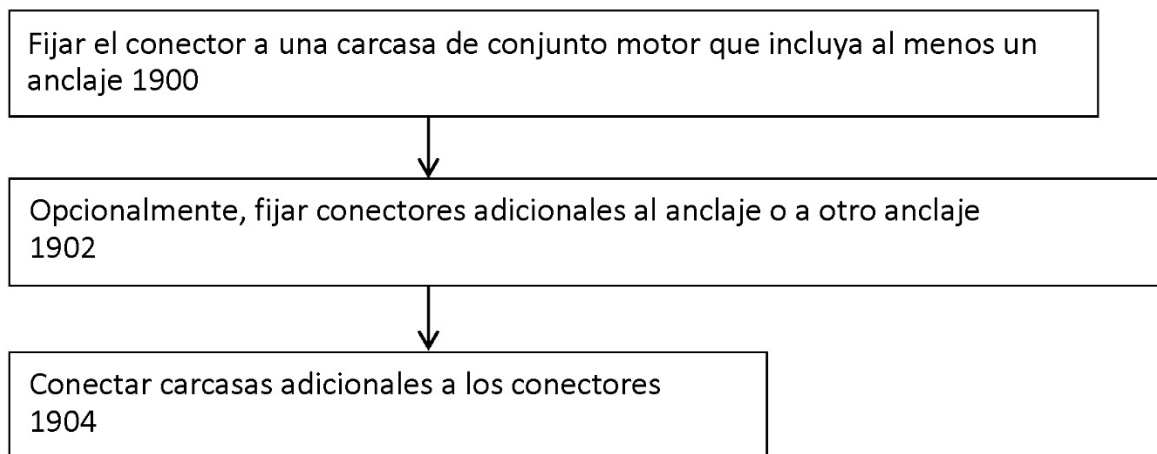
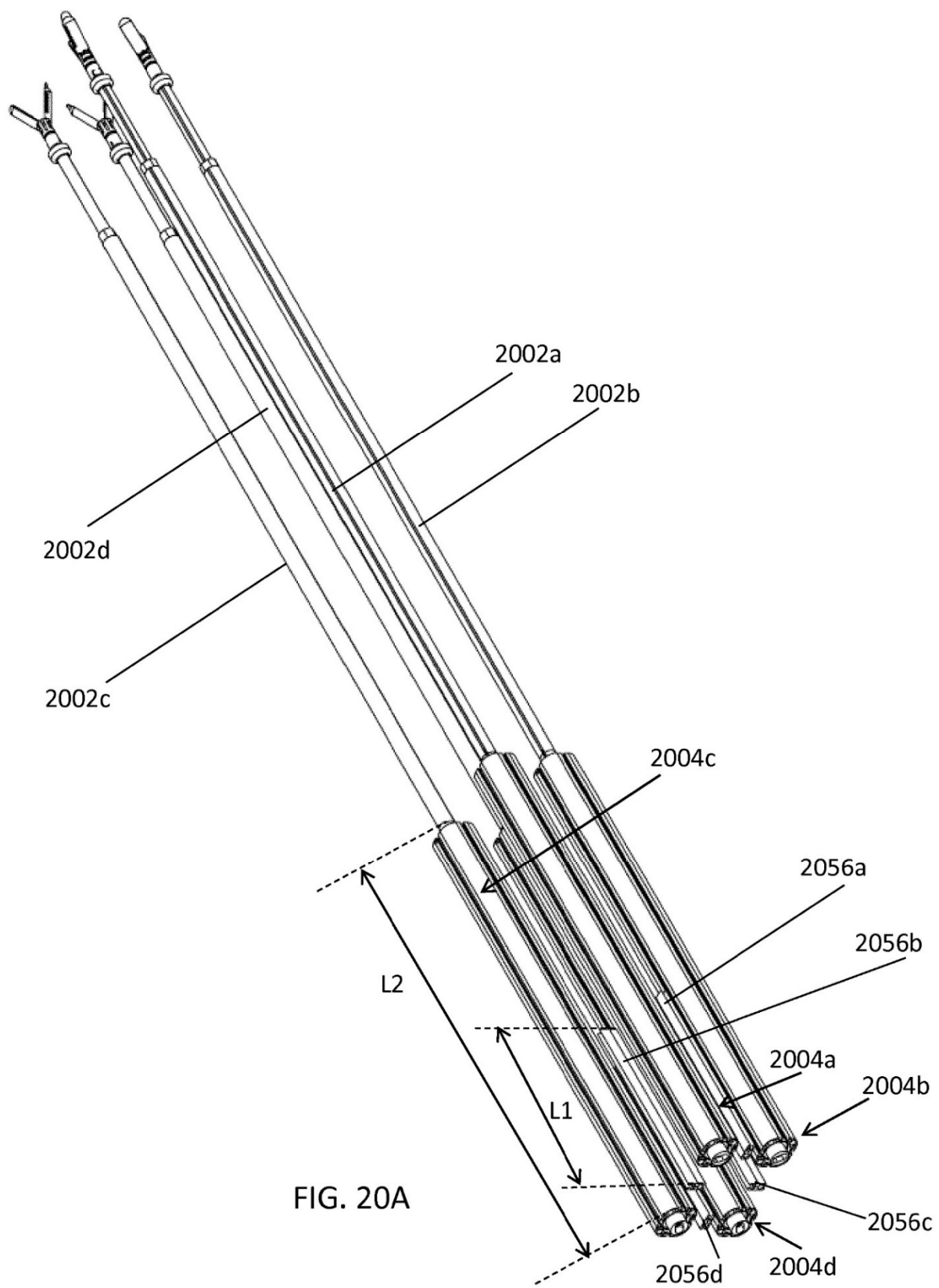


FIG. 19



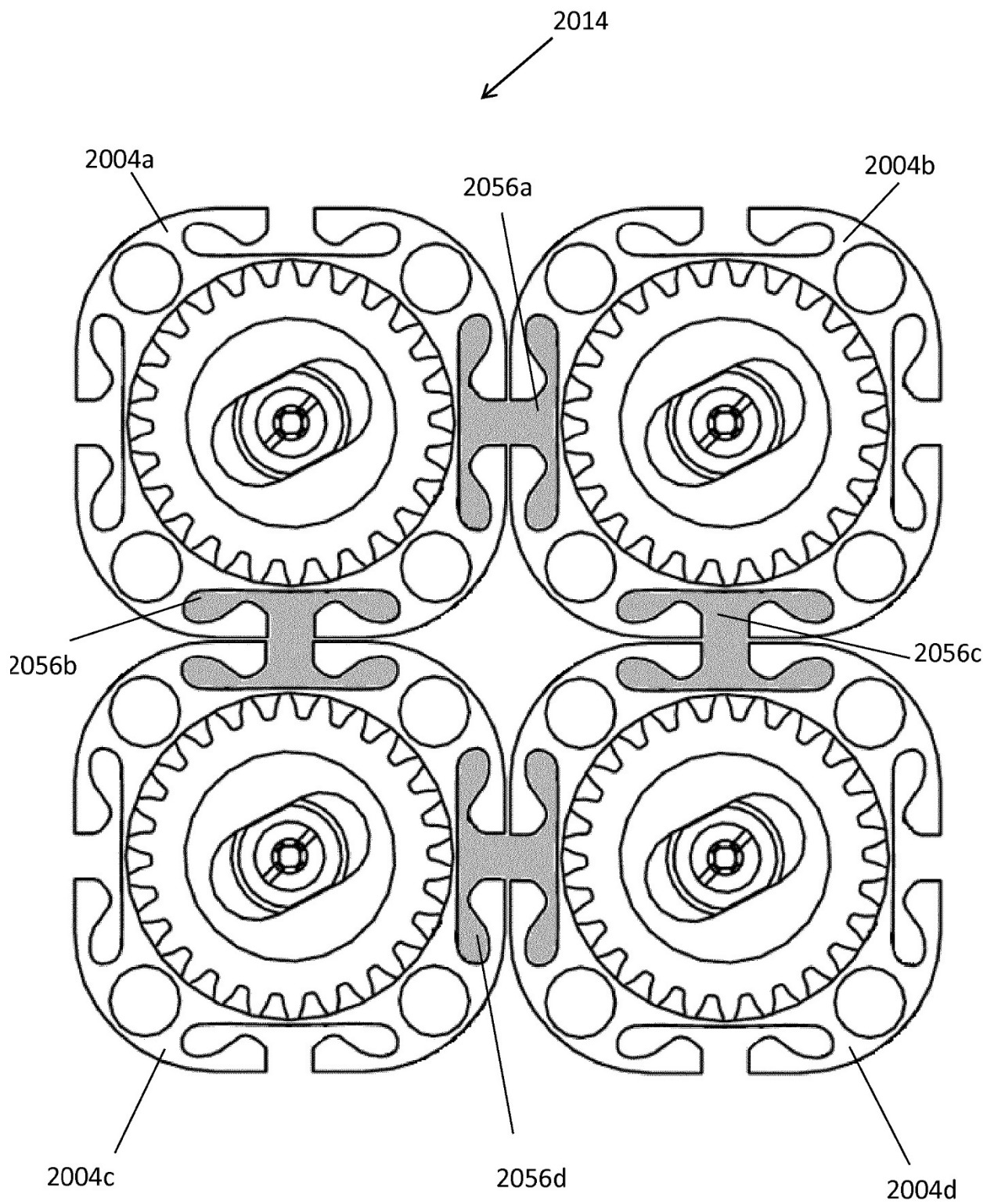


FIG. 20B



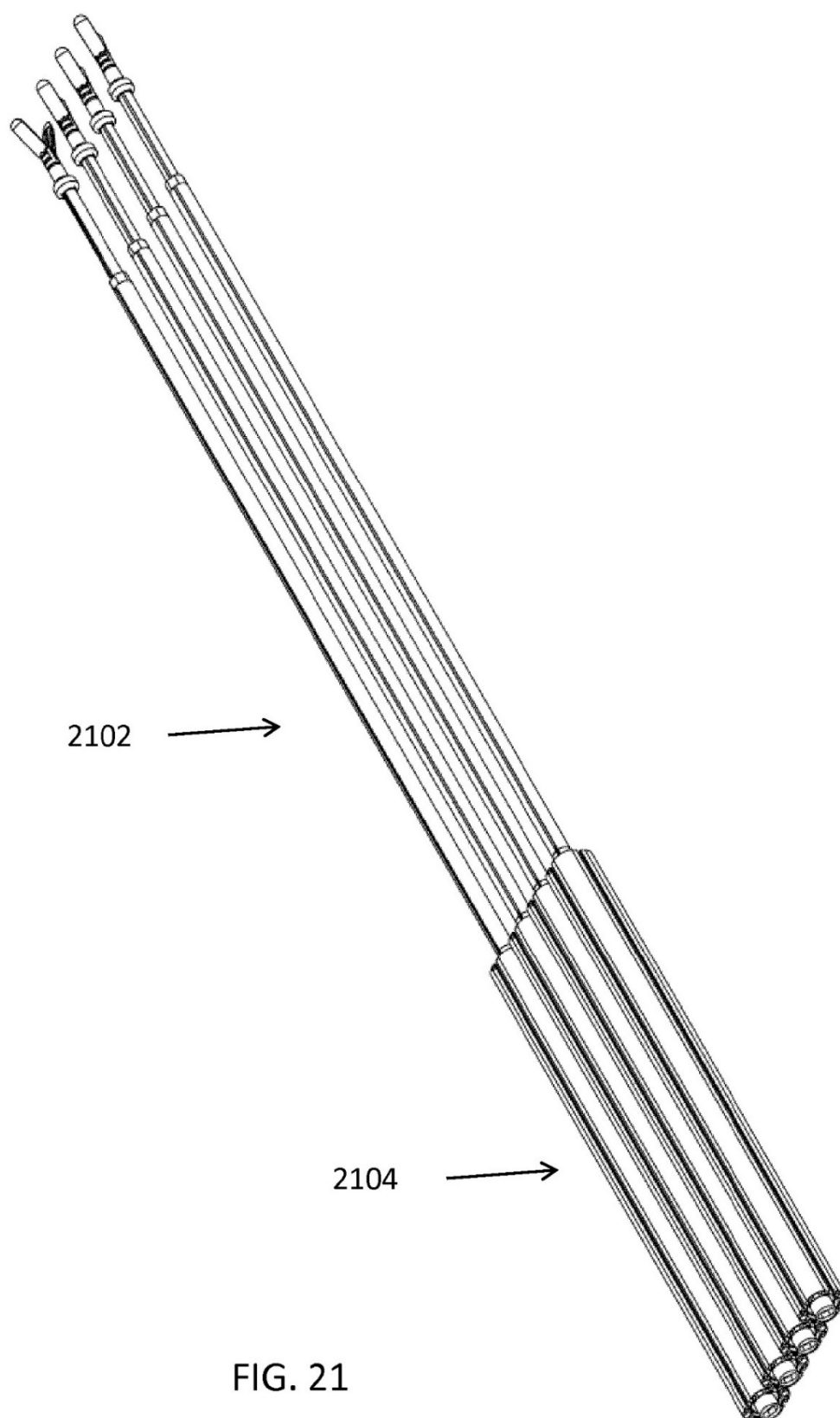
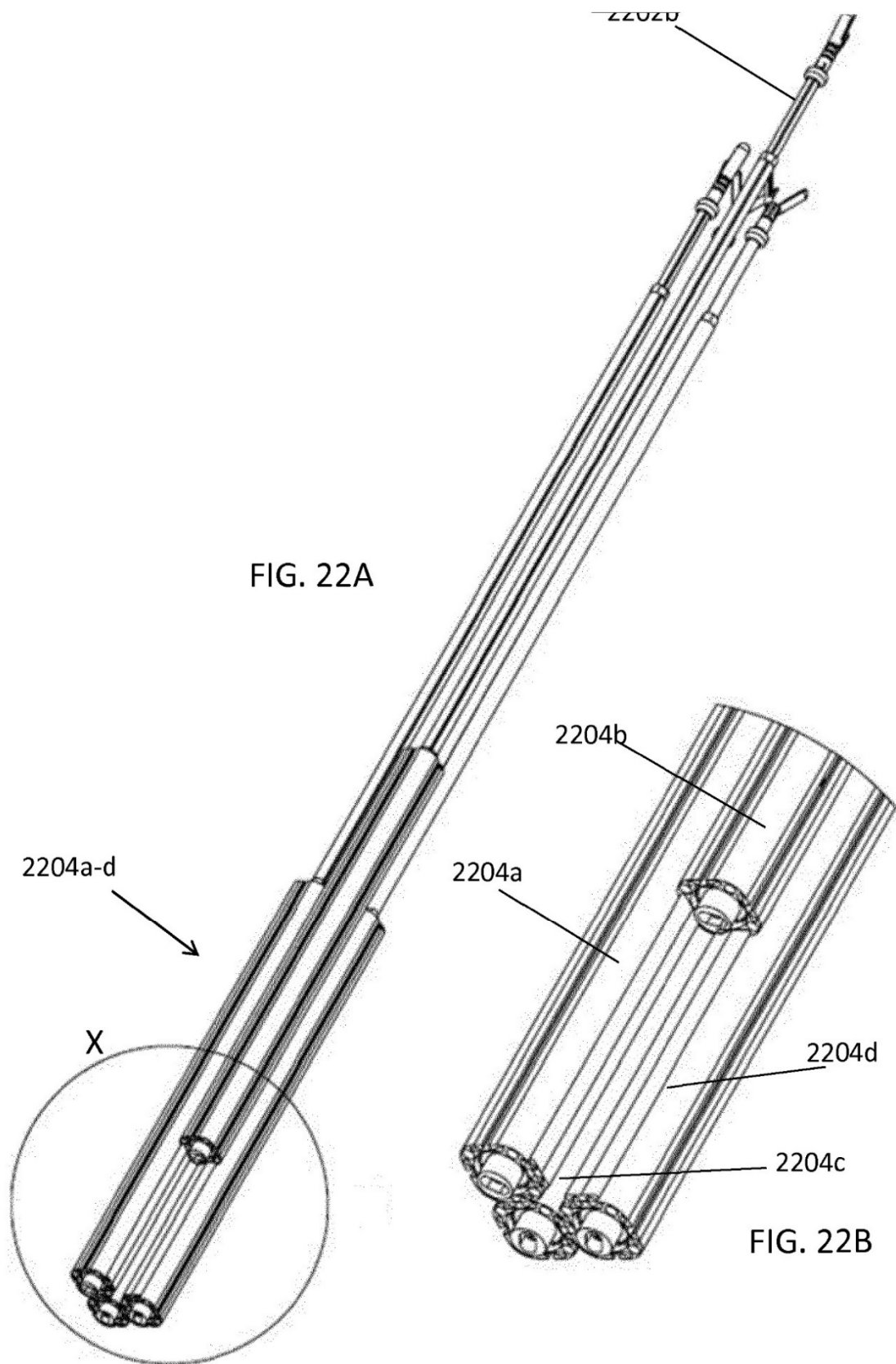


FIG. 21



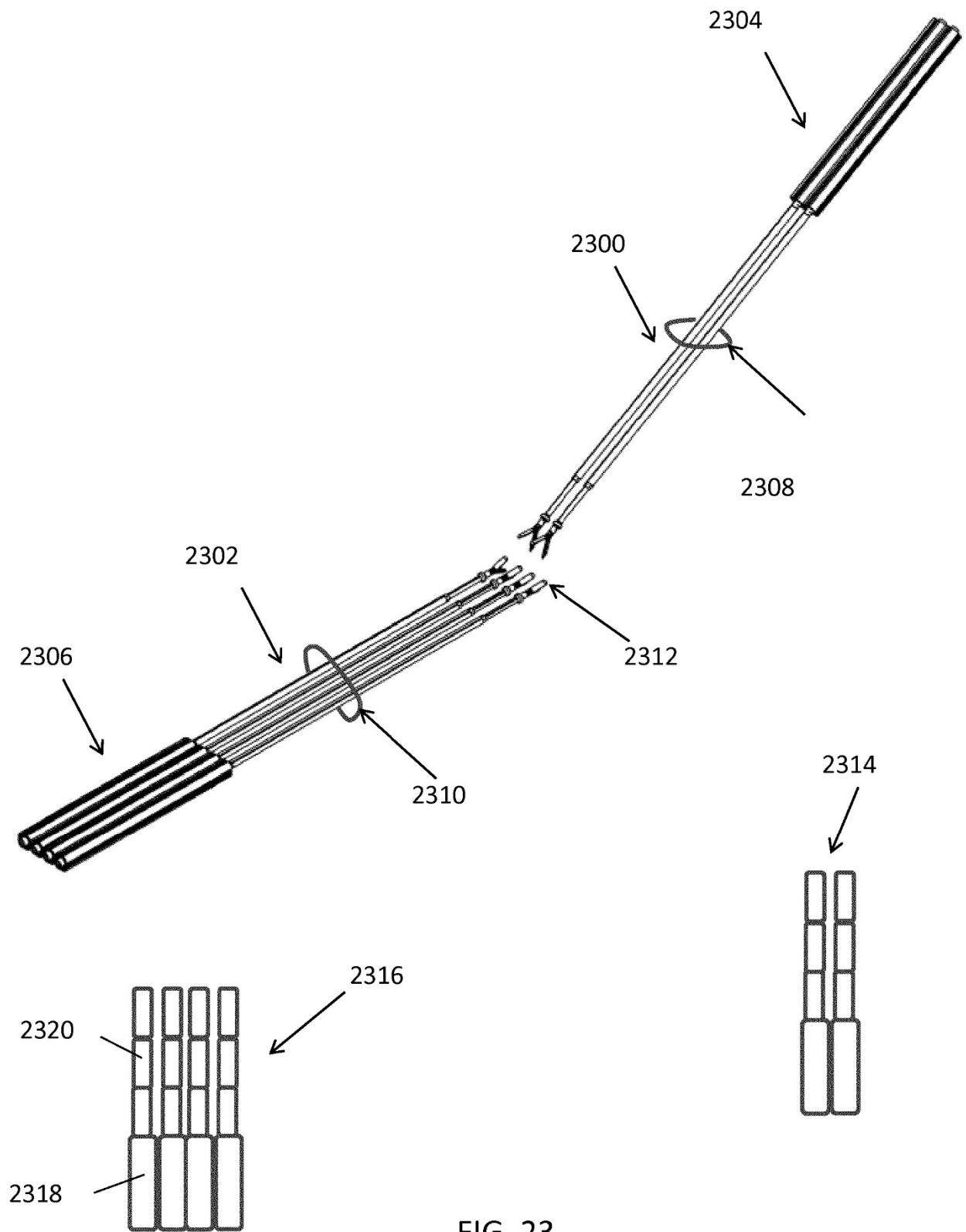


FIG. 23

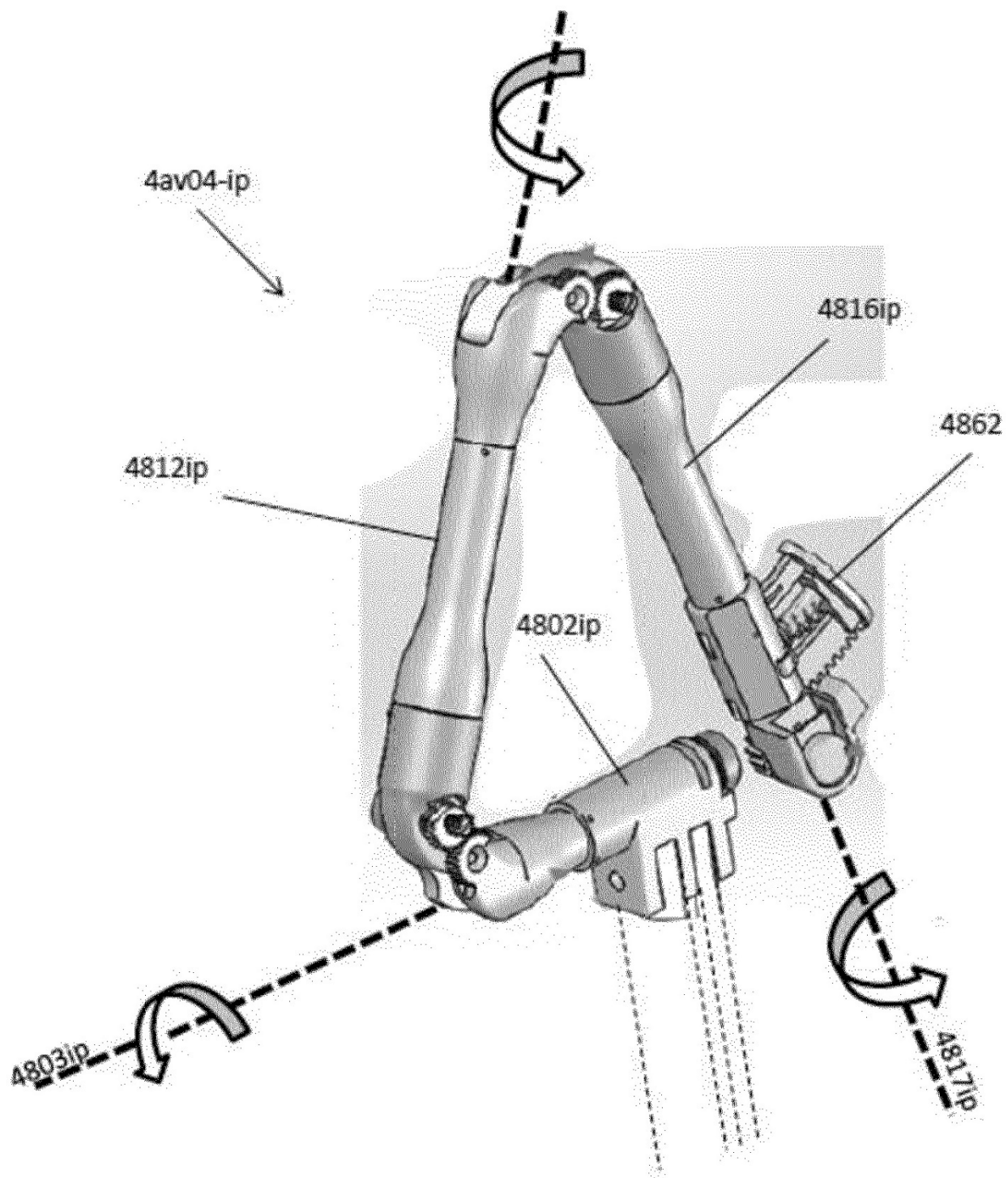


FIG. 24A

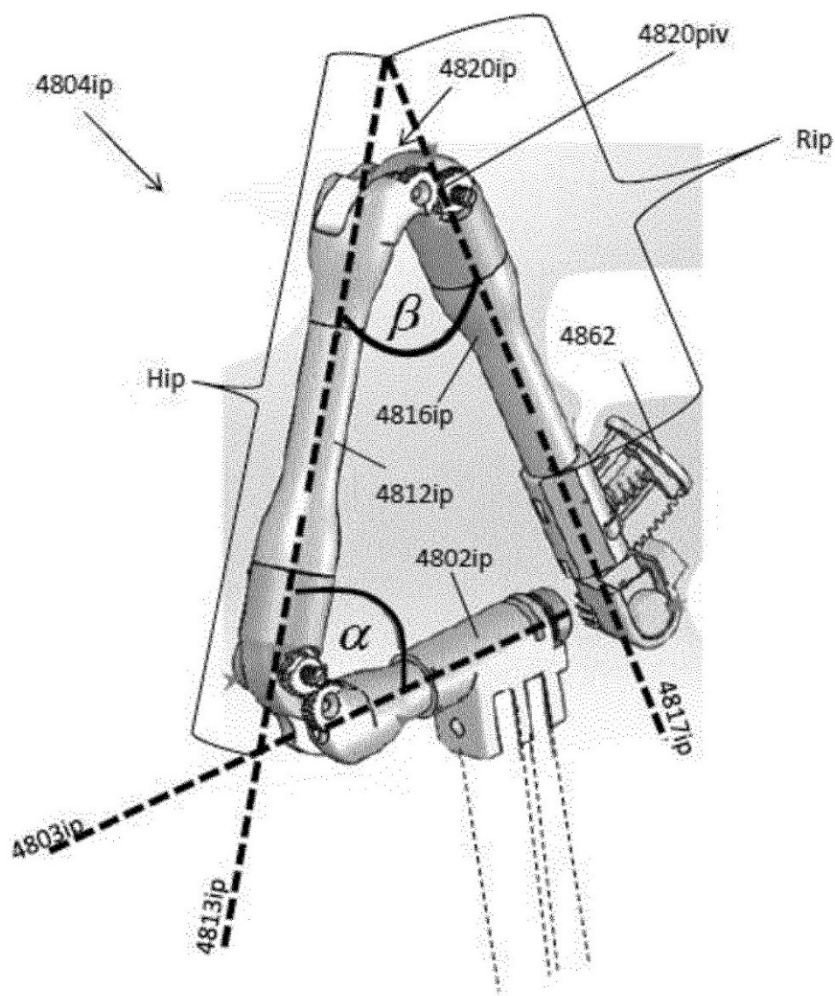


FIG. 24B

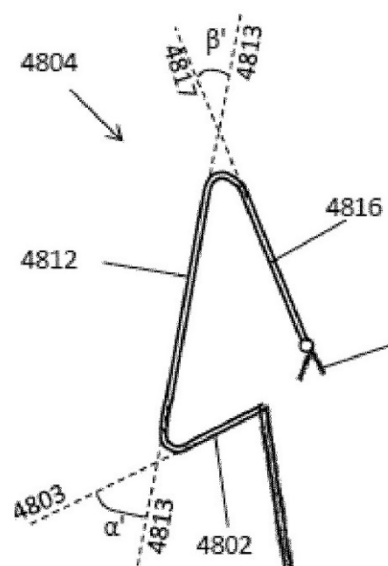


FIG. 24C

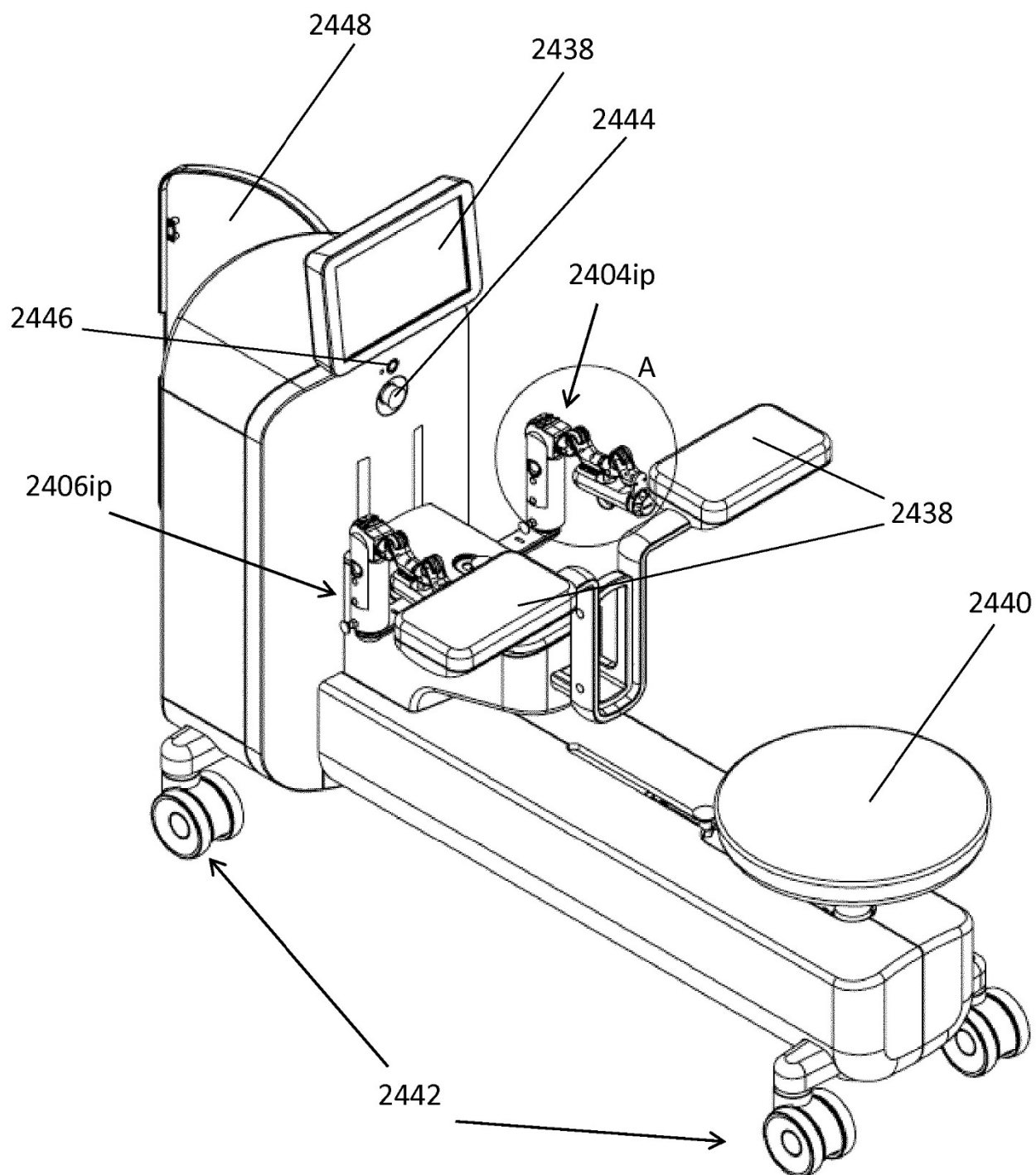


FIG. 24D

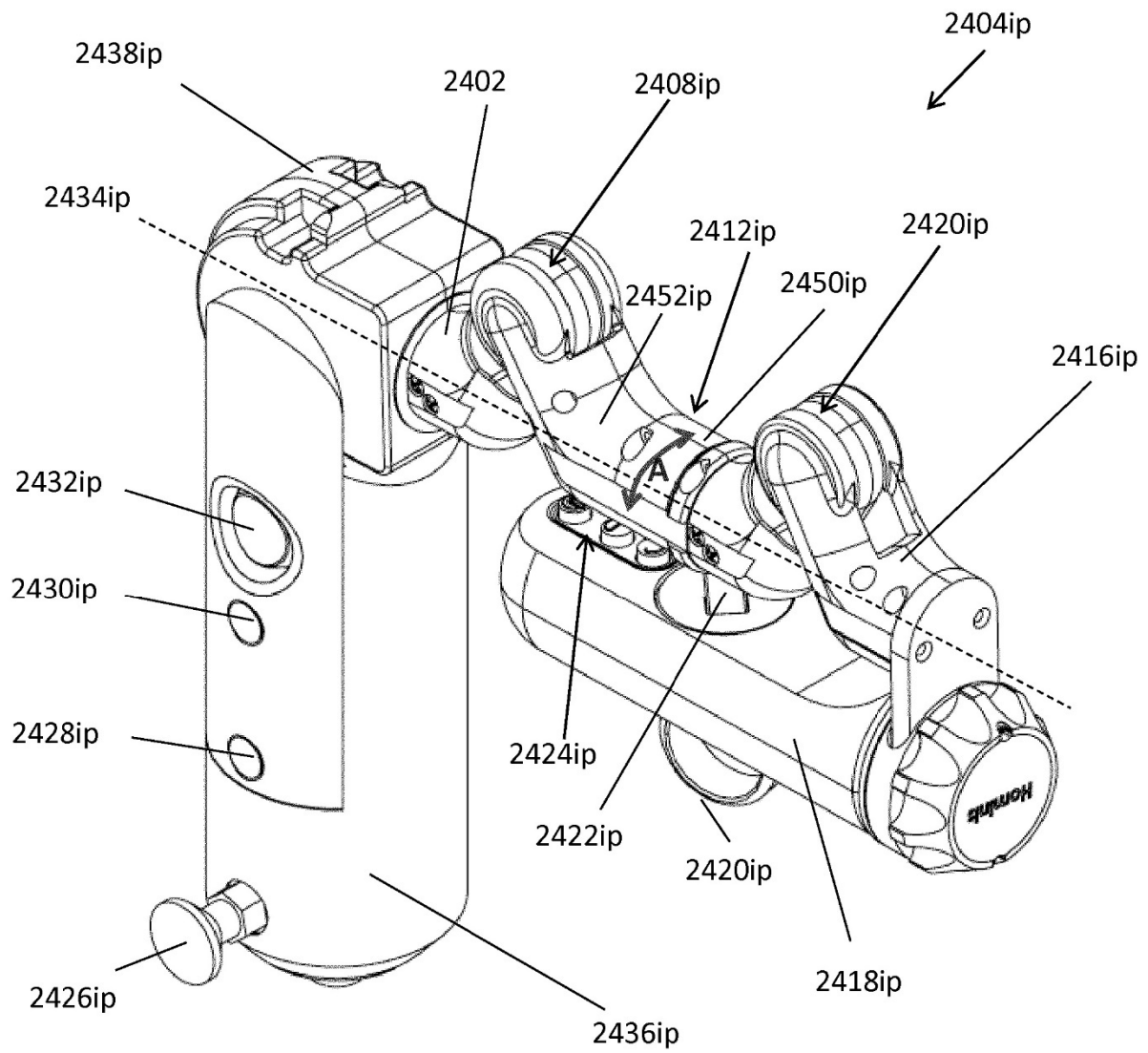
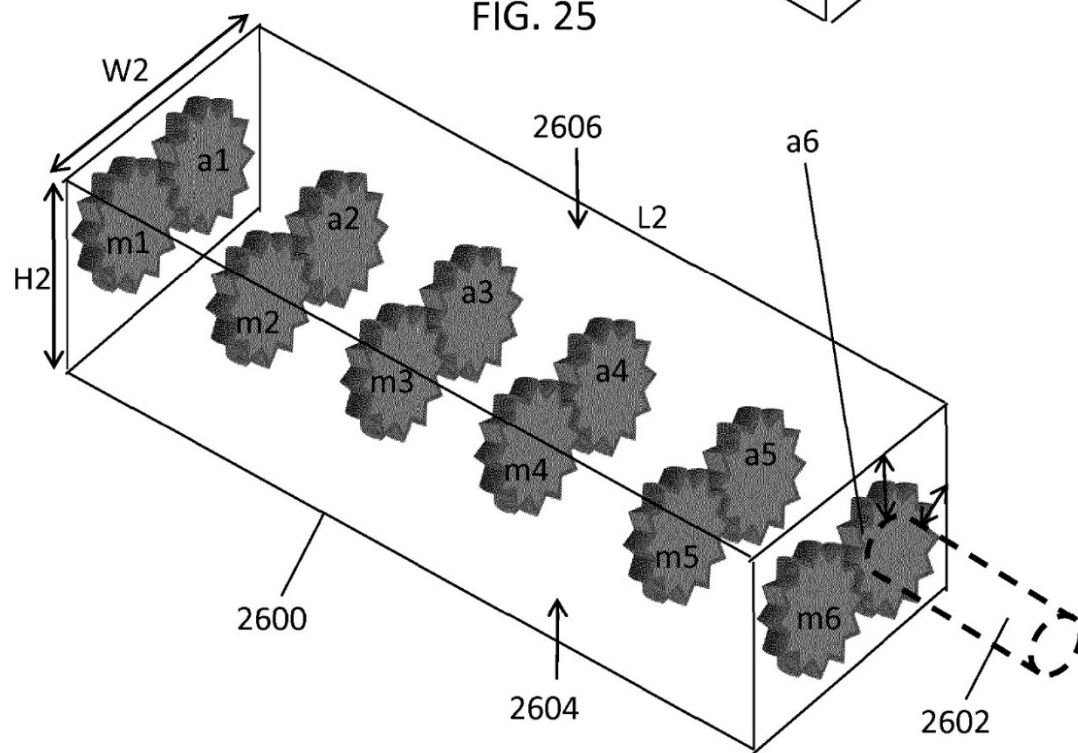
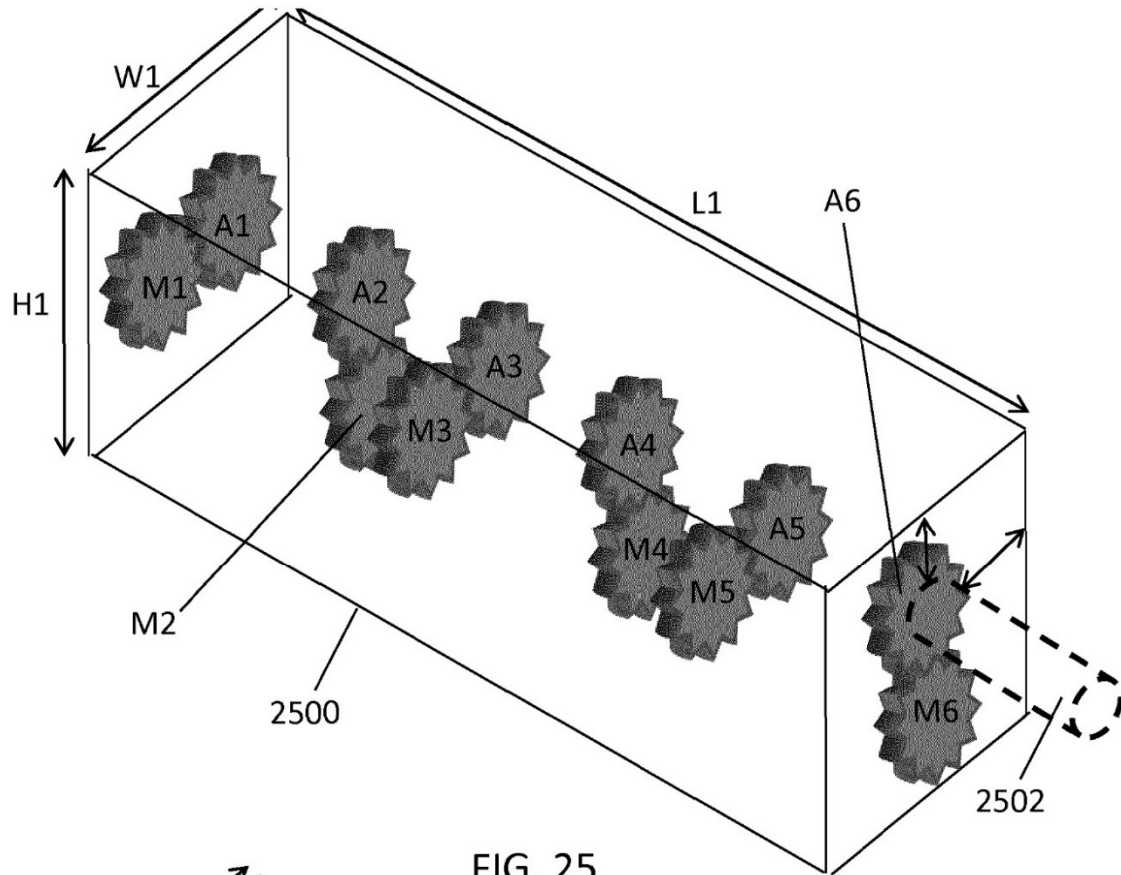


FIG. 24E





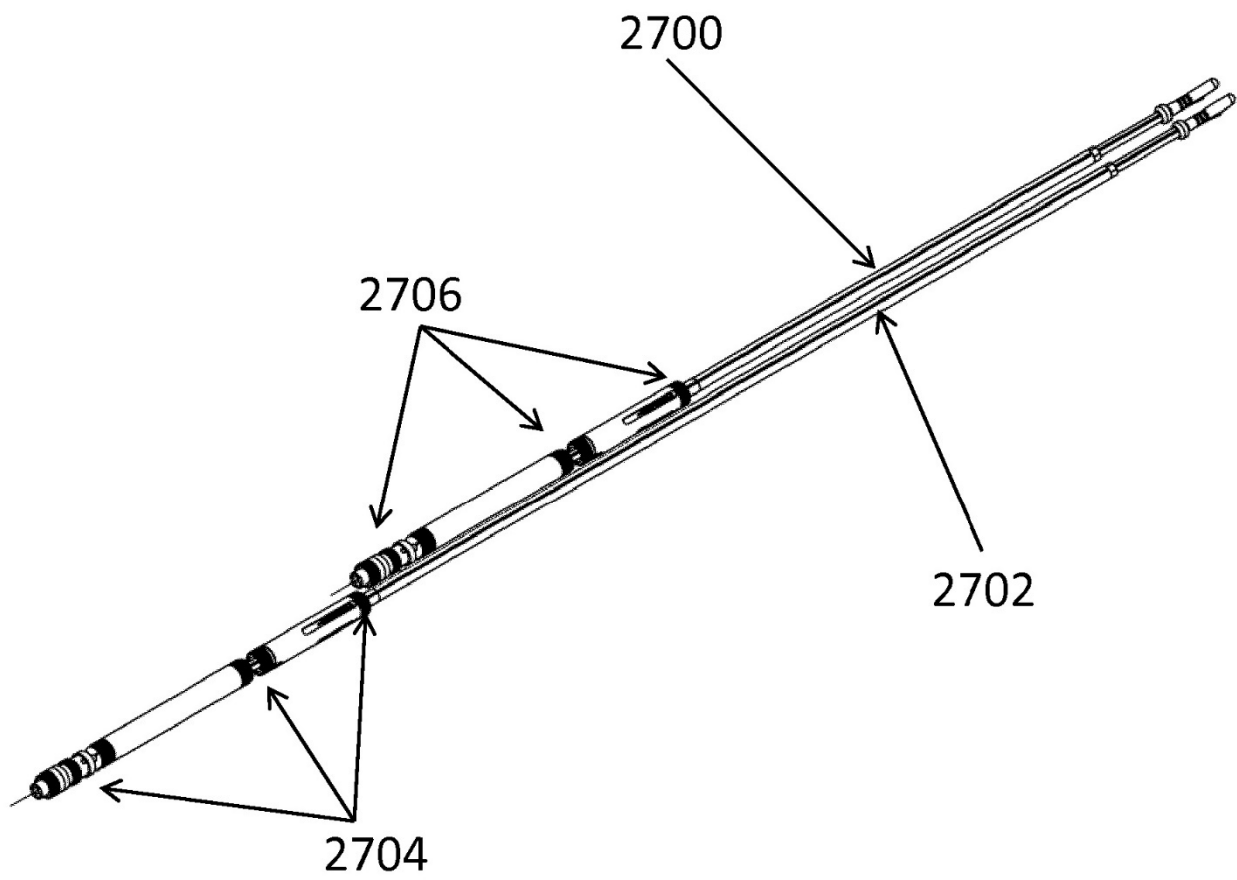


FIG. 27

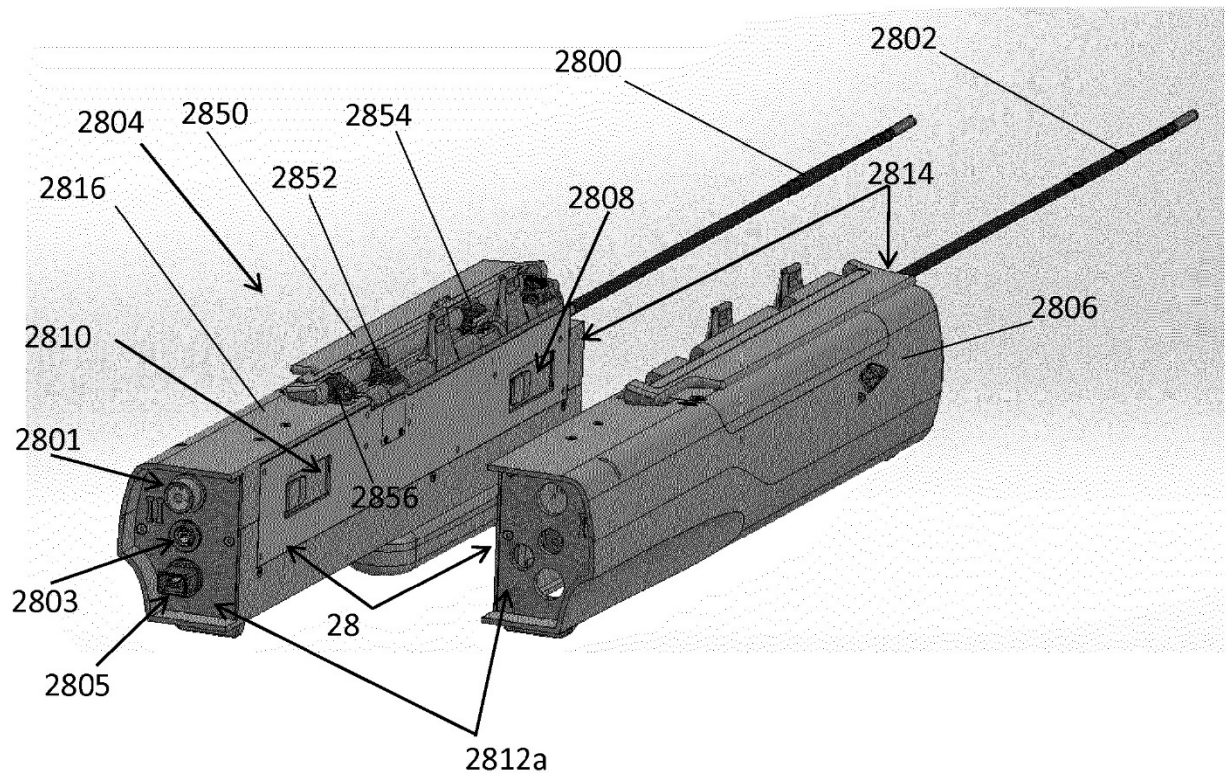


FIG. 28A

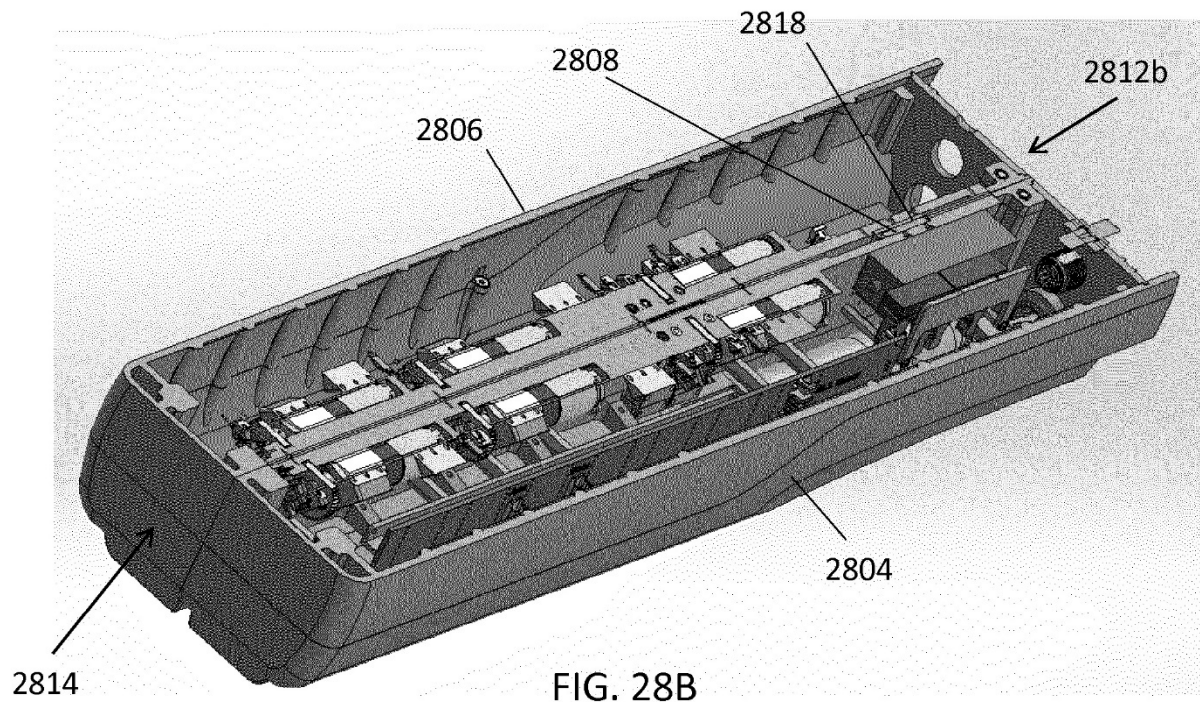


FIG. 28B

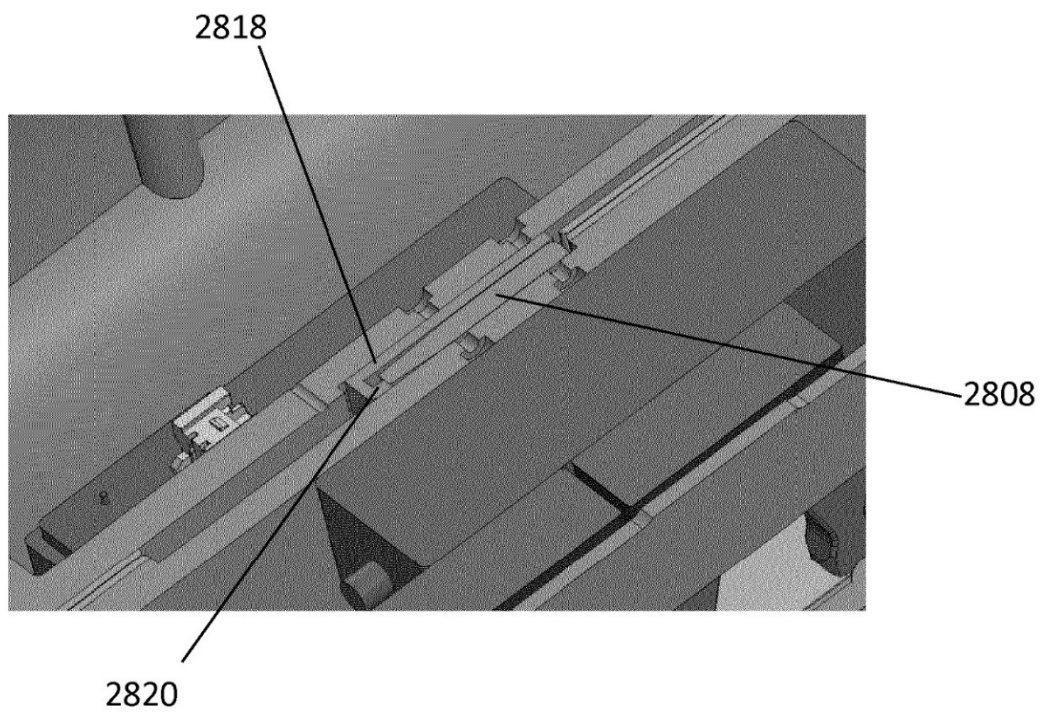


FIG. 28C

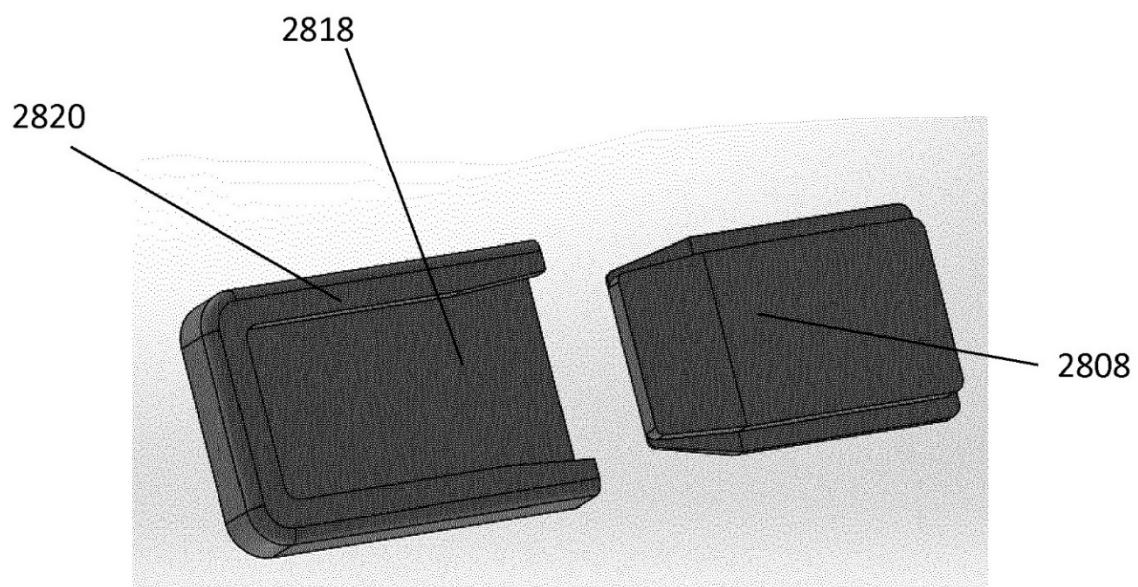


FIG. 28D

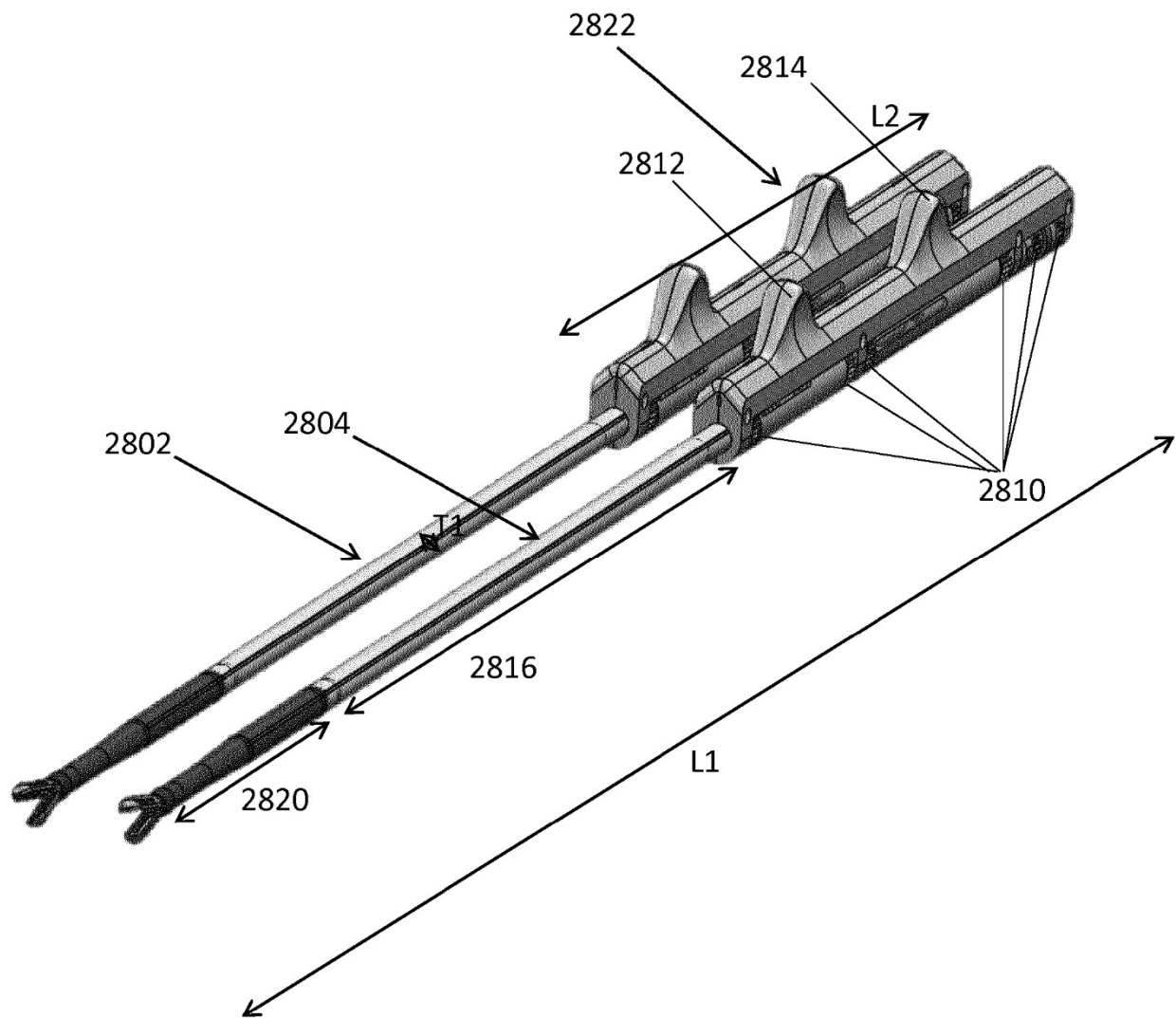


FIG. 28E

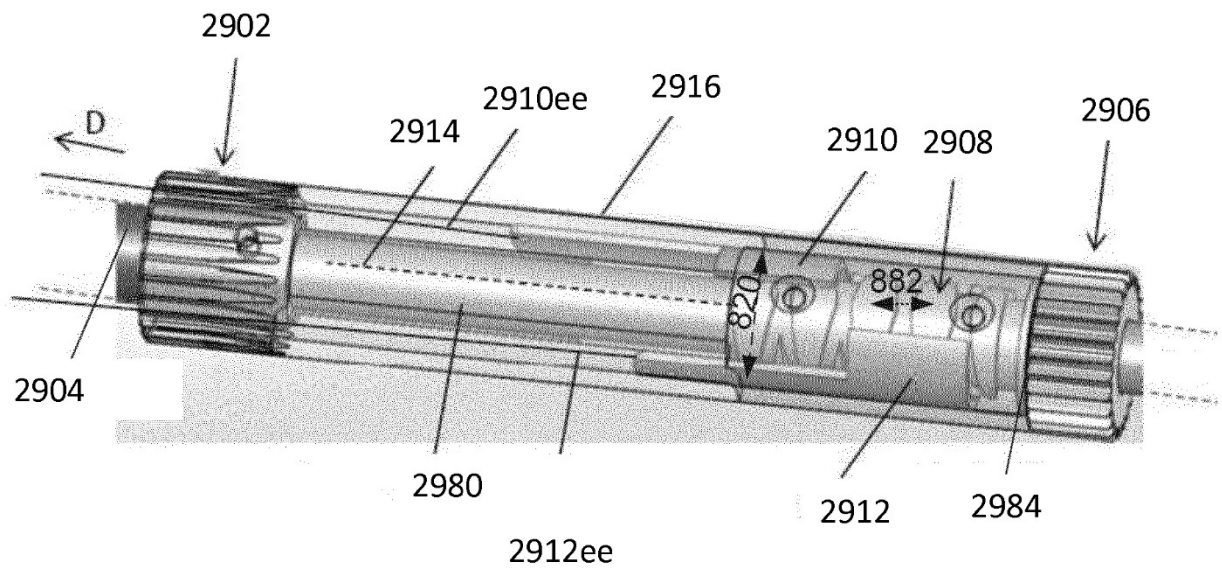


FIG. 29

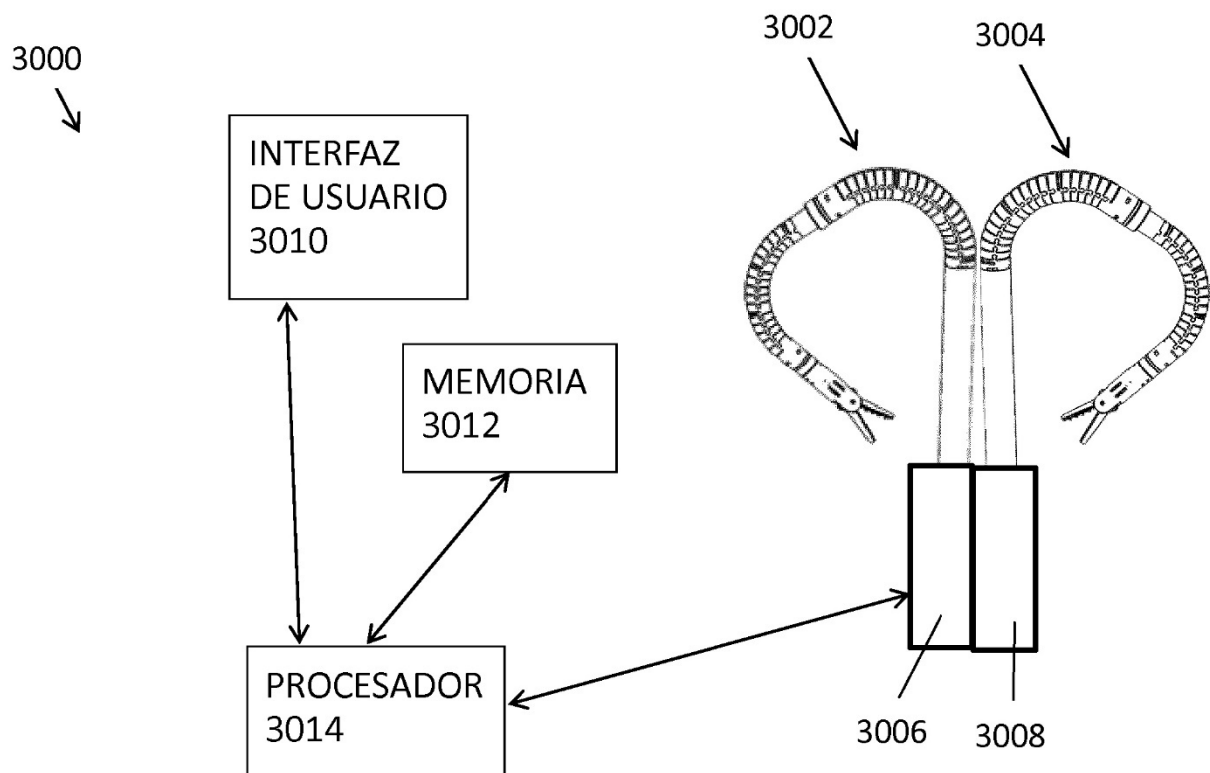


FIG. 30  
97

